

*rivm*

Rapport 609300016/2010

J. van der Ree | P.P. Morgenstern | A. Dusseldorp

## Fijn stof van antropogene bronnen

Een literatuurstudie naar samenstelling en verspreiding

RIVM Rapport 609300016/2010

**Fijn stof van antropogene bronnen**  
Een literatuurstudie naar samenstelling en verspreiding

J. van der Ree  
P. P. Morgenstern  
A. Dusseldorp

Contact:  
Joost van der Ree  
Centrum Inspectie Milieu en Gezondheidsadviesing  
[Joost.van.der.ree@rivm.nl](mailto:Joost.van.der.ree@rivm.nl)

Dit onderzoek werd op verzoek van de GGD'en verricht ten laste van het door het ministerie van VWS gefinancierde project V/609300 'Ondersteuning GGD'en'.

© RIVM 2010

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'.

## Rapport in het kort

### **Fijn stof van antropogene bronnen. Literatuurstudie naar samenstelling en verspreiding.**

Het merendeel van de concentratie fijn stof in de lucht is afkomstig van menselijk handelen, zoals wegverkeer, zeeschepen en veehouderij. Uit verkennend literatuuronderzoek van het RIVM blijkt dat de bijdrage van deze zogeheten antropogene bronnen aan de fijnstofconcentratie in de omgeving grofweg tot maximaal enkele kilometers is te identificeren. Het onderzoek is uitgevoerd op verzoek van de GGD'en, omdat de gegevens over de bijdrage van antropogene bronnen aan de lokale fijnstofconcentratie schaars zijn. De GGD'en kunnen de kennis als achtergrondinformatie gebruiken voor hun adviestaak aan burgers en beleidsmakers.

Daarnaast blijkt dat de samenstelling en deeltjesgrootte per bron verschillen, waardoor ook de mate waarin een eventuele blootstelling schadelijk is voor de gezondheid varieert. Hierdoor is het niet mogelijk de gezondheidseffecten van fijn stof die in stedelijke omgevingen zijn aangetoond (met verkeer als belangrijke bron) te vertalen naar effecten van het fijn stof van de onderzochte bronnen. Wel kan worden gesteld dat kleinere deeltjes, deeltjes afkomstig van verbrandingsprocessen en deeltjes met metalen die in water oplosbaar zijn het meest schadelijk zijn.

Het RIVM heeft de volgende bronnen onderzocht: scheepvaart, voedingsmiddelenindustrie (diervoeder en meel), op- en overslagbedrijven, intensieve veehouderij, metaalindustrie, raffinaderijen en bouwplaatsen. Deze bronnen zijn geselecteerd vanwege hun relatief grote bijdrage aan de totale fijnstofemissie in Nederland en vanwege de vele vragen die hierover worden gesteld aan GGD'en.

Trefwoorden: fijn stof, gezondheid, PM10, samenstelling, industrie, antropogeen



## Abstract

### **A literature review on the composition and dispersion of particulate matter from anthropogenic sources.**

The greater part of airborne particulate matter concentrations originate from human activities, such as road traffic, shipping and animal husbandry. A literature review conducted by the RIVM shows that the contribution from these anthropogenic sources to particulate matter concentrations can be identified up to several kilometers from the source. This research was requested by regional health authorities (GGD'en), since data on the contribution of anthropogenic sources to local particulate matter concentrations is scarce. This report can be used by regional health authorities as background information when advising citizens and policy makers.

The composition and dispersion of particulate matter varies between different sources, which in turn leads to different health effects of exposure. Therefore, it is not possible to translate health effects related to particulate matter in cities (where road traffic is the predominant source) to health effects caused by the sources studied. Considered most damaging to health are smaller particles, particles originating from combustion and particles containing water soluble metals.

The RIVM studied the following sources: shipping, the food industry (animal feed and flour), transshipment, intensive animal husbandry, the metallurgic industry, refineries and construction sites. They were selected because the regional health authorities receive numerous questions about these sources and because of their relatively large contribution to particulate matter emissions in the Netherlands.

Key words: particulate matter, health, industry, anthropogenic, composition, PM10



## Inhoud

<b>Samenvatting</b>		<b>11</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>15</b>
1.1	Vraagstelling en doel	15
1.2	Aanpak van het project	15
1.2.1	Afbakening	16
1.2.2	Gezondheidsrelevantie	19
1.2.3	Identificeerbare bijdrage versus significante en relevante bijdrage	19
1.2.4	Literatuursearch	19
1.2.5	Opbouw rapport	20
1.3	Literatuur	20
<b>2</b>	<b>Over fijn stof, bronnen en samenstelling</b>	<b>21</b>
2.1	Wat is fijn stof, in vogelvlucht	21
2.1.1	Grootte van de deeltjes	21
2.1.2	Samenstelling, primair en secundair aerosol	23
2.1.3	Effecten op de gezondheid	24
2.1.4	Beleid en normen voor fijn stof	26
2.2	Emissie en concentratie van fijn stof in Nederland	27
2.2.1	Herkomst	27
2.2.2	Concentratie	28
2.2.3	Trend in emissie en concentratie	30
2.3	Literatuur	30
<b>3</b>	<b>Scheepvaart</b>	<b>32</b>
3.1	Inleiding	32
3.2	Bronnen van fijn stof	32
3.3	Blootstelling van omwonenden	33
3.4	Deeltjesgrootte en samenstelling	34
3.5	Gezondheid	35
3.6	Conclusie scheepvaart	35
3.7	Literatuur	36
<b>4</b>	<b>Voedingsmiddelenindustrie</b>	<b>38</b>
4.1	Inleiding	38
4.2	Bronnen van fijn stof	39
4.3	Blootstelling van omwonenden	39
4.4	Deeltjesgrootte en samenstelling	39
4.5	Gezondheid	40
4.6	Conclusie diervoederindustrie en meelmaalterij	40
4.7	Literatuur	41
<b>5</b>	<b>Op- en overslagbedrijven</b>	<b>42</b>
5.1	Inleiding	42
5.2	Bronnen van fijn stof	42
5.3	Blootstelling van omwonenden	42
5.4	Deeltjesgrootte en samenstelling	43
5.5	Gezondheid	44
5.6	Conclusie op- en overslagbedrijven	44



5.7	Literatuur	44
<b>6</b>	<b>Intensieve veehouderij</b>	<b>45</b>
6.1	Inleiding	45
6.2	Bronnen van fijn stof	46
6.3	Blootstelling van omwonenden	46
6.4	Deeltjesgrootte en samenstelling	49
6.5	Gezondheid	49
6.6	Conclusie intensieve veehouderij	51
6.7	Lopend onderzoek	52
6.8	Literatuur	52
<b>7</b>	<b>Metaalindustrie</b>	<b>55</b>
7.1	Inleiding	55
7.2	Bronnen van fijn stof	55
7.3	Blootstelling van omwonenden	56
7.4	Deeltjesgrootte en samenstelling	57
7.5	Gezondheid	58
7.6	Conclusie metaalindustrie	59
7.7	Literatuur	59
<b>8</b>	<b>Raffinaderijen</b>	<b>61</b>
8.1	Inleiding	61
8.2	Bronnen van fijn stof	61
8.3	Blootstelling van omwonenden	61
8.4	Deeltjesgrootte en samenstelling	62
8.5	Gezondheid	63
8.6	Conclusie raffinaderijen	63
8.7	Literatuur	63
<b>9</b>	<b>Bouwplaatsen (inclusief buitenopslag en puinbrekers)</b>	<b>64</b>
9.1	Inleiding	64
9.2	Bronnen van fijn stof	64
9.3	Blootstelling van omwonenden	66
9.4	Deeltjesgrootte en samenstelling	67
9.5	Gezondheid	69
9.6	Conclusie bouwplaatsen	69
9.7	Literatuur	69
<b>10</b>	<b>Gezondheidseffecten</b>	<b>71</b>
10.1	Algemeen	71
10.2	Antropogene bronnen	73
10.3	Fijn stof en gezondheid samengevat	74
10.4	Literatuur	75
<b>11</b>	<b>Beschouwingen</b>	<b>77</b>
11.1	De bronnen	77
11.2	Deeltjesgrootte en samenstelling	77
11.3	Bijdrage aan de concentratie op leefniveau	78
11.4	Effecten op de gezondheid	79
11.5	Beleid en normen voor fijn stof	80
11.6	Trends	81

11.7	Literatuur	81
	<b>Bijlage 1 Overzichtstabel van US-EPA</b>	<b>83</b>
	<b>Bijlage 2 Methoden voor schatten immissies van IPPC-bedrijven</b>	<b>85</b>
	Literatuur	86



## Samenvatting

GGD'en adviseren regelmatig over de gezondheidseffecten van fijn stof ( $PM_{10}$ ). Vaak gaat het daarbij om fijn stof van wegverkeer. Lokaal kunnen echter ook andere antropogene bronnen, zoals bedrijven, de concentratie van fijn stof in de leefomgeving beïnvloeden. Vragen daarover zijn vaak lastiger te beantwoorden omdat er minder informatie voorhanden is. De GGD'en hebben het RIVM daarom gevraagd wat er bekend is over de blootstelling aan fijn stof van antropogene bronnen. De deelvragen daarbij zijn:

1. Hoe hoog is de blootstelling aan fijn stof in de buurt van deze bronnen?
2. Wat is bekend over de grootteverdeling en de samenstelling van fijn stof (onder andere het aandeel  $PM_{2,5}$ ), geëmitteerd door deze bronnen?
3. Wat is de gezondheidkundige relevantie van deze blootstelling?

De literatuurstudie is gericht op bronnen die een grote bijdrage hebben aan de emissie van fijn stof in Nederland, aangevuld met een aantal bronnen waarover GGD'en vaak vragen krijgen. Het betreft scheepvaart, voedingsmiddelenindustrie (diervoeder en meel), op- en overslagbedrijven, intensieve veehouderij, metaalindustrie, raffinaderijen en bouwplaatsen. In de literatuur vanaf 2000 zijn artikelen gezocht waarin de concentratie van fijn stof in de buurt van deze bronnen wordt beschreven. Daarnaast is via onderzoeksbureaus in Nederland die zich met fijn stof bezig houden, extra informatie verkregen. Voor scheepvaart, metaalindustrie en veehouderij was enige informatie beschikbaar, voor bouwplaatsen en diervoederbedrijven waren gegevens schaars. Per bron wordt beschreven welke informatie beschikbaar is en uiteindelijk wordt geprobeerd een uitspraak te doen over de afstand waarop deze bronnen hun omgeving beïnvloeden en over de gezondheidkundige relevantie op grond van samenstelling en deeltjesgrootte. Het rapport dient als achtergrondinformatie voor GGD'en bij lokale advisering.

### *Blootstelling aan de bijdrage van de onderzochte antropogene bronnen*

De hoogte waarop de emissie van fijn stof plaatsvindt, is van invloed op de bijdrage aan de concentratie op leefniveau. Bij een emissie op lage hoogte (zoals bij op- en overslagactiviteiten) bevinden de hoogste concentraties zich dicht bij de bron, bij emissie op grote hoogte (via een schoorsteen) zijn de bijdragen aan de concentraties direct rond het bedrijf vrij laag. Deze bijdrage neemt toe met toenemende afstand, bereikt een maximum en daalt vervolgens naarmate de afstand tot de hoge emissiebron nog groter wordt. De hoogste concentratie op leefniveau is dan door verdunning relatief laag ten opzichte van eenzelfde emissie op lage hoogte. Er zijn niet veel meetgegevens gevonden van de fijnstofconcentratie rondom de bronnen. Op grond van de beschikbare informatie is geschat dat de bijdrage aan de concentratie van fijn stof op leefniveau door raffinaderijen, grote metaalbedrijven, op- en overslagbedrijven en zeeschepen identificeerbaar is tot enkele kilometers. De andere onderzochte antropogene bronnen – voedingsmiddelenindustrie, intensieve veehouderij en bouwplaatsen – kunnen een identificeerbare bijdrage hebben tot een afstand van tientallen tot enkele honderden meters. Het is afhankelijk van de plek van de emissiebronnen binnen een bedrijf en de bedrijfsvoering of dit ook buiten de perceelsgrenzen van het bedrijf tot een bijdrage aan de fijnstofconcentraties leidt.

### *Gezondheid*

Fijn stof komt bij inademing, afhankelijk van de deeltjesgrootte, op verschillende plaatsen in de longen en luchtwegen terecht. Uit epidemiologische studies is gebleken dat de concentratie fijn stof is geassocieerd met een groot aantal gezondheidseffecten, zoals vervroegde sterfte, ziekenhuisopnames voor hart- en luchtwegaandoeningen en luchtwegklachten. Daarbij is geen drempelwaarde aangetoond waaronder deze effecten niet optreden. Het is niet duidelijk welke fracties en/of chemische componenten precies verantwoordelijk zijn voor de gezondheidseffecten. Het is ook niet aan te geven

of mensen op individueel niveau gezondheidseffecten zullen ondervinden door blootstelling aan fijn stof. Het is wel aannemelijk gemaakt dat bepaalde groepen zoals ouderen, kinderen en personen met hart-, vaat- of longaandoeningen gevoeliger zijn.

Een groot deel van de gegevens uit gezondheidsonderzoek is afkomstig uit stedelijke omgevingen, waarbij de nadruk op verkeersgerelateerde luchtverontreiniging ligt. Het doorvertalen van deze effecten naar ander type bronnen aan de hand van concentraties van fijn stof, is niet zonder meer mogelijk omdat de samenstelling en deeltjesgrootteverdeling anders zijn bij andere bronnen van fijn stof. Doordat zowel over de blootstelling als de effecten van fijn stof van de specifieke bronnen weinig gegevens beschikbaar zijn, is geen concrete uitspraak te doen over de omvang van eventuele gezondheidsrisico's door blootstelling aan fijn stof door deze bronnen. Wel kan op grond van deeltjesgrootte en chemische samenstelling een indruk verkregen worden van de schadelijkheid van het fijn stof van de verschillende bronnen uit toxicologische studies.

Er wordt aangenomen dat de kleinere deeltjes (PM<sub>2,5</sub>) het meest gezondheidsrelevant zijn en dan vooral primair fijn stof gerelateerd aan verbrandingsprocessen. Van de onderzochte bronnen emitteren vooral raffinaderijen, scheepvaart en verkeer op bouwplaatsen fijn stof met een groot aandeel in de kleine fractie. Ook is bekend dat grovere deeltjes (>2,5 µm) een ander type effect kunnen veroorzaken dan PM<sub>2,5</sub>, bijvoorbeeld een verergering van astmatische symptomen.

#### *Samenstelling*

Naast de deeltjesgrootte is de chemische samenstelling van invloed op mogelijke gezondheidseffecten. In het kort kan voor de onderscheiden groepen componenten het volgende worden gezegd:

- Grovere deeltjes, waaronder biologische componenten, worden vooral in verband gebracht met het verergeren van bestaande luchtwegklachten waaronder astma en COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disorder)
- De anorganische ammonium- en natriumzouten zijn voor zover nu bekend niet zo relevant voor gezondheidseffecten. Anorganische sulfaat- en nitraatverbindingen kunnen gebonden zijn aan metalen die wel gezondheidsrelevant zijn.
- Organische koolwaterstoffen zoals PAK's en verbrandingsaerosol met de daaraan geadsorbeerde stoffen kunnen een effect hebben op het hart- en vaatstelsel en in mindere mate op de longen zelf. Bij gevoelige personen kan dat van invloed zijn op hun levensduur en ernst van de ziekte.
- In water oplosbare metalen kunnen leiden tot ontstekingen in de longen. Ook hiervoor geldt dat bij gevoelige personen dit van invloed kan zijn op de levensduur en ernst van de ziekte.

Oplosbare metalen zijn terug te vinden in de emissie van zeevaart en de metaalindustrie.

Verbrandingsaerosol komt vooral van raffinaderijen, scheepvaart en verkeer op bouwplaatsen. Deze bronnen zijn op grond hiervan (en de deeltjesgrootte) het meest vergelijkbaar met emissie van wegverkeer. Biologische componenten kunnen bij de veehouderij een belangrijk onderdeel zijn van het fijn stof. Daaronder kunnen zich ook ziekteverwekkende micro-organismen bevinden. Afhankelijk van het type bedrijf kunnen componenten, gebonden aan fijn stof ook geurhinder tot gevolg hebben. Dit is een bekend probleem bij veehouderijen en diervoederbedrijven.

#### *Samenvattend*

Dit rapport geeft voor diverse bronnen aan wat er bekend is over concentratie, samenstelling en grootte van de deeltjes. In Tabel S1 is weergegeven welke componenten en deeltjesgrootte (fracties) bij de verschillende bronnen voornamelijk voorkomen. Samen met de gegevens over de afstand waarop de bron bijdraagt aan de fijnstofconcentratie op leefniveau geeft dat een globaal beeld welke bronnen tot op welke afstand relevant zijn om mee te nemen in beleidsadviezen over de gezondheid. Deze gegevens moeten worden gezien als een orde-grootte.

**Tabel S1 Overzicht componenten die voorkomen bij verschillende bedrijfstakken, deeltjesgrootte en invloedssfeer.**

Bedrijfstak	Verbrandingsaerosol	Anorg. aerosolen	Metalen	Bio-logisch materiaal	Deeltjesgrootte	Afstand waarop de bijdrage identificeerbaar is (m) Ordegrootte
Zeeschepen	✓	✓	✓		PM <sub>2,5</sub>	Enkele km
Binnenvaartschepen	✓	✓	✓		PM <sub>2,5</sub>	<100
Op- en overslagbedrijven			✓	✓*	PM <sub>2,5-10</sub>	Enkele km
Raffinaderijen	✓	✓	✓		PM <sub>2,5</sub>	Enkele km
Diervoederbedrijven				✓	PM <sub>2,5-10</sub>	Onbekend
Meelmaalderijen				✓	PM <sub>2,5-10</sub>	Onbekend
Intensieve veehouderij		✓		✓	PM <sub>2,5-10</sub>	150
Metaalindustrie	✓	✓	✓		divers	Enkele km (groot) <100 (klein)
Bouwplaatsen, verkeer	✓				PM <sub>2,5</sub>	Onbekend
Bouwplaatsen, bouwstof			✓		PM <sub>2,5-10</sub>	Max. enkele 100 meters

\*In geval van op- en overslag van bijvoorbeeld meel

Voor uitspraken over gezondheidseffecten van fijn stof van specifieke bronnen zijn weinig gegevens beschikbaar. Zowel over blootstelling als over gezondheidseffecten ontbreekt informatie. Op grond van de schaarse informatie blijkt dat de bijdrage van bedrijven aan de fijnstofconcentratie in de omgeving grofweg identificeerbaar is tot maximaal enkele kilometers. De schadelijkheid van eventuele blootstelling kan verschillen per type emissie. Kleinere deeltjes en deeltjes met verbrandingsaerosol en metalen worden op grond van de huidige kennis als het meest schadelijk gezien.



# 1 Inleiding

Het cGM (centrum Gezondheid en Milieu) van het RIVM ondersteunt GGD'en op het gebied van de medische milieukunde (MMK). Hiertoe heeft het cGM een werkplan dat vraaggestuurd tot stand komt. De GGD'en kunnen projectvoorstellen indienen die door de GGD'en zelf worden geprioriteerd. Eén van de projecten van het werkplan dat in 2009 is vastgesteld, is: 'PM<sub>10</sub> van industriële bronnen'.

## 1.1 Vraagstelling en doel

Vragen over fijn stof (ook wel aangeduid als PM<sub>10</sub>) afkomstig van wegverkeer kunnen de GGD'en meestal adequaat beantwoorden. Er is namelijk veel informatie voorhanden over fijn stof van wegverkeer. Deze informatie is onder andere verwerkt in de richtlijn luchtkwaliteit en gezondheid (Van der Zee en Walda, 2008). Soms zijn hoge concentraties fijn stof echter afkomstig van andere lokale antropogene bronnen, zoals industrie of scheepvaartverkeer. De hoogte van deze blootstelling en de gezondheidkundige relevantie ervan is lastiger te beoordelen. Een belangrijke reden daarvoor is dat die relevantie sterk afhankelijk is van de soort bron. Zo is de gezondheidkundige impact van blootstelling aan fijn stof afkomstig van zware industrie (zoals Corus) waarschijnlijk anders dan de impact van blootstelling aan fijn stof afkomstig van een diervoederbedrijf of de opslag van steenkool.

De GGD'en hebben het cGM daarom gevraagd wat er bekend is over de blootstelling aan fijn stof van industriële bronnen. De deelvragen daarbij zijn:

1. Hoe hoog is de blootstelling in de buurt van deze bronnen?
2. Wat is bekend over de grootteverdeling en de samenstelling van fijn stof (onder andere het aandeel PM<sub>2,5</sub>), uitgestoten door deze bronnen?
3. Wat is de gezondheidkundige relevantie van deze blootstelling?

In de loop van het project is de scope verbreed van industriële bronnen naar alle antropogene bronnen, behalve wegverkeer. Als criterium is gehanteerd dat er sprake is van een antropogene broncategorie die minimaal 1% bijdraagt aan de landelijke emissies van fijn stof volgens de Emissieregistratie.

### *Doel van het project*

Het doel van het project is om de kennis te bundelen in een achtergronddocument over de samenstelling van fijn stof van antropogene bronnen (ook: aandeel PM<sub>2,5</sub>), met daarnaast de gezondheidkundige duiding. Dit kunnen de GGD'en gebruiken als basisinformatie bij het adviseren over fijn stof van antropogene bronnen aan burgers en beleid.

## 1.2 Aanpak van het project

Drie stappen zijn doorlopen om te achterhalen wat bekend is over fijn stof van antropogene bronnen:

- Stap 1: Afbakening van de onderwerpen, in samenspraak met de begeleidingscommissie.
- Stap 2: Literatuurrecherche naar informatie over de bronnen die in stap 1 naar voren zijn gekomen
- Stap 3: Opstellen van dit achtergronddocument, met twee commentaar rondes in de begeleidingscommissie (voor de samenstelling, zie onder).

### *Begeleidingscommissie*

Het project is begeleid door een commissie die als volgt was samengesteld:

- o Dhr. drs. H.J.T. Bloemen, RIVM - Centrum voor MilieuMonitoring



- Dhr. dr. F.R. Cassee, RIVM - Centrum voor Milieu, Gezondheid en Omgevingskwaliteit
- Mw. drs. L.M.J. Geelen, Bureau Gezondheid, Milieu & Veiligheid GGD'en Brabant / Zeeland
- Dhr. dr. J. Matthijsen, PBL-LED (Luchtkwaliteit en Europese Duurzaamheid)
- Dhr. dr. ir. R.T. van Strien en Mw. Ir. M. Dijkema, GGD Amsterdam

### 1.2.1 Afbakening

De afbakening van de onderwerpen is tot stand gekomen in overleg met de GGD'en en de begeleidingscommissie. Criteria bij de afbakening waren:

1. Onderwerpen waar de GGD'en vaak vragen over krijgen
2. Bronnen (bedrijfstakken) die relatief veel bijdragen aan de emissie van fijn stof in Nederland

Ad 1:

De GGD'en hebben verzocht in elk geval scheepvaartverkeer en de intensieve veehouderij mee te nemen in het project. Hierover komen de laatste jaren veel vragen binnen bij de GGD'en. Daarnaast heeft men interesse in buitenopslagen en puinbrekers omdat deze in de praktijk (door hun lage emissiepunt) geregeld klachten opleveren.

Ad 2:

In de afbakening is uitgegaan van direct uitgestoten deeltjes (primair fijn stof). Sommige bedrijven stoten ook gassen uit die tot vorming van fijn stof in de lucht kunnen leiden (secundair fijn stof). Dit wordt verder toegelicht in hoofdstuk 2. De bedrijfstakken met relatief hoge emissies van primair fijn stof (PM<sub>10</sub>) zijn geselecteerd met behulp van de Emissieregistratie (ER)<sup>1</sup>. De ER maakt een onderverdeling naar 'doelgroepen', 'subdoelgroepen' en 'emissieoorzaken'. De gemaakte selectie is gebaseerd op basis van de *massa* PM<sub>10</sub>. In de Emissieregistratie is nagegaan welk type bedrijven een groot aandeel hebben in de fijnstofemissie in Nederland. Hieruit blijkt dat de drie doelgroepen 'Verkeer & vervoer', 'Landbouw' en 'Overige industrie' samen verantwoordelijk zijn voor circa 80% van de emissie van fijn stof in Nederland (zie Tabel 1). Uit deze tabel wordt ook duidelijk dat het aandeel van de kleinere deeltjes (PM<sub>2,5</sub>) per doelgroep anders is dan het aandeel PM<sub>10</sub>. Toch blijven de doelgroepen die de meeste PM<sub>10</sub> emissie veroorzaken ook verantwoordelijk voor de meeste PM<sub>2,5</sub> emissie.

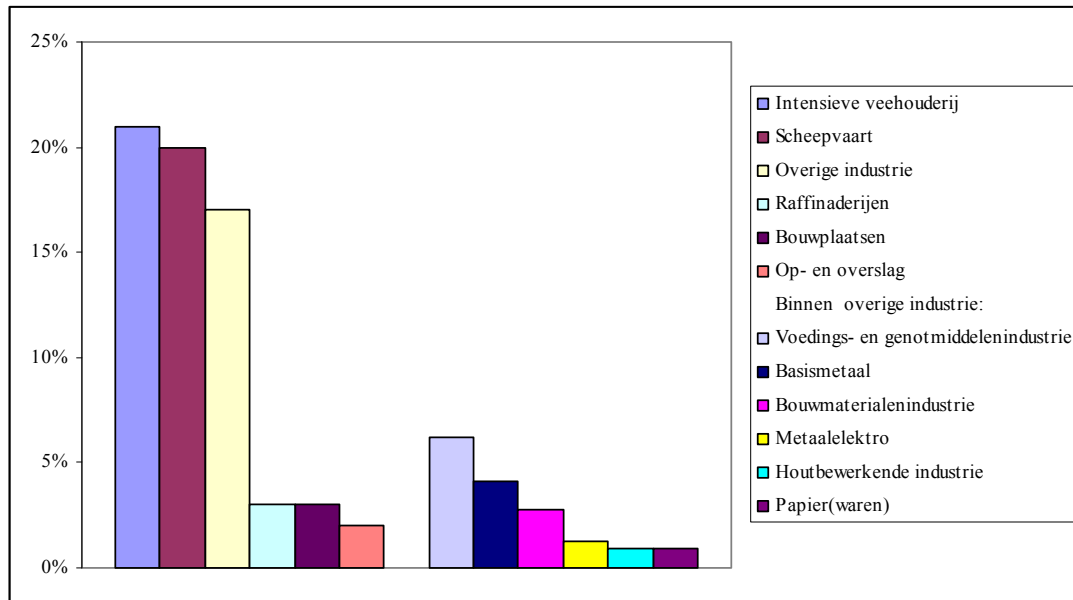
**Tabel 1. Bijdrage van doelgroepen aan fijnstofemissie in Nederland in 2008 (Bron: Emissieregistratie 2010)**

<i>Doelgroep</i>	<i>Emissie PM<sub>10</sub></i>		<i>Emissie PM<sub>2,5</sub></i>	
	kiloton	%	kiloton	%
<i>Verkeer en vervoer</i>	19,9	44	17,1	62
<i>Landbouw</i>	9,5	21	1,9	7
<i>Overige industrie</i>	7,5	17	2,7	10
<i>Consumenten</i>	3,3	7	3,2	12
<i>Bouw</i>	1,3	3	0,4	2
<i>Raffinaderijen</i>	1,3	3	0,9	3
<i>Handel, Diensten en Overheid (HDO)</i>	1,0	2	0,2	1
<i>Chemische Industrie</i>	0,8	2	0,6	2
<i>Energiesector</i>	0,3	<1	0,2	<1
<i>Afvalverwijdering</i>	0,03	0	0,03	0
<i>Riolering/waterzuiveringsinstallaties</i>	0	0	0	0
<i>Drinkwatervoorziening</i>	0	0	0	0
<b><i>Totaal</i></b>	<b>45,0</b>	<b>100</b>	<b>27,4</b>	<b>100</b>

<sup>1</sup> Opmerking: De data in de Emissieregistratie zijn niet absoluut; er worden soms schattingen en aannames gedaan.

Voor de doelgroepen die meer dan 1% bijdragen aan de landelijke emissie van PM<sub>10</sub>, is een verdere uitsplitsing gemaakt om aan te kunnen geven om welke Emissieoorzaken (bedrijfstakken/activiteiten) het dan vooral gaat. Daarnaast wordt in samenspraak met de GGD'en besloten de bedrijfstak al dan niet in dit onderzoek mee te nemen. Hieronder volgt een toelichting per doelgroep:

- *Verkeer en vervoer*: Wegverkeer valt niet onder de vraagstelling van de GGD (zie paragraaf 1.1) maar scheepvaart expliciet wel. Daarom wordt uit deze doelgroep alleen scheepvaart in het onderzoek meegenomen. Meer informatie over wegverkeer is te vinden in de richtlijn luchtkwaliteit en gezondheid (Van der Zee en Walda, 2008).
- *Landbouw*: Voor landbouw is veehouderij de belangrijkste bron van fijnstofemissie en bovendien is de GGD specifiek in de intensieve veehouderij geïnteresseerd. Dit onderzoek richt zich daarom op intensieve veehouderij en niet op andere landbouwactiviteiten.
- *Overige industrie*: Vier subdoelgroepen uit de doelgroep 'Overige industrie' dragen meer dan 1% bij (zie Figuur 1) aan de landelijke emissies van PM<sub>10</sub>, te weten:
  1. *Basismetaleel* (4,1%), deze subdoelgroep wordt met de subdoelgroep 'Metaalelektro' gecombineerd in één hoofdstuk.
  2. *Bouwmaterialenindustrie*, die bestaat uit Vervaardiging van glas, aardewerk, cement-, kalk- en gipsprodukten (2,8%). Na overleg met de begeleidingscommissie is besloten deze subdoelgroep niet mee te nemen, ondanks dat er op lokaal niveau Emissieoorzaken kunnen bijdragen. De reden is dat deze subdoelgroep een grote verscheidenheid aan relatief kleine, Emissieoorzaken (bronnen) omvat.
  3. *Metaalelektro* (1,3%); zie subdoelgroep 'Basismetaleel'.
  4. *Voedings- en genotsmiddelenindustrie* (6,2 %), waaronder de Emissieoorzaken 'Vervaardiging van diervoeder' (2,5%) en 'Vervaardiging van meel' (1,5%) vallen. Deze twee Emissieoorzaken worden in één hoofdstuk gecombineerd genaamd: Grondstoffen-voedingsmiddelenindustrie. De overige emissieoorzaken veroorzaken een veel kleinere (<0,5%) bijdrage aan de totale Nederlandse fijnstofemissie en zijn niet meegenomen in dit onderzoek.
- *Consumenten*: De emissie in de sector Consumenten wordt voor 90% bepaald door vuurhaarden en sfeerkachels en roken van sigaretten en bevat dus geen relevante bedrijfstakken.
- *Bouw*: De emissie in de sector Bouw wordt voor ruim 90% bepaald door bouwplaatsen. Deze categorie is meegenomen in dit rapport (inclusief puinbrekers op verzoek van de GGD).
- *Raffinaderijen*. De emissie in deze sector wordt geheel veroorzaakt door aardolieraffinage. Deze is meegenomen in dit rapport.
- *Handel, Diensten en Overheid (HDO)*: De categorie HDO (Handel Diensten en Overheid) wordt voor 90% bepaald door de bedrijfstak op- en overslagbedrijven. Deze categorie is meegenomen in dit rapport.
- *Chemische industrie*. Diffuse categorie, geen bedrijfstakken met meer dan 1%.



