

## Dossier 'Fijn stof'

---

## Colofon

Dossier 'Fijn stof'

Versie 1 © RIVM, Bilthoven, januari 2013

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding:

'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)', de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Bij de samenstelling van de teksten in het Dossier 'Fijn stof' is in belangrijke mate gebruik gemaakt van teksten uit de volgende publicaties:

- Buijsman, E. (2007) *Een boekje open over fijn stof*. Tinsentiep, Houten.
- Buijsman, E., Beck, J.P., Van Bree, L., Cassee, F.R., Koelemeijer, R.B.A., Matthijsen, J., Thomas, R. & Wieringa, K. (2005) *Fijn stof nader bekeken*. Rapport 500037008, Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Matthijsen, J. & Koelemeijer, R.B.A. (2010) *Beleidsgericht onderzoeksprogramma fijn stof. Resultaten op hoofdlijnen en beleidsconsequenties*. Rapport 500099013, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Velders, G.J.M., Aben, J.M.M., Jimmink, B.A., Geilenkirchen, G.P., Van der Swaluw, E., De Vries, W.J., Wesseling, J. & Van Zanten, M.C. (2012) *Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland: Rapportage 2012*. Rapport 680362002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Indicatoren uit het Compendium voor de Leefomgeving.

Deze publicatie is samengesteld door E. Buijsman (Planbureau voor de Leefomgeving), F.R. Cassee, P.H. Fischer, R. Hoogerbrugge, R.J.M. Maas, E. van der Swaluw en M.C. van Zanten (allen Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu) met bijdragen van J.P.J. Berkhout, J. Matthijsen, W. Mol, W.L.M. Smeets en K. van Velze (Planbureau voor de Leefomgeving) en K.R. Krijgsheld (Ministerie van Infrastructuur en Milieu). Een aantal gegevens is verkregen dankzij de vriendelijke medewerking van D. de Jonge (GGD Amsterdam), P. Kumm, J.J.H. van den Elshout en Y. Stokkermans (DCMR Milieudienst Rijnmond), M.P. Keuken (TNO-Verkeer en luchtkwaliteit), M. Hermans (provincie Limburg), F. Fierens (IRCEL-CELINE), E. Roekens (Vlaamse Milieumaatschappij) en U. Dauert (Umweltbundesamt).

Bij de productie van de afbeeldingen zijn M.J.L.C. Abels-van Overveld, J.F. de Ruiter en R. de Niet van het Redactie Productie Team van het Planbureau voor de Leefomgeving bijzonder behulpzaam geweest.

Afbeelding voorpagina Torben Soettrup/iStock.

## Inhoud

Colofon.....	2
Dossier 'Fijn stof' .....	7
Leeswijzer .....	8
1    Stof: hoe en wat .....	9
Stof.....	9
De chemische kant van stof .....	9
De fysische kant van stof .....	13
2    Emissies.....	15
Primair stof .....	15
Secundair aerosol .....	16
Emissiereducties.....	18
Emissies door natuurlijke bronnen .....	18
Lokale emissies .....	19
Het Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht .....	19
De Programmatische Aanpak Stikstof.....	19
Verdere informatie .....	20
3    Luchtkwaliteit .....	21
Concentraties in Nederland .....	21
Trend .....	23
Herkomst .....	27
Relatie tussen de grenswaarden .....	32
Smogverwachting .....	32
Elders in Europa .....	33
4    Effecten.....	40
Stof waarschijnlijk altijd schadelijk .....	40
Effecten van blootstelling gedurende korte tijd.....	42
Effecten van blootstelling gedurende lange tijd .....	42
DALY's .....	43
Onzekerheden .....	47
Gezondheidswinst en beleidsmaatregelen.....	47
5    Meten.....	50
Stof meten .....	50
De $\beta$ -stofmethode .....	50
De oscillerende microbalans .....	51
Kalibratie .....	52
Metingen van bestanddelen in lucht .....	53
6    Modelleren.....	60
Gemodelleerde luchtkwaliteit .....	60
Berekening van de grootschalige concentraties in Nederland .....	61
Kalibratie op meetresultaten .....	62

Berekening van de lokale bijdragen .....	63
Het Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht .....	63
Smogverwachting .....	64
Tussen meten en modelleren .....	64
Modellering op Europese schaal .....	64
Verdere informatie .....	65
7 Regelgeving .....	66
De taal van de regelgeving.....	66
Regelgeving voor fijn stof (PM <sub>10</sub> ) .....	67
Regelgeving voor de fijnere fractie van fijn stof (PM <sub>2,5</sub> ) .....	67
Beoordelingsregime .....	68
Bijdragen van natuurlijke bronnen .....	69
Metingen.....	70
Derogatie .....	70
Luchtkwaliteit en ruimtelijke ordening .....	71
Regelgeving en gezondheid .....	71
8 Beleid.....	74
Context voor het luchtkwaliteitsbeleid voor stof in lucht.....	74
Vier sporen voor het nationale luchtkwaliteitsbeleid.....	74
Wet Milieubeheer 2007 .....	75
EU-richtlijn voor de luchtkwaliteit .....	75
Emissiedoelen voor 2020 .....	76
Het Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht .....	78
9 Onderzoek .....	80
Beleidsgeoriënteerd Onderzoeksprogramma PM, eerste fase .....	80
Beleidsgeoriënteerd Onderzoeksprogramma PM, tweede fase .....	82
Onderzoek in BOP-II .....	83
TNO-Verkeer en luchtkwaliteit.....	84
DCMR Milieudienst Rijnmond.....	84
GGD Amsterdam .....	84
Euregio Maas-Rijn.....	84
Europabreed onderzoek .....	85
BOP-I rapporten.....	88
BOP-II rapporten.....	88
De belangrijkste bevindingen uit BOP-I.....	90
De belangrijkste bevindingen uit BOP-II.....	94
Literatuur .....	97
Lijst van termen uit het dossier 'Fijn stof' .....	103
Lijst van begrippen uit de regelgeving .....	107
Noten .....	109





## Dossier 'Fijn stof'

De Europese Unie heeft in 1999 luchtkwaliteitsnormen voor fijn stof ( $PM_{10}$ ) vastgesteld, namelijk grenswaarden voor jaargemiddelde respectievelijk daggemiddelde fijnstofconcentraties. In 2008 is de regelgeving uitgebreid met grens- en streefwaardes voor de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ). Internationaal geaccepteerde inzichten over de gezondheidseffecten van fijn stof zijn in deze regelgeving vervat. De luchtkwaliteitsnormen gelden Europeesbreed en zijn geïmplementeerd in de Nederlandse wetgeving.

Blootstelling aan fijn stof kan op twee manieren gezondheidseffecten veroorzaken. Na een kortdurende blootstelling aan hoge concentraties kunnen acute effecten optreden zoals hoesten, benauwdheid en verergering van luchtwegklachten. In Nederland leven jaarlijks enige duizenden mensen enkele dagen tot maanden korter door deze kortdurende blootstelling aan fijn stof. Het gaat vooral om ouderen en mensen met hart-, vaat- of longaandoeningen.

Gezondheidseffecten van fijn stof kunnen ook optreden door langdurige blootstelling aan lagere concentraties. Levenslange blootstelling in deze vorm kan leiden tot blijvende gezondheidseffecten zoals verminderde longfunctie, verergering van luchtwegklachten en vroegtijdige sterfte aan met name luchtwegklachten en hart- en vaatziekten. Wanneer risicoschattingen worden gemaakt met behulp van toonaangevende Amerikaanse studies, blijkt de omvang deze effecten groter te zijn dan de effecten geassocieerd kortdurende blootstelling aan hoge concentraties. Op basis hiervan wordt geschat dat langdurige blootstelling aan fijn stof leidt tot een levensduur-verkorting in de orde van een jaar gemiddeld voor de hele Nederlandse bevolking in vergelijking tot een leven lang zonder fijn stof. Er zijn risicogroepen waarvoor deze schatting hoger uit zal vallen, bijvoorbeeld voor mensen met een hartaandoening.

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. Daarnaast worden modellen gebruikt om de luchtkwaliteit voor fijn stof te berekenen op plaatsen waar niet wordt gemeten. Uit deze berekeningen blijkt dat in Nederland in zeer beperkte mate overschrijding van de grenswaarden plaatsvindt. Naar verwachting zullen deze overschrijdingen binnen een aantal jaren tot het verleden behoren. Daarmee zullen de gezondheidseffecten echter niet tot het verleden behoren.

Een groot deel van de fijnstofconcentraties kan niet beïnvloed worden door het Nederlandse beleid, omdat het uit het buitenland komt. Het fijnstofprobleem is daarom weerbarstig en voor Nederland alleen moeilijk oplosbaar. 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.

De inhoud van het dossier 'Fijn stof' wordt kort beschreven op de volgende pagina.



*Stofvormige luchtverontreiniging was vroeger goed zichtbaar. Tegenwoordig is dat veel minder het geval. Toch kan stof in de lucht nog steeds ernstige gezondheidseffecten veroorzaken. Foto collectie E. Buijsman.*

## Leeswijzer

Het fijnstofdossier is complex. Daarom is ervoor gekozen om informatie in onderdelen aan te bieden. In het Dossier 'Fijn stof' komen alle aspecten van de fijnstofproblematiek aan de orde, gegroepeerd rond de volgende aandachtspunten:

- **Stof: hoe en wat.**  
Wat is stof en waaruit bestaat het?
- **Emissies.**  
Hoeveel stof gaat er de lucht in en welke zijn de bronnen?
- **Luchtkwaliteit.**  
Hoeveel stof zit er in de lucht en waar komt het vandaan?
- **Effecten.**  
Wat zijn de gezondheidseffecten van stof?
- **Metten.**  
Hoe wordt fijn stof gemeten?
- **Modelleren.**  
Op welke manier wordt met modellen gerekend?
- **Regelgeving.**  
Hoe luidt de regelgeving?
- **Beleid.**  
Hoe is het beleid en voldoet Nederland aan de Europese normen?
- **Onderzoek.**  
Welk onderzoek vindt plaats?

Hierbij is ervoor gekozen om de belangrijkste elementen uit de diverse onderdelen in samengevatte vorm als webpagina's te presenteren. Onderbouwende en verdiepende informatie kan bij elke onderwerp als pdf-document worden gedownload. De informatie in dit dossier is bedoeld voor iedereen die is geïnteresseerd in fijn stof en de gevolgen ervan.



# 1 Stof: hoe en wat

*Dit onderdeel van het Dossier 'Fijn stof' behandelt de chemische en fysische aspecten van fijn stof. Hierbij komen aan de orde welke bestanddelen (en in welke verhouding) fijn stof (PM<sub>10</sub>) en de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>) kent. Ook zal kort worden ingegaan op fysische aspecten van stof als aantal deeltjes en de massa.*

De belangrijkste constatering uit dit onderdeel zijn:

- Fijn stof is opgebouwd uit een groot aantal stoffen. Het belangrijkste onderdeel in massatermen (~40%) is het secundaire anorganische aerosol. Dit bestaat uit ammonium, nitraat en sulfaat.
- Een tweede belangrijke bijdrage (25-30%) komt van elementair koolstof en koolstofhoudende verbindingen.
- Kleinere bijdragen komen van zeezout, bodemstof en metalen.
- Tegenwoordig kan bijna 90% van de fijnstofmassa worden verklaard uit de bijdragen van de hiervoor genoemde groepen van stoffen.
- De totale massa van stof in lucht wordt grotendeels bepaald door de deeltjes met een diameter vanaf 0,2 µm.

## Stof

Met stof in lucht wordt niets anders bedoeld als de verzameling van alle vaste en vloeibare deeltjes in de lucht. Vroeger werd dit soms ook wel aangeduid met termen als 'aerosolen' of 'zwevende deeltjes'. Een van de meest gebruikte termen als het gaat over stofvormige luchtverontreiniging, is tegenwoordig echter fijn stof, vaak afgekort tot PM<sub>10</sub>. 'PM' komt uit het Engels en staat voor 'Particulate Matter'. De '10' is een indicatie voor de grootte van de stofdeeltjes (in µm) die tot PM<sub>10</sub> behoren.<sup>1, 2, 3</sup>

De benaming 'Fijn stof' is een van manieren waarop een deel van de stofvormige luchtverontreiniging kan worden beschreven. Andere onderdelen en begrippen van stofvormige luchtverontreiniging zijn onder andere: de fijnere fractie van fijn stof, ultrafijn stof, grof stof, totaal stof, zwarte rook, roet, black carbon, elemental carbon, organic carbon. Ook worden allerhande afkortingen gebruikt, zoals PM<sub>10</sub>, BC en EC/OC. Een verklarende woordenlijst is onderdeel van deze tekst; deze is aan het eind te vinden (-> *Lijst van termen uit het dossier 'Fijn stof'*).

Uit het voorgaande blijkt dat voor wat er aan stof in de lucht voorkomt, vele benamingen in omloop zijn. Niettemin kan alles grofweg op twee manieren worden bekeken. Stof kan chemisch worden beschouwd: dan gaat het erom uit welke chemische bestanddelen het is opgebouwd. Stof kan echter ook fysisch worden bekeken: het gaat dan om bijvoorbeeld de grootte en de vorm van de deeltjes en het aantal deeltjes.

## De chemische kant van stof

Als stof chemisch wordt bekeken, dan gaat het over de chemische samenstelling. Bestanddelen die in stof in de lucht kunnen voorkomen, zijn onder andere anorganische zouten (zoals ammoniumsulfaat, ammoniumnitraat, natriumchloride), silicaten, zuren (zoals zwavelzuur), zware metalen (zoals arseen, lood, nikkel), water, koolstof, maar ook een groot arsenaal aan organische stoffen, waaronder polycyclische aromatische koolwaterstoffen en andere producten van onvolledig verlopen verbrandingsprocessen. In feite kan (fijn) stof vrijwel alles bevatten dat als luchtverontreiniging wordt geproduceerd (en daaruit in de atmosfeer kan ontstaan). Daarnaast zijn er veel natuurlijke processen die ook stof in de lucht veroorzaken, zoals bosbranden, opspatten van zeewater, vulkaanuitbarstingen en opwaaien van bodembestanddelen.

Een meer gedetailleerde bespreking van de bronnen van stof in de lucht en de sterktes ervan komen elders aan de orde (-> 2. Emissies).

De diverse vormen van stof zoals er hiervoor al een aantal zijn genoemd, zijn in chemisch opzicht niet altijd eenduidig te definiëren. Het gaat meestal om een mengsel van een (groot) aantal stoffen met uiteenlopende chemische eigenschappen. In beeldende termen is stof te vergelijken met een soort rommeldoos waarin zich materialen van zeer verschillende afmetingen en chemische samenstelling bevinden. Daarnaast verschilt ook de schadelijkheid van de verschillende bestanddelen voor de menselijke gezondheid sterk.

Recent onderzoek naar de chemische samenstelling van fijn stof in Nederland heeft geleid tot een sterk verbeterd inzicht in de samenstelling ervan (voor een overzicht zie Schaap et al, 2010). Volgens de meest recente inzichten bestaat fijn stof in de lucht bestaat uit bestanddelen die deels van natuurlijke oorsprong zijn en deels in de atmosfeer zijn gekomen door menselijk handelen; dit laatste wordt ook wel betiteld als antropogeen. Fijn stof ( $PM_{10}$ ) bestaat gemiddeld voor 75-80 % uit antropogene bestanddelen; voor de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) is dit 85-90 %. Op zwaar belaste locaties, zoals binnenstedelijke wegen, ligt het antropogene aandeel in  $PM_{10}$  boven de 80% (Schaap et al, 2010). Deze percentages liggen hoger dan eerdere schattingen (Buijsman et al., 2007; Visser et al., 2001); de oorzaak hiervan ligt vooral in verbeterde inzichten en de beschikbaarheid van meer meetgegevens.

De belangrijkste bestanddelen van fijn stof ( $PM_{10}$ ) en de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) zoals die op basis van metingen zijn bepaald, vormen in aflopende mate van belangrijkheid (Schaap et al, 2010; zie ook afbeeldingen 1.1 en 1.2):

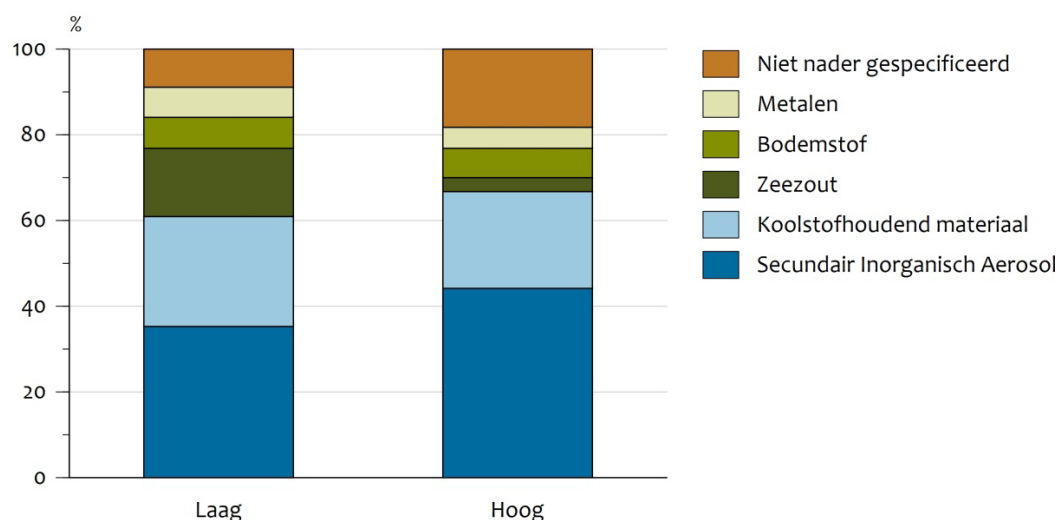
- **Secundair anorganisch aerosol.** Dit bestaat voornamelijk uit ammoniumsulfaat en ammoniumnitraat. Deze bestanddelen zijn vrijwel geheel van antropogene oorsprong en worden in de atmosfeer gevormd uit de luchtverontreinigende gasen zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak. Bij situaties met verhoogde concentraties is het vooral dit deel van het stof waarvan de concentratie (sterk) toeneemt. Een klein deel van het secundair anorganisch aerosol is van natuurlijke oorsprong (1-6%) of komt van buiten Europa (~10%).
- **Koolstof en koolstofbevattende stoffen.** Dit gaat vooral om elementair koolstof (EC) en organische verbindingen. De deeltjesvormige koolstofverbindingen kunnen van natuurlijke of antropogene oorsprong zijn. Elementair koolstof in Nederland is vrijwel geheel van antropogene oorsprong en komt als deeltjes vrij bij verbrandingsprocessen. Een belangrijk deel van de organische stoffen in de lucht wordt veroorzaakt door antropogene emissies van Vluchtige Organische Stoffen bij het gebruik van oplosmiddelen, bij productieprocessen, bij het gebruik van vaste en vloeibare brandstof en van het verkeer. Natuurlijke emissies leveren ook een bijdrage, onder andere van bomen en planten. Verder komen (grove) organische stofdeeltjes vrij bij landbouwactiviteiten in stallen en op het veld. Dit soort deeltjes kunnen ook van natuurlijke oorsprong zijn. De bijdrage van koolstof en koolstofbevattende stoffen is groter in de stedelijke omgeving.
- **Zeezoutaerosol.** Zeezout bestaat voor 85% uit natriumchloride ('keukenzout') met daarnaast kleine bijdragen van magnesium-, calcium-, en kaliumverbindingen. Zeezoutaerosol is van natuurlijke oorsprong en ontstaat in de lucht door verdamping van opgespat zeewater. Dat is ook de reden dat deze bijdrage afneemt met toenemende afstand tot de kust.
- **Bodemstof.** Bodemstof is zowel van antropogene als van natuurlijke herkomst. Landbouwactiviteiten (eggen, ploegen, oogsten) en opwerveling door verkeer geven in Nederland en Europa de belangrijkste bijdragen aan bodemstof in  $PM_{10}$  (Schaap et al. 2009; Denier van der Gon et al. 2010). De bijdrage door winderosie in Europa lijkt niet of nauwelijks van belang. Zo speelt Saharastof alleen in incidentele gevallen een rol (Schaap et al. 2010). Bodemstof bestaat voornamelijk uit oxiden van silicium, aluminium, calcium, ijzer en kalium.

- **Metalen.** De metalen die geen onderdeel uitmaken van het bodemstof komen vrij bij verschillende soorten slijtageprocessen en bij de metaalindustrie. Het bestanddeel metalen is als volledig antropogeen te beschouwen.
- De aanwezigheid van metalen in fijn stof kunnen daarom worden gekoppeld aan specifieke antropogene bronnen. Bijvoorbeeld: zink wijst op autobandenslijtage, koper op remslijtage, en cadmium op vuilverbranding en cement-productie. De bijdrage van deze groep neemt sterk toe in de stedelijke omgeving.
- **Niet gespecificeerd.** Dit bestanddeel is het verschil tussen de totale, gemeten  $PM_{10}$ - (of  $PM_{2,5}$ -) concentratie en de som van de hiervoor genoemde bestanddelen. Dit deel kan verschillen per locatie en de hoogte van de fijnstofconcentratie. Dit deel bedraagt – gemiddeld – tegenwoordig nog slechts 12% van de totale fijnstofmassa.

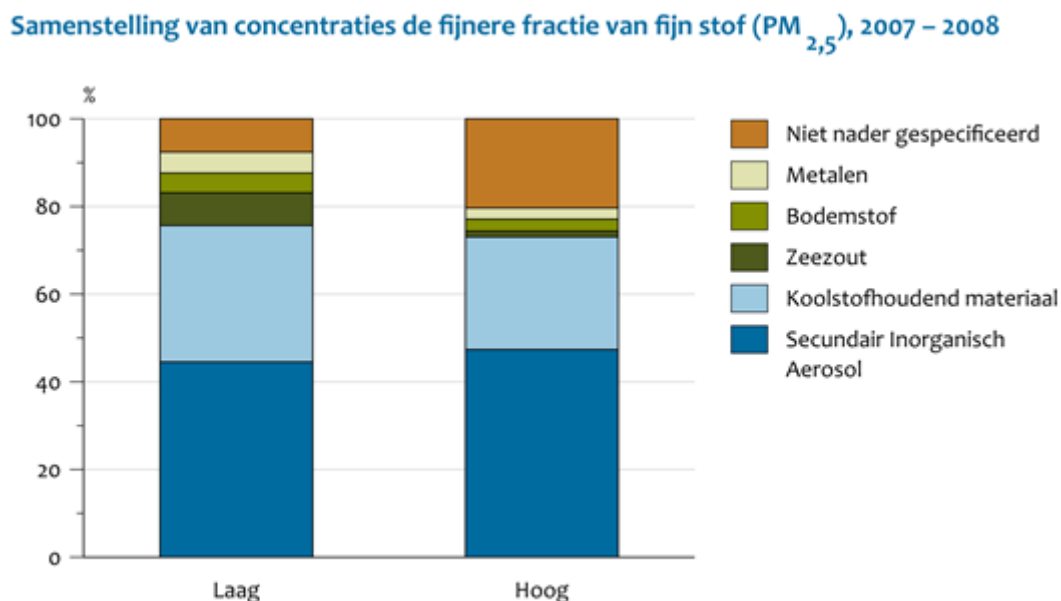
De samenstelling van  $PM_{10}$  en die van  $PM_{2,5}$  lijken sterk op elkaar (afbeelding 1.1, 1.2). De aandelen secundair anorganisch aerosol en de totale hoeveelheid aan koolstofhoudend fijn stof zijn dominant. Samen dragen ze twee derde bij aan de  $PM_{10}$ - en 80% aan de  $PM_{2,5}$ -concentraties. Van deze twee is het secundair anorganisch aerosol het meest dominant. Het grove deel fijn stof, dat zijn de deeltjes met een diameter van 2,5 tot 10  $\mu m$ , was rijk aan deeltjes, die door mechanische processen in de lucht terechtkomen. Toch is nog ongeveer een derde deel in de fijnere fractie van fijn stof afkomstig van bodemstof, metalen en zeezout. De bijdragen kunnen echter variëren afhankelijk van de locatie en van de tussen dagen met hoge dan wel lage fijnstofconcentraties. Deze verschillen zijn het gevolg van de nabijheid van bronnen van fijn stof in combinatie met het weer.

De samenstelling van  $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$  verandert als de hoogte van de concentraties verandert (afbeelding 1.1, 1.2). Hoge fijnstofconcentraties blijken voor een belangrijk deel het gevolg van een toename van het aandeel van het secundair anorganisch aerosol. Bij  $PM_{10}$ -concentraties boven 30  $\mu g/m^3$  kan het relatieve aandeel van dit bestanddeel oplopen tot 50 procent. Ook het relatieve aandeel van het bestanddeel 'niet nader gespecificeerd' neemt toe tot ongeveer 20 procent. Dit is een aanwijzing voor de aanwezigheid van water in het bestanddeel 'niet nader gespecificeerd', dat wil zeggen water dat is gebonden aan het secundaire anorganische aerosol. De antropogene bijdrage neemt toe en de bijdrage door zeezout neemt af. Hoge  $PM_{10}$ -concentraties komen vooral voor bij aanvoer van lucht uit oost- en zuidoostelijke richtingen en als er – langere tijd – geen regen is gevallen.

Samenstelling van concentraties fijn stof ( $PM_{10}$ ), 2007 – 2008



Afbeelding 1.1 Gemiddelde samenstelling van fijn stof ( $PM_{10}$ ) bij 'lage' fijnstofconcentraties (links, concentratie  $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en bij 'hoge' fijnstofconcentraties (rechts, concentratie  $> 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). <sup>4</sup>



Afbeelding 1.2 Gemiddelde samenstelling van de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) bij 'lage' fijnstofconcentraties (links, concentratie  $< 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en bij 'hoge' fijnstofconcentraties (rechts, concentratie  $> 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). <sup>5</sup>

Een veel voorkomend begrip in het dossier fijn stof is het zogeheten verbrandingsaerosol. Hiermee worden deeltjes bedoeld die vrijkomen bij verbrandingsprocessen. Verkeer, houtverbranding en energieopwekking uit fossiele brandstoffen zijn typische bronnen van verbrandingsaerosol. De bronnen van verbrandingsaerosol in Nederland zijn vrijwel geheel antropogeen. De chemische samenstelling van verbrandingsaerosol hangt samen met de bron en kan per bron verschillen. Verbrandingsaerosol bestaat over het algemeen voor het grootste deel uit koolstofhoudend fijn stof en voor een klein deel uit zware metalen zoals nikkel en vanadium. Nikkel en vanadium komen vooral vrij bij verbranding van olie (in de petrochemie en scheepvaart). Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) zijn koolstofverbindingen die onderdeel uitmaken van verbrandingsaerosol. Bij koolstofhoudend fijn stof wordt vaak een onderscheid gemaakt in elementair koolstof (EC) en organisch koolstof (OC). De verhouding tussen het aandeel EC en OC verschilt per bron. Roet is een belangrijk deel van het verbrandingsaerosol. Roet kent geen vaste, chemische samenstelling, maar bestaat uit een (wisselend) mengsel van elementair en organisch gebonden koolstof. Verbrandingsaerosol wordt in verband gebracht met negatieve gezondheidseffecten (-> 4. Effecten).

Een ander gerelateerd begrip is het verkeersgerelateerde aerosol. Dit is aerosol dat vrijkomt bij het verkeer. Deels is dit verbrandingsaerosol, maar er zijn ook bijdragen van de slijtage van remmen en banden en de slijtage van het wegdek. Verbrandingsemissies worden gekenmerkt door een groot aantal deeltjes met een diameter van minder dan  $0,1 \mu\text{m}$ , de ultrafijne deeltjes of het ultrafijn stof. Deze deeltjes zijn zo klein dat ze nauwelijks tot de massa van bijvoorbeeld  $PM_{2,5}$  of  $PM_{10}$  bijdragen. De verhouding van het aantal deeltjes en de massa hangt onder andere af van de verbrandings-condities (temperatuur en druk), het type brandstof (aardgas, benzine, diesel, olie, kolen en hout) en eventuele nabehandeling van emissies (bijvoorbeeld een roetfilter bij auto's). De diameter van de uitgestoten deeltjes ligt tussen 5 en  $400 \text{ nm}$  <sup>6</sup> dus in of nabij het ultrafijne gebied. Deze deeltjes zijn vooral opgebouwd uit met name elementair koolstof, organische verbindingen, zwavelzuur, salpeterzuur, metalen en metaaloxiden (Hensema et al., 2009). Vanwege hun geringe massa wordt dit deel van het stof meestal uitgedrukt in aantal deeltjes per volume-eenheid. Het ultrafijn stof staat onder verdenking, omdat het zeer diep in de longen kan doordringen en zelfs in de bloedbaan kan belanden.

## De fysische kant van stof

Een van de meest gebruikte termen als het gaat over stofvormige luchtverontreiniging, is fijn stof, vaak afgekort tot  $PM_{10}$ . Fijn stof is een fysische karakterisering van stof, want het zegt iets over de maximale grootte van de stofdeeltjes (in micrometer). 'PM' komt uit het Engels en staat voor 'Particulate Matter'. De '10' is een indicatie voor de maximale grootte van de stofdeeltjes (uitgedrukt in micrometers) die tot  $PM_{10}$  behoren.  $PM_{10}$  is een van de (fysische) maten waarin de Europese Unie de luchtkwaliteitsnormen voor stofvormige luchtverontreiniging heeft gegoten.

Vaak wordt gezegd dat  $PM_{10}$  de deeltjes omvat met een diameter van 10  $\mu m$  of minder. Strikt genomen is echter dit niet helemaal waar (-> *Bijlage: Lijst van termen uit het dossier 'Fijn stof'*). Andere, vergelijkbare fysische maten zijn  $PM_{2,5}$ , de fijnere fractie van fijn stof,  $PM_1$  en  $PM_{0,1}$ , ultrafijn stof. Al deze aanduidingen zeggen dus helemaal niets over de chemische samenstelling, maar alleen over de afmetingen van de stofdeeltjes. De 'Lijst van termen uit het dossier 'Fijn stof' ' geeft onder andere een overzicht van deze overwegend fysisch gerichte termen.

Stof in de lucht bestaat uit deeltjes van zeer uiteenlopende groottes. De deeltjes kunnen een diameter hebben van 0,001  $\mu m$  (of minder) tot vele tientallen  $\mu m$ .<sup>7</sup> Bij hoge concentraties kan stofvormige luchtverontreiniging soms ook duidelijk zichtbaar zijn (afbeelding 1.3). Niet alle deeltjes komen echter evenveel voor. Bovendien is er een samenhang met tijd, plaats en bron. Een manier om het gehele scala aan afmetingen van de deeltjes uit te drukken is de deeltjesgrootte-verdeling (afbeelding 1.4). Hieruit blijkt dat schone lucht relatief veel grote deeltjes bevat. Verontreinigde lucht, zoals in steden, bevat verhoudingsgewijs (erg) veel kleine deeltjes. Dit alles heeft veel te maken met de wijze waarop de deeltjes zijn ontstaan (zie voor een verdere uitleg -> 2. *Emissies*). Wel is het zo dat de aantallen deeltjes voor deeltjes met diameter boven 2  $\mu m$  voor maritieme, continentaal-regionale en stedelijke locaties elkaar (gemiddeld) weinig ontlopen.

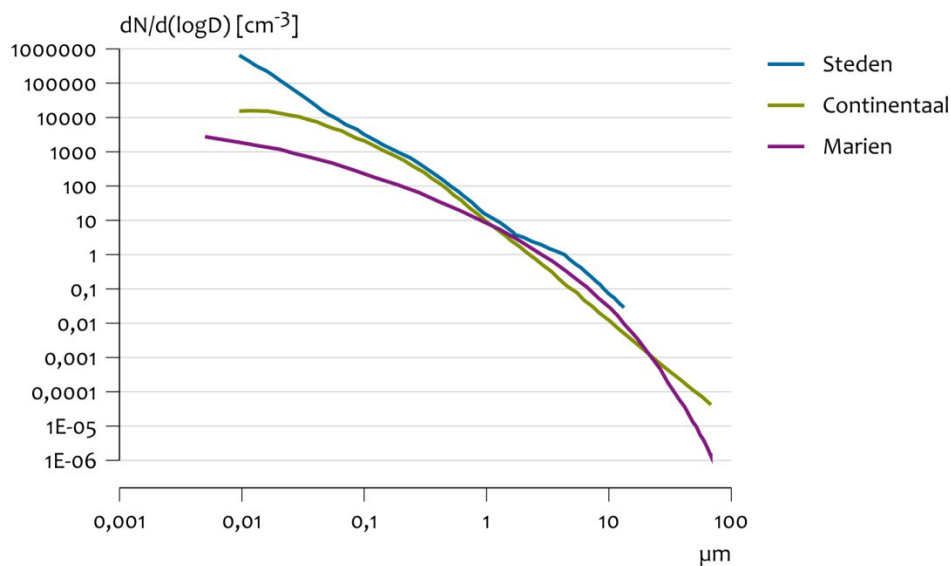
Niet alleen de deeltjesgrootteverdelingen verschillen dus per locatie, ook het totaal aantal deeltjes loopt sterk uiteen. In het algemeen geldt dat boven in de lucht boven zee de minste deeltjes voorkomen, namelijk in de orde van  $10^3$  per  $cm^3$ . Boven land neemt dit toe tot  $10^4$  en in steden tot  $10^5$  of meer.<sup>8</sup> Dit laatste kan tijdens periodes met verhoogde luchtverontreiniging overigens nog veel hoger liggen. Het totaal aantal deeltjes wordt in alle gevallen gedomineerd door de deeltjes met een diameter van 0,2  $\mu m$  en minder (afbeelding 1.5).

Het aantal deeltjes zegt overigens niet veel over de totale massa. Kleine deeltjes hebben een relatief geringe massa en zullen ondanks hun grote aantal niet veel aan de totale massa bijdragen. Dit betekent dat de totale massa van het stof in de lucht grotendeels wordt bepaald door de deeltjes met een diameter vanaf 0,2  $\mu m$ . De kleinere deeltjes dragen meestal weinig aan de massa bij.



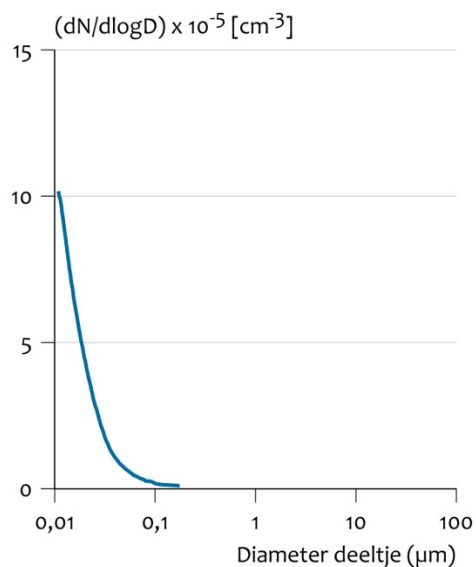
Afbeelding 1.3 In het verleden was stofvormige luchtverontreiniging vaak en veel in het dagelijks leven waar te nemen, zoals hier bij een vrachtwagen in de jaren zestig. Foto collectie E. Buijsman.

### Deeltjesgrootteverdeling in verschillende situaties

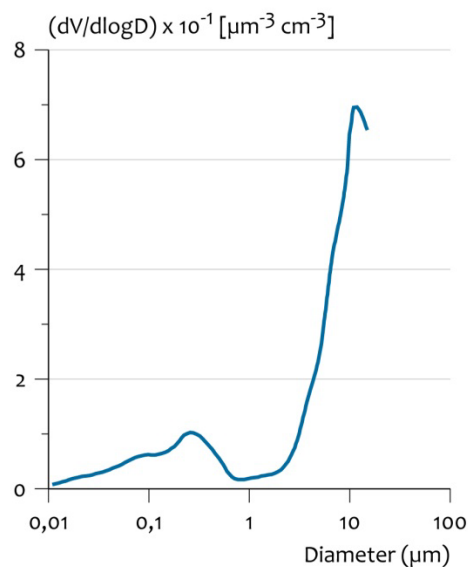


Afbeelding 1.4 Deeltjesgrootteverdeling van stofdeeltjes in lucht voor een mariene omgeving (blauw), continentaal-regionaal (rood) en in steden (zwart). In steden blijkt het aantal deeltjes zeer sterk verhoogd. De beide assen zijn logaritmisches ingedeeld. Bron: Wallace & Hobbs, 2006.

### Deeltjesgrootteverdeling



### Volumeverdeling



Afbeelding 1.5 Verdeling van het aantal stofdeeltjes (links) en het volume van de stofdeeltjes (rechts) in relatie tot de diameter. Als het volume evenredig wordt verondersteld met de massa dan kan worden gesteld dat er zijn relatief weinig grote deeltjes (diameter > 0,2  $\mu\text{m}$ ) zijn, maar dat die weinige deeltjes wel de massa bepalen. Bron: Seinfeld, 1986.

## 2 Emissies

Dit onderdeel van het Dossier 'Fijn stof' behandelt de emissie van stofvormige bestanddelen naar de lucht. Om welke bronnen gaat het en hoeveel bedraagt de emissie? Verder is er aandacht voor stof dat uit andere vormen van luchtverontreiniging in de atmosfeer zelf wordt gevormd. Ook de invloed van beleidsmaatregelen komt aan de orde.

De belangrijkste constatering uit dit onderdeel zijn:

- De emissie van primair fijn stof ( $PM_{10}$ ) in Nederland bedroeg in 2010 30 miljoen kg.
- De sectoren Verkeer en vervoer en Industrie, raffinaderijen en energie nemen elk bijna een derde van deze emissie voor hun rekening.
- De emissie van primair fijn stof in Nederland is sinds 1990 met 50% afgenomen.
- Op basis van Europese afspraken moet de emissie de fijnere fractie van primair fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) afnemen van 20 miljoen kg in 2010 tot 13 miljoen kg in 2020.

### Primair stof

Stof dat direct door antropogene of natuurlijke bronnen in de atmosfeer wordt gebracht, wordt primair stof genoemd. De Emissieregistratie stelt jaarlijks de antropogene emissie van primair fijn stof in Nederland vast. 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 Emissieregistratie maakt tot op heden geen aparte schatting van de emissie van de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ), maar alleen van fijn stof ( $PM_{10}$ ). 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  $PM_{2,5}$ .

De emissie van primair fijn stof bedroeg in 2010 30 miljoen kg (tabel 2.1). De emissie door verkeer en vervoer is bijna een derde van het totaal. 80% hiervan vervoer ontstaat bij de verbranding van motorbrandstoffen; de rest wordt veroorzaakt door slijtage van wegdek, banden, remvoeringen en bovenleidingen. Sinds 1990 is de emissie van primair fijn stof met meer dan 50% afgenomen. Dit is vooral te danken aan schonere dieselmotoren in zware bedrijfsvoertuigen. Ook de toepassing van uitlaatgasrecirculatie om de emissie van stikstofoxiden te bestrijden heeft een verlagend effect op de emissie van fijn stof.

Deeltjesfilters worden steeds meer toegepast. In 2010 konden bijna alle nieuwe dieselpersonenauto's en zware bedrijfsvoertuigen met een ingebouwde roetfilter worden geleverd; voor nieuwe dieselbestelauto's was dat ca. 75%. Daarnaast zijn, met subsidie van het Ministerie van Infrastructuur & Milieu, in bestaande voertuigen roetfilters ingebouwd, de zogeheten retrofit. Eind 2010 waren ruim 80.000 personen- en bestelauto's en meer dan 26.000 zware bedrijfsvoertuigen met een retrofitfilter uitgerust.

Sinds 1990 zijn de emissies van primair fijn stof in Nederland met meer dan 50% afgenomen; sinds 2000 met 26% (afbeelding 2.2). De emissie van fijn stof door het wegverkeer is in de periode 1990-2010 zelfs met 55% afgenomen. Ook in de meeste andere Europese landen is de emissie van primair fijn stof gedaald (afbeelding 2.3). Deze dalingen kwamen veelal tot stand door Europees en nationaal beleid en daaruit voortvloeiende maatregelen. In Duitsland en in veel van de nieuwere 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.

De emissie van primair fijn stof is in essentie fysisch gedefinieerd, het gaat immers om stof in de vorm van  $PM_{10}$  of  $PM_{2,5}$ . De Emissieregistratie geeft geen informatie over de chemische aard van de emissies. In kwalitatieve zin is echter wel iets over te zeggen. Het gaat om een breed scala aan stoffen waaronder (verbindingen van) metalen, zoals arseen, cadmium, kwik, lood, nikkel, lood en zink. Daarnaast kunnen allerhande organische stoffen en koolstof er deel van uitmaken.

## Secundair aerosol

Secundair anorganisch aerosol wordt niet direct in de atmosfeer geëmitteerd; het ontstaat in de atmosfeer uit geëmitteerde luchtverontreinigende stoffen. De belangrijkste bestanddelen van het secundair aerosol zijn ammoniumsulfaat en ammoniumnitraat; deze ontstaan uit de gassen zwaveldioxide ( $SO_2$ ), stikstofoxiden ( $NO_x$ ) en ammoniak ( $NH_3$ ). De belangrijkste (antropogene) bronnen van zwaveldioxide zijn industrie, energieproductie, raffinaderijen en zeescheepvaart. De belangrijkste bronnen van stikstofoxiden zijn de verbrandingsprocessen bij verkeer, industrie, energiesector, raffinaderijen en de zeescheepvaart. Bij ammoniak vormt landbouw veruit de grootste bron met ongeveer 90 % van de emissies.

De emissie van organische stoffen naar de atmosfeer kan eveneens aanleiding zijn tot de vorming van secundair organisch aerosol.

Tabel 2.1 Emissies van primair fijn stof in Nederland, 2010.

	Fijn stof ( $PM_{10}$ ) miljoen kg
Land- en tuinbouw	6,1
Industrie, raffinaderijen en energie	8,7
Verkeer en vervoer	9,3
Huishoudens	3,3
Bouw en HDO <sup>1)</sup>	2,3
Totaal	30

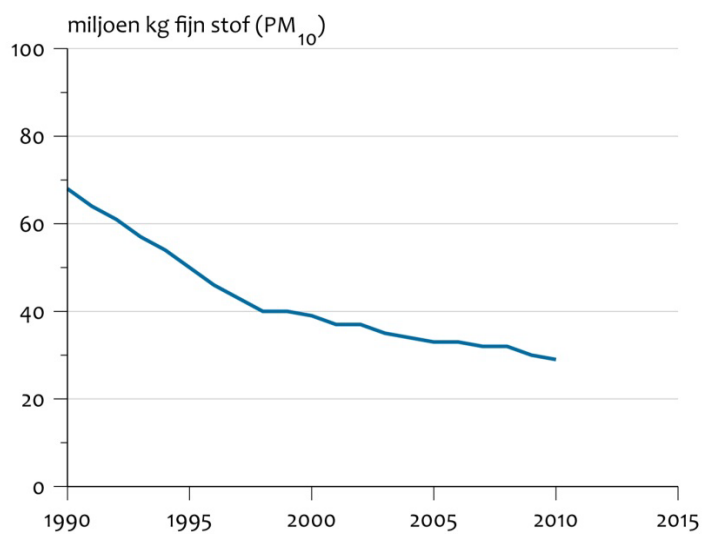
1) HDO: Handel, Diensten en Overheid.



Afbeelding 2.1 Emissies van bronnen op zee zijn (nog) minder goed gereguleerd dan emissies van bronnen op het vasteland. Onder andere daardoor heeft bijvoorbeeld de zeescheepvaart op de Noordzee een duidelijke invloed op de concentraties van fijn stof in de Nederlandse kustprovincies. Foto Jeremy Wee/iStock.

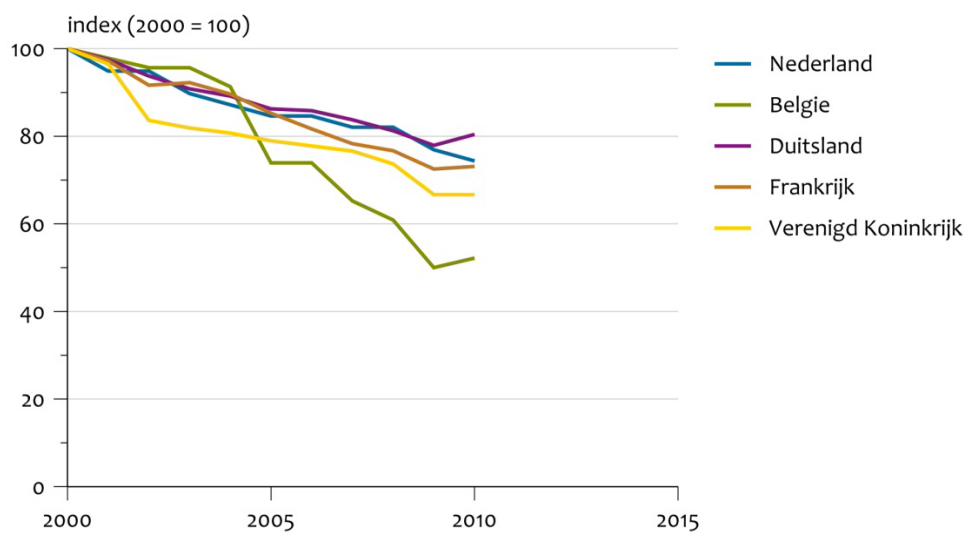


### Emissie primair fijn stof ( $PM_{10}$ ) in Nederland



Afbeelding 2.2 Emissie van primair fijn stof ( $PM_{10}$ ) in Nederland, 1990-2010. Bron: Emissieregistratie, 2012.

### Emissie primair fijn stof ( $PM_{10}$ ) in een aantal Europese landen



Afbeelding 2.3 Emissiereducties van primair fijn stof ( $PM_{10}$ ) in een aantal Europese landen, 2000-2010. Bron: EMEP, 2012.

## Emissiereducties

Een deel van het fijn stof ontstaat in de atmosfeer uit zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), ammoniak (NH<sub>3</sub>). Voor deze (en andere) stoffen zijn emissiedoelstellingen geformuleerd in het kader van de Europese NEC-richtlijn en in het Göteborg protocol onder de VN-conventie over grensoverschrijdende luchtverontreiniging. In mei 2012 zijn in het kader van de UN-ECE nieuwe afspraken over een herziening van het Göteborg Protocol gemaakt. Hierbij zijn nieuwe emissiedoelen voor luchtverontreinigende stoffen (zwaveldioxide, stikstofoxiden, ammoniak en vluchtige organische stoffen) voor 2020 (en daarna) afgesproken (tabel 2.2). Hierdoor wordt het secundair aerosol bestreden. Ook is nu voor het eerst een emissiedoelstelling voor de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>) afgesproken. Voor de emissie van fijn stof (PM<sub>10</sub>) zijn geen doelstellingen geformuleerd.

