



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Dit rapport bevat een erratum d.d. 29-05-2019 op de
laatste pagina

GGD-richtlijn medische milieukunde: *luchtkwaliteit en gezondheid*





Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

GGD-richtlijn medische milieukunde: luchtkwaliteit en gezondheid

RIVM Rapport 2018-0016

**Dit rapport bevat een erratum d.d. 29-05-2019
op de laatste pagina**

Colofon

© RIVM 2018

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.

DOI 10.21945/RIVM-2018-0016

M. Dijkema (auteur), GGD Amsterdam
T. Koeman (auteur), GGD Rotterdam-Rijnmond
J. Odink (auteur), GGD Gelderland Midden
S. van der Zee (auteur), GGD Amsterdam
M. Zuurbier (auteur), GGD Gelderland Midden

F. Aarts (auteur), GGD Gelderland Zuid
S. van Buggenum (auteur), GGD Zuid Limburg
M. Elders-Meijerink (auteur), GGD Drenthe
P. Fischer (auteur), RIVM/cGM
K. van den Hout (auteur), GGD'en Brabant
H. Jansen (auteur), GGD Haaglanden
R. Keuken (auteur), GGD Kennemerland
A. van Leeuwen, GGD Haaglanden
W. Ovaa (auteur), GGD Regio Utrecht

M. Schaap (coördinator), RIVM/cGM

Contact:
Centrum Gezondheid en Milieu (cGM)
cgm@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Programmacollege Gezondheid en Milieu en is gefinancierd door het ministerie van VWS, in het kader van project V/200112: Ondersteuning van GGD'en

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

GGD-richtlijn medische milieukunde Luchtkwaliteit en gezondheid

Het RIVM en de GGD'en hebben de GGD-richtlijn 'Luchtkwaliteit en Gezondheid' uit 2008 geactualiseerd. De vernieuwde richtlijn biedt onder meer een actueel overzicht van wetenschappelijke studies naar gezondheid en luchtkwaliteit en de betekenis van nieuwe (Europese) beleidsontwikkelingen. Ook wordt uitgelegd hoe luchtkwaliteit wordt gemeten en berekend. De nadruk ligt op wegverkeer-gerelateerde luchtverontreiniging, maar ook de invloed van bijvoorbeeld andere verkeersbronnen (zoals scheepvaart en brommers), industrie, landbouw en houtrook op de luchtkwaliteit komt aan bod. De richtlijn is geactualiseerd, omdat de kennis over luchtverontreiniging en de effecten op de gezondheid de afgelopen jaren zijn toegenomen.

Een betere luchtkwaliteit levert gezondheidswinst op, ook als de concentraties luchtvervuilende stoffen onder de gestelde normen liggen. Hoewel de luchtkwaliteit de laatste decennia is verbeterd, worden op een aantal locaties in Nederland de Europese grenswaarden overschreden. Verbetering is noodzakelijk om deze situaties positief te beïnvloeden en toekomstige hoge blootstellingen aan vervuilende stoffen te voorkomen.

De richtlijn is een hulpmiddel voor de GGD'en om gemeenten en provincies te adviseren en burgers te informeren over de lokale luchtkwaliteit. GGD'en kunnen voorstellen doen om de luchtkwaliteit te verbeteren en advies geven over de ruimtelijke inrichting nabij drukke verkeerswegen. Op basis van advies van de GGD kunnen gemeenten aanvullend lokaal beleid formuleren om de bevolking, en hooggevoelige groepen in het bijzonder, te beschermen. Daarnaast kan de GGD erop wijzen dat goede communicatie tussen gemeenten en de bevolking over dit onderwerp belangrijk is en hiervoor praktische adviezen geven.

De GGD-richtlijnen medische milieukunde (MMK) zijn bedoeld om het handelen van GGD'en te harmoniseren en te optimaliseren.

Kernwoorden: luchtkwaliteit, fijn stof, gezondheidsrisico's, milieubeleid

Synopsis

Environmental health guideline for Municipal Public Health Services Air quality and health

Since the knowledge about air pollution and its effects on health has increased in recent years, the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) and Municipal Public Health Services (GGDs) in the Netherlands have updated the GGD guideline 'Air quality and health', published in 2008. The revised guideline provides an up-to-date overview of scientific studies on health and air quality and discusses the implications of recent developments in (European) policies. In addition, the guideline explains how air quality can be measured and calculated. The emphasis is on road traffic-related air pollution. However, the influence on air quality of other traffic-related sources (such as shipping and mopeds), industry, agriculture and wood smoke is also taken into account.

Improved air quality results in health gains, even if the concentrations of air pollutants are below the set standards. Although air quality has improved in recent decades, the standards are exceeded at a number of locations in the Netherlands. Improvement of air quality is necessary to positively influence these situations and to prevent future high exposures to pollutants.

The guideline is a tool to be used by GGDs when advising local authorities and informing the public about local air quality. The GGD can propose measures to improve air quality and can advise on spatial planning near busy roads. Local authorities can use the GGD advice as a basis for additional local policies in order to protect the population and, in particular, vulnerable groups. In addition, the GGD can emphasize the importance of a dialogue on this subject between local authorities and the public, and can provide practical advice to support this process.

The GGD guidelines for environmental health (MMK) are intended to harmonise and optimise the work of GGDs. This guideline may be deviated from in accordance with the local situation.

Keywords: air quality, particulate matter, health risks, environmental policy

Inhoudsopgave

Samenvatting — 11

1 Inleiding — 13

- 1.1 GGD — richtlijnen medische milieukunde — 13
- 1.2 Aanleiding — 13
- 1.3 Afbakening — 13
- 1.4 Leeswijzer — 14

2 Blootstelling — 17

- 2.1 Luchtverontreinigende stoffen - deeltjesvormig — 17
 - 2.1.1 Grof stof — 17
 - 2.1.2 PM10 — 18
 - 2.1.3 PM2,5 — 18
 - 2.1.4 PMcoarse — 19
 - 2.1.5 Ultrafijn stof — 19
 - 2.1.6 Roet — 19
- 2.2 Luchtverontreinigende stoffen - gasvormig — 20
 - 2.2.1 Stikstofoxiden (NO_x en NO₂) — 20
 - 2.2.2 Ammoniak (NH₃) — 21
 - 2.2.3 Ozon (O₃) — 21
 - 2.2.4 Koolmonoxide (CO) — 21
 - 2.2.5 Zwaveldioxide (SO₂) — 21
 - 2.2.6 Vluchtige organische verbindingen — 22
- 2.3 Luchtverontreinigende stoffen - reacties en atmosferische processen — 22
 - 2.3.1 Dispersie — 23
 - 2.3.2 Secundair fijn stof — 24
- 2.4 Blootstelling aan luchtverontreiniging — 25
 - 2.4.1 Bronnen — 25
 - 2.4.2 Locatie — 27
- 2.5 Vaststellen van luchtkwaliteit — 31
 - 2.5.1 Officiële (wettelijke) luchtkwaliteitsmetingen — 31
 - 2.5.2 Alternatieve (niet — wettelijke) metingen — 32
 - 2.5.3 Modelberekeningen — 34
 - 2.5.4 Meten of rekenen? — 37
- 2.6 Situatie in Nederland — 39

3 Gezondheidseffecten — 41

- 3.1 Afbakening — 41
- 3.2 Invloed van drukke wegen — 41
 - 3.2.1 Afstand tot de weg — 42
 - 3.2.2 Vroegtijdige sterfte — 42
 - 3.2.3 Hart- en vaatziekten — 43
 - 3.2.4 Luchtwegaandoeningen — 44
 - 3.2.5 Andere gezondheidsuitkomsten — 44
- 3.3 Stikstofdioxide — 45
- 3.4 Fijn stof — 47
 - 3.4.1 Werkingsmechanisme — 47
 - 3.4.2 Langdurige blootstelling aan fijn stof — 48

3.4.3	Kortdurende verhoogde blootstelling aan fijn stof (enkele dagen tot een week) — 53
3.4.4	Zeer kortdurende blootstelling aan fijn stof — 54
3.5	Benzeen — 54
3.6	Hooggevoelige groepen — 55
3.7	Gezondheidseffecten luchtverontreiniging in context — 56
4	Toetsingskader — 59
4.1	Inleiding — 59
4.2	Europese wetgeving — 59
4.2.1	Stikstofdioxide (NO ₂) — 60
4.2.2	Fijn stof — 60
4.2.3	Benzeen — 63
4.2.4	Samenvatting EU — grenswaarden en WHO — advieswaarden — 63
4.3	Wet milieubeheer en Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) — 64
4.3.1	Wet milieubeheer — 64
4.3.2	Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) — 64
4.4	Omgevingswet — 65
4.4.1	Luchtverontreiniging in de Omgevingswet — 65
5	Advisering door de GGD — 67
5.1	Beleidsadvisering Ruimtelijke Planvorming — 67
5.1.1	Beleid Gevoelige Bestemmingen — 69
5.1.2	Luchtkwaliteit in de m.e.r. — 74
5.1.3	Slimme Ruimtelijke Inrichting — 75
5.1.4	Mitigatiemaatregelen: filteren van luchtverontreiniging — 76
5.2	Beleidsadvisering luchtkwaliteitsbeleid — 80
5.2.1	Bronmaatregelen in luchtkwaliteitsbeleid — 82
5.2.2	Overdrachtsmaatregelen in luchtkwaliteitsbeleid — 85
5.2.3	Receptormaatregelen in luchtkwaliteitsbeleid — 86
5.2.4	'Luchtzuiverende' maatregelen — 86
5.3	Meldingen van burgers — 87
5.3.1	Blootstelling — 87
5.3.2	Gezondheidseffecten — 88
5.3.3	Handelingsperspectief — 88
5.4	Voorlichting aan (bewoners)groepen — 91
5.5	Kwantificeren van gezondheidseffecten — 91
5.5.1	Gezondheidseffectscreening (GES) — 92
5.5.2	GGD—RIVM-rekentool — 93
5.5.3	Meerookmethode — 94
6	Andere Bronnen — 95
6.1	Ander verkeer — 95
6.1.1	Luchtvaart — 95
6.1.2	Zeescheepvaart — 97
6.1.3	Binnenvaart — 99
6.1.4	Dieseltreinen — 100
6.1.5	Brommers — 101
6.2	Bedrijfsmatige bronnen — 102
6.2.1	Industrie — 103
6.2.2	Veehouderij — 105
6.2.3	Mobiele werktuigen — 107
6.3	(Overwegend) recreatieve bronnen — 108

- 6.3.1 Vuurwerk — 108
- 6.3.2 Houtrook — 110

7 Literatuur — 113

Samenstelling werkgroep en geraadpleegde deskundigen — 129

Bijlage 1 Bronnen per component van luchtverontreiniging — 131

1.1 Gasvormige luchtverontreiniging — 131

1.2 Deeltjesvormige luchtverontreiniging — 135

Bijlage 2 Gevoeligheidsscore ruimtelijke objecten — 141

Bijlage 3 Stappenplan voor luchtkwaliteitsbeleid — 144

Samenvatting

De richtlijn 'Luchtkwaliteit en Gezondheid' biedt informatie en adviezen over de gezondheidsrisico's van luchtverontreiniging, en biedt een overzicht van recente onderzoeksresultaten, beleidsontwikkelingen en mogelijkheden voor de GGD om te adviseren. Deze richtlijn is een actualisatie van de richtlijn die dateert uit 2008. Reden voor de actualisatie is de toename van kennis over de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging en (Europese, nationale en lokale) beleidsontwikkelingen. De richtlijn is opgesteld door het RIVM en professionals van GGD'en is bedoeld om het handelen van GGD'en te harmoniseren en te optimaliseren.

De richtlijn is een hulpmiddel voor GGD'en en kan worden gebruikt bij advisering en bij informatievoorziening over luchtkwaliteit. In het bijzonder advisering aan een gemeente bij ruimtelijke planvorming of luchtkwaliteitsbeleid, en advisering aan bewoners (meldingen) of bewonersgroepen (voorlichting) naar aanleiding van bezorgdheid of het ervaren van overlast en/of gezondheidseffecten. De gemeenschappelijke deler en het hoger doel in bovengenoemde situaties is het behalen van gezondheidswinst. Ter ondersteuning op de adviseringsrol wordt in de richtlijn achtergrondinformatie gegeven over wat luchtverontreiniging precies is, hoe de blootstelling eraan in Nederland in kaart wordt gebracht, wat de gezondheidseffecten zijn die kunnen samenhangen met luchtverontreiniging en wordt een uiteenzetting gegeven van de internationale en nationale wet- en regelgeving op het gebied van luchtkwaliteit.

Luchtverontreinigende stoffen worden grofweg onderverdeeld in deeltjesvormige en gasvormige stoffen. Bij deeltjesvormige stoffen wordt, op basis van de grootte of samenstelling van de deeltjes, onderscheid gemaakt in verschillende fracties: grof stof, fijn stof, ultrafijn stof en roet. Gasvormige stoffen die bijdragen aan luchtverontreiniging en in de richtlijn aan bod komen zijn stikstofdioxide, ammoniak, ozon, koolmonoxide, zwaveldioxide en vluchtige verbindingen zoals benzeen. Ook atmosferische processen, waaronder de vorming van secundair fijn stof, komen aan bod.

Luchtkwaliteit wordt vastgesteld met een combinatie van metingen en modelberekeningen. Er zijn diverse bronnen waar actuele informatie over de luchtkwaliteit op te zoeken is. In Nederland zijn de modelberekeningen met behulp van de Monitoringstool van het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) (juridisch) leidend. De jaarlijkse Monitoringsrapportage brengt de jaargemiddelde concentraties fijn stof en stikstofdioxide in kaart.

In een groot aantal grote studies zijn verbanden tussen gezondheidseffecten als hart- en vaatziekten en luchtwegaandoeningen en blootstelling aan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging aangetoond. Afstand tot de weg en intensiteit van het wegverkeer spelen een belangrijke rol als het gaat om gezondheidseffecten veroorzaakt door langdurige blootstelling aan verkeersgerelateerde

luchtverontreiniging. Door het verkeer wordt een complex mengsel van stoffen uitgestoten. Roet en stikstofdioxide geven een goede indicatie van de lokale gezondheidseffecten van dit mengsel.

Iedereen die langdurig is blootgesteld aan luchtverontreiniging loopt een risico op gezondheidseffecten. Een aantal groepen is extra kwetsbaar. Deze groepen worden de hooggevoeligen genoemd, denk aan ouderen, kinderen, en mensen met aandoeningen aan hart, bloedvaten of luchtwegen.

De richtlijn is vooral gericht op verkeersgerelateerde luchtverontreiniging. Omdat GGD'en ook regelmatig vragen krijgen over andere luchtverontreinigingsbronnen wordt ook kort aandacht besteed aan andere verkeersbronnen (luchtvaart, zeescheepvaart, binnenvaart, dieseltreinen en brommers), bedrijfsmatige bronnen (industrie, veehouderij, mobiele werktuigen) en recreatieve bronnen (vuurwerk en houtrook). Voor deze onderwerpen wordt kort ingegaan op de blootstelling, gezondheidseffecten en beleid.

In Europa beschrijft richtlijn 2008/50/EG de grens- en/of streefwaarden voor ozon, zwaveldioxide, stikstofdioxide, benzeen, koolmonoxide, lood, benzo[a]pyreen, PM10 en PM2,5: dit zijn grens- en/of streefwaarden waaraan lidstaten zich dienen te houden. In Nederland is luchtkwaliteit vastgelegd in de Wet milieubeheer. Hierin worden Europese richtlijnen vertaald naar de Nederlandse situatie. De beoordeling, rapportage en maatregelen zijn grotendeels vastgelegd in het Nederlands Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit. In de toekomst zal luchtkwaliteit een onderdeel zijn van de Omgevingswet waarbij luchtkwaliteitsnormen met name een plek zullen krijgen in het Besluit Kwaliteit Leefomgeving.

Nieuw in deze richtlijn, ten opzichte van de vorige versie, is dat voor bepaalde thema's kaders met GGD-adviezen zijn opgenomen. De adviezen zijn opgesteld door de Werkgroep Lucht van de Vakgroep Milieu en Gezondheid (GGD GHOR Nederland) en zijn ten behoeve van de GGD advisering in de praktijk. Deze adviezen bieden praktische handvaten, argumenten en onderbouwingen om luchtkwaliteit te blijven verbeteren om zoveel mogelijk gezondheidswinst te behalen.

De uitgelichte GGD adviezen zijn:

- Neem maatregelen om de luchtkwaliteit te verbeteren, ook onder de norm
- Gevoelige bestemmingen op afstand van drukke wegen
- Pas in principe geen filtersystemen toe
- Een betere luchtkwaliteit is een gezamenlijke verantwoordelijkheid
- Neem de meest effectieve maatregelen voor een gezonde luchtkwaliteit

1 Inleiding

1.1 **GGD-richtlijnen medische milieukunde**

De GGD-richtlijnen medische milieukunde (MMK) zijn bedoeld om het handelen van GGD'en te harmoniseren en te optimaliseren. De adviezen uit de richtlijnen zijn in de meeste situaties toepasbaar. Natuurlijk bestaat de mogelijkheid om, mits gemotiveerd, van een richtlijn af te wijken. Dit is afhankelijk van de lokale situatie. De professionals van de GGD'en stellen zelf de richtlijnen MMK op. In dit proces worden waar nodig externe deskundigen geraadpleegd. De coördinatie van de richtlijnen MMK ligt bij het RIVM/centrum Gezondheid en Milieu (cGM).

1.2 **Aanleiding**

De huidige GGD-richtlijn Luchtkwaliteit en Gezondheid is een actualisatie van de richtlijn die dateert uit 2008 (van der Zee et al. 2008). De reden voor deze actualisatie is de toename van kennis over de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging en (Europese) beleidsontwikkelingen. Nederland moet voldoen aan Europese grenswaarden voor luchtkwaliteit. De grenswaarden voor stikstofdioxide en fijn stof worden op een aantal locaties in Nederland nog overschreden (van Zanten et al. 2016), wat inhoudt dat verbeteringen noodzakelijk zijn.

De laatste decennia is de luchtkwaliteit beter geworden, wat onder andere is terug te zien in de toename van de gemiddelde levensverwachting in Nederland. Sinds 1992 is de gemiddelde levensverwachting met 48 maanden toegenomen, waarvan naar schatting circa elf maanden het gevolg kan zijn van een verbetering in de luchtkwaliteit (Maas et al. 2015). Ook bij lage niveaus van luchtverontreiniging worden gezondheidseffecten gezien; algemeen wordt aangenomen dat er geen niveau is waaronder geen gezondheidseffecten zullen optreden (drempelwaarde). Omdat verdere verbetering van de luchtkwaliteit gezondheidswinst oplevert is het belangrijk om plannen te ontwikkelen waarbij bestaande situaties worden verbeterd en nieuwe situaties met blootstelling aan hoge concentraties worden voorkomen (Gezondheidsraad 2018b).

Het is de taak en de rol van de GGD om:

- te adviseren over gezondheidsrisico's;
- te adviseren over de optimalisatie van ruimtelijke ordening in relatie tot gezondheid;
- te adviseren over de gezondheidkundige effectiviteit van maatregelen;
- burgers van informatie te voorzien over gezondheidsrisico's.

1.3 **Afbakening**

De geactualiseerde GGD-richtlijn Luchtkwaliteit en Gezondheid biedt informatie en adviezen over onderwerpen zoals recente onderzoeksresultaten over de gezondheidsrisico's van luchtverontreiniging, beleidsontwikkelingen en mogelijkheden voor GGD-advisering.

De nadruk van deze richtlijn ligt met name op wegverkeer-gerelateerde luchtverontreiniging. De redenen hiervoor zijn dat hier nog altijd de meeste kennis over beschikbaar is en dat deze kennis goed toepasbaar is bij verkeersbeleid en bij ruimtelijke planvorming in de nabijheid van drukke verkeerswegen. Juist daar is sprake van een hoge blootstelling aan schadelijke componenten. Naast verkeer worden andere bronnen die bijdragen aan verslechtering van de luchtkwaliteit relatief steeds belangrijker. Voorbeelden hiervan zijn andere verkeersbronnen zoals scheep- en luchtvaart, dieseltreinen en brommers, bedrijfsmatige uitstoot door industrie en landbouw, en de uitstoot door consumenten bij houtverbranding en vuurwerk. In hoofdstuk 6 komen deze bronnen kort aan bod, waarbij de lezer wordt verwezen naar andere informatiebronnen (documenten, websites).

Luchtkwaliteit van het binnenmilieu door invloeden van de buitenluchtkwaliteit komt kort aan bod in hoofdstuk 2 (paragraaf 2.4.2). Luchtkwaliteit van het binnenmilieu wordt verder behandeld in andere GGD-richtlijnen, over onder andere ventileren en vocht en schimmels (van Ginkel et al. 2012). Ozon wordt behandeld in de GGD-richtlijn Smog en Gezondheid (Zuurbier et al. 2012). Vee-gerelateerde luchtverontreiniging komt in deze richtlijn kort aan bod, maar zal naar verwachting uitgebreider aan bod komen in de GGD-richtlijn Veehouderij en Gezondheid (in ontwikkeling).

1.4

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in op blootstelling aan luchtverontreiniging. De verschillende luchtverontreinigende stoffen worden omschreven en er wordt besproken hoe deze met elkaar reageren en zich verspreiden. Daarnaast wordt ingegaan op bronnen van luchtverontreiniging en het vaststellen van luchtkwaliteit door middel van metingen en modelberekeningen. Tot slot komt in dit hoofdstuk de huidige situatie in Nederland aan bod.

In hoofdstuk 3 wordt een overzicht gegeven van gezondheidseffecten door blootstelling aan luchtverontreiniging. Hier wordt specifiek ingegaan op de invloed van drukke wegen, stikstofdioxide, fijn stof en worden hoogrisicogroepen gedefinieerd. Het hoofdstuk wordt afgesloten door de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging in context te plaatsen.

Wet- en regelgeving wordt beschreven in hoofdstuk 4, te beginnen met Europese wetgeving, gevolgd door de Wet milieubeheer en het Nederlands Samenwerkingsprogramma Lucht. Tot slot komt de Omgevingswet aan bod.