**Figuur 1. Bijdragen van de diverse doelgroepen aan de totale emissie van PM<sub>10</sub> in Nederland in 2008 (Bron: Emissieregistratie, 2010). De doelgroep overige industrie is verder uitgesplitst naar subdoelgroepen. In deze figuur zijn de (sub)doelgroepen die >0,5% van de totale fijn stof emissie weergegeven, maar voor de uiteindelijke selectie het criterium >1% is toegepast**

Door deze afbakening missen een aantal bedrijven, die de lokale fijnstofconcentraties verhogen. VROM (2008) meldt dat in de top 26 van bedrijven met de grootste emissie bijvoorbeeld 6 chemische bedrijven en 4 energieproducenten staan. Ondanks dat zijn in het project naar verwachting de meeste bedrijven betrokken, die een identificeerbare bijdrage kunnen leveren aan de lokale concentraties fijn stof.

Uiteindelijk worden op grond van bovenstaande overwegingen de volgende bedrijfstakken beschreven in dit rapport:

1. Scheepvaart
2. Voedingsmiddelenindustrie (diervoeder- en meelindustrie)
3. Op- en overslagbedrijven
4. Intensieve veehouderij
5. Raffinaderijen
6. Metaalindustrie
7. Bouwplaatsen (inclusief buitenopslagen en puinbrekers)

*Kanttekeningen bij de afbakening*

- De afbakening is gebaseerd op de massa PM<sub>10</sub>. Voor de gezondheid zijn ook deeltjesgrootte en samenstelling van fijn stof van belang. Zie verder paragraaf 1.2.2.
- De afbakening heeft plaatsgevonden op basis van de emissie van primair fijn stof (direct uitgestoten deeltjes). Er zijn vele bronnen die stoffen uitstoten waarvan pas in de lucht fijn stof wordt gevormd, secundair fijn stof (zie ook hoofdstuk 2). Over het algemeen stoten bronnen die secundair fijn stof veroorzaken ook primair fijn stof uit, dus is de verwachting dat er geen belangrijke bronnen buiten beschouwing blijven door deze afbakening.

### 1.2.2 Gezondheidsrelevantie

De bronnen die worden beschreven in dit rapport zijn geselecteerd op grond van hun massabijdrage aan de fijnstofemissies in Nederland. De bestaande dosis-effect relaties voor gezondheidseffecten van fijn stof zijn ook gebaseerd op de massa van fijn stof (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Fijn stof is een complex mengsel en voor de gezondheid is niet alleen massa en tijdsduur van de blootstelling van belang, maar ook bijvoorbeeld de deeltjesgrootte en de chemische samenstelling. De manier waarop gezondheidseffecten tot stand komen is echter nog deels onbegrepen. Daarbij is informatie schaars over gezondheidseffecten van fijn stof van specifieke bronnen. Daarom geeft dit rapport zoals verwacht geen eenduidig antwoord de vraag wat de gezondheidskundige relevantie is van de blootstelling bij de diverse bronnen (deelvraag 3 uit paragraaf 1.1). Wel bevat het een overzicht van de beschikbare informatie over chemische samenstelling en deeltjesgrootte, waardoor de GGD'en in elk geval beschikken over de recente inzichten.

### 1.2.3 Identificeerbare bijdrage versus significante en relevante bijdrage

Omdat het moeilijk is om aan te geven wanneer de uitstoot van bepaalde bedrijven gezondheidskundig relevant is, is ervoor gekozen in dit rapport alleen te spreken over 'identificeerbaar'. De term identificeerbaar geeft aan dat de bijdrage van de bron aan de  $\text{PM}_{10}$  concentratie te onderscheiden is van de achtergrondconcentratie. Het is niet mogelijk hier een bepaalde concentratie aan te koppelen; in de geraadpleegde artikelen staat geregeld dat tot op een bepaalde afstand de concentratie verhoogd was (gebaseerd op metingen en/of modelberekeningen), zonder dat er specifieke getallen worden genoemd. Er wordt daarom niet gesproken over een 'significante bijdrage' aan de concentraties op leefniveau. Daarvoor ontbreekt het enerzijds aan kennis en anderzijds aan informatie in de aangehaalde literatuur.

Hierbij moet nog worden opgemerkt dat de bron soms niet identificeerbaar is op grond van de concentratie fijn stof, maar dat wel deeltjes aantoonbaar zijn in de lucht die gerelateerd zijn aan het bedrijf. Zo wees een studie uit 1995 uit dat de bijdrage van een sojafabriek in Utrecht aan de fijnstofconcentraties niet identificeerbaar was, maar er zijn wel endotoxinen geïdentificeerd in het fijn stof in de omgeving van het bedrijf. Dit kan verklaard worden uit het feit dat deeltjes afstanden kunnen afleggen die tientallen ( $\text{PM}_{2,5-10}$  en  $\text{PM}_{0,1}$ ) tot duizenden kilometers ( $\text{PM}_{0,1-2,5}$ ) bedragen, maar dat pas bij grote aantallen deeltjes een effect op de concentraties merkbaar is.

### 1.2.4 Literatuursearch

De literatuursearch is verricht in de Engelstalige wetenschappelijke literatuur beschikbaar in de database Scopus (+/-16000 tijdschriften) vanaf 2000. De volgende zoektermen zijn daarbij gebruikt:

PM10 / particulate matter / fine particles, in combinatie met:

1. factory farming (eventueel stock breeding / cattle breeding / livestock) uitgesplitst naar diersoort (pig(s), swine(s), chicken(s), et cetera)
2. shipping (traffic) / navigation
3. animal food / cattle food / pet food
4. flour / meal
5. refinery
6. metal / metallurgical industry
7. green crop drying / (green) fodder drying (en soilage drying)
8. outdoor stocking (?)

9. building (site) / construction (site)
10. rubble breaker / rubbish breaker / debris breaker
11. starch / dextrose / glucose / husking industry

Dit leverde een lijst op van ruim 600 artikelen. De abstracts zijn doorgenomen om na te gaan of de artikelen concentraties van fijn stof noemen in de omgeving, om uiteindelijk uitspraken te kunnen doen over de bijdrage van deze bedrijven aan de fijnstofconcentratie op leefniveau. Veel artikelen bleken beperkt relevant, zij gaan alleen in op de samenstelling van het stof en geven geen concentraties in de omgeving. In totaal zijn circa 80 artikelen doorgenomen. Daarvan bleken uiteindelijk ongeveer 50 artikelen informatie te bevatten die aansluit bij de vraagstelling van dit project. Daarnaast zijn rapporten van onderzoeksinstituten en universiteiten gebruikt. Lopende het project heeft ook nog een aantal adviesbureaus rapporten aangeleverd die nuttige informatie bevatten.

### **1.2.5 Opbouw rapport**

Het rapport beschrijft de beschikbare informatie voor de bronnen die uit de afbakening naar voren zijn gekomen. In het hoofdstuk over gezondheid wordt op grond daarvan, voor zover mogelijk, de relevantie voor de gezondheid beschreven. De algemene informatie over fijn stof, zoals over de samenstelling en grootteverdeling, is grotendeels ontleend aan diverse recente overzichtsrapporten. Dit wordt vermeld in de betreffende hoofdstukken.

## **1.3 Literatuur**

Emissieregistratie (2010), [www.emissieregistratie.nl](http://www.emissieregistratie.nl) geraadpleegd 2010

VROM (2008), Fijn stof en BBT: achtergrondrapportage actieplan fijn stof en industrie

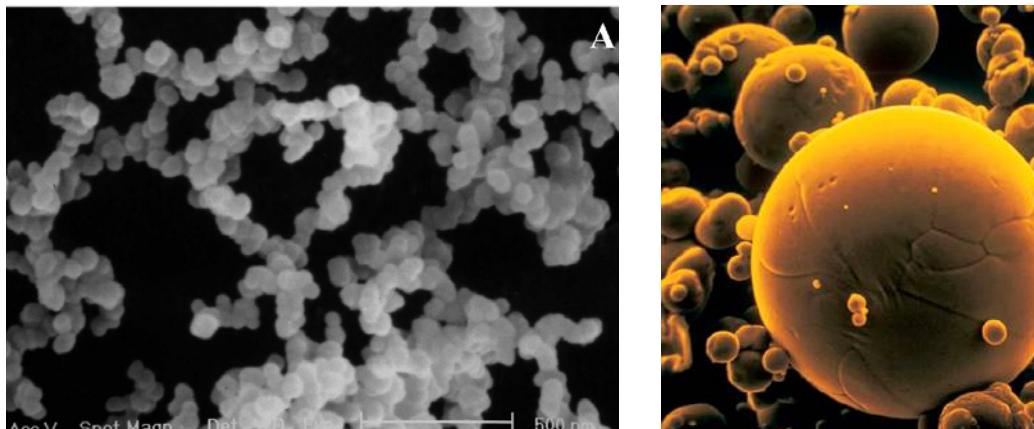
## 2 Over fijn stof, bronnen en samenstelling

Fijn stof staat al jaren in de belangstelling. Diverse recente publicaties beschrijven uitgebreid wat fijn stof is, de trends in concentraties in Nederland en de gezondheidseffecten die eraan worden toegeschreven. In dit hoofdstuk staan de hoofdlijnen, waarbij teksten en figuren uit deze publicaties gebruikt worden, voornamelijk ‘Fijn stof nader bekeken’ (Buijsman et al., 2005).

### 2.1 Wat is fijn stof, in vogelvlucht

Fijn stof is een mengsel van deeltjes met verschillende grootte en van diverse chemische samenstelling. Elk fijnstofdeeltje ziet er dus weer anders uit. Een voorbeeld van een fijnstofdeeltje, bekeken met een elektronenmicroscop, is weergegeven in .

Fijn stof komt zowel door natuurlijke processen als door menselijk handelen in de lucht terecht. De verblijftijd van de deeltjes in de lucht in de atmosfeer is afhankelijk van de grootte en kan variëren van enkele dagen tot weken. Hierdoor kan het over grote afstanden verspreiden en is Nederland zowel exporteur als importeur van fijn stof.



Figuur 2. Fijnstofdeeltjes onder een elektronenmicroscop: links roetdeeltjes, rechts metaaldeeltjes

#### 2.1.1 Grootte van de deeltjes

Fijn stof wordt vaak aangeduid met de letters PM (Particulate Matter) gevolgd door de maximale (aerodynamische<sup>2</sup>) diameter van de deeltjes in micrometer ( $\mu\text{m}$ ). Jarenlang heeft vooral  $\text{PM}_{10}$  in de belangstelling gestaan, dat zijn stofdeeltjes met een doorsnede tot maximaal  $10 \mu\text{m}$ . Deze fractie wordt meestal bedoeld met fijn stof. De deeltjes zijn niet met het blote oog te zien (zie Tabel 2). Stof dat zichtbaar is op bijvoorbeeld vensterbanken en tuinmeubilair is grof stof.

<sup>2</sup> Deeltjes (zoals fijn stof) hebben gewoonlijk onregelmatige vormen, zodat het moeilijk is om vast te stellen wat precies hun grootte is. De aerodynamische diameter drukt uit hoe groot een perfect bolvormige deeltje met de eenheidsdichtheid ( $1 \text{ g/cm}^3$ ) is dat met exact dezelfde eindsnelheid uitzakt als het onderzochte deeltje.

**Tabel 2. Relatieve grootte van fijnstofdeeltjes**

Grootte ( $\mu\text{m}$ )	Voorbeeld van deze grootte
0,01	Moleculen
0,1	Virussen
1	Bacteriën
10	Pollen
50	Zichtbaarheidsgrens
100	Haren

In vele studies zijn diverse gezondheidseffecten met  $\text{PM}_{10}$  in verband gebracht (zie hoofdstuk 10). De laatste jaren is de aandacht enigszins verschoven naar  $\text{PM}_{2,5}$  (de fijnere fractie van fijn stof). Doordat deze deeltjes kleiner zijn kunnen ze dieper doordringen in de longen. Daarom zijn ze mogelijk voor een deel verantwoordelijk voor de gevonden gezondheidseffecten. Om dezelfde reden wordt ook de rol van ultrafijn stof ( $\text{PM}_{0,1}$ ) steeds vaker onderzocht. Ultrafijne deeltjes hebben weinig massa en

dragen relatief weinig bij aan de massa fijn stof, ook al is het aantal ultrafijne deeltjes vaak wel het hoogste van de fracties met verschillende deeltjesgrootten. Voor deze categorie kan nog worden opgemerkt dat deze deeltjes niet alleen diep de longen in kunnen dringen, maar dat ze mogelijk ook dieper in het lichaam terecht komen (zelfs als ze onoplosbaar zijn).

De  $\text{PM}_{2,5}$ -fractie bevat voornamelijk deeltjes die ontstaan bij verbrandingsprocessen of reacties van gasvormige verbindingen in de lucht. De fractie tussen  $\text{PM}_{2,5}$  en  $\text{PM}_{10}$  bestaat vooral uit deeltjes die mechanisch worden veroorzaakt, zoals stof van bouwplaatsen en op- en overslagbedrijven.

Verschillende fysische en chemische processen bepalen de verblijftijd van deeltjes in de atmosfeer. Deze processen zoals coagulatie of depositie door zwaartekracht zijn afhankelijk van de deeltjesgrootte en zijn daarmee bepalend voor de afstand waarover deeltjes van verschillende grootte worden getransporteerd. Deeltjes groter dan 2,5 micron ( $>\text{PM}_{2,5}$ ) verdwijnen relatief snel uit de lucht door de zwaartekracht. Hun transportafstand beperkt zich daarmee tot tientallen kilometers.  $\text{PM}_{2,5}$  heeft een veel langere verblijftijd in de lucht. Het kan daardoor tot duizenden kilometers door de lucht worden getransporteerd. Buringh en Opperhuizen (2005) geven aan dat bij een verblijftijd van 60 uur in de atmosfeer, wat past bij een fractie van  $0,1 \mu\text{m} < \text{PM} < 1 \mu\text{m}$ , de transportafstand meer dan 1000 kilometer kan bedragen. De ultrafijne fractie heeft juist weer een kleine transportafstand, omdat deeltjes door reacties met andere deeltjes (coagulatie) overgaan in een grotere fractie ( $>0,1 \mu\text{m}$ ) of door bijvoorbeeld oplossen in waterdruppels uit de atmosfeer verdwijnen. Voor de termen voor de verschillende fracties, hun herkomst en verblijftijden in de atmosfeer, zie Tabel 3.

**Tabel 3 (benamingen voor) de verschillende fracties, herkomst en verblijftijd. De kleinere fracties maken allemaal deel uit van  $\text{PM}_{10}$ .**

Fractie	Benaming	Herkomst	Verblijftijd in de atmosfeer	Transport Afstand (km)
$\text{PM}_{10}$	Fijn stof (PM = Particulate Matter)	(bestaat uit grove fractie en fijnere fractie)		
$\text{PM}_{2,5-10}$	Grove fractie	Mechanische processen, resuspensie	Minuten tot uren	<1 tot 10-tallen
$\text{PM}_{2,5}$	Fijnere fractie	Verbrandingsprocessen, samengroei van kleinere deeltjes	Dagen tot weken	100-1000en
$\text{PM}_{0,1}$	Ultrafijn stof (UFP)	Verbrandingsprocessen, reactie van gassen	Minuten tot uren	<1 tot 10-tallen

In dit rapport wordt met de term ‘fijn stof’ alle fracties samen bedoeld (dus  $\text{PM}_{10}$ ). Wanneer specifieke fracties worden bedoeld, wordt dat in de tekst aangeduid (als  $\text{PM}_{2,5}$  en  $\text{PM}_{2,5-10}$ ).

*Specifieke gegevens over deeltjesgrootteverdeling voor antropogene bronnen*

De fijnstofemissie van antropogene bronnen kan een gevolg zijn van het productieproces, een verbrandingsstap of van diffuse emissie door bijvoorbeeld op- en overslag van materialen. TNO (2006) heeft op grond van de Emissieregistratie uit 1998 en nog een aantal aanvullende bronnen, een inschatting gemaakt hoe de verhouding  $PM_{2,5}/PM_{10}$  is per industrietak. De verhoudingen kunnen daarbij verschillend zijn voor de (gekanaliseerde) procesemissies, diffuse emissies en verbrandingsemisies (zie Tabel 4). Deze deeltjesgrootteverdelingen waren bedoeld om te bepalen op welke manier de emissie van de industrie nog het meest gereduceerd kan worden. Overigens merkt TNO daarbij op dat bij reinigingstechnieken van fijn stof vooral de grovere fracties verwijderd worden ( $PM_{2,5-10}$ ). Het relatieve aandeel  $PM_{2,5}$  neemt dan toe. Deze tabel laat zien of er bij een bepaalde industrie vooral wat grovere deeltjes te verwachten zijn, of dat de voornaamste emissie plaatsvindt in de kleinere fractie ( $PM_{2,5}$ ). Door de onderverdeling naar procesemissies, diffuse emissies en verbrandingsemisies is bovendien te zien dat de verhouding  $PM_{2,5}/PM_{10}$  verschilt voor verschillende onderdelen van de bedrijfsvoering.

**Tabel 4. Verhouding  $PM_{2,5}/PM_{10}$  voor de verschillende industrietakken (Bron: TNO, 2006)**

Sector	Verhouding $PM_{2,5}/PM_{10}$				
	Totaal*	Proces	Diffuus	Verbranding	Toegepaste reiniging
Rubber en Kunststof	<b>0,09</b>	nvt	0,09	nvt	soms
Bouw	<b>0,10</b>	nvt	0,10	nvt	soms
Papier en karton	<b>0,10</b>	nvt	0,10	nvt	soms
Textiel	<b>0,10</b>	nvt	0,10	nvt	soms
Hout	<b>0,10</b>	nvt	0,10	nvt	soms
Voeding	<b>0,17</b>	0,16	0,25	nvt	diverse
Bouwmaterialen	<b>0,23</b>	0,48	0,18	nvt	soms
Aluminium	<b>0,44</b>	0,45	0,10	nvt	diverse
Cement	<b>0,44</b>	0,44	0,20	nvt	diverse
Chemie	<b>0,55</b>	0,53	0,08	1,00	diverse
IJzer en staal	<b>0,60</b>	0,90	0,30	0,88	diverse
Glasindustrie	<b>0,62</b>	0,84	nvt	0,67	wasser
Metaalbewerking	<b>0,62</b>	1,00	0,20	nvt	soms
Energiecentrales	<b>0,64</b>	nvt	0,10	0,84	diverse
Raffinaderijen	<b>0,82</b>	0,75	nvt	0,90	soms
Afvalverbranding	<b>0,97</b>	nvt	nvt	0,97	diverse
<i>Totaal industrie (geregistreerd)</i>	<b>0,45</b>	0,55	0,18	0,90	

\* De verhouding van de totale emissie is niet de optelsom van proces/diffuus/verbranding, omdat de hoeveelheden emissie per jaar verschilt tussen deze drie categorieën.

### 2.1.2 Samenstelling, primair en secundair aerosol

Fijn stof bestaat uit diverse bestanddelen, zoals bodemstof, zeezout en antropogene bestanddelen. Deze laatste groep betreft bestanddelen die door menselijk handelen in de lucht terecht komen, zoals industriële emissies. Naast chemische bestanddelen kunnen ook biologische componenten, zoals micro-organismen, deel uit maken van de stofdeeltjes. Er kan onderscheid worden gemaakt tussen primair fijn stof en secundair fijn stof. Primair fijn stof wordt door de bron direct uitgestoten. Secundair fijn stof



ontstaat door reacties in de atmosfeer van bijvoorbeeld zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), ammoniak (NH<sub>3</sub>) en vluchtige organische stoffen (VOS). Voor secundair fijn stof is het door deze reacties en de transportafstanden lastig om individuele bronnen aan te wijzen (US-EPA, 2009). Meer over de samenstelling is te vinden in Tekstbox 1.

De chemische samenstelling van fijn stof wordt in diverse studies gebruikt om de bronnen van fijn stof te karakteriseren en daarmee de bijdrage van brongroepen aan de fijnstofconcentraties te schatten. Zo is bodemstof bijvoorbeeld te herkennen aan de metaaloxiden van onder andere silicium en aluminium, organisch koolstof een indicator voor biologische componenten en metalen voor verschillende slijtage processen (zink bij slijtage van autobanden, koper bij remslijtage) of specifieke antropogene bronnen, bijvoorbeeld cadmium bij vuilverbranding of cementproductie (Matthijsen en Koelemeijer, 2010).

### 2.1.3 Effecten op de gezondheid

Fijn stof komt bij inademing, afhankelijk van de deeltjesgrootte, op verschillende plaatsen in de longen en luchtwegen terecht. Uit epidemiologische studies is gebleken dat de concentratie fijn stof is geassocieerd met een groot aantal gezondheidseffecten, zoals levensduurverkorting, ziekenhuisopnames voor hart- en luchtwegaandoeningen en luchtwegklachten. Daarbij is geen drempelwaarde aangetoond waaronder deze effecten niet optreden. Het is niet duidelijk welke fracties en/of chemische componenten precies verantwoordelijk zijn voor de gezondheidseffecten. Wel wordt aangenomen dat de kleinere deeltjes (PM<sub>2,5</sub>) het meest gezondheidsrelevant zijn en dan vooral primair fijn stof gerelateerd aan verbrandingsprocessen. Ook is bekend dat grovere deeltjes (>2,5 µm) een ander type effect kan veroorzaken dan PM<sub>2,5</sub>, bijvoorbeeld een verergering van astmatische symptomen. Op de gezondheidseffecten wordt uitgebreid teruggekomen in hoofdstuk 10.

Voor een aantal van de in Tekstbox 1 genoemde groepen zijn gegevens over de gezondheidseffecten verzameld. In plaats van de hele groep koolstofverbindingen, zoals die in de tekstbox wordt beschreven, is gefocust op verbrandingsaerosol. Dit bestaat uit elementair en organisch koolstof (EC/OC) en meestal ook uit enkele metalen. Daarnaast zijn anorganische bestanddelen, wateroplosbare metalen<sup>3</sup> en biologische bestanddelen meegenomen (zie Tabel 5).

**Tabel 5. Overzicht van gehanteerde groepen componenten die onderdeel kunnen uitmaken van fijn stof, met een aantal voorbeelden**

<b>Groep</b>	<b>Voorbeelden</b>
Verbrandingsaerosol	Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), roet
Anorganische bestanddelen	Sulfaten, nitraten, zeezout
Metalen, wateroplosbaar	Ionen van ijzer, chroom, zink, aluminium, vanadium et cetera
Biologische bestanddelen	Pollen, schimmels, endotoxinen, bacteriën, virussen

<sup>3</sup> Wateroplosbare metalen zijn gezondheidkundig relevant omdat ze hierdoor opgenomen kunnen worden in het lichaam, in tegenstelling tot bijvoorbeeld de metaaloxiden die afkomstig zijn van bodemstof.

**Tekstbox 1: Chemische samenstelling van fijn stof in Nederland (overgenomen uit Buijsman et al., 2005, geactualiseerd op grond van Matthijsen en Koelemeijer, 2010)**

**Anorganische secundaire bestanddelen.** Dit betreft hoofdzakelijk sulfaat en nitraat en ammonium aerosol. Deze stofdeeltjes worden in de atmosfeer gevormd uit de gassen zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak. De massabijdrage van deze bestanddelen aan de jaargemiddelde concentratie is ongeveer  $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en vormt zo gemiddeld ongeveer 40% van de totale hoeveelheid fijn stof. Het overgrote deel (circa 90%) van deze bestanddelen bevindt zich in de  $\text{PM}_{2,5}$ -fractie. Vrijwel al deze secundaire bestanddelen zijn van antropogene oorsprong.

**Koolstofbevattende bestanddelen (waaronder verbrandingsaerosol).** Dit betreft vooral elementair koolstof (EC) en organische verbindingen (OC). Deze stofdeeltjes worden voor het grootste deel direct in de atmosfeer uitgestoten. De massabijdrage van deze bestanddelen aan  $\text{PM}_{10}$  is ongeveer  $5,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en vormt gemiddeld ongeveer 15% van de totale hoeveelheid fijn stof. De verhouding tussen de bijdrage van EC en OC aan de totale hoeveelheid koolstofhoudend fijn stof kent een grote onzekerheid. Roet bestaat uit een mengsel van elementair koolstof en organisch gebonden koolstof. Een klein deel van de koolstofbevattende bestanddelen wordt in de lucht gevormd door chemische reactie, het secundair organisch aerosol. Van de koolstofbevattende bestanddelen bevindt 80% zich in de  $\text{PM}_{2,5}$ -fractie. Deze groep bevat ook een naar massa gewogen geringe hoeveelheid polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's). Het elementaire koolstof en de PAK's zijn volledig van antropogene oorsprong, terwijl de overige organische verbindingen deels van natuurlijke en deels van antropogene oorsprong zijn.

**Zeezout.** Zeezout bestaat voornamelijk uit natriumchloride ('keukenzout') met kleinere bijdragen van magnesium-, calcium-, en kaliumverbindingen. Zeezoutaerosol is van natuurlijke oorsprong en ontstaat in de lucht wanneer de wind over het zeewateroppervlak blaast. Gemiddeld over Nederland is de massabijdrage van zeezout  $2-4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dit is lager dan eerder werd aangenomen. Ongeveer een derde van het zeezout bevindt zich in de  $\text{PM}_{2,5}$ -fractie. Op dagen van hoge fijnstofconcentraties is de bijdrage van zeezout juist lager dan gemiddeld (minder dan  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), omdat de wind dan meestal aflagig is.

**Bodemstof.** Dit bestaat voornamelijk uit oxiden van silicium, aluminium, calcium, ijzer, en kalium. Bodemstof is zowel van antropogene als natuurlijke afkomst. Een duidelijke scheidslijn is moeilijk te maken. Landbouwactiviteiten (eggen, ploegen, oogsten) en opwerveling door verkeer geven in Nederland en Europa de belangrijkste bijdragen aan bodemstof in  $\text{PM}_{10}$ . De bodemstofbijdrage door winderosie in Europa lijkt niet of nauwelijks van belang. De bijdrage door bodemstof aan  $\text{PM}_{10}$  is in Nederland gemiddeld  $1-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bodemstof bestaat voor het overgrote deel (60-70%) uit deeltjes die groter zijn dan  $\text{PM}_{2,5}$ .

**Metalen.** De bijdrage van metalen aan de fijnstofconcentratie is gemiddeld in Nederland ongeveer  $1-2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Metalen (die geen deel uitmaken van bodemstof) zijn bijna allemaal van antropogene oorsprong en zijn daarom een goede indicator voor bronopsporing. Het overgrote deel (50-70%) van de metalen bevindt zich in de grovere fracties van  $\text{PM}_{10}$ .

**Water.** Bestanddelen van fijn stof, vooral anorganische secundaire bestanddelen, kunnen chemisch gebonden water bevatten. De bijdrage van chemisch gebonden water wordt geschat op 10-15% van de totale fijnstofconcentratie.

## 2.1.4 **Beleid en normen voor fijn stof**

### *Beleid*

Fijn stof is een van de vele indicatoren voor luchtkwaliteit. De emissie van de stoffen die van invloed zijn op de fijnstofconcentraties in Nederland worden aangepakt door verschillende beleidsinstrumenten die op diverse schaalniveaus van toepassing zijn. Het gaat hierbij zowel om de emissie van deeltjes (primair fijn stof) als om de emissie van gassen die tot de vorming van fijn stof kan leiden: zwaveldioxide, stikstofoxiden, ammoniak en vluchtige organische stoffen.

De NEC-richtlijn en het Gothenburg Protocol zijn internationale afspraken met nationale emissiedoelstellingen voor zwaveldioxide, stikstofoxiden, vluchtige organische stoffen en ammoniak. Vermindering van primaire fijnstofemissies en het halen van deze emissiedoelen is bewerkstellend door emissie reducerende maatregelen bij voertuigen, producten en productieprocessen (bijvoorbeeld Euro-normen voor voertuigen en de vergunningverlening volgens IPPC). Een overzicht van overige relevante Europese regelgeving beschrijven Matthijsen en Koelemeijer (2010).

Bovenop de implementatie van de internationale regelgeving treft Nederland via het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) extra maatregelen om fijnstofconcentraties te verminderen met als doel te voldoen aan Europese normen; denk aan subsidies en fiscale stimuleringsregelingen voor schoner verkeer en het actieplan fijn stof industrie. Het actieplan heeft als doel om emissiereducerende technieken, zoals doekfilters (filterende fijnstofafscheider), te realiseren en op grote schaal in Nederland toe te passen (VROM, 2008).

### *Huidige normen*

Vanwege het effect van fijn stof op de menselijke gezondheid is er Europese regelgeving opgesteld ten aanzien van de concentratie fijn stof in de lucht. Sinds 2005 gelden EU-grenswaarden voor de jaargemiddelde en daggemiddelde concentratie PM<sub>10</sub>. De grenswaarde voor de jaargemiddelde concentratie fijn stof bedraagt 40 µg/m<sup>3</sup>. Daarnaast mag de daggemiddelde grenswaarde van 50 µg/m<sup>3</sup> niet meer dan 35 dagen per jaar worden overschreden. Nederland heeft in april 2009 uitstel (derogatie) gekregen van de Europese Commissie en hoeft pas vanaf juni 2011 aan de PM<sub>10</sub>-grenswaarden te voldoen (Velders et al., 2009).

De nieuwe Europese richtlijn luchtkwaliteit (2008/50/EG), die in 2008 van kracht is geworden, vat de bestaande Europese luchtkwaliteitregelgeving samen met onder andere de bovengenoemde grenswaarden voor PM<sub>10</sub>. Daarnaast staan er in de richtlijn nieuwe normen voor de fijnere fractie van fijn stof (PM<sub>2,5</sub>). De grenswaarde voor de jaargemiddelde PM<sub>2,5</sub>-concentratie in deze richtlijn bedraagt 25 µg/m<sup>3</sup>. Hieraan moet worden voldaan in 2015, wat met het voorgenomen beleid waarschijnlijk haalbaar is (Matthijsen et al., 2009).

Meer informatie over de normen voor fijn stof is terug te vinden in de GGD-Richtlijn medische milieukunde (Van der Zee en Walda, 2008). Voor actuele informatie over wetgeving en normen is de website van Infomil ([www.infomil.nl](http://www.infomil.nl)) of VROM ([www.vrom.nl](http://www.vrom.nl)) te raadplegen.