De plafonds zijn overigens niet direct van kracht. De Europese Unie is partij onder het protocol en zal de plafonds nog moeten vastleggen in de bestaande EU-regelgeving in de vorm van een nieuwe NEC-richtlijn. In dit proces zal de Commissie bezien of niet tegelijkertijd ook nog strengere plafonds voor 2025 of 2030 kunnen worden vastgelegd. Daarnaast zullen de betrokken landen het herziene protocol nog moeten ratificeren.

Tabel 2.2 Göteborg emissieplafonds voor Nederland. <sup>1)</sup>

Stof	Emissie-plafond 2010 <sup>2)</sup>	Emissie-plafond 2005	Reductie-verplichting voor 2020 ten opzichte van 2005 <sup>3)</sup>	Emissie-plafond 2020 <sup>4)</sup>
	kton	kton	%	kton
Zwaveldioxide (SO <sub>2</sub> )	50	65	28	46
Stikstofoxiden (NO <sub>x</sub> )	260	368	45	203
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	128	141	13	122
Fijnere fractie van fijn stof (PM <sub>2,5</sub> )	-	21	37	13

1) Er is ook nog een emissieplafond voor Vluchtige Organische Stoffen (VOS).

2) Op basis van Fuel Sold.

3) De feitelijke afspraak volgens het Göteborg-protocol.

4) Op basis van Fuel Used berekend uit het emissieplafond voor 2005; afgerond.

Naast beperking van de rechtstreekse uitstoot van stof wordt fijn stof ook impliciet bestreden door het staande bronbeleid in EU- en UNECE-kader. Het huidige beleid dat leidt tot bestrijding van de directe uitstoot van fijn stof, bestaat uit een Europees en een nationaal deel.

- De EU-emissionormstelling voor wegverkeer. Hierdoor is de uitstoot van primair fijn stof door het wegverkeer sinds 1990 met 55% afgenomen ondanks een groei van het wegverkeer met 30%.
- Het nationale beleid voor de bestrijding van primair fijn stof wordt gevormd door lokale milieuvergunningen en door de normen die aan installaties worden gesteld via onder andere het Besluit Emissie-Eisen Stookinstallaties (BEES) en de Nederlandse emissie Richtlijn (NeR). Door dit beleid zijn de emissies van primair fijn stof bij bedrijven in Nederland sinds 1990 met 60% gedaald.
- Maatregelen die deel uitmaken van Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht (NSL; zie onder).

## Emissies door natuurlijke bronnen

Er zijn ook natuurlijke bronnen die (fijn) stof emitteren. Hierbij kan worden gedacht aan bronnen als bosbranden, de bodem (opwervelend bodemstof), bomen, vegetatie (pollen), woestijnen (Saharazand) en de zee (zeezout). Ook kunnen natuurlijke bronnen stoffen emitteren die leiden tot de vorming van secundair aerosol.

Zo is een klein deel van de stikstofoxiden in de atmosfeer van natuurlijke herkomst, bijvoorbeeld van bacteriële processen, bliksem en bosbranden. Dit kan leiden tot nitraataerosol. Een klein deel van het zwaveldioxide in de atmosfeer is afkomstig van vulkanen. Ook kan zwaveldioxide ontstaan door oxidatie van gasen die vrijkomen bij rottings-processen, zoals zwavelwaterstof. Het zwaveldioxide kan leiden tot het ontstaan van sulfaat-aerosol. Tot slot komt er ook ammoniak in de atmosfeer door natuurlijke bronnen.

Hierbij valt te denken aan de emissie door de ontleding van uitwerpselen van wilde dieren. Ook bij bacteriële processen kan ammoniak vrijkomen. Dit ammoniak kan in de atmosfeer leiden tot de vorming van ammoniumaerosol.

## Lokale emissies

Onderzoek leert dat menselijk handelen een significante invloed hebben op de kwaliteit van hun eigen, directe leefomgeving. De eigen auto speelt daarin een belangrijke rol door de bijdrage van de voertuigemissies aan de lokale luchtverontreiniging, geluidsbelasting en geurhinder (RIVM, 2000). Een andere belangrijke lokale emissie is de emissie van organisch en elementair koolstof door houtverbranding. Volgens de Emissieregistratie is de fijnstofemissie door houtverbranding in open haarden, houtkachels en kachels voor kleinschalige elektriciteitsopwekking minder dan 5% van de primaire emissie van fijn stof in Nederland. De emissie vindt daar plaats waar mensen wonen en daarom kan toch al snel sprake zijn van overlast en verhoogde blootstelling (Matthijsen & Koelemeijer, 2010). Van een nog lokalere aard zijn de emissies in en om het huis, zoals door barbecueën, roken en koken. Over de omvang van deze emissies is echter weinig bekend.

## Het Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht

Om tijdig aan de Europese grenswaarden voor de luchtkwaliteit te voldoen is in Nederland het Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht (NSL) opgezet. Het NSL is een samenwerkingsprogramma tussen rijk, provincies en gemeenten en is juridisch vastgelegd in de Wet Milieubeheer (2007). Een deel van het NSL bestaat uit een omvangrijk maatregelenpakket, met zowel landelijke, regionale als lokale maatregelen. De generieke maatregelen bestaan onder andere uit de stimulering van de toepassing van roetfilters bij nieuwe en bestaande voertuigen. In de landbouw zijn maatregelen voorzien op het gebied van stofbestrijdingstechnieken en op een reductie van stoffen die een bijdrage leveren aan het secundaire aerosol. Lokale overheden kunnen eveneens een bijdrage leveren door bijvoorbeeld in de centra van steden milieuzones in te stellen.

## De Programmatische Aanpak Stikstof

De Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) is een onderdeel van Natura 2000. Het is begin 2009 van start gegaan met als doel om de vastgelopen vergunningverlening in het kader van de Natuurbeschermingswet 1998 weer vlot te trekken. Natura 2000 is een Europees netwerk van natuurgebieden, maar het is ook de naam van het Europese beleid om de natuur en vooral biodiversiteit in die gebieden te beschermen. Om de natuurdoelen in een groot aantal van die gebieden te kunnen halen moet de stikstofdepositie worden verminderd.

Vermindering van de stikstofdepositie zal in geval vooral worden bereikt door emissiereducties van ammoniak. Daardoor zal ook de vorming van secundair aerosol worden verminderd (zie ook hiervoor bij 'Secundair aerosol').



Afbeelding 2.4 Barbecueën is een bron van stofemissies op de lokale schaal. Bij de bereiding van het vlees komen bovendien schadelijke stoffen vrij, waaronder 'rook' en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK). Foto collectie E. Buijsman.

## Verdere informatie

- Compendium voor de Leefomgeving. Zie <http://www.clo.nl>.
- Emissieregistratie. Zie <http://www.emissieregistratie.nl>.
- Kenniscentrum InfoMil, onder andere over het Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht. Zie <http://www.infomil.nl>.
- Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, onder andere over de Programmatische Aanpak Stikstof. Zie <http://pas.naturaz000.nl>.

## 3 Luchtkwaliteit

*In dit onderdeel van het Dossier 'Fijn stof' komen de concentraties van fijn stof in lucht aan de orde. In hoeverre zijn er verschillen tussen de luchtkwaliteit in steden en daarbuiten? Hoe hebben de concentraties zich de afgelopen decennia ontwikkeld. Ook zal worden ingegaan op de concentraties van enkele componenten die deel uit maken van fijn stof. Tot slot zal een korte schets van de situatie elders in Europa worden gegeven.*

De belangrijkste constatering uit dit onderdeel zijn:

- De concentraties van fijn stof ( $PM_{10}$ ) zijn sinds het begin van de metingen in 1993 gedaald met 35% op de regionale stations en met 25-30% op de stedelijke stations.
- Sinds het begin van de jaren zeventig zijn de stofconcentraties in steden mogelijk zelfs met 60-70% gedaald.
- De Europese grenswaarden voor fijn stof worden alleen nog plaatselijk overschreden, bijvoorbeeld langs drukke straten en snelwegen en in de buurt van op- en overslag bedrijven en grote stallen.
- De levensduurverkortung door stof in de lucht bedraagt in Nederland ongeveer een jaar.

### Concentraties in Nederland

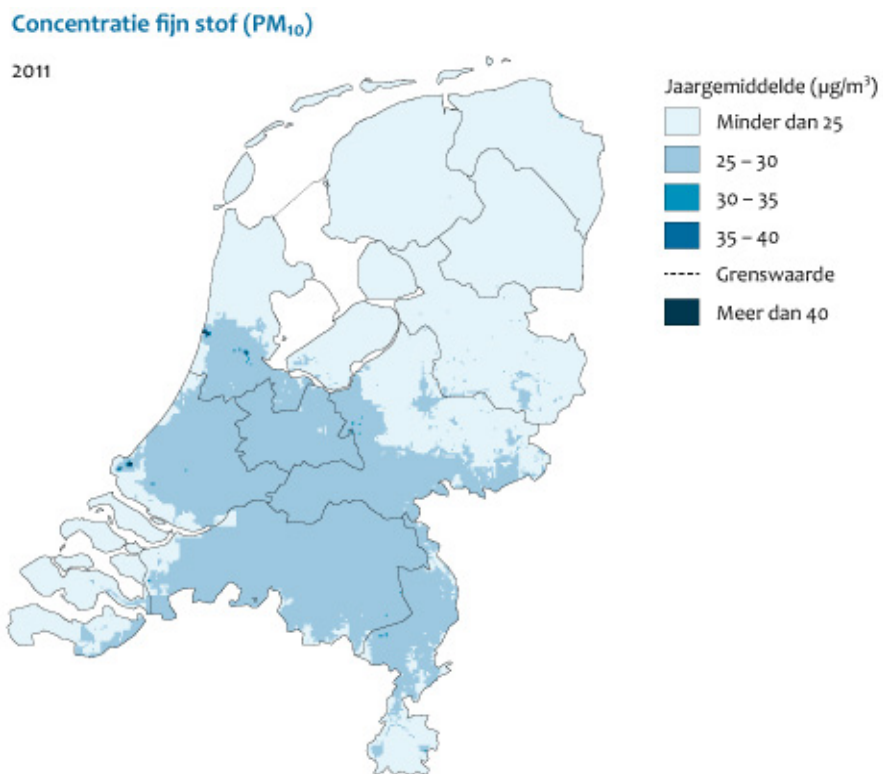
De jaargemiddelde zogeheten achtergrondconcentraties van fijn stof ( $PM_{10}$ ) en van de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ), bedroegen in 2011 gemiddeld over Nederland 24 respectievelijk 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (afbeelding 3.1, 3.2). Deze achtergrondconcentratie wordt gevormd door de regionale (grootschalige) en stedelijke achtergrond. De kaart met deze achtergrondconcentraties laat voor 2011 alleen nog zeer lokaal overschrijdingen zien van de grenswaarde voor het jaargemiddelde (afbeelding 3.1). Er was alleen nog sprake van overschrijding bij havengebieden met op- en overslag. De concentratie neemt in grote lijnen vanuit het noorden naar het zuiden toe door de toenemende invloed van bronnen in Nederland en het aangrenzende buitenland.

De lokale verhogingen langs bijvoorbeeld drukke verkeerswegen, binnenstedelijke straten of in de nabijheid van stallen zijn op deze kaart niet weergegeven. In dergelijke situaties kan door de lokale bijdragen de norm worden overschreden.

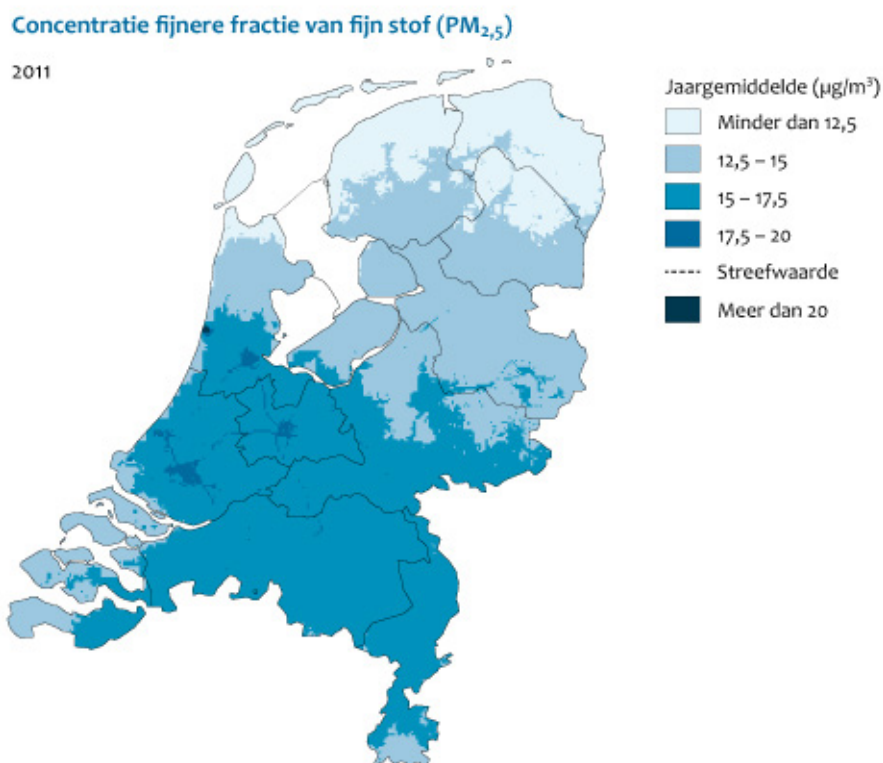
De gemeten regionale concentratie van de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) bedroeg in 2011 gemiddeld 17  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Op straatlocaties lagen de concentraties 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  hoger.

Uit metingen blijkt dat er geen significante verschillen in concentraties van fijn stof ( $PM_{10}$ ) zijn tussen regionale locaties en de stadsachtergrond (Voogt et al., 2009). Met stadsachtergrond wordt hier bedoeld het stedelijke gebied waar de niveaus representatief zijn voor de blootstelling van de stedelijke bevolking. Wel is er in straten sprake van een verhoging ten opzichte van de stadsachtergrond. Door extra, lokale, antropogene bijdragen liggen de niveaus in straten gemiddeld 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  hoger voor fijn stof ( $PM_{10}$ ) en 1 tot 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  voor de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ). Elders in Europa worden grotere verschillen gevonden van 7 (voor  $PM_{10}$ ) respectievelijk 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (voor  $PM_{2,5}$ ) (Mol et al., 2009).

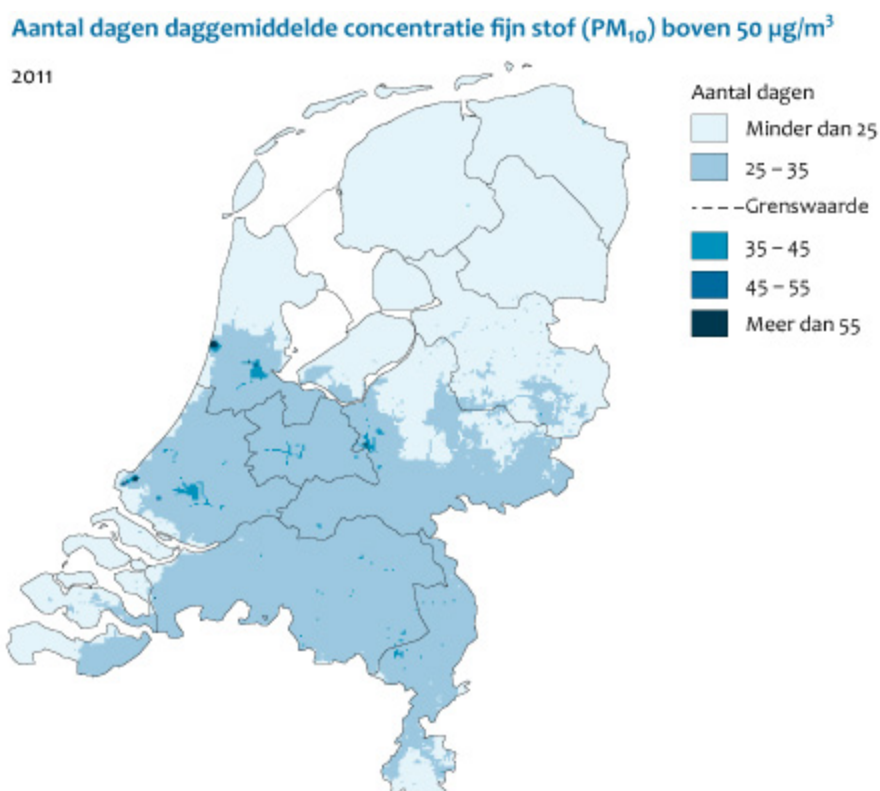
De achtergrondconcentraties van fijn stof blijven in het overgrote deel van Nederland onder de grenswaarde voor daggemiddelde concentraties, dat wil zeggen niet meer dan 35 dagen met een daggemiddelde concentratie boven 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (afbeelding 3.3). Alleen in verstedelijkte gebieden en in gebieden met veel agrarische activiteiten in het midden en zuiden van Nederland wordt de norm plaatselijk nog overschreden. Dit komt vooral door de bijdrage van lokale bronnen. In het midden en zuiden van Nederland ligt het aantal dagen met een daggemiddelde boven de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  hoger dan in het noorden. Dit komt door een hogere uitstoot van fijn stof in het zuiden van Nederland en een grotere invloed van bronnen in het omringende buitenland.



Afbeelding 3.1 Jaargemiddelde concentraties van fijn stof ( $PM_{10}$ ) in Nederland, 2011. De kaart is berekend op basis van een combinatie van modelberekeningen en meetresultaten (-> 6. Modelleren) en geeft een beeld van de concentratie van fijn stof per gebied van 1 x 1 km. Bron: Compendium voor de Leefomgeving.



Afbeelding 3.2 Jaargemiddelde concentraties van de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) in Nederland, 2011. De kaart is berekend op basis van een combinatie van modelberekeningen en meetresultaten (-> 6. Modelleren) en geeft een beeld van de concentratie van fijn stof per gebied van 1 x 1 km. De streefwaarde van 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  geldt voor 2020. Bron: Compendium voor de Leefomgeving.



Afbeelding 3.3 Aantal dagen met een overschrijding van de daggemiddelde concentratie van 50 µg/m<sup>3</sup>, 2011. Volgens de Europese regelgeving mag deze concentratie op niet meer dan 35 dagen per jaar worden overschreden. Bron: Compendium voor de Leefomgeving.

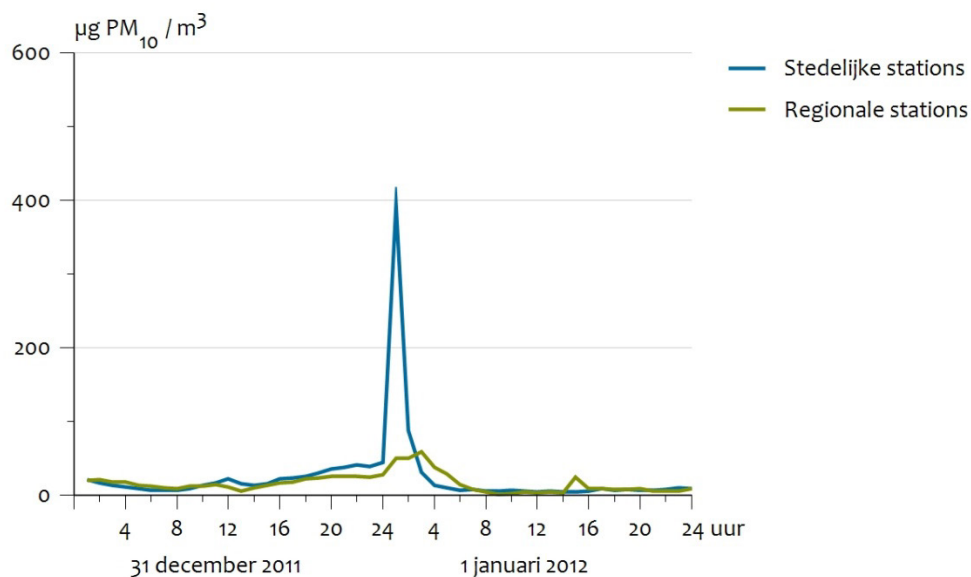
De schattingen van PM<sub>2,5</sub>-concentraties op basis van modelberekeningen bevatten waarschijnlijk nog aanzienlijke onzekerheden. Op basis van de huidige inzichten liggen de gemiddelde achtergrondconcentraties van PM<sub>2,5</sub> in Nederland tussen de 13 en 18 µg/m<sup>3</sup>. In het stedelijk gebied zijn de PM<sub>2,5</sub>-concentraties hoger, namelijk 14-22 µg/m<sup>3</sup>. Lokaal in straten en langs snelwegen zijn de concentraties verhoogd door de bijdrage van verkeer aan de PM<sub>2,5</sub>-concentraties. PM<sub>2,5</sub>-concentraties in straten zijn voor 2010 berekend op 15 tot maximaal 30 µg/m<sup>3</sup>. Gemeten PM<sub>2,5</sub>-concentraties in straten liggen tussen 17 tot 21 µg/m<sup>3</sup>. De metingen van PM<sub>2,5</sub> langs straten en wegen in nabijgelegen regio's in België en Duitsland geven een range van 18-28 µg/m<sup>3</sup>.

Een aparte vermelding verdienen nog de verhoogde fijnstofniveaus rond de jaarwisseling. Vuurwerk tijdens de jaarwisseling veroorzaakt gedurende korte tijd forse luchtverontreiniging met sterk verhoogde niveaus van fijn stof (en zwaveldioxide). Zo gaf de jaarwisseling van 2011 op 2012 op meetpunten in steden in het eerste uur na de jaarwisseling concentraties van fijn stof van enkele honderden µg/m<sup>3</sup> te zien. De maximaal gemeten concentratie was 1250 µg/m<sup>3</sup> op een meetpunt in Utrecht (afbeelding 3.4). Over de periode 1993 tot en met 2012 blijkt de gemiddelde fijnstofconcentratie in het eerste uur na de jaarwisseling op ongeveer 550 µg/m<sup>3</sup> te liggen (afbeelding 3.5). Er kunnen echter forse verschillen per jaar optreden. Gemiddeldes kunnen een factor 1,5 à 2 lager of hoger liggen. Meteorologische omstandigheden spelen hierbij een rol. Bij weinig wind, zoals tijdens de jaarovergang 2007/2008, waren de concentraties door de geringere verspreiding (sterk) verhoogd.

## Trend

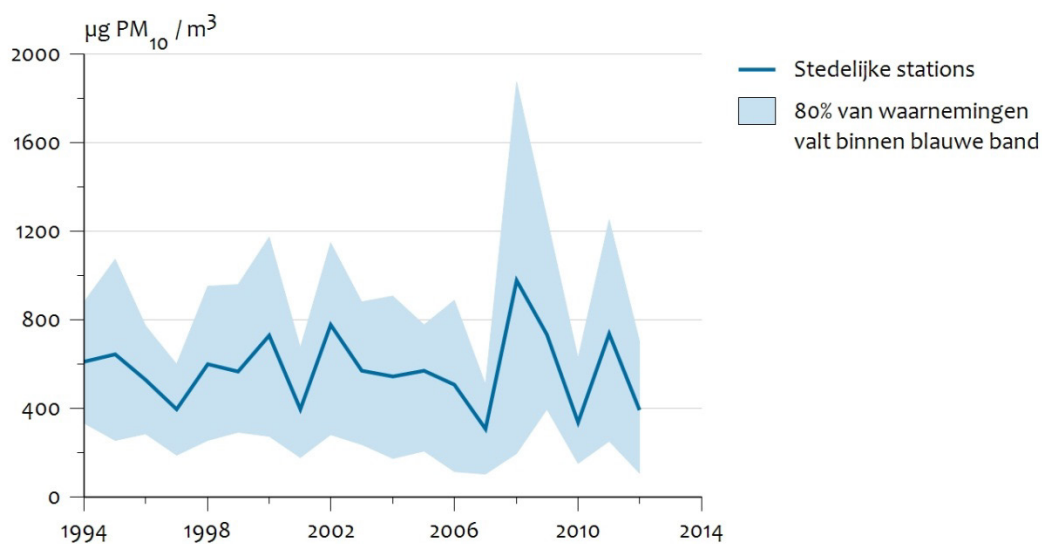
De meetresultaten van fijn stof (PM<sub>10</sub>) van respectievelijk straat-, stad- en regionale locaties geven na 1997 geen overschrijdingen van de grenswaarde van 40 µg/m<sup>3</sup> voor de jaargemiddelde fijnstofconcentratie meer te zien. De metingen in de periode 1992-2010 laten een afname zien van 35% op de regionale stations en van 25-30% op de stedelijke stations (afbeelding 3.6).

### Concentratie fijn stof rond jaarwisseling, 2011 / 2012



Afbeelding 3.4 Concentraties van fijn stof op de dagen rond de jaarwisseling van 2011/2012. Op basis van metingen in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Bron: Compendium voor de Leefomgeving.

### Concentratie fijn stof vlak na jaarwisseling



Afbeelding 3.5 Trend in de concentraties van fijn stof in het eerste uur na de jaarwisseling op stedelijke stations in de periode 1994-2012. Op basis van metingen in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Bron: Compendium voor de Leefomgeving.

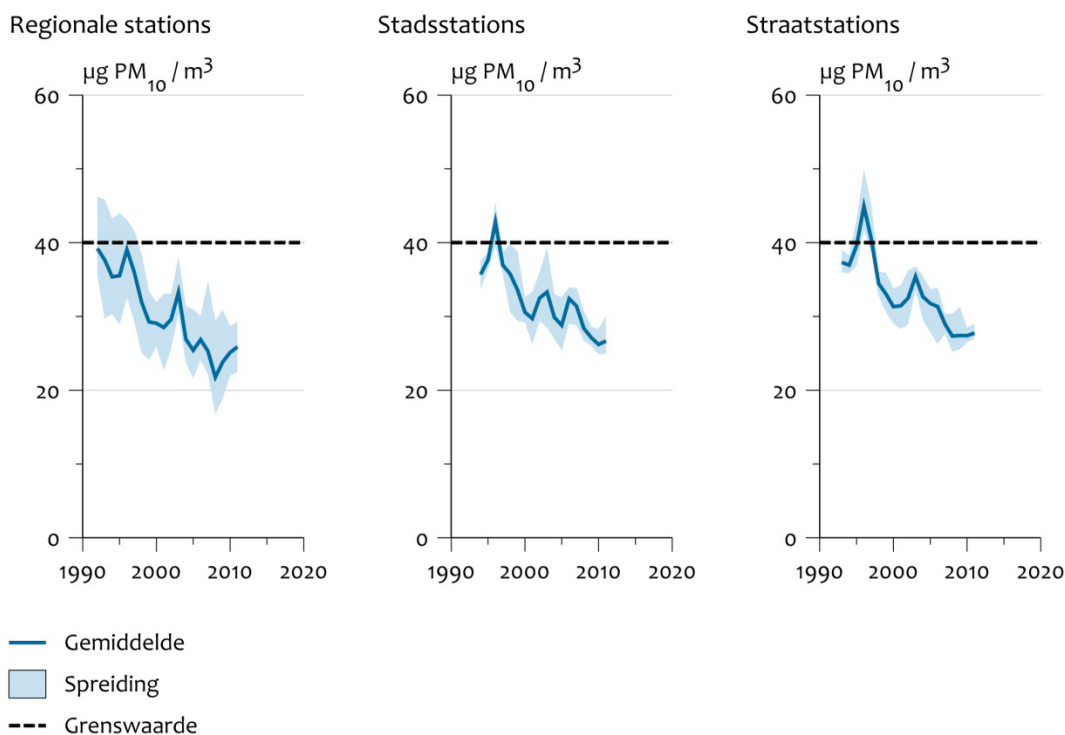


Op basis van een analyse van meetgegevens uit de periode 1993-2008 lijkt de afname in de periode 1993-2000 duidelijk groter was (2-4 % per jaar) dan de afname in de periode 2000-2008 (0-2 % per jaar) (Hoogerbrugge et al., 2010). Het verschil is echter niet statistisch significant. Binnen de onzekerheden komt de gemeten trend overeen met de trend in de emissies over dezelfde periode. Een onderzoek naar de emissie van fijn stof uit verbrandingsprocessen - dat wil zeggen de fijnstof fractie die tegenwoordig als gezondheidsrelevant geldt - laat zien dat de daling door de invoering van schonere motoren grotendeels teniet werd gedaan door de stijging van het aantal gereden kilometers en het zwaarder worden van de voertuigen (Hoogerbrugge et al., 2010; Matthijsen & Koelemeijer, 2010).

Metingen van fijn stof zijn in 1992 gestart. Daarvoor werd weliswaar ook al stof gemeten, maar dan meestal als totaal stof of Total Suspended Particulates (TSP). Volgens Buijsman (2008/2009) zouden de stofconcentraties in Nederland sinds het begin van de jaren zeventig met 60 tot 70% kunnen zijn gedaald (afbeelding 3.7).

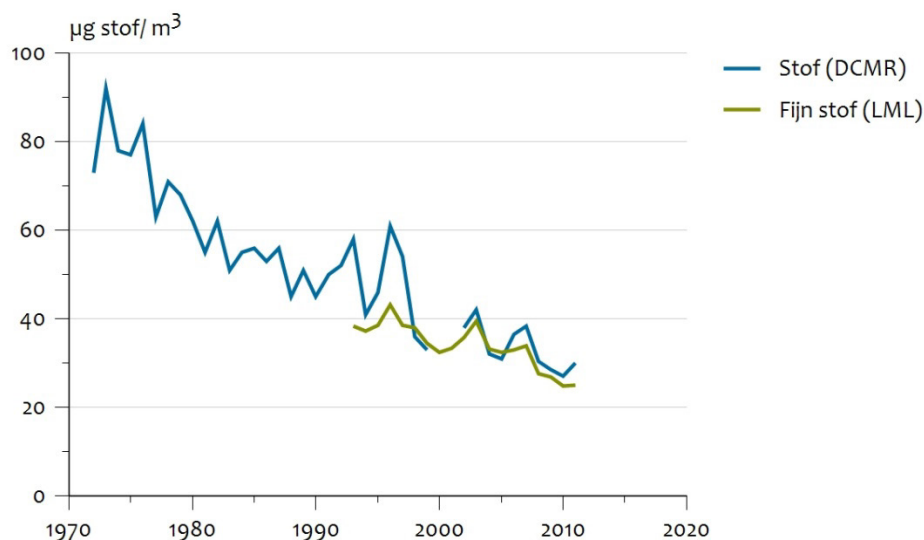
De trends in de antropogene bestanddelen van fijn stof vertonen een dalende trend. De daling vond vooral plaats in de periode 1990 tot en met 2000, daarna vlakke de daling af (afbeelding 3.8). Twee derde van de vermindering van de fijnstofconcentraties tussen 1993 en 2007 komt voor rekening van emissiereducties van zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak. Het overige deel kan, in gelijke mate, worden toegeschreven aan een vermindering van primaire aerosol, aan deeltjes gebonden water en secundair organisch aerosol (Hoogerbrugge et al., 2010).

### Concentratie fijn stof in lucht



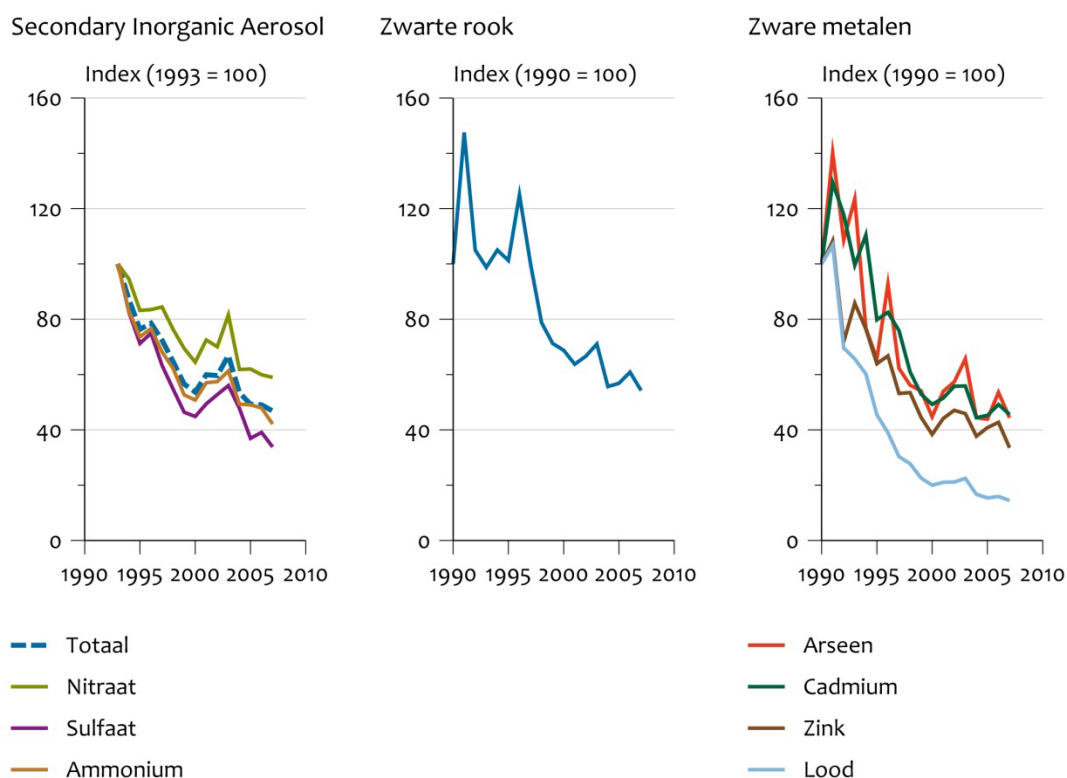
Afbeelding 3.6 Ontwikkeling van de gemeten jaargemiddelde concentraties van fijn stof (PM<sub>10</sub>) op verschillende typen meetstations, 1992-2010. Bron: Compendium voor de Leefomgeving.

### Concentratie stof en fijn stof in lucht in Rotterdam



Afbeelding 3.7 Ontwikkeling van de gemeten jaargemiddelde concentratie van stof (totaal stof)<sup>9</sup> en fijn stof (PM<sub>10</sub>) op een stedelijk meetpunt in Rotterdam. De grafiek is gebaseerd op meetgegevens van een stadsstation van DCMR Milieudienst Rijnmond ('Stof/DCMR') en een stadsstation van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit ('Fijn stof/LML'). Het gaat om stations die (vrijwel) de gehele periode operationeel zijn geweest.<sup>10</sup> Bron: Compendium voor de Leefomgeving.

### Regionale achtergrondconcentraties fijnstofbestanddelen



Afbeelding 3.8 Trend in de concentraties van een aantal bestanddelen van fijn stof: anorganisch aerosol, zwarte rook en een aantal zware metalen. Bron: Matthijsen & Koelemeijer (2010).

## Herkomst

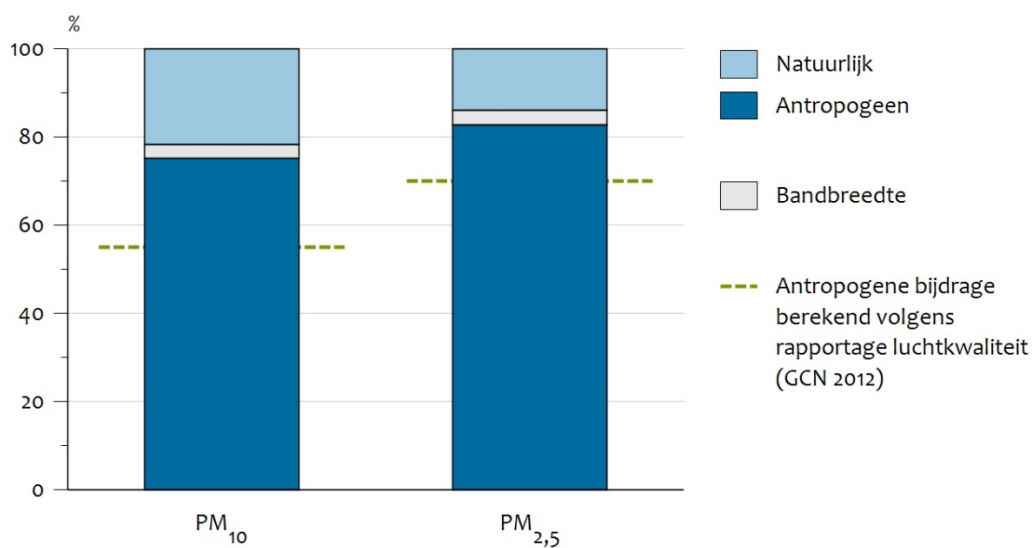
Stof in de lucht bestaat uit bestanddelen die deels van natuurlijke oorsprong zijn en deels in de atmosfeer zijn gekomen door menselijk handelen (zie ook ->2. Emissies). Fijn stof ( $PM_{10}$ ) bestaat gemiddeld voor 75-80 % uit antropogene bestanddelen; voor de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) is dit 85-90 % (afbeelding 3.9, 3.10). Op zwaar belaste locaties, zoals binnenstedelijke wegen, is het antropogene aandeel in  $PM_{10}$  nog groter dan 80 procent. De afbeelding geeft de verdeling tussen de antropogene en natuurlijke bijdragen aan  $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$  op basis van recent onderzoek en de rapportages luchtkwaliteit (Matthijssen & Koelemeijer, 2010).

De belangrijkste bestanddelen van fijn stof ( $PM_{10}$ ) en de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) zoals die op basis van metingen zijn bepaald, vormen in aflopende mate van belangrijkheid (Schaap et al, 2010):

- **Secundair anorganisch aerosol** Dit bestaat voornamelijk uit ammoniumsulfaat en ammoniumnitraat. Deze bestanddelen zijn vrijwel geheel van antropogene oorsprong en worden in de atmosfeer gevormd uit de luchtverontreinigende gassen zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak. Bij situaties met verhoogde concentraties is het vooral dit deel van het stof waarvan de concentratie (sterk) toeneemt. Een klein deel van het secundair anorganisch aerosol is van natuurlijke oorsprong (1-6%) of komt van buiten Europa (~10%).
- **Koolstof en koolstofbevattende stoffen** Dit gaat vooral om elementair koolstof (EC) en organische verbindingen. De deeltjesvormige koolstofverbindingen kunnen van natuurlijke of antropogene oorsprong zijn. Elementair koolstof in Nederland is vrijwel geheel van antropogene oorsprong en komt als deeltjes vrij bij verbrandingsprocessen. Een belangrijk deel van de organische stoffen in de lucht wordt veroorzaakt door antropogene emissies van Vluchtige Organische Stoffen bij het gebruik van oplosmiddelen, bij productieprocessen, bij het gebruik van vaste en vloeibare brandstof en van het verkeer. Natuurlijke emissies leveren ook een bijdrage, onder andere van bomen en planten. Verder komen (grove) organische stofdeeltjes vrij bij landbouwactiviteiten in stallen en op het veld. Dit soort deeltjes kunnen ook van natuurlijke oorsprong zijn. De bijdrage van koolstof en koolstofbevattende stoffen is groter in de stedelijke omgeving.
- **Zeezoutaerosol** Zeezout bestaat voor 85% uit natriumchloride ('keukenzout') met daarnaast kleine bijdragen van magnesium-, calcium-, en kaliumverbindingen. Zeezoutaerosol is van natuurlijke oorsprong en ontstaat in de lucht door verdamping van opgespat zeewater. Dat is ook de reden dat deze bijdrage afneemt met toenemende afstand tot de kust.
- **Bodemstof** Bodemstof is zowel van antropogene als van natuurlijke herkomst. Landbouwactiviteiten (eggen, ploegen, oogsten) en opwerveling door verkeer geven in Nederland en Europa de belangrijkste bijdragen aan bodemstof in  $PM_{10}$  (Schaap et al. 2009; Denier van der Gon et al. 2010). De bijdrage door winderosie in Europa lijkt niet of nauwelijks van belang. Zo speelt Saharastof alleen in incidentele gevallen een rol (Schaap et al., 2010). Bodemstof bestaat voornamelijk uit oxiden van silicium, aluminium, calcium, ijzer en kalium.
- **Metalen** De metalen die geen onderdeel uitmaken van het bodemstof komen vrij bij verschillende soorten slijtageprocessen en bij de metaalindustrie. Het bestanddeel metalen is als volledig antropogeen te beschouwen. De aanwezigheid van metalen in fijn stof kunnen daarom worden gekoppeld aan specifieke antropogene bronnen. Bijvoorbeeld: zink wijst op autobandenslijtage, koper op remslijtage, en cadmium op vuilverbranding en cement-productie. De bijdrage van deze groep neemt sterk toe in de stedelijke omgeving.
- **Niet gespecificeerd** Dit bestanddeel is het verschil tussen de totale, gemeten  $PM_{10}$ - (of  $PM_{2,5}$ -) concentratie en de som van de hiervoor genoemde bestanddelen. Dit deel kan verschillen per locatie en de hoogte van de fijnstofconcentratie. Dit deel bedraagt – gemiddeld – tegenwoordig nog slechts 10% van de totale fijnstofmassa. De bijdragen aan de fijnstofconcentraties worden modelmatig berekend. De met de modellen berekende concentraties worden gekalibreerd op meetresultaten. Er is echter een verschil tussen de uitkomsten van de modelberekeningen en de metingen. Dit verschil is in de afbeelding aangegeven als de categorie 'Niet gespecificeerd'. Deze categorie kan dus betrekking hebben op niet verdisconteerde bronnen, bronnen waarvan de emissie niet juist is geschat, de achtergrondconcentratie op het noordelijk halfrond en op emissies van natuurlijke oorsprong, waaronder zeezout en (deels) opwaaiend bodemstof.

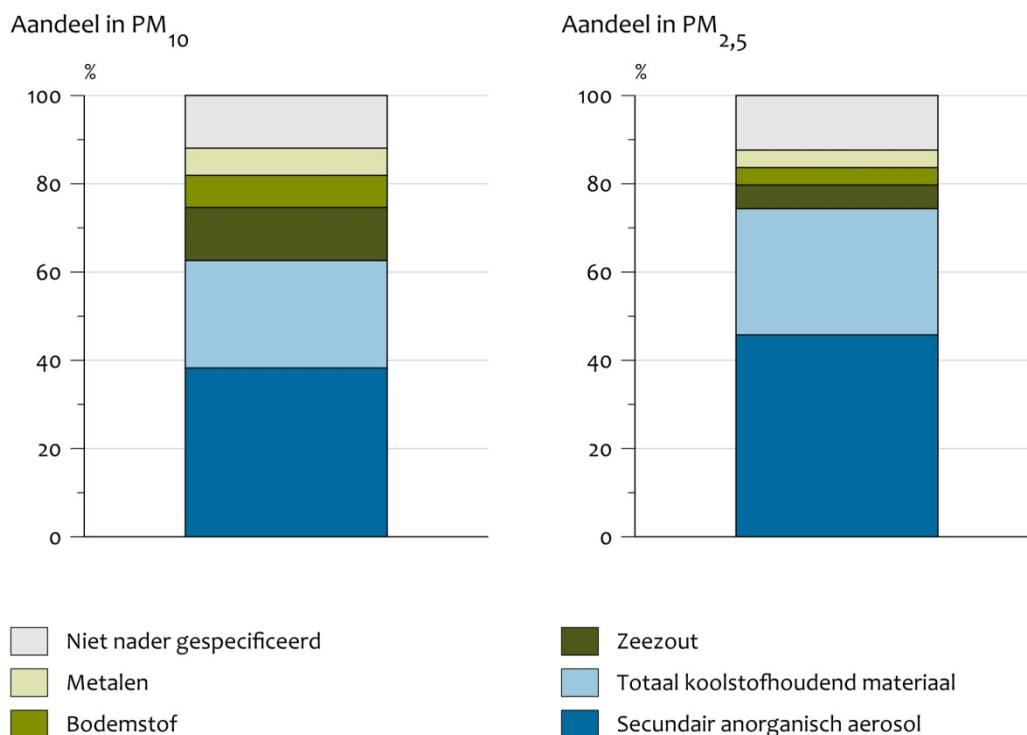


## Herkomst stof



Afbeelding 3.9 Herkomst van fijn stof (PM<sub>10</sub>) en van de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>). De bandbreedte geeft de onzekerheid aan over het antropogene aandeel in het koolstofhoudend fijn stof. Bron: Matthijsen & Koelemeijer (2010), aangepast aan de laatste ontwikkelingen in GCN-kader (Velders et al., 2012).

## Samenstelling stofconcentratie



Afbeelding 3.10 Gemiddelde, chemische samenstelling van fijn stof (PM<sub>10</sub>) en de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>). Bron: Schaap et al., 2010.

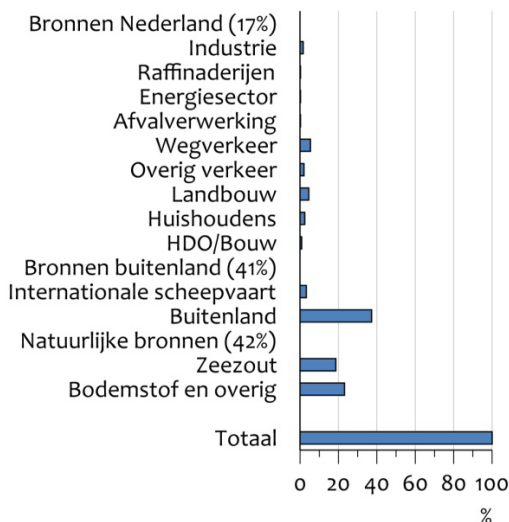
De samenstelling van PM<sub>10</sub> en die van PM<sub>2,5</sub> lijken sterk op elkaar. De aandelen secundair anorganisch aerosol en de totale hoeveelheid aan koolstofhoudend fijn stof zijn dominant. Samen dragen ze twee derde bij aan PM<sub>10</sub> en 80% aan PM<sub>2,5</sub>. Van deze twee is het secundair anorganisch aerosol het meest dominant. Het grove deel fijn stof, dat zijn de deeltjes met een diameter van 2,5 tot 10 µm, is rijk aan deeltjes die door mechanische processen in de lucht terechtkomen. Toch is nog ongeveer een derde deel in de fijnere fractie van fijn stof afkomstig van bodemstof, metalen en zeezout. De bijdragen kunnen echter variëren afhankelijk van de locatie en van de tussen dagen met hoge dan wel lage fijnstofconcentraties. Deze verschillen zijn het gevolg van de nabijheid van bronnen van fijn stof in combinatie met het weer.