Hoofdstuk 5 biedt informatie over mogelijkheden van GGD'en om te adviseren over luchtkwaliteit en gezondheid. Het hoofdstuk is samengesteld door en voor GGD'en en is afgestemd met de Werkgroep Lucht van de Vakgroep Milieu en Gezondheid (GGD GHOR Nederland). In dit hoofdstuk zijn voor bepaalde thema's kaders met GGD-adviezen opgenomen. Verder wordt ingegaan op beleidsadvisering ruimtelijke planvorming, beleidsadvisering luchtkwaliteitsbeleid, meldingen van burgers, voorlichting aan (bewoners)groepen en tot slot het kwantificeren van gezondheidseffecten. Dit hoofdstuk beschrijft een scoresysteem voor het bepalen van de gevoeligheid van ruimtelijke

objecten, en gaat uitgebreid in op het beschermen van gevoelige groepen tegen de effecten van luchtverontreiniging. Ook wordt ingegaan op lokale maatregelen die effectief zijn vanuit gezondheidsoogpunt, worden er mogelijkheden gegeven om gezondheidseffecten te kwantificeren en er wordt ingegaan op communicatie met de bevolking. Dit kan waardevol zijn bij adviezen over ruimtelijke inrichting langs drukke wegen.

In hoofdstuk 6 worden andere bronnen dan wegverkeer omschreven die negatief kunnen bijdragen aan de luchtkwaliteit. Deze bronnen zijn onderverdeeld in drie categorieën:

1. andere verkeersbronnen, zoals luchtvaart, scheepvaart en brommers;
2. bedrijfsmatige bronnen, zoals industrie en veehouderij;
3. recreatieve bronnen, zoals vuurwerk en houtrook.

2 Blootstelling

Luchtverontreiniging bestaat uit een complex mengsel van allerlei gassen en deeltjes in lucht. Deze gassen en deeltjes hebben deels een natuurlijke oorsprong, maar worden grotendeels door menselijke activiteiten veroorzaakt. De atmosfeer, de luchtlaag waarin wij leven, fungeert als een soort reactievat waarin deeltjes en gassen met elkaar reageren. Dat 'reactievat' is erg dynamisch; weerscondities zoals zonnestraling en regen beïnvloeden de processen. Wind is van invloed op de verspreiding en de verdunning van de gassen en deeltjes. De dynamiek van dat 'reactievat' zorgt er ook voor dat de weersomstandigheden in hoge mate bepalend zijn voor de luchtkwaliteit zoals die zich van dag tot dag voordoet. De verschillen op een dag of tussen dagen kunnen groot zijn, vaak zelfs groter dan de verschillen tussen jaargemiddelde concentraties op relatief schone en vervuilde locaties.

Bij luchtkwaliteit zijn twee begrippen van belang: de emissie en de immissie. De **emissie** betreft de uitstoot vanuit een bron, bijvoorbeeld een bedrijf of een auto; er hebben nog geen reacties plaatsgevonden tussen de verschillende soorten deeltjes. De **immissie** betreft de concentratie op leefniveau, in de lucht die wij inademen; hier kunnen reacties tussen de verschillende stoffen hebben plaatsgevonden. Deze is afkomstig van een veelheid aan bronnen, veraf en dichtbij.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op achtereenvolgens:

- de (belangrijkste) luchtverontreinigende stoffen en hun herkomst;
- de belangrijkste bronnen van luchtverontreiniging;
- het vaststellen van de luchtkwaliteit door middel van metingen en modellen;
- de huidige situatie in Nederland en de verwachtingen voor de toekomst.

2.1 Luchtverontreinigende stoffen – deeltjesvormig

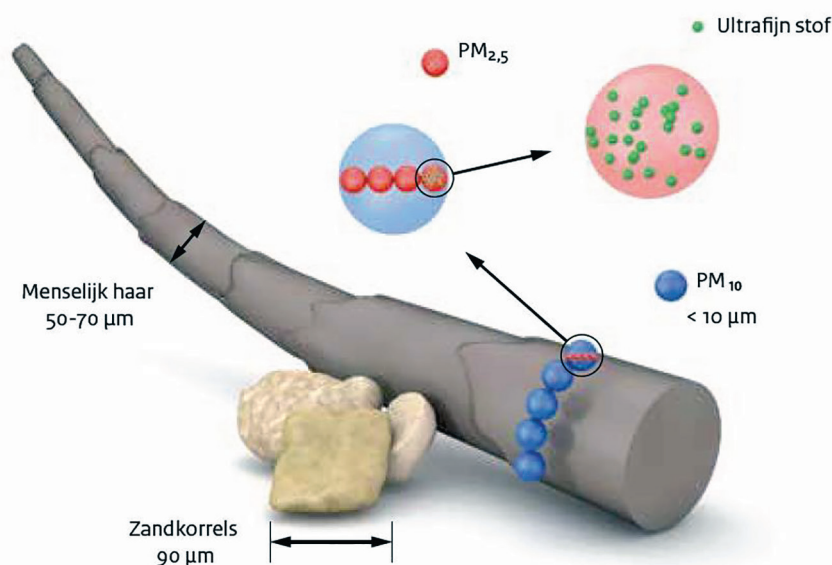
Deeltjesvormige luchtverontreiniging bestaat uit grof stof en fijn stof. Grof stof kun je vaak zien met het blote oog. Fijn stof is een verzamelnaam voor deeltjesvormige luchtverontreiniging die klein genoeg is om ingeademd te worden. Er wordt daarbij onderscheid gemaakt in verschillende fracties: PM10 ('*particulate matter*', kleiner dan 10 μm), PM2,5 (kleiner dan 2,5 μm), PMcoarse (een grootte tussen 2,5 en 10 μm), ultrafijn stof (UFP, kleiner dan 0,1 μm) en roet (onderscheidend door kleur en chemische samenstelling, qua deeltjesgrootte kleiner dan 0,3 μm).

2.1.1 Grof stof

Alle deeltjes in de lucht met een diameter groter dan 10 micrometer (μm) worden beschouwd als grof stof. Vrijwel alle deeltjes die met het blote oog zichtbaar zijn, hebben de grootteklasse grof. Grof stof komt bijvoorbeeld vrij bij bouwactiviteiten (met name slopen) en bij sommige bedrijven (op- en overslagbedrijven, veehouderij, industrie). Dit stof zal

bepikt ingeademd worden; wel kan het overlast geven en onder andere leiden tot allergische reacties (bijvoorbeeld pollen).

De concentratie grof stof wordt meestal weergegeven in milligrammen of microgrammen per kubieke meter lucht (notatie: mg/m^3 of $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Normaal gesproken wordt grof stof niet beschouwd als deel van het luchtverontreinigingsmengsel en niet meegenomen bij de risicobeoordeling van de luchtkwaliteit.



Figuur 1. Grootteverdeling van verschillende vormen van deeltjesvormige luchtverontreiniging in verhouding tot een menselijke haar en zandkorrels

2.1.2 PM10

Deeltjes of 'particulate matter' met een (aerodynamische) diameter kleiner dan $10 \mu\text{m}$ heten PM10 en worden ook wel aangeduid met de term 'fijn stof'. De deeltjes zijn zo klein, dat ze met het blote oog niet meer gezien kunnen worden. Ter vergelijking: de diameter van een menselijke haar is 50 tot $70 \mu\text{m}$ (zie Figuur 1). De deeltjes variëren sterk in herkomst. Een deel ontstaat ten gevolge van menselijk handelen, zoals verbrandingsprocessen in de industrie en het verkeer, het overslaan van bulkgoederen, in de veehouderij en door houtkachels en sigarettenrook. Een ander deel ontstaat van nature; denk hierbij aan opwaaiend (zand)stof en zeezout. De chemische samenstelling kan sterk variëren en is afhankelijk van de aanwezige bronnen. Hier wordt uitgebreider op ingegaan in Bijlage 1 – Bronnen per component van luchtverontreiniging (zie Bijlage 1, paragraaf 1.2). Deeltjesvormige Luchtverontreiniging.

Deeltjes met een diameter kleiner dan $10 \mu\text{m}$ kunnen in de luchtwegen terecht komen (zie paragraaf 3.4). PM10 wordt uitgedrukt in gewicht per volume lucht; de gebruikelijke eenheid is $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.1.3 PM2,5

PM2,5 beschrijft de deeltjes met een (aerodynamische) diameter kleiner dan $2,5 \mu\text{m}$ (zie Figuur 1). Deze fijnere fractie van het fijn stof maakt dus ook deel uit van PM10. Primair PM2,5 is vooral afkomstig van

verbrandingsprocessen en daarnaast bevat het een groter aandeel secundair gevormde deeltjes dan PM₁₀ (zie paragraaf 2.3). De chemische samenstelling en bron(nen) van herkomst van PM_{2,5} kunnen sterk variëren. Hier wordt uitgebreider op ingegaan in Bijlage 1 – Bronnen per component van luchtverontreiniging (zie Bijlage 1, paragraaf 1.2). Gemiddeld is de concentratie PM_{2,5} in de buitenlucht ongeveer twee derde van de concentratie PM₁₀ (Cyrus et al. 2003); lokaal kan deze verhouding (onder invloed van bronnen) heel anders zijn.

PM_{2,5} kan doordringen tot in de lagere luchtwegen (zie paragraaf 3.4). De eenheid van PM_{2,5} is $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.1.4 *PMcoarse*

De deeltjes in de grootteklasse 2,5 tot 10 μm , het grovere deel van het fijn stof, worden ook wel aangeduid met de term PMcoarse. Andere noteringen die wel worden gebruikt zijn PM_{10-2.5} of PM_{2,5-10}. De eenheid is ook $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en wordt over het algemeen bepaald door de concentratie PM_{2,5} van de concentratie PM₁₀ af te trekken.

Deze deeltjes komen bij inademing terecht in de bovenste luchtwegen. Deze deeltjes zijn vooral afkomstig van mechanische processen (zoals slijtage en opwaaiend bodemstof). Nabij drukke wegen bevat dit stof veel deeltjes afkomstig van banden, asfalt en remvoeringen. Ook fijn stof van biologische herkomst (pollen, stof uit stallen) kan in de grootteklasse tussen 2,5 en 10 μm vallen. Het meeste stof van biologische herkomst valt overigens in de grootteklasse grof stof.

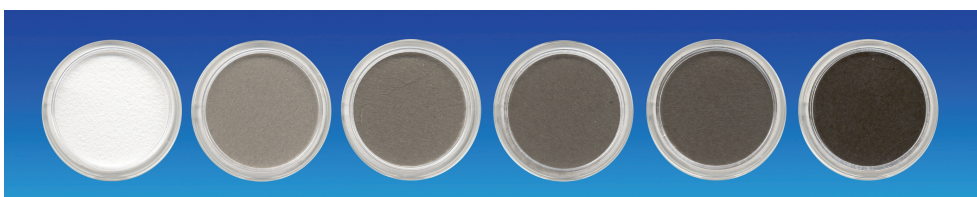
2.1.5 *Ultrafijn stof*

Deeltjes kleiner dan 0,1 μm worden ook wel ultrafijn stof genoemd, afgekort tot UFP (*Ultra Fine Particles*) (zie Figuur 1). Ultrafijn stof komt vrij bij verbrandingsprocessen, zoals bij het stoken van hout, afvalverbranding, uitstoot van auto's of het opstijgen en landen van vliegtuigen. Ook kan het worden gevormd door chemische reacties uit gassen.

Ultrafijn stof komt bij inademing diep in de longen terecht en kan de longblaasjes (alveoli) bereiken en direct in de bloedbaan terechtkomen (zie paragraaf 3.4). Ultrafijne stofdeeltjes zijn zo klein dat hun gewicht nihil is; de concentratie wordt daarom uitgedrukt in aantal deeltjes per kubieke centimeter.

2.1.6 *Roet*

Roetdeeltjes maken deel uit van de fijnere fractie van het fijn stof en hebben typisch een afmeting kleiner dan 0,3 μm (Reche et al. 2014; Riddle et al. 2008) Een groot deel van de roetdeeltjes zit in de ultrafijne fractie; de zeer kleine deeltjes wegen weinig en dragen maar weinig bij aan de massaconcentratie PM₁₀ of PM_{2,5}.



Figuur 2. Monsters fijn stof (de meest linkse betreft een niet-bemonsterd filter) met verschillende roetconcentraties

Roetdeeltjes onderscheiden zich door hun zwarte kleur en zijn daarom optisch waar te nemen in fijn stofmonsters (zie Figuur 2). Roetdeeltjes bestaan uit koolstof met hieraan gehechte verbindingen, zoals metalen en organische stoffen. Roet komt vrij bij verbranding. Er komt meer roet vrij bij onvolledige verbranding en bij het gebruik van zwaardere brandstoffen (kolen, hout, stookolie, diesel ten opzichte van benzine of gas). Belangrijke bronnen zijn wegverkeer (voornamelijk dieselmotoren), scheepvaartverkeer en houtkachels.

Roet kun je in verschillende maten uitdrukken. Welke maat gebruikt wordt, hangt af van de manier van meten. Iedere methode geeft een andere benaming (en eenheid). De ene methode is niet per definitie beter of slechter dan de andere, maar de absolute getallen zijn niet met elkaar te vergelijken. Er zijn twee methoden die de mate van zwartheid van fijn stof uitdrukken; dat kan als *Black Smoke* (BS, ouderwetse methode, wordt niet meer toegepast) of *Black Carbon* (BC, moderne methode). Bij de BC methode wordt een telkens zwarter wordend filter "doorschijnen" met een of meer soorten (laser)licht, hier is de verzwakking van de lichtbundel (de lichtabsorptie) de maat voor het gehalte roet. Zowel de BC als de BS methode wordt uitgedrukt in de eenheid m^{-1} . Een derde methode is het analyseren van de hoeveelheid koolstof in fijn stof door middel van pyrolyse. Hierbij worden de fracties *Elemental Carbon* (EC) en *Organic Carbon* (OC) bepaald. De eenheid van EC en OC is $\mu g/m^3$. Het elementaire koolstof, EC, is roet. OC is organisch gebonden koolstof (moleculen zoals Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen (PAK) en nitro-PAK's) en kan zowel direct worden uitgestoten als in de lucht worden gevormd door reacties van organische verbindingen (zie paragraaf 2.3)(Saarikoski et al. 2008).

2.2 Luchtverontreinigende stoffen – gasvormig

De belangrijkste gasvormige luchtverontreinigende stoffen zijn stikstofoxiden (NO_x) waaronder stikstofdioxide (NO_2), en verder ammoniak (NH_3), ozon (O_3), koolmonoxide (CO), zwaveldioxide (SO_2) en vluchtige verbindingen zoals benzeen.

2.2.1 Stikstofoxiden (NO_x en NO_2)

Stikstofoxiden (NO_x) ontstaan bij verbrandingsprocessen door oxidatie van stikstof uit de lucht. Er wordt uitgebreider ingegaan op de bijdrage van verschillende bronnen op emissie en immissie van stikstofoxiden in Bijlage 1 – Bronnen per component van luchtverontreiniging (zie Bijlage 1, paragraaf 1.1.1 en 1.1.2). Een deel van de NO_x komt in de vorm van stikstofmonoxide (NO) vrij, dat in de atmosfeer wordt omgezet in het meer stabiele stikstofdioxide (NO_2). Een ander deel komt meteen als NO_2 vrij. Stikstofoxiden zijn bruin, maar bij de concentraties waarin zij in de buitenlucht voorkomen zijn zij (normaal gesproken) geur- en kleurloos.

Behalve dat stikstofoxiden invloed kunnen hebben op de menselijke gezondheid (zie paragraaf 3.3) wordt NO_2 gezien als belangrijke indicator voor de uitstoot van het wegverkeer. Daarnaast worden ze in het milieubeleid ook gezien als belangrijke vermestende stof die schade aan de natuur kan berokkenen; hierbij is dan vooral aandacht voor de depositie van stikstof (zie paragraaf 2.3).

2.2.2 *Ammoniak (NH₃)*

Ammoniak (NH₃) is een gas met een karakteristieke, sterk prikkelende geur. Ammoniak ontstaat voornamelijk doordat enzymen in mest het ureum in urine afbreken. De veehouderij is de belangrijkste bron van ammoniak in het milieu (zie voor andere belangrijke bronnen ook Bijlage 1 – Bronnen per component van luchtverontreiniging, paragraaf 1.1.3).

Ammoniak speelt bij de huidige concentraties in de lucht geen rol van betekenis voor het optreden van directe gezondheidseffecten. Wel is ammoniak een belangrijke indicator voor de uitstoot van de veehouderij. Daarnaast vormt ammoniak samen met andere luchtverontreinigende stoffen het gezondheidskundig relevante fijn stof (zie paragraaf 2.3.2). Ammoniak is een belangrijke vermestende stof en draagt bij aan verzuring. Het is daarom een belangrijke stof in milieubeleid.

2.2.3 *Ozon (O₃)*

Ozon (O₃) is een gas dat niet direct wordt uitgestoten, maar dat onder invloed van energie in het zonlicht wordt gevormd uit andere luchtverontreiniging (stikstofoxiden en/of vluchtige organische stoffen, zie paragraaf 2.2.6 en Bijlage 1 – Bronnen per component van luchtverontreiniging, paragraaf 1.1.4).

Ozon heeft een negatief effect op de gezondheid (zie Richtlijn Smog en Gezondheid (Zuurbier et al. 2012)). Ozon in de ozonlaag (op 30 km hoogte) beschermt de mens tegen harde UV-straling.

2.2.4 *Koolmonoxide (CO)*

Koolmonoxide (CO) is een geurloos en kleurloos gas dat vrijkomt bij onvolledige verbranding van onder andere benzine of diesel in een motorvoertuig. Koolmonoxide is bekend als dodelijk gas in slecht geventileerde ruimten; in de buitenlucht is het vooral een indicator van verbrandingsemissies en zijn de concentraties normaal gesproken zo laag dat ze niet schadelijk zijn voor de gezondheid. In (werk)situaties waar mensen aan zeer veel verkeer blootgesteld zijn kan dit anders zijn (denk aan verkeersagenten of tolpoortbeambten).

2.2.5 *Zwaveldioxide (SO₂)*

Zwaveldioxide komt vrij bij de verbranding van zwavelhoudende brandstoffen (olie en kolen). Zwavelverbindingen zijn erg schadelijk voor de gezondheid en kunnen in het milieu leiden tot verzuring. De concentraties in de lucht in Nederland zijn tegenwoordig erg laag, omdat zwavelhoudende brandstoffen voor het wegverkeer niet meer toegelaten zijn, de zwavelgehalten van specifieke brandstoffen (zoals stookolie) beperkt zijn en door emissiebeperkende maatregelen in de industrie in binnen- en buitenland. Er wordt uitgebreid ingegaan op de bijdragen van sectoren op emissie en immissie van SO₂ in Nederland in Bijlage 1 – Bronnen per component van luchtverontreiniging (zie Bijlage 1, paragraaf 1.1.5). Gezien de lage concentraties speelt SO₂ in Nederland momenteel geen rol van betekenis meer bij het veroorzaken van verkeersgerelateerde gezondheidseffecten. Wel vormt SO₂ in reactie met andere luchtverontreinigende stoffen het gezondheidskundig relevante fijn stof (zie paragraaf 2.3.2).

2.2.6

Vluchtige organische verbindingen

Vluchtige organische stoffen (VOS, of in het Engels VOC, *Volatile Organic Compounds*) komen vrij bij verdamping van organische stoffen en bij onvolledige verbranding. VOS zijn koolwaterstoffen, waarvan sommige niet of nauwelijks schadelijk en andere bijzonder schadelijk kunnen zijn. Benzeen is bijvoorbeeld een kankerverwekkende VOS die onder meer door verkeer wordt uitgestoten. Er wordt uitgebreider ingegaan op de bijdragen van sectoren op emissie en immissie van VOS in Nederland in Bijlage 1 – Bronnen per component van luchtverontreiniging (zie Bijlage 1, paragraaf 1.1.6).

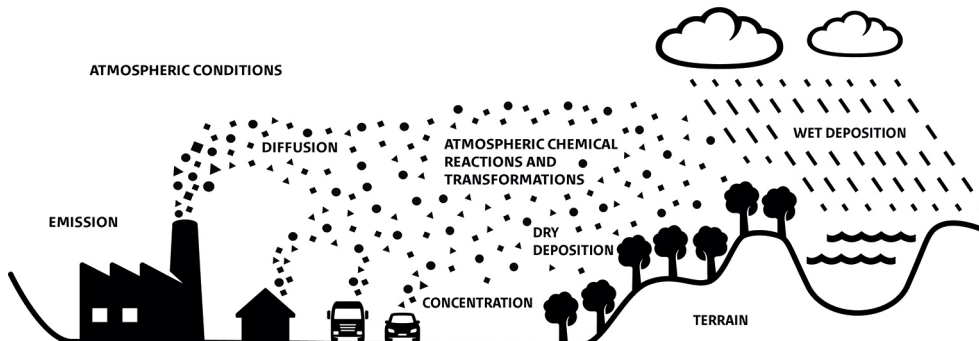
Vluchtige organische stoffen kunnen onder invloed van zonlicht reageren en zo bijdragen aan de vorming van ozon (O_3) (zie paragraaf 2.3).

2.3

Luchtverontreinigende stoffen – reacties en atmosferische processen

De atmosfeer fungeert als een soort enorm 'reactievat' waarin deeltjes en gassen met elkaar reageren. Er vinden allerlei chemische en fysische processen en kettingreacties plaats.

Sommige gassen worden uitgestoten als onstabiele moleculen. In de lucht zullen deze gassen reageren tot een stabielere vorm met de altijd aanwezige zuurstof, stikstof, water(stof), of andere luchtverontreinigende stoffen.



Figuur 3. Atmosferische processen. Overzicht van emissie, diffusie, droge en natte depositie van luchtverontreinigende stoffen

Ozon is een gas dat niet direct wordt uitgestoten maar, onder invloed van zonlicht in de atmosfeer wordt gevormd. Onder invloed van instraling van de zon (via energie van ultraviolet licht) kunnen NO_2 en VOS reageren tot ozon (O_3). Deze omzettingen worden ook wel fotochemische reacties genoemd.