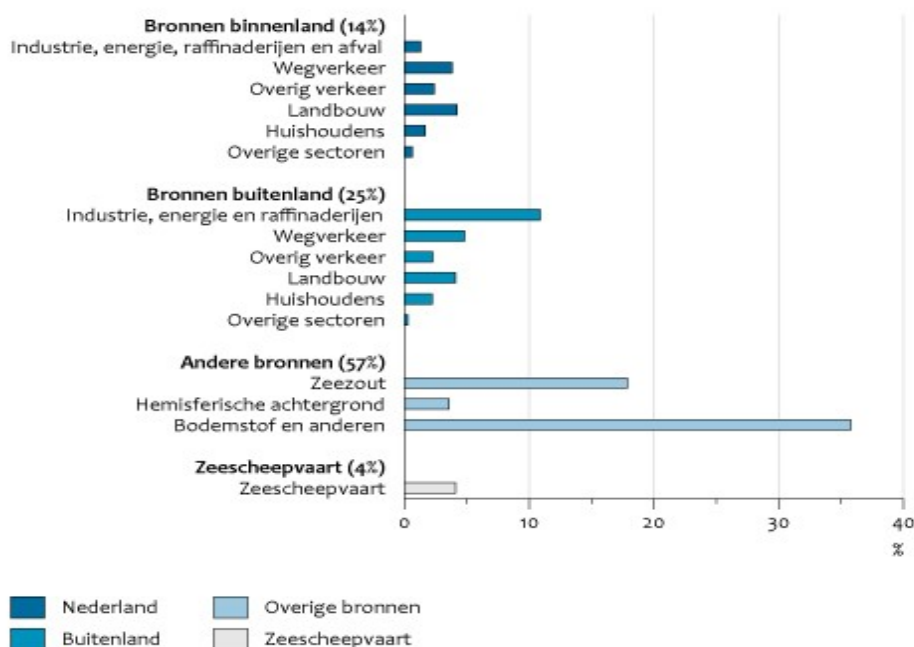
## 2.2 Emissie en concentratie van fijn stof in Nederland

### 2.2.1 Herkomst

In Figuur 3 is weergegeven wat de bijdrage is van bronnen in binnen- en buitenland aan de fijnstofconcentratie in Nederland. Recent zijn de inzichten over de herkomst en bronnen van fijn stof veranderd op grond van het Beleidsgericht Onderzoeksprogramma fijn stof (BOP). Hierdoor is het beeld over de bijdragen van antropogene en natuurlijke bronnen aan fijn stof anders geworden dan in deze figuur. Een groter deel van het fijn stof is antropogeen: bij PM<sub>10</sub> meer dan 75 % in plaats van ongeveer 50 %. De bijdrage van natuurlijke bronnen zoals zeezout en bodemstof blijkt juist kleiner. Van ongeveer 10-15 % van het fijn stof blijft de herkomst onverklaard (Matthijssen en Koelemeijer, 2010).

Uit de figuur blijkt dat wegtransport, industrie en landbouw uit binnen- en buitenland een belangrijke bijdragen leveren aan de totale fijnstofconcentratie. De emissie van primair fijn stof (PM<sub>10</sub>) in Nederland wordt jaarlijks gerapporteerd door de Emissieregistratie (ER). De gegevens over de emissie van PM<sub>2,5</sub> in de Emissieregistratie zijn afgeleid van de PM<sub>10</sub> emissies. Tot dusver kon gemiddeld niet meer dan ongeveer 50 % van de gemiddelde fijnstofconcentratie in Nederland worden herleid tot de bijdrage van geregistreerde Nederlandse en Europese emissiegegevens. Recentelijk hebben Matthijssen en Koelemeijer (2010) laten zien dat tussen de 75 en 80 % van PM<sub>10</sub> afkomstig is van antropogene bronnen. Voor een herziening van Figuur 3 op basis van de nieuwe inzichten is echter nog vervolgonderzoek noodzakelijk om het modelinstrumentarium te herzien.

Opbouw fijnstofconcentratie, 2007



Figuur 3. Opbouw van de PM<sub>10</sub>-concentratie (naar herkomst) in Nederland (overgenomen van MNP, 2007). Zie de toelichting in de tekst over de in 2010 veranderde inzichten

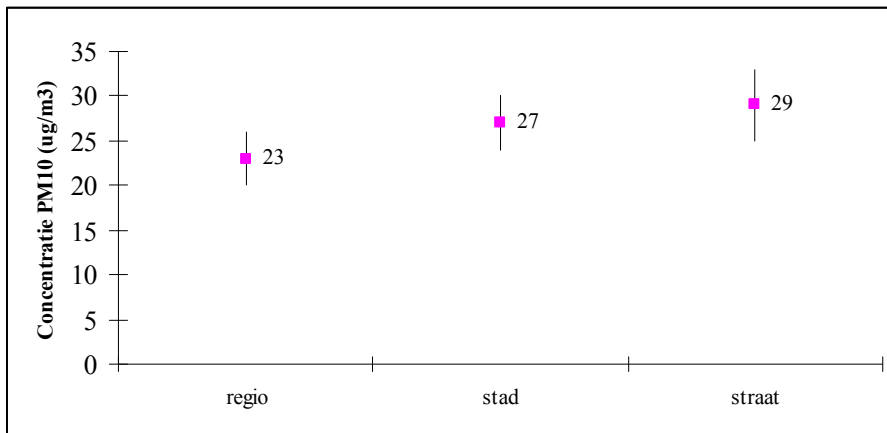
## 2.2.2 Concentratie

De concentratie  $PM_{10}$  (en sinds 2008 ook  $PM_{2,5}$ ) wordt gemeten in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Jaarlijks wordt op grond van deze gegevens een jaaroverzicht luchtkwaliteit gepubliceerd. De gegevens worden ook gebruikt om modellen te valideren, en als input om de zogenaamde GCN-kaarten te maken (Grootschalige Concentratiekaarten Nederland<sup>4</sup>). De actuele meetwaarden zijn te bekijken via de website van het LML.<sup>5</sup>

### Concentratie $PM_{10}$

In 2008 bedroeg de jaargemiddelde  $PM_{10}$ -concentratie  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , gemiddeld over heel Nederland (Beijk et al., 2009). De  $PM_{10}$ -concentratie is redelijk gelijk over Nederland met lokale verhogingen als gevolg van lokale bronnen van fijn stof zoals verkeer langs wegen en straten, landbouw in de buurt van landbouwstallen en bij de havens van Amsterdam, Rotterdam en IJmuiden waar op- en overslag van droge bulkgoederen plaatsvindt. Op- en overslagbedrijven bij de havens kunnen volgens modelberekeningen tot concentratieverhogingen van  $10\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  leiden. Lokale verhogingen van  $2\text{--}5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  die samenhangen met de landbouw, komen voor in (voornamelijk) Noord-Brabant, Limburg en Gelderland (Velders et al., 2009). Een uitsplitsing naar de bijdrage van diverse bronnen aan de  $PM_{10}$ -concentratie opgesplitst naar regio is te zien in Figuur 5.

Ook op drukke stadswegen en tot op enkele honderden meters van een snelweg is de concentratie  $PM_{10}$  verhoogd ten opzichte van de achtergrond (van der Zee en Walda, 2008). In het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit is het verschil tussen de concentraties  $PM_{10}$  in de stad en in drukke straten ten opzichte van de regionale achtergrond zichtbaar (zie Figuur 4).



Figuur 4. Gemiddelde  $PM_{10}$ -concentraties ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en bereik voor de periode 2007-2009 (Bron RIVM, 2010)

### Concentratie $PM_{2,5}$

Met betrekking tot  $PM_{2,5}$  bestaan meer onzekerheden over de emissies en de concentraties, omdat deze fractie pas sinds 2008 officieel wordt gemeten en gerapporteerd in het landelijk meetnet luchtkwaliteit (LML). Het patroon van de  $PM_{2,5}$ -concentratie in Nederland lijkt veel op dat van de  $PM_{10}$ -concentratie. De lokale verhogingen zijn echter kleiner; van 1 tot maximaal  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in de buurt van de knooppunten van snelwegen bij de grote steden, bij landbouwstallen en bij de op- en overslag van droge bulkgoederen in de havens. De jaargemiddelde  $PM_{2,5}$ -concentratie in Nederland ligt ongeveer tussen  $16$  en  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Matthijssen en Koelemeijer, 2010).

<sup>4</sup> Voor meer informatie over GCN-kaarten, zie GCN: <http://www.pbl.nl/nl/themasites/gcn/index.html>

<sup>5</sup> <http://www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/meetnetten/luchtkwaliteit/resultaten/> .

### Opbouw van de PM<sub>10</sub>-concentratie (µg m<sup>-3</sup>) in Nederland<sup>1</sup>

	Neder-land	Amster-dam/ Haarlem	Den Haag/ Leiden	Utrecht	Rotter-dam/ Dor-drecht	Eind-hoven	Heerlen/ Kerkrade	Noord-Neder-land	Midden-Neder-land	Zuid-Neder-land
Industrie	0,2	0,5	0,3	0,3	0,5	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2
Raffinaderijen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0
Energiesector	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Afvalverwerking	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Wegverkeer	1,0	1,7	1,7	2,4	1,8	1,2	0,7	0,7	1,3	0,9
Overig verkeer	0,6	1,0	0,9	1,1	1,0	0,7	0,5	0,5	0,7	0,5
Landbouw	0,9	0,6	0,7	0,9	0,7	1,4	0,2	0,8	1,0	1,1
Huishoudens	0,5	1,0	1,1	1,0	1,0	0,7	0,6	0,3	0,6	0,4
HDO/Bouw	0,1	0,6	0,4	0,3	0,6	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
Internationale scheepvaart	0,9	1,2	1,2	1,0	1,2	0,7	0,4	0,9	0,9	0,8
Buitenland	7,1	6,0	6,4	6,8	6,9	9,0	10,2	6,2	6,9	8,9
Zeezout	4,5	6,1	6,4	4,5	5,5	3,1	2,9	6,0	4,5	3,0
Bodemstoffen overig	7,4	5,8	5,5	7,4	6,4	8,8	9,0	5,9	7,4	8,9
<b>Totaal</b>	<b>23,3</b>	<b>24,7</b>	<b>24,9</b>	<b>25,9</b>	<b>25,7</b>	<b>26,1</b>	<b>24,9</b>	<b>21,6</b>	<b>23,9</b>	<b>24,8</b>

1) De bijdragen zijn bepaald op basis van de gekalibreerde PM<sub>10</sub>-kaart. Let op: de onzekerheid in de concentraties is groter dan het aantal decimalen aangeeft.

Opbouw van de PM<sub>10</sub>-concentratie (µg m<sup>-3</sup>) in Nederland gemiddeld, in zes agglomeraties en in drie zones in 2008 onderverdeeld naar Nederlandse bronbijdragen, internationale scheepvaart, bronnen in het buitenland, zeezout en bodemstof en overig<sup>1</sup>

**Figuur 5. Opbouw van de PM<sub>10</sub> -concentratie (naar herkomst) in Nederland (Bron: Velders et al., 2009)**

Op basis van zeven meetpunten in Nederland concludeerden Bloemen et al., (2008) dat in bebouwd gebied de bijdrage van verkeer aan de PM<sub>2,5</sub>-concentratie 38 % bedraagt. De bijdrage van olieverbranding en daaraan gerelateerde bronnen werd geschat op 7 %, de bijdrage van zeezout en bodemstof op 10 %. De resterende 45 % zijn secundair fijn stof gevormd uit gassen van verkeer, energieproductie en landbouw.

#### Fluctuaties in de tijd

De concentratie (en samenstelling) van fijn stof is niet constant in de tijd. Sommige emissies zijn seizoensafhankelijk, zoals de emissies uit de landbouw. Een voorbeeld is bemesting en de uitstoot van ammoniak en stikstofoxiden: deze activiteit vindt plaats na de oogstperiode en voor de zaaiperiode. Ook bij andere bronnen zullen vergelijkbare seizoens- en conjunctuurverschillen optreden. Denk aan de overslag van graan (voornamelijk tijdens en na de oogstperiode), de tijdelijke stop op bouwplaatsen tijdens de bouwvak, en de tijdelijke verminderde productie tijdens periode van recessie (Koelemeijer et al., 2009). Daarnaast kan de emissie door de aard van het proces of gebruikte grondstof variëren in de tijd. De emissie van een afvalverwerkingsinstallatie die iedere week afval van een andere samenstelling verbrandt, zal bijvoorbeeld daardoor ook variëren. En een ijzergieterij heeft tijdens het gieten een piekemissie, terwijl de rest van de dag de emissies laag zullen zijn. De jaargemiddelde concentraties worden niet alleen door de emissie bepaald, maar ook door meteorologische omstandigheden zoals windrichting, windsnelheid en het voorkomen van droge perioden. In Figuur 6 is dit bijvoorbeeld terug te zien in het jaar 2003, waarin de jaargemiddelde concentratie hoger was dan de jaren ervoor en erna, door invloed van de meteorologie.

#### Verskil hoge en lage bronnen

De hoogte waarop de emissie van fijn stof plaatsvindt is van invloed op de bijdrage aan de concentratie in de leefomgeving. Bij een emissie op lage hoogte (zoals bij op- en overslag) bevinden de hoogste

concentraties zich dicht bij de bron, bij emissie op grote hoogte (via een schoorsteen) zijn de bijdragen aan de concentraties direct rond het bedrijf vrij laag. Deze bijdrage neemt toe met toenemende afstand, bereikt een maximum en daalt vervolgens naarmate de afstand tot de hoge emissiebron nog groter wordt (zie ook Bijlage 2). De maximum concentratie op leefniveau is dan door verdunning relatief laag ten opzichte van eenzelfde emissie op lage hoogte.

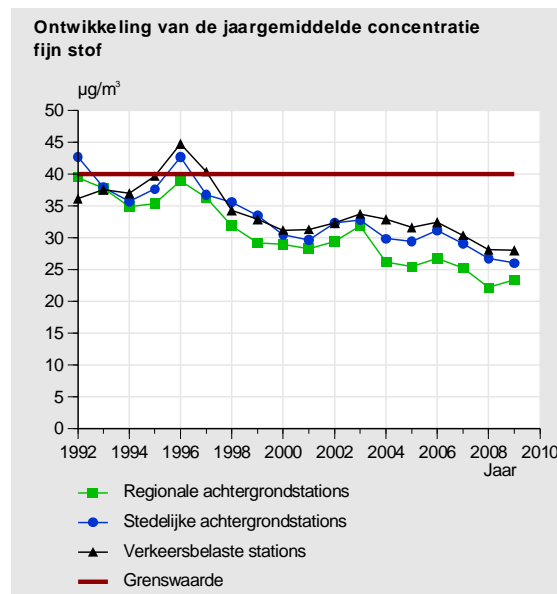
### 2.2.3 Trend in emissie en concentratie

Tabel 6. Gerealiseerde emissies van fijn stof in Nederland (bron: PBL, 2009)

	1990	2000	2007
PM <sub>10</sub>	75	44	37
PM <sub>2,5</sub> *	46	25	20

\* De emissies van PM<sub>2,5</sub> zijn afgeleid van de PM<sub>10</sub>-emissies. De onzekerheden in de PM<sub>2,5</sub>-emissies zijn niet gekwantificeerd.

De totale emissie van fijn stof (van bekende bronnen) in Nederland is sinds 1990 gedaald (Tabel 6). Geschat wordt dat de emissie nog verder daalt naar 33 kiloton in 2010 (PBL 2009). Ook de jaargemiddelde concentraties zijn de afgelopen 15 jaar gedaald (zie Figuur 6).



De emissies van fijn stof zullen met het vastgestelde beleid nauwelijks verder dalen tussen 2010 en 2020. Er treedt wel een verschuiving op tussen de verschillende sectoren. Zo nemen de fijnstofemissies bij wegverkeer en mobiele werktuigen fors af door aangescherpte emissie-eisen. De emissies bij industrie, energie, bouw en op- en overslag nemen echter toe bij de veronderstelde groei in activiteiten na 2010. De totale emissies voor zeescheepvaart nemen toe ondanks een afname van emissies per schip door een verbetering van de brandstof, waardoor emissies per schip afnemen (Hammingh e.a., 2007). Het voorgestelde beleid van het Actieplan fijn stof en industrie zal de emissies van diverse industriële sectoren en op- en overslagbedrijven doen verminderen, waardoor tussen 2010 en 2020 een daling van de totale emissie in Nederland mogelijk is (Milieubalans, 2009)

Figuur 6 Ontwikkeling van de concentratie PM<sub>10</sub> (bron: Mooibroek et al., 2010)

## 2.3 Literatuur

Beijk R., Mooibroek D., Hoogerbrugge R. (2009) Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2008, RIVM-rapport 680704008

Bloemen H.J.Th., Mooibroek D., Cassee F.R., Putten E.M. van (2008), Composition and sources of fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) in the Netherlands. RIVM rapport 863001007

Buijsman E., J.P. Beck, L. van Bree, F.R. Cassee, R.B.A. Koelemeijer, J. Matthijsen, R. Thomas en K. Wieringa (2005), Fijn stof nader bekeken, MNP rapport 500037008, ISBN: 9069601249

Buringh E., Opperhuizen A (2002), On health risks of ambient PM in the Netherlands, executive summary. RIVM rapport 650010032

Klok HJG (2006), Deeltjesgrootteverdeling van geëmitteerd stof bij industriële bronnen (TNO 2006-A-R0290)

Koelemeijer R., Drissen F., Kruitwagen S. (2009), Recessie brengt halen luchtdoelen dichterbij, Tijdschrift Lucht 2009 (4), 7-11

Matthijsen J, B.A. Jimmink, F.A.A.M. de Leeuw, W.L.M. Smeets (2009), Attainability of PM<sub>2,5</sub> air quality standards, situation for the Netherlands in a European context, PBL-rapport 500099015

Matthijsen J& R. Koelemeijer, (2010) Beleidsgericht onderzoeksprogramma fijn stof. Resultaten op hoofdlijnen, PBL-rapport 500099013, Den Haag/Bilthoven, PBL

Mooibroek, D., Beijck, R., Hoogerbrugge, R. (2010), Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2009, RIVM rapport 680704011/2010. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven

MNP, 2007: <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0470-Herkomst-fijn-stof.html?i=14-66>, geraadpleegd op 28 januari 2010

Planbureau voor de leefomgeving (PBL) (2009) Milieubalans 2009.

RIVM (2010), Metingen van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, <http://www.lml.rivm.nl>

US-EPA (2009), Integrated Science Assessment for Particulate Matter (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-08/139F

Velders G.J.M., Aben J.M.M., Blom W.F., Diederik H.S.M.A., Geilenkirchen G.P, Jimmink B.A., Koekoek A.F., Koelemeijer R.B.A., Matthijsen J., Peek C.J., van Rijn F.J.A, van Schijndel M.W., van der Sluis O.C., de Vries W.J.. Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland. Rapportage 2009. Planbureau voor de Leefomgeving, PBL publicatienummer 500088005

Viana M., T.A.J. Kuhlbusch, X. Querola, A. Alastueya, R.M. Harrison, P.K. Hopke, W. Winiwarter, M. Vallius, S. Szidat, A.S.H. Prévôt, C. Hueglin, H. Bloemen, P. Wählin, R. Vecchi, A.I. Miranda, A. Kasper-Giebl, W. Maenhaut, R. Hitzenberger., Source apportionment of particulate matter in Europe: A review of methods and results, Journal of Aerosol Science 39 (2008) 827–849

VROM (2008), Fijn stof en BBT: achtergrondrapportage actieplan fijn stof en industrie,

Wesseling J., Beijck R (2008). Korte-termijn trend in NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> concentraties op straatstations van het LML, RIVM Briefrapport 680705007

Zee SC van der, Walda IC. (2008), GGD-richtlijn medische milieukunde. Luchtkwaliteit en gezondheid. RIVM rapport 609330008



## 3 Scheepvaart

### 3.1 Inleiding

Het aandeel van scheepvaart in de totale emissie van fijn stof in Nederland is de afgelopen decennia toegenomen tot ongeveer 20 %. Voor PM<sub>2,5</sub> ligt dit aandeel zelfs op 30 %. Dit wordt veroorzaakt doordat voor andere bronnen dan de scheepvaart sneller emissiebeperkende maatregelen (kunnen) worden doorgevoerd (PBL, 2009).

#### *Trends*

Uit diverse studies blijkt dat de emissie van fijn stof door zeeschepen afhankelijk is van het soort brandstof en de hoeveelheid zwavel en as die in die brandstof zit. Meer zwavel en as verhogen de emissie van fijn stof. De Noordzee is sinds augustus 2007 een Sulphure Emission Control Area (SECA). Dit betekent dat schepen op de Noordzee brandstof moeten gebruiken met een zwavelgehalte van maximaal 1,5 % (tegen 4,5 % wereldwijd). In 2010 daalt het maximale percentage tot 1 % en in 2015 wordt dit verder aangescherpt tot 0,1 %. Voor gasolie geldt nu al een maximum van 0,1 %. De verwachting is dat hierdoor de uitstoot per schip gaat afnemen. Door de enorme toename in het scheepsverkeer wordt echter voor 2020 een toename van 35 % van de fijnstofemissie door zeeschepen verwacht ten opzichte van 2000. Zonder de brandstofmaatregelen zou dit op 60 % uitkomen (Hammingh et al., 2007).

### 3.2 Bronnen van fijn stof

In deze paragraaf wordt onderscheid gemaakt tussen zeescheepvaart en binnenscheepvaart. De totale emissie van zeescheepvaart is in Nederland beduidend hoger dan van de binnenvaart. Dit komt doordat de uitstoot van zeeschepen op het totale Nederlands continentaal plat<sup>6</sup> wordt meegeteld.

#### *Binnenvaart*

Naast binnenvaartschepen die vrachten vervoeren dragen ook pleziervaart en vissersschepen bij aan de emissie van fijn stof in Nederland (zie Tabel 7).

**Tabel 7 Jaarlijkse emissies van binnenvaartschepen in Nederland (bron:Van der Gon et al., 2010)**

Emissiebron	1990	1995	2000	2005	2006	2007	2008
Nationale binnenvaart; duwvaart	15	20	24	40	44	44	44
Nationale binnenvaart	218	214	290	262	241	241	241
Internationale binnenvaart; duwvaart	85	108	105	130	133	133	133
Internationale binnenvaart	868	833	748	577	551	551	551
Ferry's	125	144	144	144	144	144	144
Pleziervaart	48	52	54	53	52	52	52
Binnenlandse en kustvisserij	390	433	378	265	264	253	243
<b>Totaal</b>	<b>1749</b>	<b>1804</b>	<b>1743</b>	<b>1471</b>	<b>1429</b>	<b>1418</b>	<b>1408</b>

<sup>6</sup> Het Nederlands continentaal plat is dat deel van de Noordzee dat tot Nederland behoort. Het vormt ruim de helft van de totale oppervlakte van Nederland. De andere helft bestaat uit het landoppervlak van Nederland inclusief zoetwaterbronnen

### Zeescheepvaart

Zeeschepen stoten in totaal het meeste fijn stof uit tijdens het varen op de open zee, gevolgd door het manoeuvreren naar en in de haven (zie Tabel 8).

**Tabel 8. Jaarlijkse emissies van zeeschepen in Nederland (bron: Van der Gon et al., 2010)**

Bron	1990	1995	PM <sub>10</sub> (ton)				
			2000	2005	2006	2007	2008
Zeeschepen op NL continentaal plat	5198	5335	6491	6499	6813	7109	7109
Aangemeerd	193	199	283	319	334	351	351
Manoeuvreren naar en in de haven	744	769	949	792	842	892	892
<b>Totaal</b>	<b>6135</b>	<b>6303</b>	<b>7723</b>	<b>7610</b>	<b>7989</b>	<b>8352</b>	<b>8352</b>

Een bepalende factor voor de uitstoot van fijn stof door zeeschepen is de gebruikte brandstof: mariene gasolie, marine diesel oil (MDO) of heavy fuel oil (stookolie; HFO). Elk van deze drie brandstofsoorten kent zijn eigen emissie. Hoe meer zwavel zich in de brandstof bevindt, hoe meer fijn stof ontstaat bij de verbranding (Sodeau et al., 2009). De PM<sub>10</sub> uitstoot van MDO en HFO is mede daardoor veel hoger dan van gasolie (zie Tabel 10). Ook bevat gasolie minder as en is de viscositeit lager, wat tot minder fijn stof emissie leidt. Nadeel is dat gasolie veel duurder is (Hammingh et al., 2007) en dat gasolie relatief meer kleine deeltjes uitstoot in de fractie PM<sub>0,3-0,4</sub> (Winnes en Fridell, 2009). Door de regels met betrekking tot het maximale zwavelgehalte van de brandstof tijdens het varen op de Noordzee, schakelen veel zeeschepen daar over op een schonere brandstof dan ze daarbuiten gebruiken (goedkopere brandstof met veel zwavel).

Schepen liggen soms één tot meerdere dagen in de haven, terwijl voor varen en manoeuvreren van/naar ligpositie slechts een uur/enkele uren nodig zijn. In de Rotterdamse haven is driekwart van de uitstoot van stilliggende schepen afkomstig van olietankers, containerschepen en ferry's. De emissie vindt plaats door het gebruik van machines bij het laden en lossen, het warm houden van ruimtes of het koud houden van koelcontainers. Ook worden de hulpmotoren gebruikt om stookolie te verwarmen voorafgaand aan het starten van de hoofdmotor (Van der Gon et al., 2010). Deze hulpmotoren werken vaak op schonere brandstof dan de hoofdmotor.

## 3.3 Blootstelling van omwonenden

**Tabel 9 Concentraties fijn stof door scheepvaart**

	Toename PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Toename PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Afstand (meter)	Referentie
<b>Totale binnenvaart op de Waal</b>	<0,1		190-270	Bloemen et al., 2006
<b>Zeeschip gasolie</b>	nvt	nvt	1000*	Sinha et al., 2003
<b>Zeeschip stookolie</b>	nvt	nvt	3000*	Sinha et al., 2003

\* Op deze afstand is de concentratie volgens deze studie weer gedaald tot het achtergrondniveau

#### *Binnenvaart*

Metingen in 2006 langs de Waal bij Nijmegen wezen uit dat de emissies van PM<sub>10</sub> door intensieve binnenvaart op de Waal bij Nijmegen niet leidden tot een duidelijke bijdrage aan de concentraties op de wal (Bloemen et al., 2006). Er is gemeten op beide oevers, die allebei ongeveer 30% van de tijd benedenwinds lagen. De jaargemiddelde bijdrage op de oever (op 190 – 275 meter vanaf de vaargeul) voor PM<sub>10</sub> was slechts 0,1 µg/m<sup>3</sup>. Wel zijn er duidelijke bijdragen aan de luchtverontreiniging met stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>) in de directe omgeving van de vaarroute. Deze vaarroute is één van de drukste van Nederland en daarom is op grond van dit onderzoek de verwachting dat bij andere vaarroutes de bijdrage aan de lokale concentraties minimaal is. Een uitzondering vormen de vaarwegen waar ook zeeschepen mogen komen, zoals het Noordzeekanaal, de Westerschelde, het Kanaal van Gent naar Terneuzen en de waterwegen in de Rotterdamse havens, Dordtse havens en de haven van Moerdijk. Er is geen informatie over bijdragen van scheepvaart aan de concentraties langs dergelijke vaarroutes.

#### *Zeescheepvaart*

Er zijn geen metingen bekend in Nederland van de bijdrage van zeeschepen aan lokale fijn stof concentraties. Hammingh et al. (2007) berekenen een bijdrage aan de PM<sub>10</sub>-concentraties in Nederland van 1 µg/m<sup>3</sup> (4% van 26 µg/m<sup>3</sup>) in 2005 en 1,2 µg/m<sup>3</sup> (5% van 23 µg/m<sup>3</sup>) in 2020. Hiervan is ongeveer 20% primair fijn stof, 30% secundair fijn stof door zwaveloxiden en 50% secundair fijn stof door stikstofoxiden. Viana et al. (2009) berekenden een bijdrage van ongeveer 0,8 µg/m<sup>3</sup> primair PM<sub>10</sub> aan de jaargemiddelde concentraties in een stad langs de kust van Spanje als gevolg van zeeschepen. Deze bijdrage aan de jaargemiddelde concentraties is volgens Viana et al. vrijwel volledig in de fractie PM<sub>2,5</sub>. Op verschillende plekken in Seattle was de bijdrage van de scheepvaart aan de concentratie van primair PM<sub>2,5</sub> 0,4 – 0,5 µg/m<sup>3</sup> (4-6%) (Kim en Hopke, 2008). Daarnaast concluderen zij dat per 1 µg primair PM<sub>2,5</sub> van zeescheepvaart er 0,8 µg secundair PM<sub>2,5</sub> aanwezig is in de concentratie. Het is onduidelijk van welke bronnen het secundaire aerosol afkomstig is, maar zeeschepen hebben een aandeel hierin.

Zeeschepen die varen op gasolie of op stookolie zorgen voor een verschillende blootstelling (zie ook paragraaf 3.2). Volgens twee metingen van Sinha et al. (2003) daalt de concentratie fijn stof benedenwinds van een scheepspluim weer tot de achtergrondconcentratie op 1 kilometer voor een zeeschip varende op gasolie en op 3 kilometer voor een zeeschip varende op stookolie.

### 3.4 Deeltjesgrootte en samenstelling

#### *Deeltjesgrootte*

Een groot deel van de emissie van zeeschepen valt in de fractie PM<sub>2,5</sub> (Minguillon et al., 2008; Hellebust et al., 2010). Singh et al. (2006) vonden tijdens een staking dat stilliggende schepen in de haven van Los Angeles-Long Beach de oorzaak waren van een sterk verhoogde concentratie van PM<sub>0,06-0,2</sub>. Uit metingen in de uitlaat van varende schepen blijkt dat van de PM<sub>2,5</sub>-fractie ruim de helft in de fractie PM<sub>0,18</sub> valt (Broekman et al., 2008; zie Tabel 10). De tabel laat ook zien dat HFO tot meer grotere deeltjes leidt en gasolie juist tot meer kleine deeltjes (Van der Gon et al., 2010; Winnes en Fridell, 2009; Sinha et al., 2003).

**Tabel 10 emissieconcentratie per brandstofsoort en procentuele verdeling van de fijnstoffracties (mg/m<sup>3</sup>) gemeten direct in de uitlaat (Broekman et al., 2008)**

Brandstof	Massa	Percentage	Percentage	Percentage	Aantal schepen
		PM <sub>2,5-10</sub>	PM <sub>0,18-2,5</sub>	PM <sub>0,18</sub>	
Gasolie	56,8 ± 45,5	2,5 ± 1,7	39,6 ± 16,7	57,7 ± 16,6	14
HFO	108,7 ± 43,4	4,4 ± 3,1	44,7 ± 21,2	50,9 ± 20,6	25
MDO	116,6 ± 76,3	2,2 ± 0,4	41,1 ± 17,1	56,7 ± 16,6	4

#### Samenstelling

De belangrijkste vervuilende stoffen van scheepvaart zijn PAK's, zwaveloxiden, stikstofoxiden en fijn stof (Bloemen et al. (2006) en Broekman et al. (2008)). Regelmatig worden brandstoffen van zeeschepen bijgemengd met niet definieerbare afvalstromen. Het is onduidelijk wat dit betekent voor de te verwachten uitstoot van schadelijke stoffen in termen van aard en omvang.

In Amerika (Ault et al., 2009) werden tijdens periodes van verhoogde concentraties PM<sub>2,5</sub> voor de kust van San Diego stofmonsters geanalyseerd. De belangrijkste bestanddelen in het fijn stof van zeeschepen zijn elementair koolstof, organisch koolstof, sulfaat en diverse metalen. De meest onderscheidende metalen zijn vanadium, nikkel en ijzer (onder andere Ault et al., 2009; Viana et al., 2008).

In vergelijking met wegverkeeremissies bevatten verbrandingsemissies van schepen veel meer zware metalen. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door het gebruik van een ander type brandstof. Ook leidt dit ertoe dat meer roet wordt uitgestoten dan door wegverkeer.

### 3.5 Gezondheid

Er zijn geen studies bekend naar de impact van de emissies van (zee)schepen op de gezondheid van mensen.