De herkomst kan ook worden beoordeeld aan de hand van sectoren en bronnen in binnenland versus buitenland. De bepaling van de herkomst gebeurt met atmosferisch-chemische verspreidingsmodellen, in dit geval met het LOTOS-EUROS-model. Uit deze berekeningen blijkt dat 70-80% van het fijn stof (PM<sub>10</sub>) en 80-95% van de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>) veroorzaakt wordt door menselijk handelen (afbeelding 3.11, 3.12). Van dit antropogene deel is ongeveer tweederde afkomstig van bronnen in het buitenland. De Nederlandse, antropogene bijdrage wordt gedomineerd door emissies uit de agrarische sector en van transport.<sup>11</sup> Deze bevindingen zijn overeenkomstig de resultaten van eerdere berekeningen met het OPS-model. Gezien de verschillende aard van de twee modellen mogen de uitkomsten dan ook als vrij robuust worden gezien.

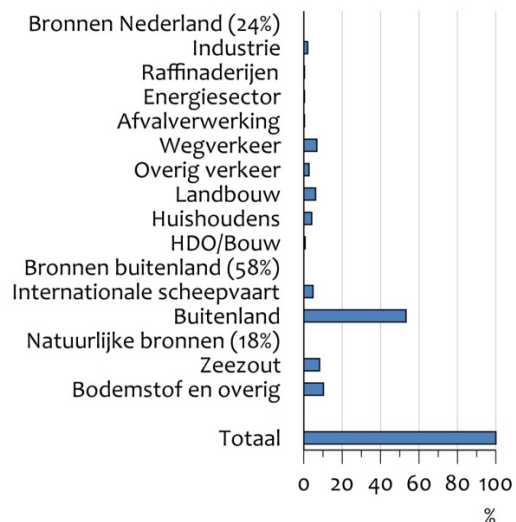
Een groot deel van het fijn stof in de Nederlandse lucht komt uit het buitenland. Berekeningen met atmosferisch-chemische verspreidingsmodellen wijzen uit dat gemiddeld om twee derde gaat dat kan worden toegeschreven aan buitenlandse bronnen. Dit hangt samen met de lange verblijftijd van het stof in de atmosfeer. De verblijftijd bedraagt enkele dagen waardoor het stof lange afstanden kan afleggen. Dit maakt dat fijn stof een grootschalig verspreidingspatroon kent. Dat blijkt ook bij periodes met verhoogde stofconcentraties, bijvoorbeeld in situaties met weinig wind en/of aanvoer van lucht uit oostelijke of zuidelijke richtingen. De concentraties van fijn stof hebben dan de neiging om over het gehele land omhoog te gaan (afbeelding 3.13). De concentraties op stedelijke stations lopen gelijk op met de concentraties op nabijgelegen regionale stations (afbeelding 3.14). Wel zijn de concentraties op de stedelijke stations licht (extra) verhoogd. Dit kan worden toegeschreven aan de invloed van lokale bronnen.

### Herkomst stof in de Nederlandse atmosfeer

Fijn stof (PM<sub>10</sub>)

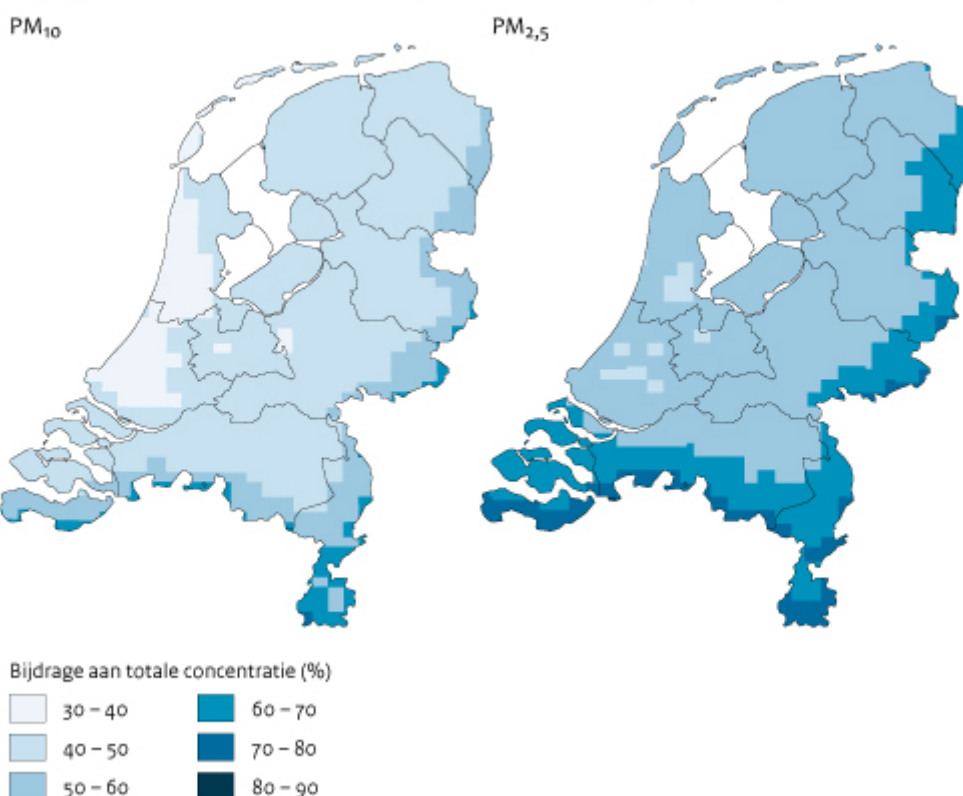


Fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>)



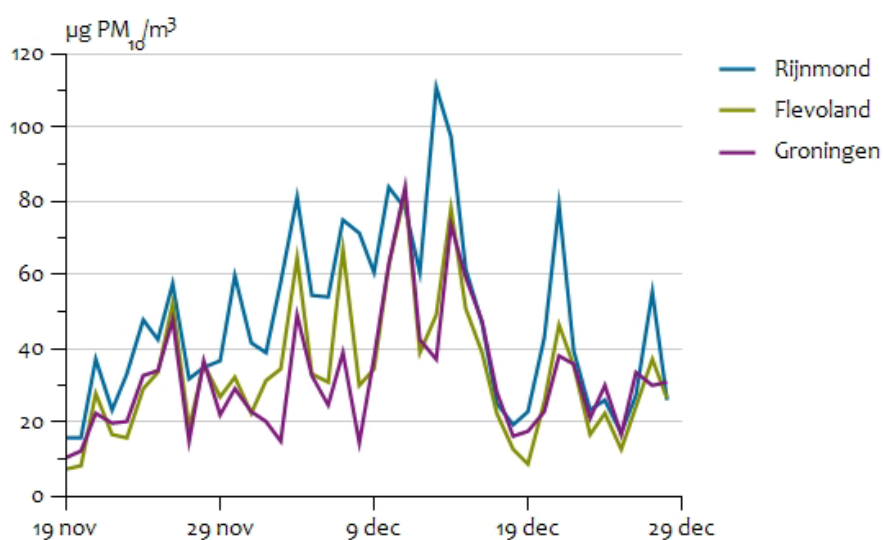
Afbeelding 3.11 Herkomst naar sector van de concentraties van fijn stof en de fijnere fractie van fijn stof in 2011. Op basis van gegevens van Velders et al., 2012.

### Bijdrage buitenlandse bronnen aan fijnstofconcentraties, 2007 – 2009



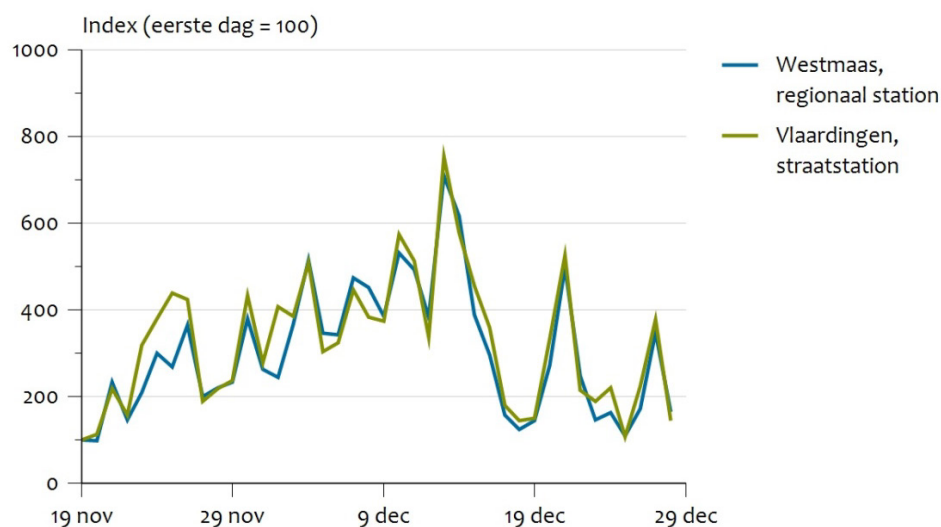
Afbeelding 3.12 Herkomst van de concentraties van fijn stof (PM<sub>10</sub>, links) en de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>, rechts) in Nederland. '0' betekent een bijdrage van 0% uit buitenlandse bronnen; '1.' betekent een bijdrage van 100% uit buitenlandse bronnen. Op basis van gegevens van Hendriks et al., 2012.

### Concentraties fijn stof (PM<sub>10</sub>) tijdens een episode



Afbeelding 3.13 Daggemiddelde fijnstofconcentraties zoals gemeten van 19 november tot en met 29 december 2004 op een aantal regionale stations in Nederland. De verhoging van de concentraties doet zich over een groot gebied voor. Het effect lijkt op dat van een fijnstofdeken over Nederland die in zijn geheel wordt opgetild. Bron: RIVM/ Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

### Concentraties fijn stof (PM<sub>10</sub>) tijdens een episode



Afbeelding 3.14 Daggemiddelde fijnstofconcentraties zoals gemeten van 19 november tot en met 29 december 2004 op een regionaal station in Zuid-Holland en een nabijgelegen stedelijk station in Vlaardingen. De concentraties gaan gelijk op; er is weinig verschil tussen de concentraties op beide stations. Bron: RIVM/Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.

### Relatie tussen de grenswaarden

De grenswaarden voor de jaargemiddelde concentratie van fijn stof (PM<sub>10</sub>, 40 µg/m<sup>3</sup>) is bedoeld als bescherming tegen de langetermijneffecten van fijn stof. De grenswaarde voor het daggemiddelde (niet meer dan 35 dagen met een daggemiddelde concentratie boven 50 µg/m<sup>3</sup>) beoogt daarentegen bescherming tegen de effecten van fijn stof op korte termijn te bieden. De veronderstelling bij de introductie van de grenswaarden was dat de twee grenswaarden ongeveer even streng zouden zijn. In de praktijk blijkt echter dat de norm voor het daggemiddelde strenger is dan die voor het jaargemiddelde. Op basis van gemeten concentraties is vastgesteld dat een jaargemiddelde fijnstofconcentratie van 31 µg/m<sup>3</sup> correspondeert met 35 dagen met een daggemiddelde concentratie boven de 50 µg/m<sup>3</sup> (afbeelding 3.15).

### Smogverwachting

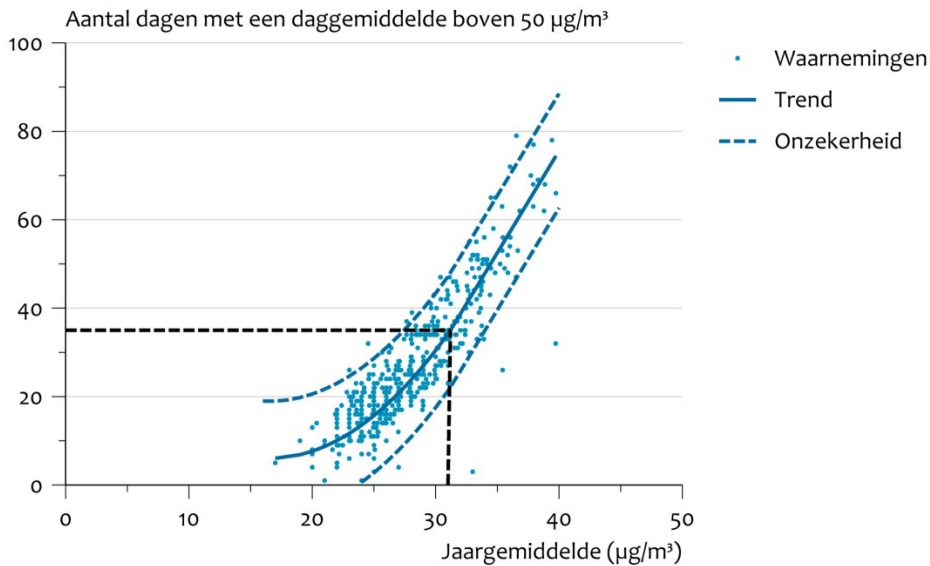
Het RIVM heeft de wettelijke taak om dagelijks en gedurende smogepisodes twee maal per dag een smogverwachting te geven. Het gaat hierbij om ozon (voor in de zomer) en fijn stof (PM<sub>10</sub>). De smogverwachting is gebaseerd op modelberekeningen en metingen.

Voor de smogverwachting wordt door het RIVM gebruik gemaakt van het atmosferisch-chemische verspreidingsmodel Lotos-Euros-model en van twee statistische modellen. In Lotos-Euros worden meetresultaten van grondstations en satellietmetingen gecombineerd (geassimileerd) met een regionaal chemisch verspreidingsmodel. Dit model gebruikt verder meteorologische gegevens zoals wind, temperatuur en neerslag en bevat ook informatie over vervuillingsbronnen. Daarnaast gebruikt het RIVM gebruikt al jaren voor ozon en fijn stof twee verwachtingsmodellen PROZON en PROPART. Ze maken gebruik van statistieken van in het verleden gemeten concentraties en weersomstandigheden, gecombineerd met actuele metingen en weersverwachtingen. Dit levert voor PROZON een maximum uurgemiddelde ozonconcentratie en voor PROPART de daggemiddelde fijnstofconcentratie.

Het statistisch en het deterministisch model draaien naast elkaar. Beide modellen hebben een onzekerheid en kunnen daardoor van elkaar verschillen. Een lid van het smogteam beoordeelt de modelresultaten 's ochtends om tot een officiële verwachting te komen.



### Jaargemiddelde fijnstofconcentratie en aantal dagen met een daggemiddelde boven 50 µg/m<sup>3</sup>



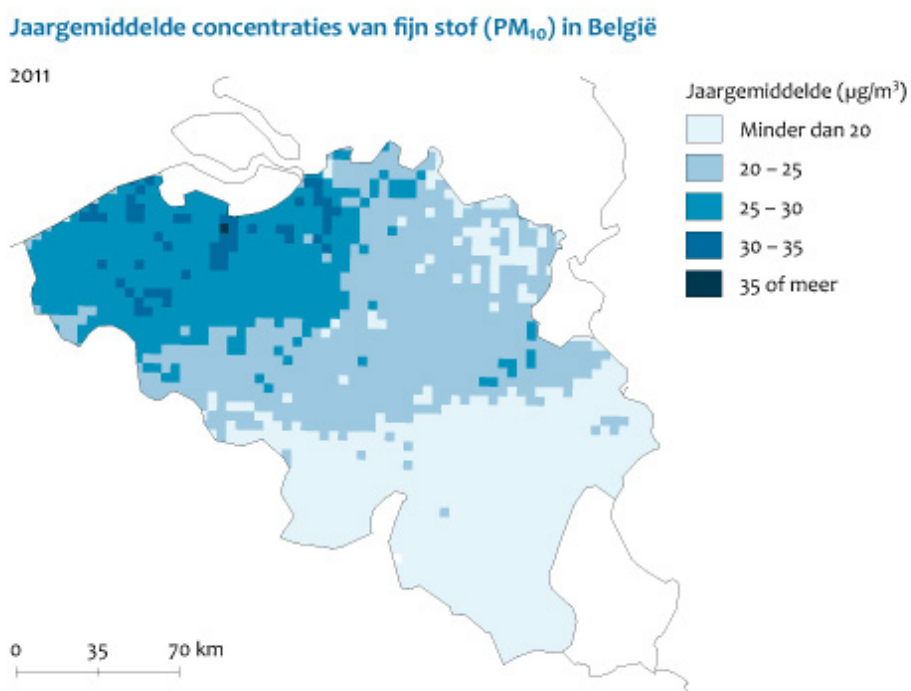
Afbeelding 3.15 Relatie tussen het jaargemiddelde en het aantal dagen met een daggemiddelde concentratie van 50 µg/m<sup>3</sup> op basis van meetgegevens uit de jaren 1997 tot en met 2006. Volgens de grafiek zal bij een jaargemiddelde concentratie onder 31,2 µg/m<sup>3</sup> het aantal dagen met een daggemiddelde concentratie van 50 µg/m<sup>3</sup> onder de 35 liggen (zie ---).

### Elders in Europa

De situatie voor fijn stof in België is, gemiddeld genomen, slechter dan in Nederland. De grenswaarde voor het jaargemiddelde werd in 2010 weliswaar niet overschreden (afbeelding 3.16), maar dat lag anders bij de grenswaarde voor het daggemiddelde. Een daggemiddelde van 50 µg/m<sup>3</sup> mag volgens de Europese richtlijn op niet meer dan 35 dagen per jaar worden overschreden. In 2009 was er echter sprake van overschrijding van deze grenswaarde op 27%, in 2010 op 15 % en in 2011 op 44% van de meetstations (VMM, 2011; IRCEL-CELINE, 2012). In Nederland werd in deze jaren geen enkele overschrijding gemeten.<sup>12</sup> De grootschalige verspreiding van fijn stof in Duitsland is vergelijkbaar met die in Nederland (afbeelding 3.17). In sommige gebieden kunnen echter een flink aantal overschrijdingen van de grenswaarde voor het daggemiddelde voorkomen (tabel 3.1).

Het European Topic Centre for Air Pollution and Climate Change Mitigation (ETC/ACM) verzamelt elk jaar meetwaarden van de belangrijkste luchtverontreinigende stoffen voor een groot aantal landen en rapporteert daarover in geaggregeerde vorm. De data laten zien dat Nederland voor de jaargemiddelde concentraties van fijn stof binnen Europa geen slechte positie inneemt (afbeelding 3.18). Overschrijding van de grenswaarde voor het jaargemiddelde van fijn stof treedt nog op in Polen, Italië, Slowakije, een aantal Balkanlanden, Turkije en een aantal stedelijke gebieden (de locaties zijn aangegeven met rode stippen; zie ook De Leeuw, 2012).

Overschrijding van de grenswaarde voor het jaargemiddelde betekent vrijwel altijd ook overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde. Overschrijding van alleen de grenswaarde voor het daggemiddelde (te herkennen aan de gele stippen) kwam op grotere schaal voor, voornamelijk in steden. Dit gebeurde niet alleen in de hiervoor al genoemde landen, maar ook in andere landen. Overigens is voorzichtigheid geboden, want vertaling van deze concentraties in gemiddelde gezondheidsrisico's (per hoofd) leidt tot een andere conclusie. In dat geval scoort Nederland minder goed (zie ook tabel 3.2). Een andere presentatie van de daggemiddelde fijnstofconcentraties geeft afbeelding 3.19. Het hier gepresenteerde 90,4 percentielwaarde komt overeen met 35 dagen. Het blijkt dat er maar weinig landen zijn zonder overschrijdingen van de grenswaarde voor het daggemiddelde. Nederland neemt binnen Europa een middenpositie in.



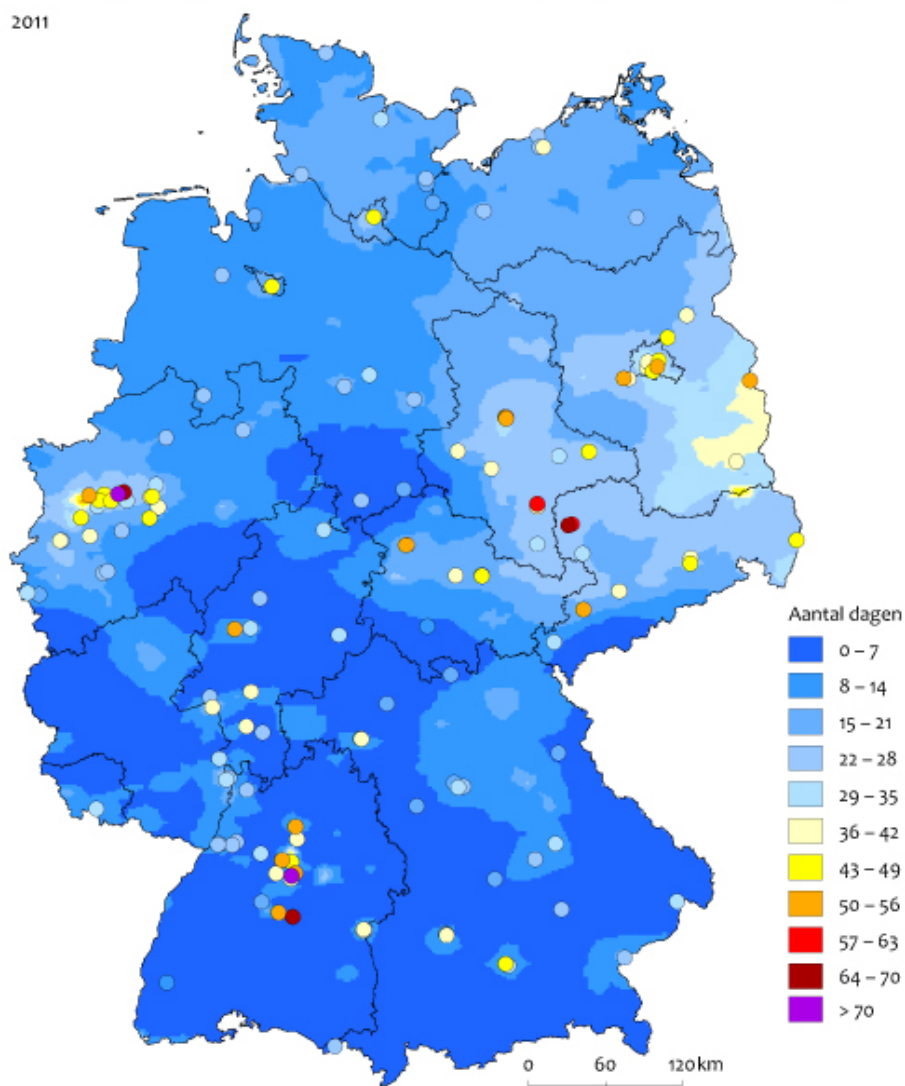
Afbeelding 3.16 Jaargemiddelde concentraties van fijn stof in België, 2010. Volgens de Europese regelgeving mag de jaargemiddelde concentratie van fijn stof niet meer dan 40 µg/m<sup>3</sup> bedragen. Bron: IRCEL-CELINE.

Tabel 3.1 Overschrijdingen van de daggemiddelde concentraties van fijn stof van 50 µg/m<sup>3</sup> in een aantal gebieden in Duitsland, 2009-2012. Bron: Umweltbundesamt, 2013.

Gebied	Jaar	Totaal	Aantal meetstations Met overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde
Noordrijn-Westfalen	2009	68	8
	2010	69	5
	2011	66	21
	2012	67	10
Nedersaksen	2009	29	0
	2010	29	0
	2011	28	0
	2012	27	0
Hamburg	2009	12	0
	2010	11	0
	2011	10	2
	2012	12	0
Berlijn	2009	14	2
	2010	14	7
	2011	12	6
	2012	12	0

### Aantal dagen daggemiddelde concentratie fijn stof ( $PM_{10}$ ) in Duitsland boven $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

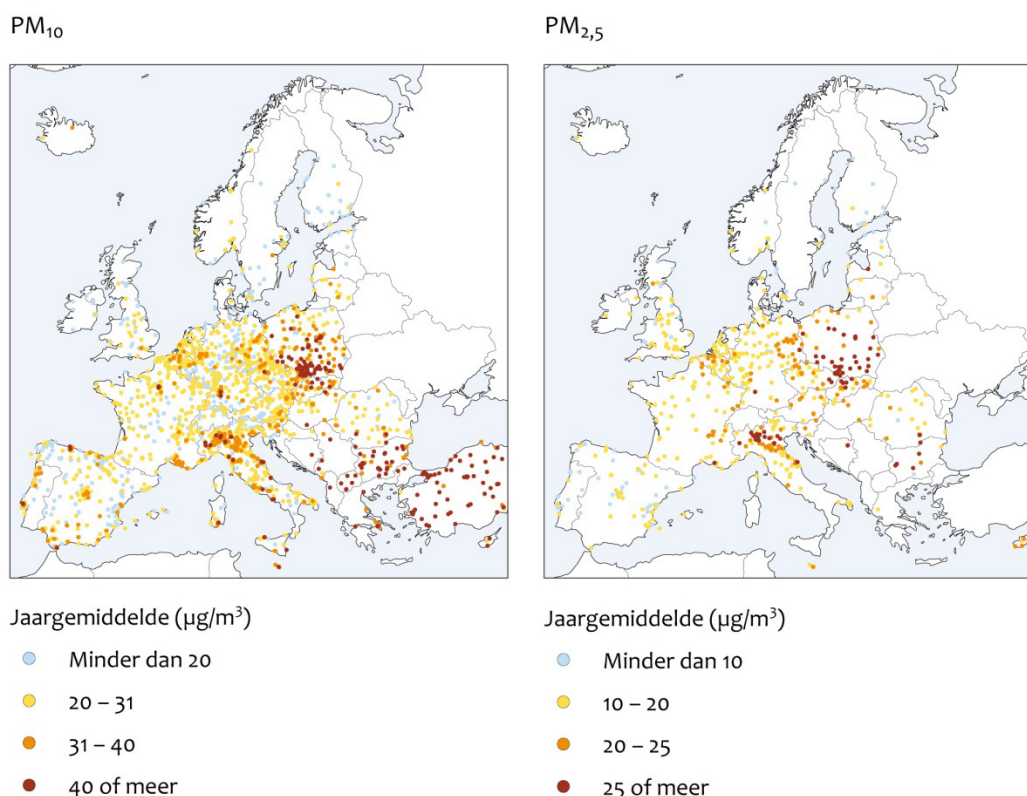
2011



Overgenomen van Umweltbundesamt, Duitsland

Afbeelding 3.17 Aantal dagen met een overschrijding van de daggemiddelde concentratie van  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Duitsland, 2010. Volgens de Europese regelgeving mag deze concentratie op niet meer dan 35 dagen per jaar worden overschreden.

## Gemeten jaargemiddelde concentraties van fijn stof in Europa, 2010



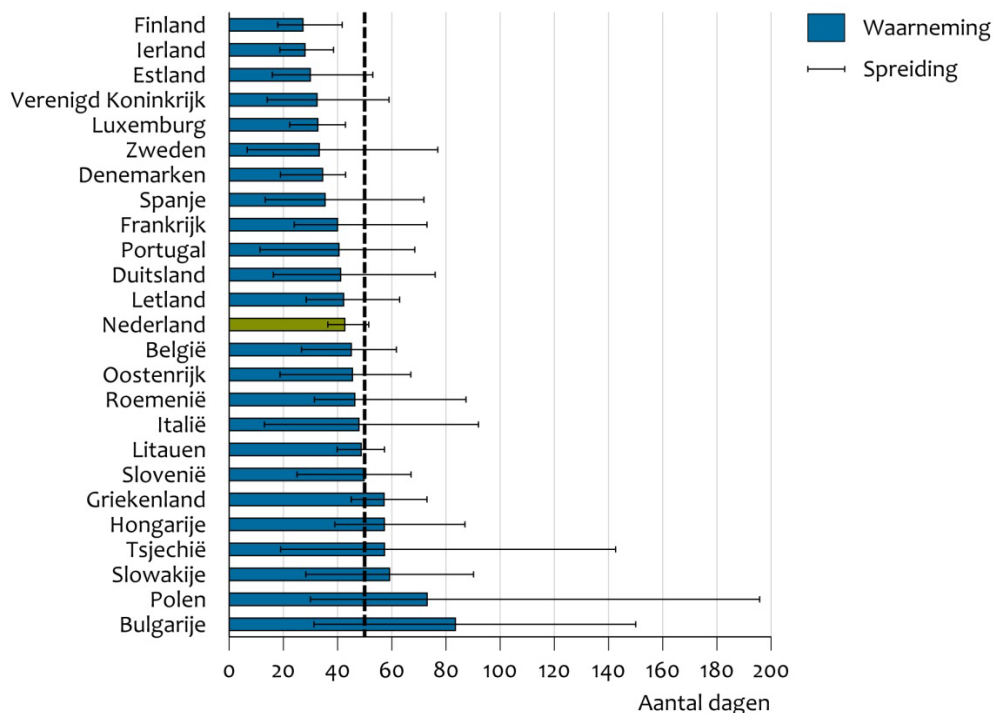
Afbeelding 3.18 Gemeten jaargemiddelde concentraties van fijn stof (PM<sub>10</sub>, links) en van de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>, rechts) in Europa, 2010. In de legenda van de linker afbeelding is een waarde van 31 opgenomen, omdat bij een jaargemiddelde boven 31 µg/m<sup>3</sup> het zeer waarschijnlijk is dat de grenswaarde voor daggemiddelde concentraties (35 dagen met een daggemiddelde concentratie boven 50 µg/m<sup>3</sup>) wordt overschreden (Working group on Particulate Matter, 2004; Buijsman et al., 2005; Stedman et al., 2007). Bron: De Leeuw (2012).

Een analyse van gemeten concentraties van fijn stof en de fijnere fractie van fijn stof in Europese landen leert dat de concentraties gemiddeld genomen lijken te dalen (afbeelding 3.20). Uit een analyse van het European Environmental Agency (EEA) blijkt dat voor de periode 1999 tot en met 2009 op 83 % van de meetpunten in Europa een kleine trend van minder dan 1 µg/m<sup>3</sup> per jaar in de concentraties van fijn stof optreedt. Deze trend is statistisch significant op 42 % van de meetpunten. Het aantal meetpunten voor de fijnere fractie van fijn stof is nog beperkt; bovendien zijn er nog geen lange meetreeksen. Daarom is een statistisch verantwoorde uitspraak nog niet mogelijk; wel lijken de concentraties op straat- en regionale stations te dalen.

Stof in lucht veroorzaakt, ook in Nederland, een aanzienlijke verkorting van de levensduur (tabel 3.2). Voor Nederland wordt deze levensduurverkorting geschat in de orde van 12 maanden; gemiddeld voor de Europese Unie is dit 10 maanden. Hieruit blijkt eens te meer dat er ook bij concentraties onder de grenswaarden niet-verwaarloosbare gezondheidsschade optreedt (zie voor een uitgebreidere bespreking ook -> 4. Effecten).

Schattingen wijzen uit dat mogelijk 20 tot 40% van de stedelijke bevolking in Europa wordt blootgesteld aan fijnstofconcentraties boven de grenswaarde voor het daggemiddelde voor fijn stof (De Leeuw, 2012). Voor de grenswaarde voor het jaargemiddelde van PM<sub>2,5</sub>-concentraties geldt dat voor 8 tot 12% van de stedelijke bevolking. Bij een toetsing aan de strengere normen van de Wereldgezondheidsorganisatie WHO komen nog veel hogere percentages voor. De WHO stelt voor fijn stof een jaargemiddelde van maximaal 20 µg/m<sup>3</sup> voor. Van de stedelijke bevolking in Europa wordt op dit moment nog 80 tot 90% blootgesteld aan hogere concentraties. Voor het jaargemiddelde van de fijnere fractie van fijn stof stelt de WHO een grenswaarde van 10 µg/m<sup>3</sup> voor. Hiervoor geldt dat op dit moment 90 tot 94% aan concentraties boven deze grenswaarde wordt blootgesteld.

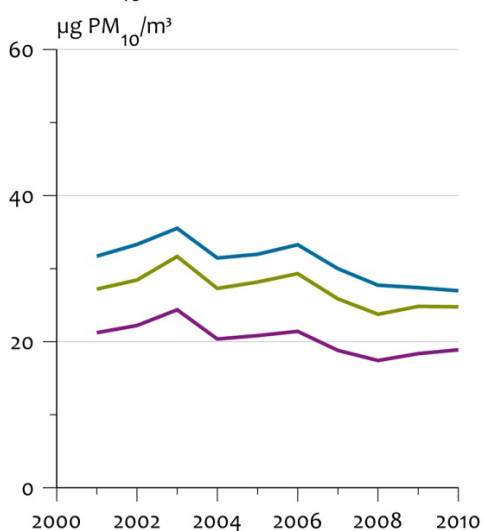
### 90,4-percentiel van daggemiddelde concentraties van fijn stof



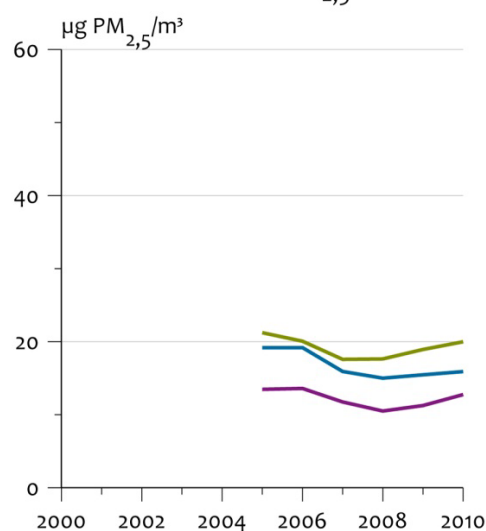
Afbeelding 3.19 90,4-percentiel van daggemiddelde concentraties van fijn stof in een aantal Europese landen in 2010. Het 90,4-percentiel komt overeen met 35 dagen. De balk geeft het gemiddelde aan. De spreiding geeft het traject van de maximaal tot de minimaal waargenomen concentratie aan. Bron: De Leeuw (2012).

### Stof in Europa

Fijn stof ( $PM_{10}$ )



Fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ )



- Straat
- Stad
- Regionaal

Afbeelding 3.20 Trend in gemeten jaargemiddelde concentraties van fijn stof ( $PM_{10}$ , links) en van de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ , rechts) in Europa. De fijnere fractie van fijn stof wordt pas sinds 2005 op een dusdanige schaal gemeten dat uitspraken voor Europa mogelijk zijn. Bron: Guirreiro et al. (2011).

Tabel 3.2 Levensduurverkorting door blootstelling aan de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) in lucht. Gegevens voor het jaar 2000. Bron: Amann & Schöpp (2011).

Land	Levensduurverkorting
	<i>maanden</i>
Finland	3,8
Zweden	4,5
Ierland	4,8
Spanje	5,0
Frankrijk	6,9
Portugal	7,0
Denemarken	7,1
Verenigd Koninkrijk	8,5
Letland	8,8
Litouwen	9,2
Italië	9,3
Oostenrijk	9,5
Noorwegen	9,7
Slovenië	10,1
Griekenland	10,9
Luxemburg	10,9
Nederland	11,8
Kroatië	12,0
Duitsland	12,4
Zwitserland	12,5
Polen	13,0
Tsjechië	13,2
België	13,9
Bulgarije	14,6
Slowakije	14,8
Roemenië	15,7
Hongarije	16,0



## 4 Effecten

Dit onderdeel van het dossier 'Fijn stof' behandelt de effecten van fijn stof op de menselijke gezondheid. Hierbij komt aan de orde om welke effecten het gaat en hoe deze uitwerken op de mens.

De belangrijkste constatering uit dit onderdeel zijn:

- Blootstelling aan fijn stof lijkt bij alle niveaus waarschijnlijk te leiden tot nadelige gezondheidseffecten optreden.
- De gemiddelde levensduurverkorting door al het fijn stof bedraagt in Nederland ongeveer een jaar.
- Effecten van langdurige blootstelling aan fijn stof zijn onder andere ook verergering van bestaande ziekten, zoals aandoeningen van hart- en vaatstelsel en luchtwegen en longen.

### Stof waarschijnlijk altijd schadelijk

Er kunnen geen veilige niveaus worden aangetoond waarbij geen schadelijke gezondheidseffecten van fijn stof optreden. Dit houdt in dat er op basis van in epidemiologische studies geen buitenluchtconcentratie is aan te geven waar beneden geen gezondheidseffecten worden gevonden. Daarom zullen er ook beneden de huidige grenswaarden voor fijn stof in de buitenlucht gezondheidseffecten kunnen optreden. Dit betekent dat, er gezondheidswinst mag worden verwacht bij elke microgram minder fijn stof ongeacht de aard of samenstelling van het fijn stof. Wel is bekend dat niet al het fijn stof even schadelijk is en dat beleid dus kan prioriteren op basis van toxiciteit en blootstellingsscenario's.

Bij de gezondheidseffecten van fijn stof is niet aan te geven welke individuen het precies betreft. Wel is aannemelijk dat bij een grotere gevoeligheid het risico op gezondheidseffecten groter is. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan oudere mensen met hart- en vaat-, en luchtweg- en longaandoeningen vanwege een verminderde functie van afweermechanismen.

Bij fijn stof (en luchtverontreiniging in bredere zin) wordt vooral over vroegtijdige sterfte of levensduurverkorting gesproken. Het totaal aan gezondheidseffecten lijkt echter omvangrijker. Naast vroegtijdige sterfte worden in onderzoeken ook effecten waargenomen als verergering van bestaande ziekten, zoals aandoeningen van hart- en vaatstelsel- en luchtwegen en longen, en de hiermee verbonden toename van ziekenhuisopnames, klachten en symptomen en verzuim op school en werk. Met andere woorden, mensen die hoog worden belast hebben een minder kwaliteit van leven. Deze effecten komen op grotere schaal in de bevolking voor dan vroegtijdige sterfte en dragen bij aan de totale ziektelast in de bevolking. Deze effecten zijn echter vaak minder goed te berekenen door het gebrek aan bruikbare registratiesystemen. Dit verklaart dan hier veel minder over is gepubliceerd.

Fijn stof is een mengsel van veel verschillende soorten chemische bestanddelen afkomstig van een scala aan antropogene en natuurlijke bronnen. Zowel fijn stof ( $PM_{10}$ ) als het fijnere deel van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) zijn geassocieerd met gezondheidseffecten. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) beschouwt  $PM_{2,5}$  als schadelijker voor de gezondheid dan de deeltjes groter dan  $2,5 \mu m$  (WHO, 2006a), waarbij deze laatste fractie echter wel degelijk ook wordt geassocieerd met gezondheidseffecten. Binnen  $PM_{2,5}$  wordt ook nog ultrafijn stof,  $PM_{0,1}$ , onderscheiden. De schadelijkheid van de kleinere fracties is mede ingegeven door de notie dat hoe kleiner de deeltjes zijn hoe verder ze in de longen kunnen doordringen (afbeelding 4.1). Zeer kleine deeltjes zouden zo zelfs in de bloedbaan kunnen geraken en daarmee direct in contact kunnen komen met hart en andere organen. Aangezien ultrafijn stof zeer weinig bijdraagt aan de totale massa van fijn stof zijn de huidige normen voor  $PM_{2,5}$  en  $PM_{10}$  wellicht niet optimaal.

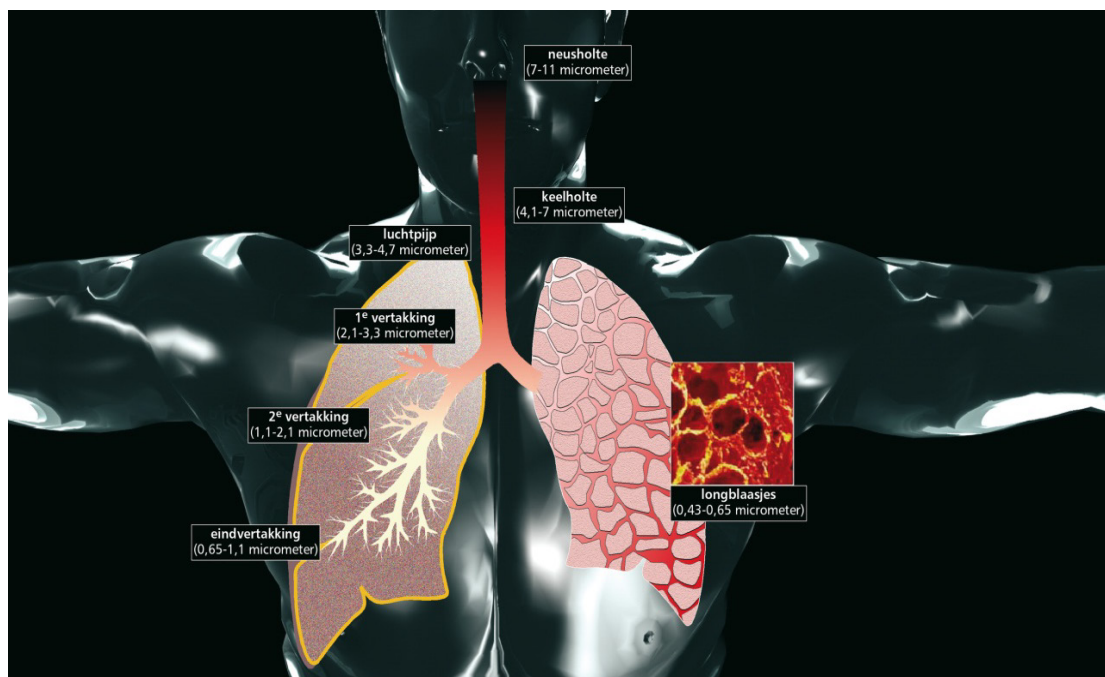
Huidig onderzoek wijst in de richting dat in ieder geval de kleine (zwarte) roetdeeltjes bij gezondheidsschade van belang zijn. Het gaat hier om deeltjes die vrij komen bij verbrandingsprocessen



zoals bij alle verkeersvormen, energieopwekking, raffinaderijen, bij houtkachels en sommige industriële activiteiten. Dit geeft richting aan de vraag welke chemische bestanddelen van fijn stof de oorzaak zijn van de gezondheidseffecten.

Naast organische stoffen worden ook oplosbare metalen in verband gebracht met nadelige effecten op de gezondheid. Andere bestanddelen van fijn stof zoals zeezout en ook de sulfaat- en nitraatfractie in fijn stof zijn duidelijk minder schadelijk. Vaststaat dat niet al het fijn stof even schadelijk is en dat er waarschijnlijk betere indicatoren kunnen worden ontwikkeld die de causale relaties kunnen onderbouwen. Gezien de complexe samenstelling van fijn stof is nog niet vastgesteld wat het precieze gevolg van vermindering van de genoemde componenten is op de terugdringing van gezondheidsschade.

Ondanks de mogelijke verschillen in schadelijkheid tussen bestanddelen van fijn stof (WHO, 2006b) is de Wereldgezondheidsorganisatie er tot voor kort van uitgegaan dat in het heterogene fijnstofmengsel van zowel  $PM_{10}$  als  $PM_{2,5}$  elke component gezondheidskundig even belangrijk is. De belangrijkste reden is het gebrek aan gegevens over de samenstelling van fijn stof die in epidemiologisch onderzoek kunnen worden gebruikt. Dit is dan ook tot nu toe steeds als uitgangspunt bij de risicoschattig genomen. Hierbij speelt bovendien een rol, dat onbekend is wat de effecten zullen zijn op de gezondheid bij vermindering van de individuele bestanddelen. Op korte termijn zal de WHO echter op basis van de resultaten van wetenschappelijk onderzoek van de laatste jaren met een nieuwe beoordeling van de situatie komen. Wel is het steeds duidelijker geworden dat vooral roet bijdraagt aan de gezondheidseffecten.



Afbeelding 4.21 Schematische weergave van het ademhalingsstelsel van de mens. De tussen haakjes aangegeven deeltjesgroottes zijn slechts indicatief bedoeld, maar illustreren wel goed dat de fijnste deeltjes het diepst in de longen door kunnen dringen. Bron: Trouw © Trouw, 2005.

### Mogelijke mechanismen van gezondheidseffecten

Biologische mechanismen waardoor fijn stof schadelijke effecten kan veroorzaken worden steeds duidelijker. Fijn stof lijkt vroegtijdige sterfte of ziekte echter niet 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 (plausibiliteit), maar kan bij lage concentraties geen blootstelling-effectrelaties opstellen om duidelijkheid te scheppen over de causaliteit. Toch geven klinische studie met bijvoorbeeld roetfilters aan dat effecten van piekblootstellingen hierdoor kunnen worden voorkomen. De organische componenten geabsorbeerd op vaste roetdeeltjes lijken daarbij een dominante rol te spelen.

Er zijn daarbij enkele ideeën verkregen over het ontstaan van de schadelijke effecten. Via inademing komt fijn stof terecht in neus, de bovenste en onderste luchtwegen en in de longen. Daar kan het ontstekingsreacties veroorzaken en kan de zuurstofopname worden bemoeilijkt. Ook ontstaan er reactieve zuurstof-deeltjes en bij gebrek aan antioxidanten zoals vitamine C leidt dit tot bijvoorbeeld weefselschade. 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. Fijn stof kan de stollingsbalans in het bloed en het functioneren van het hart en de bloedvaten verstoren, 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. De vraag blijft echter of deze effecten ook bij de huidige concentraties in de buitenlucht kunnen optreden.

## Effecten van blootstelling gedurende korte tijd

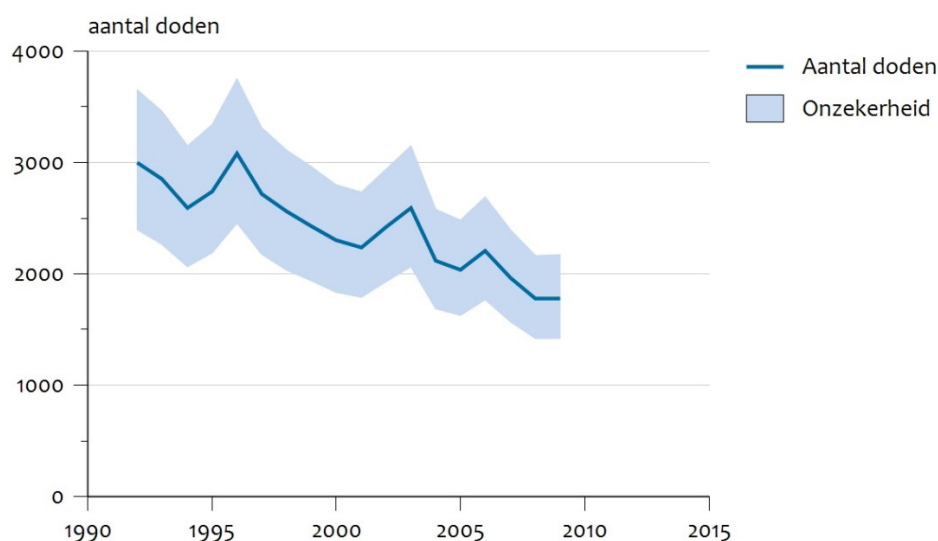
Gezondheidseffecten die optreden bij kortdurende verhoogde blootstelling<sup>13</sup> aan fijn stof zijn beter bekend, ook omdat hierover honderden studies - waaronder ook enkele Nederlandse - beschikbaar zijn. Deze effecten treden op als gevolg van de dagelijkse variatie in blootstelling aan fijn stof: op dagen met hogere concentraties worden meer sterftegevallen waargenomen dan dagen met een lagere concentratie. Gezondheidskundige studies, die de effecten van kortdurende blootstelling aan fijn stof belichten, wijzen uit dat in Nederland jaarlijks enige duizenden mensen vroegtijdig overlijden. De duur van deze levensverkorting is vermoedelijk kort: enkele dagen tot maanden, dus ruwweg tien maal minder dan langdurige blootstelling aan verhoogde fijnstofconcentraties. Fijn stof heeft effect op onder andere hart- en longfuncties. Zo wordt een à twee procent van de spoedopnamen voor long- of hart- en vaataandoeningen in Nederland toegeschreven aan fijn stof. Dergelijke resultaten zijn niet alleen in Nederland, maar overal op de wereld gevonden en ze zijn vrij robuust.