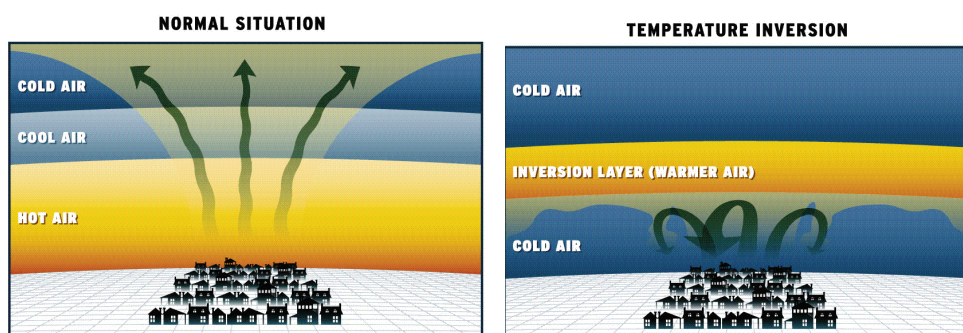
Ook voor deeltjesvormige luchtverontreiniging, fijn stof, speelt het 'reactievat' van de atmosfeer een rol. Deeltjes kunnen zich door de lucht verplaatsen en onderling reageren. Verschillende deeltjes kunnen bovendien als het ware aan elkaar plakken; dit wordt coagulatie genoemd. Zo ontstaan na langere verblijftijd in de lucht steeds grotere en zwaardere deeltjes. Deze zware deeltjes kunnen onder invloed van de zwaartekracht uitzakken; dit noemt men droge depositie (zie Figuur 3). Ook kunnen deeltjes naar de grond worden meegevoerd met regendruppels. Regen 'wast' de lucht als het ware schoon; dit wordt natte depositie genoemd (zie Figuur 3).

Gedeponeerde deeltjes kunnen vervolgens weer opwervelen door beweging (een voorbijrijdende auto, een voorbijganger, of door de wind). Verder kunnen zij zich ook met wind of luchtstromen verplaatsen over (zeer) grote afstanden. Dit leidt ertoe dat de concentratie deeltjes aan de wind belaste kant (loefzijde) van bijvoorbeeld een snelweg meestal hoger is dan aan de windluwe kant (lijzijde).

Luchtstromen kunnen ook heel grootschalig invloed hebben; deeltjes die ontstaan bij grote bosbranden of vulkaanuitbarstingen zijn vaak ook waarneembaar op andere continenten en onder bijzondere weersomstandigheden kan ook hier in Nederland stof uit de Sahara neerslaan.

2.3.1 Dispersie

Luchtverontreinigende stoffen verspreiden zich door de lucht, waardoor verdunning optreedt. Dit proces heet dispersie. De verspreiding is afhankelijk van luchtstromingen. Een belangrijke factor hierbij is of de wind vrij spel heeft. In een smalle straat met grote bomen blijft de lucht onder de boomkronen hangen, en alle verontreiniging die hier wordt uitgestoten dus ook. In een brede straat waar de wind vrij spel heeft, treedt meer verdunning op en zullen bij een gelijke uitstoot lagere concentraties voorkomen.



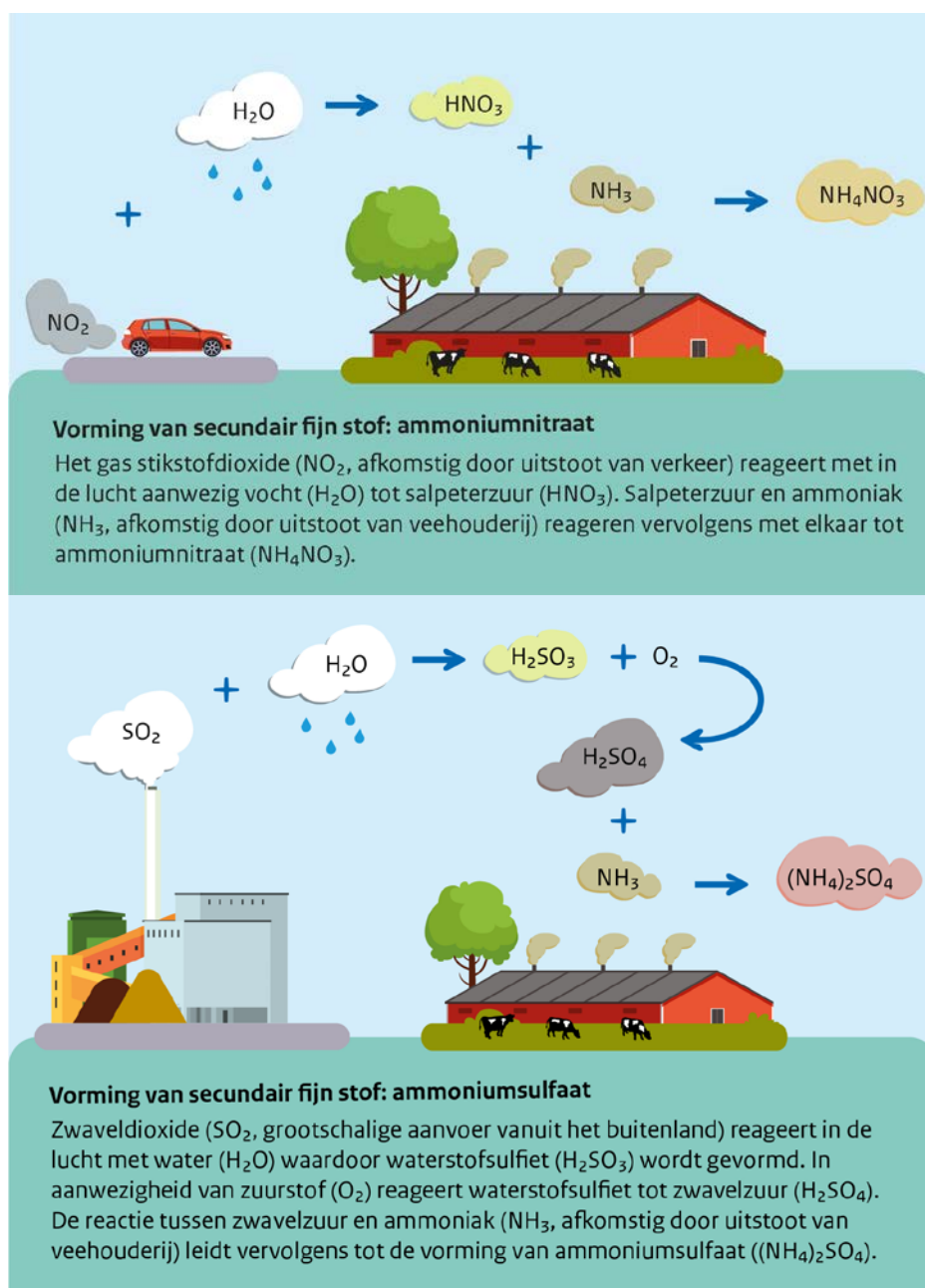
Figuur 4. Inversie. Overzicht van luchtlagen en uitwisseling tussen luchtlagen

Ook de verdunning tussen luchtlagen kan van belang zijn. In de luchtlagen boven de laag waarin we leven, waait het vaak een stuk harder. Normaal gesproken vindt er, onder meer door temperatuurverschillen, uitwisseling plaats tussen de verschillende luchtlagen, waardoor de verontreiniging in de onderste laag goed verdunt (zie Figuur 4, linker afbeelding). In de winter treedt er – typisch gedurende perioden met wind vanuit oost tot zuid – vaak inversie op: er is dan een relatief warme luchtlaag die als een deksel boven op de koude luchtlaag waarin we leven ligt (zie Figuur 4, rechter afbeelding). Alle uitstoot en verdunning vindt dan plaats in die dunne laag; er vindt geen uitwisseling plaats met bovengelegen luchtlagen omdat koude lucht niet verder kan stijgen wanneer de lucht erboven warmer is. Er kunnen dan hoge concentraties fijn stof optreden. Dit heet ook wel 'wintersmog' (zie richtlijn Smog en Gezondheid, (Zuurbier et al. 2012)).

2.3.2

Secundair fijn stof

Gassen in de lucht kunnen ook met elkaar reageren en zo deeltjes vormen. Dit wordt secundair fijn stof genoemd en dit kan worden onderverdeeld in secundair anorganisch stof (in het Engels '*secondary inorganic aerosols*', afgekort SIA's) en secundair organisch stof. Bestanddelen die in Nederland voor een groot deel bijdragen aan de vorming van secundair anorganisch fijn stof zijn stikstofoxiden, zwavelige verbindingen en ammoniak. Het gas stikstofdioxide (NO_2 , is veel aanwezig door uitstoot van verkeer) reageert met in de lucht aanwezig vocht (H_2O) tot salpeterzuur (HNO_3). Salpeterzuur en ammoniak (NH_3 , is veel aanwezig door uitstoot van veehouderij) reageren vervolgens met elkaar tot ammoniumnitraat (NH_4NO_3). Ammoniumnitraat vormt in de lucht algaauw deeltjes (zie Figuur 5).



Figuur 5. Voorbeelden van de vorming van secundair anorganisch fijn stof

Een gelijksoortige reactie vindt plaats tussen zwavelige verbindingen (vooral uit het buitenland aangevoerd) en ammoniak. In dit geval reageert zwaveldioxide (SO_2) in de lucht met water (H_2O) en wordt waterstofsulfiet (H_2SO_3) gevormd dat in aanwezigheid van zuurstof (O_2) reageert tot zwavelzuur (H_2SO_4). De reactie tussen zwavelzuur en ammoniak (NH_3) leidt vervolgens tot de vorming van ammoniumsulfaat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) (zie figuur 5).

Ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat vormen in Nederland ongeveer 40-45% van de massa van $\text{PM}_{2,5}$ (CLO 2017b) (zie ook Bijlage 1 Bronnen per component van luchtverontreiniging, paragraaf 1.2.2 en Figuur 21).

Secundair organisch aerosol ontstaat door reacties van vluchtige organische componenten in de lucht. De processen die voor deze vorm van fijn stof zorgen, zijn minder goed omschreven dan de processen die leiden tot de vorming van secundair anorganisch fijn stof. Dit komt doordat er bij de vorming van secundair organisch aerosol een groot aantal onbekende chemische deeltjes betrokken zijn (Maas and Grennfelt 2016).

Gezamenlijk vormt secundair fijn stof meer dan de helft van de massa $\text{PM}_{2,5}$. De vorming van secundair fijn stof neemt enige tijd in beslag. In die tijd kan het zich gelijkmatig en over grote afstanden, als een deken over het land, verspreiden (Gezondheidsraad 2018).

2.4 Blootstelling aan luchtverontreiniging

Voor de blootstelling van een individu aan luchtverontreiniging is het van belang welke bronnen in de buurt zijn en waar men zich bevindt ten opzichte van deze bronnen.

2.4.1 Bronnen

Luchtverontreiniging is altijd een mix van diverse stoffen. De samenstelling van die mix, en de verhouding van de verschillende stoffen, kan sterk verschillen per locatie. Dat komt omdat er een heleboel verschillende bronnen zijn, die allemaal een andere uitstoot hebben. In een straat zonder verkeer, maar waar veel hout wordt gestookt, is er een andere luchtverontreinigingsmix dan in een straat waar veel file staat en de lijnbus iedere 10 minuten stopt bij de halte. Zelfs als de concentraties fijn stof gelijk zouden zijn, is de herkomst van dat stof anders en zal de samenstelling van het fijn stof per locatie verschillend zijn. Ook zal de uitstoot van gasvormige verontreiniging in die twee situaties niet gelijk zijn.

Het mengsel is in zowel tijd als ruimte nooit hetzelfde. Dat komt doordat ook de uitstoot van een bron per dag of zelfs per uur of per minuut kan veranderen (bijvoorbeeld bij bovenstaand voorbeeld kan er om 14.40 een heel moderne bus met weinig uitstoot voorbijkomen, en om 14.50 een heel oude bus met een flinke uitstoot). Ook de altijd veranderende weersomstandigheden hebben invloed op het luchtverontreinigingsmengsel (zie paragraaf 2.3).

Na decennia van onderzoek blijkt dat het fijn stofmengsel schadelijk is voor de gezondheid en dat het niet mogelijk is enkele componenten uit het mengsel te identificeren die hiervoor alleen verantwoordelijk zijn. Veel stoffen komen bijna altijd in combinatie voor, waardoor het

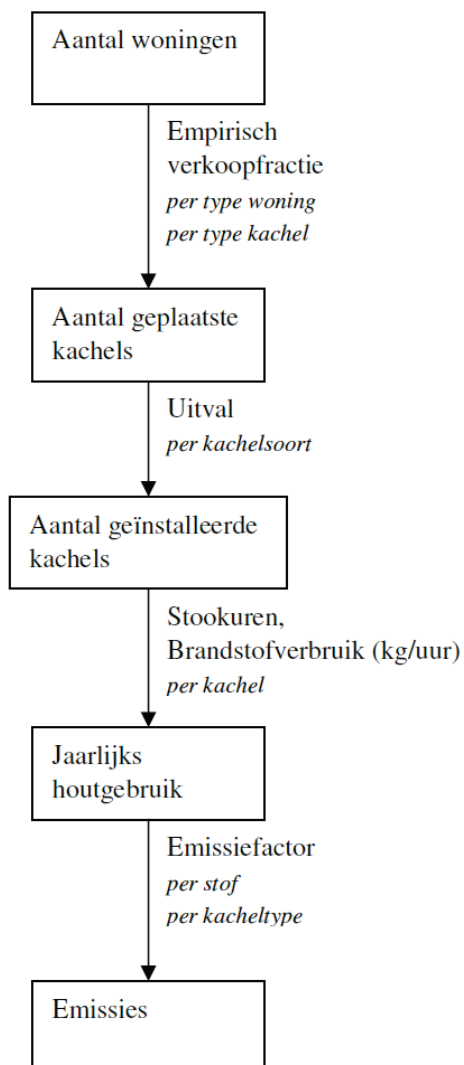
mengsel vaak als geheel wordt aangeduid (bijvoorbeeld 'verkeersgerelateerde luchtverontreiniging', zie paragraaf 3.2) en niet de stoffen waaruit het mengsel bestaat.

Ook wanneer tijd en plaats duidelijk zijn, kan het schatten van de exacte uitstoot van een lokale bron erg moeilijk zijn. Hetzelfde geldt voor het schatten van de bijdrage van verschillende bronnen aan een concentratie die op een bepaalde locatie gemeten is.

De beste algemeen beschikbare inschatting kan worden gemaakt op basis van de Grootschalige Concentratiekaarten Nederland (GCN). Deze kaarten zijn gevalideerd met metingen (totale concentraties, geen bijdrage per bron). Voor de grote bronnen geldt dat de uitstoot op jaarbasis wordt vastgelegd in de Emissieregistratie; de uitstoot van kleine(re) bronnen wordt geschat op basis van emissiefactoren. De verspreiding van deze uitstoot wordt berekend (zie kader 'Bronbijdrage: voorbeeld Houtstook') en uitgemiddeld over vakjes van 1x1 km (vandaar de naamgeving: 'grootschalig'). De aldus verkregen GCN-kaarten en achterliggende data bieden de mogelijkheid een inschatting te maken van de bijdrage van een bepaalde bron (of broncategorie) op de voorkomende (jaargemiddelde) concentratie op een bepaalde locatie.

Op het moment van schrijven wordt in het kader van de Academische Werkplaats Medische Milieukunde een handleiding ontwikkeld op basis waarvan GGD'en zelf op detailniveau lokale kaarten kunnen maken op basis van de GCN-data. Deze zal beschikbaar komen via de website www.academischewerkplaatsmmk.nl. In het project worden ook voor- en nadelen en bruikbaarheid van dergelijke lokale kaarten beschreven. Op landelijk niveau wordt de gemiddelde bijdrage van verschillende bronnen (of broncategorieën) in zowel de uitstoot (emissie) als in de optredende concentraties (immissie) in verschillende rapportages beschreven. Een samenvatting van deze informatie per component is opgenomen in Bijlage 1 – Bronnen per component van luchtverontreiniging.

Alleen voor wegverkeer is die informatie bovendien op detailniveau beschikbaar in de Monitoringstool (zie paragraaf 2.5.3 voor toelichting en paragraaf 5.3.1 voor een handleiding voor het verkrijgen van deze informatie voor een specifieke locatie).

Bronbijdrage: voorbeeld Houtstook

Houtstook kan veel overlast geven voor omwonenden, waardoor er flinke discussie kan ontstaan over de bijdrage van houtstook aan de lokale luchtkwaliteit. Deze bijdrage wordt geschat op basis van zogenoemde emissiefactoren. De ingeschatte bron-specifieke uitstoot wordt vervolgens gecombineerd met gegevens over de mate van gebruik van die bron.

De emissie van fijn stof door houtstook wordt onder andere bepaald door: het aantal woningen (en de locatie daarvan), aannames over het percentage huishoudens dat hout stookt (op basis van onder andere verkoopcijfers), gecombineerd met gegevens waaruit opgemaakt kan worden hoeveel kachels er van een aantal hoofdtypen in gebruik zijn (zie het schema hiernaast) (Jansen and Dröge 2011). Deze informatie wordt vervolgens gecombineerd met aannames over het aantal stookuren en het brandstofverbruik per kachetype (hiervoor wordt gebruikgemaakt van eerdere onderzoeken en variabelen, zoals het weer).

Het aldus verkregen houtverbruik per kachetype wordt vervolgens vermenigvuldigd met de

emissiefactor (een x-aantal kilo's fijn stof dat wordt uitgestoten bij de verbranding van een kilo hout) geldend voor dat kachetype. Vervolgens wordt de dispersie (verspreiding en verdunning, zie paragraaf 2.3.1) van die emissie gemodelleerd en zo kan de bijdrage van houtkachels aan de lokale concentratie fijn stof in een dorp of stad worden geschat.

2.4.2**Locatie**

De concentraties luchtverontreiniging in Nederland worden bepaald door grootschalige aanvoer (onder andere uit het buitenland), bronnen die invloed hebben op een groot gebied (bijvoorbeeld een energiecentrale met een hoge schoorsteen) en bronnen die vooral lokaal invloed hebben (een pizzabakker met houtoven). Verkeersbronnen zijn zowel op grootschalig als op lokaal niveau van belang.

In grote lijnen geldt voor de luchtkwaliteit dat:

- ten opzichte van de rest van Europa Nederland lang behoorde tot een van de regio's met de meeste luchtverontreiniging. Dit was vooral een gevolg van een combinatie van een grote bevolkingsdichtheid (en daarmee samenhangende bronnen) en

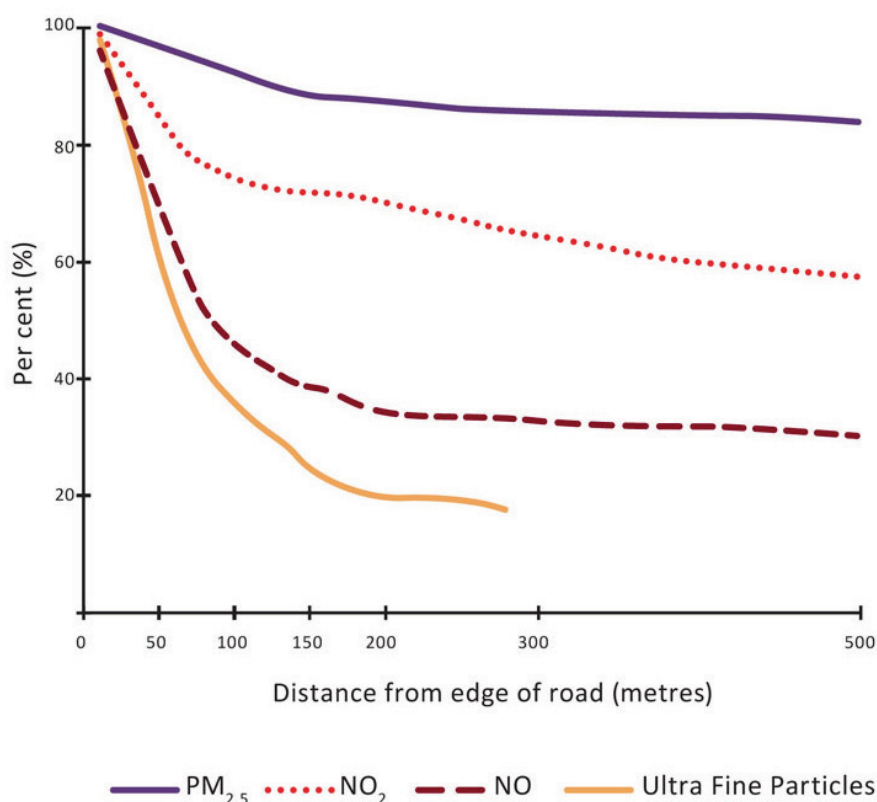
de geografische ligging. Metingen laten zien dat Nederland inmiddels tot de Europese middenmoot behoort (<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017>); alleen wat betreft de concentratie stikstofdioxide behoort Nederland nog tot de meest verontreinigde lidstaten.

- Wat betreft de plekken met de hoogste gemeten concentraties in Nederland (van Zanten et al. 2016):
 - de concentraties fijn stof het hoogst zijn nabij grote industrie (zoals hoogovens, op- en overslag van steenkool) en in gebieden met veel intensieve veehouderij;
 - de Randstad de hoogste NO₂-concentraties heeft. Ook nabij de andere grote steden en nabij snelwegen zijn de NO₂-concentraties duidelijk hoger;
 - in steden de plekken met het meeste verkeer de slechtste luchtkwaliteit hebben, vooral daar waar sprake is van (een combinatie van) slechte doorstroming, veel vrachtverkeer, veel bussen en/of slechte verdunning (*street canyons*, bomen). Ook nabij tunnelmonden is de luchtkwaliteit vaak slecht. Op klein schaalniveau kan dit uiteraard anders zijn, bijvoorbeeld als er lokale bronnen in de nabijheid zijn die niet goed in de ruimtelijke modellering kunnen worden weergegeven (zoals houtstook, kleinschalige bedrijvigheid enzovoort).

Invloed van afstand tot gemotoriseerd verkeer

Om uit te zoeken hoe verontreiniging geproduceerd door het verkeer zich verspreidt zijn veel metingen gedaan langs wegen. Karner et al (2010) hebben deze studies uit de periode 1978-2008 verzameld en op basis daarvan berekend wat de procentuele daling van de concentratie is op afstand van het verkeer (Karner et al. 2010).