### 3.6 Conclusie scheepvaart

Samenstelling		
	Aanwezig	Voorbeelden/opmerkingen
Verbrandingsaerosol	✓	PAK's
Anorganische aerosolen	✓	Sulfaat
Metalen	✓	Vanadium, Nikkel
Biologisch materiaal		
Deeltjesgrootte		
Voornaamste fractie	PM <sub>2,5</sub>	
Bijdrage aan de fijnstofconcentratie identificeerbaar		
Zeeschepen	Minimaal enkele kilometers	
Binnenvaartschepen	<100 meter	Op de wal geen verhogingen

## 3.7 Literatuur

Ault A.P., Moore M.J., Furutani H., Prather K.A. (2009), Impact of emissions from the Los Angeles Port Region on San Diego air quality during regional transport events. *Environ. Sci. Technol.* 43: 3500-3506

Beijk R., Mooibroek D., Hoogerbrugge R. (2009), Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 2008. RIVM-rapport 680704008

Bloemen H.J.Th., Uiterwijk W., Putten E.M. van, Verboom J.H. (2006), Locale invloed scheepvaart emissies – LISE, RIVM rapport 680280001

Broekman M.H., M.E. Gerlofs-Nijland, D.P.J. Swart (2008), Metingen van de luchtmissie en de samenstelling van brandstoffen van zeeschepen, RIVM Bilthoven, Briefrapport 609021075

Gariazzo C., Papaleo V., Pelliccioni A., Calori G., Radice P., Tinarelli G. (2007), Application of a Langrangian particle model to assess the impact of harbour, industrial and urban activities on air quality in the Taranto area, Italy. *Atmospheric Environment* 41: 6432-6444

Gon, H.D. van der, H. Oonk, M. Schaap, A. Visschedijk, G. Boersen, D. Heslinga (2007), Industriële emissies en luchtkwaliteit: bijdrage van emissies van de Nederlandse industrie aan concentraties van fijn stof en NO<sub>2</sub>, TNO, 2007-A-R1086/B

Gon, H.D. van der, J. Hulskotte (2010), Methodologies for estimating shipping emissions in the Netherlands: A documentation of currently used emission factors and related activity data, PBL report 500099012, Bilthoven/Den Haag

Hammingh P., J.M.M. Aben, W.F. Blom, B.A. Jimmink, W.J. de Vries, M. Visser (2007), Effectiveness of international emission control measures for North Sea shipping on Dutch air quality, MNP Report 500092004

Hellebust S., A. Allanic, I.P. O'Connor, C. Jourdan, D. Healy and J.R. Sodeau (2010), Sources of ambient concentrations and chemical composition of PM<sub>2.5-0.1</sub> in Cork Harbour, Ireland, *Atmospheric Research*, Vol 95(2-3):136-149

Hu S., Polidori A., Arhami M., Shafer M.M., Schauer J.J., Cho A., Sioutas C. (2008), Redox activity and chemical speciation of size fractionated PM in the communities of the Los Angeles-Long Beach Harbor. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* 8: 11643-11672

Kim E., P.K. Hopke (2008), Source characterization of ambient fine particles at multiple sites in the Seattle area, *Atmospheric Environment* 42: 6047– 6056

Minguillon M.C., M. Arhami, J.J. Schauer, C. Sioutas (2008), Seasonal and spatial variations of sources of fine and quasi-ultrafine particulate matter in neighborhoods near the Los Angeles-Long Beach harbor, *Atmospheric Environment* 42: 7317-7328

Planbureau voor de leefomgeving (PBL) (2009), Milieubalans 2009

Singh, M., H.C. Phuleria, K Bowers, C. Sioutas (2006), Seasonal and spatial trends in particle number concentrations and size distributions at the children's health study sites in Southern California, *J. Expo Sci Environ Epidemiol*, 2006 Jan;16(1): 3-18

Sinha, P., P.V. Hobbs, R.J. Yokelson, T.J. Christian, T.W. Kirchstetter, R. Bruintjes (2003), Emissions of trace gases and particles from two ships in the southern Atlantic Ocean, *Atmospheric Environment* 37: 2139-2148

Sodeau J.R., S. Hellebust, A. Allanic, I. O'Connor, D.A. Healy, R. Healy, J. Wenger (2009), Airborne emissions in the harbour and port of Cork, *Biomarkers*, 2009; 14(SI): 12-16

Velders G.J.M., Aben J.M.M., Blom W.F., Dieren H.S.M.A., Geilenkirchen G.P, Jimmink B.A., Koekoek A.F., Koelemeijer R.B.A., Matthijsen J., Peek C.J., van Rijn F.J.A, van Schijndel M.W., van der Sluis O.C., de Vries W.J.. Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland. Rapportage 2009. Planbureau voor de Leefomgeving, PBL publicatienummer 500088005

Viana M., T.A.J. Kuhlbusch, X. Querola, A. Alastueya, R.M. Harrison, P.K. Hopke, W. Winiwarter, M. Vallius, S. Szidat, A.S.H. Prévôt, C. Hueglin, H. Bloemen, P. Wählin, R. Vecchi, A.I. Miranda, A. Kasper-Giebl, W. Maenhaut, R. Hitzenberger. (2008), Source apportionment of particulate matter in Europe: A review of methods and results, *Journal of Aerosol Science* 39: 827-849

Viana M, Amato F, Alastuey A, Querol X, Moreno T, Dos Santos SG, Herce MD, Fernández-Patier R. (2009) Chemical tracers of particulate emissions from commercial shipping, *Environ Sci Technol*. Oct 1;43(19):7472-7

Winnes, H., E. Fridell (2009), Particle emissions from ships: dependence on fuel type, *J Air Waste Manag Assoc.*, 59(12): 1391-8

## 4 Voedingsmiddelenindustrie

### 4.1 Inleiding

De doelgroep voedings- en genotmiddelen industrie levert met 6,2 % een grotere bijdrage aan de antropogene emissies van fijn stof dan raffinaderijen, energiecentrales, chemische industrie, op- en overslagbedrijven en basismetaalindustrie. De grootste bijdragen leveren de subdoelgroepen ‘Vervaardiging van diervoeder’ (2,5 %) en ‘Vervaardiging van meel’ (1,5 %).

Uit een overzicht van VROM (2008) blijkt dat in de top 26 van bedrijven met de grootste emissie van fijn stof er 3 bedrijven tot de voedingsmiddelenindustrie behoren. Hiermee wijkt deze doelgroep niet af van andere industriële doelgroepen (met elk 3 tot 6 bedrijven in de top 26). Een groot verschil is dat deze 3 bedrijven slechts een klein deel van de totale emissie van de voedingsmiddelenindustrie bepalen (9 %), terwijl bij de andere vijf genoemde doelgroepen de top-26 bedrijven de gehele of nagenoeg de gehele emissie van de doelgroep leveren. De ruimtelijke verdeling over Nederland van bedrijven in de doelgroep voedingsmiddelenindustrie zal dan ook diffuser zijn.

#### *Diervoederindustrie*

Jaarlijks wordt in Nederland circa 13 miljoen ton diervoeder geproduceerd. De grondstoffen hiervoor zijn afkomstig uit binnen- en buitenland. Ze bestaan voornamelijk uit plantaardige producten, zoals graan, soja en tapioca en uit bijproducten van de voedings- en genotmiddelenindustrie, zoals bierbostel, sojameel, citruspulp, aardappelvezels, tarwegries en dierlijke vetten. De grondstoffen worden verwerkt in duizenden diervoederrecepturen. Van de diervoeders is meer dan 40 % bestemd voor varkens. Naar rundvee en pluimvee gaat allebei ongeveer 25 %. De rest is bestemd voor overige dieren, zoals kalveren, paarden, schapen, geiten en gezelschapsdieren. Ook voor dierentuindieren wordt speciaal voer geproduceerd ([www.nevedi.nl](http://www.nevedi.nl)).

#### *Meelindustrie*

Nadere bestudering van de categorie ‘vervaardigen van meel’ in de Emissieregistratie laat zien dat deze is opgebouwd uit vijf bedrijfsklassen:

- vervaardigen van meel (geen zetmeel);
- vervaardiging van zetmeel en zetmeelproducten;
- gort- en rijstpellerijen; vervaardiging van haveremout en andere grutterwaren;
- vervaardiging van maïs-, tarwe- en rijststijfsel;
- vervaardiging van dextrine, glucose.

Vervaardigen van meel (geen zetmeel) gebeurt in meelmaalderijen. Deze branche bestaat uit vier grote bedrijven (Nederlandse Vereniging Meelmaalderijen) en verder veel kleine bedrijven zoals molens. De vier grote bedrijven hebben samen zes industriële meelmaalderijen.

Binnen de categorie zetmeel zijn een paar grote bedrijven opgenomen in de Emissieregistratie, maar daarnaast zijn er ook vele kleinere bedrijven, die niet in de Emissieregistratie zitten.

## 4.2 Bronnen van fijn stof

De bedrijven in de diervoederindustrie en meelindustrie staan niet bekend om verbrandingsemissies (zie Tabel 4). De bron van fijn stof is hoofdzakelijk het verplaatsen van stoffig materiaal. Vooral tijdens het laden en lossen, bijmengen, wegen en schoonmaken kan fijn stof vrijkomen. Bij drogerijen komt daarnaast tijdens het droogproces fijn stof vrij.

Uit onderzoek onder werknemers in de meelbranche (TNO-IRAS, 2008) blijkt dat vooral enkele bedrijfsprocessen in de binnenruimte zorgen voor kortstondige piekconcentraties fijn (meel)stof. Het betreft vooral onderhoudswerkzaamheden aan walsen en zeeframes, afwegen en storten van grondstoffen en hulpstoffen, tappen van eindproduct in bulkhoevelheden, het vullen van big bags en containers, het afzakken van eindproduct, schoonmaakwerkzaamheden, calamiteiten/storingen bij malen en/of tappen/afzakken ([www.blijmetstofvrij.nl](http://www.blijmetstofvrij.nl)).

## 4.3 Blootstelling van omwonenden

Er is geen informatie bekend bij het RIVM over blootstelling van omwonenden aan fijn stof van diervoeder- en meelbedrijven. Uit een overzicht van Essers en Hofschreuder (2007) blijkt dat er in het verleden bij enkele bedrijven van de diervoederindustrie boven- en benedenwindse metingen gedaan zijn voor totaalstof (dus ook de deeltjes groter dan  $PM_{10}$ ) en mogelijke ziekteverwekkers zoals endotoxinen. Die leverden echter slechts in een beperkt aantal gevallen resultaten op die wezen op een lokale bijdrage aan de concentraties in de lucht. Een structurele verhoging van de concentraties totaalstof is op enkele honderden meters van de bedrijven niet gevonden (Doekes et al., 1995; Doekes en Spithoven, 1997). Mogelijk zijn er in de bedrijfsvoering momenten die een piek in emissies veroorzaken, zoals op- en overslag van grondstoffen in bulk, die leiden tot de enkele metingen met verhoogde concentraties in de omgeving.

Uit onderzoek bij een sojaverwerkend bedrijf in Utrecht vonden Van Strien e.a. (1995) verhoogde concentraties stof in de lucht op het fabrieksterrein, maar niet in de omgeving van het bedrijf. Wel werden soja-antigenen aangetroffen in het stof in omliggende wijken wanneer benedenwinds werd gemeten. Het stof van de fabriek is dus aantoonbaar aanwezig in de lucht rond de fabriek, maar draagt niet duidelijk bij aan een verhoging van de concentratie fijn stof

Een berekening van Essers en Hofschreuder (2007) voor een specifiek mengvoederbedrijf geeft een bijdrage van enkele tienden van microgrammen tot  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  aan de jaargemiddelde concentratie  $PM_{10}$  buiten het bedrijfsperceel. De belangrijkste bron vormen de emissies uit het productieproces.

Bij alle onderzochte diervoederbedrijven komen geurklachten voor bij woonwijken in de directe omgeving (minimaal tot op enkele honderden meters).

## 4.4 Deeltjesgrootte en samenstelling

### Deeltjesgrootte

De emissies van de voedingsmiddelen industrie in de Emissieregistratie bestaan voor 80-85 % uit deeltjes in de fractie  $PM_{2,5-10}$  (zie ook Tabel 4)



### Samenstelling

De emissie van de voedingsmiddelenindustrie bevat nauwelijks verbrandingsemissies. Belangrijke componenten zijn meelstof, dierlijk of plantaardig celmateriaal, bacteriën, schimmels of allergenen. De aanwezigheid van endotoxinen in fijn stof in de lucht kan het gevolg zijn van microbiële groei op de grondstoffen tijdens de groei en de opslag. De endotoxinen hechten zich aan het stof dat van de grondstoffen vrijkomt.

## 4.5 Gezondheid

Vooral de biologische component in het fijn stof is van belang voor gezondheid. Blootstelling aan meelstof in concentraties zoals in arbeidssituaties kan leiden tot overgevoeligheid of allergie. Dit uit zich bijvoorbeeld in een loopneus, rode ogen, irritatie van de bovenste luchtwegen, astma (bakkersastma) of huideczeem (bakkerseczeem). De Gezondheidsraad schat de extra kans voor werknemers op overgevoeligheid voor meelstof afkomstig van tarwe en andere verwante graansoorten op 0,1% bij een beroepsmatige blootstelling van 12 µg/m<sup>3</sup> inhaleerbaar stof (dit komt overeen met PM<sub>10</sub>). Als er eenmaal een overgevoeligheid is ontstaan, is heel lage blootstelling al genoeg om klachten te veroorzaken. Bovendien is er een reële kans dat de overgevoeligheid blijvend is (Gezondheidsraad, 2004).

In de jaren tachtig hebben zeer hoge concentraties sojastofdeeltjes geleid tot astma-uitbraken in Barcelona op dagen dat in de haven soja van bulkschepen werd overgeslagen in een silo. Nadat een filter op de silo was geïnstalleerd traden er geen astma-uitbraken meer op (Anto et al., 1989). Acht jaar na blootstelling aan de hoge concentraties soja-allergenen in Barcelona bleek nog ruim 50 % van de betrokken astmapatiënten gesensibiliseerd te zijn (Anto et al., 1999).

Van Strien e.a. (1995) hebben onderzocht of bij een sojaverwerkende fabriek in Utrecht gezondheidseffecten optraden bij omwonenden. Gezien het geringe verschil in sensibilisatie tussen personen in de wijken rond de fabriek en personen in de controlewijken lijkt er geen reden te zijn om aan te nemen dat gevoelige personen gesensibiliseerd zijn geraakt door blootstelling aan stof afkomstig van de fabriek. Tegen soja gesensibiliseerde personen reageerden echter wel met meer luchtwegklachten en lagere longfunctie op blootstelling aan soja.

## 4.6 Conclusie diervoederindustrie en meelmaaldrij

Samenstelling		
	<i>Aanwezig</i>	<i>Voorbeelden/opmerkingen</i>
Verbrandingsaerosol		
Anorganische aerosolen		
Metalen		
Biologisch materiaal	✓	Meelstof, bacteriën, endotoxinen, schimmels, dierlijk of plantaardig celmateriaal
Deeltjesgrootte		
Voornaamste fractie	PM <sub>2,5-10</sub>	Productie en op- en overslag
Bijdrage aan de fijnstofconcentratie identificeerbaar		
Afstand	?	

## 4.7 Literatuur

Antó JM, Soriano JB, Sunyer J, Rodrigo MJ, Morell F, Roca J, Rodríguez-Roisín R, Swanson MC. (1999), Long term outcome of soybean epidemic asthma after an allergen reduction intervention, *Thorax* 54:670-674

Antó JM, Sunyer J, Rodríguez-Roisín R, Suarez-Cervera M, Vazquez L (1989), Community outbreaks of asthma associated with inhalation of soybean dust, *New England Journal of Medicine*, 320:1097-1102

Doekes, G., C.G.M. Knuit, A.D. Wientjes (1995), Organisch stof concentraties in de buitenlucht in de omgeving van een drogerij, Landbouwniversiteit Wageningen.

Doekes, G. en J.J.G. Spithoven (1997), Organisch stof in de buitenlucht rond een mengvoederbedrijf, Landbouwniversiteit Wageningen, 1997-283

Essers, S. en P. Hofschreuder (2007), Overlast van een mengvoederbedrijf: onderzoek naar mogelijke geuroverlast en gezondheidsrisico's door stofemissies voor omwonenden van firma De Heus in Ravenstein, Wetenschapswinkel Wageningen UR, rapport 241

Gezondheidsraad (2004), Wheat and other cereal flour dusts: An approach for evaluating health effects from occupational exposure, No. 2004/02OSH, The Hague

Strien, R.T. van, D.J.J. Heederik, G. Doekes, B. Brunekreef (1995), Een epidemiologisch onderzoek naar de invloed van de uitstoot van stof door een sojafabriek op de gezondheid van omwonenden, Landbouwniversiteit Wageningen

TNO/IRAS.(2003) Expositie aan stof, tarweallergenen en schimmel  $\alpha$ -amylase. Uitg. Reed Business Information, Doetinchem

TNO-IRAS, T Meijster, E Tielemans, J Schinkel, D Heederik (2008), Evaluation of Peak Exposures in the Dutch Flour Processing Industry: Implications for Intervention Strategies

VROM (2008), Fijn stof en BBT: achtergrondrapportage actieplan fijn stof en industrie,

## 5 Op- en overslagbedrijven

### 5.1 Inleiding

Uit de Emissieregistratie blijkt dat de doelgroep HDO (Handel, diensten, overheid) een bijdrage levert aan de totale Nederlandse fijnstofemissie van 2%. Dit wordt vrijwel volledig veroorzaakt door 'op- en overslag'. Daarom is besloten op- en overslagbedrijven als apart onderdeel in dit onderzoek mee te nemen.

### 5.2 Bronnen van fijn stof

Laden en lossen en verwaaiing van stoffig los materiaal zijn verantwoordelijk voor fijn stof emissie van op- en overslagbedrijven. Volgens Van der Gon et al. (2007) zijn op- en overslagemissies in Nederland jaarlijks verantwoordelijk voor de emissie van ongeveer 1 kiloton fijn stof. De op- en overslagemissies zijn hoofdzakelijk afkomstig van enkele bedrijven in de havens van Rotterdam, Amsterdam en IJmuiden. Daarbuiten zijn nauwelijks bronnen onderscheiden in de Emissieregistratie.

Toch komt bij veel andere bedrijven ook op- en overslag voor, maar omdat de op- en overslag niet de hoofdactiviteit is worden ze in de Emissieregistratie niet in de doelgroep op- en overslagbedrijven meegenomen. Bij dergelijke bedrijven wordt de emissie van op- en overslagactiviteiten vaak meegenomen onder diffuse emissies (zie ook Tabel 4). Voorbeelden zijn kolencentrales (energie), diervoederindustrie, metaalbewerkingsindustrie, basismetalenindustrie, cementindustrie.

### 5.3 Blootstelling van omwonenden

Tabel 11 Bijdrage aan de fijnstofconcentratie door op- en overslagindustrie

	Toename PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Toename PM <sub>2,5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Afstand (meter)	Referentie
<b>Haven: op en overslagbedrijven</b>	10-20	1-4	Enkele kilometers	Velders e.a., 2009 Gier e.a., 2008

Lokaal treden volgens modelberekeningen in de havens van Rotterdam, Amsterdam en IJmuiden verhogingen van 10–20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  op in de concentratie PM<sub>10</sub> als gevolg van op- en overslagactiviteiten (Velders et al., 2009). Voor PM<sub>2,5</sub> ligt de bijdrage tussen 1 en 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . De verspreiding naar de omgeving is redelijk beperkt omdat de emissies op grondniveau plaatsvinden en vooral bestaan uit de grove fractie PM<sub>2,5-10</sub> (Van der Gon et al., 2007). Uit berekeningen van De Gier et al. (2008) komt het beeld naar voren dat op- en overslagbedrijven in de Rotterdamse havens tot op enkele kilometers bijdragen aan de fijnstofconcentraties. Aan de concentraties fijn stof op grotere afstanden dragen op- en overslagbedrijven nauwelijks bij.

In een Spaanse studie (Moreno et al., 2007) is gemeten hoeveel fijn stof vrij komt bij het behandelen van diverse bulkgoederen (Tabel 12). In de literatuur is niet opgenomen wat de concentratie is op

grotere afstand. De gemeten waarden kunnen beschouwd worden als bronemissies en zullen met toenemende afstand snel dalen. Van het totaal aan stof (ook groter dan  $PM_{10}$ ) dat vrijkomt bij op- en overslag van deze goederen, behoorde in vrijwel alle gevallen minder dan 10% tot  $PM_{10}$ .

**Tabel 12 Gemeten concentraties fijn stof tijdens op- en overslag van bulkgoederen (Moreno et al., 2007)**

<b>Materiaal</b>	<b>Activiteit</b>	<b>Concentratie <math>PM_{10}</math> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b> <i>(met meetduur en afstand tot bron)</i>
Klinker	Van boot naar wal	2077 (1 uur op 10 meter)
Pyrietas	Van boot naar wal	498 (2 uur op 40m)
Fijn silicium-mangaan	Van boot naar wal	1243 (1 uur op 57m)
Fosfaat	Opwaai tijdelijke opslag	4792 (25 min op 25m)
Andalusiet	Van boot in trucks	5830 (20 min op 30m)
Cokes	Opwaai uit trucks	10344 (20 min op 10m)
Bitumineus kool	Van wal naar trucks	804 (1,5 uur op 35m)
Sojabonen	Van boot naar trucks	728 (35 min op 30m)
Tapioca	Van boot naar trucks	32963 (17 min op 10m)
Maïs	Van boot naar trucks	729 (1 uur op 30m)
Alfalfa	Van wal naar trucks	716 (1 uur op 17m)
Verkeer	Snelweg	191 (9 uur op 1m)

## 5.4 Deeltjesgrootte en samenstelling

De stofemissies van op- en overslag bevinden zich hoofdzakelijk in de fractie  $PM_{2,5-10}$  (Van der Gon et al., 2007).

Voor de samenstelling van het fijn stof dat vrijkomt bij op- en overslagactiviteiten is de grondstof van belang. Veelal gaat het om mineralen en dan komen in het fijn stof relatief veel oxiden voor. Ook komen er metalen vrij. Tijdens de behandeling van stoffen kunnen de concentraties van potentieel toxische elementen soms sterk verhoogd zijn. Moreno et al. (2007) vonden bij enkele in Tabel 12 beschreven materialen sterke verhogingen.

Bij pyrietas, gebruikt in onder meer de metaal-, cement- en glasindustrie, waren de concentraties arseen en lood verhoogd tot  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en  $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bij andalusiet, eveneens gebruikt in onder meer de metaal-, cement- en glasindustrie, waren dezelfde stoffen ook verhoogd. Bij cokes was de concentratie nikkel verhoogd tot  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bij fosfaatopslag was sprake van  $0,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  cadmium. Al deze concentraties vonden plaats tijdens op- en overslag van grondstoffen. Deze metingen vonden op korte afstand plaats en de duur van de meting was tussen 0,5 en 2 uur. De gemeten waarden kunnen beschouwd worden als bronemissies. Het is niet duidelijk wat de concentraties op grotere afstanden zijn. Te verwachten is dat de concentraties met afstand tot de bron snel dalen.

Bij op- en overslag van biologische grondstoffen, zoals soja en maïs, is sprake van biologische componenten zoals plantaardig celmateriaal, bacteriën, schimmels en allergenen.

## 5.5 Gezondheid

Er zijn geen studies bekend naar de effecten voor de gezondheid van op- en overslagemissies. Wel is een voorbeeld uit de haven van Barcelona bekend waar bij de op- en overslag van soja allergenen vrijkwamen die tot gezondheidsklachten leiden (zie verder paragraaf 4.5).

Wanneer er sprake is van biologisch materiaal, zoals tapioca, soja en maïs, dan kunnen er allergenen op het vrijkomende fijn stof voorkomen.

Wanneer er sprake is van op- en overslag van minerale grondstoffen, dan komen er metaaloxiden en potentieel toxische metalen voor in het fijn stof.

## 5.6 Conclusie op- en overslagbedrijven

Samenstelling		
	<i>Aanwezig</i>	<i>Voorbeelden/opmerkingen</i>
Verbrandingsaerosol		
Anorganische aerosolen		
Metalen	✓	Metaaloxiden uit grondstoffen
Biologisch materiaal	✓	Biologische grondstoffen, allergenen
Deeltjesgrootte		
Voornaamste fractie	PM <sub>2,5-10</sub>	Laden, lossen en verwaaiing
Bijdrage aan de fijnstofconcentratie identificeerbaar		
Afstand	Enkele kilometers	

## 5.7 Literatuur

Gier, C.W. de, J.H.H. van den Elshout, A.M. Snijder (2008), Fijn stof op- en overslag: concentratiebijdragen nader bekeken, DCMR, 20765889

Gon, H.D. van der, H. Oonk, M. Schaap, A. Visschedijk, G. Boersen, D. Heslinga (2007), Industriële emissies en luchtkwaliteit: bijdrage van emissies van de Nederlandse industrie aan concentraties van fijn stof en NO<sub>2</sub>, TNO, 2007-A-R1086/B

Moreno N., Alastuey A., Querol X., Artinano B., Guerra A., Luaces J.A., Lorente A. J. Basora. (2007), Characterisation of dust material emitted during harbour operations (HADA Project). Atmospheric Environment, 41: 6331-6343

Velders G.J.M., Aben J.M.M., Blom W.F., Diederik H.S.M.A., Geilenkirchen G.P., Jimmink B.A., Koekoek A.F., Koelemeijer R.B.A., Matthijsen J., Peek C.J., van Rijn F.J.A., van Schijndel M.W., van der Sluis O.C., de Vries W.J.. Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland. Rapportage 2009. Planbureau voor de Leefomgeving, PBL publicatie 500088005

## 6 Intensieve veehouderij

### 6.1 Inleiding

Intensieve veehouderij is een andere benaming voor niet-grondgebonden veehouderij. Deze bedrijven zijn (vrijwel) geheel onafhankelijk van de bij het agrarische bedrijf behorende grond. Zo vindt er bijvoorbeeld geen of beperkt weidegang plaats. Er zijn diverse soorten intensieve veehouderijen. De bekendste zijn varkenshouderijen en pluimveehouderijen. Maar ook vleeskalverhouderijen en pelsdierfokkerijen zijn intensieve veehouderijen, evenals een deel van de geitenbedrijven en melkveehouderijen.

Veehouderij veroorzaakt ongeveer 20% van de emissie van fijn stof in Nederland. Dit is de volledige emissie van de categorie 'Landbouw' (zie paragraaf 1.2.1). De landbouw levert ook een belangrijke bijdrage aan het in de lucht komen van bodemstof, maar dit wordt niet meegenomen in de Emissieregistratie (maar wel in de achtergrondconcentraties). De intensieve veehouderij veroorzaakt naast de emissie van fijn stof ook ammoniak- en geuremissies, wat tot hinder in de nabije omgeving, kan leiden (Bloemen en Uiterwijk, 2008).

#### *Trends*

In het kader van de Reconstructiewet zijn diverse gebieden aangewezen als landbouwontwikkelingsgebied (LOG). In deze gebieden wordt intensivering van veehouderijen beoogd, terwijl in andere gebieden het aantal veehouderijen wordt afgebouwd. Mede als gevolg van dit beleid worden in deze gebieden steeds grotere bedrijven gevestigd, ook wel bekend als megastallen. In een uitgebreide analyse van deze ontwikkeling door het Milieu en Natuurplanbureau (MNP, nu PBL), het RIVM, De Raad voor landelijk gebied en de Raad voor dieraangelegenheden worden de kansen en bedreigingen van deze ontwikkeling beschreven. De bedreiging voor de volksgezondheid wordt voornamelijk gezien in de hoek van de infectieziekten, omdat ziekten die van dier op mens overdraagbaar zijn, meer zullen voorkomen. Kansen liggen bij het toepassen van moderne technologieën, zoals luchtwassers (bij uitbreiding naar megabedrijven verplicht) waardoor verspreiding van stoffen en micro-organismen naar de omgeving zou kunnen worden verminderd. (Kornalijnslipjer et al., 2008).

Er zijn ontwikkelingen gaande in de huisvesting van dieren die eerder leiden tot een verhoging dan tot een verlaging van de stofemissie (welzijnsvriendelijke strosystemen in de varkenshouderij; voliëresystemen in de pluimveehouderij; meer dichte vloer in de varkenshouderij). Vooral de omschakeling van batterij naar scharrel-/voliëresystemen zal een flinke impact hebben op de stofemissie, met een stofemissie die een factor 10 hoger ligt (Aarnink en Van der Hoek, 2004). Veel onderzoek wordt gedaan naar de effectiviteit van luchtwassers, om onder andere de fijnstofemissie te reduceren.

#### *Handreiking fijn stof en veehouderijen*

In mei 2010 heeft Infomil een handreiking fijn stof en veehouderijen uitgebracht. De handreiking is geschreven voor vergunningverleners die het aspect fijn stof dienen te beoordelen bij het beslissen op een aanvraag van een milieuvergunning van een veehouderij. GGD'en die vragen krijgen van gemeenten of burgers kunnen uiteraard ook baat hebben bij deze handreiking (Infomil, 2010).

## 6.2 Bronnen van fijn stof

Bij intensieve veehouderijen komt vooral fijn stof vrij in de stallen, bijvoorbeeld door veevoer (granen, soja) en de ondergrond waarop de dieren zich bevinden. Bij varkenshouderijen is het grootste aandeel van het stof afkomstig van voer. Bij pluimveehouderij zijn huidschilfers, materiaal van veren en de ondergrond een belangrijke bron (Cambra-Lopez et al., 2010). Daarnaast scheiden de dieren zelf urine en mest uit, welke een bron zijn van stof en van gassen (stikstof- en zwavelverbindingen) die secundair fijn stof kunnen vormen (zie paragraaf 2.1.2). De (uitwerpselen van) dieren zijn een bron van bacteriën en dierlijke allergenen zoals eiwitten uit varkenshaar, huidschilfers en urine (Dusseldorp et al., 2008).

De concentratie fijn stof in stallen met pluimvee of varkens is groter dan in de rundveehouderij (Aarnink en Ellen, 2006). Luchtwassers kunnen een deel van dit fijn stof afvangen. Het verplaatsen en transporteren van vee, het uitrijden van mest, het hooien van gras en het uitladen van veevoer zijn bronnen van fijn stof buiten de stallen. Dit rapport gaat niet in op de emissie veroorzaakt door dergelijke activiteiten op en rond de veehouderij.

## 6.3 Blootstelling van omwonenden

Werknemers in de intensieve veehouderij worden blootgesteld aan hoge concentraties (fijn) stof. Deze concentratie en de emissie naar de omgeving zijn afhankelijk van onder andere staltype, bedrijfsvoering en aantal en type dieren. Dit is terug te vinden in de emissiefactoren die voor de veehouderij zijn opgesteld. Voor de omgeving van intensieve veehouderijen zijn niet veel meetgegevens bekend. In 2008 vonden Dusseldorp et al. (2008) geen gegevens over de concentratie fijn stof in de omgeving van intensieve veehouderijen. Sindsdien zijn voor zover bij ons bekend twee studies gerapporteerd waar concentraties fijn stof en een afstand worden genoemd (zie Tabel 13).

**Tabel 13. Bijdrage aan de fijnstofconcentratie door intensieve veehouderijen**

	Gemiddelde toename PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Gemiddelde toename PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Afstand (meter)	Referentie
<b>Omgeving LOG*</b>				
Varkenshouderijen 18 bedrijven, 22750 mestvarkeneenheden	5-10	Enkele microgrammen	Max. 2 km*	Bloemen et al., 2008 en Bloemen et al., 2009a
Pluimveebedrijven (aantal dieren nog niet precies bekend)	enkele µg/m <sup>3</sup>	(nog) niet gemeten	Max. 5 km*	Bloemen et al., 2009b
<b>Random stallen</b>				
Varkenshouderij 3 stallen, 3750 varkens	5,8	1,7	15-50	Martin et al., 2008

\* De meetpunten staan op de rand van een landbouwontwikkelingsgebied (LOG) met bedrijven binnen een straal van enkele kilometers. Doel van deze metingen is om relatieve veranderingen in de tijd te monitoren, die het gevolg kunnen zijn van veranderingen binnen het LOG (toename van het aantal dieren en installatie van gecombineerde luchtwassers).

*Toelichting op de studies uit Tabel 13*

Uit boven- en benedenwindse metingen van Martin et al. (2008) blijkt dat op 15-50 meter van de stallen een toename in de concentraties fijn stof gemeten wordt: de concentratie  $PM_{2,5}$  neemt met 12% toe en de concentratie  $PM_{10}$  met 15%. Er is niet bekend tot op welke afstand de toename identificeerbaar is.