De fijnstofconcentraties dalen sinds het begin van de jaren negentig. De geschatte vroegtijdige sterfte door kortdurende piekblootstelling neemt sinds die tijd ook af omdat de ook voor de sterfte na kortdurende blootstelling geen drempelwaarde is gevonden (afbeelding 4.2). Begin jaren negentig overleden er per jaar naar schatting ruim 3.000 mensen voortijdig als gevolg van een kortdurende piekblootstelling aan fijn stof, in 2009 waren dat er nog er circa 1.800.

## Effecten van blootstelling gedurende lange tijd

Er is bezorgdheid over een mogelijke invloed op de gezondheid op lange termijn samenhangend met de blootstelling aan fijn stof. Daarmee wordt het luchtverontreinigingsniveau bedoeld waaraan mensen gedurende langere tijd (meer jaren of gedurende een heel leven) zijn blootgesteld. Wanneer risicoschattingen worden gemaakt met behulp van toonaangevende Amerikaanse studies, blijkt de omvang deze effecten groter te zijn dan de effecten geassocieerd met piekblootstellingen (dag tot dag variatie) (zie ook de volgende paragraaf). Op basis hiervan wordt geschat dat langdurige blootstelling aan fijn stof leidt tot een levensduurverkorting in de orde van een jaar gemiddeld voor de hele Nederlandse bevolking in vergelijking tot een leven lang zonder fijn stof. Er zijn risicogroepen waarvoor deze schatting hoger uit zal vallen, bijvoorbeeld voor mensen met een hartaandoening.

### Vroegtijdige sterfte door kortdurende blootstelling aan fijn stof



Afbeelding 4.22 Vroegtijdige sterfte door kortdurende piekblootstelling aan fijn stof. Bron: Compendium voor de Leefomgeving.

Tabel 1 Vroegtijdige sterfte en spoedopnamen in Nederland, 2009.

	Totaal	Waarvan door fijn stof (PM <sub>10</sub> ) <sup>1,2)</sup>
<b>Vroegtijdige sterfte</b>		
Alle oorzaken	126817	1780 (1420-2170)
-waarvan luchtwegaandoeningen	13962	600 (480-710)
-waarvan COPD <sup>3)</sup>	6253	250 (180-320)
-waarvan longontsteking	5990	280 (00-350)
-waarvan hart- en vaataandoeningen	38897	380 (180-550)
<b>Spoedopnamen</b>		
Alle luchtwegaandoeningen	78500	910 (560-1270)
Hart- en vaataandoeningen	110620	1160 (790-1480)

1) Uitgaande van daggemiddelde fijnstofconcentraties.

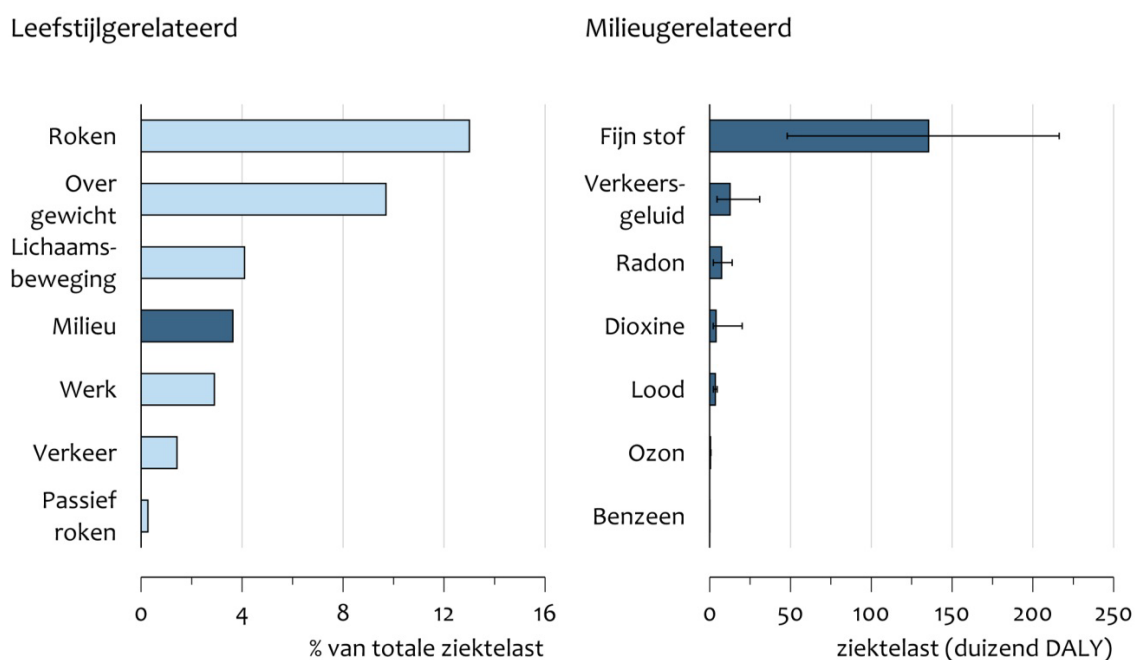
2) Tussen haakjes de onder- respectievelijk de bovengrens van het 95%-betrouwbaarheidsinterval.

3) Chronic Obstructive Pulmonary Disease, hieronder vallen astma, chronische bronchitis en longemfyseem.

### DALY's

Gezondheidseffecten in de bevolking kunnen, behalve uitgedrukt in aantallen mensen, ook worden weergegeven in de zogeheten DALY's, waarbij DALY staat voor Disability Adjusted Life Years. Hierin worden omvang, ernst en duur van de effecten verdisconteerd waardoor een soort universele gezondheidsmaat ontstaat voor het totaal aan sterfte en de ziektelast in de bevolking. Hierdoor wordt het mogelijk de gezondheidseffecten van verschillende milieufactoren ook beter onderling met elkaar te vergelijken. Wanneer bijvoorbeeld voor de langetermijneffecten samenhangend met fijn stof de hoeveelheid DALY's wordt berekend voor vroegtijdige sterfte komt men voor 2000 uit op ca. 130.000 DALY's in de Nederlandse bevolking als geheel (afbeelding 4.3). De onzekerheid in deze schatting is groot. Rekening houdend met deze onzekerheid zou dit langetermijneffect van fijn stof overeen kunnen komen met enkele procenten tot wellicht meer dan vijftien procent van de berekende ziektelast in de bevolking. Hoe groot de totale ziektelast is in de bevolking wanneer met alle mogelijke langetermijneffecten samenhangend met fijn stof rekening gehouden wordt, is nog onbekend. Over de risicoschattingen van milieufactoren in zijn algemeenheid is een rapport verschenen (Knol & Staatsen, 2005). Daarin worden ook de onzekerheden aangegeven die bij dit soort risicoschattingen en bij de gegevens waarop deze zijn gebaseerd, een rol spelen.

## Ziektelast in Nederland, 2010



Afbeelding 4.23 Totale (links) en milieugerelateerde (rechts) ziektelast in Nederland. Bron: Hänninen & Knol, 2011.

Sinds de jaren vijftig is de levensverwachting van de Nederlandse bevolking toegenomen met meer dan zeven jaar. Verbetering van de medische zorg heeft hier flink aan bijgedragen (Meerding et al., 2007). Uit CBS-gegevens kan worden afgeleid dat de levensverwachting in de periode 1995-2006 met circa 2,3 jaar is toegenomen. Circa 20% hiervan kan worden toegeschreven aan de verbetering van de luchtkwaliteit, in dit geval de afname van fijn stof (afbeelding 4.4). Hierbij is aangenomen dat resultaten van Amerikaanse studies naar de gevolgen van langdurige blootstelling aan fijn stof ook geldig zijn voor Nederland.

Stof in lucht veroorzaakt dus een aanzienlijke verkorting van de levensduur (tabel 4.3). Voor Nederland werd deze levensduurverkorting in 2000 geschat in de orde van 12 maanden; gemiddeld voor de Europese Unie was dat toen 10 maanden. De huidige levensduur verkorting bedraagt in Nederland ongeveer 10 maanden. Hieruit blijkt eens te meer dat er ook bij concentraties onder de grenswaarden niet-verwaarloosbare gezondheidsschade optreedt.

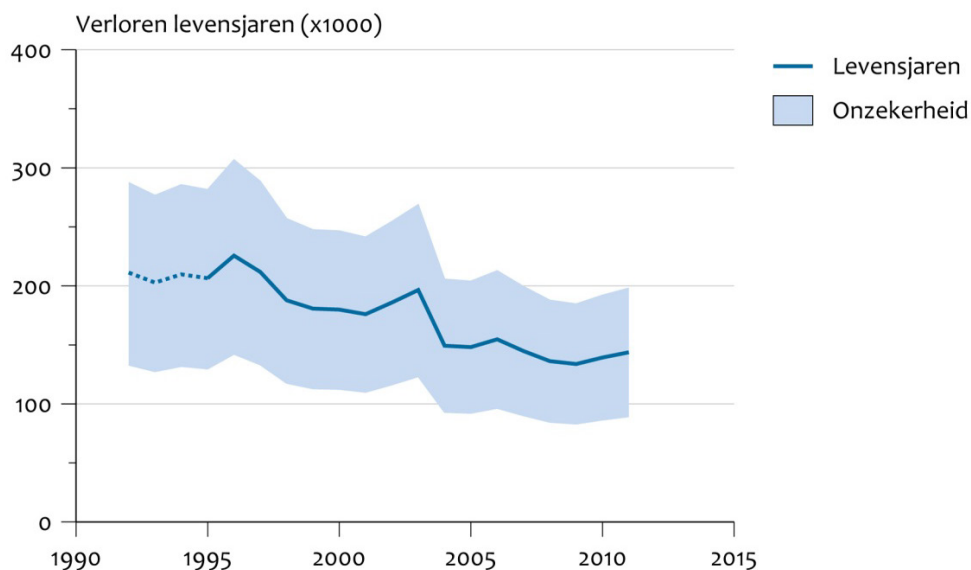
### Relatief risico

Gegevens over de invloed van luchtverontreiniging komen meestal uit epidemiologisch onderzoek. Een veel gebruikt begrip hierbij is het zogeheten relatief risico (RR). Kort gezegd geeft het RR aan hoeveel méér kans een mens heeft om een ziekte te krijgen ofwel te overlijden als die in een gebied met veel luchtverontreiniging, bijvoorbeeld door (fijn) stof, woont, in vergelijking met een minder vervuild gebied. Het RR wordt berekend door de kans op ziekte/ levensduurverkorting in die twee gebieden op elkaar te delen.

Als RR gelijk is aan 1 dan is het onwaarschijnlijk dat fijn stof van invloed is. Heeft RR echter een waarde die boven de 1 ligt, dan betekent dat dat in het gebied met veel luchtverontreiniging een verhoogd risico op ziekte of verlies aan levensjaren is. Dit RR kan vervolgens gebruikt worden om ook in andere – vergelijkbare – gevallen te schatten hoeveel mensen mogelijk ziek worden of levensduurverkorting ondergaan door de lokale concentraties van fijn stof. Voor stofvormige luchtverontreiniging wordt het RR meestal per 10 µg/m<sup>3</sup> uitgedrukt.

Uit epidemiologisch onderzoek is gebleken dat het RR voor langdurige blootstelling aan fijn stof (PM<sub>10</sub>) gemiddeld ongeveer 1,03 per 10 µg/m<sup>3</sup> bedraagt. Voor de fijnere fractie van fijn stof, PM<sub>2,5</sub>, is dit 1,06 per 10 µg/m<sup>3</sup> (HEIMTSA, 2011). Dit betekent dat de kans om vroegtijdig te overlijden door blootstelling aan fijn stof respectievelijk de fijnere fractie van fijn stof met 3% (PM<sub>10</sub>) respectievelijk met 6% (PM<sub>2,5</sub>) toeneemt als de concentratie 10 µg/m<sup>3</sup> toeneemt. Dit zijn gemiddelde waarden; het RR kan per situatie verschillen.

### Verloren levensjaren in Nederlandse bevolking door langdurige blootstelling aan fijn stof (PM<sub>10</sub>)



Afbeelding 4.24 Verloren levensjaren voor de gehele Nederlandse bevolking als gevolg van de langdurige blootstelling aan fijn stof. Sinds het begin van de metingen in 1992 is het aantal verloren levensjaren met 30% afgenomen. Bron: Milieubalans 2008, aangevuld met recentere cijfers.

Tabel 4.3 Levensduurverkorting door blootstelling aan de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>) in lucht. Gegevens voor het jaar 2000. Bron: Amann & Schöpp (2011).

Land	Levensduurverkorting
	maanden
Finland	3,8
Zweden	4,5
Ierland	4,8
Spanje	5,0
Frankrijk	6,9
Portugal	7,0
Denemarken	7,1
Verenigd Koninkrijk	8,5
Letland	8,8
Litouwen	9,2
Italië	9,3
Oostenrijk	9,5
Noorwegen	9,7
Slovenië	10,1
Griekenland	10,9
Luxemburg	10,9
Nederland	11,8
Kroatië	12,0
Duitsland	12,4
Zwitserland	12,5
Polen	13,0
Tsjechië	13,2
België	13,9
Bulgarije	14,6
Slowakije	14,8
Roemenië	15,7
Hongarije	16,0

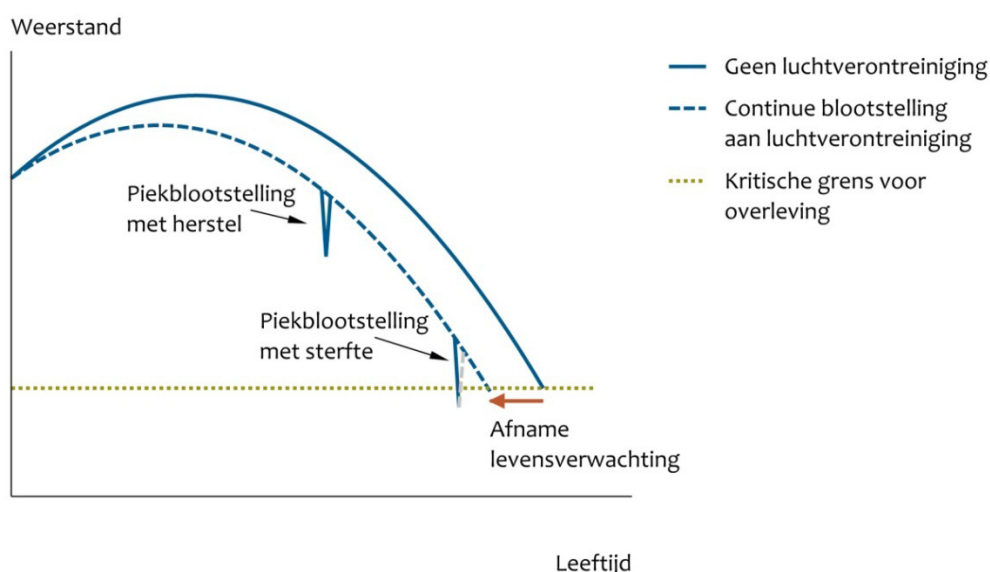
### Fijnstofdoden?

In 2005 verscheen 'Fijn stof nader bekeken'. Daarin komen onder andere de gezondheidseffecten van fijn stof aan bod. Zo viel er te lezen dat er door langdurige blootstelling aan fijn stof mogelijk 18.000 vroegtijdige sterfgevallen in Nederland zouden kunnen voorkomen.<sup>14</sup> Verder was aangegeven dat het getal gold bij een jaargemiddelde fijnstofconcentratie van 35 µg/m<sup>3</sup> en dat de onzekerheid in het getal erg groot was. In de publiciteit werd dit al snel '18.000 doden door fijn stof' zonder enige nuancering. Tot op heden kan deze uitspraak nog met enige regelmaat worden gehoord.

Uiteindelijk zal iedereen overlijden, hoe schoon de lucht ook is. Bij nader inzien zou het beter zijn geweest alleen en nadrukkelijker te spreken van 'vroegtijdige sterfte' en 'levensduurverkorting' en niet over doden door fijn stof sec. De epidemiologische studies geven namelijk informatie over het gemiddelde verschil in levensverwachting tussen groepen bij verschillende blootstelling aan fijn stof. Er zijn echter geen aanwijsbare doden. Veeleer kan worden gesteld dat iedereen een 'klein beetje ongezonder' wordt. Een schatting van daadwerkelijke aantallen doden geeft daarmee een verkeerd beeld van de werkelijkheid (Knol et al., 2009).

De Milieubalans 2008 voerde nog een ander aspect op: weerstand. Ieder mens ontwikkelt na de geboorte weerstand tegen ziekte en sterfte (afbeelding 4.6). De weerstand neemt op latere leeftijd weer af door (slechte) leefgewoonten en erfelijke gevoeligheid maar ook door milieufactoren, zoals luchtverontreiniging. Kortdurende piekbelasting kan de weerstand verlagen, zonder dat dat fatale gevolgen heeft. Het kan echter ook zijn dat de weerstand een kritisch niveau nadert. Komt er vervolgens een kortdurende crisis, zoals een (voedsel)infectie, een hittegolf of een episode van hoge luchtverontreiniging dan is het mogelijk dat de kritische drempel wordt overschreden en kan overlijden het gevolg zijn (Milieubalans 2008).

#### Gezondheidsconditie als functie van leeftijd



Afbeelding 4.25 De gezondheidsconditie ('weerstand') van een gemiddeld persoon als functie van de leeftijd. De overschrijding van de kritische grens (zie bij 'Piekblootstelling met sterfte') kan bijvoorbeeld optreden bij een korte periode met sterk verhoogde luchtverontreiniging. Bron: Milieubalans 2008.

## Onzekerheden

Het huidige kennisniveau over gezondheidseffecten van langdurige blootstelling aan fijn stof is nog laag en de onzekerheden zijn navenant groot. Het lage kennisniveau wordt veroorzaakt door het geringe aantal studies en de soms tegenstrijdige uitkomsten. De hierboven gebruikte Amerikaanse studies zijn uitgevoerd in grote groepen mensen en worden als robuust beschouwd hoewel ze ook enkele tekortkomingen hebben. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) en de Europese Commissie stelden voor deze Amerikaanse gegevens als basis te gebruiken voor het Europese beleid (het 'Clean Air For Europe' (CAFE) programma). Er zijn echter ook enkele langetermijn effect studies naar fijn stof die weinig of geen effect laten zien. Deze studies zijn echter veel kleiner van omvang en veel minder robuust en worden minder geschikt geacht als basis voor de risicoschatting.

In algemene zin hebben de onzekerheden rondom deze risicoschattingen voor gezondheidseffecten van langetermijnblootstelling aan fijn stof vooral te maken met:

- de vraag of het waargenomen statistische verband uit het epidemiologisch onderzoek wel een oorzaak-gevolg relatie weergeeft ten aanzien van fijn stof blootstelling en gezondheidseffecten, en of daarbij de goede (fijn)stofparameter indicator is gebruikt en of wel voldoende is gecorrigeerd voor versturende variabelen.
- de vraag of buitenlandse onderzoeksgegevens wel op de Nederlandse blootstellingsituatie van toepassing zijn vanwege verschillen in samenstelling van de bevolking en luchtkwaliteit.
- de inschatting van de omvang en de duur van de verschillende effecten, de samenstelling van het fijn stof en de statistische onzekerheden in de schatting van de risicofactoren.

De schatting van de omvang van de langetermijneffecten samenhangend met fijn stof is daardoor onzekerder dan het bovengenoemde, statistische betrouwbaarheidsinterval van de risicoschatting aangeeft en moet eerder worden opgevat als een globale indicatie dan als een exact getal. Er is een kans dat de werkelijke gezondheidsrisico's van fijn stof ook lager kunnen uitvallen. Recent is in Europees verband ook Nederlands onderzoek gestart naar de gezondheidseffecten op lange termijn die samenhangen met blootstelling aan luchtverontreiniging. Begin 2013 zal er meer informatie beschikbaar komen over dit soort mogelijke effecten in Europa en misschien ook specifiek voor Nederland.

## Gezondheidswinst en beleidsmaatregelen

De wettelijke verplichting om de luchtkwaliteitsnormen op tijd te halen en de beleidsdruk die hieruit voortvloeit in Nederland is de drijfveer voor het nationale en lokale fijnstofbeleid. Het meest effectief voor het halen van de fijnstofgrenswaarden blijken de maatregelen om zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak te reduceren. Die stoffen vormen in de lucht ongeveer 40 procent van de massa van fijn stof, en op dagen met overschrijding van de grenswaarde voor het daggemiddelde is dat aandeel nog groter.

De emissies van zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak zijn door beleidsmaatregelen fors gedaald. Deze emissiereducties hebben geleid tot een substantiële afname van de concentraties van het secundair aerosol. Er wordt echter verschillend gedacht over de gezondheidswinst die dit zou kunnen hebben opgeleverd. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) stelt zich op het standpunt dat vooralsnog van geen enkele fractie van fijn stof kan worden uitgesloten als het gaat om de gezondheidseffecten (zie ook Moldanova et al., 2011). Anderen menen echter dat de lagere concentraties van secundair aerosol weinig gezondheidswinst heeft gebracht (Buringh et al., 2007; Schlesinger, 2007; Schlesinger & Cassee, 2003). Maatregelen die de emissie van verbrandings-aerosol beperken worden relevanter voor de gezondheid geacht. Die maatregelen dragen echter veelal maar weinig bij aan de afname van de fijnstofconcentratie. Langs straten en snelwegen hebben maatregelen ter vermindering van het verbrandingsaerosol nog het meeste effect.

In het verleden was de emissiereductie van zwaveldioxide en stikstofoxiden vaak nog (automatisch) gekoppeld aan een afname van de emissie van elementair en organisch koolstof. Zo sneed het mes aan twee kanten: lagere fijnstofconcentraties en een gezondheidsverbetering. Door de sterk toegenomen energie-efficiëntie van verbrandingsmotoren en de overgang van olie op gas stook bij veel sectoren in Nederland is deze koppeling echter steeds minder (misschien zelfs wel: nauwelijks meer) het geval. Op lokale schaal blijken fijn stof ( $PM_{10}$ ) en ook de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) geen optimale indicatoren (meer) voor gezondheidseffecten van deeltjes.

Daarom wordt door Nederland in internationaal verband gepleit voor een aanvullende maat. Naast fijn stof ( $PM_{10}$ ) en de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) als leidende gezondheidsindicatoren voor deeltjesvormige luchtverontreiniging is er een maat nodig om de effectiviteit van de gezondheids-relevant geachte maatregelen beter te kunnen vaststellen. Binnen de WHO is er daarom ook (opnieuw) aandacht voor grootheden als zwarte rook, elemental carbon en black carbon en ultrafijn stof als mogelijke maat voor verkeersgerelateerde luchtverontreiniging.

Verbetering in de luchtkwaliteit zal leiden tot een verlenging van de levensduur. Het is echter niet zo dat sterfte wordt voorkomen; de (gemiddelde levensverwachting) zal toenemen. In deze zin is het gebruik van termen als 'vroegtijdige doden', maar ook DALY's, enigszins misleidend. Er is dan ook gepleit voor het gebruik van een andere terminologie (Brunekreef et al., 2007; Knol et al., 2009). Zo zou bij verbetering van de luchtkwaliteit in relatie tot de gezondheid beter van 'gewonnen (gezonde) levensjaren' kunnen worden gesproken.



Afbeelding 4.26 Juist op plaatsen waar de mensen zijn, zullen maatregelen ter vermindering van het verbrandingsaerosol nog het meeste gezondheidseffect hebben. Foto peeterv/iStock.





## 5 Meten

Dit onderdeel van het Dossier 'Fijn stof' behandelt hoe de meting van stof in zijn werk gaat. Hierbij zal worden ingegaan op de belangrijkste meetmethoden voor (fijn) stof in lucht. Hierbij zullen ook aspecten aan de orde komen als kalibratiefactoren en referentiemethoden. Een en ander zal mede worden toegelicht aan de hand van de betreffende Europese regelgeving. Ook de huidige meetinspanningen voor stofvormige bestanddelen in lucht zal worden besproken.

De belangrijkste constatering uit dit onderdeel zijn:

- De meest gebruikte meetmethoden voor fijn stof zijn die op basis van de verzwakking van  $\beta$ -straling en van de oscillerende microbalans.
- Metingen voor fijn stof worden uitgevoerd volgens Europese richtlijnen.
- Meetapparaten voor fijn stof meten de massa maar niet de chemische samenstelling.
- Er wordt tevens systematische metingen gedaan naar een aantal samenstellende bestanddelen van fijn stof.

### Stof meten

Het is in principe heel simpel om de hoeveelheid stof in lucht te meten. Leidt lucht door een filter en het stof in de lucht zal op het filter achterblijven. Meet na verloop het gewicht van het op het filter verzamelde stof en, als ook de doorgeleide hoeveelheid lucht is gemeten, bereken de stofconcentratie in lucht. En dat is ook precies zoals het al lang geleden werd gedaan. Ook nu nog is dit het principe. We kunnen dit vinden in de Europese regelgeving op het terrein van de luchtverontreiniging. Deze regelgeving omvat onder andere een richtlijn die gaat over fijn stof. In deze richtlijn staat een 'voorkeursmethode' vermeld, in de termen van de regelgeving de zogeheten referentiemethode, in feite de juiste of beste methode (zie ook de tekstbox *De referentiemethode*). Deze methode heeft wel een nadeel, het is namelijk een semiautomatische methode. Dit houdt in dat de monsterneming, lees het zuigen van lucht door een filter, automatisch verloopt. Ook het na zekere tijd verwisselen van het filter in het apparaat kan automatisch uitgevoerd worden. Er zal echter wel met enige regelmaat iemand naar het apparaat toe moeten om de bezogen filters op te halen en nieuwe filters te installeren. Vervolgens kunnen de bezogen filters in het laboratorium gewogen worden. De logistiek en de weging vormen het niet-automatische deel van de procedure. De uiteindelijke meting is gebaseerd op wegen; reden dat deze methode daarom ook wel een gravimetrische methode wordt genoemd.<sup>15</sup> Bemonstering gebeurt gewoonlijk op dagbasis. Het gevolg is dus ook dat op deze wijze een daggemiddelde (stof)concentratie wordt verkregen.

De hier geschetste procedure is nogal bewerkelijk en vereist een permanente logistieke inspanning en inzet van mensen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat al lang geleden methoden zijn ontwikkeld om tot een volledig automatische meting te komen. De logistieke inspanning zou dan beperkt kunnen blijven evenals de behoefte aan menskracht. Dit is uitgemond in de ontwikkeling van een aantal automatische meetsystemen. De belangrijkste hiervan zijn de methode op basis van verzwakking van  $\beta$ -straling en de methode op basis van de oscillerende microbalans. Deze zullen hieronder kort worden besproken.

### De $\beta$ -stofmethode

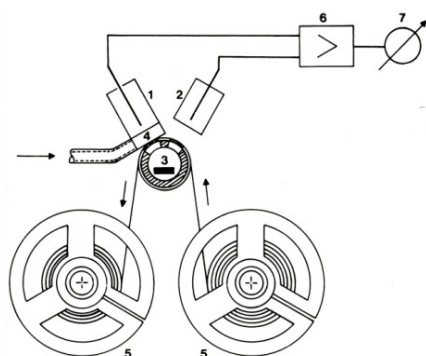
Deze methode maakt voor de meting gebruik van  $\beta$ -deeltjes (afbeelding 5.1). Dit zijn elektronen die vrijkomen bij het uiteenvallen van sommige radioactieve atoomsoorten. Het apparaat, dat in de wandeling ook wel de  $\beta$ -stofmonitor heet, bevat een radioactieve bron; deze bevat gewoonlijk een radioactieve isotoop van het element koolstof ( $^{14}\text{C}$ ), krypton ( $^{80}\text{Kr}$ ) of promethium ( $^{147}\text{Pm}$ ). Deze bron zendt  $\beta$ -deeltjes uit. De intensiteit van de  $\beta$ -straling wordt verzwakt als de  $\beta$ -deeltjes door een vaste stof wordt gestuurd. De  $\beta$ -stofmonitor gebruikt een filterband om het stof te verzamelen. Lucht wordt door de filterband geleid en het stof blijft op de filterband achter.

De intensiteit van de  $\beta$ -straling wordt gemeten voor en na de belading van het filter met stof. De mate van verzwakking is een maat voor de hoeveelheid stof op het filter en daarmee voor de stofconcentratie in de lucht.<sup>16</sup> De gehele cyclus van monsterneming en meting is bij de  $\beta$ -stofmonitor geautomatiseerd. De gemeten concentraties gaan via een telefoonlijn en computersystemen naar een centrale database. Ze komen vrijwel real time beschikbaar.

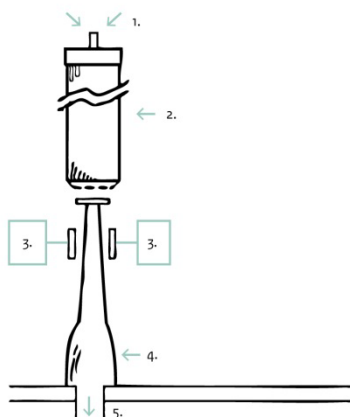
## De oscillerende microbalans

De andere veel gebruikte meetmethode is die waarbij gebruik wordt gemaakt van een oscillerende microbalans (afbeelding 5.2). Een principe dat ook wel wordt aangeduid met TEOM, waarbij TEOM staat voor Tapered Element Oscillating Microbalance. Deze methode gebruikt een spits toelopend glaselement waarop zich een filter bevindt. Dit glaselement oscilleert (voor te stellen als een trilling) met een karakteristieke frequentie. Belading van het filter met stof leidt tot een vermindering van de trillingsfrequentie. De mate van verandering van deze frequentie 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.

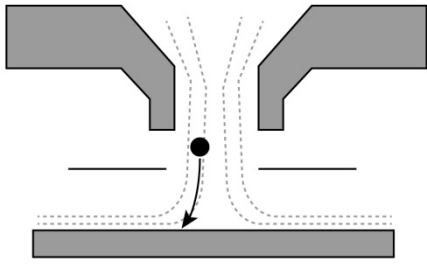
De apparaten voor de meting van fijn stof in lucht meten echter niet vanzelf de gewenste fractie van het stof in de lucht. Daarvoor is nog een extra voorziening nodig, de voorafscheider. Dit onderdeel wordt geplaatst aan het begin van de aanzuiging van de meetapparatuur. Het zorgt ervoor dat alleen de deeltjes van de gewenste grootte tot het meetapparaat worden toegelaten. De scheiding gebeurt vaak met een impactor (afbeelding 5.3). Het is echter geen ja-neemethode; het gevolg is dat bijvoorbeeld bij de monsterneming voor de meting van fijn stof ( $PM_{10}$ ) in lucht ook deeltjes met een grotere diameter dan  $10 \mu m$  kunnen worden bemonsterd (afbeelding 5.4).<sup>17</sup>



Afbeelding 5.27 De onderdelen van de  $\beta$ -stofmonitor. 1. De eerste ionisatiekamer; hier wordt de sterkte van de  $\beta$ -straling gemeten die door het met stof beladen filter is gegaan. 2. De tweede ionisatiekamer; hier wordt de sterkte van de  $\beta$ -straling gemeten die door de nog niet met stof beladen filterband is gegaan. Dit is de zogeheten nulmeting. Het stukje filter dat hier bemeet wordt, is hetzelfde stukje dat in een volgende cyclus met stof wordt beladen. 3. De radioactieve bron. 4. De plaats waar het stof wordt verzameld. Buitenlucht met stof wordt vanaf rechts aangevoerd. 5. De spoelen met het filterband. 6. Elektronische dataverwerkingsapparatuur. 7. Uitlezing van de meetwaarden.

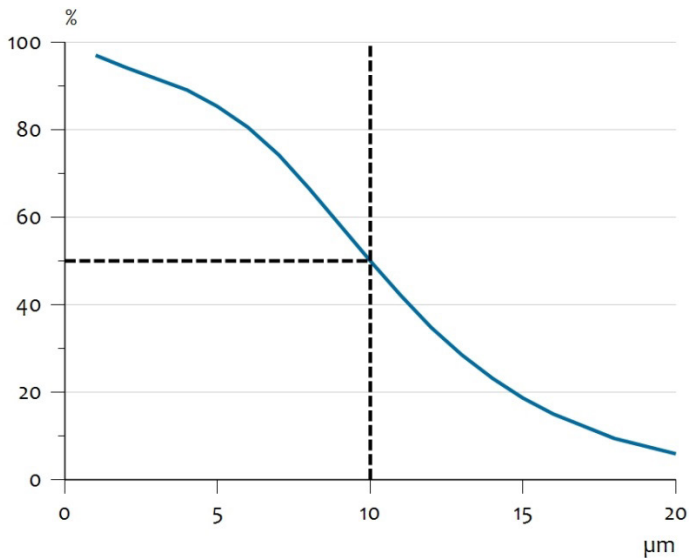


Afbeelding 5.28 De onderdelen van de TEOM. Buitenlucht wordt aan de bovenkant aangezogen en via een verwarmde inlaat naar de microbalans ('Tapered element') geleid. Op de top van de oscillerende microbalans (in de afbeelding 'Tapered element') ligt een filter waarop het stof wordt verzameld. De meting berust op een verandering van de trillingsfrequentie van de microbalans. Deze neemt af als de massa toeneemt. Er bestaat een directe relatie tussen de verandering van de trillingsfrequentie en de verandering van de massa. 1. Aanzuiging van de lucht; 2.



Afbeelding 5.29 Principe van een impactor. Lucht wordt aangezogen door een nauwe opening. De grotere deeltjes kunnen door hun grotere massa en daardoor hun grotere traagheid de stroomlijnen niet volgen en 'schieten door'; ze komen op de plaat terecht. De kleinere deeltjes volgen de stroomlijnen wel. Welke deeltjes wel en welke niet worden doorgelaten, kan worden bereikt door een juiste dimensionering, zoals de afstand tussen de opening en de plaat mede in relatie tot de aanzuigsnelheid.

### Afvangst van een PM<sub>10</sub>-voorafscheider



Afbeelding 5.30 De afsnijcurve van de PM<sub>10</sub>-voorafscheider. De curve geeft aan welk percentage van het stof wordt afgevangen in relatie tot de diameter van de stofdeeltjes. De voorafscheider dient om een scheiding aan te brengen tussen de gewenste deeltjes (diameter < 10 µm) en de ongewenste deeltjes (diameter > 10 µm).

## Kalibratie

Er zijn een aantal meetmethoden voor stof in lucht die worden betiteld als 'referentiemethoden'. Ze maken alle gebruik van weging om de hoeveelheid stof vast te stellen (zie ook tekstbox 'De referentiemethode'). Zoals hiervoor al aangegeven zijn deze methoden echter bewerkelijk. Daarom gebeuren de meeste metingen van stofconcentraties tegenwoordig met de bovengenoemde typen automatische apparatuur. Bij de monsterneming van stof op deze manier kunnen verliezen van onder andere vluchtige bestanddelen optreden. Hierdoor kunnen dus verschillen ontstaan met de resultaten zoals die met een referentiemethode zouden zijn verkregen. De Europese richtlijn staat het gebruik van deze methoden echter uitdrukkelijk toe op voorwaarde dat equivalentie wordt aangetoond. Dit houdt in dat middels vergelijkend onderzoek van de automatische en de referentiemethode moet worden dat de resultaten volgens de automatische methode binnen zekere nauwkeurigheidsgrenzen overeenstemmen met de resultaten volgens de referentiemethode. Deze vergelijking levert dan de parameters voor de kalibratie van de resultaten van de automatische methode.<sup>18</sup>

Waarom nu zo ingewikkeld? Waarom wordt er niet gewoon op dagbasis met niet-automatische apparatuur gemeten? Daarvoor zijn twee redenen. In de eerste plaats zijn niet-automatische metingen, zoals al aangegeven, bewerkelijk. De meetstations waar de niet-automatische apparatuur staat, moeten regelmatig worden bezocht om bijvoorbeeld de filters te verwisselen. Verder moeten de filters worden gewogen. Er is echter nog een tweede reden. Deze komt voort uit de Europese regelgeving voor de luchtkwaliteit (zie tekstbox *Publieke informatievoorziening*).

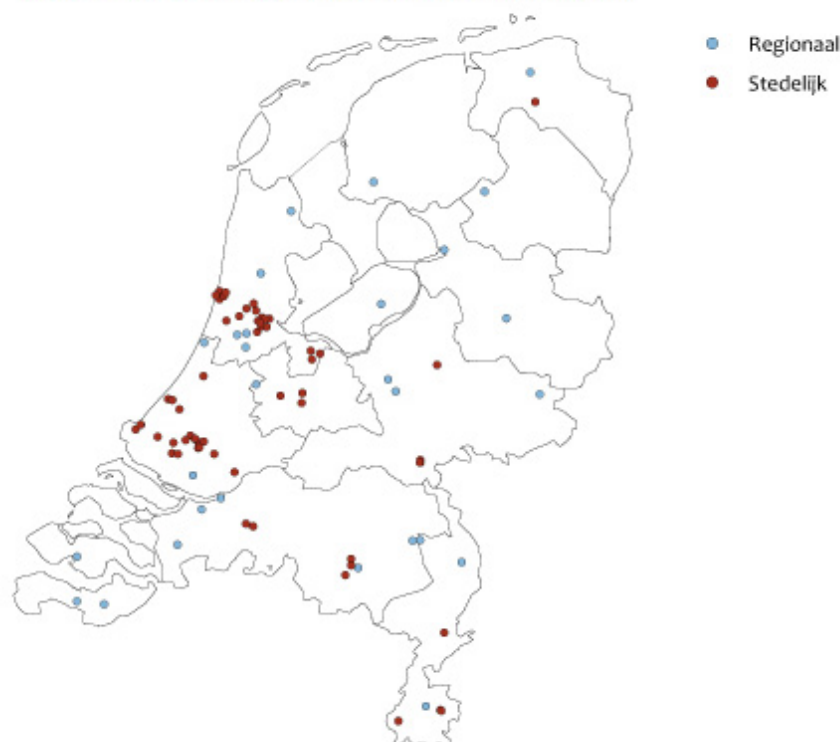
Zo wordt onder andere beoogd de informatie aan het publiek over onder andere de fijnstofconcentraties te garanderen en wel zodanig dat dit 'tenminste dagelijks bijgewerkt' moet worden. Hiermee bedoelt de wetgever dat het publiek met minimaal een dagelijkse frequentie geïnformeerd moet worden over de concentraties van fijn stof in de lucht. Dit is alleen redelijkerwijs te bereiken met automatische meetapparatuur. Het gevolg is dus geweest dat om reden van doelmatigheid, maar vooral ook van regelgeving, automatische meetapparatuur voor de meting van fijn stof is ingezet.

## Metingen van bestanddelen in lucht

Metingen van stof in lucht worden landelijk verricht in het Landelijk Meetnet Luchtqualiteit (LML). Meetpunten in steden maken ook deel uit van de meetnet. Daarnaast verrichten een aantal regionale en lokale overheden stofmetingen: DCMR Milieudienst Rijnmond, GGD Amsterdam in Amsterdam en de provincies Limburg en Noord-Holland (afbeelding 5.5, 5.6, 5.7, 5.8).

De meting van fijn stof is in feite een gewichtsbepaling. Alle genoemde methoden bepalen de massa van het stof in lucht maar niet de samenstelling ervan. Dit kan betekenen dat een fijnstofconcentratie van bijvoorbeeld  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  op verschillende plaatsen in chemische samenstelling niet hetzelfde hoeft te betekenen. Uiteraard wel in massa, maar niet in chemische samenstelling. Kortom: fijn stof zoals het wordt gemeten, is eigenlijk een somparameter die ons niets vertelt over de samenstellende chemische bestanddelen ervan. Daarom kan het van belang zijn om zowel de stofconcentratie in lucht te meten alsmede specifieke chemische stofvormige bestanddelen in lucht. Dit is dan ook de reden dat er ook onderzoek wordt gedaan naar het voorkomen van een aantal specifieke chemische bestanddelen in lucht, waaronder metalen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (zie tabel 5.1).

### Meetlocaties voor de metingen van fijn stof ( $\text{PM}_{10}$ ), 2012



Afbeelding 5.31 Meetlocaties voor de metingen van fijn stof ( $\text{PM}_{10}$ ) in Nederland, medio 2012. Regionale stations zijn meetstations die buiten bebouwd gebied liggen en niet worden beïnvloed door lokale bronnen. De stad- en straatstations liggen in stedelijke gebieden en zijn aangegeven als 'stedelijk'. Deze stations zijn bedoeld om een indruk te krijgen van de lokale verhogingen van het niveau van luchtverontreiniging in vergelijking met het niveau buiten de steden. Daarnaast zijn er nog meetstations die er primair op zijn gericht om de luchtkwaliteit in de nabijheid van belangrijke industriële bronnen van luchtverontreiniging vast te stellen.<sup>19</sup>

### Meetlocaties voor de metingen van de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ), 2012



Afbeelding 5.32 Meetlocaties voor de metingen van de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) in Nederland, medio 2012.<sup>20</sup> Zie voor toelichting ook bij afbeelding 5.5.



Afbeelding 5.33 Interieur van een meetstation voor luchtkwaliteit in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Rechtsboven het meetapparaat voor fijn stof ( $PM_{10}$ ) met randapparatuur. Links staan een aantal meetsystemen voor gasvormige luchtverontreiniging. Foto © D. van Straalen.

### Meetlocaties voor de meting van stofvormige bestanddelen van luchtverontreiniging, 2012



Afbeelding 5.34 Meetlocaties voor de meting van bestanddelen van stof in lucht. <sup>21</sup>



Afbeelding 5.35 Meetstation voor luchtverontreiniging van DCMR Milieudienst Rijnmond aan de Markweg op Europoort. Op de voorgrond met het groene uiterlijk een meetapparaat voor de fijner fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>) inclusief aanzuigpijp. Daarachter is nog de aanzuigleiding voor de fijnstofmonitor zichtbaar. Het meetapparaat zelf bevindt zich in de meetbehuizing. Foto © DCMR Milieudienst Rijnmond.

### De referentiemethode

De Europese richtkwaliteitsrichtlijn definieert voor de meting van luchtverontreinigende stoffen zogeheten referentiemethoden. Dit zijn meetmethoden die voor de betreffende component bij voorkeur moeten worden toegepast.<sup>22</sup> De referentiemethoden zijn beschreven in de Europese norm EN12341, 'Air quality. Determination of the PM<sub>10</sub> fraction of suspended particulate matter. Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods'. Deze Europese standaard verwijst naar drie referentiemethoden die mogen worden gebruikt:

De superhigh volume sampler, de WRAC of Wide Range Aerosol Classifier.<sup>23</sup>

De high volume PM<sub>10</sub>-monsterneemer (hvs) met een debiet van 68 m<sup>3</sup> per uur.

De low volume PM<sub>10</sub>-monsterneemer (lvs) met een debiet van 2,3 m<sup>3</sup> per uur. Naar dit apparaat wordt wel verwezen als Kleinfiltergerät of kortweg KFG.

De meting van deze methodes gebaseerd op een filter voor het opvangen van de PM<sub>10</sub>-fractie van zwevende deeltjes in de lucht en het vervolgens bepalen van de massa van het afgevangen stof door weging. Met de genoemde apparaten worden 'PM<sub>10</sub>-concentraties volgens de richtlijn' gemeten. Ook bij deze referentiemethoden wordt het eindresultaat echter beïnvloed door positieve artefacten, zoals opname van water, en negatieve artefacten, zoals het verlies van vluchtige componenten. Niettemin kan worden gesteld dat, als de metingen volgens de richtlijn zijn uitgevoerd, correcte meetresultaten worden verkregen.

Het is toegestaan om andere methoden te gebruiken. Er moet dan wel worden aangetoond dat ze resultaten opleveren die gelijkwaardig zijn aan de met een referentiemethode verkregen resultaten, of andere methoden waarvan kan worden aangetoond dat ze een constante samenhang met de referentiemethode vertonen. In dat geval moeten de met die methode verkregen resultaten met een juiste factor worden gecorrigeerd zodat er resultaten worden gegenereerd die gelijkwaardig zijn aan die welke de toepassing van de referentiemethode zou hebben opgeleverd.

De 'Meetregeling luchtkwaliteit 2007' is in Nederland de meettechnische vertaling van de gedeelten uit de Europese richtlijn die gaan over de meting van fijn stof in lucht (artikel 36):

'Voor de meting van zwevende deeltjes (PM<sub>10</sub>) wordt gebruik gemaakt van:

- a. de methode beschreven in NEN-EN 12341:1998 en (Bepaling van de PM<sub>10</sub> fractie van zwevend stof – referentiemethode en veldonderzoek om de referentie-gelijkwaardigheid aan te tonen van meetmethoden),
- b. een andere methode met behulp waarvan resultaten kunnen worden verkregen die gelijkwaardig zijn aan de, met gebruikmaking van de onder a genoemde methode, verkregen resultaten, of
- c. een andere methode die een constante samenhang heeft met de onder a genoemde methode. Op de met deze methode verkregen resultaten wordt een correctiefactor toegepast, teneinde resultaten te verkrijgen die gelijkwaardig zijn aan de resultaten, verkregen met gebruikmaking van de onder a genoemde methode.'