Een samenvatting van deze resultaten is weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6. Afname concentraties met afstand tot de weg (Karner et al. 2010; Ontario 2016)

Stoffen die direct door het verkeer worden uitgestoten, maar minder stabiel zijn in de atmosfeer, dalen snel met toenemende afstand van de weg. Voorbeelden hiervan zijn ultrafijn stof en NO, maar ook CO en roet (niet in deze figuur; uit het artikel blijkt dat de gradiënt van roet vergelijkbaar is met die van NO). In het open veld zijn de concentraties van deze stoffen op circa 150 meter van de weg al meer dan gehalveerd en bereiken binnen circa 300 meter achtergrondconcentraties.

Afhankelijk van factoren die de dispersie beïnvloeden (zie paragraaf 2.3.1), kunnen deze gradiënten in bijvoorbeeld bebouwde gebieden of onder bepaalde meteorologische condities veranderen. Stoffen die zich vooral secundair vormen vanuit verkeersuitstoot (zoals PM_{2,5} en PM₁₀) nemen nauwelijks af met afstand tot de weg. De achtergrondconcentraties van deze stoffen zijn vrijwel gelijk aan de concentraties nabij een drukke weg. Omdat NO₂ zowel in flinke mate direct wordt uitgestoten, als secundair gevormd wordt (uit NO), is de gradiënt van NO₂ ook een tussenvariant (zie Figuur 6).

Samenvattend kan gesteld worden dat er aanzienlijke verschillen optreden in luchtverontreiniging op korte afstand van drukke wegen. Het circa 5 tot 10 meter verplaatsen van een fietspad van de weg (bijvoorbeeld door een middenberm te vervangen door een berm tussen weg en fietspad) zal de blootstelling van roet en UFP met 10 tot 20% verminderen. Grotere reducties zijn mogelijk als nog grotere afstanden tot drukke wegen mogelijk zijn.

Blootstelling van verschillende verkeersdeelnemers

Concentraties luchtverontreiniging in het verkeer zijn veel hoger dan op achtergrondlocaties (plekken met minder bronnen, zoals stadsparken). Bij metingen in de ochtendspits in Arnhem verschilden deze tot een factor 3 (Zuurbier et al. 2010). Tijdens de spits zijn concentraties in het verkeer hoger dan buiten de spits en dat is juist een moment dat veel mensen aan het verkeer deelnemen. Deelname aan het verkeer (per fiets, maar ook met de auto of de bus) levert daarom een belangrijke bijdrage aan de totale dagelijkse blootstelling aan luchtverontreiniging (Newby et al. 2014; Zuurbier et al. 2011). Blootstelling in het verkeer wordt beïnvloed door onder meer de achtergrondconcentratie luchtverontreinigende stoffen, de hoeveelheid gemotoriseerd verkeer, de bebouwing en het vervoermiddel.

Er zijn de afgelopen jaren vele studies gedaan in binnen- en buitenland naar blootstelling in het verkeer. Door verschillen in studie-opzet, gebruikte apparatuur en verschillen in omgeving en lokale karakteristieken zijn deze studies in absolute zin niet te vergelijken en is het niet mogelijk om vast te stellen bij welk type vervoermiddel de blootstelling het hoogst is (HEI panel 2010; Knibbs et al. 2011). In Nederland is in een aantal studies de blootstelling van fietsers vergeleken met die van automobilisten. De blootstelling van fietsers was over het algemeen lager dan van automobilisten. Fietsers ademen echter twee- tot vijfmaal zoveel lucht in dan verkeersdeelnemers die niet lichamelijk actief zijn (Panis et al. 2010; Zuurbier et al. 2009). Door het verhoogde ademminuutvolume is de ingeademde dosis luchtverontreiniging van fietsers daarom hoger dan die van automobilisten. Daarnaast worden fietsers en wandelaars blootgesteld aan vele korte, zeer hoge piekconcentraties, die mogelijk meer gezondheidseffecten veroorzaken dan blootstelling aan meer gemiddelde concentraties. Concentraties fijn stof, ultrafijn stof en roet blijken tot 60% lager te zijn op fietsroutes met weinig gemotoriseerd verkeer dan op fietsroutes met veel gemotoriseerd verkeer (Strak et al. 2010; Zuurbier et al. 2010). Brom- en snorfietsen zijn voor fietsers een grote bron van luchtverontreiniging, door de kleine afstand tussen brom- en snorfietsen en fietsers (zie paragraaf 6.1.5).

Enkele studies hebben de gezondheidsbaten van fietsen vergeleken met de negatieve effecten op de gezondheid door blootstelling aan luchtverontreiniging. De gezondheidsbaten blijken in het algemeen groter te zijn dan de gezondheidsschade (de Hartog et al. 2010; Mueller et al. 2015).

Blootstelling binnenshuis

De meeste mensen bevinden zich het grootste deel van de tijd binnenshuis, waarvan het grootste deel in de eigen woning en in de tweede plaats op het werk of op school. De meeste blootstelling aan buitenluchtverontreiniging vindt daarom binnenshuis plaats. Desalniettemin zijn de geconstateerde gezondheidseffecten van luchtverontreiniging (zie Hoofdstuk 3) vrijwel altijd gecorreleerd aan de concentraties luchtverontreiniging buitenshuis, zoals gemeten op meetstations. De luchtkwaliteit binnen is namelijk ook afhankelijk van de luchtkwaliteit buiten. Niet alle componenten van luchtverontreiniging dringen even

gemakkelijk door naar binnen. Kleine deeltjes dringen makkelijker door dan grovere. Voor sommige componenten zijn er belangrijke bronnen binnenshuis of heeft bewonersgedrag een belangrijke invloed. Door de constante opwerveling binnenshuis, ten gevolge van het rondlopen van de bewoners en bijvoorbeeld de luchtcirculatie die samenhangt met verwarming, blijven ook de grovere, zwaardere deeltjes langer zweven in de lucht en dalen langzamer neer. De PM10-concentratie (en dan vooral het 'coarse' deel) binnenshuis is daardoor vrijwel altijd hoger dan buiten (Chen and Zhao 2011; Leung 2015). Ook de mate waarin geventileerd wordt is belangrijk. Tijdens het koken kan de UFP-concentratie erg oplopen en bij koken op gas komt ook NO₂ vrij. Roet komt vrij bij houtstook of het branden van kaarsen, maar wordt in de meeste gebouwen volledig door bronnen buitenshuis (verkeer) bepaald. Op basis van vele studies wordt de concentratiebijdrage van bronnen binnenshuis geschat op 19-76% voor UFP en 10-30% voor fijn stof (Morawska et al. 2013).

Reactieve gassen, zoals ozon, verdwijnen binnenshuis snel. Doordat de moleculen botsen en in aanraking komen met andere reactieve moleculen vervalft O₃ heel snel in O₂ (zuurstof, onschadelijk). Bij hoge concentraties ozon in de buitenlucht (zomersmog) is binnenblijven daarom een nuttig advies.

2.5 Vaststellen van luchtkwaliteit

De luchtkwaliteit in Nederland wordt door de overheid vastgesteld met een combinatie van metingen en modelberekeningen. Er worden door verschillende overheden, ingenieursbureaus en particuliere initiatieven (zoals AiREAS in Eindhoven) luchtkwaliteitsmetingen uitgevoerd. Er wordt onderscheid gemaakt in metingen die voldoen aan de wettelijke voorschriften en alternatieve metingen.

Juridisch gezien (in Nederland) zijn modelberekeningen door middel van de Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) Monitoringstool leidend.

2.5.1 *Officiële (wettelijke) luchtkwaliteitsmetingen*

De Europese richtlijn 2008/50/EG, de Europese (kwaliteits)norm NEN EN ISO/IEC 17025:2005 en Regeling Beoordeling Luchtkwaliteit (RBL 2007) bevatten de Europese voorschriften voor het uitvoeren van metingen die geschikt zijn om wettelijke normen mee te toetsen. Belangrijke criteria hierbij zijn het minimale aantal meetpunten (per zone en agglomeratie), de plaatsing (locatie van de meting en plaatsing van de meetapparatuur), de wijze van monsterneming, de toe te passen meetmethode voor iedere stof, het tijdvak van de meting en het percentage gevalideerde concentraties.

Metingen die aan deze voorschriften voldoen, zijn voor iedereen inzichtelijk via www.luchtmeetnet.nl. Hierin zijn metingen opgenomen van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), GGD Amsterdam, Dienst centraal milieubeheer Rijnmond (DCMR), Provincie Limburg, Omgevingsdienst Regio Arnhem (ODRA) en Omgevingsdienst Midden- en West-Brabant (OMWB).

Op ongeveer tachtig meetstations door heel Nederland worden verschillende stoffen gemeten. Deze meetstations staan zowel in de

stad, bij wegen als op het platteland. Voor een groot aantal stoffen geldt dat deze continu en geautomatiseerd worden gemeten. Dit betreft ozon (O₃), stikstofoxiden (NO_x), zwaveldioxide (SO₂), fijn stof (PM_{2,5}/PM₁₀), koolmonoxide (CO), ammoniak (NH₃), waterstofsulfide (H₂S) en roet. De gegevens zijn direct beschikbaar via www.luchtmeetnet.nl, de app 'Mijn Luchtkwaliteit' en teletekst pagina 711. Via deze media wordt de 'luchtkwaliteit' gecommuniceerd volgens een op gezondheidseffecten gebaseerde index (Dusseldorp et al. 2015). Ook zijn de resultaten per individuele component te bekijken.

De meetresultaten worden gebruikt als input voor de rekenmodellen (GCN-kaarten, NSL-Monitoringstool, zie paragraaf 2.5.3) en het vaststellen van trends in de concentraties. Daarnaast wordt een deel van de meetresultaten door het RIVM gerapporteerd aan de EU. Goede controle van de meetgegevens is hierbij noodzakelijk; dit wordt validatie genoemd. Door de controle kan het voorkomen dat resultaten die actueel gepubliceerd zijn, later worden afgekeurd of gecorrigeerd.

De luchtmetingen worden uitgevoerd met zogenoemde actieve meetmethoden. Bij de actieve methoden wordt lucht aangezogen en de concentraties worden gemeten in een bepaalde hoeveelheid aangezogen lucht. Voor deze meetsystemen is een mechanisch pompsysteem nodig. Voor iedere stof is er vervolgens een eigen apparaat dat die bepaalde stof meet. Professionele meetapparatuur is vrij kostbaar (vaak enkele tienduizenden euro's), vergt regelmatig specialistisch onderhoud, is vrij groot en moet in een veilige en toegankelijke meetcabine worden geplaatst. Daarnaast moeten voor PM₁₀ en PM_{2,5} gedurende een deel van het jaar ook referentiemetingen worden uitgevoerd met methoden die veel handwerk vergen en goede laboratoriumfaciliteiten. Al met al vergt het beheer van meetfaciliteiten die voldoen aan de wettelijke voorschriften specialistische kennis, vaardigheden en faciliteiten, waardoor het zich in Nederland beperkt tot een klein aantal partijen. Een aantal van deze partijen en een aantal adviesbureaus voeren ook tijdelijke meetcampagnes uit. Veel voorkomende doelen zijn:

1. toetsing aan grenswaarden;
2. volgen hoe de luchtkwaliteit zich ontwikkelt (trend);
3. monitoring van effectiviteit van maatregelen;
4. wetenschappelijk onderzoek (bijvoorbeeld naar de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging).

Wanneer het doel 1) toetsing is en dit ook juridisch verdedigbaar moet zijn, moet de meting voldoen aan alle wettelijke voorschriften. Het RIVM is door de minister aangewezen als de instelling die beoordeelt of een meting hieraan voldoet of niet. Wanneer er geen juridische toetsing plaatsvindt, zoals bij 2), 3) of 4), kunnen in principe ook meetmethoden worden gebruikt die niet (volledig) voldoen aan de eisen. Het verdient natuurlijk aanbeveling om wel (zoveel mogelijk) volgens deze eisen te meten.

2.5.2 *Alternatieve (niet-wettelijke) metingen*

Er zijn verschillende alternatieve meetmethoden die vanwege lagere kosten en compactere meetinstrumenten veel toegepast worden door universiteiten, lagere overheden en (bewoners)groepen. De meest gebruikte alternatieve methoden zijn passieve metingen (met name

NO₂) en metingen met sensoren (vooral NO₂ en in toenemende mate (ultra)fijn stof). Wetenschappelijke instellingen gebruiken daarnaast actieve meetmethoden die qua principe erg lijken op de apparatuur die in meetnetten wordt gebruikt, maar waarvan het gebruik meestal (veel) meer arbeid vraagt. Voor iedere methode geldt dat een goede kwaliteitsborging een eerste vereiste is. Begrip van de factoren die onzekerheid in het resultaat veroorzaken bij de meetmethodes is nodig om de juiste methode in een bepaalde situatie te kunnen inzetten.

Wanneer toegepast met een zorgvuldig opgesteld meetplan en goed nageleefd meetprotocol, is het passief meten van de concentratie van (gasvormige) stoffen een goedkope en bovendien betrouwbare meetmethode. Daarbij wordt gebruikgemaakt van het natuurlijke diffusieproces, waarbij de te meten component zich hecht aan een reactieve stof op een vooraf geïmpregneerd medium. Vervolgens kan op basis van de hoeveelheid afgevangen gas en de diffusiesnelheid de concentratie in de buitenlucht worden berekend. Bij de heersende concentraties in de buitenlucht kan met deze methode de gemiddelde concentratie over een langere periode (meestal een aantal weken) worden bepaald. Er bestaan dergelijke meetmethoden voor onder andere NO₂, NH₃, benzeen en O₃. De meest gebruikte methode is het Palmes-buisje voor NO₂. Deze methode wordt door een aantal gemeenten in Nederland gebruikt om de jaargemiddelde concentratie te bepalen, de locaties en resultaten zijn in te zien via een gezamenlijke kaart (GoogleMaps 2018).

Daarnaast worden er momenteel veel *low-cost* sensoren ontwikkeld voor het meten van luchtverontreiniging. Het meten met sensoren of goedkope (circa €10-€2000) apparaten betreft een veld waarin veel gebeurt en de ontwikkelingen snel gaan. Het RIVM heeft de website www.samenmetenaanluchtkwaliteit.nl in het leven geroepen om ervaringen en informatie over lopende (test)projecten te delen. Op het moment van schrijven zijn volgens deze site nog geen sensoren op de markt waarvan de kwaliteit afdoende is aangetoond. Check de website voor de laatste stand van zaken.

Voor alle alternatieve meetmethoden geldt dat de betrouwbaarheid van de meting toeneemt door zorgvuldig te werken, met een goed meetplan en strikt meetprotocol. In een goed meetplan staat onder andere dat gedurende de meetcampagne ook een sensor/apparaat/sampler bij een of meerdere officiële meetstations wordt geplaatst (op een locatie vergelijkbaar met de locatie waar de meetcampagne wordt uitgevoerd) en op enkele locaties duplometingen worden uitgevoerd. Door middel van duplometingen kan worden gecontroleerd of de variabiliteit van de meetinstrumenten acceptabel is. De vergelijking met de metingen op een officieel meetstation geeft inzicht in de meetkwaliteit onder de specifieke (weers)omstandigheden die optreden gedurende de meetcampagne en biedt eventueel de mogelijkheid een correctiefactor toe te passen. De gekozen meetlocatie moet daarbij representatief zijn voor de situatie waarover de meting informatie moet bieden. Voor de gemiddelde concentratie in een woonwijk is het bijvoorbeeld van belang niet vlak bij een stoplicht of aan een bushalte te meten. Ten slotte moet de duur van een meetcampagne afgestemd zijn op de vraag die je wilt beantwoorden: om blootstelling in het verkeer in kaart te brengen kunnen kortdurende

mobiele metingen heel informatief zijn, om de concentratie op een locatie te vergelijken met modelberekeningen of om deze te willen toetsen aan normen voor een jaargemiddelde concentratie zijn langdurige metingen (minimaal verspreid over een heel jaar) noodzakelijk.

2.5.3 Modelberekeningen

In Nederland wordt de NSL-Monitoringstool (RIVM 2018d) gebruikt om te toetsen of de luchtkwaliteit heeft voldaan aan de wettelijke grenswaarden. In de meeste gevallen is de NSL-Monitoringstool daarmee de juridisch voorgeschreven methode om de luchtkwaliteit vast te stellen.

De NSL-monitoringstool wordt gebruikt om:

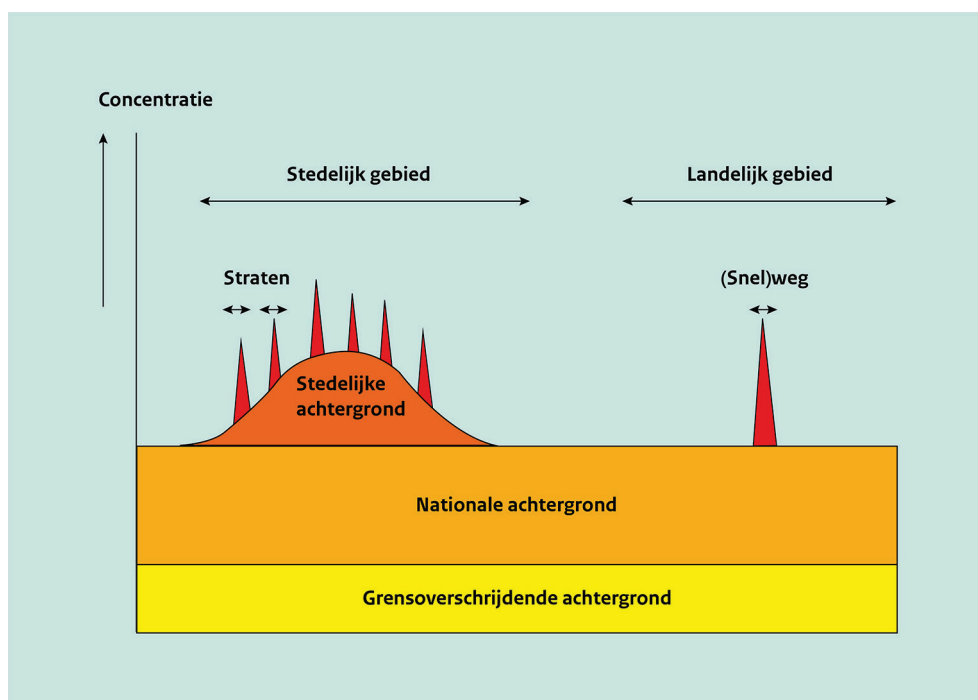
- De luchtkwaliteit te monitoren en te toetsen of aan de wettelijke grenswaarden wordt voldaan. Hierover wordt jaarlijks een Monitoringsrapportage uitgebracht, welke ook vooruitblijkt naar de toekomstige nationale situaties (2020 en 2030).
- Overheden kunnen het rekenhart van de Monitoringstool (de NSL-Rekentool (InfoMil 2018)) gebruiken om zelf, ten behoeve van besluitvorming, scenario's door te rekenen. Hiermee kunnen zij de toekomstige luchtkwaliteit als gevolg van ruimtelijke ontwikkelingen (bouwplannen, aanleg nieuwe wegen) of luchtkwaliteitsmaatregelen toetsen. Waar in het volgende 'Monitoringstool' staat, kan ook 'Rekentool' gelezen worden.

De Monitoringstool berekent de concentratie voor een grote set vooraf gedefinieerde 'toetspunten' langs verkeerswegen (of de Rekentool voor 'rekenpunten'). Dit gebeurt door grofweg de (verspreide) bijdrage van lokale bronnen op te tellen bij de plaatselijke achtergrondconcentratie:

Totale concentratie = achtergrondconcentratie + lokale bijdrage

Dit is schematisch weergegeven in Figuur 7.

De achtergrondconcentraties worden op basis van de Grootchalige Concentratiekaart Nederland (GCN-kaart) jaarlijks vastgesteld voor het afgelopen jaar. De GCN is gebaseerd op meetgegevens, emissiegegevens van alle bekende bronnen van luchtverontreiniging (die overheden en bedrijven jaarlijks verplicht aanleveren), weerscondities, kennis over buitenlandse bronnen en een verspreidingsmodel. De resulterende kaart geeft een grootchalige (achtergronds)concentratie op een 1x1km grid. Uitgebreide informatie over de manier waarop de GCN-kaarten tot stand komen is te vinden op de website van het RIVM (RIVM 2018a).



Figuur 7. Schematische voorstelling van modellering van luchtkwaliteit

De bijdrage van lokale bronnen (zie Figuur 7) wordt berekend op basis van data die door diverse overheden verplicht jaarlijks worden aangeleverd. Het gaat dan om:

- Verkeersgegevens: het aantal voertuigen in specifieke categorieën (bussen, middelzwaar en zwaar vrachtverkeer, licht verkeer zoals personenauto's en bestelbusjes) dat op een weg rijdt, de snelheid waarop ze dat doen en de mate van doorstroming of congestie.
- Kenmerken van de wegen en hun omgeving, bijvoorbeeld of er bebouwing of bomen langs de weg zijn of niet.
- Voortgang van maatregelen en projecten; maatregelen uit luchtkwaliteitsverbeterplannen, veranderingen in de verkeersstromen, bouwprojecten met veel (invloed op) verkeer enzovoort.
- Kenmerken van prioritaire veehouderijen (een PM10-emissie groter dan 1500 kg/jaar en gelegen in een gebied met een achtergrondconcentratie van $> 10 \mu\text{g m}^{-3}$): vergund aantal dieren per diersoort, stalsysteem enzovoort.
- Gegevens over de uitstoot van de industrie.

Op basis van deze gegevens kan de emissie, met behulp van jaarlijks door het Rijk vastgestelde emissiefactoren per bron, worden geschat. Vervolgens kan het model de locatiespecifieke verspreiding berekenen, waarbij de data betreffende de lokale omgeving wordt betrokken. De Monitoringstool combineert hierbij alle rekenregels voor de verschillende verkeersbronnen (de zogenoemde standaardrekenmethoden: SRM-1 (voor stadswegen), SRM-2 (voor snelwegen) en veehouderijen en industrie (SRM-3)).