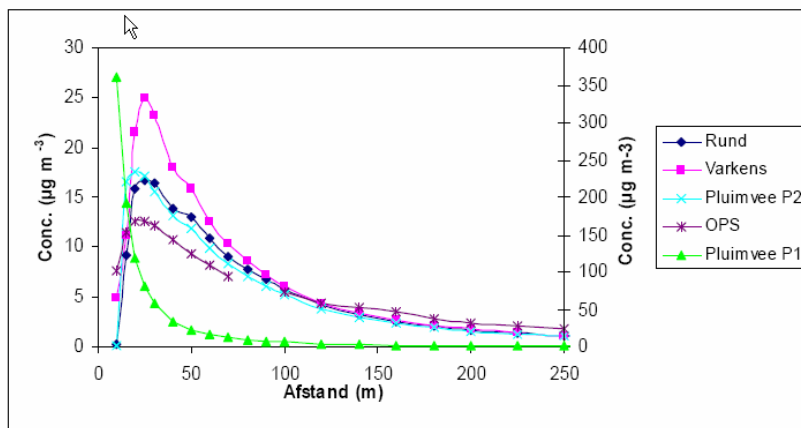
Een soortgelijke exercitie met boven- en benedenwindse metingen bij een landbouwontwikkelingsgebied (LOG) in Nederland (Bloemen et al., 2008 en 2009) laat de bijdrage zien van het LOG aan de fijn stof concentraties in de omgeving. De  $PM_{10}$  concentratie in LOG de Rips is benedenwinds 20-30% hoger dan bovenwinds. In de Gelderse Vallei werd een bijdrage van het LOG waargenomen van enkele  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Niet gepresenteerd in de tabel zijn gegevens van Thorne et al., (2009). Op basis van in totaal een tiental metingen bij zowel een conventionele stal als een 'hoop' (een soort open stal), met respectievelijk 1200 en 600 varkens, concluderen zij dat inhaleerbaar stof (ongeveer  $PM_{10}$ ) op 30 meter benedenwinds significant is verhoogd bij de 'hoop' en niet significant verhoogd bij de conventionele stal. Op 160 meter zijn voor beide stallen de concentraties niet meer significant verhoogd.

Er zijn ook studies gedaan naar de concentraties van micro-organismen en endotoxinen in de omgeving van veehouderijen, belangrijke bestanddelen van fijn stof rondom veehouderijen (zie paragraaf 6.4). Green et al. (2006) concludeerden dat de concentratie bacteriën (gemeten als aantal kolonievormende eenheden) snel daalde met de afstand tot een varkenshouderij. Op 150 meter afstand was nog een lichte verhoging te zien ten opzichte van de achtergrond (2006). In de directe omgeving van een veehouderij is de concentratie endotoxinen verhoogd ten opzichte van de stedelijke omgeving (Schulze, 2006). In de hierboven genoemde studie van Thorne et al. (2009) was de endotoxineconcentratie op 30 meter benedenwinds 194 endotoxine units (EU) per  $\text{m}^3$  ('hoop') en 60  $\text{EU}/\text{m}^3$  (conventionele stal). Voor beide staltypen was op 160 meter de endotoxine concentratie 30  $\text{EU}/\text{m}^3$ , een verhoging ten opzichte van de achtergrond (10  $\text{EU}/\text{m}^3$ ). Op deze afstand is de concentratie fijn stof niet meer verhoogd ten opzichte van de achtergrond (zie boven).

*Verspreidingsberekeningen*

Het ECN heeft in opdracht van VROM verschillende verspreidingsberekeningen uitgevoerd van fijn stof uit stallen. In drie studies werden verwachte normoverschrijdingen berekend (samengevat in Bleeker en Kraai, 2008b). Op grond van deze berekeningen lijkt de bijdrage van de verschillende bedrijven aan de fijnstofconcentratie tot op 150 meter goed zichtbaar (zie Figuur 7). Bij pluimvee in stallen met een lage emissiehoogte zijn de concentraties in de directe omgeving beduidend hoger dan voor de andere dieren/stalsystemen (in de figuur geldt voor deze curve, pluimvee P1, de rechteras).





**Figuur 7. Verspreidingsprofielen voor verschillende stalsystemen. De rechteras geldt voor pluimvee-categorie P1. P1 is lengteventilatie, emissiehoogte 2 meter. P2 is nokventilatie. Het OPS-profiel is van een eerdere studie (overgenomen uit Bleeker en Kraai, 2008a)**

In 2008 hebben Mooij et al. berekeningen gedaan ten aanzien van de uitbreiding van een pluimvee-bedrijf. De berekeningen werden gedaan om een instrument te testen dat gezondheidsaspecten beoordeelt bij het verlenen van vergunningen volgens de richtlijn Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). In de vergunning ging het om een uitbreiding van ongeveer 85.000 naar 107.000 legkippen. Ook bij dit pluimveebedrijf werden de hoogste concentraties berekend dicht bij de stal (50 meter) (zie Tabel 14).

**Tabel 14. Geschatte bijdrage aan de concentratie PM<sub>10</sub> op verschillende afstanden als gevolg van de emissie van de pluimveehouderij (Mooij et al., 2008).**

Situatie	Bijdrage aan de concentratie µg/m <sup>3</sup> op afstand (m)									
	50	70	100	150	200	250	300	400	500	
Voor uitbreiding	11,9	10,2	7,2	3,2	2,0	1,4	1,0	0,6	0,4	
Na uitbreiding	15,1	13,0	9,2	4,1	2,6	1,7	1,3	0,8	0,6	

Situatie	Bijdrage aan de concentratie µg/m <sup>3</sup> op afstand (m)									
	600	700	800	900	1000	1250	1500	2000	2500	3000
Voor uitbreiding	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0
Na uitbreiding	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0

### *Seizoensinvloeden*

Over het algemeen zijn de concentraties op pluimvee- en varkenshouderijen in de winter wat hoger dan in de zomer (Dusseldorp et al., 2008). Op melkveehouderijen zijn tijdens het hooien in de zomer kortstondige pieken in de fijnstofconcentratie (Cathomas et al., 2002). Aangezien de koeien in de zomer buiten lopen is de PM<sub>10</sub>-concentratie in de stallen 's zomers de rest van de tijd lager dan in de winter. Vooral in de latere wintermaanden worden hogere concentraties gemeten tijdens werkzaamheden in de stal. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door het geleidelijk stoffiger worden van hooi tijdens de opslag.

## 6.4 Deeltjesgrootte en samenstelling

### *Deeltjesgrootte*

In stallen zelf is een groot deel van de stofdeeltjes in de lucht groter dan  $PM_{10}$  (zie Tabel 15). Stof afkomstig van voer bevindt zich voornamelijk in de fractie  $PM_{2,5-10}$  (Cambra-Lopez et al., 2010). Zowel Martin et al. (2008) en Bloemen en Uiterwijk (2008) concluderen dat het grootste deel van de fijnstofemissie van varkenshouderijen zich bevindt in de grove fractie ( $PM_{2,5}$ -  $PM_{10}$ ). Ongeveer 30% van het  $PM_{10}$  is  $PM_{2,5}$  (uitgedrukt in de massa). Dit bevestigt de deeltjesgrootteverdeling die voor de emissies uit stallen wordt verwacht.

**Tabel 15 Deeltjesgrootteverdeling in de veehouderij, als percentage van TSP (Total Suspended Particulates), gerapporteerd in de literatuur (overgenomen uit Cambra-Lopez et al., 2010).**

	$PM_{2,5}$	$PM_5$	$PM_{10}$	$>PM_{10}$
Varkens	8-12 %	4-14 %	40-45 %	55 %
Kuikens/vleeskippen	9 %	-	58 %	42 %
Leghennen	3 %	-	33 %	67 %
Rundvee*	-	17 %	-	-

\* Er wordt uit het artikel niet duidelijk waarom voor rundvee zo'n groot deel van deze tabel leeg is.

### *Chemische samenstelling*

In het fijn stof van een varkensveehouderij in Amerika vonden Martin et al. (2008) een toename van de aerosolen sulfaat, nitraat, ammonium, calcium, organisch koolstof en elementair koolstof op dagen dat de wind uit de richting van het bedrijf komt. Magnesium (Mg), kalium (K), natrium (Na), fluor (F) en chloor (Cl) vertonen geen toename. Organisch koolstof (C) vormt het grootste aandeel. Ammonia reageert in de lucht met stikstofoxiden en zwaveloxiden en vormt daar deeltjes die vooral behoren tot de categorie  $PM_{2,5}$ .

Volgens een review (Cambra-Lopez et al., 2010) bevat stof uit veehouderijen veel koolstof, zuurstof, stikstof, fosfor, natrium, calcium, chloor, magnesium en kalium. Daarvan zijn de elementen stikstof, kalium, chloor en natrium afkomstig van huidschilfers, voer en uitwerpselen. Fosfor is hoger in stof van uitwerpselen. Zowel voer als huidschilfers hebben een hoog percentage koolstof en zuurstof (> 5%).

### *Biologische samenstelling*

Stof van veehouderij bestaat voor 90% uit organisch materiaal, wat voornamelijk bestaat uit primaire deeltjes van biologische herkomst; bestanddelen van voer, huidschilfers en micro-organismen (Cambra-Lopez et al., 2010). In diverse studies is naar een deel van de biologische bestanddelen gekeken. Een beschrijving van enkele relevante micro-organismen is gegeven in paragraaf 6.5. Endotoxinen, bestanddelen van de celwand van Gram-negatieve bacteriën, lijken vooral gebonden te zijn aan de grovere fracties van fijn stof (Schierl et al., 2007).

## 6.5 Gezondheid

### *Onderzoek naar klachten bij omwonenden van intensieve veehouderijen*

Onder werknemers van veehouderijen worden vooral hoge prevalenties gevonden van luchtwegklachten als hoesten en benauwdheid. Ook heeft een deel systemische klachten als koorts en

gewrichtspijnen. Allergie voor allergenen uit de dagelijkse omgeving (zoals pollen en allergenen van huisdieren) komen juist minder voor bij agrariërs en hun kinderen. Door de veel lagere blootstelling van omwonenden aan stoffen uit de veehouderij zijn deze effecten niet door te vertalen naar risico's voor de omgeving (Dusseldorp et al., 2008).

In diverse studies zijn meer zelfgerapporteerde klachten gevonden bij omwonenden van intensieve veehouderij dan bij controlegroepen, zoals luchtwegklachten, oogirritatie of hoofdpijn. Een recent review heeft studies naar gezondheid van omwonenden van intensieve veehouderijen op een rij gezet. Een deel daarvan bevat ook klinische maten, zoals longfunctiemetingen of markers in bloed. In totaal werden negen Amerikaanse of Europese studies (gepubliceerd tussen 1997 en 2007) relevant en voldoende goed uitgevoerd geacht om in de review te betrekken. Er bleek (uit de schaarse gegevens) weinig bewijs voor een verband tussen de klinische uitkomsten en het wonen bij veehouderijen. Er waren wel enige (inconsistente) aanwijzingen voor een toename (tot 10%) van zelfgerapporteerde klachten bij mensen met een allergie of waarbij allergie in de familie voorkomt (O'Connor et al., 2010).

In de meeste studies naar gezondheid van omwonenden van veehouderijen ontbreken blootstellingsgegevens. De samenhang met gevonden klachten en de fijnstofconcentratie is dus niet aan te geven. Een deel van de effecten wordt mogelijk veroorzaakt via geurhinder (Nimmermark, 2004; Sucker et al., 2001). Personen die aangeven het meest gehinderd te zijn door geur rapporteren de meeste ademhalingsklachten. De (schaarse) klinische uitkomsten in diverse studies waren niet gerelateerd aan de mate van geurhinder (O'Connor et al., 2010).

#### *Endotoxinen*

Studies onder werknemers in de intensieve veehouderij laten zien dat bij hoge concentraties endotoxinen effecten op de luchtwegen optreden (Dusseldorp e.a., 2008). Mogelijk spelen andere agentia afkomstig van andere groepen micro-organismen of individuele species nog een rol, maar dit is niet uitgebreid onderzocht. Dezelfde endotoxineblootstelling wordt ook in verband gebracht met het in verminderde mate voorkomen van allergie. Hoe deze relatie precies ligt, is niet bekend.

#### *Micro-organismen*

Een aantal micro-organismen die voorkomen in de veehouderij zijn ziekteverwekkend voor de mens. Zij kunnen zich via fijnstofdeeltjes in de omgeving verspreiden. Hieronder worden enkele van deze micro-organismen beschreven, en de mogelijke risico's voor de (overdracht naar de) mens. Rahamat et al. (2008) bespreken ook nog een aantal andere organismen (*C. psittaci*, *S. suis* en hepatitis E), en voor alle organismen de toekomstverwachting in relatie tot de schaalvergroting en verbreding in de intensieve veehouderij. Voor meer informatie over de beschreven ziekteverwekkers wordt doorverwezen naar recente gegevens:

1. **MRSA** (Meticilline-resistente *Staphylococcus aureus*). Dit is een bacterie, een stafylokok, die resistent is tegen een aantal antibiotica, waaronder penicilline. De bacterie is daarom een punt van zorg in ziekenhuizen en wordt wel de ziekenhuisbacterie genoemd. Gezonde mensen worden in de regel niet ziek als zij de bacterie bij zich dragen. Mensen in direct contact met intensief gehouden landbouwhuisdieren (vooral varkens en vleeskalveren) lopen een risico om besmet te raken. Uit recent onderzoek bij kalverhouders bleek 33% van de kalverhouders drager te zijn van de bacterie en 8% van de gezinsleden (Wagenaar en Van de Giessen, 2009). Soortgelijke resultaten werden eerder gevonden onder varkenshouders en hun gezinsleden (Van den Broek et al., 2009). Overdracht van mens naar mens speelt een minder belangrijke rol. Het besmettingsrisico voor omwonenden van intensieve veehouderijbedrijven is verwaarloosbaar (Van Cleef et al., 2010). Zie voor meer recente gegevens over MRSA: [http://www.rivm.nl/cib/infectieziekten-A-Z/infectieziekten/MRSA/MRSA\\_publicaties.jsp](http://www.rivm.nl/cib/infectieziekten-A-Z/infectieziekten/MRSA/MRSA_publicaties.jsp)

2. Influenza. Onder varkens is varkensinfluenza een van de meest voorkomende aandoeningen. Mensen kunnen bij contact met varkens ook met het virus besmet raken. Sporadisch treden dan klinische verschijnselen op, die vergelijkbaar zijn met verschijnselen na besmetting met humaan influenzavirus. Besmetting van mens op mens trad niet op bij de beschreven gevallen in de periode 1958-2005 (Rahamat et al., 2008). Influenza komt ook bij pluimvee en wilde vogels voor. Directe overdracht van zo'n aviaire virus van vogel op mens is zeldzaam. De infectie leidt bij mensen meestal tot een mild klinisch beeld, maar bij besmetting met het type H5N1 kunnen de gevolgen ernstig zijn; ernstige luchtweginfecties met hoge mortaliteit (Rahamat et al., 2008).
3. Q-koorts (*wordt veroorzaakt door Coxiella burnetii*). Deze bacterie komt voor bij vele diersoorten. Belangrijkste infectiebron voor de mens zijn schapen, geiten en koeien. De dieren kunnen de bacterie uitscheiden via urine, feces en vruchtwater/placenta, waarna verspreiding naar de omgeving kan plaatsvinden, onder andere via fijn stof. De bacterie is behoorlijk bestand tegen allerlei chemische en fysische invloeden en kan daarom tot enkele kilometers in de lucht aanwezig blijven (Rahamat et al., 2008). Infecties bij de mens kunnen tot griepachtige verschijnselen leiden, bij ongeveer 20% van de geïnfecteerden treedt een ernstiger ziektebeeld op (vooral longontsteking) en bij 3-5% kan een chronische infectie ontstaan. Voor meer recente informatie over Q-koorts, zie <http://www.rivm.nl/cib/themas/Q-koorts/>

Voor meer informatie over onderzoek naar gezondheid van werknemers en omwonenden van intensieve veehouderijen wordt verwezen naar het RIVM-briefrapport 'Intensieve veehouderij en gezondheid' (Dusseldorp et al., 2008). Dat rapport gaat uitgebreid in op ammoniak, fijn stof en biologische agentia. Voor lopend onderzoek wordt verwezen naar paragraaf 6.7.

## 6.6 Conclusie intensieve veehouderij

Samenstelling		
	Aanwezig	Voorbeelden/opmerkingen
Verbrandingsaerosol		
Anorganische aerosolen	✓	Ammoniak
Metalen		
Biologisch materiaal	✓	Endotoxinen, MRSA, Influenza, <i>C. burnetii</i> , diverse allergenen
Deeltjesgrootte		
Voornaamste fractie	PM <sub>2,5-10</sub>	In stallen is een groot deel van het stof groter dan PM <sub>10</sub>
Bijdrage aan de fijnstofconcentratie identificeerbaar		
Afstand	100-200 meter*	Bij kippenstallen waarschijnlijk hoogste bijdrage op korte afstand, door hoge concentraties in de stallen en lage emissiehoogte.

\* Van sommige resistente bacteriën en virussen zoals *Coxiella* wordt aangenomen dat deze zich tot enkele kilometers kunnen verspreiden in verband met de resistentie tegen chemische en fysische invloeden (Rahamat et al., 2008).

## 6.7 Lopend onderzoek

### *Mogelijke effecten van intensieve veehouderijbedrijven op de gezondheid van omwonenden: onderzoek naar blootstelling en gezondheidsproblemen*

Aan dit onderzoek werken diverse instituten mee; het IRAS van Universiteit Utrecht, Bureau Gezondheid, Milieu & Veiligheid GGD'en Brabant en Zeeland, het NIVEL en het RIVM. In de omgeving van intensieve veehouderijen worden de concentraties gemeten van fijn stof, een aantal microbiële agentia (waaronder MRSA en *Coxiella burnetti*) en endotoxinen. De metingen worden uitgevoerd op meerdere momenten om variatie over de tijd en weersomstandigheden in beeld te krijgen. In totaal betreft het een reeks van circa 175-200 metingen inclusief achtergrondmetingen. Daarnaast worden de gezondheidsklachten bij omwonenden in kaart gebracht aan de hand van bestaande registraties in huisartsenpraktijken in regio's met veel intensieve veehouderij in vergelijking met controleregio's. Dit onderzoek is eind 2009 van start gegaan, de resultaten worden in 2011 verwacht.

### *Effectiviteit luchtwassers*

Er lopen diverse onderzoeken naar de effecten van verdichting en het gebruik van luchtwassers binnen het Programma Gecombineerde Luchtwassersystemen (PGL) van SenterNovem (sinds 2010 Agentschap Nederland). Doel van het PGL is het realiseren van een versnelde inzet van een nieuwe generatie geïntegreerde emissiereducerende technieken, met name luchtwassers, die gericht zijn op een vermindering van de emissies van zowel fijnstof (PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub>), ammoniak en geur door de intensieve veehouderij. Op 5 pilotlocaties worden metingen gedaan door de Animal Science Group van Wageningen Universiteit. Zie beschrijving <http://www.senternovem.nl/pgl/onderzoek/index.asp>.

### *Metingen in landbouwontwikkelingsgebieden (LOG's)*

De gegevens over het LOG de Rips en LOG Gelderse Vallei (Bloemen en Uiterwijk, 2008; Bloemen et al., 2009) zijn ontleend aan tussenrapportages van een project in opdracht van VROM, uitgevoerd door het RIVM. De eindresultaten zullen in 2012 worden gerapporteerd.

## 6.8 Literatuur

Aarnink A.J.A. en Ellen H.H. (2006), Processen en factoren bij fijn stofemissie in de veehouderij. Animal Science Groep Wageningen UR, rapport 11

Aarnink A.J.A. en Hoek K.W. van der, (2004), Opties voor reductie van fijn stof emissie uit de veehouderijen. RIVM Rapport 680500001

Adrizar, Patterson, P.H., Hulet R.M., Bates R.M., Despot D.A., Wheeler E.F., Topper P.A., Anderson D.A., Thompson J.R. (2008), The potential for plants to trap emissions from farms with laying hens: 2. ammonia and dust. *Appl. Poultry Research*, 17: 398-411

Anderson N., Strader R., Davidson C. (2003), Airborne reduced nitrogen: ammonia emissions from agricultural and other sources. *Environmental International*, 29:277-286

Battye W., Aneja V.P., Roelle P.A. (2003), Evaluation and improvement of ammonia emissions inventories. *Atmospheric Environment*, 37: 3873-3883

Bleeker A., Kraai A. (2008a), Fijn stof uit stallen: verfijningsslag in het kader van het NSL. Rapport ECN-E-08-013, ECN, Petten

Bleeker A., Kraai A. (2008). Fijn Stof uit Stallen. Samenvatting. ECN-E-08-040, Petten

Bloemen H.J.Th., Uiterwijk J.W. (2008), Bijdragen veeteeltbedrijven aan fijnstofconcentraties: tussentijdse evaluatie LOG De Rips. RIVM Rapport 680888001/2008

Bloemen H.J.Th., Uiterwijk J.W., van der Hoek K.W (2009a). Bijdragen veeteeltbedrijven aan fijnstofconcentraties. Tussentijdse rapportage 2008 LOG De Rips. RIVM-rapport 680888002

Bloemen H.J.Th., Uiterwijk J.W., van der Hoek K.W (2009b) Bijdragen veeteeltbedrijven aan fijnstofconcentraties. Tussentijdse evaluatie LOG Gelderse Vallei, november 2008 – juni 2009. RIVM-rapport 680888003

Broek, I.V.F. Van Den, Van Cleef, B.A.G.L., Haenen, A., Broens, E.M., Van Der Wolf, P.J., Van Den Broek, M.J., Huijsdens, X.W., Kluytmans, J.A., Van De Giessen, A.W., Tiemersma, E.W., 2009. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in people living and working in pig farms. *Epidemiology and Infection* 137, 700-708.

Cambra-López M, Aarnink AJ, Zhao Y, Calvet S, Torres AG. Airborne particulate matter from livestock production systems: a review of an air pollution problem. *Environ Pollut.* 2010 Jan;158(1):1-17. Epub 2009 Aug 4.

Carvacho O.F., Ashbaugh L.L., Flocchini R.G. (2006), Elemental composition of PM10 and PM2,5 in ambient air downwind of agricultural operations in California's San Joaquin Valley. *Transactions on Ecology and the Environment*, vol.99: 701-708

Cathomas, R.L., Brüesch H., Fehr R., Reinhart W.H., Kuhn M. (2002), Organic dust exposure in dairy farmers in an alpine region, *Swiss Med Wkly* 132:174-178

Cleef B.A. van, Verkade E.J.M, Wulf M.W, Buiting A.G, Voss A, Huijsdens X.W, Pelt W. van, Mulders M.N, Kluytmans J.A. Prevalence of Livestock-Associated MRSA in Communities with High Pig-Densities in The Netherlands. *PLoS ONE*. February 2010 Volume 5(2): e9385

Dusseldorp A., Sijnesael P.C.C., Heederik D., Doekes G., Giessen A.W. van de, (2008), Intensieve veehouderij en gezondheid: overzicht van kennis over werknemers en omwonenden. RIVM Briefrapport 609300006

Fast T., M. Mennen, M. Mooij. Gezondheidsaspecten bij IPPC-vergunningen. De ontwikkeling en test van een methode voor de integrale beoordeling van gezondheidsaspecten bij IPPC-vergunningen RIVM Rapport 609021077

Gies T.J.A., Jeurissen L.J.J., Staritsky I., Bleeker A. (2008), Leefomgevingsindicatoren Landelijk Gebied: inventarisatie naar stand van zaken geurhinder, lichthinder en fijn stof. Alterra, WOT Natuur en Milieu, Wageningen

Green, C.F., S.G. Gibbs, P.M. Tarwater, L.C. Mota, P.V. Scarpino (2006), Bacterial plume emanating from the air surrounding swine confinement operations, *Journal of Occ. and Env Hygiene*, 3: 1, 9-15

Haeussermann A., Costa A., Aerts J.M., Hartung E., Jungbluth T., Guarino M., Berckmans D. (2008), Development of a dynamic model to predict PM<sub>10</sub> emissions from swine houses. *Environ. Qual.* 37: 551-564

Heber AJ, Lim TT, Ni JQ, Tao PC, Schmidt AM, Koziel JA, Hoff SJ, Jacobson LD, Zhang Y, Baughman GB. (2006), Quality-assured measurements of animal building emissions: particulate matter concentrations. *Air Waste Manag. Assoc.*, 56 (12):1642-8

InfoMil (2010). Handreiking fijn stof en veehouderijen.

Kornalijnslijper JE, Rahamat-Langendoen JC, Duynhoven YTHP van. (2008) Volksgezondheidsaspecten van veehouderij-megabedrijven in Nederland; zoonosen en antibioticumresistentie RIVM briefrapport 215011002

Martin R.S., Silva P.J., Moore K., Erupe M., Doshi V.S. (2008), Particle composition and size distributions in and around deep-pit swine operations, Ames, IA. *Atmos Chem*, 59: 135-150

Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) (2009), Milieubalans 2009, Den Haag/Bilthoven

Nimmermark, S. (2004), Odour Influence on Well-being and health with specific focus on animal production emissions. *Ann. Agric. Environm. Med* 2004,11, 163-173.

O'Connor AM, Auvermann B, Bickett-Weddle D, Kirkhorn S, Sargeant JM, Ramirez A, Von Essen SG. (2010), The association between proximity to animal feeding operations and community health: a systematic review. *PLoS One*. 2010 Mar 10;5(3):e9530.

Rahamat-Langendoen JC, Vliet JA van, Lier EA van. Staat van Infectieziekten in Nederland, (2008), RIVM rapport 210211004

Schulze A., Strien R. van, Ehrenstein V., Schierl R., Kuchenhoff H., Radon K. (2006), Ambient endotoxin level in an area with intensive livestock production. *Ann Agric Environ Med*, 13, 87-91.

Schierl,-R; Heise,-A; Egger,-U; Schneider,-F; Eichelser,-R; Nesor,-S; Nowak,-D. (2007), Endotoxin concentration in modern animal houses in southern Bavaria. *Ann-Agric-Environ-Med*. 2007; 14(1): 129-36

Sucker K., Both R., Winnke G. (2001), Adverse effects of environmental odours: reviewing studies on annoyance responses and symptom reporting. *Water Science and Technology*. 2001: vol 44. No 9 pp

Thorne PS, Ansley AC, Perry SS. (2009), Concentrations of bioaerosols, odors, and hydrogen sulfide inside and downwind from two types of swine livestock operations. *J Occup Environ Hyg*. 2009 Apr;6(4):211-20.

Wagenaar JA en van de Giessen AW. (2009) Veegerelateerde MRSA: epidemiologie in dierlijke productieketens, transmissie naar de mens en karakterisatie van de kloon. RIVM-rapport 330224001

## 7 Metaalindustrie

### 7.1 Inleiding

De metaalindustrie bestaat uit diverse bedrijfstakken. Een belangrijk onderscheid is die tussen vervaardiging van metalen in primaire vorm en de vervaardiging van producten van metaal.

#### *Vervaardiging van metalen in primaire vorm*

Bij de Vereniging Nederlandse Metallurgische Industrie (VNMI) zijn bedrijven aangesloten die zich bezighouden met de productie van en/of eerste verwerking van 'metalen in primaire vorm'. Dit zijn ondernemingen die uit metaalertsen de zuivere metalen vrijmaken (denk aan: aluminium, koper, zink, tin, staal, lood en magnesium). Maar ook de secundaire metaalproducenten, die ingezamelde recyclematerialen voor hergebruik omsmelten en opwerken, behoren tot deze groep. De laatste groep bedrijven die tot de VNMI wordt gerekend zijn de ondernemingen die zich bezighouden met de zogeheten 'eerste' bewerkingen van deze metalen. Denk hierbij aan producenten van stalen buizen, ijzer- en staalwalsen, draadtrekkerijen, non-ferro smelterijen, - walsen, - trekkerijen en - extrusiebedrijven en thermische verzinkerijen. Het zijn voornamelijk grote bedrijven ([www.vnmi.nl](http://www.vnmi.nl)).

#### *Vervaardiging van producten van metaal*

De Nederlandse metaalbranche is zeer divers in aard en omvang. In 2003 waren ongeveer 17.000 bedrijven actief met 400.000 – 500.000 werknemers, verdeeld over een scala aan (sub)branches (Jongen et al., 2003). Een deel van die bedrijven is grootschalig (>100 werknemers). Het grootste deel behoort echter tot de kleine bedrijven met een gemiddelde van 12 werknemers per bedrijf. De bedrijven produceren metalen, verwerken deze tot metaalproducten, waaronder vervoermiddelen, apparaten en machines, en bewerken metalen, onder meer door lassen en galvaniseren.

### 7.2 Bronnen van fijn stof

De deelbronnen van fijn stof in de metaalsector zijn zeer divers. De grootste emittenten van PM<sub>10</sub> vervaardigen metaal in primaire vorm of vervaardigen of gieten van non-ferro metalen. Diverse onderdelen van het productieproces zijn verantwoordelijk voor emissie van fijn stof. Er wordt steenkool vergast tot cokes en een deel daarvan wordt vermalen. Deze grondstoffen worden verbrand om zo uit ijzererts het ruwe ijzer te winnen. Vervolgens wordt door verdere verhitting en bewerking het ruwe ijzer, eventueel met toevoeging van andere metalen, omgezet naar staal. Dit is het ruwe eindproduct. Daarna wordt het staal vaak gewalst om het in de juiste dikte te krijgen en vindt mechanische bewerking plaats. Ten slotte wordt er vaak nog een dun laag zink, chroom of tin aangebracht tegen oxidatie.

Fijn stof kan vrijkomen bij op- en overslag van grondstoffen (zoals kolen), bij verhitting/verbranding of afkomstig zijn van restfracties (zoals 'metaalslakken'). Ook kan fijn stof ontstaan bij verdere verwerking van het product.



## 7.3 Blootstelling van omwonenden

Tabel 16. Bijdrage aan de fijnstofconcentratie door metaalbedrijven

	Toename PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Toename PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Afstand (meter)	Referentie
IJzergieterij	ca. 10 geen	- -	40 100	Mennen, 2004a
IJzergieterij	ca. 4		200	Blauw, 2008
Basismetaal	4,5 - 14	0,5 – 2	< 3000	Schols, 2009
Shredder	ca. 10		30-40	Morgenstern, 2006

Van enkele metaalbedrijven zijn fijnstofmetingen bekend. In Tabel 16 is een overzicht gegeven van de bijdrage aan de fijnstofconcentraties door enkele metaalbedrijven. In de verdere tekst wordt nader ingegaan op deze waarden.

### *Basismetaal*

De grootste producent van metaal in primaire vorm in Nederland is een groot staalbedrijf in IJmuiden (Corus). Er is onderzoek gedaan naar dit bedrijf door het RIVM (onder andere: Schols, 2009; Lijzen, 2009). Daaruit blijkt dat op de terreingrens van het bedrijf een berekende bijdrage van 6-7 µg/m<sup>3</sup> aan PM<sub>10</sub> optreedt en in woongebieden binnen enkele kilometers van het bedrijf gelegen is de bijdrage 4,5 µg/m<sup>3</sup>. Op basis van metingen ligt de geschatte PM<sub>10</sub>-bijdrage hoger: tussen 5 en 14 µg/m<sup>3</sup>. De open bronnen op dit bedrijf dragen ongeveer 32% bij aan de PM<sub>10</sub>-emissies door Corus. De overige processen, verbrandings- en procesemissies dragen dus 68% bij aan de PM<sub>10</sub>-emissies door Corus. Voor PM<sub>2,5</sub> is op basis van die gegevens een schatting gemaakt van een bijdrage van circa 1,2 µg/m<sup>3</sup> (range 0,5-2) in de woongebieden binnen enkele kilometers afstand van het bedrijf, waarvan ruim de helft van punt- en diffuse bronnen en de helft van open bronnen (Lijzen, 2009).