De meetregeling maakt dus onder punt c. specifiek melding van een correctiefactor. Deze correctiefactor wordt vastgesteld middels vergelijkend onderzoek van de in de praktijk toegepaste meetmethode en de referentiemethode volgens voorschriften die door de Europese Unie zijn vastgesteld.



Afbeelding 5.36 'Sfeerbeelden' van stofvormige luchtverontreiniging, zoals hier in de jaren vijftig, behoren in Nederland grotendeels tot het verleden. Foto collectie. E. Buijsman.



Tabel 5.1 Metingen van stof en stofvormige bestanddelen in lucht.

Component	Aantal meetpunten <sup>1)</sup>	
<b>Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit</b>		
Fijn stof (PM <sub>10</sub> )	54	Regionaal: 17 Stad: 9 Straat: 15 Overig: 13 <sup>2)</sup>
Fijnere fractie van fijn stof (PM <sub>2,5</sub> )	26	Regionaal: 7 Stad: 9 Straat: 8 Overig: 2 <sup>2)</sup>
Metalen <sup>3)</sup>	4	Regionaal: 3 Stad: 1
PAK, waaronder benzo(a)pyreen	3	Regionaal: 1 Stad: 2 Straat: 1
Zwarte rook <sup>4)</sup>	11	Regionaal: 5 Stad: 1 Straat: 5
<b>GGD Amsterdam</b>		
Fijn stof (PM <sub>10</sub> )	14	Stad: 7 Straat: 5 Overig: 2 <sup>5)</sup>
Fijnere fractie van fijn stof (PM <sub>2,5</sub> )	8	Stad: 2 Straat: 4 Overig: 2 <sup>5)</sup>
Ultrafijn stof (PM <sub>1</sub> )	1	Stad: 1
<b>DCMR Milieudienst Rijnmond <sup>6)</sup></b>		
Fijn stof (PM <sub>10</sub> )	12	Stedelijk: 10 Industrie: 2
Fijnere fractie van fijn stof (PM <sub>2,5</sub> )	12	Stedelijk: 10 Industrie: 2
PAK, waaronder benzo(a)pyreen	1	Stedelijk: 1
Zwarte rook <sup>4)</sup>	7	Stedelijk: 5 Industrie: 2
Total Suspended Particles (TSP)	5	Regionaal: 1 Stedelijk: 2 Industrie: 2
Metalen <sup>7)</sup>	2	Regionaal: 3 Stedelijk: 2
<b>Provincie Noord-Holland</b>		
Fijn stof (PM <sub>10</sub> )	10	Regionaal: 4 Industrieel: 6
Fijnere fractie van fijn stof (PM <sub>2,5</sub> )	6	Regionaal: 1 Industrieel: 5
<b>Provincie Limburg</b>		
Fijn stof (PM <sub>10</sub> )	3	Regionaal: 1 Stad: 1 Straat: 1
Fijnere fractie van fijn stof (PM <sub>2,5</sub> )	3	Regionaal: 1 Stad: 1 Straat: 1

- 1) Regionale stations zijn meetstations die buiten bebouwd gebied liggen en niet worden beïnvloed door lokale bronnen. De stad- en straatstations liggen in stedelijke gebieden. Ze verschillen in de mate waarin de meetresultaten beïnvloed zijn door lokale bronnen, zoals het lokale wegverkeer. Deze stations zijn bedoeld om een indruk te krijgen van de lokale verhogingen van het niveau van luchtverontreiniging in vergelijking met het niveau buiten de steden. Daarnaast zijn er nog meetstations die er primair op zijn gericht om de luchtkwaliteit in de nabijheid van belangrijke industriële bronnen van luchtverontreiniging vast te stellen.
- 2) De categorie 'Overig' omvat meetstations die het RIVM bedrijft in opdracht van lokale of provinciale overheden. Deze zijn veelal gericht op lokale problematiek.
- 3) Arseen (As), cadmium (Cd), lood (Pb) en nikkel (Ni).
- 4) De grootheid 'zwarte rook' is als atmosferisch bestanddeel methodebepaald. Dat betekent dat zwarte rook datgene is dat wordt gemeten met de zwarterookmethode. Zwarte rook is daardoor niet eenduidig fysisch of chemisch te duiden. Zwarte rook bestaat grotendeels uit deeltjes met een diameter van 4,5 µm of minder. Zwarte rook ontstaat bij onvolledig verloopende verbrandingsprocessen en bij bepaalde vormen van slijtage. <sup>24</sup>
- 5) De categorie 'Overig' omvat meetstations die GGD Amsterdam bedrijft in opdracht van andere instanties.
- 6) DCMR Milieudienst Rijnmond maakt geen strikt onderscheid naar stad – en straatstations; men kent alleen stedelijke stations.
- 7) Arseen (As), cadmium (Cd), lood (Pb), nikkel (Ni) en ijzer (Fe).

### Publieke informatievoorziening

De Europese richtlijn voor de luchtkwaliteit, richtlijn 2008/50/EG, besteedt ook aandacht aan de informatievoorziening over de kwaliteit van de lucht aan de bevolking. In artikel 26 staat:

'1. De lidstaten zorgen ervoor, dat de bevolking alsook belanghebbende organisaties, zoals milieuorganisaties, consumentenorganisaties, organisaties die de belangen van kwetsbare bevolkingsgroepen behartigen, andere bij de gezondheidszorg betrokken organen en de belanghebbende vakverenigingen adequaat en tijdig het volgende wordt meegedeeld: a) de luchtkwaliteit, overeenkomstig bijlage XVI' [...] De gegevens worden kosteloos ter beschikking gesteld via algemeen toegankelijke media, waaronder het internet of andere geschikte vormen van telecommunicatie.'<sup>25</sup>

In Nederland is deze verplichting in gevuld door op Teletekst informatie over de actuele luchtkwaliteit te verschaffen.



Afbeelding 5.37 Pagina 711 van Teletekst geeft actuele informatie over het niveau van luchtverontreiniging in Nederland. De presentatie is gebaseerd op actuele meetresultaten uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit.



Afbeelding 5.38 Stedelijke meetstations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM in Utrecht (links) en van het meetnet van de GGD in Amsterdam. De 'pijpen' op de behuizing zijn de aanzuigingen voor de diverse meetsystemen. Foto's © Centrum voor Milieukwaliteit, RIVM (links) en GGD Amsterdam (rechts).



# 6 Modelleren

*Dit onderdeel van het Dossier 'Fijn stof' behandelt de wijze waarop met atmosferisch-chemische transportmodellen de stofconcentraties in lucht in Nederland worden berekend.*

De belangrijkste constatering uit dit onderdeel zijn:

- Het gebruik van modellen maakt het mogelijk om op een schaal van 1 x 1 kilometer de grootschalige concentraties van stofvormige luchtverontreiniging te berekenen.
- Het gebruik van modellen maakt het mogelijk om in steden per 100 meter weglengte de concentraties van stofvormige luchtverontreiniging te berekenen.
- Meetpunten in steden kennen slechts een beperkte ruimtelijke representativiteit. De inzet van modellen is dan een kosteneffectieve manier om de stedelijke luchtkwaliteit mede te karakteriseren.

## Gemodelleerde luchtkwaliteit

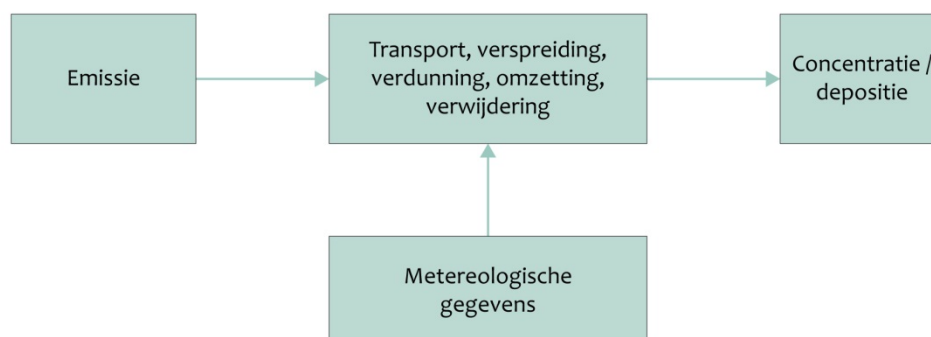
Stofvormige luchtverontreiniging en bestanddelen ervan worden in Nederland op een groot aantal plaatsen gemeten (-> 5. Meten). Meetpunten hebben echter een eindige ruimtelijke representativiteit. Vooral in steden is door de sterk wisselende concentraties over korte afstanden de representativiteit beperkt. Voor veel doeleinden is het echter gewenst om over concentratievelden met een hogere ruimtelijke resolutie te beschikken dan metingen op vaste meetpunten kunnen bieden. Voor dergelijke concentratievelden kunnen dan vaak atmosferisch-chemische transportmodellen, kortweg meestal 'modellen', worden ingezet.

Met een model wordt hier bedoeld een mathematisch algoritme, in feite een ingewikkeld rekenvoorschrift, dat het transport van luchtverontreiniging, en daarmee samenhangende fysische en chemische processen, in de atmosfeer beschrijft. Een model is hier dus eigenlijk niets anders dan een mathematische beschrijving van de atmosfeer en de processen die zich daarin afspelen, zij het op vereenvoudigde wijze.

Simpel gezegd komt het bij een model op het volgende neer. Luchtverontreiniging wordt op een plaats in een zekere hoeveelheid of met een zekere snelheid geproduceerd ('emissie'), komt in de atmosfeer terecht en wordt daarin meegenomen door de wind ('transport'), verspreid en verdund. De luchtverontreiniging kan soms ook in de atmosfeer omgezet worden in andere stoffen ('chemische omzetting'). En tot slot: stoffen kunnen weer uit de atmosfeer verwijderd worden ('verwijdering'). De aanwezigheid van een stof in de atmosfeer kan getalsmatig gekarakteriseerd worden ('concentratie'). Het verwijderingsproces leidt tot een flux naar bodem, water, enzovoorts ('depositie'). Een vereenvoudigd overzicht geeft afbeelding 6.1. Depositie kan nog worden onderverdeeld naar natte depositie en droge depositie. Natte depositie is een verwijderingsmechanisme via de neerslag (regen, sneeuw, hagel). Droge depositie is de directe flux van stoffen vanuit de atmosfeer naar het aardoppervlak.

Om een model goed zijn werk te kunnen laten doen zijn er dus verschillende soorten invoer informatie nodig:

- Emissie: ligging en sterkte van de bronnen en de hoogte waarop de emissie gebeurt.
- Meteorologie: weersgesteldheid, waaronder windrichting, windsnelheid, luchtvochtigheid, stralingsintensiteit, neerslagduur en -hoeveelheid.
- Chemie: chemische eigenschappen van de te modelleren stof, zoals reactiesnelheden, depositiegedrag en depositiesnelheden.



Afbeelding 6.39 Schematische opzet van een atmosferisch-chemisch transportmodel.

Een model produceert uiteindelijk informatie vaak in de vorm van kaarten met ruimtelijke patronen van (gemiddelde) luchtconcentraties over een zekere tijdsperiode. De ruimtelijke schaal die modellen beschrijven, kan zeer uiteenlopend zijn. Op de kleinste schaal gaat het om modellen die de luchtkwaliteit in een straat of rond een enkele bron beschrijven. De modellen waarmee berekeningen voor fijnstofconcentraties gemaakt worden, hebben een ruimteschaal die kan lopen van nationaal tot Europees.

Nederland kent een lange traditie in de karakterisering van de luchtkwaliteit volgens procedures waarbij een combinatie van meten en modelleren wordt toegepast. Een belangrijke reden voor de keuze van deze aanpak is dat (kostbare) metingen beperkt kunnen worden gehouden. Bovendien bieden modellen, veel beter dan metingen, de mogelijkheid om resultaten met een hoog ruimtelijk oplossend vermogen te produceren. Deze gecombineerde aanpak is ook bij de beschrijving van de luchtkwaliteit voor fijn stof gekozen.

De methodiek die het RIVM gebruikt, om voor iedere plaats in Nederland een concentratie, bijvoorbeeld van fijn stof, te berekenen kan worden onderverdeeld in drie stappen:

1. Berekening van de grootschalige concentratie.
2. Kalibratie op meetresultaten.
3. Berekeningen van de lokale bijdragen.

Deze stappen zullen in het volgende in meer detail worden besproken.

## Berekening van de grootschalige concentraties in Nederland

Dit betreft de berekening van de grootschalige concentratie in regionale én stedelijke gebieden met het OPS-model <sup>26</sup>, zoals die gebeurt als onderdeel van de GCN, Grootschalige Concentraties Nederland, en GDN, Grootschalige Deposities Nederland. Hierbij worden bronbijdragen uit heel Europa verdisconteerd. Voor fijn stof ( $PM_{10}$ ) en de fijner fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) worden de primaire en secundaire fracties (sulfaat, nitraat, ammonium) afzonderlijk berekend en vervolgens bij elkaar opgeteld. Als invoer voor het model zijn onder andere gegevens nodig over emissies, zoals sterkte, uitworphoogte en ruimtelijke en temporele verdeling van de bronnen, zowel voor Nederland als voor de andere Europese landen.

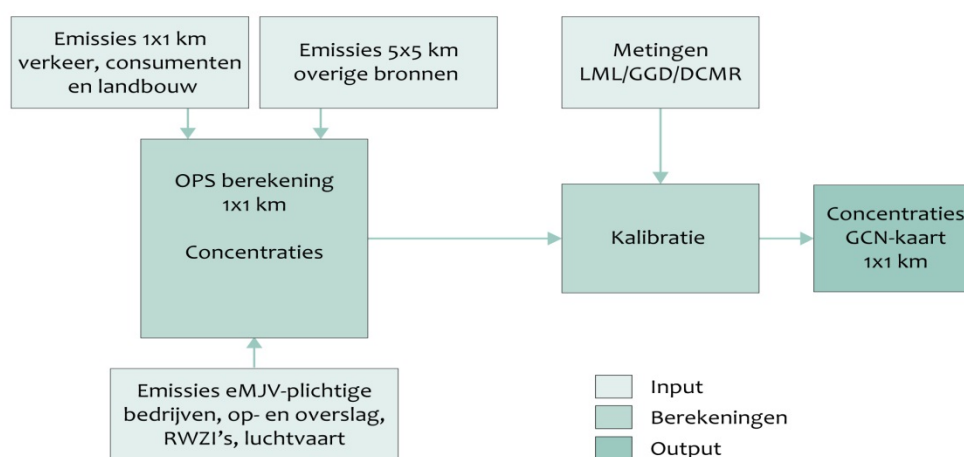
De Nederlandse emissies van de rapportageplichtige bedrijven (conform elektronische milieujaarverslagen, e-MJV), van op- en overslag van droge bulkgoederen, van rioolwaterzuiveringsinstallaties en van luchtvaart zijn op locatie bekend. De overige Nederlandse emissies worden

door de Emissieregistratie op een raster van 500x500 meter beschikbaar gesteld. Alvorens de emissies in de OPS-berekening worden gebruikt, worden ze geaggregeerd naar een lagere resolutie. Dit gebeurt om om de rekentijd te beperken. De emissies van verkeer (alle stoffen), landbouw ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{PM}_{10}$  en  $\text{PM}_{2,5}$ ) en van consumenten ( $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2,5}$  en  $\text{NO}_x$ ), die een substantiële bijdrage leveren aan de concentratie, zijn geaggregeerd naar een resolutie van 1x1 kilometer. De emissies van de overige sectoren zijn geaggregeerd naar een resolutie van 5x5 kilometer.

De buitenlandse emissies zijn toegepast op een resolutie van ongeveer 7x7 kilometer voor landen in de nabijheid van Nederland (België, Verenigd Koninkrijk, Luxemburg, Frankrijk, Duitsland en Denemarken) en op een resolutie van ongeveer 80x80 kilometer voor de andere Europese landen. De zeescheepvaartemissies voor de Noordzee, inclusief het Nederlands Continentaal Plat, NCP, zijn toegepast op een resolutie van 5x5 kilometer; de zeescheepvaartemissies in de Nederlandse havens en binnengaats varend op een resolutie van 1x1 kilometer. De bijdragen van alle emissies (Nederland, buitenland en zeescheepvaart) worden met een resolutie van 1x1 kilometer doorgerekend.

## Kalibratie op meetresultaten

De kalibratie van de berekende grootschalige stofconcentraties gebeurt met metingen van fijn stof ( $\text{PM}_{10}$ ) en de fijnere fractie van fijn stof ( $\text{PM}_{2,5}$ ) van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM aangevuld met metingen op stadsachtergrondlocaties in Amsterdam, Zaandam en Spaarnwoude van de GGD-Amsterdam en in Hoogvliet-Rotterdam en Schiedam van DCMR Milieudienst Rijnmond. De resultaten na kalibratie worden GCN-kaarten genoemd. Deze kalibratie wordt uitgevoerd om berekende concentraties nog beter in overeenstemming te brengen met gemeten concentraties (afbeelding 6.2). Dit is vooral belangrijk voor fijn stof waar de berekende concentraties ongeveer de helft zijn van de gemeten concentraties en voor de fijnere fractie van fijn stof waarvoor de berekende concentraties ongeveer twee derde zijn van de gemeten concentraties. De reden hiervoor is dat de emissies die als invoer voor de modelberekeningen worden gebruikt, alleen de bekende (dat wil zeggen geregistreerde) Europese antropogene emissies betreffen. Natuurlijke bronnen worden in de berekeningen niet meegenomen, deels door gebrek aan proceskennis, maar vooral door gebrek aan betrouwbare emissiegegevens. Ook de nauwkeurigheid van de geregistreerde bronnen is beperkt en daarnaast zijn er bekende antropogene bronnen waarvan de bijdrage niet expliciet is meegenomen in de GCN-berekeningen.



Afbeelding 6.40 Schema voor de berekening van de concentraties van fijn stof ( $\text{PM}_{10}$ ) en de fijnere fractie van fijn stof ( $\text{PM}_{2,5}$ ).

Een voorbeeld hiervan is de bijdrage aan fijn stof door secundair organisch aerosol die door onzekerheid in emissies en beperkte proceskennis nog niet expliciet wordt berekend. Met metingen worden echter de totale  $PM_{10}$ - en totale  $PM_{2,5}$ -concentraties verkregen, die bestaan uit deeltjes van zowel natuurlijke als antropogene oorsprong. Ten behoeve van de GCN- kaarten wordt dit verschil gecorrigeerd (gekalibreerd) door de verschillen tussen berekende en gemeten concentraties op regionale en stadsachtergrondstations te interpoleren over Nederland en het resultaat bij de met het model berekende waarden op te tellen.

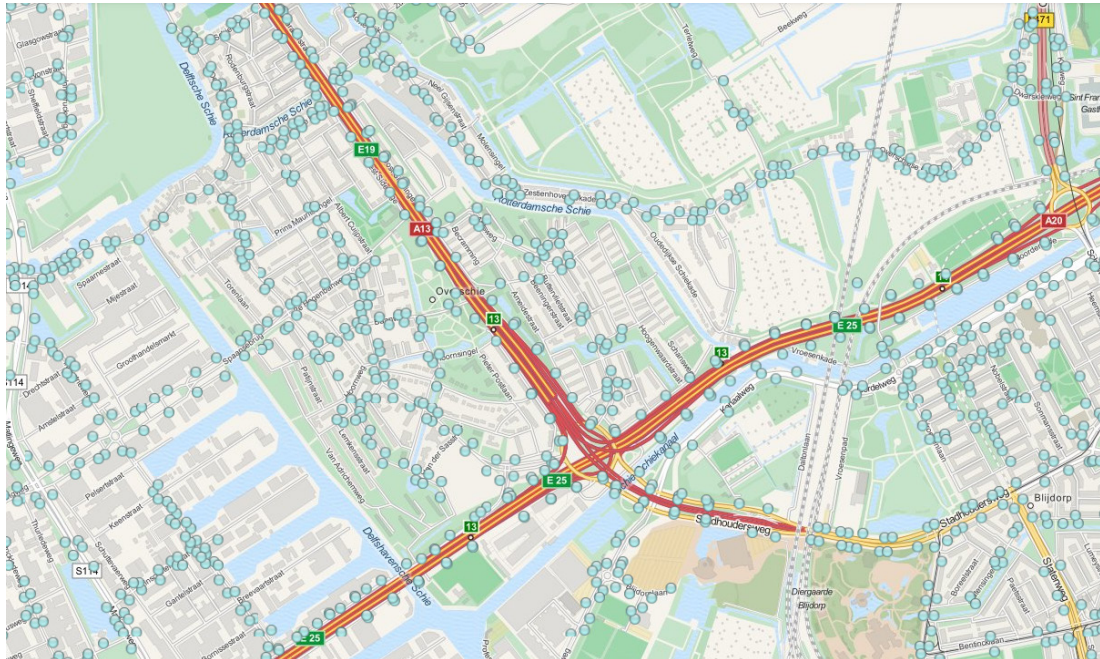
## Berekening van de lokale bijdragen

De grootschalige concentratiekaarten (GCN) zijn bedoeld om een beeld te geven van de grootschalige concentratie op een resolutie van 1x1 kilometer. Daarna kan desgewenst de berekening van de lokale bijdragen uitgevoerd worden. Het kan hier gaan om straten in steden, maar ook om gebieden in de nabijheid van autosnelwegen of om locaties in de onmiddellijke omgeving van specifieke bronnen, zoals stallen. Deze lokale bijdragen kunnen met het instrumentarium uit het Nationaal Samenwerkingsverband Luchtkwaliteit (NSL), zoals het CAR-model, worden gekwantificeerd. Hiermee kan dan ook worden berekend in hoeverre er overschrijdingen van de grenswaarden voor fijn stof optreden.

In de situatie van de berekening van de luchtkwaliteit van straten zijn veel factoren van belang. Daarom wordt in de berekening onder andere rekening gehouden met: verkeersintensiteit, snelheid van het verkeer, het percentage zwaar verkeer, geometrie van de straat (breedte, hoogte van de bebouwing) en de aanwezigheid van bomen.

## Het Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht

Om tijdig aan de Europese grenswaarden voor de luchtkwaliteit te voldoen is in Nederland het Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht (NSL) opgezet. Het NSL is een samenwerkingsprogramma tussen rijk, provincies en gemeenten en is juridisch vastgelegd in de Wet Milieubeheer (2007). Een zogeheten Saneringstool is onderdeel van het NSL. De Saneringstool dient om de luchtkwaliteit in heel Nederland in beeld te brengen. Doel hiervan is om de effecten van nationale en lokale maatregelen zichtbaar te maken.



Afbeelding 6.41 Gemodelleerde concentraties van fijn stof voor het gebied met de kruising van de A13 en A20 aan de noordkant van Rotterdam. De bolletjes geven de locaties aan waarvoor de concentraties zijn berekend. Blauw betekent dat de jaargemiddelde fijnstofconcentratie onder de  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ligt. Bron: NSL monitoring tool.

## Smogverwachting

Het RIVM heeft de wettelijke taak om dagelijks, en gedurende smogepisodes twee maal per dag, een smogverwachting te geven. Het gaat hierbij om ozon en fijn stof ( $PM_{10}$ ). De smogverwachting is gebaseerd op modelberekeningen en metingen (-> 4. *Luchtkwaliteit*).

Voor de operationele luchtkwaliteitsverwachting maakt het RIVM gebruik van twee modellen:

- Lotos-Euros. Dit is een deterministisch model.<sup>27</sup> Metingen van grondstations en satellietmetingen worden gecombineerd (geassimileerd) met een regionaal chemisch transportmodel. Dit model gebruikt verder meteorologische gegevens zoals wind, temperatuur en neerslag en bevat daarnaast ook informatie over vervuilingbronnen. De ontwikkeling van de luchtkwaliteitsverwachting is een gezamenlijk project van RIVM, KNMI en TNO. Dit project is medegefinancierd door het Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart (NIVR).
- Statistische modellen. Het RIVM gebruikt daarnaast al jaren twee verwachtingsmodellen PROZON voor ozon en PROPART voor fijn stof. Ze maken gebruik van statistieken van in het verleden gemeten concentraties en weersomstandigheden, gecombineerd met actuele metingen en weersverwachtingen. Dit levert voor PROZON een maximum uurgemiddelde ozonconcentratie en voor PROPART een daggemiddelde fijnstofconcentratie.

Het statistisch en het deterministisch model draaien naast elkaar. Beide modellen hebben een onzekerheid en kunnen daardoor van elkaar verschillen. Een lid van het smogteam van het RIVM beoordeelt in de ochtend de modelresultaten om tot een officiële verwachting te komen.

Nieuwe metingen en modellen maken het mogelijk de verwachting te verbeteren en uit te breiden. De luchtkwaliteitsverwachting met Lotos-Euros levert verwachtingen tot twee dagen vooruit; voor ozon gebeurt dit op uurbasis en voor fijn stof op dagbasis. Het ligt in de bedoeling om op termijn ook betrouwbare verwachtingen voor stikstofdioxide ( $NO_2$ ) te produceren.

## Tussen meten en modelleren

Resultaten van metingen worden vaak als superieur beschouwd boven de resultaten van berekeningen met modellen. Metingen worden hierbij impliciet als nauwkeuriger dan modellen beschouwd. Deze veronderstelling mag dan vaak juist zijn, maar dan wordt voorbij gegaan aan het aspect van de ruimtelijke representativiteit van meetpunten. Deze is, zeker in de stedelijke leefomgeving, beperkt. De resultaten van een meetpunt in een stad met bijvoorbeeld in de nabijheid veel verkeer zullen slechts een ruimtelijke representativiteit van enkele tientallen meters kennen. Dat kan betekenen dat de meetresultaten van een dergelijk meetpunt niet veel of zelfs niets zeggen over de luchtkwaliteit in een nabijgelegen straat. Modellen kennen, ondanks hun soms mindere nauwkeurigheid, dergelijke manco's niet. Het is bovendien vanuit kosten oogpunt niet realistisch om elke straat in een stad te voorzien van meetapparatuur. De inzet van modellen om de stedelijke luchtkwaliteit in zijn algemeenheid te berekenen verdient dan ook de voorkeur.

## Modellering op Europese schaal

Er zijn naast het hiervoor besproken OPS-model vele atmosferisch-chemische transportmodellen in gebruik op om Europese schaal de luchtkwaliteit te beschrijven. Zo is er ook LOTOS-EUROS. Dit is een regionaal chemisch transportmodel dat onder andere in het fijnstofonderzoek een prominente rol speelt (-> 4. *Luchtkwaliteit*). Daarnaast zijn er een aantal andere modellen van bijzonder belang, omdat de een rol spelen in de ondersteuning, ontwikkeling of herziening van het Europese luchtkwaliteitsbeleid.

Het EMEP-model is sinds het eind van de jaren zeventig een belangrijke model bij de ontwikkeling van het luchtkwaliteitsbeleid in Europa, aanvankelijk vooral door ondersteuning van de strategie onder 'Convention on Long-range Transboundary Air Pollution'.<sup>28, 29</sup>



Vanaf de jaren negentig werd het EMEP-model ook het referentie-instrument voor de berekening van de verspreiding van luchtverontreiniging als basis voor de zogeheten Integrated Assessment Modelling. Dit laatste ondersteunt de ontwikkeling van het luchtkwaliteitsbeleid. Een belangrijk resultaat van de berekeningen met het EMEP-model zijn van meet af aan de import-export-tabellen geweest. Deze tabellen, ook vaak 'blame matrices' genoemd, geven per land een overzicht van de herkomst van de luchtverontreiniging (en depositie), maar ook per land waar de in dit land geproduceerde luchtverontreiniging uiteindelijk terecht komt.

Een ander belangrijk instrument in het Europese luchtkwaliteitsbeleid was vroeger RAINS, Regional Air Pollution Information and Simulation en is tegenwoordig GAINS, Greenhouse Gas and Air Pollution Interactions and Synergies. Het RAINS-model was ontwikkeld om kosteneffectieve maatregelen op Europese schaal te berekenen om de klassieke vormen van luchtverontreiniging, zoals zwaveldioxide, stikstofoxiden, verzuring, fijn stof en ozon op leefniveau, te bestrijden. Later is RAINS uitgebreid tot GAINS. De leidende gedachte in de aanpak met het GAINS-model is dat veel van de gebruikelijke vormen van luchtverontreiniging en broeikasgassen dezelfde bronnen hebben. Bovendien hebben ze interacties in de atmosfeer en veroorzaken, alleen of gezamenlijk, een scala aan milieueffecten op schalen die lopen van lokaal tot mondiaal.

Het GAINS-model beslaat 43 landen in Europe, inclusief het Europese deel van Rusland. Het nieuwe GAINS bevat de laatste versie van het RAINS-Europe-model dat bijvoorbeeld ook gebruikt is bij de herziening in 2007 van de NEC-richtlijn in 2007 (-> 8. *Beleid*). In GAINS is het RAINS-Europe-model gecombineerd met schattingen van de emissies, mitigatiemogelijkheden en de kosten ervan voor zes broeikasgassen uit het Kyoto-protocol.<sup>30</sup>

Zo is het GAINS-model onder andere gebruikt om berekeningen te maken over de levensduurverkortening door de fijnere fractie van fijn stof (Amann & Schöpp, 2011), maar ook om op een kosteneffectieve manier de emissies van de fijnere fractie van fijn stof te verminderen. Dit laatste heeft zijn weerslag gevonden in de recentelijk gemaakte afspraken over emissiereducties onder het Gotenburg protocol.

## Verdere informatie

- Grootchalige Concentratiekaarten Nederland. Zie [www.rivm.nl/nl/themasites/gcn](http://www.rivm.nl/nl/themasites/gcn).
- Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit. Zie [www.nsl-monitoring.nl](http://www.nsl-monitoring.nl).

# 7 Regelgeving

Dit onderdeel van het Dossier 'Fijn stof' behandelt de regelgeving voor fijn stof en de fijnere fractie van fijn stof. Ook komen aspecten als de aftrek voor bijdragen uit natuurlijke bronnen, de voorschriften voor de metingen van fijn stof, derogatie en de relatie van luchtkwaliteitsregelgeving en ruimtelijke ordening. <sup>31</sup>

De belangrijkste constatering uit dit onderdeel zijn:

Voor fijn stof ( $PM_{10}$ )

- Er is een grenswaarde voor het jaargemiddelde:  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als jaargemiddelde mag niet worden overschreden.
- Er is een grenswaarde voor het daggemiddelde:  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als daggemiddelde mag op niet meer dan 35 dagen per jaar worden overschreden.

Voor de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ )

- Een blootstellingsconcentratieverplichting (BCV). Een grenswaarde voor de jaargemiddelde stedelijke achtergrondconcentratie:  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  op basis van metingen op stedelijke achtergrondlocaties. Aan deze grenswaarde moet uiterlijk in 2015 zijn voldaan.
- Een vermindering van de gemiddelde blootstellingsindex (BVD) met 15-20%. De vermindering geldt ten opzichte van het jaar 2010. Deze doelstelling is een streefwaarde en dient in 2020 te zijn gerealiseerd.
- Een luchtkwaliteitsdoelstelling voor het jaargemiddelde die geldt voor het gehele grondgebied van een lidstaat: vanaf 2010 een streefwaarde van  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , vanaf 1 januari 2015 een grenswaarde van  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en vanaf 2020 een indicatieve grenswaarde van  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## De taal van de regelgeving

In juni 2008 is de luchtkwaliteitsrichtlijn 2008/50/EG van de Europese Unie (EU) in werking getreden. De richtlijn bevat normen voor de concentraties van een aantal luchtverontreinigende stoffen in de buitenlucht ter bescherming van de mens en de natuur. <sup>32</sup> Richtlijn 2008/50/EG is in de plaats gekomen van de kaderrichtlijn luchtkwaliteit (EU, 1996) en drie dochterrichtlijnen (EU, 1999, 2000, 2002). De vierde dochterrichtlijn (EU, 2005) zal naar verwachting later worden ondergebracht in de richtlijn. De Europese normen zijn via de Wet milieubeheer, 5.2 Luchtkwaliteitseisen, geïmplementeerd in de Nederlandse wetgeving.

De regelgeving kent een aantal belangrijke begrippen, waaronder:

- **Grenswaarde** Een niveau dat op basis van wetenschappelijke kennis wordt vastgesteld met als doel schadelijke gevolgen voor de menselijke gezondheid en/of het milieu als geheel te vermijden, te voorkomen of te verminderen en dat binnen een bepaalde termijn moet worden bereikt en, wanneer het eenmaal is bereikt, niet meer mag worden overschreden. <sup>33</sup> Overschrijding van de grenswaarde is, behoudens de situaties die expliciet in de richtlijn zijn omschreven, niet toegestaan. Een grenswaarde is op te vatten als een resultaatverplichting. Als een lidstaat niet tijdig aan een grenswaarde voldoet, kan de Europese Commissie die lidstaat in gebreke stellen en uiteindelijk de zaak bij het Europese Hof van Justitie aanhangig maken.
- **Streefwaarde** Een niveau dat is vastgesteld met het doel om schadelijke gevolgen voor de menselijke gezondheid en/of het milieu als geheel te vermijden, te voorkomen of te verminderen en dat voor zover mogelijk binnen een bepaalde termijn moet worden bereikt. Een streefwaarde is op te vatten als een inspanningsverplichting. <sup>34</sup>

De grenswaarde en de streefwaarde zijn luchtkwaliteitsdoelstellingen die in het geval van fijn stof en de fijnere fractie van fijn stof dienen om de menselijke gezondheid te beschermen. <sup>35</sup>

## Regelgeving voor fijn stof (PM<sub>10</sub>)

De regelgeving voor fijn stof (PM<sub>10</sub>) kent twee doelstellingen:

- Een grenswaarde voor het jaargemiddelde: 40 µg/m<sup>3</sup> als jaargemiddelde mag niet worden overschreden. Aan deze grenswaarde moet sinds 2005 worden voldaan. Behoudens 'derogatie' zijn geen uitzonderingen mogelijk (->Derogatie). Deze grenswaarde beoogt vooral bescherming te bieden tegen de langetermijneffecten van fijn stof.
- Een grenswaarde voor het daggemiddelde: 50 µg/m<sup>3</sup> als daggemiddelde mag op niet meer dan 35 dagen per jaar worden overschreden. <sup>36</sup> Aan deze grenswaarde moet sinds 2005 worden voldaan. Behoudens 'derogatie' zijn geen uitzonderingen mogelijk (-> Derogatie). Deze grenswaarde is vooral bedoeld om bescherming te bieden tegen de kortetermijneffecten van fijn stof.

In de oorspronkelijke opzet, dat is ten tijde van de voorbereiding van de eerste dochterrichtlijn (~1998), was het de bedoeling dat de twee grenswaarden even 'streng' zouden zijn. In het besluitvormingsproces is dat element verloren gegaan. De grenswaarde voor het daggemiddelde is 'strenger' dan die voor het jaargemiddelde. Voor een nadere bespreking van dit aspect zie 4. Luchtkwaliteit.

## Regelgeving voor de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>)

De regelgeving voor de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>) kent vier doelstellingen:

- Een blootstellingsconcentratieverplichting (BCV). Een grenswaarde voor de jaargemiddelde stedelijke achtergrondconcentratie: 20 µg/m<sup>3</sup> op basis van metingen op stedelijke achtergrondlocaties. Deze gemiddelde concentratie op stedelijke achtergrondlocaties wordt ook wel omschreven als de zogeheten gemiddeldeblootstellingsindex (GBI). Aan deze grenswaarde moet uiterlijk in 2015 zijn voldaan.



Afbeelding 7. 42 Meetstation Amsterdamse Veerkade in Den Haag. Meetstations spelen een belangrijke rol om te

controleren of de luchtkwaliteit voldoet aan de regelgeving. Foto © E. Buijsman.

- De gemiddelde blootstellingsindex (GBI) wordt berekend als gemiddelde over drie jaar. De GBI voor 2010 wordt in Nederland bepaald over de jaren 2009 tot en met 2011. De GBI voor andere jaren wordt bepaald als gemiddelde over de laatste drie jaren. Dus de GBI voor 2015 wordt bepaald als gemiddelde over de jaren 2013 tot en met 2015.
- De blootstellingsverminderingdoelstelling (BVD). Dit houdt een vermindering van de gemiddelde blootstellingsindex met 15-20% in. De vermindering geldt ten opzichte van het jaar 2010 (lees: de gemiddelde GBI van de jaren 2009, 2010 en 2011). Deze doelstelling is een streefwaarde en dient in 2020 te zijn gerealiseerd. Het precieze percentage is afhankelijk van de situatie in 2010.<sup>37</sup>
- Een luchtkwaliteitsdoelstelling voor het jaargemiddelde die geldt voor het gehele grondgebied van een lidstaat, dus inclusief 'hotspots':
  - een streefwaarde van 25 µg/m<sup>3</sup> die geldt vanaf 2010.
  - een grenswaarde van 25 µg/m<sup>3</sup> die geldt vanaf 1 januari 2015.
  - een indicatieve grenswaarde van 20 µg/m<sup>3</sup> die geldt vanaf 2020. Mocht de indicatieve grenswaarde niet worden gehaald dan heeft dat vooralsnog geen juridische gevolgen. Op basis van de evaluatie van de richtlijn in 2013 zal worden vastgesteld of de indicatieve grenswaarde kan worden omgezet in een richtwaarde of grenswaarde die wel verplichtingen voor de lidstaten met zich meebrengt.

Het voornemen is om de luchtkwaliteitsrichtlijn in 2013 te evalueren. Deze evaluatie beoogt onder andere om voor de BVD na te gaan of de status van richtwaarde zou moeten worden gewijzigd naar grenswaarde.

Een belangrijk begrip bij de regelgeving voor PM<sub>2,5</sub> is de hierboven al genoemde gemiddelde blootstellingsindex (GBI). Deze is in de richtlijn gedefinieerd als 'een gemiddeld niveau dat wordt bepaald op basis van metingen op stedelijke achtergrondlocaties verspreid over het gehele grondgebied van een lidstaat en dat geacht wordt de blootstelling van de bevolking weer te geven. De grootte dient om de nationale streefwaarde voor de vermindering van de blootstelling alsmede de blootstellingsconcentratieverplichting (BCV) te berekenen.<sup>38 39</sup> De berekening van de GBI gebeurt aan de hand van meetresultaten op alle stedelijke achtergrondlocaties over het hele grondgebied van de lidstaat verspreide zones en agglomeraties.

De blootstellingsconcentratieverplichting is hierbij een op grond van de gemiddelde blootstellingsindex vastgesteld niveau dat als doel heeft om de schadelijke gevolgen voor de gezondheid van de mens te verminderen en waaraan binnen een bepaalde termijn moet worden voldaan.<sup>40</sup>

## Beoordelingsregime

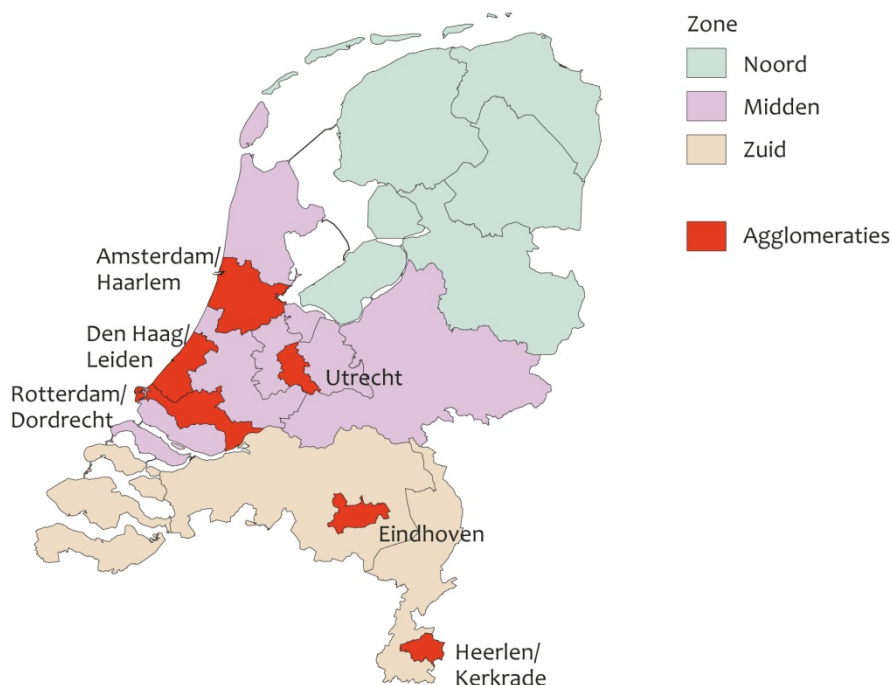
De toenmalige Kaderrichtlijn Luchtkwaliteit (1996) verplichtte de lidstaten om voor de implementatie van de regelgeving in de nationale wetgeving in een zogeheten Voorlopige Beoordeling de luchtkwaliteit voor fijn stof, lood, stikstofdioxide, stikstofoxiden en zwaveldioxide in hun land te beschrijven. Dit moest gebeuren in de context van de eerste dochterrichtlijn aan de hand van de daarin geformuleerde grenswaarden, overschrijdingsmarges en beoordelingsdrempels (EU, 1999). De toenmalige concentratieniveaus van de stoffen uit de genoemde eerste dochterrichtlijn zijn bij de definitie van de zones en agglomeraties in Nederland een belangrijk element geweest (Van Breugel & Buijsman, 2001). Het resultaat was een onderverdeling van Nederland in drie zones en zes agglomeraties (zie figuur 7.2).

De beoordelingssystematiek in termen zones en agglomeraties is in de latere nieuwe richtlijn gehandhaafd (EU, 2008). De verdeling in de luchtkwaliteitsregimes zoals die destijds in Nederland is gedefinieerd, is onder de nieuwe richtlijn gehandhaafd.

Beoordeling of al of niet wordt voldaan aan luchtkwaliteitsdoelstellingen is niet van toepassing op het gehele gebied van een lidstaat. In de richtlijn zijn een aantal specifieke situaties uitgesloten

waaronder industrieterreinen, rijbanen, middenbermen en locaties waar geen vaste bewoning is. <sup>41</sup>

### Zones en agglomeraties onder de Europese luchtkwaliteitsrichtlijn



Afbeelding 7. 43 De verdeling van Nederland in zones en agglomeraties.

### Bijdragen van natuurlijke bronnen

De Europese luchtkwaliteitsrichtlijn bepaalt dat de bijdragen van natuurlijke bronnen aan de concentraties van fijn stof, waaronder zeezout, in mindering op overschrijdingen van grenswaarden mogen worden gebracht. De grondslag voor deze bepaling is het streven om een gelijk uitgangspunt te creëren voor Europese lidstaten bij de aanpak van hun luchtkwaliteit, het zogeheten level playing field. Hierdoor wordt van lidstaten geen extra inzet gevraagd, in het geval dat er toevallig een hoge natuurlijke bijdrage zou zijn.

Ook zou een dergelijke verruiming van de grenswaarde de mogelijkheid voor een extra antropogene bijdrage kunnen bieden die – in tegenstelling tot zeezout – mogelijk wel schadelijk is. Er treedt dan in feite opvulling tot de grenswaarde op. Lidstaten met een buitengewone bijdrage door natuurlijke bronnen moeten dit overigens wel kunnen aantonen. In Nederland wordt zowel bij de grenswaarde voor daggemiddelde als jaargemiddelde fijnstofconcentraties zeezout in mindering gebracht. Hoeveel zeezout buiten beschouwing mag blijven is vastgelegd in de Regeling beoordeling luchtkwaliteit (Staatscourant, 2007).

Voor de jaargemiddelde concentratie gold tot voor kort een aftrek van 3 tot 6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  die verschilt per gemeente. Voor de daggemiddelde concentratie gold dat het aantal overschrijdings-dagen met zes dagen mocht worden verminderd. Dit betekende dat jaarlijks niet 35 maar 41 dagen met daggemiddelde concentraties boven de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  zijn toegestaan. Op basis van recent onderzoek is de hoogte van de zeezoutaftrek verminderd (Hoogerbrugge et al., 2012). Deze aftrek bedraagt nu voor het jaargemiddelde 1 tot 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; de aftrek verschilt per gemeente. De aftrek voor het aantal dagen boven een daggemiddelde concentratie boven 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  is nu 2 tot 4 dagen; deze verschilt per provincie. Aanpassing van de 'Regeling beoordeling luchtkwaliteit' heeft in 2012 plaatsgevonden.

## Metingen

De voormalige eerste dochterrichtlijn gaf voorschriften voor de aantallen meetstations in de zones en agglomeraties in afhankelijkheid van de aantallen inwoners en de concentratieniveaus. Deze voorschriften zijn in de nieuwe luchtkwaliteitsrichtlijn gehandhaafd (EU, 1999, 2008).

De richtlijn geeft eveneens uitvoerige aanwijzingen waaraan de metingen moeten voldoen. Het gaat hier om aspecten als de te gebruiken methode, de kwaliteit van de metingen en de beschikbaarheid van meetwaarden.

Samengevat zijn de volgende punten van belang:

- Voor de meting van fijn stof ( $PM_{10}$ ) dient de referentiemethode gebruikt te worden zoals beschreven in EN 12341:1999, 'Air Quality — Determination of the  $PM_{10}$  fraction of suspended particulate matter — Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods'. Hiervan mag van worden afgeweken als van de gebruikte methode equivalentie met de referentiemethode kan worden aangetoond.<sup>42</sup>
- Voor de meting van de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) dient de referentiemethode gebruikt te worden zoals beschreven in EN 14907:2005, 'Standard gravimetric measurement method for the determination of the  $PM_{2,5}$  mass fraction of suspended particulate matter'. Hiervan mag van worden afgeweken als van de gebruikte methode equivalentie met de referentiemethode kan worden aangetoond.<sup>43</sup>
- Metingen dienen een onzekerheid van maximaal 25% te hebben. De onzekerheid is van toepassing over het tijdvak waarop de grenswaarde betrekking heeft; de onzekerheid geldt bij een betrouwbaarheidsinterval van 95%.<sup>44</sup>
- Er dienen minimaal 90% waarnemingen in het beschouwde tijdvak beschikbaar te zijn om de gewenste grootte te mogen berekenen.<sup>45</sup>

Daarnaast kent de richtlijn een groot aantal voorschriften en aanwijzingen voor de situering van de meetpunten.<sup>46</sup>

## Derogatie

Het is volgens de Europese regelgeving mogelijk dat de Europese Commissie in verband met fijn stof aan een lidstaat zogeheten derogatie, ofwel vrijstelling, verleend waarmee uitstel wordt toegestaan voor de datum waarop aan de grenswaarden voor fijn stof moet worden voldaan. In 2009 heeft de Europese Commissie Nederland voor de jaargemiddelde concentratie van fijn stof voor de zone Midden en de agglomeraties Amsterdam/Haarlem, Utrecht en Rotterdam/Dordrecht derogatie verleend op basis van het Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht (NSL; ->8. Beleid). Nederland moest uiterlijk op 11 juni 2011 aan de richtlijn hebben voldaan. Het jaar 2012 is het eerste volledige kalenderjaar waarvoor kan worden getoetst of aan de grenswaarden wordt voldaan. Voor de beoordeling of in 2011 zou zijn voldaan aan de grenswaarde voor het jaargemiddelde werd geheel 2011 getoetst aan de verhoogde grenswaarde van  $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In 2009 heeft de Europese Commissie Nederland eveneens voor de daggemiddelde concentratie van fijn stof voor de zones Noord, Midden en Zuid en de agglomeraties Amsterdam/Haarlem, Utrecht, Rotterdam/Dordrecht, den Haag/Leiden, Eindhoven en Heerlen/Kerkrade vrijstelling (derogatie) verleend op basis van het Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht (NSL; ->8. Beleid). Tot die datum gold een verhoogde grenswaarde van niet meer dan 35 dagen met een daggemiddelde concentratie boven  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Voor de beoordeling of in 2011 zou zijn voldaan aan de grenswaarde voor het daggemiddelde werd tot 11 juni 2011 het aantal dagen met een daggemiddelde boven  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en daarna het aantal dagen met een daggemiddelde boven  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  geteld. De beide aantallen zijn vervolgens gecumuleerd tot een jaartotaal. verwachten overschrijding van grenswaarden voor fijn stof. Het niet voldoen aan de luchtkwaliteits-grenswaarden bleek in de praktijk een belemmering voor ruimtelijke ontwikkelingen.