De bijdragen van wegverkeer, intensieve veehouderij en industriële bronnen worden ook in de GCN-berekeningen meegenomen, maar gemiddeld over een 1x1 km grid. Omdat hierbij een dubbeltelling kan optreden, wordt daarvoor gecorrigeerd.

Beperkingen van het rekenen met de Monitoringstool, of welk ander model, is het werken met standaard-emissiefactoren. Jaarlijks worden de emissiefactoren vastgesteld op basis van metingen aan voertuigen (door TNO) en de samenstelling van het wagenpark en de kilometers die door die voertuigen worden gereden (inschatting door het CBS). De emissiefactoren die voor toekomstprognoses worden gebruikt zijn gebaseerd op voorgenomen beleid en blijken in de praktijk vaak (erg) tegen te vallen (Emissieregistratie and Luchtkwaliteit 2008).

De afhankelijkheid van de kwaliteit van de aangeleverde (verkeers)data roept regelmatig vragen op. Naar aanleiding van Kamervragen (Motie Van Tongeren, Motie 120 (30 175)) controleert het Bureau Monitoring (een samenwerking tussen het RIVM en Rijkswaterstaat Leefomgeving/InfoMil) deze invoer steekproefsgewijs en wordt een hoofdstuk in de Monitoringsrapportage hieraan gewijd.

De toetspunten waarvoor de berekeningen worden gedaan, moeten voor wat betreft het wegverkeer representatief zijn voor 'standaard-wegvakken'. Dit betekent dat de meeste kruispunten, rotondes, knooppunten enzovoort buiten beschouwing gelaten worden. Een toetspunt ligt 10 meter van de wegrand of aan de gevel indien dit een woning betreft en deze dichterbij dan 10 meter bij de weg ligt. Bij toetsing rondom veehouderijen geldt een voorschrift voor nabijgelegen woningen.

Gemeenten kunnen, uit interesse, extra rekenpunten toevoegen waar niet getoetst wordt. Ook kan blijken dat toetspunten in de Monitoringstool toch geen wettelijk toetspunt zijn. Deze worden dan niet in de toetsing meegenomen. De wettelijke mogelijkheden hiervoor zijn het 'Toepasbaarheidsbeginsel' en het 'Blootstellingscriterium'. In hoofdlijnen stelt het Toepasbaarheidsbeginsel dat niet hoeft te worden getoetst op plekken waar het publiek formeel geen toegang toe heeft, zoals op rijbanen en middenbermen van snelwegen. Het Blootstellingscriterium geeft aan dat toetsing aan de normen daar dient plaats te vinden 'waar de hoogste concentraties voorkomen waaraan de bevolking rechtstreeks of indirect kan worden blootgesteld gedurende een periode die in vergelijking met de middelingstijd van de grenswaarde(n) niet verwaarloosbaar is'. In de praktijk betekent dit dat de jaargemiddelde grenswaarde alleen getoetst hoeft te worden aan de gevel van woningen, scholen, ziekenhuizen enzovoort. (Dit verklaart ook waarom er zo weinig wettelijke knelpunten zijn langs snelwegen.) Vooral in de toepassing van het blootstellingscriterium zijn interpretatieverschillen mogelijk. Toepassing vindt bovendien alleen op verzoek van het bevoegd gezag plaats; lang niet alle gemeentes passen dit toe.

Een andere beperking van de Monitoringstool is dat de lokale bijdrage van verschillende bronnen buiten beschouwing wordt gelaten. Een aantal van deze bronnen heeft zich in de afgelopen jaren duidelijk in de kijker gespeeld, denk aan brommers/scooters, houtrook en scheepvaart; er wordt zelfs lokaal beleid gemaakt voor deze bronnen. Omdat de lokale bijdrage van deze bronnen niet met het model kunnen worden

berekend, kunnen voor de gezondheid en/of in de perceptie van omwonenden wel degelijk relevante maatregelen met de gebruikelijke modellen niet op effectiviteit doorgerekend worden. Op papier lijken deze maatregelen daarom soms niet effectief.

Meer informatie over modelleren staat beschreven in een eind 2011 door Rijkswaterstaat uitgebrachte brochure met een uitgebreide beschrijving van het modelleren langs rijkswegen (Rijkswaterstaat 2011).

Naast de Monitoringstool zijn er ook nog een aantal andere modellen waarmee de luchtkwaliteit berekend kan worden (ISL3a, Stacks, Geomilieu, URBIS enzovoort). Afhankelijk van het model kan daarmee de bijdrage van gemeentelijk verkeer, provinciaal verkeer of snelwegverkeer worden doorgerekend. Ook is het mogelijk om de bijdrage van de scheepvaart, industriële bronnen en van landbouw door te rekenen. Over het algemeen zijn dit modellen in beheer van (commerciële) adviesbureaus. Voor wat betreft wettelijke toepassing is een voorwaarde dat de methode is goedgekeurd door de staatssecretaris. Een overzicht van goedgekeurde modellen is te vinden op de website van de Rijksoverheid (Rijksoverheid 2017).

2.5.4 *Metten of rekenen?*

Voor wie zich bezighoudt met de luchtkwaliteit, zowel overheid als burger, bestaat vaak een behoefte de luchtkwaliteit op een locatie zo precies mogelijk vast te stellen. Intuïtief vraagt men dan vaak om metingen, maar rekenen kan net zo goed een antwoord op vragen geven. De voor- en nadelen van zowel meten als rekenen zijn in voorgaande paragrafen uitgebreid behandeld en worden in Tabel 1 schematisch samengevat.

Tabel 1. Samenvatting van meten versus rekenen.

	Meten	Rekenen
Tijd	Kan alleen in het hier en nu	Kan voor het nu, verleden en toekomst
		Verschillende scenario's mogelijk
	Lange doorlooptijd t.b.v. betrouwbaarheid (voorbereiding en meetduur)	Kan relatief snel
Betrouwbaarheid	Uitstekend bij metingen volgens NEN EN ISO/IEC 17025:2005 (juiste methode, locatie en meetduur)	Over het algemeen goed bij goede invoerdata en locatie binnen toepassingsbereik rekenmodel
	Goed bij toepassing Palmes-buisjes volgens strikt protocol	
	Matig/slecht bij niet gecertificeerde meetapparatuur (sensoren)	
	Aandachtspunt: toepassen kwaliteitsvoorschriften onder druk (tijd, kosten, politiek)	Aandachtspunt: bronnen die niet of onvoldoende gemodelleerd worden
Kosten	Relatief kostbaar	Relatief goedkoop
Toetsen aan normen die bij rechter standhouden	Nee, want wettelijke toetsing gebeurt op basis van berekeningen (tenzij metingen bij rechter standhouden omdat zij voldoen aan alle voorschriften)	Ja, mits juiste model bij situatie
Volgen trend	Ja, mits lange ongewijzigde meetreeks	Twijfelachtig, vanwege veranderingen in modelaanname en -voorschriften
En verder	Sluit goed aan bij beleving burgers en is mediageniek: 'meten is weten'. Maar relativering ('meten is zweten') is vaak moeilijk	Gaat meestal met stille trom, is voor burgers niet direct zichtbaar
	Schept vaak verwachtingen; het is hoog en dan? Beperkte beleidsinvloed en moeilijk uit te leggen	Biedt burgers in veel gevallen onvoldoende geruststelling

Ten slotte zijn er verschillende vergelijkingen van metingen en berekeningen uitgevoerd, waarin een hoop voor- en nadelen van beide methoden naar voren komen (Milieudefensie 2015; Wesseling et al. 2010; Wesseling et al. 2013).

2.6 Situatie in Nederland

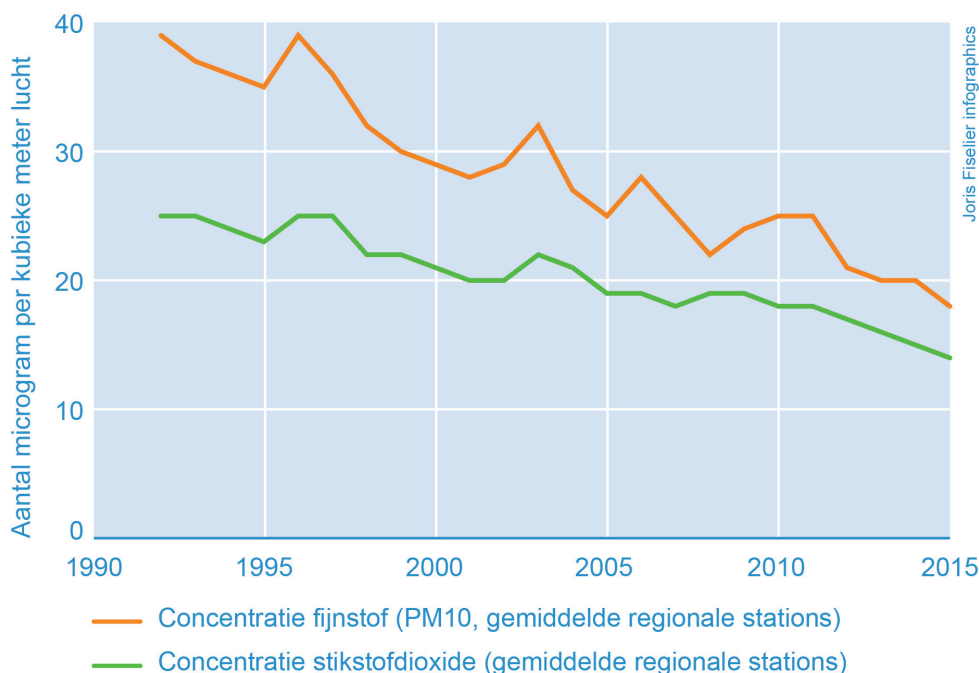
De blootstellingssituatie in Nederland is niet ieder jaar gelijk. We gaan hier in op de situatie ten tijde van het schrijven van deze richtlijn.

Actuele informatie kan een ieder nazoeken via:

- Actuele luchtkwaliteit zoals gemeten op de officiële meetstations: www.luchtmeetnet.nl/stations (ook beschikbaar, met persoonlijk in te stellen alarmeringsfunctie, in de app 'Mijn Luchtkwaliteit');
- Actuele luchtkwaliteit op landdekkende kaart: www.atlasleefomgeving.nl en www.luchtmeetnet.nl/kaart (zelfde kaart);
- Actuele luchtkwaliteit op locatie, met handelingsadvies: app 'Mijn Luchtkwaliteit' (met persoonlijk in te stellen alarmeringsfunctie);
- Verwachte luchtkwaliteit op landdekkende kaart (per dagdeel, voor komende twee dagen): www.luchtmeetnet.nl/kaart (ook beschikbaar, met persoonlijk in te stellen alarmeringsfunctie, in de app 'Mijn Luchtkwaliteit');
- Jaargemiddelde concentraties op landdekkende kaarten: de Atlas Leefomgeving, beschikbaar via www.atlasleefomgeving.nl;
- Jaargemiddelde concentraties op toetspunten: de jaarlijkse Monitoringsrapportage, beschikbaar via www.nsl-monitoring.nl/rapportages-en-documenten en op de interactieve kaart www.nsl-monitoring.nl/viewer/ (voor een handleiding, zie paragraaf 5.3.1);
- Meetresultaten (jaargemiddelden en alle andere toetsbare concentraties, trends): de rapportages van de luchtmeetnetten, beschikbaar via www.luchtmeetnet.nl/download.

In de Monitoringsrapportage worden de (berekende) concentraties stikstofdioxide (NO₂) en fijn stof (PM₁₀) in kaart gebracht. In de rapportage wordt dit getoetst en ruimtelijk inzichtelijk gemaakt. Uit de Monitoringsrapportage 2016 (over 2015 (van Zanten et al. 2015)) blijkt dat langs drukke straten in elf gemeenten overschrijdingen van de jaargemiddelde NO₂-grenswaarden voorkomen. De meeste overschrijdingen voor NO₂ zijn in grote steden. Overschrijdingen voor de grenswaarde voor fijn stof (PM₁₀) (meer dan 35 dagen met een 24-uurs-gemiddelde hoger dan 50 µg/m³) komen voor in dertien gemeenten en worden vooral veroorzaakt door industrie en intensieve veehouderij. NO₂ kent een dalende trend en naar verwachting zal deze zich ook in de komende jaren voortzetten; de daling voor fijn stof lijkt in de komende jaren te stagneren en in de bevolkingsgewogen prognoses (waarbij juist wordt gekeken naar de concentraties op de plekken waar mensen wonen) voor 2020 is zelfs een verslechtering ten opzichte van 2015 zichtbaar. In de Monitoringsrapportage wordt deze ontwikkeling toegeschreven aan de hogere prognoses van de achtergrondconcentraties (GCN) fijn stof in 2020. De GCN-rapportage op zijn beurt, geeft aan dat dit te maken heeft met het modelleren op basis van een langjarig gemiddelde, en rapporteren van afgelopen jaren op basis van de werkelijk gemeten

situatie. De achtergrondconcentraties voor voorbije jaren worden gecorrigeerd voor de gemeten concentraties, in 2015 was de correctie voor fijn stof relatief (zeer) laag, ten gevolge van onder meer gunstige meteorologische condities. De in de fijn stofprognoses voor 2020 toegepaste correctie, waarbij wordt uitgegaan van een correctie op basis van een langjarig gemiddelde, is veel hoger (Velders et al. 2017).



Figuur 8. Ontwikkeling concentraties fijn stof (PM10) en stikstofdioxide (1992-2015, gemiddelde concentraties regionale meetstations) (Gezondheidsraad 2018b)

Ook metingen laten (tot en met 2015) een dalende trend zien: $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per jaar voor NO_2 en $0,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per jaar voor PM10 (zie Figuur 8) (Hoogerbrugge et al. 2016). Vanaf 2004 zijn de concentraties op stedelijke achtergrondlocaties voor NO_2 met 30% afgenomen, op verkeersbelaste locaties met 25%. Deze langetermijndaling lijkt op straatlocaties de laatste jaren door te zetten. De dalingen voor PM10 en PM2,5 zijn bijna gelijk, volgend uit het beleid dat zich vooral op verbrandingsemissies focust. In de fractie PMcoarse (zie paragraaf 2.1.4) is geen dalende trend te zien. De trends zijn in het hele land vergelijkbaar en duiden op het belang van generiek Europees en landelijk beleid.

In Nederland is het, onder andere vanwege verschillen in meetmethoden, (nog) niet mogelijk een trendanalyse voor roet te doen. Ook voor ozon bestaat geen Nederlandse kwantitatieve trendanalyse van het jaargemiddelde; Europese cijfers duiden echter op stagnatie of in verstedelijkte gebieden zelfs een lichte stijging van de jaargemiddelde ozonconcentratie (EEA 2016).

3 Gezondheidseffecten

3.1 Afbakening

Sinds het verschijnen van de vorige GGD-richtlijn Luchtverontreiniging en Gezondheid in 2008 (van der Zee et al. 2008), is de kennis over de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging sterk toegenomen. Dit was in 2011 voor de Europese Commissie aanleiding om aan de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) de vraag voor te leggen of het Europese luchtkwaliteitsbeleid diende te worden aangepast aan de nieuwe inzichten over de gezondheidseffecten van een aantal luchtverontreinigingscomponenten (waaronder deeltjesvormige luchtverontreiniging, stikstofdioxide en ozon). De WHO heeft deze vraag geoperationaliseerd in twee projecten: het project 'Review of evidence on health aspects of air pollution' (WHO 2013a) en 'Health risks of air pollution in Europe' (WHO 2013b). In het meest recente rapport hierover van de Gezondheidsraad is deze kennis verder geactualiseerd (Gezondheidsraad 2018b).

Tijdens het schrijfproces van deze richtlijn zullen naar verwachting weer veel nieuwe studies zijn verschenen die een negatieve relatie laten zien tussen blootstelling aan luchtverontreiniging en gezondheidseffecten. Het overzicht in deze richtlijn pretendeert daarom ook niet volledig te zijn, maar geeft wel een goede indruk van het scala aan onderzoeken en studie-uitkomsten zoals dat in de literatuur bestaat.

Bij de huidige concentraties in de Nederlandse buitenlucht spelen met name fijn stof (waaronder ook ultrafijn stof en roet), ozon (O₃) en stikstofdioxide (NO₂) een rol bij het veroorzaken van gezondheidseffecten. Stikstofmonoxide (NO) is als zodanig niet schadelijk voor de gezondheid, maar is wel van belang voor de vorming van NO₂. De beschreven gezondheidseffecten van blootstelling aan ozon worden behandeld in de GGD-richtlijn Smog en Gezondheid (Zuurbier et al. 2012). Inmiddels zijn ook langetermijneffecten van ozon gerapporteerd (Gezondheidsraad 2018b).

3.2 Invloed van drukke wegen

Verontreinigde lucht is een complex mengsel dat varieert in samenstelling. In welke mate de diverse bestanddelen in dit mengsel aan de veroorzaakte gezondheidsschade bijdragen, is niet goed bekend. Uit onderzoek blijkt de concentratie PM₁₀ langs drukke wegen geen goede maat te zijn voor blootstelling aan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging (Fischer et al. 2007; Fischer et al. 2000; Gezondheidsraad 2008; Roemer and van Wijnen 2001). Afstand tot de weg is een maat voor luchtverontreiniging die beter de effecten van het mengsel van luchtverontreiniging langs drukke wegen meeneemt. Ook roet en NO₂ zijn betere indicatoren voor luchtverontreiniging door verkeer. De bijdrage van deze componenten kan tot op honderden meters rondom snelwegen worden waargenomen (Fischer et al. 2007). Dit doet overigens niets af aan de waarde van de concentraties PM₁₀ en PM_{2,5} als maat voor deeltjesvormige luchtverontreiniging in andere dan verkeersgerelateerde situaties (Gezondheidsraad 2008).

Verschillende gezondheidsstudies (WHO 2013a), hebben aangetoond dat langdurig verblijven nabij drukke wegen tot gezondheidsrisico's leidt, vooral voor de zogenoemde hooggevoelige groepen (kinderen, ouderen en zieken). Een belangrijk deel van de nieuwe kennis komt uit de grote Europese 'ESCAPE'-studie, gecoördineerd door de Universiteit Utrecht. Een overzicht van de hoofdpublicaties van dit door de EU gefinancierde project is te vinden onder <http://www.escapeproject.eu/publications.php>. In deze paragraaf wordt een aantal studies beschreven dat zich specifiek heeft gericht op de gezondheidseffecten van wonen nabij drukke wegen.

De definitie van 'drukke wegen' die in verschillende gezondheidkundige onderzoeken is gebruikt, varieert. Sommige onderzoeken spreken over 'major roads', andere over wegen met minimaal 5.000 motorvoertuigen per etmaal (mvt/etmaal), andere over wegen van minimaal 10.000 mvt/etmaal. Vanuit praktisch oogpunt is door de GGD'en gekozen om drukke wegen in de advisering te laten gelden als wegen met 10.000mvt/etmaal of meer.

3.2.1 *Afstand tot de weg*

Naarmate de afstand tussen een (vervuilende) bron en de blootgestelde(n) kleiner is, is de impact op de gezondheid groter. Zo nemen in de nabijheid van een drukke weg de gezondheidsrisico's toe, ook op plekken waar ruimschoots aan de grenswaarden wordt voldaan. Dit vormt naar oordeel van het RIVM voldoende basis om het wonen of schoolgaan nabij snelwegen als ongezonder te karakteriseren dan situaties waarbij de afstand groter is (Fischer et al. 2007). De WHO concludeert dat nabij drukke wegen talloze componenten in verhoogde concentratie aanwezig zijn, en dat de gezondheidseffecten niet aan één of enkele componenten zijn toe te schrijven (WHO 2013a). Daardoor is 'afstand houden tot de weg' nog steeds de beste maatregel voor het voorkomen van gezondheidsschade, aangezien dit minder blootstelling aan het volledige mengsel tot gevolg heeft. Hoe groot deze afstand moet zijn is moeilijk te zeggen, omdat dit van veel verschillende factoren afhankelijk is, zoals of de ontvanger zich boven- of benedenwinds bevindt, de drukte van de weg, het percentage vrachtverkeer en om welke stoffen het gaat. Voor dat laatste geldt over het algemeen dat achtergrondniveaus voor roet (EC) binnen een afstand van 100-400 meter van een snelweg bereikt worden: voor ultrafijne deeltjes is dit 100-300 meter en voor NO₂ 200-500 meter (WHO 2013a). Op basis van een meta-analyse van literatuur tot 2008 is in een Amerikaanse HEI-rapport (*Health Effects Institute*) een zone geïdentificeerd tot 300 à 500 meter vanaf de snelweg die het meest beïnvloed wordt door verkeersemmissies (HEI panel 2010).

3.2.2 *Vroegtijdige sterfte*

Een aantal internationale cohortstudies naar de effecten van langdurige blootstelling aan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging laat zien dat wonen nabij een drukke weg het risico vergroot op vroegtijdig overlijden (Beelen et al. 2008; Beelen et al. 2014; Cesaroni et al. 2013; Gehring et al. 2006; Hart et al. 2013; Hoek et al. 2002). Een van deze cohortstudies is de Nederlandse cohortstudie naar dieet en kanker (Beelen et al. 2008; Hoek et al. 2002). In deze studie vonden de onderzoekers een grotere kans op sterfte aan hart- en vaatziekten en longaandoeningen bij oudere volwassenen (55-69 jaar) die op minder dan 100 meter van de snelweg of

minder dan 50 meter van een drukke stadsweg woonden. De sterfte aan hart- en vaatziekten is bij meerdere studies gevonden, en lijkt een belangrijke verklaring voor de associatie tussen het wonen langs een drukke weg en vroegtijdig overlijden (Cesaroni et al. 2013; Gan et al. 2010; Gehring et al. 2006; Hart 2014; Hart et al. 2013; Hoek et al. 2002; Maheswaran and Elliott 2003). Ook een Canadese studie toonde voor het wonen op deze afstanden van een weg een verhoogd risico op vroegtijdige sterfte aan (Finkelstein et al. 2004).