Andere relatief grote metaalbedrijven zijn: Zeeland Aluminium Company NV te Vlissingen, Aluminium Delfzijl B.V. te Delfzijl en Aluminium & Chemie Rotterdam B.V. te Rotterdam. Volgens de Emissieregistratie ligt de PM<sub>10</sub> uitstoot van die bedrijven op respectievelijk een vijfde, een tiende en een tiende van de PM<sub>10</sub> uitstoot van Corus. Niet alle individuele bedrijven zijn terug te vinden in de Emissieregistratie; bovenstaande opsomming is daarom mogelijk onvolledig.

Pope III et al. (2007), gebruikten historische gegevens van een kopersmelterijenstaking in de jaren zestig in de VS voor een epidemiologisch onderzoek. Zij vermelden dat kopersmelterijen in de jaren zestig in de staten New Mexico, Arizona, Utah en Nevada verantwoordelijk waren voor zo'n 90 % van de sulfaatuitstoot. Gedurende de 8,5 maanden durende staking nam de concentratie vaste stof (PM) bestaand uit vaste sulfaatdeeltjes met 2,5 µg/m<sup>3</sup> in de genoemde staten af, als gevolg van de staking.

### *Metaalverwerking*

In 2004 heeft het RIVM onderzoek uitgevoerd bij een metaalgieterij in Zaltbommel (Broekman et al., 2004; Mennen et al., 2004a; Mennen et al., 2004b). Op 40 meter afstand van het bedrijf werden tijdens 'actieve momenten' PM<sub>10</sub>-concentraties gemeten die 1,5 tot 2 keer hoger zijn dan concentraties tijdens 'niet actieve momenten'. Op basis van Tabel 13 uit Mennen (2004a) wordt ingeschat dat de relatieve bijdrage aan de PM<sub>10</sub>-concentratie tijdens actieve momenten (enkele keren per dag) van het bedrijf op 40 meter afstand rond 10 µg/m<sup>3</sup> ligt. In het stof werden verhogingen (factor 1 tot 9 ten opzichte van referentiegegevens) van de elementen chroom, lood, mangaan, nikkel, koper en cadmium aangetroffen. Op een meetpunt op 150 meter afstand van het bedrijf werd geen verhoging van de gemiddelde PM<sub>10</sub>-

concentratie gemeten tijdens de ‘actieve momenten’ ten opzichte van ‘de niet actieve momenten’. De ‘actieve momenten’ waren doorgaans van zeer tijdelijke aard (enkele keren per dag) en betroffen bijvoorbeeld het volgieten van een mal met vloeibaar ijzer. Het bedrijf was niet voorzien van emissiebeperkende maatregelen; lucht uit de bedrijfshal werd met ventilatoren direct in de buitenlucht afgevoerd.

In 2008 heeft Buro Blauw, in opdracht van provincie Gelderland, stofmetingen uitgevoerd op twee locaties in de omgeving van een ijzergieterij in Doesburg. Uit het fijnstofonderzoek ( $PM_{10}$ ) volgt een gemiddelde bijdrage van de ijzergieterij aan de achtergrondconcentratie van  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  op een geschatte afstand van 200 m<sup>7</sup>. De grofstof ( $>10 \mu\text{m}$ ) bijdrage is groter, namelijk gemiddeld  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Blauw, 2008).

In 2006 deed het RIVM onderzoek naar een bedrijf dat metaal versnippert in Honselersdijk (Morgenstern, 2006). Net buiten de inrichtingsgrens van het bedrijf werd bij dat onderzoek gedurende enkele weken de  $PM_{10}$ -concentratie en samenstelling (ook op basis van depositie monsters) bepaald. Tijdens actieve uren van het bedrijf en de juiste windrichting werd tot enkele tientallen meters (30 à 40 m) een verhoging in  $PM_{10}$ -concentratie tot maximaal  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemeten. De concentraties voor aluminium, ijzer, nikkel, zink en lood in fijn stof zijn regelmatig tot vaak verhoogd ten opzichte van gebruikte referentiegegevens uit andere studies (Mennen, 2002; Mennen et al., 2004a). Voor de componenten calcium, chroom en koper geldt dat deze een enkele keer licht verhoogd zijn ten opzichte van die gebruikte referentiegegevens. Het onderzoek toont aan dat in de directe omgeving (tientallen meters) met name grof stof ( $>PM_{10}$ ) een rol speelt in de ontstane klachten maar dat ook de  $PM_{10}$ -concentratie licht is verhoogd.

## 7.4 Deeltjesgrootte en samenstelling

### *Deeltjesgrootte*

De deeltjesgrootte van vrijkomend stof is zeer afhankelijk van het type proces dat plaatsvindt. De fijne fractie ( $PM_{2,5}$ ) wordt vooral gerelateerd aan verhitting en verbrandingsprocessen. Die processen vinden bijvoorbeeld plaats bij primaire productie van basismetalen en gieterijen. De grovere fractie ( $PM_{2,5}$  -  $PM_{10}$ ) wordt meer gerelateerd aan op- en overslag van vaste stoffen (grondstoffen en reststoffen) en bewerking van basismetalen naar (half)producten.

### *Samenstelling*

De samenstelling van geëmitteerd stof is zo divers als de bedrijfstak. Bij verbrandingsprocessen zullen stoffen vrijkomen zoals die genoemd staan in de hoofdstukken over scheepvaart en raffinaderijen (te denken valt aan zwaveloxiden, stikstofoxiden, nikkel en vanadium). Van Corus is bekend dat stoffen die longkanker kunnen veroorzaken als PAK's, cadmium en zeswaardig chroom vrijkomen. De grootste uitstoot betreft echter ijzer en mangaan (Dusseldorp et al., 1995). Naast de typische verbrandingsproducten kunnen bij de productieprocessen van elk metaal andere metalen in de lucht komen. Een koperfabriek zal onder andere koper uitstoten en een aluminiumfabriek stoot in ieder geval aluminium uit. In veel studies worden zware metalen als onderdeel van fijn stof beschreven. De herkomst van die metalen kan echter uit een groot aantal bedrijfstakken evenals verkeersbronnen komen en is zeker niet uitsluitend gerelateerd aan de metaalindustrie. Deze studies zijn daarom hier niet meegenomen.

---

<sup>7</sup> In het rapport worden de precieze afstanden van de meetpunten ten opzichte van de bron niet gegeven. Op basis van een luchtfoto is het meetpunt ‘Contre Escarpe’ geschat op 200 meter van de bron.

## 7.5 Gezondheid

Uit een ARBO-onderzoek van TNO (Jongen et al., 2003) komt naar voren dat in de basismetaalindustrie er veel verschillende stoffen vrijkomen die schadelijk zijn voor werknemers. Het gaat om stoffen zoals chroom-, mangaan-, lood-, en cadmiumhoudende toevoegingen en legeringen. Maar ook om fluoride, walsolie, zwavelverbindingen, kwarts, stof en rook. Uit het TNO-rapport komt voor de metaalbranche naar voren dat chroom en nikkel allergeen en kankerverwekkend zijn. Bij galvanische processen worden veel bijtende stoffen gebruikt. Het aantal blootgestelde werknemers is hoog. In het kader van het arboconvenant voor de metaalelektro en metaalbewerking wordt het gebruik van zeswaardig chroom teruggedrongen.

Het onderzoek van het RIVM naar de emissies van Corus (Van Bruggen, 2009) is, naar aanleiding van vragen uit de omgeving, toegespitst op het vóórkomen van kanker. Met uitzondering van longkanker is er geen verhoging gevonden van het aantal nieuwe gevallen van kanker. Individuele leefstijlfactoren zoals roken, voeding, alcoholgebruik en overgewicht, bepalen in belangrijke mate het risico op kanker. Ook erfelijke factoren spelen een rol. De verhoogde longkankerincidenties hangen voor een belangrijk deel samen met het rookgedrag in het verleden, maar zelfs na aftrek van die invloed blijft 22% toename onverklaard. Het bleek niet mogelijk om de 22% extra gevallen van longkanker zonder meer toe te schrijven aan de uitstoot van Corus.

Stoffen als PAK's, cadmium, zeswaardig chroom en fijn stof kunnen bij inademing longkanker veroorzaken. Het PM<sub>2,5</sub> deel van fijn stof is daarbij het belangrijkste. Corus stoot deze stoffen uit. In het verleden lagen de concentraties beduidend hoger dan nu. Met gegevens uit de wetenschappelijke literatuur is berekend dat de fijnstofuitstoot van Corus uit het verleden zou kunnen leiden tot ongeveer 6 % extra longkankergevallen. Dit kan een klein deel van de verhoogde longkankerincidentie verklaren. De huidige emissies van Corus zijn over het algemeen lager, maar het is onmogelijk om een voorspelling te doen over toekomstige longkankerincidentie.

Rondom Corus is in de jaren negentig onderzoek gedaan onder een groep van 32 astmatische personen naar de effecten van de fluctuaties in de concentratie PM<sub>10</sub> en de longfunctie, het vóórkomen van luchtwegklachten en het medicijngebruik. Bij daggemiddelde concentraties van 36-137 µg/m<sup>3</sup> bleken deze acute effecten aantoonbaar (Dusseldorp et al., 1995). Dergelijke effecten als gevolg van acute blootstellingen aan PM<sub>10</sub> zijn in talloze andere studies aangetoond (verergering van luchtwegklachten, zie hoofdstuk 6).

Uit een huisartsenonderzoek komt naar voren dat - van de aandoeningen aan hart en vaten – hartinfarcten en drie chronische hartaandoeningen meer voorkomen in de buurt van de fabriek (0 tot 4 km) dan verder weg. Voor aandoeningen van de luchtwegen geldt dat ook voor COPD en longontsteking. Astma komt juist meer voor op grotere afstand. Bij een vergelijking met landelijke cijfers zijn geen betekenisvolle verschillen gevonden (Van Bruggen, 2009).

## 7.6 Conclusie metaalindustrie

Samenstelling		
	<i>Aanwezig</i>	<i>Voorbeelden/opmerkingen</i>
Organisch/elementair koolstof	✓	PAK's
Anorganische aerosolen	✓	Sulfaat
Metalen, oplosbaar	✓	Zeer afhankelijk van het bedrijf, in principe kunnen alle metalen voorkomen.
Biologisch materiaal		
Deeltjesgrootte		
Voornaamste fractie	PM <sub>2,5</sub> en PM <sub>2,5-10</sub>	Zeer procesafhankelijk
Bijdrage aan de fijnstofconcentratie identificeerbaar		
Afstand	Enkele kilometers Tientallen tot enkele honderden meters	Grote bedrijven Kleinere metaalbedrijven

## 7.7 Literatuur

Broekman M.H., M.G. Mennen en H.J.Th. Bloemen (2004), Emissieonderzoek bij Van Voorden Gieterij BV te Zaltbommel, RIVM Rapport 609021026

Blauw (2008), Onderzoek naar de lokale stofbelasting van ijzergieterij Doesburg, juni 2008, rapportnummer BL2008.3845.02

Bruggen M. van (2009), Wonen in de IJmond, ongezond? Onderzoek naar de uitstoot van Corus. RIVM Rapport 601797002

Dusseldorp A., H Kruize, B Brunekreef, P Hofschreuder, G de Meer and AB van Oudvorst. (1995), Associations of PM10 and airborne iron with respiratory health of adults living near a steel factory. Am. J. Respir. Crit. Care Med., Vol 152, No. 6, 12 1995, 1932-1939.

Jongen M., Marquart H., Nossent S., Visser R., Zwetsloot G. (2003), Prioritering van branches en ketens voor de versterking van arbobeleid rond chemische stoffen. TNO Arbeid, Hoofddorp.

Lijzen J.P.A. (2009), Historische immissies en depositie in de omgeving van Corus; Deelrapport 2 in de reeks rapporten over de invloed van uitstoot van Corus op de omgeving, RIVM rapport 601797001

Mennen M.G., E.M. van Putten en P. Krystek (2004a), Immissie-, gewas en depositieonderzoek in de omgeving, van Van Voorden gieterij te Zaltbommel, RIVM Rapport 609021027

Mennen M.G., J.M.I. Kwekkeboom, M.H. Broekman en N. van Brederode (2004b), Milieu- en gezondheidsonderzoek in de leefomgeving van Van Voorden gieterij te Zaltbommel: samenvatting van de deelonderzoeken, RIVM rapport 609021028

Mennen M.G. (2002), Resultaten van metingen door de Milieugevallendienst bij branden, RIVM rapport 609100002

Morgenstern, P., (2006) Immissie- en depositieonderzoek nabij een metaalhandel te Honselersdijk, RIVM 20060846 IMD (opvraagbaar)

Pope III, (2007), Mortality Effects of a Copper Smelter Strike and Reduced Ambient Sulfate Particulate Matter Air Pollution, Environmental Health Perspectives, volume 115 | number 5, may 2007.

Schols E. (2009), De invloed van Corus op de luchtkwaliteit in de leefomgeving; Deelrapport 1 in de reeks rapporten over de invloed van uitstoot van Corus op de omgeving, RIVM rapport 609021079

## 8 Raffinaderijen

### 8.1 Inleiding

Raffinaderijen nemen ongeveer 3 % van de PM<sub>10</sub>-emissie in Nederland voor hun rekening. Met raffinaderijen wordt in dit rapport bedoeld op de raffinage van aardolie. Raffinage van aardolie is bedoeld om het ruwe product bruikbaar te maken voor de beoogde toepassing. Doorgaans houdt dit in dat de ruwe olie (deels) ontdaan wordt van water, vaste stoffen, anorganische zouten en metaalverbindingen. Daarna wordt het ruwe product in verschillende fracties gescheiden door destillatie. Vervolgens worden deze fracties door het zogenaamde ‘kraken’ omgezet in de gewenste producten. Kraken kan thermisch (hoge temperatuur, geen zuurstof), met stoom (hoge temperatuur, verdunning met stoom) of katalytisch (relatief lage temperatuur, toevoeging katalysator).

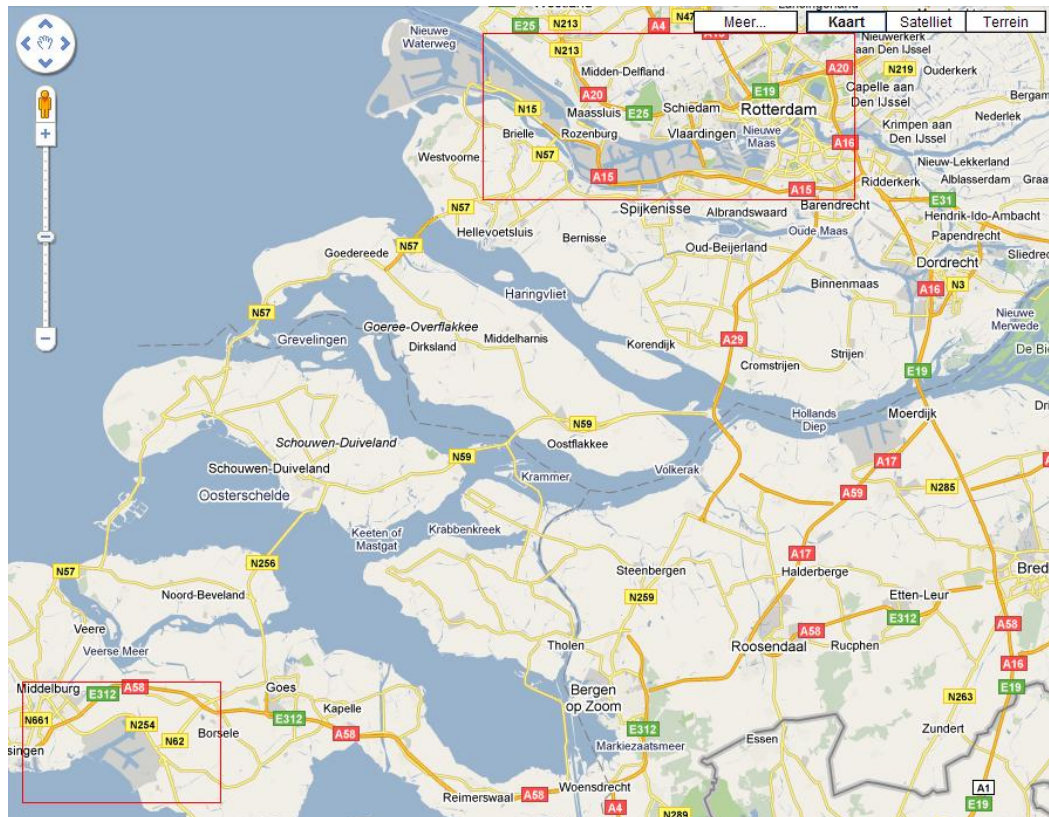
### 8.2 Bronnen van fijn stof

De bronnen voor fijn stof in raffinaderijen zijn vooral de thermische processen (pyrolyse, verbranding, destillatie, kraken, et cetera). Naast primair fijn stof is de vorming van secundair fijn stof vermoedelijk ook substantieel. Daarnaast komt er in het productieproces mogelijk fijn stof vrij bij het aanvoeren en lossen van vaste grondstoffen in bulk en het afvoeren van vaste fracties. Ook zijn op het terrein van een raffinaderij andere bronnen te vinden zoals: generatoren, verkeer, wegstof, onbebouwd terrein zonder begroeiing, et cetera. In de database van de Emissieregistratie 2008 is geen verdere uitsplitsing in activiteiten binnen de raffinaderijen gegeven als oorzaak voor fijn stof.

Verder leidt affakkelen tot uitstoot van fijn stof. Het affakkelen bij raffinaderijen gebeurt vanwege de veiligheid. Wanneer er een proces stilvalt of uitvalt wordt direct de fakkelprocedure gestart om de rest van de raffinaderij draaiende te houden. Overbodige stoffen worden verbrand in de fakkelp. Aangezien het hier om incidenten gaat en niet om structurele uitstoot, wordt niet verder op deze bron ingegaan.

### 8.3 Blootstelling van omwonenden

Raffinaderijen in Nederland bevinden zich in enkele gebieden in Nederland (zie Figuur 8). Er is geen specifieke literatuur gevonden over de blootstelling van omwonenden aan fijn stof afkomstig van raffinaderijen. De individuele emissies PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> per bedrijf volgen niet uit de Emissieregistratie. Volgens de Milieudienst Rijnmond (DCMR) variëren de totale fijnstofemissies van de vier raffinaderijen in het Rijnmond gebied tussen 12 en 1141 ton per jaar, per bedrijf (pers. med. J. Voerman, DCMR Bureau Lucht). Schoorsteenhoogten variëren tussen 60 en 213 meter en de bedrijven hebben twee tot vier schoorstenen per bedrijf. Op basis van deze gegevens schat de DCMR globaal een maximale bijdrage aan de fijnstofconcentratie op leefniveau tussen 0,01 tot 1,5 µg/m<sup>3</sup> op een afstand tussen de 600 en 1200 meter van de raffinaderij (zie Bijlage 2). Deze voorbeeldberekeningen geven aan wat het belang is van hoge schoorstenen met betrekking tot verdunning van emissies.



**Figuur 8. De (grootschalige) raffinaderijen in Nederland bevinden zich in een beperkt gebied. De meeste bevinden zich in het Rijnmondgebied, te weten: ESSO (Botlek), Kuwait Petroleum (Europoort), Nerefco (Europoort) Shell Nederland (Hoogvliet) Daarnaast bevindt zich een raffinaderij in Zeeland in de plaats Nieuwdorp (Total Raffinaderij).**

## 8.4 Deeltjesgrootte en samenstelling

### *Deeltjesgrootte*

Uit de Emissieregistratie blijkt dat in 2008 de raffinaderijen 1282 ton  $PM_{10}$  en 956 ton  $PM_{2,5}$  uitstootten. Ongeveer 75 % van het  $PM_{10}$  bestaat dus uit  $PM_{2,5}$ .

### *Samenstelling*

Uit de Emissieregistratie blijkt dat de raffinaderijen in Nederland grote hoeveelheden zwaveldioxide en stikstofoxiden uitstoten; beide uiteraard in gasvorm maar ze zullen bijdragen aan secundaire fijn stof, bijvoorbeeld in de vorm van sulfaat. Het is inderdaad zo dat sulfaat als kenmerkende fijn stof component voor de petrochemische industrie wordt gezien (Viana et al., 2008). Daarnaast worden nikkel en vanadium veelvuldig geassocieerd met petrochemische industrie (onder andere Moreno et al., 2006; Viana et al., 2008). Kenmerkend voor katalytisch kraken is echter juist de afwezigheid van nikkel en vanadium maar door de aanwezigheid van lanthaniden (Kulkarni et al., 2005; Moreno et al., 2008).

## 8.5 Gezondheid

Er is geen informatie beschikbaar over de gezondheid van omwonenden van raffinaderijen in relatie tot fijn stof.

## 8.6 Conclusie raffinaderijen

Samenstelling		
	<i>Aanwezig</i>	<i>Voorbeelden/opmerkingen</i>
Organisch/elementair koolstof	✓	Roet
Anorganische aërosolen	✓	Sulfaat
Metalen	✓	Nikkel, vanadium
Biologisch materiaal		
Deeltjesgrootte		
Voornaamste fractie	PM <sub>2,5</sub>	
Bijdrage aan de fijnstofconcentratie identificeerbaar		
Afstand	600 – 1200 m	Afhankelijk van schoorsteenhoogte

## 8.7 Literatuur

Kulkarni P., S. Chellam, M.P. Fraser (2006) Lanthanum and lanthanides in atmospheric fine particles and their apportionment to refinery and petrochemical operations in Houston, TX, Atmospheric Environment 40:508-520

Moreno T, Querol X, Alastuey A, García do Santos S, Fernández Patier R, Artiñano B, Gibbons W. (2006), PM source apportionment and trace metallic aerosol affinities during atmospheric pollution episodes: a case study from Puertollano, Spain, Journal of Environmental Monitoring, August 2006, 8 (10): 1060-1068

Moreno T., X. Querol, A. Alastuey, J. Pey, M.C. Minguillón, N. Pérez, R.M. Bernabé, S. Blanco, B. Cárdenas, W. Gibbons (2008), Lanthanoid Geochemistry of Urban Atmospheric Particulate Matter, Environ. Sci. Technol. 2008, 42, 6502-6507.

Viana M., T.A.J. Kuhlbusch, X. Querola, A. Alastueya, R.M. Harrison, P.K. Hopke, W. Winiwarter, M. Vallius, S. Szidat, A.S.H. Prévôt, C. Hueglin, H. Bloemen, P. Wählin, R. Vecchi, A.I. Miranda, A. Kasper-Giebl, W. Maenhaut, R. Hitznerberger. (2008), Source apportionment of particulate matter in Europe: A review of methods and results, Journal of Aerosol Science 39 (2008) 827–849



## 9 Bouwplaatsen (inclusief buitenopslag en puinbrekers)

### 9.1 Inleiding

In Nederland zijn veel bouwplaatsen in allerlei aard en omvang. Bouwplaatsen zijn een bekende bron voor stofproblemen door de activiteiten die er plaatsvinden. Een deel van het stof is afkomstig uit de bodem. Voor een deel betreft het grof stof, wat voornamelijk hinder veroorzaakt, voor een deel gaat het om fijn stof.

### 9.2 Bronnen van fijn stof

Op bouwplaatsen vindt een groot aantal activiteiten plaats. Er kunnen enkele belangrijke bronnen worden aangewezen die bijdragen aan de stofemissie:

- Stofvorming door het bouwen en/of slopen: dit stof wordt gevormd door fysische/mechanische handelingen zoals graafwerkzaamheden, het storten van grind, het zagen/schuren/boren van metaal, steen en hout en sloopactiviteiten.
- Stofvorming door opwaaien van bouwstof en bodemstof: doordat bij bouwactiviteiten de aarde vaak wordt opgehaald en er gedurende enige tijd geen bedekking is door bebouwing of vegetatie heeft de wind vrij spel om de combinatie van bouw- en bodemstof te verspreiden. Daarnaast kunnen bouwbevingingen zoals het bouwverkeer het stof kunstmatig doen opwarrelen.
- Stofvorming door het gebruik van verbrandingsmotoren: er wordt op een bouwplaats gebruikgemaakt van vrachtwagens, graafmachines, bulldozers, aggregaten, et cetera. Al deze, doorgaans op diesel gestookte apparaten stoten fijn stof uit.

Muleski et al. (2005) specificeren diverse activiteiten op een bouwterrein en koppelen hieraan een stofemissie. Muleski et al. noemen graaf- en stortactiviteiten als belangrijke bron voor  $PM_{10}$ , maar ook modder en vuil dat door vrachtwagens naar buiten het terrein wordt verspreid, waar het op aangrenzende verharde wegen door verpulvering en opwerveling bijdraagt aan de concentratie fijn stof.

Volgens een onderzoek van Vrins (2006) naar fijnstofemissie rond een industrieterrein werden de hoogste bijdragen aan de emissie geleverd door de deelbronnen openbare weg (verkeer) en (puin)brekers en is verwaaiing de belangrijkste factor in verspreiding.

Croezen et al. (2006) hebben een literatuurstudie gedaan naar stofemissies in de bouw; daarbij zijn openbare bronnen gebruikt en soms schattingen gedaan. Op basis van deze studie schatten Croezen et al. dat de emissies  $PM_{10}$  en  $PM_{2,5}$  binnen de bouwketen respectievelijk 3300 – 5200 ton/jaar en 2300 – 2500 ton/jaar bedragen. In de Emissieregistratie is slechts 1344 ton opgenomen als bijdrage van de doelgroep Bouw (zie Tabel 1). Het verschil is dat Croezen et al. ook de grondstoffenwinning, bouwmaterialenproductie, metalen en transport meenemen als onderdeel van de keten. Deze bedrijfstakken zitten in de EmissieRegistratie in andere Doelgroepen. Ook nemen Croezen et al. verkeersgerelateerde emissies mee (dieseldeeltjes). Zonder deze bijdragen komt Croezen et al. op ongeveer 1300 ton. De winning van grondstoffen en de bouwsector zelf zijn de belangrijkste bron van fijn stof binnen de bouwketen (Tabel 17 en Tabel 18).

**Tabel 17. Overzicht geschatte PM<sub>10</sub>-emissies in de schakels in de Nederlandse bouwketen (alle emissies in ton/jaar); overgenomen uit Croezen et al. (2006)**

	<b>Totaal</b>	<b>Diffuus</b>	<b>Schoorsteen</b>
Grondstoffenwinning	700 – 2400	700 – 2400	
Bouwmaterieelproductie	300 – 400	150 – 200	150 – 200
Bouwsector, exclusief puinbrekers	1500	1500	
Afvalsector, puinbrekers	150	150	
Metalen	300 – 350		300 – 350
Transport van bouwmaterialen	350 – 400	350 – 400	
	<b>3300 – 5200</b>	<b>2850 – 4650</b>	<b>450 – 550</b>

**Tabel 18. Onderverdeling van geschatte emissie naar aard en schadelijkheid (alle emissies in ton/jaar); overgenomen uit Croezen et al. (2006)**

	<b>Dieseldeeltjes (PM<sub>2,5</sub> en kleiner)</b>	<b>Kwartshoudende stof</b>	<b>Toxische procesemissies en lasrook (PM<sub>2,5</sub> en kleiner)</b>
Grondstoffenwinning	200 – 250	450 – 2100	
Bouwmaterieelproductie		50 – 100	250 – 300
Bouwsector, exclusief puinbrekers	400	1100	
Afvalsector, puinbrekers		150 – 200	
Metalen			300 – 350
Transport van bouwmaterialen	400		
	<b>Circa 1000</b>	<b>1750 – 2400</b>	<b>Circa 600</b>

Croezen et al. (2006) schatten de totale aan de bouwketen toe te rekenen PM<sub>2,5</sub>-emissie op circa 2.300 – 2.500 ton/jaar, waarvan:

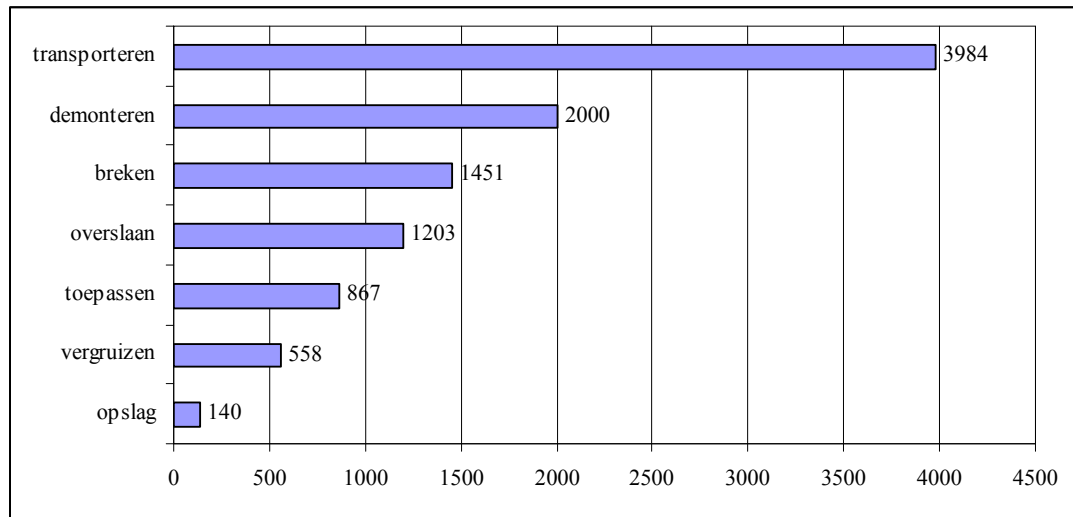
- circa 1.000 ton/jaar in de vorm van dieselroet;
- circa 600 ton/jaar in de vorm van procesemissies;
- circa 600 ton/jaar als fijn stof vrijkomend op de bouwplaats;
- 100 – 300 ton/jaar in verwaaid stof.

Daarbij wordt aangegeven dat bovenstaande cijfers voor een deel uit onzekere informatiebronnen komen en dat verder onderzoek gewenst is. Het onderzoek maakt geen melding van concentraties in de leefomgeving.

Put et al. (2008) focussen op kentallen (in gram per uur) voor fijn stof in de bouwafval- en slooafvalketen. Daarbij worden diverse technieken geclusterd en worden indicatieve kentallen voor die clusters weergegeven. Figuur 9 is gebaseerd op Put et al. (2008).

Uit de figuur blijken transport en demonteren het hoogste te scoren. In de studie wordt verder vermeld dat:

- de aanwezigheid van visueel waarneembaar stof (TSP) ook in belangrijke mate de aanwezigheid van PM<sub>10</sub> impliceert;
- de fractie PM<sub>2,5</sub> vooral relevant is voor vergruizen, breken en overslag; Het aandeel PM<sub>2,5</sub> beslaat ongeveer 5% van PM<sub>10</sub> bij vergruizen en breken. Dit loopt op tot 20% wanneer emissie beperkende maatregelen getroffen worden, maar in dat geval zijn beide fracties fijn stof flink kleiner (95% reductie voor PM<sub>10</sub> en 90% reductie voor PM<sub>2,5</sub>);
- fijn stof afkomstig uit verbrandingsmotoren bij bouwafval- en slooafvalverwerking als irrelevant wordt beschouwd. Dit komt overeen met de cijfers in Tabel 18.