Afbeelding 7.44 Stofstormen in Noord-Afrika kunnen soms een substantiële bijdrage aan de fijnstofniveaus in Zuid-Europese landen leveren. Zeer incidenteel bereikt stof uit Noord-Afrika ook Nederland. Foto © Ladislav Pavliha.

## Luchtkwaliteit en ruimtelijke ordening

Het Besluit luchtkwaliteit 2001 kende een juridisch regime dat als gevolg had dat de Raad van State besluiten ten aanzien van bouw- en uitbreidingsplannen vernietigde op basis van een te verwachten overschrijding van grenswaarden voor fijn stof. De vigerende Wet milieubeheer kent op dit onderdeel, in tegenstelling tot eerdere regelingen, een flexibele koppeling tussen besluiten en grenswaarden. Besluiten kunnen doorgang vinden als aan de grenswaarde wordt voldaan, als ze passen in het NSL, als door saldering de luchtkwaliteit verbetert of gelijk blijft of als projecten niet 'in betekenende mate' (NIBM) bijdragen aan de concentraties. Sinds 1 augustus 2009 geldt als NIBM 3% van de grenswaarde (Ministerie I & M, 2008).

## Regelgeving en gezondheid

De grenswaarden voor fijn stof zijn niet op te vatten als absolute grenzen als het gaat om de effecten voor de volksgezondheid. Het is dus bijvoorbeeld niet zo dat beneden een jaargemiddelde fijnstofconcentratie van  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  geen gezondheidseffecten meer kunnen optreden. In feite is er geen drempelwaarde voor de effecten van fijn stof aan te geven (meer hierover -> 4. Effecten). De keuze van concentraties voor de grenswaarden is het resultaat van een afweging van wetenschappelijke argumenten, gewenst niveau van bescherming, realistisch doelbereik en politieke haalbaarheid.

De Wereldgezondheidsorganisatie WHO stelt aanzienlijk strengere grenswaarden voor dan nu in de Europese regelgeving zijn vervat. Voornamelijk op basis van de resultaten van het onderzoek van de American Cancer Society en in het kader van de Harvard Six-Cities stelt de WHO voor de langetermijnblootstelling een grenswaarde van  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voor de jaargemiddelde voor de concentratie van de fijnere fractie van fijn stof ( $\text{PM}_{2,5}$ ) voor (tabel 1). De corresponderende concentratie voor fijn stof ( $\text{PM}_{10}$ ) is  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Op weg naar deze grenswaarden stelt de WHO, afhankelijk van de beginsituatie, de gefaseerde invoering van 'interim targets' voor.

Tabel 7.1 Voorstellen van de WHO voor luchtkwaliteitsdoelstellingen voor stof in de lucht. Bron: WHO (2006).

	PM <sub>10</sub> <sup>1)</sup>	PM <sub>2,5</sub> <sup>1)</sup>	Toelichting
	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	
Interim target-1 (IT-1)	70	35	Bij dit niveau is de mortaliteit op lange termijn 15% hoger in vergelijking met het AQG-niveau (zie linksonder in deze tabel).
Interim target-2 (IT-2)	50	25	In aanvulling op andere positieve gezondheidseffecten is het risico op voortijdig overlijden ongeveer 6% [2–11%] <sup>2)</sup> lager dan bij het niveau van Interim target-1.
Huidige Europese regelgeving	40 <sup>3)</sup>	25 <sup>4)</sup>	
Interim target-3 (IT-3)	30	15	In aanvulling op andere positieve gezondheidseffecten is het risico op voortijdig overlijden ongeveer 6% [2–11%] <sup>2)</sup> lager dan bij het niveau van Interim target-2.
Air quality guideline (AQG)	20	10	Het laagste niveau waarvoor is aangetoond dat overlijden door cardiopulmonale aandoeningen en longkanker met 95% betrouwbaarheid optreedt boven dit niveau.

1) Het gaat in alle gevallen om jaargemiddelde concentraties.

2) Het traject tussen haakjes geeft het 95%-betrouwbaarheidsinterval aan.

3) Grenswaarde.

4) Streefwaarde; met ingang van 2015 grenswaarde.





## 8 Beleid

Dit onderdeel van het Dossier 'Fijn stof' behandelt het Europese en Nederlandse beleid voor de verschillende vormen van stof in de lucht. Hierbij komen ook de internationale en nationale afspraken voor emissiereducties aan de orde.

De belangrijkste constatering uit dit onderdeel zijn:

- Nederland heeft zich in internationaal verband verplicht tot verdere emissiereducties waarvoor de doelen in 2020 moeten zijn bereikt.
- Om tijdig te voldoen aan de grenswaarden voor fijn stof is het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) gedefinieerd waarin het rijk, provincies en gemeenten samenwerken om de luchtkwaliteit verder te verbeteren.
- Naar verwachting zal het aantal knelpunten met overschrijdingen van de grenswaarden voor fijn stof (PM<sub>10</sub>) verder afnemen. In 2013 zal door de uitwerking van genomen maatregelen mogelijk overal in Nederland aan de grenswaarden voor fijn stof worden voldaan.

### Context voor het luchtkwaliteitsbeleid voor stof in lucht

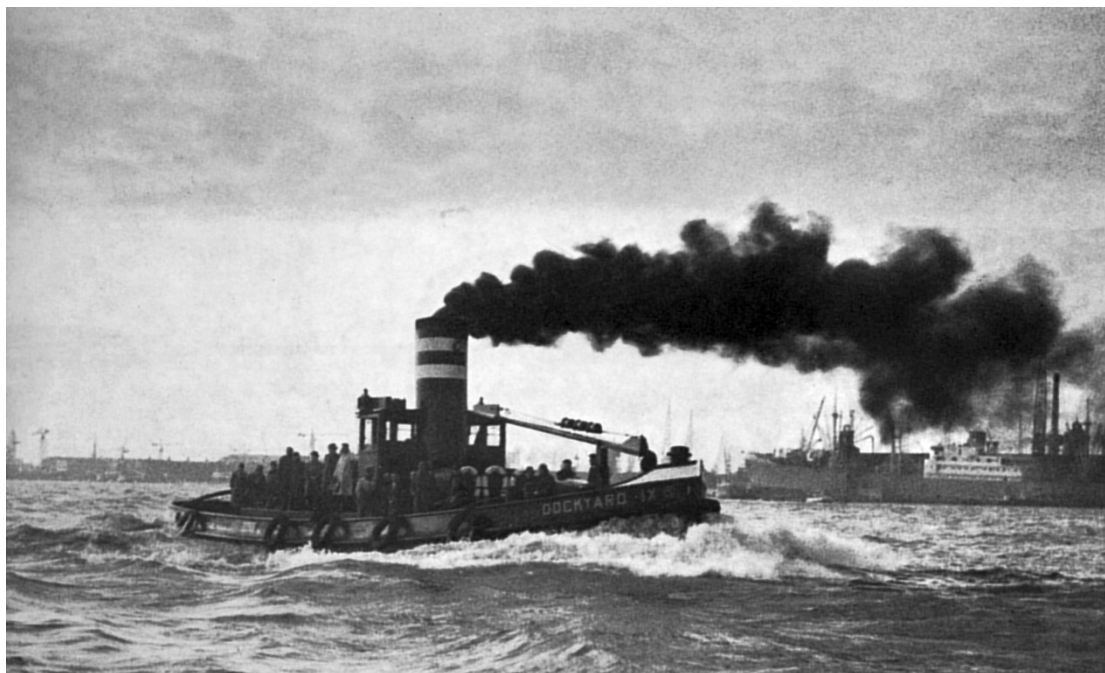
Het beleid voor fijn stof (PM<sub>10</sub>) en de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>) is zowel nationaal als in de Europese Unie in beweging. Er zijn twee beleidsinstrumenten om de negatieve effecten van fijn stof en de fijnere fractie van fijn stof te verminderen. De eerste richt zich op de beperking van hoge concentraties onder andere door de vaststelling van grenswaarden. Het tweede beoogt de vermindering van de directe deeltjesuitstoot en van de uitstoot van gassen waaruit stofvormige luchtverontreiniging wordt gevormd. Dit gebeurt door de vaststelling van nationale emissieplafonds en door emissiereducties bij voertuigen en in productieprocessen.

### Vier sporen voor het nationale luchtkwaliteitsbeleid

Nederland doet grote moeite om te voldoen aan de Europese grenswaarden voor fijn stof (PM<sub>10</sub>) en de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>). Deze grenswaarden zijn ingesteld voor de bescherming van de gezondheid. Aan de grenswaarden voor fijn stof moet sinds 2005 worden voldaan. De grenswaarden voor de fijnere fractie van fijn stof worden van kracht in 2015; vanaf 2010 geldt een streefwaarde. De huidige concentratieniveaus van stof leiden tot gezondheidseffecten en levensduurverkorting. Het nationale luchtkwaliteitsbeleid richt zich op: verbetering van de luchtkwaliteit, voldoen aan de luchtkwaliteitsgrenswaarden en oplossing van de problemen rond de realisatie van bouwplannen.

Vier hoofdsporen zijn daarbij te onderscheiden:

- Ten eerste heeft de rijksoverheid hoofdzakelijk bronmaatregelen getroffen bij verkeer, waaronder de subsidiëring van roetfilters. Daarnaast omvat het maatregelenpakket ook bronmaatregelen bij de landbouw en de industrie, lokale maatregelen bij rijkswegen en financiële ondersteuning voor maatregelen van regionale en lokale overheden.
- Ten tweede is de nationale wetgeving rond luchtkwaliteit in 2007 herzien. Dit was gericht op de flexibilisering van de koppeling tussen het realiseren van bouwplannen en het voldoen aan luchtkwaliteitsgrenswaarden. In navolging van de nieuwe EU richtlijn luchtkwaliteit 2008 liggen wijzigingsvoorstellen van nationale wetgeving ter tafel met het oog op de nieuwe normen voor de fijnere fractie van fijn stof.
- Ten derde dringt het kabinet in internationaal verband aan op strengere normen voor de uitstoot van personenauto's, vrachtauto's en schepen.
- Ten vierde treffen provincies en gemeenten regionale en lokale maatregelen, vooral bij verkeer. Deze maatregelen maken onderdeel uit van het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL).



Afbeelding 8.5 Sleepboot in de Rotterdamse haven, midden jaren vijftig. Brongericht beleid heeft ervoor gezorgd dat beelden als deze al lang tot het verleden behoren. Foto collectie E. Buijsman.

## Wet Milieubeheer 2007

De Europese luchtkwaliteitsrichtlijnen zijn omgezet in de Nederlandse wetgeving; aanvankelijk via het Besluit luchtkwaliteit 2001 en later via het Besluit luchtkwaliteit 2005. In deze besluiten luchtkwaliteit waren strikte eisen opgenomen voor het toetsen van bouwplannen aan de grenswaarden. Sinds november 2007 zijn de EU-richtlijnen omgezet in de nationale wetgeving via de Wet Milieubeheer. Grote bouwprojecten die de luchtkwaliteit 'in betekende mate' verslechteren, kunnen worden opgenomen in een nationaal programma.<sup>47</sup> De effecten van deze bouwprojecten worden hierin gecompenseerd via maatregelen voor de verbetering van de luchtkwaliteit. Bouwprojecten die minder bijdragen aan de luchtverontreiniging, hoeven niet meer expliciet getoetst te worden aan de grenswaarden. De beoordeling van grote bouwprojecten en de compensatie met maatregelen gebeurt integraal in het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL). Het kabinet beoogt met dit programma een meer integrale en efficiënte aanpak van de luchtkwaliteitsproblemen in Nederland. Ook wil men hiermee tijdig en overal in Nederland voldoen aan de grenswaarden.

Naar verwachting zal het aantal knelpunten met overschrijdingen van de grenswaarden voort fijn stof ( $PM_{10}$ ) in de komende jaren sterk afnemen. Het grootste deel van Nederland voldoet inmiddels aan de Europese grenswaarden voor fijn stof. Alleen voor 12 km gemeentelijke weg en bij 64 veehouderijbedrijven wordt die norm nog overschreden. Het rijk, provincies en gemeenten werken samen om uiterlijk in 2013 overal de grenswaarden voor fijn stof te halen.

De blootstelling aan fijn stof neemt verder af, waardoor ook de risico's voor de volksgezondheid verminderen. Ook onder de concentratieniveaus van de grenswaarden kunnen echter gezondheidseffecten optreden.

## EU-richtlijn voor de luchtkwaliteit

In 2008 is de nieuwe EU-richtlijn voor de luchtkwaliteit van kracht geworden. Deze richtlijn is een samenvatting van de Kaderrichtlijn Lucht uit 1996 en de daaruit voortvloeiende 1<sup>e</sup>, 2<sup>e</sup> en 3<sup>e</sup> Dochterrichtlijn en een Beschikking van de Raad uit 1997. Zo zijn bestaande normen voor een reeks van stoffen opnieuw in samenhang vastgelegd. Ook zijn nieuwe normen geïntroduceerd, namelijk voor de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ). De belangrijkste zaken uit de richtlijn uit 2008:

- Bestaande grenswaarden voor fijn stof ( $PM_{10}$ ) zijn ongewijzigd gebleven.<sup>48</sup>

- Introductie van luchtkwaliteitsnormen voor de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ). Voor de termijn om aan deze normen te voldoen kan geen uitstel worden verkregen.<sup>49</sup>
- Bij herziening van de nieuwe richtlijn in 2013, als er meer gegevens beschikbaar zijn, zal de Europese Commissie bekijken of de streefwaarden voor de fijnere fractie van fijn stof juridisch bindend moeten worden gemaakt.
- Aftrek van de bijdrage van natuurlijke bronnen bij de beoordeling of aan de grenswaarden voor de luchtkwaliteit wordt voldaan. De Europese Commissie publiceert richtsnoeren voor het aantonen en in mindering brengen van overschrijdingen die toe te schrijven zijn aan natuurlijke bronnen bij het van kracht worden van de richtlijn.

De huidige kennis rond de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) is nog beperkt vergeleken met die rond fijn stof. De nieuwe grenswaarden voor  $PM_{2,5}$  zijn waarschijnlijk minder stringent dan die voor fijn stof. De streefwaarden voor de fijnere fractie van fijn stof zijn daarentegen waarschijnlijk wel moeilijker haalbaar dan de normen voor fijn stof.

## Emissiedoelen voor 2020

Een deel van het fijn stof ontstaat in de atmosfeer uit zwaveldioxide ( $SO_2$ ), stikstofoxiden ( $NO_x$ ), ammoniak ( $NH_3$ ). Voor deze (en andere) stoffen zijn emissiedoelstellingen geformuleerd in het kader van de Europese NEC-richtlijn en in het Gotenborg protocol onder de VN-conventie over grensoverschrijdende luchtverontreiniging.

Als vervolg hierop heeft de Europese Commissie in 2005 de 'Thematische strategie voor luchtverontreiniging' gelanceerd. Hierbij worden zowel luchtkwaliteitsdoelstellingen als bronbeleid en emissieplafonds als instrumenten ingezet. Het programma beoogt op deze wijze de effectiviteit van beleid te vergroten en de kosten van de bestrijding van luchtverontreiniging te verlagen. Een belangrijk instrument hierbij is de hiervoor genoemde NEC-richtlijn. De huidige NEC-richtlijn zal in 2013 worden herzien. Vooruitlopend daarop zijn in mei 2012 in het kader van de UN-ECE nieuwe afspraken over een herziening van het Gotenborg Protocol gemaakt. Hierbij zijn nieuwe emissiedoelen voor luchtverontreinigende stoffen (zwaveldioxide, stikstofoxiden, ammoniak en vluchtige organische stoffen) voor 2020 (en daarna) afgesproken. Ook is nu voor het eerst een emissiedoelstelling voor de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) afgesproken.

De nieuwe doelen voor Nederland voor 2020 zijn vastgelegd als een reductieverplichting in 2020 ten opzichte van de emissie in 2005. Dit betekent een verschil met de doelen (voor 2010) die waren geformuleerd als een absoluut emissieplafond. Relatieve doelen bieden meer flexibiliteit voor landen, omdat wijzigingen in emissiecijfers (vaak) doorwerken in zowel het basisjaar als het zichtjaar (tabel 1).

De doelen zijn, voor zover het gaat om het wegverkeer, gebaseerd op de in Nederland verkochte brandstof, de zogeheten Fuel Sold benadering. De doelen voor 2010 gingen uit van de verbruikte brandstof op Nederlands grondgebied, de Fuel Used benadering. Een nieuw element is ook de expliciete aandacht die in het protocol wordt gelegd met klimaatverandering. Hierbij gaat het dan vooral om het opwarmend effect van het 'black carbon' dat deel uitmaakt van de fijnere fractie van fijn stof (EU, 2012; UN/ECE, 2012).

De plafonds zijn overigens niet direct van kracht. De Europese Unie is partij onder het protocol en zal de plafonds nog moeten vastleggen in de bestaande EU-regelgeving in de vorm van een nieuwe NEC-richtlijn. In dit proces zal de Commissie bezien of niet tegelijkertijd ook nog strengere plafonds voor 2025 of 2030 kunnen worden vastgelegd. Daarnaast zullen de betrokken landen het herziene protocol nog moeten ratificeren.

Tabel 8.1 Gotenburg emissieplafonds voor Nederland. <sup>1)</sup>

Stof	Emissieplafond 2010 <sup>2)</sup>	Emissieplafond 2005	Reductieverplichting voor 2020 ten opzichte van 2005 <sup>3)</sup>	Emissieplafond 2020 <sup>4)</sup>
	kton	kton	%	kton
Zwavel dioxide (SO <sub>2</sub> )	50	65	28	46
Stikstofoxiden (NO <sub>x</sub> )	260	368	45	203
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	128	141	13	122
Fijnere fractie van fijn stof (PM <sub>2,5</sub> )	-	21	37	13

5) Er is ook nog een emissieplafond voor Vluchtige Organische Stoffen (VOS).

6) Op basis van Fuel Sold.

7) De feitelijke afspraak volgens het Gotenburg-protocol.

8) Op basis van Fuel Used berekend uit het emissieplafond voor 2005.



ZURE REGEN. ONZE EIGEN SCHULD. ONZE EIGEN ZORG.

Afbeelding 8.6 Een van de affiches van het voormalige ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer uit 1985 om het probleem van de zure regen onder de aandacht te brengen. Dank zij maatregelen die vanaf het begin jaren tachtig in internationaal verband zijn genomen, is het probleem van de zure regen grotendeels opgelost. Dezelfde maatregelen hebben ertoe geleid dat de stedelijke luchtkwaliteit, waaronder die voor (fijn) stof, in de afgelopen dertig jaar sterk is verbeterd. Foto collectie E. Buijsman.

Naast beperking van de rechtstreekse uitstoot van stof wordt fijn stof ook impliciet bestreden door het staande bronbeleid in EU- en UNECE-kader. Het huidige beleid dat leidt tot bestrijding van de directe uitstoot van fijn stof bestaat uit een Europees en een nationaal deel.

- De EU-emissionormstelling voor wegverkeer. Hierdoor is de uitstoot van primair fijn stof door het wegverkeer met 45% afgenomen sinds 1990 ondanks een groei van het wegverkeer met 30%.
- Het nationale beleid voor de bestrijding van primair fijn stof wordt gevormd door lokale milieuvergunningen en door de normen die aan installaties worden gesteld via onder andere het Besluit Emissie-Eisen Stookinstallaties (BEES) en de Nederlandse emissie Richtlijn (NeR). Door dit beleid zijn de emissies van primair fijn stof bij bedrijven in Nederland sinds 1990 met 60% gedaald.
- Maatregelen die deel uitmaken van Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht (NSL; zie onder).

## Het Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht

Het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) is een samenwerkingsprogramma van het rijk, provincies en gemeenten om de luchtkwaliteit te verbeteren. Het NSL is sinds 1 augustus 2009 van kracht en bevat maatregelen om overal in Nederland tijdig te voldoen aan de Europese grenswaarden. Daarbij is rekening gehouden met de effecten van ruimtelijke ontwikkelingen waarover binnen de looptijd van het NSL een besluit wordt genomen.

Het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) bevat:

- Alle maatregelen die het rijk, provincies en gemeenten sinds 1 januari 2005 nemen om de luchtkwaliteit te verbeteren.
- Alle ruimtelijke plannen in de NSL-gebieden voor de komende 5 jaar (nieuwbouw, nieuwe wegen, nieuwe industriegebieden) die de luchtkwaliteit verslechteren. NSL-gebieden zijn de gebieden die meedoen aan het NSL, omdat daar de normen worden overschreden.

De maatregelen die de luchtkwaliteit verbeteren, overtreffen de gevolgen van projecten die de luchtkwaliteit verslechteren. Sinds 2010 vindt jaarlijks een monitoring plaats van het NSL. Daarin wordt de ontwikkeling van de luchtkwaliteit gevolgd en wordt de uitvoering van de maatregelen en projecten, die zijn opgenomen in het NSL, bijgehouden.

Om de luchtkwaliteit te verbeteren neemt de overheid maatregelen. De Rijksoverheid investeert in schone voertuigen en brandstoffen. Ook plaatst de overheid schermen rond wegen om de luchtvervuiling voor bewoners te verminderen. Op lokaal niveau kunnen gemeenten maatregelen nemen, zoals 1) de instelling van milieuzones waar oudere vrachtwagens worden geweerd; 2) autoluw maken van het centrum; 3) de verbetering van de doorstroming van het verkeer en 4) een schoner openbaar vervoer.

Alle ruimtelijke projecten voor de komende vijf jaar in NSL-gebieden die de luchtkwaliteit 'in betekenende mate' (IBM) verslechteren, zijn opgenomen in het NSL.<sup>1</sup> Overigens net zoals de maatregelen die beogen de luchtkwaliteit te verbeteren. Overheden kunnen nieuwe ruimtelijke plannen en maatregelen aanmelden bij het NSL. Ook kunnen ze ruimtelijke projecten en maatregelen met een melding wijzigen of vervangen. Deze moeten wel passen binnen het NSL of er in elk geval niet mee in strijd zijn.



## 9 Onderzoek

Dit onderdeel van het Dossier 'Fijn stof' behandelt voornamelijk het onderzoek in Nederland op het gebied van fijn stof. Hierbij komt aan de orde welk onderzoek de afgelopen jaren naar fijn stof (en de fijnere fractie van fijn stof) en met welk doel is uitgevoerd. Daarnaast zal kort aandacht worden geschonken aan enige activiteiten op Europees niveau.

De belangrijkste constatering uit dit onderdeel zijn:

- De eerste fase van het nationaal brede Beleidsgeoriënteerd Onderzoeksprogramma PM (BOP-I) is in 2010 afgesloten en heeft veel onzekerheden in het fijnstofdossier verkleind. De nadruk lag hierbij op situaties waarin grenswaarden zouden kunnen worden overschreden.
- De tweede fase van het Beleidsgeoriënteerd Onderzoeksprogramma PM (BOP-II) richt zich vooral op verdere verkleining van de onzekerheden voor aspecten als het secundair anorganisch aerosol, het koolstofhoudend aerosol en de bijdragen van de verschillende bronnen.
- Onderzoek wordt op onderdelen van het fijnstofdossier ook uitgevoerd door DCMR Milieudienst Rijnmond, GGD Amsterdam, in het interregionale Euregio Maas-Rijnkader en door TNO-Verkeer en luchtkwaliteit.

### Beleidsgeoriënteerd Onderzoeksprogramma PM, eerste fase

Van 2007 tot en met 2010 is de eerste fase van het zogeheten Beleidsgeoriënteerd Onderzoeksprogramma PM (BOP-I) uitgevoerd.<sup>50</sup> Dit programma was vooral bedoeld om een aantal op dat moment aanwezige onzekerheden rond fijn stof te verkleinen. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) leidde dit onderzoek dat werd uitgevoerd in samenwerking met het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN), de Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Daarnaast waren ook Wageningen Universiteit en Researchcentrum (WUR) en het Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) betrokken bij BOP-I. Het onderzoek werd financieel ondersteund door het toenmalige Ministerie voor Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

BOP-I was opgezet om de onzekerheden in het fijnstofdossier te verkleinen. Het programma richtte zich op zowel fijn stof ( $PM_{10}$ ) als op de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) waarbij de nadruk lag op situaties waarin grenswaarden zouden kunnen worden overschreden. Dit laatste geldt dan met name voor in de stedelijke omgeving of in de buurt van snelwegen en plekken met hoge lokale emissies, zoals bij bepaalde industrieën en in de buurt van grote stallen. De samenstelling van fijn stof en de bijdragen van verschillende antropogene en natuurlijke bronnen waren destijds nog slecht bekend vooral in overschrijdingssituaties. Ook was de kennis over de ruimtelijke verschillen in fijnstofconcentraties beperkt. Het gaat hierbij om de ruimtelijke variabiliteit van fijn stof in de stedelijke omgeving en de verschillen ten opzichte van concentraties in het landelijk gebied. BOP-I richtte zich op het verkleinen van onzekerheden op het gebied van de verspreiding van fijn stof. De onzekerheden rond de gezondheidseffecten van fijn stof maakten geen deel uit van het onderzoek in BOP-I.

#### Verkennd onderzoek naar de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ )

In juni 2008 is de luchtkwaliteitsrichtlijn 2008/50/EG van de Europese Unie (EU) in werking getreden. De richtlijn bevat normen voor de concentraties van een aantal luchtverontreinigende stoffen in de buitenlucht ter bescherming van de mens en de natuur.<sup>51</sup> Voor het eerst zijn in deze richtlijn naast doelstellingen voor fijn stof ( $PM_{10}$ ) ook luchtkwaliteitsdoelstellingen voor de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) opgenomen.  $PM_{2,5}$  is gerelateerd is aan  $PM_{10}$ , maar ten tijde van de inwerkingtreding van de nieuwe regelgeving was er voor de Nederlandse situatie nog relatief



weinig bekend over de concentratieniveaus, de bronbijdragen en eventuele mogelijkheden tot emissiereductie.

Daarom werd een kort verkennend onderzoek ingesteld dat beoogde de kennis en stand van zaken rond  $PM_{2,5}$  op dat moment en de implicaties voor het Nederlandse beleid samen te vatten. Daarbij was ook de bedoeling om aan te geven welke acties zijn te voorzien om tot een adequaat instrumentarium te komen voor de ondersteuning van het beleid voor  $PM_{2,5}$ . De resultaten van dit verkennende onderzoek zijn gepubliceerd in het rapport 'PM<sub>2,5</sub> in the Netherlands. Consequences of the new European air quality standards' (Matthijssen & Ten Brink, 2007).

### Het grote fijnstofonderzoek

BOP-I bestond uit een groot aantal onderzoeken die rond de thema's metingen, modellen en emissies waren geclusterd:

- **Metingen** Hierbij lag de nadruk op de (chemische) samenstelling van  $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$ , de ruimtelijke variabiliteit van fijn stof en haar fracties en op indicatieve metingen om beter begrip te krijgen over de bijdrage uit houtverbranding.
- **Modellen** Dit deel richtte zich vooral op de uitbreiding van het bestaande modelinstrumentarium (LOTOS-EUROS en OPS) met de beschrijving van natuurlijke fracties (zeezout, bodemstof en secundair organisch aerosol) en de koppeling met een mondiaal luchtkwaliteitsmodel.
- **Emissies** Hier ging het vooral om een beschrijving van slecht bekende bronnen zoals bodemstof, niet-uitlaatgasemissies en resuspensie door wegverkeer en emissies door de (zee)scheepvaart.

De drie onderdelen waren zo op elkaar afgestemd dat ze elkaar zo mogelijk zouden kunnen versterken. Zo werden de meetgegevens modelmatig geverifieerd en vice versa. Ook werden nieuwe of herziene emissiebeschrijvingen iteratief getoetst aan modelberekeningen en metingen. Vooral door toepassing van referentieapparatuur bij de samenstellingsmetingen van  $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$  in combinatie met de afstemming tussen de verschillende onderdelen maakte dat BOP meerwaarde heeft gehad ten opzichte van eerdere studies.

### Belangrijkste bevindingen uit BOP-I

In het kader van BOP-I zijn negen deelrapporten verschenen. De bijlage geeft hiervan een overzicht. Een afsluitend en samenvattend rapport is uitgekomen onder de titel 'Policy research programme on particulate matter. Main results and policy consequences' (Mathhijssen & Koelemeijer, 2010). De belangrijkste bevindingen uit het BOP-I-onderzoek staan hieronder opgesomd.

#### Chemische samenstelling van fijn stof

- De totale bijdrage door menselijk handelen aan fijnstofconcentraties ( $PM_{10}$ ) en van de fijnere fractie hiervan ( $PM_{2,5}$ ) blijkt groter te zijn dan waar tot nu toe op basis van de beschikbare kennis van was uitgegaan: 25% meer voor  $PM_{10}$  en 20% voor  $PM_{2,5}$ . Bijgevolg dragen natuurlijke bronnen, waaronder zeezout, minder bij dan volgens eerdere schattingen. Atmosferische omzettings-producten van zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak dragen 50% meer bij aan de fijnstofconcentraties dan tot nu toe werd gemeten en berekend.
- Nederlandse bronnen dragen meer bij aan de fijnstofconcentraties dan gedacht. Bij fijnstof-concentraties boven 30 microgram  $\mu g/m^3$  is de bijdrage van fijn stof uit stikstofoxiden en ammoniak extra hoog.
- Houtverbranding in kachels en open haarden dragen hooguit enkele procenten bij aan de gemiddelde  $PM_{10}$ -concentratie. Dit kan echter oplopen tot 30% voor  $PM_{10}$  en 40% voor  $PM_{2,5}$  in de wintermaanden op locaties waar veel hout wordt gestookt.
- Bovenstaande bevindingen over de samenstelling van fijn stof hebben echter geen invloed op de hoogte van de gemeten concentraties van fijn stof en de fijnere fractie van

fijn stof. Er verandert dus ook niets aan het huidige aantal gemeten overschrijdingen van de grenswaarden voor  $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$ .

#### Trends in concentraties

- De  $PM_{10}$ -concentraties zijn tussen 1993 en 2007 met 24 tot 32% gedaald. Deze daling is in lijn met de ontwikkelingen van de relevante antropogene - door menselijk handelen veroorzaakte - emissies.
- Alle gemeten concentraties van antropogene bestanddelen van fijn stof zijn in de afgelopen 20 jaar in Nederland gedaald. Het gaat om zware metalen, zwarte rook en fijn stof uit zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak. De mate waarin versilde echter wel per bestanddeel. De grootste dalingen vonden plaats tussen 1990 en 2000.
- De concentraties van zwarte rook namen tussen 1990 en 2007 in buitenstedelijke gebieden af met 50%. Wegverkeer is waarschijnlijk de belangrijkste bron van dit type fijn stof uit verbrandingsprocessen. In steden zijn de zwarterooktrends echter niet zo eenduidig.

#### Verwachte ontwikkelingen

- Projecties voor de emissies van  $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$  leren dat alle Europese normen voor  $PM_{2,5}$  waarschijnlijk haalbaar zijn op basis van het huidige en het voorgenomen nationale en Europese emissiebeleid. Een onzekere factor hierbij is het percentage waarmee de gemiddelde  $PM_{2,5}$ -concentratie in steden moet afnemen tussen 2010 en 2020. De hoogte van deze doelstelling is afhankelijk van de concentraties in 2009, 2010 en 2011 en zal daarom niet eerder dan 2012 met zekerheid bekend zijn. Nu wordt een doelstelling van 15% verwacht, maar deze kan 20% worden. Om een afname van 20% te realiseren is waarschijnlijk additioneel nationaal en Europees beleid nodig.
- Voorziene maatregelen zullen mogelijk meer effect sorteren dan met de huidige projecties aanvankelijk was becijferd. De verwachte  $PM_{10}$ -concentratiedaling tussen 2010 en 2020 zal  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in plaats van circa  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dalen.

#### Gezondheidseffecten

- De gemiddelde gezondheidswinst in Nederland is tussen 1993 en 2007 grofweg 30% geweest als deze aan de blootstelling aan fijn stof ( $PM_{10}$ ) zou worden afgemeten. Niet alle bestanddelen van fijn stof zijn echter even relevant voor de gezondheid. Als het gezondheidseffect wordt afgemeten aan de blootstelling aan fijn stof uit verbrandingsprocessen, een bestanddeel van fijn stof dat juist als bijzonder gezondheidsrelevant geldt, dan is de gezondheidswinst mogelijk nog groter geweest.
- Op lokale schaal zijn de concentraties van fijn stof ( $PM_{10}$ ) of van de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) minder geschikt om het effect van maatregelen op emissies die vanuit gezondheids-oogpunt als relevant gelden, te volgen. Uit nader onderzoek moet blijken of zwarte rook of elementair koolstof zouden kunnen dienen als een aanvullende indicator voor het fijn stof uit verbrandingsprocessen.

#### Beleidsconsequenties

- Vermindering van de emissies van stikstofoxiden en ammoniak in Nederland en Europa is het effectiefste middel om te voldoen aan de normen voor fijn stof.
- Herziening van de regeling voor de aftrek van zeezout bij overschrijding van de grenswaarden van  $PM_{10}$  is gewenst. Want de bijdrage van zeezout aan de fijnstofconcentraties is minder dan tot nu toe werd aangenomen.
- De grotere antropogene bijdrage aan de fijnstofconcentraties betekent in principe dat beleidsmaatregelen om de concentraties van fijn stof te verlagen effectiever kunnen zijn. De vraag in welke mate dit het geval is zal worden behandeld in een vervolg op het beleidsgericht onderzoeksprogramma fijn stof.

### Beleidsgeoriënteerd Onderzoeksprogramma PM, tweede fase

BOP-I heeft niet op alle vragen een antwoord kunnen geven. Ook zijn er nieuwe inzichten verkregen die weer tot nieuwe vragen hebben geleid. Dit hangt onder andere samen met recente verschuivingen in de beleidsmatige aandacht van  $PM_{10}$  naar  $PM_{2,5}$ . Daarnaast blijkt in de

maatschappelijke discussie steeds vaker dat de fijnstofindicatoren  $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$  tekort kunnen schieten in de sturing van het luchtkwaliteitsbeleid voor zover dat is gericht op de vermindering van gezondheidseffecten, vooral op lokale schaal. Verder speelt fijn stof een belangrijke rol in de mechanismen rond klimaatverandering. Meer kennis op het gebied van fijn stof, onder andere de zwarte fractie, draagt daardoor tevens bij aan een beter begrip van de relatie tussen klimaat en luchtkwaliteit.

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) leidt dit onderzoek dat wordt uitgevoerd in samenwerking met het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) en de Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO). Het onderzoek wordt financieel ondersteund door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu. Het onderzoek loopt tot eind 2012.

## Onderzoek in BOP-II

De tweede fase van het Beleidsgeoriënteerd Onderzoeksprogramma PM (BOP-II) kent drie onderdelen: het secundair anorganisch aerosol, het koolstofhoudend aerosol en de bijdragen van de verschillende bronnen. Deze drie aspecten worden hieronder kort nader toegelicht.

### Secundair Anorganisch Aerosol

Uit de eerste fase van het Beleidsgeoriënteerd Onderzoeksprogramma PM (BOP-I) is gebleken dat tot dusver de hoeveelheid stikstof en zwavel op deeltjes is onderschat. Daarom is in BOP-II onderzoek gedaan naar de betrouwbaarheid van de huidige referentiemethode voor de meting van het secundair anorganisch aerosol. Er is daarbij aangetoond dat de huidige meetmethode heel robuust is. Bovendien zijn er verbeteringen doorgevoerd in de modellering van het secundair anorganisch aerosol: het LOTOS-EUROS model kan nu 85% van de huidige gemeten concentraties in Nederland berekenen.

### Koolstofhoudend Aerosol

BOP-I heeft laten zien dat  $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$  beperkte indicatoren zijn voor het gezondheidsrelevant geachte verbrandingsaerosol. Verder is gebleken dat de bijdrage van koolstof in de vorm van elementair koolstof (EC) en organische verbindingen (OC) aan fijn stof enkele tientallen procenten is. EC/OC wordt gezondheidsrelevant geacht. BOP-I heeft onvoldoende kunnen laten zien wat de bijdrage van bronnen binnen en buiten de stad is aan EC/OC in steden. De kennis over de bijdrage door menselijk handelen aan de EC/OC concentratie is ook op grotere, nationale en Europese schalen slecht bekend. Daarom is in BOP-II ook aandacht aan het koolstofhoudende aerosol besteed.

Het onderzoek in BOP-II heeft onder andere aangetoond dat de fijnstofconcentraties in de stedelijke achtergrond van Rotterdam worden gedomineerd door de regionale achtergrond; de stedelijke emissies dragen minder dan 15% bij. De OC-concentraties worden ook op de stedelijke achtergrond gedomineerd door de regionale achtergrond. De EC-concentraties zijn echter langs drukke straten met een factor twee verhoogd in vergelijking met de stedelijke achtergrond.

### Bronnen van fijn stof: ver en dichtbij

BOP-I heeft veel inzicht verschaft in de bijdrage van verschillende bronnen aan fijn stof. Het is echter met metingen niet bepalen of de bronnen in het binnenland of het buitenland liggen. BOP-II voorziet daarom in onderzoek waarbij de bijdrage van verschillende bronnen wordt onderzocht op basis van modelberekeningen met het Lotos-Euros model. Het gaat hierbij om jaar- en daggemiddelden. Deze berekeningen tonen aan dat een derde van het antropogene fijn stof uit Nederland komt (en dus twee derde uit het buitenland). Daarnaast wordt in voortzetting op bronnenonderzoek in BOP-II de statistische Positive Matrix Factorization-methode toegepast op samenstellingsmetingen van  $PM_{10}$  gekoppeld aan die van  $PM_{2,5}$ .

## TNO-Verkeer en luchtkwaliteit

Het onderzoek van TNO richt zich vooral op het belang van Elemental Carbon (elementair koolstof, EC) om de verkeersemisseries te duiden. Uit onderzoek in samenwerking met onder andere het RIVM en de Universiteit Utrecht blijkt dat EC een goede maatstaf voor uitlaatemisseries van wegverkeer én voor de gezondheid van omwonenden is.

## DCMR Milieudienst Rijnmond

DCMR Milieudienst Rijnmond, kortweg vaak DCMR, is de gezamenlijke ambtelijke milieudienst van de gemeenten in het Rijnmondgebied en de provincie Zuid-Holland. Een van de taken van DCMR is de bewaking van de luchtkwaliteit (->Luchtkwaliteit) in de regio Rotterdam. Als onderdeel van zijn werk verricht DCMR ook onderzoek op het gebied van (fijn) stof.

Het onderzoek behelst onder andere:

- Onderzoek naar Black Carbon. Dit onderzoek richtte zich met name op de invloed van atmosferische stabiliteit op de waargenomen concentraties op de concentraties van Black carbon (BC) en stof (De Gier et al., 2009; Molenaar & De Gier). Uit dit onderzoek blijkt bovendien dat de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) de slechtste indicator is, fijn stof ( $PM_{10}$ ) door de opwerveling al iets beter en de verhouding EC/BC (overigens samen met  $NO_x$ ) is de beste indicator.
- De relatie tussen verkeer en Elemental Carbon. Dit onderzoek heeft geleerd dat Elemental Carbon (EC) een betere indicator is om het effect van verkeersmaatregelen te evalueren dan de fijnere fractie van fijn stof ( $PM_{2,5}$ ) of fijn stof ( $PM_{10}$ ). Maatregelen om de snelheid te reguleren vormen de beste aanpak om de luchtkwaliteit in de nabijheid van wegen te verbeteren (Keuken et al., 2012).
- Opwervelend stof. Dit onderzoek is uitgevoerd in het kader van het AIR4EU-project (Keuken et al., 2007). Uit het onderzoek in vier grote Europese steden blijkt dat niet-uitlaatgerelateerde emissies, zoals stof van de slijtage van remmen en van banden, maar ook opgewerveld stof, van de zelfde orde van grootte zijn als de uitlaatemisseries. De niet-uitlaatgerelateerde emissies bestaan vooral uit grovere deeltjes, dat wil zeggen deeltjes met een diameter tussen de 2,5 en 10  $\mu m$  ( $PM_{2,5-10}$ ).

## GGD Amsterdam

De Gemeentelijk Gezondheidsdienst Amsterdam ziet het als een van zijn taken om te waken over de luchtkwaliteit in de regio Amsterdam. Hiertoe bedrijft de GGD Amsterdam onder andere een luchtkwaliteitsmeetnet (-> 5. Meten). Als onderdeel van de werkzaamheden verricht de GGD ook onderzoek op het gebied van (fijn) stof. Het onderzoek behelst onder andere:

- Bijdrage van de scheepvaart aan het niveau van luchtverontreiniging (zie bijvoorbeeld Van der Laan et al., 2012; Van der Zee et al., 2012).
- Invloed van de milieuzone in Amsterdam op de luchtkwaliteit.
- Invloed op de luchtkwaliteit van de invoering van een maximale snelheid van 80 km/uur op de A10 west (Dijkema et al., 2012).
- Bijdrage aan de ontwikkeling van een meetmethode voor EC/OC in  $PM_{2,5}$  in Europees kader.

## Euregio Maas-Rijn

De Euregio Maas-Rijn is een samenwerkingsverband van het zuiden van de Nederlandse provincie Limburg, de Belgische provincies Limburg en Luik, de Duitse regio Aachen en de Duitstalige Gemeenschap in België. In dit verband loopt onderzoek met de bedoeling om een informatiesysteem voor fijn stof op te zetten. Dit project, dat drie jaar zal duren, is erop gericht een gelijke aanpak te creëren voor de grensoverschrijdende fijnstofproblematiek. Het verbetert de samenwerking en uitwisseling van meetgegevens en -procedures tussen de betrokken instanties. Dit zal er uiteindelijk voor zorgen dat luchtkwaliteitsplannen en beleidsmaatregelen beter op elkaar worden afgestemd worden.

De meetmethoden in de drie landen verschillen van elkaar. Er zijn niet alleen verschillen in de wijze waarop de fijn stof wordt gemeten door verschillende instanties, er zijn ook verschillen in de interpretatie van de gemeten gegevens en in de toepassing ervan in ondersteunende modellen. Deze gegevens zijn nodig om luchtkwaliteitsplannen te kunnen maken en beleidsmaatregelen te evalueren. Er is dus behoefte aan afstemming. Uiteindelijk zal het project resulteren in een Europees informatie-systeem voor fijn stof.

Het onderzoek bestaat uit:

- De inrichting en exploitatie van een mobiel PM-lab, modellering van de fijnstofbelastingen en vervaardiging van kaartmateriaal op basis van gelijkwaardige, lees: vergelijkbare, fijnstofdata.
- Lokalisatie van fijnstofbronnen en uitwerking van een maatregelencatalogus om de fijnstofbelasting in samenwerking met de relevante regionale emittenten te reduceren.
- Onderzoek naar de verantwoordelijke regionale brongroepen door chemische analyse van het fijn stof, inschatting van de gezondheidseffecten door de blootstelling aan fijn stof.

## Europabreed onderzoek

Het WHO project 'Evidence on health aspects of air pollution to review EU policies (REVIHAAP)' beoogt de belangrijkste ontwikkelingen in kennis over luchtverontreiniging en gezondheid sinds 2005 samen te vatten.<sup>52</sup> Daarbij zijn de volgende kennisbehoeften naar voren gekomen:

- Effecten anders dan op luchtwegen, longen en het hartvaatstelsel, zoals effecten op centraal zenuwstelsel, waaronder relaties met de ziekte van Alzheimer en Parkinson, en effecten op nakomelingen (aangeboren afwijkingen).
- De rol van (semi)vluchtige organische componenten en fijn stof van biologische oorsprong zoals pollen, virussen en schimmels in het totaal van effecten van fijn stof.
- De invloed van nitraataerosolen op de zogeheten nitratieve stress.<sup>53</sup>
- Welke componenten zorgen voor de sterke associatie tussen sulfaat en gezondheidseffecten in epidemiologisch onderzoek, aangezien sulfaat zelf een relatief onschuldige component is?
- Bij afnemende bijdragen van uitlaatemissies van het verkeer is de vraag welke de invloed is van stof dat afkomstig is van de slijtage van remvoeringen, banden en wegdek op de gezondheid?
- Hoe sterk in de invloed van zeer kortdurende blootstellingen (uren in plaats van dagen) op het totaal van acute en chronische gezondheidseffecten.<sup>54</sup>
- Zijn de effecten door dagelijkse variaties in blootstelling onafhankelijk van die van chronische blootstelling en betreft het dezelfde subpopulatie/risicogroep?
- Wat is in Nederland het effect op de gezondheid van maatregelen die zijn genomen om de emissies (en daarmee) de concentraties van (fijn stof) te reduceren? Wordt de juiste fractie aangepakt en hoe uit zich dat in gezondheidswinst c.q. lagere schatters voor het risico van fijn stof?

De uitkomsten van dit onderzoek kunnen mogelijk een rol spelen in de herziening van het Europese luchtkwaliteitsbeleid dat in 2013 is voorzien.