3.2.3 *Hart- en vaatziekten*

Zoals boven beschreven, hebben meerdere onderzoeken een verband aangetoond tussen het wonen aan drukke wegen en sterfte aan hart- en vaatziekten. Naast sterfte aan hart- en vaatziekten, is het wonen langs drukke wegen ook gerelateerd aan het optreden van hart- en vaatziekten (Gan et al. 2010). In een Duitse studie bleek dat voor bewoners die tussen 50 en 100 meter van de snelweg woonden, de kans op aderverkalking van de kransslagaderen 34% groter was ten opzichte van bewoners die meer dan 200 meter van de snelweg woonden. Binnen 50 meter van de snelweg was dit risico zelfs 63% hoger (Hoffmann et al. 2007). In de VS werd een verhoogd risico gevonden op hypertensie bij postmenopauzale vrouwen die dicht bij een drukke weg wonen (Kingsley et al. 2015; Kirwa et al. 2014). Aderverkalking en hypertensie zijn risicofactoren voor hart- en vaatziekten.

Hart- en vaatziekten kunnen ook worden verergerd door het wonen langs een drukke weg. Mensen met bestaande hart- en vaatziekten hebben dicht bij drukke wegen een hoger risico op vroegtijdige sterfte. Een studie in de VS liet zien dat mensen die een hartinfarct hebben overleefd en binnen 100 meter van een drukke weg wonen, 27% meer kans hebben om binnen tien jaar te overlijden dan mensen die een hartinfarct hebben overleefd en die op meer dan 1.000 meter van een drukke weg wonen (Rosenbloom et al. 2012). Voor mensen die een beroerte hebben gehad, geldt ook dat wonen op korte afstand van een drukke weg het sterfterisico hoger wordt. Patiënten die binnen 100 meter van een drukke weg (>10.000 mvt/etmaal) wonen, hadden in een andere Amerikaanse studie 20% meer kans op vroegtijdige sterfte dan patiënten die op meer dan 400 meter van een drukke weg wonen (mediane follow-up duur 4,6 jaar) (Wilker et al. 2013).

Veel van de studies die gekeken hebben naar de relatie tussen afstand tot de dichtstbijzijnde weg en hart- en vaatziekten, hebben gecorrigeerd voor roken en/of sociaaleconomische status. In deze gevallen bleef afstand tot de weg een belangrijke risicofactor voor hart- en vaatziekten (Gan 2010, Hoffman 2007, Rosenbloom 2012, Wilker 2013). Ook blootstelling aan geluid kan leiden tot hart- en vaatziekten en het kan soms moeilijk zijn om het effect van blootstelling aan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging en verkeerslawaaai van elkaar te onderscheiden. Studies waarbij beide blootstellingen zijn meegenomen, vinden over het algemeen dat het risico van luchtverontreiniging blijft bestaan na correctie voor de geluidbelasting (Beelen et al. 2009; WHO 2013a). Welk aandeel geluid en luchtverontreiniging hebben in het ontstaan van hart- en vaatziekten, zal afhangen van de lokale niveaus van deze componenten.

3.2.4 *Luchtwegaandoeningen*

Door het uitvoeren van meerdere epidemiologische onderzoeken, onder andere in Nederland, is bewezen dat bij kinderen die dicht bij drukke wegen wonen, vaker luchtwegklachten worden gerapporteerd (HEI panel 2010). Ook is een relatie aangetoond tussen het wonen dicht bij drukke wegen en een lagere longfunctie (Gauderman et al. 2015; HEI panel 2010).

Studies naar gezondheidseffecten bij kinderen die naar school gaan nabij drukke (snel)wegen hebben uitgewezen dat deze kinderen meer luchtwegklachten hebben en vaker astma krijgen. Bovendien heeft luchtverontreiniging door wegverkeer bij kinderen een negatief effect op de ontwikkeling van de longen. Uit Gauderman (2007) blijkt dat kinderen die van hun tiende tot hun achttiende opgroeien binnen 500 meter van een snelweg, op achttienjarige leeftijd een FEV1 (*forced expiratory volume in 1 second*) van 97% (95%-betrouwbaarheidsinterval 94.6 – 99.4) hebben ten opzichte van deze waarde voor kinderen die verder dan 1500 meter van een snelweg wonen. Als kinderen tussentijds verhuizen en opgroeien op een plek verder van de snelweg, zijn deze effecten kleiner (Gauderman et al. 2007).

Niet alleen de afstand van drukke wegen is belangrijk, ook de intensiteit op deze wegen. In een onderzoek van MacIntyre (2014) werd een hogere prevalentie van longontstekingen bij kinderen van drie jaar of jonger gevonden bij een hogere verkeersintensiteit (MacIntyre et al. 2014).

Ook voor luchtwegklachten bij volwassenen, zoals astma en een verminderde longfunctie, is een causale relatie met verkeersgerelateerde blootstelling (afstand tot de weg en verkeersintensiteit) aannemelijk (HEI panel 2010). Meer recentelijk werd in de ESCAPE-studie een verminderde longfunctie bij volwassenen gerelateerd aan een hoge verkeersintensiteit (>5.000 mvt/etmaal) op de dichtstbijzijnde weg (Adam et al. 2015). Daarnaast hebben verschillende onderzoeken een verband laten zien tussen het wonen dicht bij een drukke weg of de verkeersintensiteit op de dichtstbijzijnde weg en de incidentie van of sterfte aan longkanker (Beelen et al. 2008; Raaschou-Nielsen et al. 2013). Voor sterfte aan andere longaandoeningen dan longkanker is de associatie met het wonen langs een drukke weg nog onduidelijk (Cesaroni et al. 2013; Dimakopoulou et al. 2014; Hoek et al. 2002).

3.2.5 *Andere gezondheidsuitkomsten*

Ook voor andere gezondheidsuitkomsten zijn er studies gedaan die kijken naar het effect van blootstelling aan verkeer. Het REVIHAAP-rapport geeft een overzicht van studies t/m 2009. Een meta-analyse van de studies naar afstand tot drukke wegen en diabetes suggereerde dat wonen dicht bij drukke wegen (afstand variërend tot 100 meter) het risico op type 2 diabetes verhoogt (Zhao et al. 2016).

Een Amerikaanse studie concludeerde dat het wonen dicht bij een drukke weg (binnen 50 meter van een snelweg of hoofdroute of binnen 150 meter van een secundaire weg) geassocieerd was met een lager geboortegewicht van pasgeborenen (na een voldragen zwangerschap) en veranderingen in het genetisch materiaal van de placenta (Kingsley et al. 2016).

Er zijn steeds meer aanwijzingen voor een effect van luchtverontreiniging op neurologische aandoeningen, waarbij met name een relatie is gelegd tussen luchtverontreiniging en dementie (Power et al. 2016). Een Canadese studie rapporteerde een dosis-effectrelatie voor wonen nabij een drukke doorgaande weg, met een verhoogd risico op dementie van 7% (<50 meter), 4% (50-100 meter) en 2% (100-200 meter) ten opzichte van mensen die verder dan 300 meter van een dergelijke weg wonen. Het risico was het hoogst bij mensen die hun hele leven binnen 50 meter van een drukke weg woonden; zij hadden 12% meer kans op dementie (Chen et al. 2017).

3.3 Stikstofdioxide

NO₂ wordt gebruikt als indicator voor het mengsel van luchtverontreiniging dat afkomstig is van het verkeer. Tot enkele jaren geleden werd ervan uitgegaan dat de gezondheidseffecten die door NO₂ zelf worden veroorzaakt beperkt zijn en vooral veroorzaakt worden door andere stoffen in luchtverontreiniging, namelijk fijn stof en roet. De laatste jaren is er een aantal onderzoeken gepubliceerd waaruit blijkt dat de effecten van NO₂ nauwelijks veranderen na correctie door fijn stof. Hierbij geldt echter steeds dat onduidelijk is in hoeverre de gevonden effecten veroorzaakt zijn door NO₂, of ook samenhangen met andere stoffen die sterk samenhangen met de NO₂-concentratie, zoals roet of ultrafijn stof (Gezondheidsraad 2018b).

De oxiderende eigenschappen van NO₂ kunnen effecten in de luchtwegen en longen veroorzaken in de vorm van vermindering van de longfunctie en afname van de weerstand tegen infecties van het longweefsel. Dit kan luchtwegklachten veroorzaken (Belanger et al. 2006; van Strien et al. 2004) en ziekenhuisopnames tot gevolg hebben. Deze studies zijn uitgevoerd in de binnenlucht bij relatief hoge concentraties NO₂ afkomstig van bronnen binnenshuis. Ook is aangetoond dat blootstelling aan NO₂ kan leiden tot een versterkte reactie op allergenen (Barck et al. 2005; Pattenden et al. 2006; Svartengren et al. 2000; Tunnicliffe et al. 1994).

Een recente meta-analyse laat zien dat kortdurende blootstelling aan NO₂ geassocieerd is met respiratoire en cardiovasculaire ziekenhuisopnames en sterfte (zowel aan respiratoire en cardiovasculaire aandoeningen als 'all cause'). (Mills et al. 2015; WHO 2013a). De Gezondheidsraad (2018) oordeelde dat de relatie tussen kortdurende blootstelling aan NO₂- en nadelige effecten op de luchtwegen is aangetoond. De relatie met hart- en vaatziekten is minder sterk, maar wel waarschijnlijk. Voor kortdurende blootstelling aan NO₂ zijn concentratie-effectrelaties bepaald voor de relatie met sterfte en met ziekenhuisopnames vanwege longziekten (zie Tabel 2).

Tabel 2. Concentratie-effectrelaties voor NO₂, kortetermijneffecten (Gezondheidsraad 2018b)

Blootstellingsmaat	Gezondheidsmaat	Relatief Risico (95% betrouwbaarheidsinterval) per 10 µg/m ³
1-uurs maximum	Mortaliteit, alle leeftijden	1,003 (1,002 – 1,004)
1-uurs maximum	Ziekenhuisopnames voor luchtwegaandoeningen, alle leeftijden	1,002 (0,999 – 1,004)
24-uurs maximum	Ziekenhuisopnames voor luchtwegaandoeningen, alle leeftijden	1,018 (1,011 – 1,025)

Voor langdurige blootstelling wordt een relatie gelegd met sterfte in de algemene bevolking en bronchitis-symptomen bij astmatische kinderen (WHO 2013b). Een recente meta-analyse naar de relatie tussen blootstelling aan verkeer en longkanker heeft de sterkte van deze associatie gedocumenteerd op basis van een groot aantal studies (Hamra et al. 2014). De Gezondheidsraad acht een relatie tussen blootstelling aan NO₂ en gezondheidseffecten (waarschijnlijk) bewezen voor de prevalentie van luchtwegklachten in kinderen en mortaliteit. Concentratie-effect-relaties hiervan staan in Tabel 3.

Tabel 3. Concentratie-effectrelaties voor NO₂, langetermijneffecten (Gezondheidsraad 2018b)

Blootstellingsmaat	Gezondheidsmaat	RR (95% betrouwbaarheidsinterval) per 10 µg/m ³
Jaarlijks gemiddelde	Prevalentie van luchtwegklachten in kinderen met astma (5-14 jaar)	1,021 (0,990 – 1,060) per 1 µg / m ³ toename
Jaarlijks gemiddelde > 20 µg / m ³	Mortaliteit boven de leeftijd van 30 jaar	1,055 (1,031 – 1,080)

In 2015 berekende het RIVM dat het levensduurverlies door (langdurige) luchtverontreiniging in Nederland gemiddeld dertien maanden is, waarvan ongeveer vier maanden door blootstelling aan mengsels vertegenwoordigd door NO₂ en negen maanden door fijn stof (PM10) (Fischer et al. 2015; Kamerstuk 2015). Zoals hierboven aangegeven, wordt dit waarschijnlijk gedeeltelijk verklaard door het effect van NO₂, en gedeeltelijk door andere verkeersgerelateerde stoffen, waarvoor NO₂ een indicator is.

Gezondheidseffecten zijn gevonden bij langdurige blootstelling aan concentraties NO₂ lager dan de wettelijke grenswaarde van 40 µg/m³ jaargemiddeld (Beelen et al. 2014; Dijkema et al. 2016b; Faustini et al. 2014; Fischer et al. 2015; Hamra et al. 2014; Raaschou-Nielsen et al. 2012; WHO 2013a). De Gezondheidsraad concludeerde in 2018 dat voor NO₂ geen drempelwaarde is vast te stellen waaronder geen gezondheidseffecten optreden. De gezondheidkundige advieswaarde van de WHO voor NO₂ (WHO 2004a) is even hoog als de wettelijke norm (40 µg/m³). De WHO benadrukt dat deze grenswaarde oorspronkelijk is opgesteld om te beschermen tegen effecten van NO₂ zelf. Voor NO₂ als

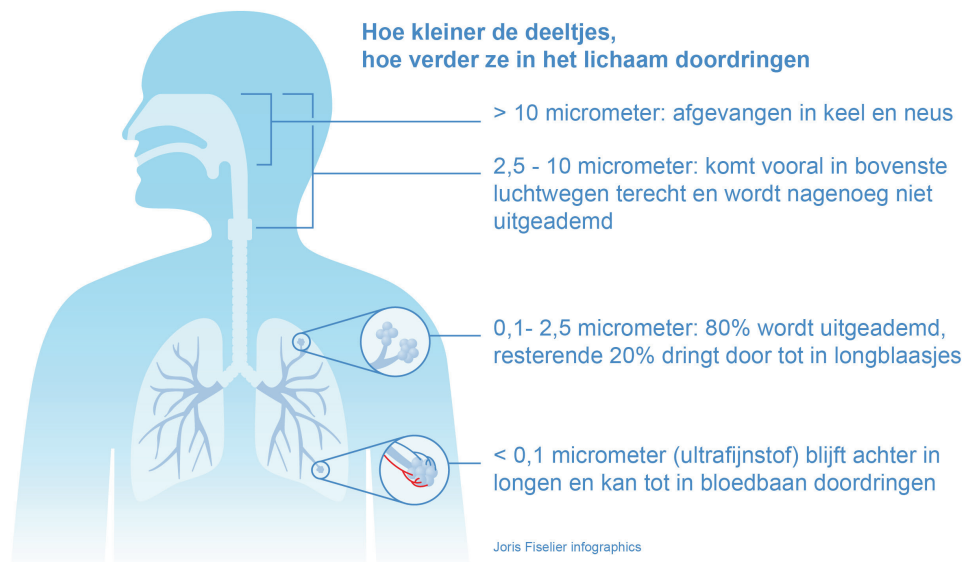
indicator voor stoffen die vrijkomen bij verbrandingsprocessen (en dus ook het verkeer), zou een lagere grenswaarde moeten worden vastgesteld (WHO 2013b). Op basis hiervan worden de gezondheidkundige advieswaarden van de WHO voor NO₂ (en fijn stof) momenteel herzien en zullen naar verwachting rond 2020 aangepast worden.

3.4 Fijn stof

In deze paragraaf worden de gezondheidseffecten van fijn stof besproken, beginnende met een beschrijving van het werkingsmechanisme. Er wordt onderscheid gemaakt tussen gezondheidseffecten ten gevolge van een korte blootstelling aan tijdelijke hoge concentraties fijn stof, ook wel piekconcentraties genoemd, en gezondheidseffecten ten gevolge van een jarenlange blootstelling aan lagere (gemiddelde) concentraties.

3.4.1 Werkingsmechanisme

Via inademing komt fijn stof terecht in de neus, de bovenste en onderste luchtwegen en in de longen. Hoe kleiner de diameter van het stof, hoe dieper dit de longen binnendringt. PM₁₀ kan bij inademen binnendringen tot in de bovenste luchtwegen, PM_{2,5} tot in de diepere luchtwegen en ultrafijn stof kan tot in de longblaasjes binnendringen en hier in het bloed worden opgenomen (zie Figuur 9).



Figuur 9. Hoe diep dringen verschillende deeltjes de luchtwegen binnen (Gezondheidsraad 2018b).

Er zijn verschillende hypothesen die verklaren waarom blootstelling aan fijn stof kan leiden tot effecten op de luchtwegen en hart en bloedvaten. In de longen kan fijn stof ontstekingsreacties veroorzaken en kan de zuurstofopname worden bemoeilijkt. Ook ontstaan er reactieve zuurstofdeeltjes die weefselschade tot gevolg kunnen hebben. Bij mensen met een lagere longgezondheid (bijvoorbeeld astma- en COPD-patiënten), kan dat op den duur fataal zijn.

Deze ontstekingsreacties, en de hierbij vrijgekomen radicaalverbindingen, kunnen zich ook via de bloedvaten naar de rest van het lichaam verspreiden. Dit kan leiden tot schade aan de bloedvaten, aderverkalking en het verstoren van de stollingsbalans van het bloed. Deze ontstekingsreacties kunnen mogelijk ook een effect hebben op het centraal zenuwstelsel, en zo neurologische aandoeningen zoals Alzheimer en Parkinson veroorzaken.

Daarnaast zijn er aanwijzingen dat fijn stof reacties kan aangaan met zenuwreceptoren in de longen. Dit zou het autonome zenuwstelsel kunnen beïnvloeden, en op deze manier een effect op hart en bloedvaten kunnen hebben.

Als laatste zijn er aanwijzingen dat ultrafijn stof in de longen direct in de bloedbaan kan worden opgenomen, of dat deze deeltjes via de reukzenuw van de neus naar de reukkolf (*bulbus olfactorius*) in de hersenen kunnen worden getransporteerd (Brook et al. 2010; Lucchini et al. 2012).

3.4.2 *Langdurige blootstelling aan fijn stof*

In het rapport van de Gezondheidsraad (2018) wordt geconcludeerd dat de volgende effecten een oorzakelijk verband hebben met langdurige blootstelling aan fijn stof:

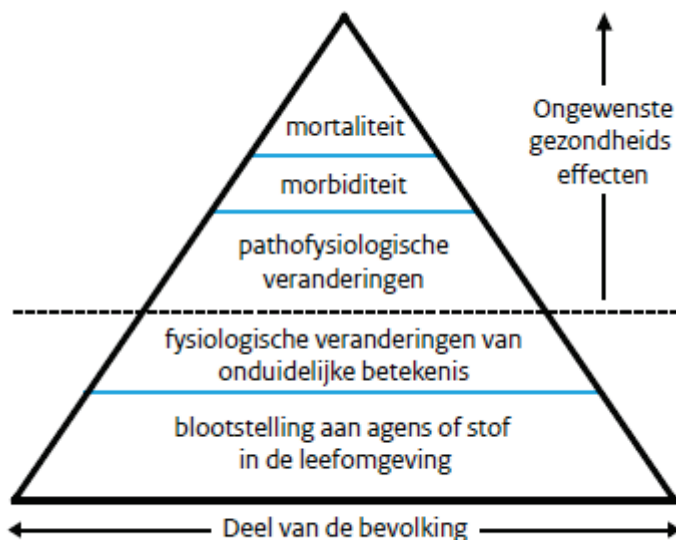
- Sterfte of verkorting van de levensduur;
- Hart- en vaatziekten, vaatvernauwing, verhoogde bloedstolling en verhoogde hartslag;
- Longkanker en chronisch, obstructieve longziekte (COPD), vermindering van de longfunctie, verergering (en ontstaan) van astma (vooral bij kinderen), toename van luchtwegklachten zoals piepen, hoesten en kortademigheid.

Effecten die ook geassocieerd worden met langdurige blootstelling aan fijn stof, maar waarvoor de wetenschappelijke onderbouwing nog onvoldoende is om ze als 'oorzakelijk' te classificeren (Gezondheidsraad 2018b):

- Verhoogd risico op diabetes;
- Neurologische aandoeningen zoals een verhoogd risico op Alzheimer, Parkinson;
- Minder goede geboorte-uitkomsten bij blootstelling van het ongeboren kind: onder andere verminderd geboortegewicht en vroeggeboorte. Het aantal studies dat associaties laat zien tussen geboorte-uitkomsten en fijn stof neemt de laatste jaren echter sterk toe.

Deze gezondheidseffecten zullen in de volgende paragrafen worden beschreven.

Effecten door blootstelling aan luchtverontreiniging op bijvoorbeeld hart en bloedvaten of longen kunnen zich uiten in merkbare gezondheidsklachten en chronische aandoeningen die de kwaliteit van het leven beïnvloeden, toename in medicijngebruik, ziekenhuisopnames en kunnen leiden tot vervroegde sterfte. Dit zal niet bij iedereen het geval zijn. Effecten treden vooral bij gevoelige groepen op (zie hoofdstuk 3.6). Er is als het ware sprake van een piramide (zie Figuur 10) (de Zwart et al. 2018).



Figuur 10. Verdeling van milieugerelateerde gezondheidseffecten over de bevolking. Bij blootstelling aan (ernstige) milieuverontreiniging treden bij relatief weinig mensen ongewenste gezondheidseffecten op, terwijl zich bij relatief veel mensen fysiologische veranderingen voordoen. De stippellijn geeft aan dat niet altijd duidelijk is vast te stellen wanneer fysiologische veranderingen overgaan in ongewenste gezondheidseffecten (Roels et al. 2014).

Ruim de helft van de totale sterfte door luchtverontreiniging wordt veroorzaakt door sterfte aan hart- en vaatziekten (WHO 2016). De ernst van de gezondheidseffecten hangt af van de hoogte en de duur van de blootstelling (WHO 2013b). Voor een overzicht van concentratie-responsrelaties tussen fijn stof en gezondheidseffecten die in het HRAPIE-project zijn vastgesteld, wordt verwezen naar paragraaf 3.7.

De effecten op lange en korte termijn lijken op elkaar, maar de langetermijneffecten zijn niet simpelweg de som van effecten van kortdurende blootstellingen. De mate waarin gezondheidsschade wordt veroorzaakt, is bij langetermijneffecten veel groter dan de effecten bij korte blootstellingen, omdat de omvang van de gezondheidseffecten wordt gedomineerd door het totaal aantal jaren levensverlies in de bevolking ten gevolge van langdurige blootstelling.