Figuur 9. Vergelijking van de bijdragen van de verschillende schakels in de bouw- en slooafvalketen zonder toepassing van beheersmaatregelen, uitgedrukt in g/u (gebaseerd op Put et al., 2008)

### 9.3 Blootstelling van omwonenden

Tabel 19. Bijdrage aan de fijnstofconcentraties door puinbrekers en bouwplaatsen

	Toename PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Toename PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Afstand (meter)	Referentie
Puinbreker	2 tot 0,005		Onbekend 500	RvS, 2005
Puinbreker	0,3	Geen (gelijk aan achtergrond)	600	Vrins, 2006
Bouw/sloopplaats	verwaarloosbaar		400	Amato et al., 2009
	0,005 tot ongeveer 0,5		500	De Groot, 2007

Er zijn weinig studies bekend die inzage geven in de effectafstanden van bouwplaatsen. In Tabel 19 staat de informatie uit de studies die werden gevonden opgesomd. Hieronder worden de studies toegelicht.

Ten behoeve van een milieuvergunning is bij een puinbreker in Dordrecht in 2005 berekend wat de bijdrage aan de PM<sub>10</sub> concentratie in de omgeving is (RvS, 2005). Boven de puinbreker was de jaargemiddelde fijnstofconcentratie verhoogd met 48 µg/m<sup>3</sup>, op de grens van het bedrijfsterrein met

$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De dichtstbijzijnde woningen bevinden zich op 500 meter. Op die afstand is een bijdrage van  $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$  te verwachten.

Vrins (2006) heeft een onderzoek gedaan naar verschillende stoffracties rond een industrieterrein met diverse activiteiten waarvan verwacht wordt dat ze een hoge bijdrage hebben aan stofemissie (puinbrekers, houtshredders, betoncentrale, losplaats, et cetera). Met metingen (Osiris) zijn diverse deelbronnen onderzocht bij variërende omstandigheden (dag, nacht, diverse windssterktes). Voor alle bronnen geldt dat verwaaiing een belangrijke oorzaak is voor een hoge stofbijdrage (oftewel hoe meer wind hoe meer stofproblematiek in de omgeving). De hoogste bijdragen worden geleverd door de deelbronnen openbare weg (verkeer) en (puin)brekers. Op 600 meter afstand levert het industrieterrein een bijdrage van  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  aan de jaargemiddelde fijnstofconcentratie ( $\text{PM}_{10}$ ). Op het terrein ligt de jaargemiddelde bijdrage van de verschillende activiteiten (afhankelijk van de locatie op het terrein) tussen de 1 en  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ook Blauw (2009a) noemt vooral een duidelijk zichtbare bijdrage van het industrieterrein aan de grovere stoffractie ( $\text{PM}_{2,5-10}$ ) en een duidelijke relatie met windrichting en klachten uit de omgeving van het industrieterrein. Tot ruwweg 600 meter van de bron worden maximale stofdeposities gemeten van  $0,3-0,6 \text{ g}/\text{m}^2$  (dit geeft niet aan wat de bijdrage van fijnstofconcentratie in de lucht was, maar geeft wel een indicatie van effectafstand). Blauw (2009b) noemt emissies van totaalstof van  $7,7 \text{ kg}/\text{u}$  (tijdens werktijd) tot  $0,3 \text{ kg}/\text{u}$  (buiten werktijd) en  $\text{PM}_{10}$ -emissies van  $1,2 \text{ kg}/\text{u}$  (tijdens werktijd) tot  $0,1 \text{ kg}/\text{u}$  (buiten werktijd).

Amato et al. (2009) noemen een substantiële bijdrage van een bouw/sloopplaats aan de concentratie  $\text{PM}_{10}$ . Vanaf 400 meter afstand is de bijdrage van de bron verwaarloosbaar. Dit is vergelijkbaar met ander onderzoek rondom puinbrekers.

De Groot (2007) noemt op basis van drie literatuurreferenties (waarin zowel metingen als berekeningen zijn opgenomen) een toename van de jaargemiddelde concentratie  $\text{PM}_{10}$  op 500 meter afstand van de inrichtingsgrens van ongeveer  $0,005 \mu\text{g}/\text{m}^3$  tot ongeveer  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ter hoogte van de inrichtingsgrens is de bijdrage ongeveer 1 tot  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 9.4 Deeltjesgrootte en samenstelling

### *Deeltjesgrootte*

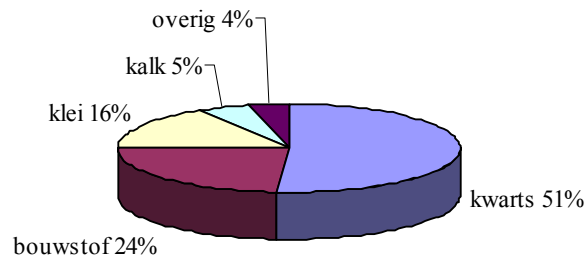
Vrins (2006) concludeert dat de activiteiten op het industrieterrein gedurende de werkdag vooral bijdragen in de fractie  $\text{PM}_{2,5-10}$ . Dit hangt samen met activiteiten laden, lossen, schrapen, graven, puinbreken en rijden (resuspensie). De  $\text{PM}_{2,5}$ -emissie wordt vooral veroorzaakt door de uitstoot van uitlaatgassen (Muleski et al., 2005). Croezen et al. (2006) geven een schatting van hoeveelheden  $\text{PM}_{10}$  en  $\text{PM}_{2,5}$ . Grofweg lijkt in de uiterste schatting tweemaal zoveel  $\text{PM}_{10}$  als  $\text{PM}_{2,5}$  vrij te komen. Daarnaast schat men dieselloot emissies en procesemissies grofweg op een derde van de totale emissie.

### *Samenstelling*

Een groot deel van de stofvorming komt doordat de bodem opdroogt en verwaait. Grofweg bestaat grond uit organische stof, carbonaten en stukjes steen met een grote diversiteit aan diameter: grind ( $>2 \text{ mm}$ ), zand ( $63 \mu\text{m} - 2 \text{ mm}$ ), silt ( $2 \mu\text{m} - 63 \mu\text{m}$ ), lutum ( $<2 \mu\text{m}$ ). Deze componenten uit de bodem kunnen van zeer uiteenlopende chemische samenstelling zijn; de geologische samenstelling is doorgaans sterk geografisch bepaald. Voor een overzicht van de elementensamenstelling van de meest gebruikelijke mineralen in Nederlandse bodem wordt verwezen naar Van der Veer (2006). Uit die

publicatie blijkt dat sommige van de componenten in behoorlijk hoge concentratie in de Nederlandse bodem aanwezig zijn (bijvoorbeeld aluminium: 88 g/kg, calcium: 66 g/kg, ijzer: 61 g/kg). Het mag verder worden aangenomen dat 'bouwstof' voornamelijk stoffen bevat die voorkomen in steenachtige bouwmaterialen (zand, kalk, steen, beton en klei), te denken valt aan elementen als calcium, kalium, aluminium, silicium, natrium, (voornamelijk als oxiden). Daarnaast kan gedacht worden aan fijn stof dat qua samenstelling kenmerkend is voor verbrandingsproducten (afkomstig van motoren) zoals ook bij wegverkeer wordt gevonden.

In het stof afkomstig van bouwplaatsen worden veel elementen gevonden die uit de bodem komen, zoals calcium en siliciumoxide, en daarnaast componenten die doorgaans met verkeer worden geassocieerd, zoals koolstof, ijzer, barium, zink en koper (Amato et al., 2009; Viana et al., 2008). Kwarts is een belangrijk onderdeel van het stof van bouwplaatsen (zie Figuur 10). Put et al. vinden verder vooral bouwstof, klei en kalk. De categorie overig in de figuur bestaat vooral uit ijzer, aluminium, zout en organische chloride. Verder komen er zeer kleine fracties (<0,01%) gips, bariumsulfaat, titaanwit, zinkwit, organische vezel, roet en asbest in voor.



**Figuur 10. Gewogen procentueel gemiddelde samenstelling van PM<sub>10</sub>-emissie van bouw- en sloopafvalketen (gebaseerd op Put et al., 2008). Onder bouwstof wordt hier verstaan silicaathoudend stof**

#### Tekstbox 2. Kwarts

##### Kwarts

Kwarts (SiO<sub>2</sub>; siliciumoxide) is een veel voorkomend mineraal. Het zit onder andere in zand en gesteente. Bij het bewerken van materialen waarin kwarts zit komt kwarts vrij in inhaleerbare vorm. In diverse industrietakken komt dit voor. Omdat bij bouwplaatsen steenachtige materialen worden bewerkt kan daar ook kwarts vrijkomen.

Bij langdurige hoge blootstelling aan kwartsstof kan silicose (stoflong) optreden. Daarbij treedt bindweefselvorming op diep in de long wat ademen steeds moeilijker maakt. Silicose is een typische beroepsziekte die optreedt bij werknemers van bijvoorbeeld mijnen, ijzergieterijen en de keramische industrie. Silicose vergroot de kans op het krijgen van andere longziekten als tuberculose of longkanker. De wettelijke grenswaarde voor blootstelling aan kwarts (in arbeidssituaties) is 0,075 mg/m<sup>3</sup> (SZW, 2010).

Omdat kwarts voornamelijk in de werksituatie tot hoge concentraties leidt zijn deze effecten voor de omgeving minder van belang en wordt kwarts verder in het rapport buiten beschouwing gelaten. De concentraties zijn veel lager dan in arbeidssituaties en meestal kortdurend. De WHO heeft berekend dat het risico op silicose kleiner is dan 3% bij levenslange blootstelling aan een concentratie kristallijn kwarts van  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (dit is de geschatte concentratie in stedelijke gebieden in de VS, er zijn geen gegevens over Nederland beschikbaar).

## 9.5 Gezondheid

Er is geen specifieke informatie over gezondheidseffecten van fijn stof afkomstig van bouwplaatsen. Wel is er een wettelijk besluit van VROM over (mobiele) puinbrekers uit 2004, waarin staat dat deze alleen niet-gevaarlijk puin van steenachtige materialen mogen verwerken. Het puin mag dus bijvoorbeeld geen teerhoudend asfalt, kunststofresten of asbest bevatten. Als bedrijven zich aan deze regelgeving houden, worden dus geen noemenswaardige hoeveelheden van die schadelijke componenten in het puinstof verwacht. Er is niet gezocht naar informatie in hoeverre deze regelgeving wordt gehandhaafd.

## 9.6 Conclusie bouwplaatsen

Samenstelling		
	<i>Aanwezig</i>	<i>Voorbeelden/opmerkingen</i>
Organisch/elementair koolstof	✓	(door bouwverkeer)
Anorganische aerosolen		
Metalen		
Biologisch materiaal		
Elementen van minerale herkomst	✓	Ca, K, Al, Si, Na, etc. (voornamelijk als oxiden)
Deeltjesgrootte		
Voornaamste fractie	PM <sub>2,5</sub> – PM <sub>10</sub>	Opwaaierend stof
Bijdrage aan fijnstofconcentratie identificeerbaar		
Afstand	Tot maximaal enkele 100en meters	Lage emissiebron en daardoor lokale invloed (zie tevens Bijlage 2).

## 9.7 Literatuur

Amato F., M. Pandolfi, M. Viana, X. Querol, A. Alastuey, T. Moreno (2009), Spatial and chemical patterns of PM<sub>10</sub> in road dust deposited in urban environment, Atmospheric Environment 43 (2009) 1650–1659

Blauw BV (2009a), Onderzoek naar de stofbelasting in Westervoort ten oosten van industrieterein Looweer; Deel 1 – Immissiemetingen in Westervoort, Rapportnummer: BL2009.3769.03, Versie 3 29 april 2009

Blauw BV (2009b), Onderzoek naar de stofbelasting in Westervoort ten oosten van industrieterrein Looveer; Deel 2 – Emissiemetingen bij bedrijven, Rapportnummer: BL.2009.4438.02, Versie 4  
6 mei 2009

Carvacho O.F., Ashbaugh L.L., Flocchini R.G. (2006), Elemental composition of PM10 and PM2,5 in ambient air downwind of agricultural operations in California's San Joaquin Valley. Transactions on Ecology and the Environment, vol.99: 701-708

Croezen H.J., A. Schroten, M. Singels (2006), Stofemissies in de bouw(keten), Delft, CE, publicatienummer: 06.6111.25

Groot, G.M. de, (2007), Gezondheidswinst asbestprojecten VROM-Inspectie, RIVM Briefrapport 609021063, 2007

Moreno T, Querol X, Alastuey A, García do Santos S, Fernández Patier R, Artiñano B, Gibbons W. (2006), PM source apportionment and trace metallic aerosol affinities during atmospheric pollution episodes: a case study from Puertollano, Spain, Journal of Environmental Monitoring, August 2006, 8 (10): 1060-1068

Muleski G.E., C. Cowherd Jr, J.S. Kinsey, (2005), Particulate Emissions from Construction Activities, ISSN 1047-3289 J. Air & Waste Manage. Assoc. 55:772-783, Volume 55 June 2005

Put J.A.L, G.M.T. Jansen, (2008), Inventarisatie Microstof van Megarecycling, Enviro Challenge

RvS (Raad van State), (2005), LJN: AT4708, Voorzitter Raad van State , 200501512/2

SZW. <http://home.szw.nl>, geraadpleegd op 21 april 2010

Veer G. van der, (2006), Geochemical soil survey of the Netherlands. Atlas of major and trace elements in topsoil and parent material; assessment of natural and anthropogenic enrichment factors, Universiteit Utrecht. <http://igitur-archive.library.uu.nl/dissertations/2006-1011-200742/index.htm>

Viana M., T.A.J. Kuhlbusch, X. Querola, A. Alastueya, R.M. Harrison, P.K. Hopke, W. Winiwarter, M. Vallius, S. Szidat, A.S.H. Prévôt, C. Hueglin, H. Bloemen, P. Wählin, R. Vecchi, A.I. Miranda, A. Kasper-Giebl, W. Maenhaut, R. Hitzenberger. (2008), Source apportionment of particulate matter in Europe: A review of methods and results, Journal of Aerosol Science 39 (2008) 827-849

Vrins Luchtonderzoek (2006) Stofmetingen in de omgeving van Looveer, Huissen, Rapport Vr139 tweede concept Augustus 2006

VROM (2004), Besluit mobiel breken bouw- en sloopafval, 040095/02-04 VROM 4020, 1 maart 2004

## 10 Gezondheidseffecten

In de diverse hoofdstukken van dit rapport is beschreven wat bekend is over de gezondheid van omwonenden van de diverse bronnen van fijn stof. Het beeld dat eruit naar voren komt is dat studies naar gezondheidseffecten van fijn stof bij omwonenden van antropogene bronnen schaars zijn en zelden in verband zijn gebracht met de daadwerkelijke blootstelling aan fijn stof. In dit hoofdstuk wordt beschreven wat er bekend is over de effecten van (fracties en componenten) fijn stof. Vervolgens wordt aangegeven welke componenten en fracties die gezondheidkundig relevant zijn bij de verschillende bronnen te verwachten zijn. Een precieze inschatting van de risico's per bron is op grond van de huidige kennis niet te maken.

### 10.1 Algemeen

In vele studies van de afgelopen decennia is de relatie tussen blootstelling aan fijn stof en de gezondheid onderzocht. De focus lag daarbij in beginsel op PM<sub>10</sub>, later is PM<sub>2,5</sub> ook meer in de belangstelling komen te staan als meest gezondheidsrelevante fractie. De reden hiervoor is ten eerste dat kleinere deeltjes dieper in de luchtwegen kunnen doordringen en daar schade aanrichten. Een tweede reden is dat de PM<sub>2,5</sub> concentratie vrijwel geheel toe te schrijven is aan menselijk handelen. Daarmee is deze fractie een beter aanknopingspunt voor het beleid. Nieuwe inzichten rond de samenstelling van fijn stof laten zien dat niet alleen PM<sub>2,5</sub> maar ook PM<sub>10</sub> voor het grootste deel van antropogene herkomst is in Nederland (Matthijsen en Koelemeijer, 2010).

Een drempelwaarde waaronder geen effecten optreden, is in epidemiologisch onderzoek nooit gevonden. Er is niet precies aan te geven welke mensen gezondheidseffecten zullen ondervinden door blootstelling aan fijn stof. Het is wel aannemelijk gemaakt dat ouderen en personen met hart-, vaat- of longaandoeningen gevoeliger zijn. Ook zijn er aanwijzingen dat kinderen extra gevoelig zijn voor de effecten van fijn stof op de luchtwegen (US-EPA, 2009). Een groot deel van de gegevens uit gezondheidsonderzoek is afkomstig uit stedelijke omgevingen, waar verkeersgerelateerde luchtverontreiniging een dominante rol speelt. Het doorvertalen van deze effecten naar ander type bronnen aan de hand van concentraties van fijn stof, is niet zonder meer mogelijk omdat de samenstelling en deeltjesgrootteverdeling anders zijn bij andere bronnen van fijn stof.

#### *De rol van blootstellingsduur*

De effecten van kortdurende blootstelling aan hoge concentraties van fijn stof (maximaal een week) zijn beter onderzocht dan langdurige blootstelling aan relatief lage (gemiddelde) concentraties. In vele studies naar *kortdurende* blootstelling bleken de dagelijkse variaties in fijnstofconcentraties samen te hangen met variatie in gezondheidsklachten, medicijngebruik en ziekenhuisopnames. Wanneer de concentraties weer dalen, verdwijnen deze klachten bij de meeste mensen weer (Van der Zee en Walda, 2008). In enkele grote studies is aangetoond dat de *langdurige* blootstelling aan fijn stof samenhangt met de verkorting van de levensduur, vooral door sterfte aan hart- en vaatziekten en luchtwegziekten. Tevens is langdurige blootstelling in verband gebracht met verlaging van de longfunctie en chronische luchtwegklachten, vooral bronchitis. Ook wordt langdurige blootstelling aan verkeersgerelateerde emissie in verband gebracht met het veroorzaken van astma bij kinderen tot 8 jaar (Gehring et al., 2010). De laatste jaren zijn er ook steeds meer aanwijzingen dat langdurige blootstelling aan fijn stof longkanker kan veroorzaken, vooral door fijn stof dat vrijkomt bij verbrandingsprocessen. Zie voor een overzicht van relevante literatuur en meer informatie Van der Zee en Walda (2008).



### *Werkingsmechanisme*

Biologische mechanismen waardoor fijn stof schadelijke effecten kan veroorzaken, zijn nog steeds onderwerp van onderzoek. Toxicologisch onderzoek heeft wel aanwijzingen opgeleverd voor de manier waarop fijn stof bepaalde effecten kan veroorzaken. Via inademing komt fijn stof terecht in de bovenste en onderste luchtwegen en in de longen. Daar kan het ontstekingsreacties veroorzaken en de zuurstofopname bemoeilijken. 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 bloedvaten en de hartfunctie en dus ook voor hartpatiënten. Mogelijk beïnvloedt fijn stof ook de stollingsbalans in het bloed, waardoor het bloed viskeuzer wordt met een grotere kans op een hartinfarct. Daarnaast zijn ook neurologische effecten van fijn stof gevonden, waardoor bijvoorbeeld de hart(spier)functie negatief kan worden beïnvloed. Bij ultrafijnstof wordt ook de koppeling gemaakt met neurodegeneratieve aandoeningen zoals de ziekte van Parkinson en de ziekte van Alzheimer, maar dit is nog zeer hypothetisch.

### *De rol van chemische samenstelling en deeltjesgrootte*

Het RIVM en PBL (Fijn stof nader bekeken) en de US-EPA (2009) geven aan dat de chemische samenstelling van fijn stof waarschijnlijk een betere voorspeller is van de gezondheidseffecten dan de deeltjesgrootte. Volgens de EPA wordt dit ondersteund door het feit dat de samenstelling (van  $PM_{2,5}$ ) verschilt per gebied en de gevonden effecten ook heterogeen zijn. Deze rol van de samenstelling bij het veroorzaken van gezondheidseffecten wordt ook ondersteund door diverse Europese studies. De US-EPA (2009) concludeert verder dat er wel enkele patronen zijn te ontdekken in de gezondheidseffecten in relatie tot bepaalde bestanddelen van fijn stof of type bron, maar dat er niet voldoende bewijs is of deze patronen consistent zijn.

Welke chemische bestanddelen van fijn stof gezondheidkundig het meest relevant zijn, is dus tot op heden niet precies aan te geven. Het lijkt wel duidelijk dat het zeezoutaerosol en de secundaire anorganische fracties als sulfaat- en nitraataerosol van weinig belang zijn voor de directe gezondheidseffecten van fijn stof (Schlesinger en Cassee, 2003). Opwaaiend bodemstof valt doorgaans in de grove fractie ( $PM_{2,5-10}$ ) en is vooral geassocieerd met verergering van COPD en astma (Brunekreef en Fosberg, 2005), niet met het ontstaan van luchtwegaandoeningen en sterfte. De ernst en omvang van deze effecten wordt beduidend lager geschat dan voor  $PM_{2,5}$ ; er ontbreekt op dit terrein nog veel kennis.

Emissies van het verkeer spelen waarschijnlijk wel een rol bij het ontstaan van gezondheidseffecten die samenhangen met kortdurende en langdurende blootstelling. Dit zou ook het geval kunnen zijn voor de emissies van verschillende andere verbrandingsbronnen zoals scheepvaart, industrie, energie-opwekking en huisverwarming. Het aandeel hiervan in de gezondheidseffecten is getalsmatig nog niet aan te geven. Daarnaast wordt rekening gehouden met een mogelijke rol van semi-vluchtige componenten, en biologische componenten als pollen en dergelijke. Voor mensen die daarvoor gevoelig zijn, kunnen biologische fracties behoorlijke effecten veroorzaken. In dit verband wordt ook wel gewezen op een gecombineerd effect van pollen en verkeeremissies (zie Tekstbox 3).

### Tekstbox 3: Aanwijzingen voor gezondheidseffecten voor fracties fijn stof en bepaalde componenten

#### **Grove fracties**

De wat grotere deeltjes in PM<sub>10</sub> bereiken de longen doorgaans niet. Ze blijven hangen in de bovenste luchtwegen (Geijser en Kreyling, 2010). Mensen met luchtwegklachten zoals astma hebben last van deze fractie van fijn stof. Doordat deze fractie de luchtwegen irriteert verergeren de luchtwegklachten waar deze mensen al last van hebben (Yang et al., 2008).

#### **Fijne fracties**

De relatie tussen langdurige blootstelling aan fijn stof en vervroegde sterfte is vooral aanwezig voor de fijnere deeltjes (PM<sub>2,5</sub> en kleiner). Een klein aantal studies dat heeft gekeken naar PM<sub>2,5-10</sub> heeft geen verband met sterfte gevonden (Brunekreef en Forsberg, 2005).

#### **Biologisch materiaal/allergenen**

Het gelijktijdig voorkomen van allergenen en fijn stof kan er toe leiden dat de effecten van de allergenen worden versterkt. Dit is in ieder geval voor de combinatie (diesel) roet en bijvoorbeeld graspollen vastgesteld (Steerenberg et al., 2003; Peden en Reed, 2010).

#### **Verbrandingsaerosol**

Afgelopen jaren is in een consortium van Britse, Zweedse en Nederlandse onderzoekers onderzocht wat de rol van componenten in fijn stof is op het functioneren van bloedvaten en het hart. Hieruit bleek dat vooral de stoffen die geadsorbeerd zitten op deeltjes zoals die in verdunde dieseluittoot voorkomen de vaatwandfunctie deden verslechteren. De effecten werden niet waargenomen wanneer de deeltjes uit het mengsel werden gefilterd of wanneer vrijwilligers werden blootgesteld aan elementair koolstof of een mengsel met overwegend zeezout (Lucking et al., 2008; Mills et al., 2008; Langrish et al., 2009; Mills et al., 2009)

#### **Metalen (in water oplosbaar)**

De rol van in water oplosbare metalen is in toxicologisch en epidemiologisch onderzoek uitvoerig onderzocht. Het meest bekende voorbeeld komt van een interventiestudie in Utah. Tijdens een jaar lang durende staking bij een staalfabriek (met dus veel lagere emissies) bleek de mortaliteit en morbiditeit een stuk lager dan in de jaren ervoor en erna. In toxicologisch onderzoek kon worden bepaald dat het waarschijnlijk was dat oplosbare metalen hierbij een sterke rol speelden (Dye et al., 2001; Molinelli et al., 2002). Het RIVM heeft aangetoond dat door metalen in fijn stof weg te vangen een aantal effecten zoals ontstekingen in de longen aanzienlijk afnamen (Gerlofs-Nijland et al., 2009)

#### **Sulfaten, nitraten en zeezout**

In de VS en Europa is de rol van sulfaten vrij uitvoerig bestudeerd. Hoewel sulfaat vaak wel goed correleert met gezondheidseffecten is het causale verband niet waarschijnlijk. Zelfs astmatici die werden blootgesteld aan vrij hoge concentraties ammoniumsulfaat- of zwavelzuur-aerosolen, hebben vrij weinig last van deze stoffen. Waarschijnlijk is het niet het sulfaat dat de effecten veroorzaakt maar stoffen die in dezelfde mate fluctueren als sulfaat, zoals de aan sulfaat gekoppelde metalen (deels afhankelijk van de zuurgraad van de lucht) (Schlesinger en Cassee, 2003; Schlesinger, 2007).

## 10.2 Antropogene bronnen

Zoals in paragraaf 10.1 wordt beschreven is niet precies aan te geven welke componenten in het fijn-stofmengsel verantwoordelijk zijn voor de gezondheidseffecten en speelt de deeltjesgrootteverdeling daarin ook een rol. Daarom kunnen gevonden effecten bij een bepaalde concentratie van fijn stof anders zijn voor verschillende bronnen. Wel zijn er aanwijzingen welke fracties en componenten in meer of mindere mate relevant zijn (zie Tekstbox 3)

In het kort kan voor de onderscheiden groepen componenten het volgende worden gezegd:

- Alle grove deeltjes, waaronder biologische componenten, worden vooral in verband gebracht met het verergeren van bestaande luchtwegklachten waaronder astma en COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disorder).
- De anorganische ammonium- en natriumzouten zijn voor zover nu bekend niet zo relevant voor gezondheidseffecten. Anorganische zouten met sulfaat kunnen metalen bevatten die wel gezondheidsrelevant zijn. Het sulfaat zelf is voor zover bekend niet zo relevant voor gezondheidseffecten.
- Organische koolwaterstoffen zoals PAK's en verbrandingsaerosol met de daaraan geadsorbeerde stoffen kunnen een effect hebben op het hart- en vaatstelsel en in mindere mate op de longen zelf. Bij gevoelige personen kan dat van invloed zijn op hun levensduur en ernst van de ziekte.
- In water oplosbare metalen kunnen leiden tot ontstekingen in de longen. Ook hiervoor geldt dat bij gevoelige personen dit van invloed kan zijn op hun levensduur en ernst van de ziekte.

In Tabel 20 is weergegeven welke componenten en fracties bij de verschillende bronnen voornamelijk voorkomen. De onderbouwing hiervan is terug te vinden in alle voorgaande hoofdstukken. Samen met de gegevens over de afstand waarop de bron een bijdrage heeft aan de fijnstofconcentratie op leefniveau geeft dat een globaal beeld welke bronnen tot op welke afstand relevant zijn om mee te nemen in beleidsadviezen over de gezondheid. Deze gegevens moeten worden gezien als een orde-grootte.

**Tabel 20. Overzicht componenten die voorkomen bij verschillende bedrijfstakken, deeltjesgrootte en invloedssfeer (Bron: hoofdstuk 3-5 van dit rapport)**

Bedrijfstak	Verbrandingsaerosol	Anorg. aerosolen	Metalen	Biologisch materiaal	Deeltjesgrootte	Afstand waarop de bijdrage identificeerbaar is (m) Ordegrootte
Zeeschepen	✓	✓	✓		PM <sub>2,5</sub>	Enkele km
Binnenvaartschepen	✓	✓	✓		PM <sub>2,5</sub>	<100
Op- en overslagbedrijven			✓	✓*	PM <sub>2,5-10</sub>	Enkele km
Raffinaderijen	✓	✓	✓		PM <sub>2,5</sub>	Enkele km
Diervoederbedrijven				✓	PM <sub>2,5-10</sub>	Onbekend
Meelmaalderijen				✓	PM <sub>2,5-10</sub>	Onbekend
Intensieve veehouderij		✓		✓	PM <sub>2,5-10</sub>	150
Metaalindustrie	✓	✓	✓		divers	Enkele km (groot) <100 (klein)
Bouwplaatsen, verkeer	✓				PM <sub>2,5</sub>	Onbekend
Bouwplaatsen, bouwstof			✓		PM <sub>2,5-10</sub>	Max. enkele 100 meters

\*In geval van op- en overslag van bijvoorbeeld meel

### 10.3 Fijn stof en gezondheid samengevat

Hieronder is kort weergegeven wat al dan niet bekend is over de effecten van fijn stof voor de gezondheid:

- Kortdurende blootstelling aan hoge concentraties van fijn stof wordt geassocieerd met gezondheidsklachten, ziekenhuisopnamen en medicijngebruik.
- Langdurige blootstelling aan relatief lage concentraties van fijn stof wordt geassocieerd met levensduurverkorting, longfunctievermindering, mogelijk het ontstaan van astma bij kinderen en mogelijk ook het ontstaan van longkanker.
- Dosis-repons relaties voor deze effecten zijn alleen bekend voor effecten gerelateerd aan de massa van fijn stof. Het is onbekend in welke mate verschillende componenten van fijn stof bijdragen aan de effecten.
- Verbrandingsaerosol en metalen zijn waarschijnlijk het meest schadelijk en verantwoordelijk voor een deel van de gevonden gezondheidseffecten. Dat geldt ook voor de kleinere fracties van fijn stof.
- Gegevens over blootstelling aan fijn stof en gezondheid in de buurt van de bestudeerde bronnen zijn schaars.
- Er is daarom geen directe uitspraak te doen over het risico van het wonen bij een bepaald bedrijf en de bijbehorende blootstelling aan fijn stof
- Wel kan op grond van dit rapport een indruk worden verkregen van de ordegrrootte van de afstand waarop een verhoging van de PM<sub>10</sub>-concentratie kan worden verwacht bij verschillende bedrijven.
- Tevens is aangegeven wat bekend is over de chemische samenstelling en deeltjesgrootte van het fijn stof dat de bedrijven uitstoten. Deze gegevens kunnen een aanwijzing zijn welk type effecten in de omgeving een rol zouden kunnen spelen als omwonenden worden blootgesteld aan fijn stof van deze bron.

## 10.4 Literatuur

Brunekreef B., Forsberg B. (2005) Epidemiological evidence of effects of coarse airborne particles on health. *Eur. Resp. J.* 2005; 26:309-318

Buijsman E., J.P. Beck, L. van Bree, F.R. Cassee, R.B.A. Koelemeijer, J. Matthijsen, R. Thomas en K. Wieringa (2005), Fijn stof nader bekeken, MNP rapport 500037008, ISBN: 9069601249

Buringh E., Opperhuizen A (2002). On health risks of ambient PM in the Netherlands, executive summary. RIVM rapport 650010032

Dye JA, Lehmann JR, McGee JK, Winsett DW, Ledbetter AD, Everitt JI, Ghio AJ, Costa DL. (2001), Acute pulmonary toxicity of particulate matter filter extracts in rats: coherence with epidemiologic studies in Utah Valley residents. *Environ Health Perspect.* 2001 Jun;109 Suppl 3:395-403.