In 2001 is onder auspiciën van de het Joint Research Centre (JRC) van de Europese Unie de Aquila werkgroep opgericht.<sup>55</sup> De werkgroep is vooral meettechnisch gericht en is onder andere bedoeld om op Europees niveau deskundigheid uit te wisselen, harmonisatie van luchtkwaliteitsmetingen in Europa te bevorderen, kwaliteitsgerichte acties te coördineren, meetmethoden te ontwikkelen en te valideren en gezamenlijk onderzoek te ontwikkelen. Voor fijn stof was het JRC-onderzoeks-programma van belang dat in de periode 2006 tot en met 2008 werd uitgevoerd. In de landen van de Europese Unie zijn toen met een mobiel laboratorium vergelijkende metingen in het veld verricht. Hierbij werd een breed scala aan meetapparatuur voor stof ingezet, waaronder een referentiemeetapparatuur voor PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> en PM<sub>1</sub>, maar ook

optische deeltjestellers en analysers voor elemental en organic carbon. Hierbij werd duidelijk dat lang niet alle landen voldoen aan de in Europese richtlijn omschreven kwaliteitscriteria.<sup>56</sup> Verder zijn er de afgelopen jaren veel (pan-)Europese projecten uitgevoerd, vaak onder auspiciën van of met financiële ondersteuning van de Europese Unie die geheel of gedeeltelijk op de fijnstofproblematiek waren gericht. Zo kunnen in dit verband onder andere worden genoemd:

- ESCAPE (European Study of Cohorts Air Pollution Effects).<sup>57</sup> Het onderzoek richt zich op de langetermijneffecten van luchtverontreiniging op de menselijke gezondheid. De nadruk ligt op de effecten van fijn stof, mede in relatie tot de samenstelling ervan, en op stikstofoxiden.
- TRANSPHORM (Transport related Air Pollution and Health impacts - Integrated Methodologies for Assessing Particulate Matter).<sup>58</sup> Dit onderzoek is vooral bedoeld om de kennis van transportgerelateerd fijn stof en de invloed op de menselijke gezondheid te verbeteren.<sup>59</sup>
- JOAQUIN (Joint Air Quality Initiative).<sup>60</sup> Van oudsher kent Noordwest Europa een sterke industrialisering, een hoge bevolkingsdichtheid en een dicht weggennet. Dit alles zorgt ervoor dat luchtverontreiniging nog steeds een vrij reëel probleem is. Een probleem dat onder andere blijkt in een meer dan gemiddelde aanwezigheid van longaandoeningen of astma. Luchtverontreiniging is een grensoverschrijdend probleem en een groot deel van de Noordwest-Europese regio. In het project gaan 13 organisaties uit België, Nederland, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk vier jaar lang samenwerken om:
  - 1) Met nieuwe metingen gezondheidsrelevante fijn stof deeltjes nog beter in kaart te brengen.
  - 2) Maatregelen tegen luchtvervuiling uit te testen en met elkaar te vergelijken.
  - 3) De communicatie rond luchtvervuiling te evalueren en uit te breiden.Het uiteindelijke doel van het project is om beleidsmakers in staat stellen om beter onderbouwde keuzes te maken om luchtvervuiling en de daaraan gekoppelde gevolgen voor de volksgezondheid terug te dringen.



Afbeelding 9.7 Vergelijkend onderzoek van meetmethoden voor stofvormige luchtverontreiniging zoals die door verschillende metende instanties worden gebruikt, is belangrijk om tot uitwisseling van gegevens te kunnen komen. Op dit zwaar belaste, stedelijke meetpunt aan de Statenweg in Rotterdam werden in 2006 vele typen meetsystemen aan een test onderworpen. Foto DCMR Milieudienst Rijnmond.

## BOP-I rapporten

- Denier van der Gon, H.A.C., Jozwicka, M., Hendriks, E., Gondwe, M. & Schaap, M. (2010) Mineral dust as a component of particulate matter. Rapport 500099003, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Denier van der Gon, H.D. & Hulskotte, J. (2010) Methodologies for estimating shipping emissions in the Netherlands. Rapport 500099012, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Hoogerbrugge, R., Denier van der Gon, H.A.C., Van Zanten, M.C. & Matthijsen, J. (2010) Trends in particulate matter. Rapport 500099001, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Keuken, M.P. & Ten Brink, H.M. (2009) The contribution of sea salt to PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in the Netherlands. Rapport 500099011, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Manders, A.M.M., Schaap, M., Jozwicka, M. Van Arkel, F., Weijers, E. & Matthijsen, J. (2009) The contribution of sea salt to PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in the Netherlands. Rapport 500099004, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Matthijsen, J. & Koelemeijer, R.B.A. (2010) Policy research programme on particulate matter. Main results and policy consequences. Rapport 500099013, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Matthijsen, J. & Ten Brink, H.M. (eds.) (2007) PM<sub>2.5</sub> in the Netherlands. Consequences of the new European air quality standards. Rapport 500099001, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Matthijsen, J., Jimmink, B.A., De Leeuw, F.A.A.M. & Smeets, W.L.M. (2009) Attainability of PM<sub>2.5</sub> air quality standards, situation for the Netherlands in a European context. Rapport 500099005, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Schaap, M., Weijers, E.P., Mooibroek, D., Nguyen, L., & Hoogerbrugge, R. (2010) Composition and origin of particulate matter in the Netherlands. Rapport 500099007, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Schaap, M., Manders, A.M.M., Hendriks, E.C.J., Cnossen, J.M., Segers, A.J.S., Denier van der Gon, H.A.C., Jozwicka, M., Sauter, F., Velders, G., Matthijsen, J. & Bultjes, P.J.H. (2009) Regional modelling of particulate matter for the Netherlands. Rapport 500099008, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Ten Brink, H.M., Weijers, E.P., Van Arkel, F.T. & De Jonge, D. (2009) Carbon (EC/OC) concentrations as derived from routine PM measurements in the Netherlands. Rapport 500099001, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Voogt, M.H., Keuken, M.P. Weijers, E.P. & Kraai, A. (2009) Study on the spatial variability of urban background PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations. Rapport 500099010, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Weijers, E.P. (2010) Contribution of secondary inorganic aerosols to PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in the Netherlands; measurements and modelling results. Rapport 500099006, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.

## BOP-II rapporten

- Hendriks, C., Kranenburg, R. Kuenen, J.J.P., Van Gijlswijk, R.N., Denier van der Gon, H.A.C. & Schaap, M. (2012) Establishing the origin of Particulate Matter concentrations in the Netherlands. Rapport TNO-060-UT-2012-00474, TNO, Apeldoorn.
- Keuken, M.P., Jedynska, A.D., Henzing, J.S. & De Jonge, D. (2010) The MAAP as a monitoring instrument for combustion aerosol near road traffic: an explorative study. Rapport TNO-060-UT-2011-01133, TNO, Apeldoorn.
- Keuken, M.P., Zandvelt, P., Van den Elshout, S., Hoek, G. & Janssen, N. (2010) Health impact assessment of PM<sub>10</sub> and EC in the city of Rotterdam (the Netherlands) in the period 1985-2008. Rapport TNO-060-UT-2011-01068, TNO, Apeldoorn.
- Keuken, M.P., Moerman, M., Voogt, M., Weijers, E.P., Blom, M., Kos, G., Otjes & Dusek, U. (2012) Regional and local contribution to PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> at the urban background and a street canyon in Rotterdam, The Netherlands. Rapport TNO-060-UT-2012-01192, TNO, Apeldoorn.



- Mooibroek, D., Hoogerbrugge, R. & van der Swaluw, E. (2012) A reanalysis of the BOP dataset: Source apportionment and mineral dust. Rapport 680356001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Weijers, E.P., Kos, G.P.A., Blom, M.J., Otjes, R.P., Schaap, M. & van der Swaluw, E. (2012) Measurements of secondary inorganic aerosols in the Netherlands. Rapport ECN-E-12-003, ECN, Petten.
- Wichink Kruit, R.J., Schaap, M., Sauter, F.J., van der Swaluw, E. & Weijers, E.P. (2012) Improving the understanding of the secondary inorganic aerosol distribution over the Netherlands. Rapport TNO-060-UT-2012-00334, TNO, Apeldoorn.

## De belangrijkste bevindingen uit BOP-I

- **PM<sub>2.5</sub> in the Netherlands. Consequences of the new European air quality standards**

Matthijsen & Ten Brink, 2007.

De hoogste PM<sub>2.5</sub>-concentraties zijn berekend voor het westen en zuiden van Nederland. Op basis van de huidige nationale en Europese wetgeving, wordt verwacht dat concentraties langs drukke wegen tussen 15 en 26 µg/m<sup>3</sup> zijn in 2015. Dit betekent dat in 2015 de voorgestelde grenswaarde van 25 µg/m<sup>3</sup> waarschijnlijk op de meeste plekken in Nederland wordt gehaald. Als daarentegen wordt gekozen voor de strengere grenswaarde van 20 µg/m<sup>3</sup>, worden overschrijdingen verwacht in drukke straten en specifiek 'hot spots', zelfs als de onlangs beschreven additionele Nederlandse reductiemaatregelen worden uitgevoerd.

Verder is de daling van het gemiddelde stedelijke achtergrondniveau tussen 2010 en 2020 waarschijnlijk te klein om de voorgestelde blootstellingsgewogen reductiestreefwaarde van 20% te halen. Deze nieuwe PM<sub>2.5</sub>-normen vergen daarom dat het beleid met betrekking tot fijn stof in Nederland wordt aanpast. Verder moet het ondersteunende beleidsinstrumentarium (monitoring, emissie-inventarisatie en modellen) worden herzien om de luchtkwaliteit te kunnen vaststellen op basis van de nieuwe richtlijn. De kennisbasis voor PM<sub>2.5</sub> is nog erg klein, de onzekerheden zijn navenant groot.

- **Regional modelling of particulate matter for the Netherlands**

Schaap et al., 2009.

De bijdrage aan fijn stof uit natuurlijke bronnen vormt een belangrijk deel van de fijnstofconcentraties in Nederland. Hoe de bijdrage verandert in de tijd en ruimte is echter nog onzeker. Dit komt onder andere doordat er geen of een te beperkte beschrijving was in modellen. Dit rapport beschrijft recente modelontwikkelingen die binnen het BOP-onderzoeksprogramma voor fijn stof zijn bereikt.

Het LOTOS-EUROS model is gevalideerd met metingen en verder ontwikkeld door de toevoeging van verbeterde en nieuwe rekenmodules voor de bijdrage van zeezout, bodemstof en natuurlijke secundaire organische deeltjes aan fijn stof. Daarnaast is een koppeling gerealiseerd tussen het mondiale chemietransport model TM5 en LOTOS-EUROS. Hiermee kan het effect van mondiale veranderingen op de luchtkwaliteit in Europa worden onderzocht.

Verder zijn de in Nederland gebruikte modellen, LOTOS-EUROS en OPS, getest in vergelijking met het UNIFIED EMEP model voor ammonium, nitraat, sulfaat en primaire deeltjes, allemaal delen van fijn stof die door menselijk handelen in de lucht komen. De modelontwikkelingen maken een nauwkeuriger bepaling van fijn stof mogelijk voor historische en toekomstige jaren.

- **Study on the spatial variability of urban background PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations**

Voogt et al., 2009

Dit rapport beschrijft een onderzoek naar de variatie in ruimte en tijd van achtergrondconcentraties van fijn stof in het stedelijk gebied van Rotterdam. Hierbij is ook onderzocht in welke mate fijnstofmetingen representatief zijn bij het vaststellen van de stadachtergrondconcentratie van fijn stof. Deze studie is uitgevoerd door TNO en ECN in het kader van het beleidsgeoriënteerde onderzoeksprogramma fijn stof BOP. BOP wordt gecoördineerd door het Planbureau voor de Leefomgeving.

De metingen op verschillende plekken lopen nauwelijks uiteen. De ruimtelijke variabiliteit blijkt minder dan 10% voor PM<sub>10</sub> en minder dan 5% voor PM<sub>2.5</sub>. De metingen suggereren een soort PM-plateau, waarbij er sprake is van een klein verschil tussen de regionale achtergrondconcentratie en een min of meer constant niveau van de stadsachtergrondconcentratie. Om de onzekerheid in het vaststellen van de stadsachtergrondconcentratie door metingen te verminderen is het aan te bevelen om de concentratie op meerdere stadsachtergrondlocaties te meten.

- **The contribution of sea salt to PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub> in the Netherlands**

Manders et al., 2009

Zeezoutaerosol is een natuurlijke bron van fijn stof en levert een niet-verwaarloosbare bijdrage aan de fijnstofconcentraties in Nederland. De bijdrage van zeezout kan niet door beleidsmaatregelen worden beïnvloed. Dit rapport draagt bij aan een verbetering van de tot nu toe beperkte kennis rond zeezout en de bijdrage van aan de niveaus van PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> in Nederland. Zo is nu kwantitatief meer bekend over deze bijdrage van zeezout. Dit is bereikt door metingen uit te voeren. Ook zijn nu berekeningen uitgevoerd met het LOTOS-EUROS-model dat de aanmaak en het transport van zeezoutaerosol beschrijft.

De concentratie van zeezoutaerosol varieerde van 4 µg/m<sup>3</sup> in Rotterdam, niet ver van de kust, tot 2 µg/m<sup>3</sup> in Vredepeel, meer landinwaarts. De bijdrage op dagbasis bleek soms veel hoger of juist lager te zijn. Op dagen met hoge fijnstofconcentraties, wanneer de Europese limietwaarde van 50 µg/m<sup>3</sup> overschreden werd, was de bijdrage van zeezout meestal lager dan de jaargemiddelde bijdrage. De conclusies op basis van de onderzochte periode kunnen niet zonder meer worden vertaald naar andere jaren, omdat de bijdrage van zeezout aan de PM<sub>10</sub>- en PM<sub>2,5</sub>-concentraties sterk per dag en ook van jaar tot jaar kan verschillen. De aanbeveling is daarom om de analyse voort te zetten op basis van natriummetingen die recentelijk zijn gestart in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit en dit te combineren met berekeningen met het LOTOS-EUROS-model.

- **Traffic emissions of elemental carbon (EC) and organic carbon (OC) and their contribution to PM<sub>2,5</sub> and PM<sub>10</sub> urban background concentrations**

Keuken & Ten brink, 2009

In het Rijnmondgebied is met metingen en modellen onderzoek verricht naar de bijdrage van elementair koolstof (EC) en organisch koolstof (OC) aan de fijnstofconcentraties in de stad. Fijn stof in Nederland bestaat gemiddeld voor 20-30 % uit koolstofverbindingen. Juist deze onderdelen van fijn stof worden tegenwoordig als gezondheidsrelevant gezien.

De bijdrage van EC- en OC-emissies door wegverkeer aan de grootschalige PM<sub>2,5</sub>- en PM<sub>10</sub>-concentraties in de stad is ongeveer 0,5 µg/m<sup>3</sup>. Hierdoor van is het potentieel om in de stad de concentraties van fijn stof grootschalig te reduceren, door het terugdringen van uitlaatemissies van autoverkeer, minder dan 5% op jaarbasis. Daarnaast blijkt dat andere antropogene bronnen in het Rijnmondgebied, zoals industrie, raffinaderijen, luchtverkeer en scheepvaart, geen significante bijdrage leveren aan de grootschalige EC- en OC-concentraties in de stad.

De overige resultaten zijn als volgt samen te vatten:

**EC-concentratie** Het gemiddelde van de EC-concentraties over de meetperiode van ongeveer een jaar was 2,1 ± 1,2 µg C/m<sup>3</sup> buiten de stad, in de stad was er een toename van 0,3 ± 0,2 µg C/m<sup>3</sup>.

Langs drukke stadswegen was de EC- concentratie gemiddeld 4,0 ± 2,2µg C/m<sup>3</sup>.

**OC-concentratie** Het gemiddelde van de OC-concentraties over de meetperiode van ongeveer een jaar was 1,6 ± 0,5 µg C/m<sup>3</sup> buiten de stad. In de stad was er een gemiddelde toename van 0,1 ± 0,2 µg C/m<sup>3</sup>. De OC-concentratie in de stadslucht was daarmee niet significant hoger dan in de lucht daarbuiten. Langs drukke stadswegen was de OC concentratie gemiddeld 1,9 ± 0,8µg C/m<sup>3</sup>. Deze resultaten laten zien dat de stad- en straatconcentraties van OC vooral door OC-concentraties van buiten de stad worden bepaald.

**Emissiefactoren stedelijk verkeer** Een EC-emissiefactor van 10 mg C/km is bepaald voor stadsverkeer. Deze factor zit aan de onderkant van het in de literatuur gerapporteerde bereik van 8 tot 20 mg C/km. Voor OC kon geen emissiefactor voor stadsverkeer worden bepaald.

**EC als PM indicator voor verkeer** Modelresultaten voor Rotterdam laten een groot contrast zien tussen EC-concentraties langs drukke wegen en grootschalige EC-concentratie in de stad, veel groter dan voor PM<sub>2,5</sub> en PM<sub>10</sub>. Dit bevestigt dat EC een goede indicator is voor de verspreiding van fijnstofemissies voor zover deze verkeersgerelateerd zijn.

**Zwarte Rook als proxy voor EC trend** Uit metingen van zwarte rook in Rotterdam en er net buiten kon worden geconcludeerd dat de EC-concentraties significant zijn gedaald en wel met 5% per jaar na 2001.

**EC en OC metingen zijn nog erg onzeker** Verdere standaardisatie van de meetmethoden wordt aanbevolen en meer onderzoek rond EC als indicator voor fijn stof uit verkeer in gezondheidsstudies.

- **Attainability of PM<sub>2.5</sub> air quality standards, situation for the Netherlands in a European context**

Matthijsen et al., 2009

Het is waarschijnlijk dat met het huidige en voorgenomen nationale en Europese beleid alle grens- en richtwaarden voor PM<sub>2,5</sub> bij gemiddelde weersomstandigheden op tijd kunnen worden gehaald. De nieuwe normen voor de kleine deeltjes fijn stof lijken daarmee niet strenger dan de bestaande grenswaarden voor fijn stof (PM<sub>10</sub>). Nederland is bezig het beleid, de monitoringsmethoden en modellen op het gebied van fijn stof aan te passen om aan de eisen van de luchtkwaliteitsrichtlijn voor PM<sub>2,5</sub> te voldoen. Dit rapport ondersteunt dat proces met een onderzoek naar de haalbaarheid van de verschillende normen voor PM<sub>2,5</sub>.

De onzekerheden in deze beoordeling zijn groot. Ongunstige weersomstandigheden kunnen leiden tot overschrijdingen van de grenswaarde van 25 µg/m<sup>3</sup>. De EU heeft een doelstelling vastgesteld om de gemiddelde PM<sub>2,5</sub>-concentratie in stedelijke gebieden te verminderen tussen 2010 en 2020. Het gaat om de zogeheten blootstellingsreductiedoelstelling (BRD). Dit is een richtwaarde. De precieze waarde van de BRD staat nog niet vast; voor Nederland is 15% het meest waarschijnlijk op basis van de huidige inzichten. Dat het 20% wordt is echter nog niet uit te sluiten. Het doel van 15% komt met het huidige en voorgenomen beleid binnen bereik. In het geval dat het doel een vermindering van 20% wordt, zou een verdere aanscherping van het beleid nodig zijn.

- **Carbon (EC/OC) concentrations as derived from routine PM measurements in the Netherlands**

Ten Brink et al., 2009

Het koolstofgehalte van fijn stof is bepaald op een zestal meetstations gedurende een jaar. Dit was deel van een groter onderzoek naar de samenstelling en bronnen van PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> in Nederland. De bijdrage van koolstof aan fijn stof wordt vanuit het oogpunt van bronherkenning veelal onderverdeeld in een bijdrage van elementair koolstof (EC) en organisch koolstof (OC). De koolstofverbindingen zijn van belang, omdat vooral deze bestanddelen met de gezondheidseffecten van fijn stof worden geassocieerd. Tegelijkertijd is er nog maar relatief weinig bekend over de bijdrage ervan aan fijn stof en het verloop ervan in de tijd en ruimte. Koolstofverbindingen komen als fijn stof vrij bij verbrandingsprocessen zoals bij verkeer; ook worden ze chemisch tot fijn stof omgezet in de lucht. Een deel van het koolstof is van natuurlijke oorsprong. Deze studie brengt voor Nederland de bijdrage van EC en OC aan fijn stof in kaart. De meting van EC en OC gaat gepaard met grote onzekerheden. Daarom is extra aandacht besteed aan de meettechniek en de robuustheid ervan.

Het fijn stof is verzameld volgens de referentiemethode om fijn stof te meten. De gemiddelde koolstofbijdrage van EC en OC aan fijn stof is ongeveer 5 µg/m<sup>3</sup> voor PM<sub>10</sub> en 4 µg/m<sup>3</sup> voor PM<sub>2,5</sub>. Hier komt nog eens dertig% bij als de andere elementen van de koolstofverbindingen, zoals zuurstof en waterstof, worden meegerekend: voor PM<sub>10</sub> varieert dan de bijdrage tussen 5 µg/m<sup>3</sup> in het buitenstedelijke gebied tot 7,5 µg/m<sup>3</sup> op de straatstations. De toename in de bijdrage van buitenstedelijk naar stadstraat, van 2,5 µg/m<sup>3</sup>, blijkt vooral door een toename van EC te komen. Uit een vergelijking met metingen door de GGD Amsterdam blijkt dat het totaal aan koolstof een robuuste maat is. De onderverdeling in EC en OC is onzekerder.

- **Methodologies for estimating shipping emissions in the Netherlands**

Denier van der Gon & Hulskotte, 2010

Sinds 2000 zijn specifieke schattingsmethodieken ontwikkeld voor de emissies op de Noordzee, in havens en voor de binnenvaart. Extra aandacht is gegeven aan de huidige emissiefactoren en activiteitsdata benodigd om emissies van stilliggende schepen en de binnenvaart te schatten. De hieruit volgende aanbevelingen voor onderhoud van de basisgegevens en mogelijke verdere verbeteringen worden gepresenteerd.

- **Contribution of secondary inorganic aerosols to PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in the Netherlands; measurements and modelling results**

Weijers, 2010

De bijdrage van fijn stof uit zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak aan PM<sub>10</sub> was ongeveer 30 en 40%. Bij hoge fijnstofconcentraties, dat wil zeggen boven de 30 µg/m<sup>3</sup>, was dit 50% of meer. De extra toename van fijn stof bestond vooral uit fijn stof uit stikstofoxiden en ammoniak.

Vermindering van de uitstoot van stikstofoxiden (verkeer) en ammoniak (landbouw) in Nederland en Europa is daarom een effectief middel om hoge fijnstofconcentraties te verminderen.

Over de periode 1994-2007 is de bijdrage van fijn stof uit zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak afgenomen. Echter vanaf 2001, verliep de afname minder snel. Deze trend bleek overeen te komen met het verloop van de uitstoot van zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak in Europa.

Het rapport draagt bij aan de kennis over fijn stof uit zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak, en geeft een verbeterde schatting van de bijdrage ervan aan PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub>. De nadruk ligt op de interpretatie van metingen. De studie geeft inzicht in de variabiliteit in tijd en ruimte en de bijdrage aan de stedelijke achtergrondniveaus in Nederland.

- **Trends in particulate matter**

Hoogerbrugge et al., 2010

De trend in fijn stof (PM<sub>10</sub>) en zijn belangrijkste samenstellende componenten zijn niet in tegenspraak met de geregistreerde ontwikkelingen in de emissies. Hoewel er op het oog een contradictie is; "concentratie stabiel, emissie (licht) dalend" blijkt bij nadere studie dat het onderscheidend vermogen niet hoog genoeg is om dit daadwerkelijk te concluderen. De onzekerheid in de gemeten trends is relatief groot vooral door de sterke invloed van de weersomstandigheden op de concentraties maar ook doordat het meten van fijn stof moeilijk is.

In deze studie is op verschillende manieren gecorrigeerd voor dit effect van meteorologie waardoor de onzekerheid gereduceerd is. Zowel voor de gemeten concentraties als voor de emissies is geconstateerd dat de afname in de periode 1993-2000 duidelijk groter is (typisch 2-4 % per jaar) dan de afname in de periode 2000-2008 (0-2 % per jaar). Een gedetailleerd onderzoek naar verkeeremissies, belangrijk in verband met gezondheidseffecten, laat zien dat de daling als gevolg van de invoering van schonere motoren grotendeels verdwijnt door stijging van het aantal gereden kilometers en het zwaarder worden van de voertuigen. Het blijkt dat de intrinsieke onzekerheid waarmee trends over korte periodes, minder dan 10 jaar, kunnen worden vastgesteld te groot is om de huidige ontwikkelingen eenduidig te interpreteren. Na correcties voor weersinvloeden kunnen systematische dalingen sneller worden aangetoond.

- **Composition and origin of Particulate Matter in the Netherlands**

Schaap et al., 2010

Er is in kwalitatieve zin een hoge mate van overeenstemming over de samenstelling van stofvormige luchtverontreiniging in Nederland. De belangrijkste componenten van fijn stof zijn de secundaire anorganische en koolstofhoudende componenten. Daarnaast zijn er significante bijdragen van zeezout, bodemstof en metalen.

Een groot gedeelte van de gemeten massaconcentratie kon met behulp van de gemeten componenten worden verklaard. De toepassing van een bronherkenningstechniek complementeerde de analyse van de chemische samenstelling en bevestigde op een onafhankelijke manier dat vele componenten de impact van specifieke (groepen van) activiteiten representeren. Op die manier is de betrouwbaarheid van de analyse vergroot. Op basis van de gemeten concentraties en inschattingen van de natuurlijke bijdragen per component is afgeleid dat ca. 75 % van PM<sub>10</sub> en ca. 80% van PM<sub>2,5</sub> aan menselijk handelen kan worden toegeschreven.

- **Mineral Dust as a component of particulate matter**

Denier van der Gon et al., 2010

De bijdrage van bodemstof aan  $PM_{10}$  is substantieel. Niettemin is de kennis over de herkomst en het relatieve belang van de verschillende emissieoorzaken zeer beperkt. In dit rapport wordt met behulp van chemische analyses van fijn stof monsters uit Nederland, waarnemingen uit ons omringende landen en de rest van Europa, alsmede eenvoudige emissiemodules en een regionaal atmosferisch transport model de rol van bodemstof als fijn stof component onderzocht en gekwantificeerd. Het onderzoek levert inzicht in de bijdrage van verschillende processen en locatie afhankelijke bijdrages van bodemstof. De verhoging van het bodemstofgehalte in fijn stof in de stedelijke omgeving is nog niet goed begrepen, evenals de verschillen tussen Nederland en omringende landen. Een belangrijke conclusie van het onderzoek is dat de rol van bodemstof in Nederland beduidend geringer lijkt dan tot nu toe aangenomen.

## De belangrijkste bevindingen uit BOP-II

Het onderzoek in het kader van BOP-II is nog niet volledig afgerond. Hier kunnen dus alleen de resultaten van de tot nu toe afgeronde onderzoeken worden gepresenteerd.

- **The MAAP as a monitoring instrument for combustion aerosol near road traffic: an explorative study**

Keuken et al., 2010

De Multi-Angle Absorption Photometer (MAAP) blijkt een geschikt, automatisch instrument is om elementair koolstof (elemental carbon, EC) te meten als indicator voor verbrandingsaerosol. De MAAP meet de transmissie van licht door en gereflecteerd van een filter tape waarop continue fijnstof wordt bemonsterd. Deze optische meting wordt intern omgezet naar EC-concentraties. Onze studie laat zien dat EC-concentraties een factor drie zijn verhoogd benedenwinds van de snelweg A10 ten opzichte van bovenwindse concentraties. Dit is een significante verhoging in vergelijking met  $PM_{10}$  dat in het algemeen minder dan 20% benedenwinds van een snelweg is verhoogd. Ook langs binnenstedelijke wegen met intensief wegverkeer wordt een vergelijkbare verhoging van een factor drie gemeten vergeleken met de stedelijke achtergrond.

Naast het onderzoek naar EC is ook verkennend onderzoek uitgevoerd naar organisch gebonden koolstof (organic carbon, OC). Dit laat zien dat wegverkeer een beperkte bijdrage levert aan OC emissies. Gezien de giftigheid van verkeersgerelateerde organische verbindingen is het mogelijk dat zelfs een geringe bijdrage mogelijke gezondheidseffecten heeft.

De aanbevelingen op basis van deze verkennende studie zijn als volgt:

1. De MAAP te kalibreren volgens de (referentie) thermische analyse door gelijktijdige metingen van een MAAP en thermische analyse gedurende een langere periode en op verschillende locaties.
2. De thermische analyses in Nederland te harmoniseren en de werkgroep in Europa te ondersteunen voor Europese harmonisatie van een thermische analyse van EC.
3. Emissiefactoren van EC voor wegverkeer op te stellen op basis van MAAP metingen zodat de combinatie van metingen en modellen wordt ondersteund.

- **Health impact assessment of  $PM_{10}$  and EC in the city of Rotterdam (the Netherlands) in the period 1985-2008**

Keuken et al., 2010

De luchtkwaliteit van  $PM_{10}$  en elementair koolstof (EC) in de stedelijke achtergrond en in de buurt van druk wegverkeer is in Rotterdam in de periode 1985-2008 significant is verbeterd. Dit levert een winst in levensjaren van gemiddeld  $13 \pm 6$  maanden door  $PM_{10}$  of  $12 \pm 8$  maanden door EC per persoon in Rotterdam. De gezondheidseffecten van  $PM_{10}$  en EC zijn in dezelfde orde van grootte, terwijl de bevolkingsgewogen concentratie van  $PM_{10}$  met gemiddeld  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  daalde en van EC met  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Onderzoek in BOP-I Nederland liet zien dat 70% van de afname in  $PM_{10}$ -concentraties de afgelopen decennia wordt toegeschreven aan secundair anorganisch aerosol en voor 10% aan primaire PM-emissies met onder andere verbrandingsaerosol. De overeenkomst in gezondheidseffecten voor

PM<sub>10</sub> en EC wijst erop dat gezondheidseffecten van PM<sub>10</sub> in Rotterdam vooral zijn toe te schrijven aan het aandeel verbrandingsaerosol. Dit laat zien dat EC een gevoeliger indicator is (vergeleken met PM<sub>10</sub>) om gezondheidseffecten van verkeersmaatregelen te beoordelen. Tevens wordt geconcludeerd dat beleid gericht op het terugdringen van verbrandingsaerosol, zoals het verminderen van uitlaatmissies door (diesel)verkeer en scheepvaart, effectiever is voor het verminderen van gezondheidsrisico's door luchtvervuiling dan het generiek verlagen van PM<sub>10</sub>-concentraties.

Het wordt benadrukt dat EC waarschijnlijk niet de oorzaak is van de gezondheidseffecten maar een indicator voor de verspreiding van de massa van verbrandingsaerosol. Experimenteel vervolgonderzoek wordt aanbevolen om verspreidingsmodellen voor EC in stedelijk gebied te verbeteren. Verder is het gewenst om het effect van verkeersmaatregelen zoals emissiezones en doorstromingsmaatregelen (waaronder '80 km/u op snelwegen' en 'groene golven op binnenstedelijke wegen') met metingen te valideren. Verkennende online metingen met de Multi-Angle Absorption Photometer (MAAP) van EC in uitlaatmissies geven aan dat de MAAP een veelbelovend instrument is voor het vaststellen van EC-emissiefactoren van wegverkeer.

- **Establishing the origin of Particulate Matter concentrations in the Netherlands**

Hendriks et al., 2010

Het LOTOS-EUROS-model is gebruikt om een beter inzicht te krijgen in de herkomst van fijn stof in de Nederlandse atmosfeer. De gemiddelde, gemodelleerde concentratie voor PM<sub>10</sub> in Nederland voor de jaren 2007-2009 was 13-22 µg/m<sup>3</sup>. De concentraties waren in het zuiden hoger dan in het noorden. In gebieden met een hoge bevolkingsdichtheid met aanzienlijke industriële activiteiten zijn de concentraties eveneens verhoogd. De gemiddelde, gemodelleerde concentratie voor PM<sub>2,5</sub> was 9-11 µg/m<sup>3</sup>.

Het model berekende 60% van de gemeten concentraties. Hiervan is 60% afkomstig van secundair anorganisch aerosol, 15% van koolstofhoudende stoffen en 10% van zeezout. Een vergelijking met gemeten concentraties leert dat het niet-gemodelleerde deel vooral uit nitraathoudend aerosol en koolstofachtig materiaal bestaat.

De berekende, antropogene bijdrage van het gemodelleerde deel is 70-80% voor PM<sub>10</sub> en 80-95% voor PM<sub>2,5</sub>. Ongeveer een derde deel is afkomstig van Nederlandse bronnen. Agrarische activiteiten en transport leveren verreweg de bijdrage aan het Nederlandse deel.

- **Regional and local contribution to PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> at the urban background and a street canyon in Rotterdam, The Netherlands**

Keuken et al., 2012

Er is onderzoek gedaan naar de bijdrage van regionale en stedelijke bronnen aan de concentraties van PM<sub>2,5</sub> en PM<sub>10</sub> in stedelijk gebied. In deze studie is extra aandacht besteed aan de bijdrage van stedelijk verkeer. De achtergrond van het onderzoek is de normstelling in de Europese Luchtkwaliteitsrichtlijn die er op is gericht om de stedelijke achtergrondconcentratie van PM<sub>2,5</sub> terug te dringen.

Uit het onderzoek wordt geconcludeerd dat de stedelijke achtergrondconcentratie van fijn stof in Rotterdam wordt gedomineerd door de regionale achtergrond en dat stedelijke emissies, inclusief verkeer, minder dan 15% bijdragen. Langs drukke straten zijn de concentraties van elementair koolstof van uitlaatmissies, zware metalen, zoals koper en zink van rem- en bandenslijtage, en opwervend wegenstof een factor 2-3 verhoogd ten opzichte van de stedelijke achtergrond.

De conclusie van deze studie is dat vooral de stedelijke bevolking langs drukke straten wordt blootgesteld aan extra gezondheidsrisico's door verhoogde concentraties van EC/OC, zware metalen en opwervend wegenstof. In de stedelijke achtergrond wordt de stedelijke bevolking veel minder blootgesteld aan deze verkeersgerelateerde luchtverontreiniging. Deze bevindingen geven aan dat maximaal 5-10% van de stedelijke bevolking een verhoogd risico heeft, terwijl het merendeel van de stedelijke bevolking voornamelijk wordt blootgesteld aan een (licht) verhoogde

regionale achtergrond van  $PM_{2,5}$  en  $PM_{10}$ . Er is geen no-effectniveau voor  $PM_{2,5}$  en  $PM_{10}$  en daarom leidt de verlaging van de regionale achtergrondconcentratie tot gezondheidswinst voor de stedelijke bevolking. Dit vereist vooral nationale en internationale maatregelen, terwijl het lokale luchtkwaliteitsbeleid beter kan worden gericht op straten met druk wegverkeer. De effectiviteit van dergelijke lokale maatregelen is afhankelijk van de lokale situatie en mogelijkheden.

- **Measurements of secondary inorganic aerosols in the Netherlands**

Weijers et al., 2012

Het secundaire anorganische aerosol draagt voor een groot deel bij aan de concentraties van fijn stof. In deze studie is gekeken naar de oude en nieuwe methode om deze fractie van fijn stof te meten. Er zijn correctiefactoren bepaald voor de oude metingen, zodat trends van 1994 tot nu goed kunnen worden gevolgd. Tevens is aangetoond dat de nieuwe meetmethode robuust zijn, zodat accuraat de concentraties van de samenstellende bestanddelen van het secundair aerosol in de lucht kunnen worden gemeten.

- **Improving the understanding of the secondary inorganic aerosol distribution over the Netherlands**

Wichink Kruit et al., 2012

Het secundaire anorganische aerosol draagt voor een groot deel bij aan de concentraties van fijn stof. In dit rapport zijn beschrijvingen te vinden van modelverbeteringen voortkomend uit aanbevelingen vanuit het eerste BOP-programma. Een zestal verbeteringen zijn doorgevoerd in het model LOTOS-EUROS welke hebben geleid tot een betere beschrijving van de concentraties van secundaire anorganische aerosol in Nederland in het model. Daar waar eerst een onderschatting van 50% van dit type aerosol aanwezig was, is deze nu gereduceerd tot 23% voor  $PM_{2,5}$  en 20% voor  $PM_{10}$ .

- **A reanalysis of the BOP dataset**

Mooibroek et al., 2012.

De metingen uitgevoerd voor het eerste Beleidsgericht Onderzoekprogramma PM (BOP) waren erop gericht om kennis te verwerven over fijn stof. Bij de metingen is onderscheid gemaakt tussen de totale hoeveelheid fijn stof ( $PM_{10}$ ) en de fijnere fractie ervan ( $PM_{2,5}$ ). De resulterende dataset bevat onder andere informatie over de chemische componenten waaruit fijn stof is opgebouwd. Deze samenstelling geeft belangrijke informatie over de herkomst van fijn stof, zoals industrie en verkeer. Enkele vragen over de herkomst van fijn stof bleven na het eerste onderzoek echter onbeantwoord. Het RIVM heeft twee van deze vragen in het kader van het tweede BOP-programma nader onderzocht.

*Verklaring voor inconsistente samenstelling  $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$  per bron*

Als eerste gaven de data soms verschillen aan tussen de samenstelling van  $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$  uit dezelfde bron. De vraag was hoe dit kan worden verklaard. Deze verschillen blijken aanwezig te zijn in de gemeten concentraties en niet te worden veroorzaakt door de gebruikte rekenmethode. De oorzaak van de inconsistenties in de data blijft echter onduidelijk; wel zijn in dit onderzoek een aantal mogelijkheden uitgesloten. Om tot deze conclusie te komen is opnieuw berekend uit welke bron de desbetreffende stoffen afkomstig zijn. De data van  $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$  waren in de eerdere ronde los van elkaar geanalyseerd. Dit keer zijn ze gecombineerd.

*Verschillen tussen Nederland en Vlaanderen in bijdrage bodemstof*

De tweede vraag betrof het aandeel dat opwaaiend bodemstof levert aan de concentratie van  $PM_{10}$  in de lucht. Volgens eerdere berekeningen zou bodemstof in Nederland de helft minder bijdragen aan de fijnstofconcentratie dan in Vlaanderen. Dit verschil blijkt grotendeels te kunnen worden verklaard door de gebruikte rekenmethode om de bodemstofbijdrage te bepalen. In de Vlaamse rekenmethoden bleek de bijdrage van bepaalde chemische componenten anders te worden beoordeeld dan in Nederland. Deze verschillen zijn dus niet toe te schrijven aan de gemeten concentraties.



## Literatuur

- Amann, M. & Schöpp, W. (2011) Calculation of cause-specific mortality impacts of fine particulate matter in GAINS. CIAM-Report 2/2011. Centre for Integrated Assessment Modelling (CIAM)/International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Wenen.
- Beelen, R., Hoek, G., Houthuijs, D., Van den Brandt, P.A., Goldbohm, R.A., Fischer, P., Schouten, L.J., Armstrong, B. & Brunekreef, B. (2009) The joint association of air pollution and noise from road traffic with cardiovascular mortality in a cohort study. *Occupational & Environmental Medicine* 66 (4), 243-50.
- Beijk, R., Hoogerbrugge, R., Hafkenscheid, T.L., Van Arkel, F. Th., Stefess, G.C., Van der Meulen, A., Wesseling, J.P., Sauter, F.J. & Albers, R.A.W. (2007) *PM<sub>10</sub>: Validatie en equivalentie 2007*. Rapport 680708001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Beijk, R., Wesseling, J., Mooibroek, D., Du Pon, B., Nguyen, L., Groot Wassink, H. & Verbeek, C. (2010) *Monitoringsrapportage NSL : Stand van zaken Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit 2010*. Rapport 680712002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Beijk, R., Wesseling, J., Van Alphen, A., Mooibroek, D., Nguyen, L., Groot Wassink, H., & Verbeek, C. (2011) *Monitoringsrapportage NSL: Stand van zaken Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit 2011*. Rapport 680712003, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Brunekreef, B., Beelen, R., Hoek, G., Schouten, L., Bausch-Goldbohm, S., Fischer, P., Armstrong, B., Hughes, E., Jerrett, M. & Van den Brandt, P. (2009) *Effects of long-term exposure to traffic-related air pollution on respiratory and cardiovascular mortality in the Netherlands: the NLCS-AIR study*. Research Reports Health Effects Institute, Resaerch Report 139.
- Brunekreef, B., Miller, B.G. & Hurley, J.F. (2007) The brave new world of lives sacrificed and saved, death attributed and avoided. *Epidemiology & Society* 18 (6), 7875-787.
- Buijsman, E. (2007) *Een boekje open over fijn stof*. Tinsentiep, Houten.
- Buijsman, E. (2008/2009) *Meten waar de mensen zijn*. Tijdschrift Lucht. Ook beschikbaar op de website van het Planbureau voor de Leefomgeving; zie <http://www.pbl.nl/nl/publicaties/2009/Meten-waar-de-mensen-zijn>.
- Buijsman, E., Aben, J.J.M., Hettelingh, J.-P., Van Hinsberg, H., Koelemeijer, R.B.A. & Maas, R.J.M. (2010) *Zure regen. Een analyse van dertig jaar Nederlandse verzuringsproblematiek*. Rapport 500093007, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Buijsman, E., Beck, J.P., Van Bree, L., Cassee, F.R., Koelemeijer, R.B.A., Matthijsen, J., Thomas, R. & Wieringa, K. (2005) *Fijn stof nader bekeken*. Rapport 500037008. Milieu- en Natuurplan-bureau, Bilthoven.
- Buringh, E, Fischer, P. & Hoek, G. (2000). Is SO<sub>2</sub> a causative factor for the PM-associated mortality risks in the Netherlands. *Inhalation toxicology* 12, 55-60
- Buringh, E, Opperhuizen, A. (2002) *On health risks of ambient PM in the Netherlands*. Rapport 650010032. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Burton, R.M. & Lundgren, D.A. (1987) Wide Range Aerosol Classifier: a size selective sampler for large particles. *Aerosol Science and Technology* 6 (3), 289-301.
- CLO (2011) *Emissies naar lucht, 1990-2010*. Indicator 0079, versie 18, 11 oktober 2011. [www.compendiumvoordeleefomgeving.nl](http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl). CBS, Den Haag; Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven en Wageningen UR, Wageningen.
- De Gier, C.W., Van den Elshout, J.J.H & Groot, T.T. (2009) *PARFUM – Black smoke, PM and traffic*. Document 20692499, DCMR Milieudienst Rijnmond.
- De Leeuw, F. (2012) *AirBase: a valuable tool in air quality assessments at a European and local level*. Technical Paper 2012/4, European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation, Bilthoven.
- Denier van der Gon, H.D. & Hulskotte, J. (2010) *Methodologies for estimating shipping emissions in the Netherlands*. Rapport 500099012, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Dijkema, M., Van der Zee, S., Brunekreef, B. & Van Strien, R.T. (2012) Air quality effects of an urban highway speed limit reduction. *Atmospheric Environment* 42, 9098-9105.

- Dockery, D.W., Pope III, C.A., Xu, X., Spengler, J.D., Ware, J.H., Fay, M.E., Ferris, B.G. & Speizer, F.E. (1993) An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *The New England Journal of Medicine*, 329, 1753-1759.
- ELI (2011) *Hoe werkt de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS)*. Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag.
- EMEP (2012) Zie <http://www.ceip.at/webdab-emission-database>.
- Emissieregistratie (2012) Zie <http://www.emissieregistratie.nl>.
- EU (1996) Richtlijn 96/62/GC van de raad van 27 september 1996 inzake de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit. *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen* No L 296/55.
- EU (1999) Richtlijn 1999/30/EG van de raad van 22 april 1999 betreffende grenswaarden voor zwaveldioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in lucht. *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen* No L 163/41.
- EU (2000) Richtlijn 2000/69/EG van het Europees Parlement en de raad van 16 november 2000 betreffende grenswaarden voor benzeen en koolmonoxide in lucht. *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen* No L 313/12.
- EU (2001) Richtlijn 2001/81/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2001 inzake nationale emissieplafonds voor bepaalde luchtverontreinigende stoffen. *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen* No L 309/22.
- EU (2002) Richtlijn 2002/3/EG van de raad van 12 februari 2002 betreffende ozon in de lucht. *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen* No L 67/14.
- 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. (Vierde dochterrichtlijn) *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen* No L 23/3.
- EU (2008) Richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad van 20 mei 2008 betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa. *Publicatieblad van de Europese Unie* L 152/1.
- Fischer, P.H., C.B. Ameling & M. Marra (2005) *Air pollution and daily mortality in the Netherlands over the period 1992 - 2002*. Rapport 630400002. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Folkert, R.J.M. (red.) (2005) *Gevolgen voor Nederland van de EU thematische strategie voor luchtverontreiniging*. Rapport 500034002, Milieu- en Natuurplanbureau, Bithoven.
- Folkert, R.J.M. & Wieringa, K. (2006) *Beoordeling van het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit*. Rapport 500095003, Milieu- en Natuurplanbureau, Bithoven.
- Guerreiro, C., Larssen, S., De Leeuw, F. & Foltescu, V. (2011) *Air quality in Europe — 2011 report*. Technical report 12/2011, European Environmental Agency, Kopenhagen.
- Hammingh, P., Beck, J.P., Blom, W.F., Van den Brink, R.M.M., Folkert, R.J.M. & Wieringa, K. (2005) *Beoordeling van het Prinsjesdagpakket, Aanpak luchtkwaliteit 2005*. Rapport nr. 500037010, Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven, Nederland.
- HEIMTSA (2011) *Final report on risk functions used in the case studies*. Document GOCE-CT-2006-036913-2, Health and Environment Integrated Methodology and Toolbox for Scenario Development.
- Hendriks, C., Kranenburg, R. Kuenen, J.J.P., Van Gijlswijk, R.N., Denier van der Gon, H.A.C. & Schaap, M. (2012) *Establishing the origin of Particulate Matter concentrations in the Netherlands*. Rapport TNO-060-UT-2012-00474.
- Hensema, A., Keuken, M., Kooter, I., Verbeek, R. & Van Vugt, M. (2009) Ultrafijn stof: kleine deeltjes met grote gevolgen? *Tijdschrift Lucht*, februari 2009, nummer 1, 13-18.
- Hoogerbrugge R., Nguyen P.L., Wesseling J., Schaap M., Wichink Kruit R.J., Kamphuis V., Manders A.M.M. & Weijers E.P. (2012) *Assessment of the level of sea salt in PM<sub>10</sub> in the Netherlands. Yearly average and exceedance days*. Rapport 680704014, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.
- Hoogerbrugge, R., Denier van der Gon, H.A.C., Van Zanten, M.C. & Matthijsen, J. (2010) *Trends in fijn stof*. Rapport 500099014, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.