Geen drempelwaarde

Er wordt over het algemeen uitgegaan van een monotone relatie tussen de concentratie fijn stof en gezondheidseffecten; er is geen drempelwaarde waaronder geen effecten optreden. De reden hiervan is dat tot op het laagst onderzochte fijn stofniveau gezondheidseffecten zijn gevonden. Enkele recente studies laten effecten op sterfte zien bij concentraties lager dan 10 g/m^3 PM_{2,5} (Crouse et al. 2015; Crouse et al. 2012; Pinault et al. 2016; WHO 2013a). De WHO adviseerde in 2005 te streven naar een waarde van $20 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ PM₁₀ en $10 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ PM_{2,5} (WHO 2005), waarbij de advieswaarde voor PM_{2,5} leidend is. De gezondheidskundige advieswaarden van de WHO voor fijn stof liggen beduidend lager dan de huidige wettelijke grenswaarden (zie hoofdstuk 4)

die niet alleen op gezondheidkundige informatie zijn gebaseerd, maar waarbij ook economische en politieke argumenten een rol spelen. Aangezien de Europese grenswaarden in Nederland voor een belangrijk deel gehaald worden, vindt het grootste deel van de gezondheidseffecten van fijn stof dus onder de normen plaats. De WHO is momenteel bezig met een herziening van de advieswaarden voor fijn stof.

Levensduurverkorting

De afgelopen jaren is het aantal cohortstudies dat verkorting van de levensduur, vooral door sterfte aan hart- en vaatziekten en luchtwegziekten, relateert aan langdurige blootstelling aan relatief lage concentraties fijn stof (PM_{2,5}) sterk gestegen (Beelen et al. 2014; WHO 2013a). De blootstellings-effectrelatie wordt weergegeven in Tabel 4. De effecten op sterfte blijken voor te komen bij concentraties ver onder de Europese normen voor PM_{2,5} (Beelen et al. 2014; WHO 2013a). Nederlands onderzoek (Fischer, 2015a) laat zien dat door langdurige blootstelling aan PM₁₀ de verwachting van de levensduur van Nederlanders van dertig jaar en ouder gemiddeld met ongeveer negen maanden verkort wordt. Door blootstelling aan NO₂ wordt de levensduur met vier extra maanden verkort. Dus totaal is het levensduurverlies door luchtverontreiniging dertien maanden in Nederland (Fischer et al. 2015) en Kamerstuk 30175-219 (Kamerstuk 2015).

Niet alleen volwassenen kunnen overlijden door blootstelling aan fijn stof, ook sterfte van zeer jonge kinderen (0-12 maanden) wordt gerelateerd aan blootstelling aan PM₁₀ (zie Tabel 4) (WHO 2013a).

Luchtwegaandoeningen

Blootstelling aan fijn stof verhoogt de kans op luchtwegaandoeningen, bijvoorbeeld de kans op chronische bronchitis bij volwassenen (zie Tabel 4) (WHO 2013b). Luchtwegklachten door fijn stof kunnen ook leiden tot ziekenhuisopnames (WHO 2013a) (zie paragraaf 3.2.4).

Ook bij kinderen worden associaties gezien tussen blootstelling aan fijn stof of roet en luchtwegklachten, zoals respiratoire infecties, ontstaan en verergering van astma, chronische bronchitis, longontstekingen en een verminderde ontwikkeling van de longfunctie (zie Tabel 4) (Gehring et al. 2013; MacIntyre et al. 2014). Een verlaagde longfunctie als kind kan ook later in het leven leiden tot een verminderde conditie en een hoger risico op gezondheidsklachten en voortijdige sterfte (Gauderman et al. 2015). Een recente review liet zien dat er zowel voor roet als voor PM_{2,5} en PM₁₀ een relatie wordt gezien met het risico van ontwikkeling van astma (Khreis et al. 2017). Een eerdere review concludeerde dat langdurige blootstelling van kinderen aan roet (BC) en PM_{2,5} van verkeer (en ook NO₂, als indicator van verkeer gerelateerde luchtverontreiniging) geassocieerd is met het ontstaan van astma, mogelijk zelfs enkele jaren na blootstelling (Bowatte et al. 2015). Daarnaast werd blootstelling aan roet en PM_{2,5} geassocieerd met allergische sensitisatie en piepende ademhaling. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat allergenen in bijvoorbeeld pollen zich kunnen binden aan roetdeeltjes, waardoor er een aggregatie van allergenen en een IgE-gemedieerde reactie kan optreden (Bowatte et al. 2015).

Tabel 4: Concentratie-effectrelaties voor fijn stof (Gezondheidsraad 2018)

Blootstellingsmaat	Gezondheidsmaat	Relatief Risico (95% betrouwbaarheidsinterval) per 10 µg/m ³
PM2,5 daggemiddelde concentraties	Sterfte, alle (natuurlijke) doodsoorzaken, tot 30 jaar	1,062 (1,040-1,083)
PM10 daggemiddelde concentraties	Post-neonatale sterfte (1-12 maanden) aan alle (natuurlijke) doodsoorzaken	1,04 (1,02-1,07)
	Voorkomen van bronchitis bij kinderen van 6-12/18 jaar	1,08 (0,98-1,19)
	Incidentie van chronische bronchitis bij volwassenen (>18 jaar)	1,117 (1,040-1,189)

Longkanker

De afgelopen jaren is er meer bewijs gekomen dat langdurige blootstelling aan fijn stof longkanker kan veroorzaken (Raaschou-Nielsen et al. 2013; WHO 2013a). De *International Agency for Research on Cancer* (IARC) classificeerde dieselroet in 2012 als carcinogeen voor mensen (groep 1, IARC monograph 105, 2012). In 2016 heeft het IARC daarnaast het totale mengsel van verontreinigende stoffen in de buitenlucht als carcinogeen (groep 1) voor mensen geclassificeerd (IARC 2016).

Hart- en vaatziekten

Langdurige blootstelling aan PM2,5 en PM10 wordt geassocieerd met het optreden van acute hartinfarcten, ook bij concentraties onder de Europese normen (Cesaroni et al. 2014). Ook het optreden van een beroerte is geassocieerd met langdurige blootstelling aan PM2,5 en PM10. Dat geldt ook bij concentraties onder de Europese normen (Stafoggia et al. 2014).

Diabetes

Langdurige blootstelling aan fijn stof verhoogt mogelijk ook de kans op diabetes (Eze et al. 2015) en diabetesgerelateerde sterfte (Li et al. 2014). Het bewijs voor een associatie met diabetes is de laatste jaren toegenomen door de publicatie van enkele epidemiologische en mechanistische studies die deze associatie verder ondersteunen (WHO 2013a). Het biologisch mechanisme achter deze associaties is nog grotendeels onbekend.

Geboorte-uitkomsten

Blootstelling van de moeder aan luchtverontreiniging tijdens de zwangerschap kan nadelige gevolgen hebben voor de gezondheid van het kind (Ha et al. 2014). De eerste nadelige effecten ervan kunnen al optreden in de baarmoeder en continueren na de geboorte. Uiteindelijk kan dit leiden tot chronische ziekten op latere leeftijd en vervroegde sterfte. In de meeste studies waar onderzoek is gedaan naar de invloed van luchtverontreiniging op geboorte-uitkomsten hebben een relatie

gelegd met een vroegtijdige geboorte, een verlaagd geboortegewicht (ten opzichte van de zwangerschapsduur) en een verkleinde schedelomvang (als maat voor foetale groei). De extra kans op een vroegtijdige geboorte als gevolg van blootstelling aan luchtverontreiniging wordt in een review-artikel door Lamichhane geschat op 23% per 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ toename in PM10-niveaus (Lamichhane et al. 2015). Daarnaast is er een associatie gevonden tussen een afname van het geboortegewicht van ongeveer 10 g per toename van 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 (Dadvand et al. 2013; Lamichhane et al. 2015). Uit een groot Europees onderzoek (de ESCAPE-studie) blijkt dat blootstelling aan PM2,5-niveaus beneden de Europese grenswaarde van 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, al geassocieerd is met een lager geboortegewicht (Pedersen et al. 2013).

Ook Nederlands onderzoek, binnen de Generation R-studie in Rotterdam, toonde aan dat blootstelling van zwangere vrouwen aan luchtverontreiniging de kans op zwangerschapshypertensie, vroeggeboorte en een laag geboortegewicht verhoogt (van den Hooven et al. 2011; van den Hooven et al. 2012c). Een mogelijk mechanisme voor deze uitkomsten is het ontstaan van ontstekingsreacties bij moeder en foetus en invloed van luchtverontreiniging op de groei en functie van de placenta (van den Hooven et al. 2012a; van den Hooven et al. 2012b). De klinische betekenis van deze bevindingen is vooralsnog onbekend. Er moet meer onderzoek worden gedaan om zekerheid te krijgen over de relatie tussen luchtverontreiniging en foetale groei. Een beperkte foetale ontwikkeling zou geassocieerd zijn met nieraandoeningen en hypertensie op latere leeftijd en een laag geboortegewicht is een risico voor obesitas, astma en een verminderde longfunctie op latere leeftijd. Er zijn ook aanwijzingen voor andere effecten van prenatale blootstelling aan luchtverontreiniging, zoals een verminderde longontwikkeling (Korten et al. 2017; Veras et al. 2017).

Neurologische aandoeningen

Er zijn aanwijzingen dat blootstelling aan fijn stof kan bijdragen aan het ontstaan van neurologische aandoeningen. Het gaat dan zowel om versnelde achteruitgang/veroudering (bijvoorbeeld afname visueel-motorische vaardigheden, geheugen en leren) en het ontstaan van neurodegeneratieve aandoeningen bij volwassenen (zoals Alzheimer, dementie of Parkinson), als om verminderde ontwikkeling van het brein van de foetus of het kind. Bij kinderen zijn er associaties gevonden tussen blootstelling aan luchtverontreiniging en autisme, ADHD en verminderd cognitief functioneren (effecten op mentale ontwikkeling, IQ en algemene cognitie). Blootstellingen *in utero* kunnen mogelijk ook leiden tot een verminderde cognitieve ontwikkeling en achteruitgang later in het leven (Clifford et al. 2016; Heusinkveld et al. 2016; Power et al. 2016). Het mechanisme van het ontstaan van neurologische effecten door luchtverontreiniging is nog niet duidelijk. Een mogelijke route is dat ultrafijne deeltjes na inhalatie via de neus en de reukzenuw het centraal zenuwstelsel bereiken (directe route). Een andere mogelijkheid is dat deeltjes na depositie in de longen in het bloed terechtkomen en de bloed-hersenbarrière passeren (indirecte route). Als mogelijke mechanismen van het ontstaan van neurotoxiciteit in het brein worden onder andere oxidatieve stress, verstoring van metalen-evenwicht, verstoring van eiwit-evenwicht (eiwitstapeling), neuro-inflammatie en disruptie van de bloed-hersenbarrière genoemd (Heusinkveld et al. 2016).

3.4.3 Kortdurende verhoogde blootstelling aan fijn stof (enkele dagen tot een week)

Honderden epidemiologische studies naar effecten van kortdurende variaties in de blootstelling aan fijn stof leveren bewijs dat deze variaties samenhangen met dagelijkse variatie in gezondheidsklachten, medicijngebruik, ziekenhuisopnames en cardiovasculaire en respiratoire sterfte (Li et al. 2016; Luo et al. 2015; Shah et al. 2013; Shah et al. 2015; Zhao et al. 2016; Zheng et al. 2015). Voor de grovere fractie van 2,5-10 µm (PMcoarse) zijn er aanwijzingen voor een relatie met cardiovasculaire effecten, respiratoire effecten en vroegtijdige sterfte (WHO 2013a). De concentratie-effectrelaties voor deze aandoeningen staan weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5. Concentratie-effectrelaties voor de kortetermijn-gezondheidseffecten van fijn stof (Gezondheidsraad 2018b)

Blootstellingsmaat	Gezondheidsmaat	RR (95% betrouwbaarheidsinterval) per 10 µg/m ³
PM2,5, daggemiddelde concentraties	Sterfte, alle (natuurlijke) doodsoorzaken (verkeersslachtoffers, slachtoffers van misdrijven en dergelijke niet meegeteld), alle leeftijden	1,012 (1,005 – 1,020)
	Ziekenhuisopnames voor aandoeningen van hart en bloedvaten (inclusief beroerte), alle leeftijden	1,009 (1,002 – 1,017)
	Ziekenhuisopnames voor luchtwegaandoeningen, alle leeftijden	1,019 (0,998 – 1,040)
PM10, daggemiddelde concentraties	Incidentie van luchtwegklachten bij astmatische kinderen van 5-19 jaar	1,028 (1,006 – 1,051)

Bij de meeste personen verdwijnen gezondheidsklachten door piekconcentraties zodra de luchtverontreiniging afneemt. In sommige gevallen gaat het echter om blijvende schade, bijvoorbeeld blijvende schade ten gevolge van het hartinfarct. Voor de toename in sterfte wordt de term 'vroegtijdige sterfte door kortetermijnblootstelling' gebruikt, omdat het gaat om het eerder sterven dan het geval zou zijn geweest wanneer er geen kortdurende hoge blootstelling was opgetreden. Vervroegd overlijden komt vrijwel niet voor bij gezonde mensen, maar meestal bij oudere mensen die al verzwakt zijn door een hart- of longziekte, en daarnaast bij heel jonge kinderen met nog onvoldoende weerstand (Pope and Dockery 2006). Bij de eerste studieresultaten die een effect aantoonde tussen concentraties fijn stof en dagelijkse sterfte, dachten wetenschappers dat het slechts zou gaan om enkele dagen eerder sterven. Hiervoor wordt de term 'harvesting' gebruikt, het sterven van fragiele mensen die toch al op het punt stonden om te overlijden. Latere studies tonen echter aan dat vroegtijdige sterfte door kortdurende fijn stof blootstelling niet alleen het resultaat is van 'harvesting'. Slachtoffers van kortdurende hoge blootstelling aan fijn stof overlijden enkele maanden eerder dan

wanneer zij niet waren blootgesteld aan verhoogde concentraties fijn stof (Schwartz et al. 2001; Zanobetti et al. 2003; Zeger et al. 1999).

Omdat de fijn stofniveaus en het niveau van de pieken sinds begin jaren negentig dalen (Hoogerbrugge et al. 2016), neemt ook de hoeveelheid voortijdige sterfte door een kortdurende piekblootstelling af. Circa twee procent van de spoedopnamen voor long- en hart- en vaataandoeningen en twee procent van alle sterfte in Nederland was in 2013 het gevolg van kortdurende blootstelling aan luchtverontreiniging (CLO 2015).

3.4.4 *Zeer kortdurende blootstelling aan fijn stof*

Effecten door kortdurende blootstelling aan luchtverontreiniging kunnen ook worden veroorzaakt door de verhoogde blootstelling van verkeersdeelnemers. Enkele studies laten zien dat hartinfarcten meer voorkomen na slechts enkele uren blootstelling in het verkeer (Peters 2005; Pope and Dockery 2006). Nederlands onderzoek laat zien dat blootstelling van fietsers, automobilisten en busreizigers aan aantallen deeltjes en roet geassocieerd is met veranderingen in de longfunctie en luchtwegweerstand (Zuurbier et al. 2011). Een recente studie liet al binnen twee uur na blootstelling aan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging veranderingen in plasma zien die wijzen op schade aan longen, hart, nieren en hersenen (Krauskopf et al. 2018).

3.5 **Benzeen**

Benzeen is een cirkelvormige koolwaterstof die hoofdzakelijk wordt uitgestoten door het wegverkeer. Andere bronnen zijn houtkachels en open haarden. Ruim de helft van het benzeen in de lucht is afkomstig uit het buitenland. Blootstelling aan benzeen vindt voornamelijk plaats via inademing. Benzeen is door het IARC geclassificeerd als carcinogeen voor mensen (groep 1)(IARC 2012). Benzeen veroorzaakt acute myeloïde leukemie en is daarnaast in verband gebracht met acute en chronische lymfatische leukemie, non-Hodgkin-lymfoom en multipel myeloom. Omdat benzeen kankerverwekkend is, is er geen veilige concentratie waaronder geen effecten voorkomen. Er kan altijd gezondheidswinst worden behaald door reductie van de uitstoot.

Uit cohort-onderzoek naar de beroepsmatige blootstelling aan benzeen (8 uur per dag, 5 dagen per week, gedurende 40 jaar) is een verhoogd risico van tussen de 0.036 en 5.1 extra gevallen van leukemie per duizend werknemers berekend bij een blootstelling aan gemiddeld 3,2 mg/m³ benzeen. Dit zijn concentraties die in de leefomgeving eigenlijk niet voorkomen.

Op basis van de beschikbare gegevens heeft de WHO een risicoschatting gemaakt. Het verwaarloosbaar risico (de concentratie in de lucht waarbij de extra kans op kanker bij levenslange blootstelling 1 op de miljoen is) ligt bij een concentratie van 0.17 µg/m³ benzeen. Het maximaal toelaatbaar risico (een extra kans op kanker bij levenslange blootstelling van 1 op de 100.000) is bepaald op een niveau van 1,7 µg/m³. (WHO 2000). In Nederland ligt de concentratie benzeen in de buitenlucht regionaal gemiddeld rond de 0,3 µg/m³ in het noorden en rond de 0,6 µg/m³ in het zuiden. In de steden ligt de concentratie rond de 1 µg/m³.

Alleen zeer lokaal wordt het maximaal toelaatbaar risico overschreden (Velders et al. 2017).

3.6 Hooggevoelige groepen

Bij langdurige blootstelling aan luchtverontreiniging loopt iedereen, dus ook gezonde volwassenen, een risico. Toch geldt dat een aantal groepen extra kwetsbaar is (Bell et al. 2013; Mannucci et al. 2015; O'Neill et al. 2012; Pope and Dockery 2006; WHO 2004a). De Gezondheidsraad heeft de volgende hooggevoelige groepen geïdentificeerd, op basis van de *Integrated Science Assessments* van de *Environmental Protection Agency*:

- ouderen (boven de 65 jaar) voor fijn stof, NO₂ en ozon;
- kinderen (onder de 18 jaar) voor fijn stof, NO₂ en ozon;
- astmapatiënten voor fijn stof, NO₂ en ozon;
- mensen met bestaande hart- en vaatandoeningen voor fijn stof;
- mensen met genetische aanleg, en mensen met een verlaagde vitamine C- en E-inname voor ozon.

De gevoeligheid van ouderen voor fijn stof wordt niet alleen veroorzaakt doordat chronische longziekten en hart- en vaatziekten vaker bij ouderen voorkomen. Veroudering heeft op zichzelf ook effecten op de luchtwegen en longen, doordat ouderen al hun hele leven zijn blootgesteld aan omgevingsfactoren (inclusief luchtverontreiniging), en vanwege luchtweginfecties die ze hebben doorgemaakt. Dit heeft gevolgen voor onder andere zuurstofopname, longfunctie en borst- en longspieren, wat de gevoeligheid voor luchtverontreiniging weer verhoogt (Dusseldorp et al. 2015).

Ten opzichte van volwassenen zijn kinderen extra kwetsbaar voor blootstelling aan luchtverontreiniging (WHO 2004b), omdat kinderen:

- relatief veel lucht inademen (in verhouding tot hun lichaamsgewicht);
- kleinere longen en luchtwegen hebben;
- luchtwegen en longblaasjes hebben die nog in ontwikkeling zijn;
- meer tijd in de buitenlucht verblijven;
- meer bewegen in de buitenlucht door sport en spel;
- vaker astma hebben;
- vaker acute luchtweginfecties hebben;
- nog een zich ontwikkelend zenuwstelsel hebben (zie paragraaf 3.4.2).

Blootstelling aan fijn stof kan leiden tot sterfte aan luchtweginfecties bij pasgeborenen (Pope and Dockery 2006). Ook voor effecten op de ontwikkeling van het zenuwstelsel lijken kinderen (inclusief het ongeboren kind) extra gevoelig.

De toename van het aantal studies dat wijst op een associatie tussen blootstelling aan fijn stof en effecten op het ongeboren kind, is een argument om ook zwangeren aan te merken als hooggevoelige groep (ondanks dat de wetenschappelijke onderbouwing voor een oorzakelijk verband nog niet geheel sluitend is).

Naast hooggevoelige groepen benoemt de Gezondheidsraad ook 'hoogblootgestelde' groepen als hoogrisicogroep voor

luchtverontreiniging. Deze groep wordt in het Gezondheidsraadadvies als volgt gedefinieerd: 'Een verhoogde blootstelling hebben vooral mensen die wonen, werken of anderszins langdurig verblijven op plaatsen met relatief veel luchtverontreiniging. Veelal gaat het om een combinatie van risicofactoren die elkaars werking kunnen versterken. Zo kan luchtverontreiniging astma verergeren, in combinatie met bijvoorbeeld roken of slechte woonomstandigheden.' (Gezondheidsraad 2018b)

3.7

Gezondheidseffecten luchtverontreiniging in context

Milieufactoren veroorzaken in Nederland ongeveer 6% van de ziektelast. Ruim driekwart daarvan wordt veroorzaakt door luchtverontreiniging. Het effect van luchtverontreiniging is qua ziektelast ongeveer vergelijkbaar met het effect van overgewicht (5%) en groter dan het effect van overmatig alcoholgebruik (3%) of het eten van te weinig fruit of groente (2%). In Nederland, Europa en wereldwijd staat buitenluchtverontreiniging op de negende plaats als oorzaak van levensduurverkorting en ziektelast (Maas et al. 2015). Maas et al. (2015) geeft een uitgebreid overzicht van de berekende ziektelast door PM_{2,5} in Nederland, gebaseerd op relatieve risicocijfers uit WHO-studies REVIHAAP en HRAPIE en de ESCAPE-studie (zie Tabel 6) (Pedersen et al. 2013; WHO 2013a; WHO 2013b).

Tabel 6. Omvang van een aantal aan fijn stof (PM_{2,5}) en NO₂ gerelateerde ziektebeelden in 2013 ten opzichte van de situatie zonder luchtverontreiniging. De getallen kennen een onzekerheidsmarge: voor de schatting van de levensduurverkorting is deze ca. 30%; voor de andere effectmaten is deze groter (Maas et al. 2015).