Gehring U, Wijga AH, Brauer M, Fischer P, de Jongste JC, Kerkhof M, Oldenwening M, Smit HA, Brunekreef B (2010), Traffic-related air pollution and the development of asthma and allergies during the first 8 years of life , in: *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 181(6), 596-603

Gerlofs-Nijland ME, Rummelhard M, Boere AJ, Leseman DL, Duffin R, Schins RP, Borm PJ, Sillanpää M, Salonen RO, Cassee FR. (2009), Particle induced toxicity in relation to transition metal and polycyclic aromatic hydrocarbon contents. *Environ Sci Technol.* 2009 Jul 1;43(13):4729-36.

Langrish JP, Mills NL, Chan JK, Leseman DL, Aitken RJ, Fokkens PH, Cassee FR, Li J, Donaldson K, Newby DE, Jiang L. (2009), Beneficial cardiovascular effects of reducing exposure to particulate air pollution with a simple facemask. *Part Fibre Toxicol.* 2009 Mar 13;6:8.

Lucking AJ, Lundback M, Mills NL, Faratian D, Barath SL, Pourazar J, Cassee FR, Donaldson K, Boon NA, Badimon JJ, Sandstrom T, Blomberg A, Newby DE. (2008), Diesel exhaust inhalation increases thrombus formation in man. *Eur Heart J.* 2008 Dec;29(24):3043-51. Epub 2008 Oct 24.

Matthijssen J, Koelemeijer R. (2010) Beleidsgericht onderzoeksprogramma fijn stof. Resultaten op hoofdlijnen, PBL-rapport 500099013

Mills NL, Donaldson K, Hadoke PW, Boon NA, MacNee W, Cassee FR, Sandström T, Blomberg A, Newby DE. (2009), Adverse cardiovascular effects of air pollution. *Nat Clin Pract Cardiovasc Med.* 2009 Jan;6(1):36-44. Epub 2008 Nov 25. Review.

Mills NL, Robinson SD, Fokkens PH, Leseman DL, Miller MR, Anderson D, Freney EJ, Heal MR, Donovan RJ, Blomberg A, Sandström T, MacNee W, Boon NA, Donaldson K, Newby DE, Cassee FR. (2008), Exposure to concentrated ambient particles does not affect vascular function in patients with coronary heart disease. *Environ Health Perspect.* 2008 Jun;116(6):709-15.

Molinelli AR, Madden MC, McGee JK, Stonehuerner JG, Ghio AJ.(2002), Effect of metal removal on the toxicity of airborne particulate matter from the Utah Valley. *Inhal Toxicol.* 2002 Oct;14(10):1069-86.

Peden D, Reed CE. (2010), Environmental and occupational allergies. *J Allergy Clin Immunol.* 2010 Feb;125(2 Suppl 2):S150-60. Review.

Schlesinger RB. The health impact of common inorganic components of fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) in ambient air: a critical review. *Inhal Toxicol.* 2007 Aug;19(10):811-32.

Schlesinger RB en Cassee F. (2003), Atmospheric secondary inorganic particulate matter: the toxicological perspective as a basis for health effects risk assessment. *Inhal Toxicol.* 2003 Mar;15(3):197-235. Review.

Steenberg PA, Withagen CE, Dormans JA, van Dalen WJ, van Loveren H, Cassee FR. (2003), Adjuvant activity of various diesel exhaust and ambient particles in two allergic models. *J Toxicol Environ Health A.* 2003 Aug 8;66(15):1421-39.

US-EPA (2009), Integrated Science Assessment for Particulate Matter (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-08/139F

Yang IA, Fong KM, Zimmerman PV, Holgate ST, Holloway JW. (2008), Genetic susceptibility to the respiratory effects of air pollution. Review. *Thorax.* 2008 Jun;63(6):555-63.

Zee SC van der en Walda IC. GGD-richtlijn medische milieukunde. Luchtkwaliteit en gezondheid. RIVM rapport 609330008

## 11 Beschouwingen

Aanleiding voor dit rapport is de behoefte bij GGD'en om in de advisering over fijn stof naar burgers en beleidsmakers meer te kunnen zeggen over andere antropogene bronnen dan wegverkeer. Veel kennis is nog in ontwikkeling en nieuw onderzoek brengt regelmatig nieuwe inzichten. Dit rapport laat zien dat veel kennis over antropogene bronnen nog ontbreekt. Hieronder volgen enkele beschouwingen waarbij tevens wordt aangegeven welke kennis ontbreekt.

### 11.1 De bronnen

- De emissies binnen de doelgroepen raffinaderijen, op- en overslagbedrijven en basismetale vinden voor het grootste deel plaats bij een zeer beperkt aantal, grote bedrijven. De andere onderzochte bedrijfscategorieën bestaan uit enkele grote en veel kleine bronnen verspreid over heel Nederland.
- De onderzochte bronnen zijn geselecteerd op basis van hun massabijdrage (>1% van de totale emissie in Nederland). Voor de effecten van fijn stof op gezondheid zijn meer aspecten van belang, zoals deeltjesgrootte, samenstelling en de hoogte en duur van de blootstelling.

De doelgroepen van de Emissieregistratie geven niet altijd een volledig beeld. Zo is de bijdrage van op- en overslag op basis van de Emissieregistratie vrijwel volledig toe te schrijven aan enkele bedrijven in de havens. Er zijn echter ook heel veel bedrijven waar op- en overslag niet de hoofdactiviteit is maar een afgeleide, zoals kolencentrales, metaalbewerkingsindustrie, cementindustrie en diervoederindustrie. Als er meetgegevens voorhanden zijn voor deze bedrijven, is de bijdrage van op- en overslag daarin soms terug te zien. Bij de doelgroep landbouw is bodemstof dat door landbewerking ontstaat, niet meegenomen in de Emissieregistratie. Deze bron van bodemstof is daarom niet meegenomen in deze studie. Bij bouwplaatsen is bodemstof wel behandeld als onderdeel van de emissies.

Met de afbakening van doelgroepen en subdoelgroepen die in dit rapport zijn onderzocht, is een groot deel van de bedrijven betrokken die een identificeerbare bijdrage kunnen leveren aan de lokale concentraties fijn stof. In de niet-onderzochte doelgroepen van de Emissieregistratie zitten nog wel een aantal grote en kleine bedrijven die de lokale fijnstofconcentraties verhogen. Voorbeelden van grote bedrijven zijn kolencentrales en chemische bedrijven.

### 11.2 Deeltjesgrootte en samenstelling

#### *Deeltjesgrootte*

- Raffinaderijen en scheepvaart zijn de doelgroepen die hoofdzakelijk PM<sub>2,5</sub> bijdragen. Voor scheepvaart zijn dit uitsluitend verbrandingsemissies, voor raffinaderijen zijn het tevens (gekanaliseerde) procesemissies. Verbrandingsemissies bevinden zich vrijwel volledig in de fractie PM<sub>2,5</sub> en daarbinnen is een belangrijk deel PM<sub>0,25</sub>.
- De metaalindustrie emitteert zowel PM<sub>2,5</sub> als PM<sub>2,5-10</sub>. Het is samengesteld uit verbrandingsemissies, (gekanaliseerde) procesemissies en diffuse emissies van bijvoorbeeld op- en overslag.
- De voedingsmiddelenindustrie, intensieve veehouderij, op- en overslagbedrijven en bouwplaatsen hebben vooral emissies in de fractie PM<sub>2,5-10</sub>. Bij alle vier is sprake van diffuse emissies. Bij voedingsmiddelenindustrie en intensieve veehouderij is daarnaast sprake van procesemissies

wanneer de emissie gekanaliseerd naar buiten gebracht wordt (bijvoorbeeld door een schoorsteen of luchtwasser). Ze hebben alle vier nauwelijks verbrandingsemissies.

- De deeltjesgrootteverdeling van de emissie verandert in de lucht door het samenklonteren van de kleinste deeltjes tot grotere deeltjes of de vorming van secundair fijn stof.
- Verschillende brandstoffen leiden voor scheepvaart tot verschillende verdeling van deeltjesgrootte. Dit komt door diverse eigenschappen van de brandstof, zoals zwavelgehalte, viscositeit en hoeveelheid as.

In dit rapport is vooral ingegaan op de emissie van primair fijn stof. Deze zijn goed toe te kennen aan bronnen. Secundair fijn stof, gevormd uit de emissie van zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak, is minder direct aan een bron toe te kennen. Dit komt doordat het pas in de lucht wordt gevormd en niet per se bij de bron. Bovendien kan het samengesteld zijn uit gassen van verschillende bronnen. Aangezien het gezondheidkundig relevanter is om de uitstoot van primair fijn stof te reduceren, dan die van secundair fijn stof (zie paragraaf 11.5), is het voor dit rapport voldoende om ons te richten op primair fijn stof.

#### *Samenstelling*

- Het fijn stof van raffinaderijen en scheepvaart bevatten verbrandingsaerosol, met als kenmerkende metalen nikkel en vanadium.
- Bij de intensieve veehouderij en voedingsmiddelenindustrie zitten biologische componenten zoals endotoxinen, bacteriën en schimmels gebonden aan fijn stof.
- Op- en overslagen, bouwplaatsen en puinbrekers veroorzaken vooral diffuse stofemissies van grondstoffen (inclusief metalen) en aanvullend een deel verbrandingsemissies door de gebruikte machines.
- De emissie van de metaalindustrie is net zo divers als de bedrijfstak. De verbrandingsemissies bevatten net als bij raffinaderijen en scheepvaart verbrandingsaerosol, met als kenmerkende metalen nikkel en vanadium. De samenstelling van proces- en diffuse emissies is afhankelijk van de grondstoffen, het product en de bedrijfsvoering, waarbij logischerwijs veel metalen kunnen voorkomen in de emissies.

Er is niet precies op grond van de samenstelling te zeggen welke gezondheidseffecten te verwachten zijn. De relaties tussen de blootstelling aan fijn stof en effecten op de gezondheid zijn gebaseerd op de concentratie fijn stof. Wel bestaan er inzichten over de schadelijkheid van de hier genoemde typen verbindingen. Zie verder paragraaf 11.4. Bij de intensieve veehouderij zijn ook ziekteverwekkers aanwezig in de emissie. De schadelijkheid daarvan voor mensen verschilt per ziekteverwekker. Er is een korte toelichting opgenomen over enkele veelvoorkomende ziekteverwekkers bij de veehouderij met een verwijzing naar relevante informatie hierover.

### 11.3 Bijdrage aan de concentratie op leefniveau

- Bij een emissie op lage hoogte (zoals bij op- en overslagactiviteiten, scheepvaart en intensieve veehouderij) bevinden de hoogste concentraties zich dicht bij de bron, bij emissie op grote hoogte (via een schoorsteen, zoals bij raffinaderijen) ligt de maximum concentratie op leefniveau verder van het bedrijf. Door verdunning is de concentratie op leefniveau dan relatief laag ten opzichte van eenzelfde emissie op lage hoogte.
- Er zijn niet veel meetgegevens beschikbaar om goede uitspraken te kunnen doen over de bijdrage van bedrijfstakken aan de concentraties in hun omgeving.

- Om uitspraken te doen over een lokale situatie kan de bijdrage aan de concentraties in de leefomgeving worden gemodelleerd, op basis van emissiegegevens en kengetallen (zie ook paragraaf 11.5) of kunnen lokale metingen worden gedaan.

In dit rapport is de term identificeerbaar gebruikt, om aan te geven dat de bijdrage van de bron te onderscheiden is van de achtergrondconcentratie. Het is niet mogelijk hier een bepaalde concentratie aan te koppelen; in de geraadpleegde artikelen staat geregeld dat tot op een bepaalde afstand de concentratie verhoogd was (gebaseerd op metingen en/of modelberekeningen), zonder dat er specifieke getallen worden genoemd. Hierbij moet worden opgemerkt dat de bron soms niet identificeerbaar is op grond van de concentratie fijn stof, maar wel deeltjes aantoonbaar zijn in de lucht die gerelateerd zijn aan het bedrijf. Zo wees een studie uit 1995 (Van Strien et al.) uit dat de bijdrage van een sojafabriek in Utrecht aan de fijnstofconcentraties niet identificeerbaar was, maar zijn er wel endotoxinen geïdentificeerd in het fijn stof in de omgeving van het bedrijf. De afstand die deeltjes kunnen afleggen bedraagt tientallen ( $PM_{2,5-10}$  en  $PM_{0,1}$ ) tot duizenden kilometers ( $PM_{0,1-2,5}$ ).

Voor het bepalen van de blootstelling van mensen is naast de bijdrage aan concentraties ook de tijdsduur van de concentratieverhoging belangrijk. Duitse studies laten bijvoorbeeld zien dat er een toename is van ziekenhuisopnamen voor hartproblemen bij mensen die het uur voor de opname hebben deelgenomen aan het verkeer. Dit suggereert dat pieken relevant zijn voor acute effecten. Hoe zich dat verhoudt tot een continue blootstelling van 24 uur is niet bekend (Cassee, pers. mededeling).

## 11.4 Effecten op de gezondheid

- Kortdurende blootstelling aan hoge concentraties van fijn stof hangt samen met gezondheidsklachten, ziekenhuisopnamen en medicijngebruik.
- Langdurige blootstelling aan relatief lage concentraties van fijn stof hangt samen met levensduurverkorting, longfunctievermindering en mogelijk ook het ontstaan van longkanker.
- Dosis-repons relaties voor deze effecten zijn alleen bekend voor effecten gerelateerd aan de massa van fijn stof. Het is onbekend in welke mate verschillende componenten van fijn stof bijdragen aan de effecten.
- Verbrandingsaerosol en metalen zijn waarschijnlijk het meest schadelijk en dus deels verantwoordelijk voor de gevonden gezondheidseffecten. Dat geldt ook voor de kleinere fracties van fijn stof.
- Gegevens over blootstelling aan fijn stof en gezondheid in de buurt van de bestudeerde bronnen zijn schaars.
- Er is daarom geen directe uitspraak te doen over het risico van het wonen bij een bepaald bedrijf en de bijbehorende blootstelling aan fijn stof
- Wel kan op grond van dit rapport een indruk worden verkregen van de ordegrrootte van de afstand waarop een verhoging van de  $PM_{10}$ -concentratie kan worden verwacht bij verschillende bedrijven.
- Tevens is aangegeven wat bekend is over de chemische samenstelling en deeltjesgrootte van het fijn stof dat de bedrijven uitstoten. Deze gegevens kunnen een aanwijzing zijn welke type effecten in de omgeving een rol zouden kunnen spelen als omwonenden worden blootgesteld aan fijn stof van deze bron.

De blootstelling aan  $PM_{10}$  is redelijk gelijk voor iedereen in Nederland. De blootstelling aan verbrandingsaerosol en metalen kan echter van persoon tot persoon behoorlijk verschillen (PBL, 2009). Zo is voor verbrandingsaerosol vaak de lokale straatbijdrage dominant over de regionale en stadsbijdrage. Om gezondheidseffecten te kunnen monitoren is dan ook meer kennis nodig over welke



fracties het meest gezondheidsrelevant zijn en hoe deze zich verspreiden (Matthijssen en Koelemeijer, 2010).

Sommige groepen zijn gevoeliger voor de effecten van fijn stof. Mensen die astmatisch zijn, zullen bij blootstelling aan verhoogde concentraties PM<sub>10</sub> een verergering van de klachten krijgen terwijl mensen die niet astmatisch zijn geen of minder klachten ervaren. Het is niet bekend bij welke hoeveelheden van de componenten metalen, verbrandingsaerosol en biologische bestanddelen (allergenen en infectieziekten) gezondheidseffecten optreden. Er is voornamelijk nog geen ondergrens gevonden, dus voorlopig wordt het uitgangspunt gehanteerd dat elke vermindering van fijnstofemissie bijdraagt aan een gezonder leefmilieu.

## 11.5 Beleid en normen voor fijn stof

Bedrijven hebben zich te houden aan allerlei regels, zoals de NeR<sup>8</sup> en het Activiteitenbesluit. In de vergunningen staan vaak berekeningen van de fijnstofemissie en bijdragen aan de concentraties in de leefomgeving. Voor de handhaving wordt over het algemeen alleen gekeken naar het bedrijf zelf: voldoen de productieprocessen aan de in de vergunning opgenomen eisen. Wanneer GGD'en vermoeden dat de bijdrage aan de concentraties in de leefomgeving hoger is dan op grond van de vergunning mag worden verwacht, kunnen metingen of verspreidingsberekeningen meer duidelijkheid bieden.

Het effectiefst voor het halen van fijnstofgrenswaarden blijken maatregelen om zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak te reduceren. Dit zijn de stoffen die in de lucht tot secundair fijn stof leiden. Die stoffen vormen ongeveer 40% van de massa van fijn stof en op dagen met overschrijding van de PM<sub>10</sub>-dagnorm is dat aandeel nog groter. Van deze afname wordt echter weinig tot geen gezondheidswinst verwacht. Wel leidt dit tot verbetering van de milieucondities voor natuur, via vermindering van verzurende en vermestende depositie.

### *Implicaties voor maatregelen*

Omdat de kleinste fractie van fijn stof (PM<sub>0,1</sub>) mogelijk het meest belangrijk is voor de gezondheidseffecten, heeft beleid vooral zin als dit de emissie (of vorming) van de kleine fracties terugdringt. Omdat deze fracties niet veel bijdragen aan de *massa* van fijn stof, kan dit moeilijk gereguleerd worden met de huidige normen, die gebaseerd zijn op PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub>. PM<sub>10</sub> en PM<sub>2,5</sub> zijn sterk gecorreleerd maar beide fracties correleren slecht met PM<sub>0,1</sub>. Andere beleidsinstrumenten, zoals de IPPC die het toepassen van de best beschikbare technieken centraal stelt, kunnen hier een aanvulling bieden. Voornamelijk moet er van uit worden gegaan dat het minimaliseren van fijnstofblootstelling altijd gunstig is voor de gezondheid. Beleid gericht op terugdringen van verbrandingsaerosol en metalen lijkt in dit opzicht een richting die in elk geval bijdraagt aan het terugdringen van de effecten van fijn stof op de gezondheid. Verdere implicaties voor beleid worden gegeven door Matthijssen en Koelemeijer (2010).

---

<sup>8</sup> Het doel van de NeR is het harmoniseren van milieuvergunningen met betrekking tot emissies naar de lucht en het verschaffen van informatie over de stand der techniek op het gebied van emissiebeperking. De NeR geeft algemene eisen aan emissieconcentraties en uitzonderingsbepalingen voor specifieke activiteiten of bedrijfstakken. Meer informatie op <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/ner>

## 11.6 Trends

De emissies van fijn stof zullen met het vastgestelde beleid nauwelijks verder dalen tussen 2010 en 2020. Er treedt wel een verschuiving op tussen de verschillende sectoren. Zo nemen de fijnstofemissies bij wegverkeer en mobiele werktuigen fors af door aangescherpte emissie-eisen. De emissies bij industrie, energiebedrijven, bouwplaatsen en op- en overslagbedrijven nemen echter toe bij de veronderstelde groei in activiteiten na 2010. De totale emissies voor zeescheepvaart nemen toe ondanks een afname van emissies per schip door een verbetering van de brandstof, waardoor emissies per schip afnemen (Hammingh et al., 2007). Het voorgestelde beleid van het Actieplan fijn stof en industrie zal de emissies van diverse industriële sectoren en op- en overslagbedrijven doen verminderen, waardoor tussen 2010 en 2020 een daling van de totale emissie in Nederland mogelijk is (PBL, 2009).

De veranderingen waarover hier gesproken wordt, gaan uitsluitend over de *massa* fijn stof. Onduidelijk is of de voorgenomen maatregelen om de uitstoot te verminderen, ook effectief leiden tot gezondheidswinst. Vermindering van verbrandingsaerosol draagt volgens de huidige inzichten wel bij aan gezondheidswinst (PBL, 2009).

## 11.7 Literatuur

Cassee, F. (2010), persoonlijke mededeling, RIVM

Hammingh P., J.M.M. Aben, W.F. Blom, B.A. Jimmink, W.J. de Vries, M. Visser (2007), Effectiveness of international emission control measures for North Sea shipping on Dutch air quality, MNP Report 500092004

Matthijsen J, Koelemeijer R. (2010) Beleidsgericht onderzoeksprogramma fijn stof. Resultaten op hoofdlijnen, PBL-rapport 500099013

Planbureau voor de leefomgeving (PBL) (2009) Milieubalans 2009.

Strien, R.T. van, D.J.J. Heederik, G. Doekes, B. Brunekreef (1995), Een epidemiologisch onderzoek naar de invloed van de uitstoot van stof door een sojafabriek op de gezondheid van omwonenden, Landbouwniversiteit Wageningen



## Bijlage 1 Overzichtstabel van US-EPA

De tabel geeft een overzicht van de belangrijkste eigenschappen van de verschillende fracties van fijn stof. Hoe komen ze tot stand, waaruit bestaan ze in hoofdzaak, zijn ze oplosbaar, wat zijn de bronnen, hoe lang blijven ze in de lucht aanwezig en hoe verdwijnen ze uit de lucht (US-EPA, 2009).

**Table 3-1. Characteristics of ambient fine (ultrafine plus accumulation-mode) and coarse particles.**

	Fine		Coarse
	Ultrafine	Accumulation	
Formation Processes	Combustion, high-temperature processes, and atmospheric reactions		Break-up of large solids/droplets
Formed by	Nucleation of atmospheric gases including H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> and some organic compounds	Condensation of gases Coagulation of smaller particles	Mechanical disruption (crushing, grinding, abrasion of surfaces)
	Condensation of gases	Reactions of gases in or on particles Evaporation of fog and cloud droplets in which gases have dissolved and reacted	Evaporation of sprays Suspension of dusts Reactions of gases in or on particles
Composed of	Sulfate	Sulfate, nitrate, ammonium, and hydrogen ions	Nitrates/chlorides/sulfates from HNO <sub>3</sub> /HCl/SO <sub>2</sub> reactions with coarse particles
	EC	EC	Oxides of crustal elements (Si, Al, Ti, Fe)
	Metal compounds	Large variety of organic compounds Metals: compounds of Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn, Mn, Fe, etc.	CaCO <sub>3</sub> , CaSO <sub>4</sub> , NaCl, sea salt
	Organic compounds with very low saturation vapor pressure at ambient temperature	Particle-bound water Bacteria, viruses	Bacteria, pollen, mold, fungal spores, plant and animal debris
Solubility	Not well characterized	Largely soluble, hygroscopic, and deliquescent	Largely insoluble and nonhygroscopic
Sources	High temperature combustion Atmospheric reactions of primary, gaseous compounds.	Combustion of fossil and biomass fuels, and high temperature industrial processes, smelters, refineries, steel mills etc.	Resuspension of particles deposited onto roads Tire, brake pad, and road wear debris
		Atmospheric oxidation of NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , and organic compounds, including biogenic organic species (e.g., terpenes)	Suspension from disturbed soil (e.g., farming, mining, unpaved roads)
			Construction and demolition
			Fly ash from uncontrolled combustion of coal, oil, and wood Ocean spray
Atmospheric half-life	Minutes to hours	Days to weeks	Minutes to hours
Removal Processes	Grows into accumulation mode	Forms cloud droplets and rains out	Dry deposition by fallout
	Diffuses to raindrops and other surfaces	Dry deposition	Scavenging by falling rain drops
Travel distance	<1 to 10s of km	100s to 1000s of km	<1 to 10s of km (100s to 1,000s of km in dust storms for the small size tail)

Bron: US-EPA (2009), Integrated Science Assessment for Particulate Matter (Final Report). U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-08/139F



## Bijlage 2 Methoden voor schatten immissies van IPPC-bedrijven

In het rapport van Fast et al. (2008) is een methode ontwikkeld voor een eerste beoordeling van gezondheidsaspecten van IPPC-bedrijven. Daarbij wordt gebruikgemaakt van drie in Nederland reeds bestaande methoden voor het schatten van concentraties op leefniveau (immissie) en een Engelse methode:

- RIVM – beperkte immissietoets (NeR)
- DCMR – aangepaste beperkte immissietoets voor luchtverontreiniging en geur
- IPO Luchtkwaliteitstoets
- Environmental Agency – IPPC Environmental Assessment and Appraisal of BAT

De uitkomsten variëren omdat deze methoden allemaal hun eigen methodiek, gebruikte modellen, gekozen parameters kennen. Ze geven echter een range van schattingen aan concentraties op leefniveau die modellen opleveren en zijn daarom zinvol om in dit onderzoek te noemen. Fast et al. voegen de uitkomsten van verschillende methoden samen in tabellen, welke in dit rapport worden overgenomen. In Tabel 21 is de maximale concentratie op leefniveau voor verschillende schoorsteenhoogten volgens de verschillende methoden weergegeven. In Tabel 22 zijn voor één schoorsteenhoogte (10 meter) de concentraties op verschillende afstanden gegeven.

In deze bijlage worden ook de originele tabellen van het RIVM en DCMR opgenomen. Ze geven inzicht in de relatie tussen hoogte van de schoorsteen en de afstand waar de maximale concentratie op leefniveau wordt bereikt (Tabel 23 en Tabel 24; let op: de ene tabel is per uur en de andere is jaargemiddelde).

**Tabel 21. Maximale concentratie op leefniveau (immissieconcentratie) ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) bij een emissie van 1 kg/uur en verschillende schoorsteenhoogten, afgeleid uit verschillende methoden (overgenomen uit Fast et al., 2008)**

Schoorsteenhoogte (m)	Maximale immissieconcentratie ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )			
	RIVM/Infomil	Environmental Agency	DCMR	IPO
10	6,17	8,90	17,44	47,2
20	0,96 (18 m)	1,28	2,81 (18 m)	4,35
30	0,22	0,47	0,61	1,20
50	0,03 (55 m)	0,14	0,09 (55 m)	0,24
100	0,006	0,03	0,016	0,03

**Tabel 22. De jaargemiddelde concentratie op leefniveau ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) bij een emissie van 1 kg/uur en een schoorsteenhoogte van 10 meter zoals afgeleid uit verschillende methoden (overgenomen uit Fast et al., 2008)**

H (m)	Jaargemiddelde concentratie $\mu\text{g}/\text{m}^3$ op afstand (m)									
	50	100	150	200	250	500	1000	1500	2000	2500
RIVM	4,8	1,9	1,0	0,59	0,39	0,11	0,03	0,02	0,01	0,007
DCMR	14,7	6,1	3,3	2,1	1,4	0,32	0,10	0,05	0,04	0,03
IPO	32,5	12,8	8,6	6,4	4,9	1,9	0,70	0,39	0,25	0,18
Dit rapport	6,8	10,2	7,1	5,1	3,8	1,4	0,50	0,28	0,18	0,13

**Tabel 23** Berekende concentraties op leefniveau in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  op verschillende afstanden (R(m)) tot een 'standaard' emissiebron van 1 kg/uur voor verschillende effectieve schoorsteenhoogten. Maximale immissieniveaus (hoogste concentraties) zijn weergegeven in bold; (overgenomen uit Fast et al, 2008)

R(m)	Effectieve schoorsteenhoogte (m)									
	0,1	1,8	3	5,5	10	18	30	55	100	300
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	<b>30,6</b>	<b>29,9</b>	<b>28,7</b>	<b>25,3</b>	<b>6,17</b>	0	0	0	0	0
50	9,14	8,95	8,69	8,40	4,83	0,64	0	0	0	0
75	4,34	4,27	4,16	4,12	2,90	<b>0,96</b>	0,05	0	0	0
100	2,52	2,48	2,44	2,43	1,90	0,90	0,13	0	0	0
125	1,64	1,62	1,60	1,60	1,33	0,77	0,19	0	0	0
150	1,15	1,14	1,13	1,13	0,97	0,63	0,22	0	0	0
175	0,85	0,84	0,84	0,84	0,74	0,52	<b>0,22</b>	0,01	0	0
200	0,66	0,65	0,64	0,65	0,59	0,43	0,21	0,02	0	0
225	0,52	0,52	0,51	0,52	0,47	0,36	0,20	0,02	0	0
250	0,42	0,42	0,42	0,42	0,39	0,31	0,18	0,029	0	0
500	0,106	0,106	0,108	0,109	0,106	0,096	0,077	<b>0,034</b>	0,0036	0
750	0,048	0,048	0,049	0,050	0,049	0,046	0,040	0,024	0,0061	0
1000	0,030	0,030	0,030	0,030	0,029	0,028	0,026	0,018	<b>0,0063</b>	0
1250	0,020	0,020	0,020	0,021	0,020	0,020	0,019	0,014	0,0057	0,00000016
1500	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,014	0,0111	0,0051	0,0000080
1750	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,011	0,0092	0,0045	0,000031
2000	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096	0,0096	0,0095	0,0092	0,0078	0,0040	0,000058
2250	0,0080	0,0080	0,0080	0,0080	0,0080	0,0079	0,0077	0,0068	0,0035	0,000085
2500	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068	0,0068	0,0067	0,0066	0,0059	0,0032	<b>0,000107</b>

**Tabel 24.** Aangepaste beperkte immissietoets voor luchtverontreiniging en geur (overgenomen uit Fast et al, 2008)

<i>Immissieconcentraties ( <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>: jaargemiddeld ).....(emissiebron: 1kg/uur)</i>										
R (m)	Effectieve schoorsteenhoogte (m)									
	1.5	1.8	3	5.5	10	18	30	55	100	300
<b>25</b>	48.52	50.39	71.93	71.00	17.44	0.037	0	0	0	0
<b>50</b>	21.10	21.07	23.83	25.14	14.66	1.727	0.0144	8.00E-05	0	0
<b>75</b>	11.40	11.32	11.96	12.42	9.12	2.811	0.1326	1.89E-03	1.00E-05	0
<b>100</b>	7.19	7.13	7.29	7.48	6.08	2.783	0.3387	6.05E-03	1.90E-04	0
<b>125</b>	5.06	5.02	5.07	5.15	4.40	2.470	0.4928	1.10E-02	5.20E-04	0
<b>150</b>	3.71	3.68	3.69	3.72	3.29	2.086	0.5793	2.05E-02	9.50E-04	0
<b>175</b>	2.84	2.82	2.82	2.83	2.55	1.762	0.6089	3.93E-02	1.43E-03	1.60E-06
<b>200</b>	2.28	2.27	2.26	2.26	2.07	1.507	0.6059	5.50E-02	1.89E-03	5.30E-06
<b>225</b>	1.86	1.84	1.83	1.83	1.70	1.289	0.5849	7.07E-02	2.36E-03	1.07E-05
<b>250</b>	1.54	1.53	1.52	1.52	1.42	1.115	0.5551	8.31E-02	2.82E-03	1.63E-05
<b>500</b>	0.34	0.34	0.33	0.33	0.32	0.297	0.2249	9.32E-02	1.44E-02	1.00E-04
<b>750</b>	0.17	0.17	0.17	0.17	0.16	0.155	0.1303	6.82E-02	1.59E-02	1.49E-04
<b>1000</b>	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.099	0.0871	5.15E-02	1.41E-02	1.80E-04
<b>1250</b>	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.071	0.0637	4.07E-02	1.23E-02	2.17E-04
<b>1500</b>	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.054	0.0493	3.32E-02	1.07E-02	2.76E-04
<b>1750</b>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.043	0.0397	2.78E-02	9.40E-03	3.51E-04
<b>2000</b>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.035	0.0328	2.38E-02	8.34E-03	4.13E-04
<b>2250</b>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.030	0.0278	2.07E-02	7.51E-03	4.59E-04
<b>2500</b>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.025	0.0240	1.82E-02	6.82E-03	4.95E-04

## Literatuur

T. Fast, M. Mennen en M. Mooij, 2008. Gezondheidsaspecten bij IPPC-vergunningen, De ontwikkeling en test van een methode voor de integrale beoordeling van gezondheidsaspecten bij IPPC-vergunningen, Rapport 609021077

<http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/609021077.pdf>

**RIVM**

Rijksinstituut  
voor Volksgezondheid  
en Milieu

Postbus 1  
3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)