- Hoogerbrugge, R., Matthijssen, J., Van Jaarsveld, H., Schaap, M. & Denier van der Gon, H. (2005) *Aanbeveling voor een voorlopige regeling voor de correctie van fijn stof (PM<sub>10</sub>) concentraties voor de bijdrage van zeezout*. Zie [www.rivm.nl/Bibliotheek/Algemeen\\_Actueel/Uitgaven/Milieu\\_Leefomgeving/Aanbeveling\\_zeezoutcorrectie](http://www.rivm.nl/Bibliotheek/Algemeen_Actueel/Uitgaven/Milieu_Leefomgeving/Aanbeveling_zeezoutcorrectie). Geraadpleegd 13 april 2012.
- Hoogerbrugge, R., Nguyen, L., Wesseling, J., Snijder, A., Stokkermans, Y., Visser, J. & Van der Zee, S. (2011) Trends in PM<sub>10</sub>- en NO<sub>2</sub>-concentraties. *Tijdschrift Lucht*, no 2, 23-27.
- IRCEL-CELINE (2012) Intergewestelijke Cel voor het Leefmilieu. Zie [www.ircel.be](http://www.ircel.be); geraadpleegd op 19 april 2012.
- Janssen, N.A.H., Gerlofs-Nijland, M.E., Lanki, T., Salonen, R.O., Cassee, F., Hoek, G., Fischer, P., Brunekreef, B. & Krzyzanowski, M. (2012) *Health effects of black carbon*. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. Zie [www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2012/health-effects-of-black-carbon](http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2012/health-effects-of-black-carbon).
- Keuken, M., Sokhi, R., Kitwiroon, N., Larssen, S., Pregger, T., Kummer, U., Nussio, F. & Van den Elshout, S. (2007) Assessment of non-exhaust PM emissions by road traffic in urban areas - an AIR4EU case study in Rome, London, Oslo and Rotterdam. In: *Proceedings of the 6th International Conference on Urban Air Quality*, Cyprus, 27-29 March 2007, University of Hertfordshire and University of Cyprus.
- Keuken, M., Voogt, M., Van den Elshout, S., Hoek, G. & Janssen, N. (2011) Levensverwachting met jaar verlengd door verbeterde luchtkwaliteit in 1985-2008. *Tijdschrift Lucht*, nummer 3, juni 2011, 12-16.
- Keuken, M.P., Jonkers, S., Zandveld, P., Voogt, M. & Van den Elshout, S. (2012) Elemental carbon as an indicator for evaluating the impact of traffic measures on air quality and health. *Atmospheric Environment* 61, 1-8.
- Knol, A., Van Velze, K., Fischer, P., Kunseler, E. & Van Bree, L. (2009) Interpretatie van vroegtijdige sterfte door luchtverontreiniging. *Milieu* 2009-1, 20-22.
- Knol, A.B. & Staatsen, B.A.M. (2005) *Trends in the environmental burden of disease in the Netherlands, 1980-2020*. Rapport 500029001. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Lenters, V., Uiterwaal, C.S., Beelen, R., Bots, M.L., Fischer, P., Brunekreef, B. & Hoek, G. (2010) Long-Term Exposure to Air Pollution and Vascular Damage in Young Adults. *Epidemiology* 21(4), 512-20.
- Maas, R.J.M. (2007) *Evaluatie van het Gothenburg Protocol*. Rapport 500090002. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Manders, A.M.M., Schaap, M., Jozwicka, M., Van Arkel, F., Weijers, E.P. & Matthijssen, J. (2009) *The contribution of sea salt to PM<sub>10</sub> and PM<sub>2,5</sub> in the Netherlands*. Rapport 500099004, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Matthijssen, J. & Brink, H.M. (2007) *PM<sub>2.5</sub> in the Netherlands. Consequences of the new European air quality standards*. Rapport nr. 500099001, Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Matthijssen, J. & Koelemeijer, R.B.A. (2010) *Beleidsgericht onderzoeksprogramma fijn stof. Resultaten op hoofdlijnen en beleidsconsequenties*. Rapport 500099013, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Matthijssen, J. & Visser, H. (2006) *PM<sub>10</sub> in Nederland, rekenmethodiek, concentraties en onzekerheden*. Rapport 500093005, Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Matthijssen, J. & Visser, H. (2006) *PM<sub>10</sub> in Nederland; Rekenmethodiek, concentraties en onzekerheden*. Rapport nr. 500093005. Milieu- en Natuurplanbureau, Bilthoven.
- Matthijssen, J., Jimmink, B.A., De Leeuw, F.A.A.M. & Smeets, W.L.M. (2009) *Haalbaarheid van PM<sub>2,5</sub> luchtkwaliteitsnormen, situatie voor Nederland in een Europese context*. Rapport 500099015, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Meerding, W.J., Polder, J.J., de Hollander, A.E.M. & Mackenbach, J.P. (2007) *Hoe gezond zijn de zorguitgaven? Zorg voor euro's – 6*. Rapport 270091002. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Ministerie I & M (2008) *Handreiking luchtkwaliteit: niet in betekenende mate bijdragen (NIBM)*. Zie <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/brochures/2008/05/29/handreiking-luchtkwaliteit-niet-in-beteknende-mate-bijdragen-nibm.html>. Geraadpleegd op 13 april 2012. <sup>61</sup>

- Mol, W.J.A., Van Hooydonk, P.R. & De Leeuw, F.A.A.M. (2009) *European exchange of monitoring information and state of the air quality in 2007*. Technical Paper 2009/3, European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation, Bilthoven.
- Moldanova, J., Grennfelt, P.E., Jonsson, A., Simpson, D., Spranger, T., Aas, W., Munthe, J. & Rabl A. (2011) Nitrogen as a threat to European air quality, In: Sutton, M.A., Howard, C.M., Erismann, J.W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Van Grinsven, H., & Grizzetti, B. (eds.), *European Nitrogen Assessment*. London, Cambridge University Press, p. 405-433.
- Molenaar, R. & De Gier, C. (2011) Een indicator voor verkeersemissies. *Tijdschrift Lucht*, nummer 4, november 2011.
- OECD (1964) *Methods of measuring air pollution*. Organisation for Economic Co-operation and Development, Parijs.
- PBL (2008) *Milieubalans 2008*. Publicatie 500081007, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven.
- Pope III, C.A., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G.D. (2002) Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association* 287, 1132-1141.
- Pope III, C.A., Dockery, D.W. & Schwartz, J. (1995) Review of epidemiological evidence of health effects of particulate air pollution. *Inhalation Toxicology* 7, 1-18.
- RIVM (2000) *Milieubalans 2000*. Rapport 251701051, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- RIVM (2012) *Aantal dagen met een daggemiddelde concentratie PM<sub>10</sub> van meer dan 50 µg/m<sup>3</sup>*. Zie <http://www.lml.rivm.nl/data/overschrijding/overschrijdingpm10.html>; geraadpleegd op 19 april 2012.
- Schaap, M., Manders, A.M.M., Hendriks, E.C.J., Cnossen, J.M., Segers, A.J.S., Denier van der Gon, H.A.C., Jozwicka, M., Sauter, F., Velders, G., Matthijsen, J. & Builtjes, P.J.H. (2009) *Regional modelling of particulate matter for the Netherlands*. Rapport 500099008, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Schaap, M., Weijers, E.P., Mooibroek, D., Nguyen, L., & Hoogerbrugge, R. (2010) *Composition and origin of Particulate Matter in the Netherlands*. Rapport 500099007, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Schlesinger, R.B. & Cassee, F.A (2003) Atmospheric secondary inorganic particulate matter: the toxicological perspective as a basis for health effects risk assessment. *Inhalation Toxicology* 15, 197-235.
- Schlesinger, R.B. (2007) The health impact of common inorganic components of fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) in ambient air: a critical review. *Inhalation Toxicology* 19, 811-832.
- Seinfeld, J.H. (1986) *Atmospheric chemistry and physics of air pollution*. Wiley, New York.
- Simpson, D., Benedictow, A., Berge, H., Bergström, R., Emberson, L.D., Fagerli, H., Flechard, C.R., Hayman, G.D., Gauss, M., Jonson, J.E., Jenkin, M.E., Nyíri, A., Richter, C., Semeena, V.S., Tsyro, S., Tuovinen, J.-P., Valdebenito, Á. & Wind, P. (2012) The EMEP MSC-W chemical transport model – technical description. *Atmospheric Chemistry and Physics* 12, 7825-7865.
- Staatsblad (2007) Wet van 11 oktober 2007 tot wijziging van de Wet milieubeheer (luchtkwaliteitseisen). *Staatsblad* 414.
- Staatscourant (2005) Regeling van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 11 juli 2005, nr. LMV2005165892, houdende vaststelling van de wijze van meten en berekenen van de luchtkwaliteit. (Meetregeling luchtkwaliteit 2005), *Staatscourant* 142.
- Staatscourant (2006) Regeling van de Staatssecretaris van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 23 oktober 2006, nr. LMV 2006.309882, houdende regels voor het meten en berekenen van de gevolgen voor de luchtkwaliteit, bedoeld in artikel 7 van het Besluit luchtkwaliteit 2005 (Meet- en rekenvoorschrift bevoegdheden luchtkwaliteit), *Staatscourant* 215, 20-46.
- Staatscourant (2012) Regeling van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 8 november 2007, nr. LMV 2007.109578, houdende regels met betrekking tot het beoordelen van de luchtkwaliteit (Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007). Zie ook <http://wetten.overheid.nl/BWBR0022817>.

- Stedman, J.R., Kent, A.J. Grice, S., Bush, T.J & Derwent, R.G. (2007) A consistent method for modeling PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations across the United Kingdom in 2004 for air quality assessment. *Atmospheric Environment* 41, 161-172.
- Umweltbundesamt (2012) Zie <http://www.env-it.de/luftdaten/trsyear.fwd?comp=PM1&state=UB&year=2012&month=8&boxed=1&order=1>.
- UNECE (1999) *Protocol bij het Verdrag van 1979 betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand*, Göteborg, 30-11-99 (Trb. 2000, 66)
- 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 der Laan, J. & Hoek, G. (2012) *De bijdrage van scheepvaartemissies aan de gemeten concentraties stikstofoxiden en ultrafijn stof langs vaarwegen in Amsterdam en Diemen*. Rapport, GGD Amsterdam/Universiteit Utrecht.
- Van der Zee, S., Dijkema, M., Van der Laan, J. & Hoek, G. (2012) The impact of inland ships and recreational boats on measured NO<sub>x</sub> and ultrafine particle concentrations along the waterways. *Atmospheric Environment* 55, 368-376.
- Van Jaarsveld, J.A. (2004) *The Operational Priority Substances model*. Rapport 500045001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.<sup>62</sup>
- Velders, G.J.M., Aben, J.M.M., Jimmink, B.A., Geilenkirchen, G.P., Van der Swaluw, E., De Vries, W.J., Wesseling, J. & Van Zanten, M.C. (2012) *Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland: Rapportage 2012*. Rapport 680362002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Visser, H., Buringh, E. & Van Breugel, P.B. (2001) *Samenstelling en herkomst van fijn stof in Nederland*. Rapport 650010029, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- VMM (2011) *Jaarverslag luchtkwaliteit in het Vlaamse gewest, 2010*. Vlaamse Milieu Maatschappij, Erembodegem.
- Voogt, M.H., Keuken, M.P. Weijers, E.P. & Kraai, A. (2009) *Study on the spatial variability of urban background PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations*. Rapport 500099010, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- VROM (2006) *Toekomstagenda Milieu, Schoon, slim, sterk*. Ministerie van VROM, Den Haag.
- VROM (2007) *Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007*. Zie <http://wetten.overheid.nl/BWBR0022817/>. Geraadpleegd 24 april 2012.
- Wallace J.M. & Hobbs, P.V. (2006) *Atmospheric science. An introductory survey*. Elsevier, Amsterdam.
- Weijers, E.P., Sahan, E., Ten Brink, H.M., Schaap, M., Matthijsen, J., Otjes, R.P. & Van Arkel, F. (2010) *Contribution of secondary inorganic aerosols to PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> in the Netherlands; measurement and modelling results*. Rapport 500099006, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven/Den Haag.
- Wesseling, J. & Beijl, R. (2010) *Nulmeting van het NSL-monitoringsprogramma: analyse van de uitgangssituatie van het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit*. Rapport 680712001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Wet Milieubeheer (2007) *Wet van 11 oktober 2007 tot wijziging van de Wet milieubeheer (luchtkwaliteitseisen)* Staatsblad 414.
- WHO (2005) *Particulate matter air pollution: how it harms health*. Fact sheet EURO/04/05; zie [www.ecodallecitta.it/vecchio/allegati/961925\\_Fact.doc](http://www.ecodallecitta.it/vecchio/allegati/961925_Fact.doc).
- WHO (2006a) *WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment*. World Health Organization, Geneva.
- WHO (2006b) *Health risks of particulate matter from long-range transboundary air pollution*. Document number EUR/05/5046028, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.
- Working group on Particulate Matter (2004) *Second position paper on particulate matter*. Zie [http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/pdf/working\\_groups/2nd\\_position\\_paper\\_pm.pdf](http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/pdf/working_groups/2nd_position_paper_pm.pdf).



## Lijst van termen uit het dossier 'Fijn stof'

**Aerodynamische diameter** Bij deeltjes die niet zo regelmatig zijn gevormd, zoals stofdeeltjes, is het moeilijk om van een diameter te spreken. Om dit probleem te omzeilen wordt een definitie gebruikt die iets zegt over het gedrag van een deeltje in lucht. Dit is het begrip aerodynamische diameter. De aerodynamische diameter is de diameter van een bolvormig deeltje met een dichtheid van 1 gram per  $\text{cm}^3$  dat in de omgevingslucht hetzelfde gedrag vertoont als het (onregelmatig gevormde) stofdeeltje waar het om gaat.

**Aerosol(en)** Algemene uitdrukking voor vaste en vloeibare stoffen in lucht; niet nader gespecificeerd.

**Antropogeen** Veroorzaakt door menselijk handelen. Antropogene bronnen zijn de tegenhanger van natuurlijke bronnen.

**BC** Zie 'Black carbon'.

**Black carbon** Zwartgekleurd koolstofhoudend stof; methodebepaalde grootte. Dit betekent dat 'Black carbon' datgene is dat met de blackcarbonmethode wordt gemeten. Black carbon is daardoor niet eenduidig fysisch of chemisch te duiden. Black carbon is een belangrijk bestanddeel van zwarte rook. Black carbon is overigens niet te verwarren met 'Carbon black'.

**Carbon black** Industrieel bulkchemicalie; bestaat grotendeels uit elementair koolstof. Vooral gebruikt bij productie van rubber (90%) en als pigment (9%). Niet te verwarren met 'Black carbon'.

**EC** Elemental carbon; zie 'Elemental carbon'.

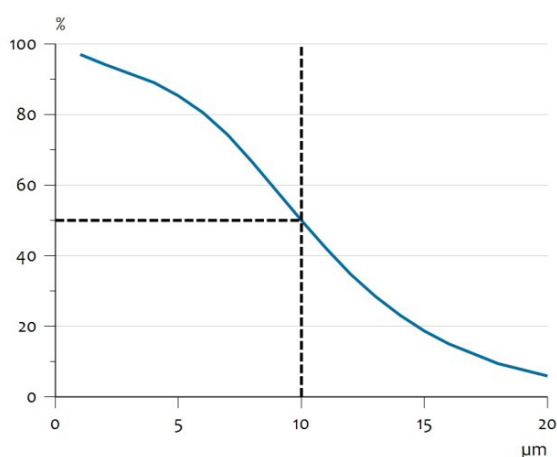
**EC/OC** Elemental carbon/organic carbon; zie bij 'Elemental carbon' en 'Organic carbon'.

**Elemental carbon** Aanduiding voor elementair koolstof. De grootte is echter methodebepaald, dat wil zeggen dat 'Elemental carbon' datgene is dat met een EC- of een EC/OC-meting wordt bepaald.

**Feinstaub** Duitstalige uitdrukking voor fijn stof én de fijnere fractie van fijn stof.

**Fijn stof** ( $\text{PM}_{10}$ ) Meestal omschreven als de 'deeltjes met een diameter van 10  $\mu\text{m}$  of minder'. Strikt genomen is dit onjuist. De juiste omschrijving is: 'Deeltjes die een op grootte selecterende inlaat als omschreven in de referentiemethode voor bemonsteren en meten van  $\text{PM}_{10}$  passeren met een efficiëncygrens van 50 % bij een aerodynamische diameter van 10  $\mu\text{m}$ '. De uitdrukking voor fijn stof in de Verenigde Staten is 'small particles'. In het Duits is de uitdrukking 'Feinstaub'. In de Verenigde Staten worden met 'fine particles' de deeltjes bedoeld met een diameter van 2,5  $\mu\text{m}$  of minder.

Afvangst van een  $\text{PM}_{10}$ -voorafscheider



Grafische uitleg van het begrip van  $\text{PM}_{10}$ . Deeltjes met een diameter van 10  $\mu\text{m}$  worden in de aanzuiging van het meetapparaat met 50% efficiëntie bemonsterd. Kleinere deeltjes met een hogere efficiëntie naarmate ze kleiner worden; grotere steeds minder naarmate ze groter worden. Hieruit blijkt dat bij deeltjes met een diameter beneden 10  $\mu\text{m}$  niet volledig worden bemonsterd (en dus gemeten), maar dat daarentegen ook deeltjes met een diameter met een diameter boven 10  $\mu\text{m}$  deels kunnen worden bemonsterd. Eenzelfde uitleg is van toepassing op begrippen als  $\text{PM}_{2,5}$  en  $\text{PM}_{10}$ . De curves kunnen dan wel een andere vorm hebben.

**Fijnere fractie van fijn stof** ( $PM_{2,5}$ ) Meestal omschreven als de 'deeltjes met een diameter van 2,5  $\mu m$  of minder'. Strikt genomen onjuist; de juiste omschrijving is: 'Deeltjes die een op grootte selecterende inlaat als omschreven in de referentiemethode voor bemonsteren en meten van  $PM_{2,5}$  passeren met een efficiencygrens van 50 % bij een aerodynamische diameter van 2,5  $\mu m$ '. De uitdrukking voor de fijnere fractie van fijn stof in de Verenigde Staten is 'fine particles'. De Europese Unie gebruikt in haar Engelstalige publicaties de term 'finest particulates'. In Duitsland wordt  $PM_{2,5}$  met dezelfde term aangeduid als  $PM_{10}$ , 'Feinstaub'. Daarnaast wordt in Duitsland voor  $PM_{2,5}$  ook wel de term 'lungengängiger Staub' gebruikt om aan te geven dat dit soort stof diep in de longen kan doordringen. In Engelstalige landen wordt als symbool voor de fijnere fractie van fijn stof  $PM_{2,5}$  gebruikt.

**Fine particles** Engelstalige uitdrukking voor  $PM_{2,5}$ . Zie ook bij 'Fijnere fractie van fijn stof'.

**Finest particulates** Engelstalige uitdrukking voor  $PM_{2,5}$ . Zie ook bij 'Fijnere fractie van fijn stof'.

**Grof stof** Gewoonlijk het stof met een diameter boven 10  $\mu m$ .

**Grovere fractie van fijn stof** ( $PM_{2,5-10}$ ; ook wel  $PM_{10-2,5}$ ). Het deel van het fijn stof met een diameter tussen 2,5 en 10  $\mu m$ .

**$PM_{0,1}$**  Zie 'Ultrafijn stof'.

**$PM_1$**  Deeltjes die een op grootte selecterende inlaat passeren met een efficiencygrens van 50 % bij een aerodynamische diameter van 1  $\mu m$ . Geen gangbare, korte, taalkundige uitdrukking beschikbaar. 'De fijnste fractie van fijn stof' zou als (ongelukkig) alternatief kunnen worden overwogen.

**$PM_{2,5}$**  Zie 'Fijnere fractie van fijn stof'.

**$PM_{2,5-10}$**  Zie 'Grovere fractie van fijn stof'.

**$PM_{10}$**  Zie 'Fijn stof'.

**$PM_{10-2,5}$**  Zie 'Grovere fractie van fijn stof'.

**PNC** Particle Number Concentration. Het aantal deeltjes per volume-eenheid.

**OC** Zie 'Organic carbon'.

**Organic carbon** Aanduiding voor organisch gebonden koolstof. De grootte is echter methodebepaald, dat wil zeggen dat 'Organic carbon' datgene is dat met een OC- of een EC/OC-meting wordt bepaald.

**Roet** Zichtbare vorm van stofvormige luchtverontreiniging, veelal zwart. De zwarte kleur komt door de aanwezigheid van elementair koolstof en/of teerachtige stoffen die het gevolg zijn van onvolledig verlopen verbrandingsprocessen. De grootte 'roet' is in de atmosferische chemie methodebepaald, dat wil zeggen roet is datgene dat met een meetmethode voor roet wordt bepaald. Roet is daardoor niet eenduidig fysisch of chemisch te duiden. Duits: Ruß; Engels: Soot.

**Rook** Zichtbare vorm van stofvormige luchtverontreiniging; niet nader gespecificeerd. Engels: smoke.

**SIA** Secondary Inorganic Aerosol. Secundair anorganisch aerosol overwegend bestaande uit ammonium, nitraat en sulfaat. In de lucht gevormd uit de primaire vromen van luchtverontreiniging ammoniak, stikstofoxiden en zwaveldioxide.

**Stof** Algemene term voor de verzameling van alle vaste en vloeibare deeltjes in de lucht; niet nader gespecificeerd.

**TCM** Total Carbonaceous Matter. Koolstofhoudend stof, gewoonlijk bestaande uit elementair koolstof en organisch gebonden koolstof.

**Totaal stof** In principe al het stof in de lucht. Methodebepaalde grootte, dat betekent dat wat er met de totaalstofmeting werd gemeten, hangt af van de apparatuur en de omstandigheden. Totaal stof of, in het Engels Total Suspended Particulates (TSP), is een begrip van vroeger. In tegenstelling tot wat het begrip doet vermoeden, is 'totaal stof' niet het totaal aan in de lucht voorkomend stof. In de praktijk bleek het bereik van de deeltjes die werden bemonsterd, af te hangen van de windrichting en de windsnelheid tijdens de monsterneming. Dit betekende dat in feite een selectie op grootte plaatsvond die in de tijd kon veranderen en waarvan de grens niet bekend was. Afhankelijk van de omstandigheden kon de bovengrens ergens in het gebied van 20 tot 50  $\mu m$  liggen. Engels: Total Suspended Particulates of Total Suspendend Particles (TSP).

**Total Suspendend Particles** Zie 'Totaal stof'.

**Total Suspended Particulates** Zie 'Totaal stof'.

**TSP** Total Suspendend Particles, soms ook Total Suspended Particulates; zie 'Totaal stof'.

**UFP** Ultrafine Fine Particles. Engelstalige uitdrukking ultrafijn stof. Zie ook bij  $PM_{0,1}$ .



**Ultrafijn stof** Meestal omschreven als de 'deeltjes met een diameter van 0,1  $\mu\text{m}$  of minder'. Zie ook bij  $\text{PM}_{0,1}$ .

**Verbrandingsaerosol** Deeltjes die vrijkomen bij verbrandingsprocessen. De chemische samenstelling van verbrandingsaerosol is niet eenduidig en hangt samen met de bron en kan per bron verschillen. Verbrandingsaerosol bestaat over het algemeen voor het grootste deel uit elementair en organisch gebonden koolstof (zie ook 'Elementair koolstof', 'Organisch koolstof' en 'Roet') en voor een klein deel uit zware metalen zoals nikkel en vanadium, metaaloxiden en zuren.

**Verkeersgerelateerd aerosol** Deeltjes die vrijkomen bij het verkeer. Bestaat deels uit verbrandings-aerosol, maar kent ook bijdragen van de slijtage van remmen en banden, van de slijtage van het wegdek en van opgewerveld bodemstof.

**Zwarte rook** De grootte 'zwarte rook' is in de atmosferische chemie methodebepaald. Dat betekent dat zwarte rook datgene is dat wordt gemeten met de zwarterookmethode. Zwarte rook is daardoor niet eenduidig fysisch of chemisch te duiden. Zwarte rook bestaat grotendeels uit deeltjes met een diameter van 4,5  $\mu\text{m}$  of minder. Zwarte rook ontstaat bij onvolledig verlopende verbrandingsprocessen en bij bepaalde vormen van slijtage. Het begrip 'zwarte rook' heeft zijn oorsprong in de jaren zestig, toen een groot deel van de stofvormige luchtverontreiniging afkomstig was van kolenstook. Dit deel van het stof was grotendeels zwart. Black carbon is waarschijnlijk een belangrijk bestanddeel van zwarte rook.

**Zwevende deeltjes** Algemene, verouderde term voor stofvormige luchtverontreiniging; niet nader gespecificeerd. Werd vroeger als begrip in de wetgeving gebruikt.



## Lijst van begrippen uit de regelgeving <sup>1</sup>

**Agglomeratie** Een verstedelijkte zone met een bevolking van meer dan 250 000 inwoners of, in het geval van een bevolking van 250 000 inwoners of minder, met een door de lidstaten vast te stellen bevolkingsdichtheid per km<sup>2</sup>.

**Bijdragen van natuurlijke bronnen** Emissies van verontreinigende stoffen die niet direct of indirect zijn veroorzaakt door menselijke activiteiten, met inbegrip van natuur-verschijnselen zoals vulkanische uitbarstingen, seismische activiteiten, geothermische activiteiten, bosbranden, stormen, zeezout als gevolg van verstuvend zeewater of de atmosferische opwerveling of verplaatsing van natuurlijke deeltjes uit droge regio's.

**Blootstellingsconcentratieverplichting** Een op grond van de gemiddelde blootstellingsindex vastgesteld niveau met het doel de schadelijke gevolgen voor de gezondheid van de mens te verminderen en waaraan binnen een bepaalde termijn moet worden voldaan.

**Fijn stof** Zie PM<sub>10</sub>.

**Fijnere fractie van fijn stof** Zie PM<sub>2,5</sub>.

**Gemiddelde-blootstellingsindex** Een gemiddeld niveau dat wordt bepaald op basis van metingen op stedelijke achtergrondlocaties verspreid over het gehele grondgebied van een lidstaat en dat de blootstelling van de bevolking weergeeft. Het wordt gebruikt om de nationale streefwaarde inzake vermindering van de blootstelling te berekenen alsmede de blootstellingsconcentratieverplichting.

**Grenswaarde** Een niveau dat op basis van wetenschappelijke kennis wordt vastgesteld met als doel schadelijke gevolgen voor de menselijke gezondheid en/of het milieu als geheel te vermijden, te voorkomen of te verminderen en dat binnen een bepaalde termijn moet worden bereikt en, wanneer het eenmaal is bereikt, niet meer mag worden overschreden.

**Nationale streefwaarde inzake vermindering van de blootstelling** Een procentuele vermindering van de gemiddelde blootstelling van de bevolking van een lidstaat die voor het referentiejaar wordt vastgesteld met het doel de schadelijke gevolgen voor de menselijke gezondheid te verminderen en die waar mogelijk binnen een bepaalde termijn moet worden bereikt.

**Natuurlijke bronnen** Zie 'Bijdragen van natuurlijke bronnen'.

**PM<sub>10</sub>** Deeltjes die een op grootte selecterende inlaat als omschreven in de referentiemethode voor bemonsteren en meten van PM<sub>10</sub> EN 12341 passeren met een efficiencygrens van 50 % bij een aerodynamische diameter van 10 µm.

**PM<sub>2,5</sub>** Deeltjes die een op grootte selecterende inlaat als omschreven in de referentiemethode voor bemonsteren en meten van PM<sub>2,5</sub> EN 14907 passeren met een efficiencygrens van 50 % bij een aerodynamische diameter van 2,5 µm.

**Stedelijke achtergrondlocaties** Plaatsen in stedelijke gebieden waar de niveaus representatief zijn voor de blootstelling van de stedelijke bevolking in het algemeen.

**Streefwaarde** Een niveau dat is vastgesteld met het doel om schadelijke gevolgen voor de menselijke gezondheid en/of het milieu als geheel te vermijden, te voorkomen of te verminderen en dat voor zover mogelijk binnen een bepaalde termijn moet worden bereikt;

**Zone** Een door een lidstaat met het oog op de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit afgebakend gedeelte van zijn grondgebied.

---

<sup>1</sup> De gegeven definities zijn letterlijk overgenomen uit de Europese luchtkwaliteitsrichtlijn 2008/50/EG.



## Noten

<sup>1</sup> Er is al jarenlang discussie over de juiste schrijfwijze: fijn stof of fijnstof. Voor beide schrijfwijzen valt iets te zeggen. Vooral nog wordt in deze publicatie voor de notatie fijn stof gekozen, in navolging van Van Dale (2005).

<sup>2</sup>  $\mu\text{m}$  = micrometer =  $10^{-6}$  meter.

<sup>3</sup>  $\text{PM}_{10}$  wordt vaak omschreven als de 'deeltjes met een diameter van 10  $\mu\text{m}$  of minder'. Dit is onjuist. Zie bij de 'Lijst van termen uit het fijnstofdossier' voor een juiste definitie. De juiste definitie is, zeker voor niet-ingewijden, niet onmiddellijk intuïtief te doorgronden. Daarom wordt vaak volstaan met de genoemde, sterk verkorte beschrijving.

<sup>4</sup> Gemiddeldes op basis van metingen op drie regionale locaties, een locatie in de stedelijke achtergrond en een locatie in een verkeersrijke straat in 2007/2008. De resultaten mogen echter als representatief voor Nederland worden gezien en zijn bevestigd door latere metingen (zie bijvoorbeeld Schaap et al., 2009; Weijers et al., 2010).

*Relatieve bijdragen van bestanddelen van  $\text{PM}_{10}$  bij lage ( $<30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) respectievelijk hoge ( $>30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fijnstofconcentraties.*

Bestanddeel	Laag	Hoog
	%	%
Secundair anorganisch aerosol	35	44
Koolstof en koolstofhoudende stoffen	26	23
Zeezout	16	3
Bodemstof	7	7
Metalen	7	5
Niet nader gespecificeerd	9	18

<sup>5</sup> Gemiddeldes op basis van metingen op drie regionale locaties, een locatie in de stedelijke achtergrond en een locatie in een verkeersrijke straat in 2007/2008. De resultaten mogen echter als representatief voor Nederland worden gezien en zijn bevestigd door latere metingen metingen (zie bijvoorbeeld Schaap et al., 2009; Weijers et al., 2010).

*Relatieve bijdragen van bestanddelen van  $\text{PM}_{2,5}$  bij lage ( $<30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) respectievelijk hoge ( $>30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fijnstofconcentraties.*

Bestanddeel	Laag	Hoog
	%	%
Secundair anorganisch aerosol	45	47
Koolstof en koolstofhoudende stoffen	31	26
Zeezout	7	1
Bodemstof	4	3
Metalen	5	3
Niet nader gespecificeerd	8	20

<sup>6</sup> 1 nm = 1 nanometer =  $10^{-9}$  meter.

<sup>7</sup> 1  $\mu\text{m}$  = 1 micrometer =  $10^{-6}$  meter.

<sup>8</sup>  $\times 10^6$  voor het aantal deeltjes per  $\text{m}^3$ .

<sup>9</sup> 'Totaal stof' is in principe al het stof in de lucht. Het is een methodebepaalde grootheid, dat betekent dat wat er met de totaalstofmeting werd gemeten, hangt af van de apparatuur en de omstandigheden. Totaal stof of, in het Engels Total Suspended Particulates (TSP) is een grootheid die vroeger veel werd gemeten. In tegenstelling tot wat het begrip doet vermoeden, is 'totaal stof' niet het totaal aan in de lucht voorkomend stof. In de praktijk bleek het bereik van de deeltjes die werden bemonsterd, af te hangen van de windrichting en de windsnelheid tijdens de monsterneming. Dit betekende dat in feite een selectie op grootte plaatsvond die in de tijd kon veranderen en waarvan de grens niet bekend was. Afhankelijk van de omstandigheden ligt de bovengrens ergens in het gebied van 20 tot 50  $\mu\text{m}$ .

<sup>10</sup> Er bestaat geen eenvoudige relatie tussen individuele resultaten van TSP-metingen en de huidige metingen volgens de  $\text{PM}_{10}$ -methode. Gewoonlijk wordt voor geaggregeerde meetwaarden een indicatieve omrekening van de concentraties gehanteerd van  $[\text{PM}_{10}] = (0,7-0,9) \times [\text{TSP}]$ .

<sup>11</sup> Overigens is in figuur 3.10 nog 35-40 % onverklaard, terwijl dit in afbeelding 3.7 slechts 10-15% was. Het verschil is toe te schrijven aan modelverbeteringen die in BOP-kader zijn aangebracht ten opzichte van de eerdere modelversie. Deze eerdere is echter nog gebruikt voor afbeelding 3.10.

<sup>12</sup> Hierbij moet echter wel worden aangetekend dat de Europese Commissie in 2009 Nederland uitstel (derogatie) heeft verleend voor de zone Midden en de agglomeraties Amsterdam/Haarlem, Utrecht en Rotterdam/Dordrecht. Tot 11 juni 2011 gold een verhoogde grenswaarde: niet meer dan 35 dagen met een daggemiddelde concentratie van 75 µg/m<sup>3</sup> (normaal 50 µg/m<sup>3</sup>). Voor de beoordeling of in 2011 werd voldaan aan de grenswaarde, werd tot 11 juni 2011 het aantal dagen met een daggemiddelde boven 75 µg/m<sup>3</sup> en daarna het aantal dagen met een daggemiddelde boven 50 µg/m<sup>3</sup> geteld. De beide aantallen werden vervolgens gecumuleerd tot een jaartotaal. Op deze wijze berekend zijn er voor de jaren 2009 tot en met 2011 geen overschrijdingen van de grenswaarde voor het daggemiddelde geweest.

Als er geen derogatie zou zijn verleend dan zou in 2011 op 15% van de stations de grenswaarde voor het daggemiddelde zijn overschreden. In alle gevallen gaat het om straatstations. Voor de jaren 2009 en 2010 zou geen overschrijding zijn opgetreden (RIVM, 2012).

<sup>13</sup> Men spreekt ook wel van de dagelijkse variatie in fijnstofniveaus

<sup>14</sup> Buijsman et al. (2005), p. 56-57. Deze gegevens waren ontleend aan Knol & Staatsen (2005).

<sup>15</sup> Gravimetrisch is afgeleid van het Latijnse woord *gravare*, zwaar maken.

<sup>16</sup> De mate van verzwakking is niet eenduidig gerelateerd aan de massa, maar hangt samen met de dichtheid, en daarmee met de chemische samenstelling, van het materiaal dat op het filter aanwezig is. Binnen zekere voorwaarden en onder bepaalde aannames kan echter de verzwakking worden omgerekend naar een concentratie.

<sup>17</sup> De veel gegeven definitie van fijn stof (PM<sub>10</sub>) als de deeltjes met een diameter minder dan 10 µm is dus niet juist en zelfs niet bij benadering juist. De juiste omschrijving is: 'Deeltjes die een op grootte selecterende inlaat als omschreven in de referentiemethode voor bemonsteren en meten van PM<sub>10</sub> passeren met een efficiencygrens van 50 % bij een aerodynamische diameter van 10 µm'. Deze definitie is, zeker voor niet-ingewijden, niet onmiddellijk intuïtief te doorgronden. Daarom wordt vaak volstaan met de sterk verkorte (en dus onjuiste) beschrijving.

<sup>18</sup> Vroeger werd ook wel gesproken van correctie en correctiefactoren.

<sup>19</sup> De op de kaart aangegeven meetstations maken deel uit van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM en van de regionale meetnetten van GGD Amsterdam, DCMR Milieudienst Rijnmond, de provincies Limburg, Noord-Holland en Gelderland.

<sup>20</sup> De op de kaart aangegeven meetstations maken deel uit van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM en van de regionale meetnetten van GGD Amsterdam, DCMR Milieudienst Rijnmond, de provincies Limburg, Noord-Holland en Gelderland.

<sup>21</sup> De hier aangegeven meetstations maken deel uit van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM en van de regionale meetnetten van GGD Amsterdam en van DCMR Milieudienst Rijnmond.

<sup>22</sup> Richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad van 20 mei 2008 betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa, artikel 8, lid 1.

<sup>23</sup> Zie ook Burton, R.M. & Lundgren, D.A. (2009).

<sup>24</sup> Zwarte rook heeft zijn oorsprong in de jaren zestig, toen en groot deel van de stofvormige luchtverontreiniging afkomstig was van kolenstook. Dit deel van het stof was grotendeels zwart (OECD, 1964).

<sup>25</sup> Richtlijn 2008/50/EG van het Europees Parlement en de Raad van 20 mei 2008 betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa, artikel 26, lid 1.

<sup>26</sup> OPS staat voor Operationele Prioritaire Stoffen (model).

<sup>27</sup> Een deterministisch produceert resultaten op basis van deterministische regels. Iedere keer dat een modelrun wordt herhaald zal het model dezelfde uitkomst geven. Dit in tegenstelling tot een stochastisch model. Dit type model maakt gebruik van 'gelote' waarden uit kansverdelingen. De resultaten zullen in het algemeen verschillen per run.

<sup>28</sup> EMEP staat voor 'European Monitoring and Evaluation Programme'.

<sup>29</sup> De problematiek van grensoverschrijdende luchtverontreiniging – en de mogelijke relatie daarvan met zure regen – kreeg in 1977 internationale aandacht na publicatie van een studie door de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO). Dit onderzoek toonde aan dat in grote delen van Europa zure regen viel. Ook kon de verzuring van meren in Scandinavië worden toegeschreven aan emissies van verzurende stoffen in West-Europa. Die conclusies werden in 1978 ook bevestigd door de eerste resultaten van het internationale onderzoeksprogramma European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP). Het EMEP-programma was een bundeling van bilaterale en multilaterale (Duitsland/Nederland, VS/Canada, Scandinavische landen, OESO) meet- en onderzoeksprogramma's die in de jaren zeventig waren gestart. De internationale aanpak van de verzuring kreeg dus in de jaren zeventig gestalte. Dit was niet alleen vanwege bezorgdheid over het milieu. In de tijd van de Koude Oorlog werd de problematiek rond grensoverschrijdende luchtverontreiniging namelijk ook gezien als een relatief onschuldig samenwerkingsterrein om de relaties tussen de landen van het Warschaupact en de NAVO aan te halen. Daardoor – en door bezorgdheid van de Scandinavische landen over de ernst van de verzuringsproblematiek – kwam in 1979 de Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) tot stand (UNECE 1979). De Conventie kreeg onderdak bij de UN ECE, die het secretariaat op zich nam.

<sup>30</sup> Het Kyoto Protocol werd in 1997 getekend en is in 2005 in werking getreden. In het protocol hebben 37 landen zich verplicht hun uitstoot van broeikasgassen in 2012 met gemiddeld 5,2% te verminderen ten opzichte van 1990. Nederland moet 6% minder uitstoten. Het gaat om - o.a. koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>), methaan (CH<sub>4</sub>), lachgas (N<sub>2</sub>O) en een aantal groepen van fluorkoolwaterstoffen (HFK's, PFK's) en zwavelhexafluoride (SF<sub>6</sub>)

<sup>31</sup> Voor een overzicht van begrippen uit de regelgeving zie de betreffende bijlage.

<sup>32</sup> Richtlijn 2008/05/EG formuleert luchtkwaliteitsdoelstellingen voor de volgende stoffen in lucht: fijn stof (PM<sub>10</sub>), de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>), koolmonoxide (CO), lood (Pb), ozon (O<sub>3</sub>), stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>).

<sup>33</sup> Richtlijn 2008/05/EG, artikel 2, lid 5.

<sup>34</sup> Richtlijn 2008/05/EG, artikel 2, lid 9.

<sup>35</sup> Er bestaan in de Europese luchtkwaliteitsregelgeving ook doelstellingen die dienen ter bescherming van de natuur. Een voorbeeld is de grenswaarde voor de jaargemiddelde concentratie van stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) van 30 µg/m<sup>3</sup> (uitgedrukt in NO<sub>2</sub>).

<sup>36</sup> Vaak wordt het daggemiddelde van 50 µg/m<sup>3</sup> als de grenswaarde aangeduid. Dat is niet juist; de grenswaarde is het genoemde aantal van 35 dagen.

<sup>37</sup> Richtlijn 2008/05/EG, Bijlage XIV, sectie B.

<sup>38</sup> Richtlijn 2008/05/EG, artikel 2, lid 20.

<sup>39</sup> Dergelijke stedelijke achtergrondlocaties spelen dus een belangrijke rol in de regelgeving. Dergelijke locaties zijn volgens de regelgeving op te vatten als 'plaatsen in stedelijke gebieden waar de niveaus representatief zijn voor de blootstelling van de stedelijke bevolking in het algemeen' (zie Richtlijn 2008/05/EG, artikel 2, lid 23). Helaas is hierbij verzuimd om in meettechnische termen een goede invulling van het begrip 'representatief' te geven. Zie ook Richtlijn 2008/05/EG, Bijlage III, sectie B, artikel 2, lid c waar de eisen aan de stedelijke achtergrondlocaties worden geformuleerd.

<sup>40</sup> Richtlijn 2008/05/EG, artikel 2, lid 21.

<sup>41</sup> Richtlijn 2008/05/EG stelt in Bijlage III, sectie A, artikel 2:

Op de volgende locaties vindt geen beoordeling plaats van de naleving van de grenswaarden met het oog op de bescherming van de menselijke gezondheid:

- a) locaties die zich bevinden in gebieden waartoe leden van het publiek geen toegang hebben en waar geen vaste bewoning is;
- b) overeenkomstig artikel 2, lid 1, op bedrijfsterreinen of terreinen van industriële inrichtingen, waarop alle relevante bepalingen inzake gezondheid en veiligheid op het werk gelden;
- c) op de rijbaan van wegen; en op de middenberm van wegen, tenzij voetgangers normaliter toegang tot de middenberm hebben.

<sup>42</sup> Richtlijn 2008/05/EG, Bijlage VI, sectie B.

<sup>43</sup> Richtlijn 2008/05/EG, Bijlage VI, sectie B.

<sup>44</sup> Richtlijn 2008/05/EG, Bijlage I, sectie A.

<sup>45</sup> Richtlijn 2008/05/EG, Bijlage I, sectie A en Bijlage XI, sectie A.

<sup>46</sup> Zie met name Richtlijn 2008/05/EG, Bijlage III, secties B tot en met D.

<sup>47</sup> De definitie van 'in betekenende mate' is vastgelegd in een algemene maatregel van bestuur (AMvB). 'In betekende mate' houdt in dat projecten die de concentratie fijn stof met meer dan 3% van de grenswaarde (= 1,2 µg/m<sup>3</sup>) verhogen, in betekende mate bijdragen aan de luchtvervuiling. Deze 3%-grens is voor een aantal categorieën projecten omgezet in getalsmatige grenzen, bijvoorbeeld voor woningbouw en kantoorlocaties. Verder zijn grenzen opgenomen voor bepaalde landbouwrichtingen en spoorwegemplacementen. De 3%-grens geldt sinds 1 augustus 2009; de datum waarop het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) van start is gegaan.

<sup>48</sup> Voor fijn stof (PM<sub>10</sub>) gelden de volgende luchtkwaliteitsdoelstellingen:

- een grenswaarde van 40 µg/m<sup>3</sup> voor het jaargemiddelde.
- een grenswaarde waarbij de daggemiddelde concentratie niet meer dan 35 dagen boven 50 µg/m<sup>3</sup> mag komen.

<sup>49</sup> Voor de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>) gelden de volgende luchtkwaliteitsdoelstellingen:

- een grenswaarde van 25 µg/m<sup>3</sup> voor het jaargemiddelde (per 1 januari 2015 aan te voldoen).
- een grenswaarde voor het jaargemiddelde op basis van metingen op stedelijke achtergrondlocaties, de zogeheten blootstellingsconcentratie van 20 µg/m<sup>3</sup> (per 1 januari 2015 aan te voldoen).
- een streefwaarde voor de vermindering van het jaargemiddelde op basis van metingen op stedelijke achtergrondlocaties over de jaren 2009 tot en met 2011 respectievelijk over de jaren 2018 tot en met 2020 (per 1 januari 2020 aan te voldoen). De precieze vermindering zal afhankelijk van de concentratie zijn en moet nog worden vastgesteld.
- een indicatieve grenswaarde voor het jaargemiddelde van 20 µg/m<sup>3</sup> (op 1 januari 2020 aan te voldoen).

<sup>50</sup> PM staat voor Particulate Matter, de Engelstalige uitdrukking voor fijn stof.

<sup>51</sup> Richtlijn 2008/05/EG formuleert luchtkwaliteitsdoelstellingen voor de volgende stoffen in lucht: fijn stof (PM<sub>10</sub>), de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>), koolmonoxide (CO), lood (Pb), ozon (O<sub>3</sub>), stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>) en zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>).

<sup>52</sup> Voor nadere informatie zie <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-to-review-eu-policies-the-revihaap-project>.

<sup>53</sup> Vergelijkbaar met de oxidatieve stress door bijvoorbeeld ozon.

<sup>54</sup> Hierbij valt te denken aan de verblijftijd in het verkeer.

<sup>55</sup> Aquila staat voor Air Quality Reference Laboratories.

<sup>56</sup> Zie ook: Belis, C.A., 2009. Preliminary results of the QA/QC programme for PM<sub>10</sub>/PM<sub>2,5</sub> in Europe. Paper gepresenteerd op de Fourteenth EIONET Workshop on Air Quality Management and Assessment Warsaw, Poland, 5-6 oktober 2009. Te raadplegen onder: [http://acm.eionet.europa.eu/docs/meetings/091005\\_14th\\_eionet\\_aq\\_ws/02\\_QAQC\\_PM\\_AQEionet09\\_CBelis.pdf](http://acm.eionet.europa.eu/docs/meetings/091005_14th_eionet_aq_ws/02_QAQC_PM_AQEionet09_CBelis.pdf).

<sup>57</sup> Zie ook <http://www.escapeproject.eu>.

<sup>58</sup> Zie ook <http://www.transphorm.eu>.

<sup>59</sup> Zie ook <http://www.transphorm.eu>.

<sup>60</sup> Zie ook <http://joaquin.eu> en <http://www.vmm.be/lucht/internationale-projecten/joaquin-joint-air-quality-initiative>.

<sup>61</sup> Voor uitgebreide informatie zie ook de website van InfoMil, [www.infomil.nl](http://www.infomil.nl).

<sup>62</sup> Zie ook [www.rivm.nl/ops](http://www.rivm.nl/ops).