Gezondheidsindicator	Ziektelast door fijn stof en NO₂	Aandeel in de totale ziektelast
<i>Vroegtijdige sterfte bij blootstelling gedurende gehele levensduur</i>		
Levensduurverkorting bij langjarige blootstelling	13 maanden per persoon gemiddeld	
<i>Jaarlijkse gezondheidseffecten die daarnaast optreden</i>		
Postneonatale sterfte	13 per jaar	8% van de totale postneonatale sterfte
Bronchitisklachten onder kinderen met luchtwegaandoeningen (aantal kinderen)	12.400	15% van kinderen met klachten; 1% van alle kinderen
Jaarlijks aantal nieuwe gevallen van chronische bronchitis bij volwassenen	6.900	21% van alle bronchitispatiënten; <0,1% onder alle volwassenen
Aantal vroegtijdige doden door verhoogde dagelijkse niveaus PM ₁₀ en O ₃	2.400	2% van alle jaarlijkse sterftegevallen
Ziekenhuisspoedopnamen voor hart/vaatklachten	2.600	1% van alle klinische opnamen voor hart- en vaatklachten
Ziekenhuisspoedopnamen voor luchtwegklachten	2.200	2% van alle klinische opnamen voor luchtwegklachten

Gezondheidsindicator	Ziektelast door fijn stof en NO₂	Aandeel in de totale ziektelast
Werkverzuim (dagen)	4.500.000	6% van het totale verzuimdagen
Aantal dagen met klachten bij kinderen met astma	500.000	6% van het totale aantal astmaklachten onder astmatische kinderen
Dagen met beperkte lichamelijke activiteit (inclusief werkverzuim, ziekenhuisspoedopnames, dagen met klachten)	20.000.000	6% van het totale jaarlijks aantal dagen met beperkte activiteit (gemiddeld is dat 1 dag per jaar door luchtverontreiniging)
Laag geboortegewicht (<2500g)	2.400	21% van alle lage geboortegewichten (1% van alle geboortes)
Longkanker	1.200	11% van alle longkankersterfte

Zoals in voorgaande paragrafen is geschetst, wordt een causale relatie tussen luchtverontreiniging en diverse gezondheidseffecten ondersteund door een combinatie van epidemiologische en toxicologische studies. Bovendien is er sprake van steeds meer inzicht in werkingsmechanismen en concentratie-responsfuncties. De WHO-studies REVIHAAP en HRAPIE, het HEI-rapport en het IARC-rapport en de recente publicatie van de *Global Burden of Disease* (Cohen et al. 2017) en de Gezondheidsraad (Gezondheidsraad 2018) geven een goed inzicht in de bewijslast voor verschillende gezondheidssuitkomsten. Voor sommige gezondheidseffecten zijn met behulp van deze concentratie-responsfuncties de lokale effecten door te rekenen (zie paragraaf 5.5).

Studies tonen ook aan dat als de blootstelling aan luchtverontreiniging wordt vermindert, de effecten van luchtverontreiniging in de algemene bevolking ook sterk afnemen. Onderzoek in de VS laat zien dat verbeteringen van de luchtkwaliteit sinds de jaren negentig geassocieerd zijn met een toename van de levensverwachting (Correia et al. 2013; Pope et al. 2009), vermindering van bronchitis-symptomen (Berhane et al. 2016) en verbetering van de longfunctie (Gauderman et al. 2015) bij kinderen. In een Japans onderzoek naar het effect van een maatregel ter vermindering van de dieseluitstoot van auto's, werden afnames van de totale sterfte en sterfte aan hart- en vaatziekten, ischemische hartziekten, cerebrovasculaire aandoeningen, longaandoeningen en longkanker gevonden (Yorifuji et al. 2016). In het REVIHAAP-rapport (WHO 2013a) wordt een nader overzicht gegeven van studies die gezondheidswinst laten zien van verbetering van de luchtkwaliteit (zowel door maatregelen als ongeplande afnames van de luchtverontreiniging). Inzetten op een afname van luchtverontreiniging is dus een bewezen, effectieve maatregel om de volksgezondheid te verbeteren.

4 Toetsingskader

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de internationale en nationale wet- en regelgeving op het gebied van luchtkwaliteit. Hierbij zal eerst ingegaan worden op de Europese regelgeving, daarna op de huidige Nederlandse regelgeving in de Wet milieubeheer en vervolgens op de nieuw in te voeren Omgevingswet. De Europese regelgeving blijft gelden, ook onder de Omgevingswet.

Bij het schrijven van deze richtlijn is de Wet milieubeheer (specifiek artikel 5.2, luchtkwaliteitseisen) nog de leidende wetgeving op dit gebied. Op het moment van schrijven is echter de Omgevingswet in voorbereiding. De bedoeling is dat deze in 2021 in werking zal treden. Wat de Omgevingswet zal betekenen voor de rol van de GGD, is nog onduidelijk. Dit hoofdstuk zal een beknopte samenvatting geven van de huidige wet- en regelgeving. Daarnaast zal ook kort worden ingegaan op de nieuwe Omgevingswet.

4.2 Europese wetgeving

In 2008 zijn verschillende Europese richtlijnen rondom luchtverontreiniging samengegaan in de richtlijn 2008/50/EG (Europese Unie 2008). Hierin worden voor ozon, zwaveldioxide, stikstofdioxide, benzeen, koolmonoxide, lood, benzo[a]pyreen, PM10 en PM2,5 grens- en/of streefwaarden voorgeschreven, waar de lidstaten zich aan dienen te houden. Grenswaarden moeten binnen een bepaalde termijn worden bereikt, en mogen ook niet meer overschreden worden als deze gehaald zijn. Streefwaarden moeten voor zover mogelijk binnen een bepaalde termijn bereikt worden. Het betreft bij streefwaarden dus een inspanningsverplichting.

Tevens wordt in de Europese richtlijn beschreven:

- hoe deze waarden moeten worden gemeten;
- aan welke kwaliteitseisen de modellen moeten voldoen;
- op welke termijn aan deze waarden moet worden voldaan;
- dat het publiek geïnformeerd dient te worden over de luchtverontreiniging in hun woonomgeving en
- hoe dient te worden gewerkt bij grensoverschrijdende problematiek.

Het is belangrijk om hierbij op te merken dat voor de rapportage naar de EU de meetgegevens van het luchtmeetnet worden gebruikt. Voor de monitoring van het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL, zie paragraaf 2.3) vormen berekeningen de basis. Knelpunten worden meestal geïdentificeerd aan de hand van de berekeningen. Als op een locatie overschrijdingen worden gemeten volgens EU-voorschriften, kunnen deze standhouden bij wettelijke toetsing. Het kan echter moeilijk en duur zijn om aan de EU-voorschriften voor metingen te voldoen (zie paragraaf 2.5).

4.2.1 *Stikstofdioxide (NO₂)*

Er zijn in Nederland voor stikstofdioxide twee EU-grenswaarden van kracht: een jaargemiddelde van 40 µg/m³ en een uurgemiddelde grenswaarde van 200 µg/m³. De uurgemiddelde grenswaarde mag niet vaker dan achttien keer per jaar worden overschreden. De EU-grenswaarden zijn gelijk aan de WHO-advieswaarden. De grenswaarden in Tabel 7 zijn sinds 1 januari 2015 van kracht.

Stikstofoxiden en het Programma Aanpak Stikstofoxiden (PAS)

Voor stikstofoxiden (de som van stikstofmonoxide en stikstofdioxide) geldt een jaargemiddelde grenswaarde van 30 µg/m³ in gebieden met een oppervlakte van ten minste 1000 km² die gelegen zijn op een afstand van ten minste 20 km van agglomeraties of ten minste 5 km van andere gebieden met bebouwing, inrichtingen, autosnelwegen of hoofdwegen waar meer dan 50.000 voertuigen/etmaal van gebruikmaken. Deze grenswaarden zijn opgesteld ter bescherming van de vegetatie in deze gebieden.

Het PAS is opgesteld om de stikstofdepositie in Natura 2000-gebieden terug te dringen. De aanpak richt zich hierbij op aanpak van de bronnen van stikstofverbindingen zoals stikstofoxiden en ammoniak en het uitvoeren van herstelwerkzaamheden aan stikstofgevoelige natuur. Vragen hierover kunnen soms bij de afdelingen medische milieukunde van de GGD'en terecht komen, maar die hebben hier geen rol in.

4.2.2 *Fijn stof*

Voor fijn stof zijn zowel normen gesteld voor de concentraties van PM₁₀ als PM_{2,5}.

Voor PM₁₀ is een jaargemiddelde EU-grenswaarde van 40 µg/m³ vastgesteld, en een 24-uursgemiddelde van 50 µg/m³ dat maximaal 35 keer per jaar overschreden mag worden. Uit analyses van langjarige gemiddelden van PM₁₀ is een relatie vastgesteld tussen het aantal keer dat het 24-uursgemiddelde wordt overschreden en de jaargemiddelde concentratie. Uit deze analyse blijkt dat de grenswaarde voor het 24-uurgemiddelde leidt tot een afgeleide jaargemiddelde grenswaarde van ongeveer 31,2 µg/m³ (RIVM 2013). In dit getal is nog geen zeezoutaftrek verdisconteerd. Omdat deze waarde het meest strikt is, is deze waarde leidend in beleid. De WHO heeft een gezondheidkundige advieswaarde opgesteld voor PM₁₀ van 20 µg/m³ (jaargemiddeld). De WHO geeft wel aan dat de gezondheidkundige advieswaarde voor PM_{2,5} leidend is.

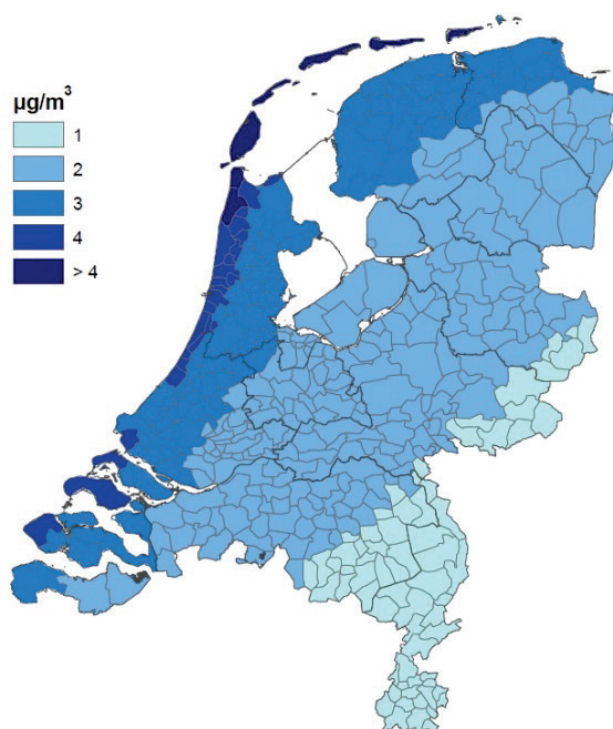
Sinds 1 januari 2015 is voor PM_{2,5} een jaargemiddelde EU-grenswaarde van kracht van 25 µg/m³. Daarnaast is een indicatieve grenswaarde van kracht van 20 µg/m³. De indicatieve grenswaarde zou door de Europese commissie worden herzien op basis van een evaluatie die plaats zou vinden in 2013. Deze evaluatie heeft echter nooit plaatsgevonden. In Nederland is de indicatieve grenswaarde daarom niet in regelgeving geïmplementeerd. Op dit moment wordt overal in Nederland ruimschoots voldaan aan de EU-grenswaarde en de indicatieve grenswaarde. De grenswaarden voor PM₁₀ zijn een stuk strenger dan die voor PM_{2,5}. Hierdoor hebben de grenswaarden voor PM_{2,5} in de praktijk geen toegevoegde waarde. De WHO heeft een gezondheidkundige advieswaarde van 10 µg/m³ vastgesteld voor PM_{2,5}.

Naast deze grenswaarde gelden voor PM_{2,5} ook Europese normeringen voor de gemiddelde blootstellingsindex (GBI). Deze normeringen zijn alleen voor de landelijke overheid relevant, lokale overheden hoeven hier niet aan te toetsen. De GBI is gebaseerd op metingen van de landelijke, stedelijke achtergrondconcentratie. Deze is uitgedrukt als het voortschrijdende gemiddelde van de jaargemiddelden van de gemeten concentraties, berekend over drie jaar. Hiervoor geldt met ingang van 1 januari 2015 een blootstellingsconcentratieverplichting van 20 µg/m³, die in 2020 (het gemiddelde over 2018, 2019 en 2020) zou moeten zijn gehaald. Vanaf 1 januari 2020 geldt bovendien een EU-streefwaarde voor deze driejaarsgemiddelde blootstellingsconcentratie van 14,4 µg/m³ (Mooibroek et al. 2013).

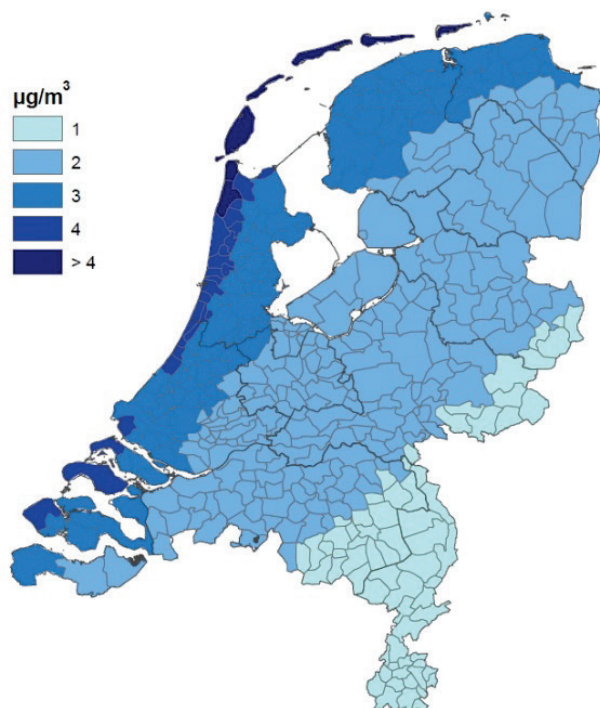
Zeezoutaftrek

Voor toetsing aan de norm mag de concentratie PM₁₀ gecorrigeerd worden voor de hoeveelheid zout die van nature of door strooien bij winterweer in de lucht voorkomt. In Nederland heeft dit de vorm gekregen van de zeezoutaftrek. Voor Nederland is voor iedere gemeente de gemiddelde concentratie zeezout in de lucht bepaald. Bij de bepaling van de jaargemiddelde concentratie PM₁₀ mag deze bijdrage van de concentratie afgetrokken worden (zie Figuur 10). Voor de jaargemiddelde concentratie betekent dit een correctie van 1 µg/m³ in Limburg, en 5 µg/m³ in enkele kustgemeenten (Hoogerbrugge et al. 2012). Ook betekent dit dat het 24-uursgemiddelde 2 tot 4 extra dagen overschreden mag worden (zie Figuur 11). Voor PM_{2,5} geldt geen zeezoutaftrek.

De zeezoutaftrek heeft geen gezondheidskundige basis. De concentratie-responscurves voor luchtverontreiniging zijn gebaseerd op de totale concentraties luchtverontreiniging, inclusief zeezout. Bij het adviseren en berekenen van de gezondheidseffecten van fijn stof, adviseert de GGD daarom om deze zeezoutaftrek niet toe te passen.



Figuur 10. De gemodelleerde gemiddelde zeezoutconcentratie voor de periode 2008-2010 (Hoogerbrugge et al. 2012)



Figuur 11. Het aantal overschrijdingsdagen dat afgetrokken kan worden vanwege de contributie van zeezout (Hoogerbrugge et al. 2012)

Herziening WHO-advieswaarden

De WHO-advieswaarden voor fijn stof worden momenteel herzien. Het is de verwachting dat deze herziening in 2020 gereed zal zijn.

4.2.3 *Benzeen*

Sinds 1 januari 2010 geldt voor benzeen een jaargemiddelde grenswaarde van $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De WHO heeft voor benzeen het verwaarloosbare risico vastgesteld (het risico waarbij de kans op gezondheidseffecten voor de bevolking bij levenslange blootstelling 1:1.000.000 is). Dit ligt op $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en is gebaseerd op de relatie tussen blootstelling aan benzeen en leukemie.

4.2.4 *Samenvatting EU-grenswaarden en WHO-advieswaarden*

In Tabel 7 is een samenvatting van de EU-grenswaarden en de WHO-advieswaarden weergegeven.

Tabel 7. EU-grenswaarden en WHO-advieswaarden voor NO_2 , fijn stof en benzeen

Stof	Norm	Concentratie	Status
NO_2	Uurgemiddelde (mag maximaal 18 keer per jaar worden overschreden)	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	EU-Grenswaarde / WHO-advieswaarde
NO_2	Jaargemiddelde	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	EU-Grenswaarde / WHO-advieswaarde
PM10	24-uurgemiddelde (mag maximaal 35 keer per jaar worden overschreden)	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	EU-Grenswaarde/ WHO-advieswaarde
PM10	Jaargemiddelde	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	EU-Grenswaarde
PM10	Jaargemiddelde	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	WHO-advieswaarde
PM2,5	Jaargemiddelde	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	EU-Grenswaarde
PM2,5	Jaargemiddelde	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	EU-indicatieve grenswaarde
PM2,5	Gemiddelde blootstellingsindex	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	EU-Grenswaarde
PM2,5	Gemiddelde blootstellingsindex	$14,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$	EU-streefwaarde
PM2,5	Jaargemiddelde	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	WHO-advieswaarde
PM2,5	24-uurgemiddelde	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	WHO-advieswaarde
Benzeen	Jaargemiddelde	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	EU-Grenswaarde
Benzeen	Verwaarloosbaar risico	$0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$	WHO-advieswaarde

4.3 **Wet milieubeheer en Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL)**

4.3.1 *Wet milieubeheer*

De belangrijkste regels over luchtkwaliteit staan in artikel 5.2 van de Wet milieubeheer. Hier zijn de luchtkwaliteitsnormen opgenomen, die gebaseerd zijn op de Europese richtlijnen. Artikel 5.2 van de Wet milieubeheer vertaalt ook de Europese richtlijnen voor het beoordelen van de luchtkwaliteit, de rapportage hierover en de maatregelen naar de Nederlandse situatie. De beoordeling, rapportage en maatregelen zijn grotendeels vastgelegd in het Nederlands Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL).

4.3.2 *Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL)*

Het NSL is het samenwerkingsprogramma tussen de Rijksoverheid, provincies en gemeenten waarbinnen de concentraties van NO₂, PM10 en PM2,5 worden gemonitord en maatregelen worden geregistreerd, met als doel om te voldoen aan de Europese grenswaarden voor PM10 en NO₂ (zie paragraaf 2.5.3).

Het NSL is opgezet omdat Nederland voor PM10 en NO₂ niet aan de Europese grenswaarden voldeed. Met het NSL kreeg Nederland uitstel voor het behalen van deze grenswaarden, tot 11 juni 2011 voor PM10 en 1 januari 2015 voor NO₂. Het NSL bevat een reeks van maatregelen die door de overheden uitgevoerd moeten worden, en startte een monitoringsstelsel (zie paragraaf 2.5.3). Het NSL liep oorspronkelijk door tot 1 augustus 2014, maar is voor een deel van Nederland verlengd tot het invoeren van de Omgevingswet. Gebieden die wel met het verlengde NSL meedoen zijn Gelderland, Utrecht, Zuid-Holland, Noord-Holland, Noord-Brabant en Limburg.

Niet in Betekenende Mate

Ruimtelijke projecten hoeven geen uitgebreid luchtkwaliteitsonderzoek uitvoeren (compenserende maatregelen te hebben), als ze 'niet in betekenende mate' (NIBM) voor een verslechtering van de luchtkwaliteit zorgen. Dit houdt in dat een project of activiteit maximaal 3% van de jaargemiddelde concentraties PM10 of NO₂ bijdraagt (1,2 µg/m³ voor beide stoffen). Hiervoor is de NIBM-tool beschikbaar (<https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/slag/hulpmiddelen/nibm-tool/>). Wel moeten NIBM-projecten zich houden aan andere regelgeving.

Besluit gevoelige bestemmingen

In 2009 is het Besluit gevoelige bestemmingen in werking getreden. Volgens dit besluit moet luchtkwaliteitsonderzoek uitgevoerd worden als een gevoelige bestemming gepland is binnen 50 meter van de rand van een provinciale en binnen 300 meter van de rand van een rijksweg. Dit onderzoek moet zich baseren op de berekende luchtkwaliteit in het jaar waarin de gevoelige bestemming in bedrijf wordt genomen. Hierbij mag het totaal aantal mensen in een gevoelige bestemming niet toenemen als de normen voor PM10 en NO₂ overschreden (dreigen te) worden. Bij een uitbreiding van een gevoelige bestemming mag het aantal mensen niet met meer dan 10% toenemen. Als dit wel het geval is, is er geen verbod om over te gaan tot verbouw, maar moet dit wel goed gemotiveerd worden. Gevoelige bestemmingen zijn in dit geval

gedefinieerd als scholen, kinderdagverblijven, en verzorgings-, verpleeg- en bejaardentehuizen.

Doordat in Nederland de normen voor PM10 en NO₂ bijna overal gehaald worden, heeft dit Besluit in de praktijk geen toegevoegde waarde.

Gemeenten kunnen zelf aanvullend gevoelige bestemmingenbeleid formuleren, een aantal gemeenten doen dat ook al (zie paragraaf 5.1.1).

4.4 Omgevingswet

De Omgevingswet is een stelselherziening van het omgevingsrecht. Het doel van de wet is om een stelsel op te bouwen met makkelijke, eenvoudige regels voor de fysieke leefomgeving. Aan de Omgevingswet hangen vier Algemene Maatregelen van Bestuur (AMvBs): het Omgevingsbesluit, kwaliteit leefomgeving, Activiteiten Leefomgeving en Bouwwerken Leefomgeving. Ook volgt nog een ministeriële regeling, waarin de regels nog verder uitgewerkt worden. Daarnaast worden nog vier aanvullingswetten opgesteld op hoofdthema's, te weten grond, bodem, natuur en geluid. Luchtkwaliteitsnormen staan met name in het Besluit Kwaliteit Leefomgeving. De verwachting is dat de AMvBs in 2018 worden gepubliceerd. Pas dan zullen de wettelijke kaders voor luchtverontreiniging helder worden. Wel zijn de concept-AMvBs al gepubliceerd, zodat wel al duidelijk is welke richting de Omgevingswet zal volgen. De planning is dat de Omgevingswet in 2021 in werking treedt.

4.4.1 Luchtverontreiniging in de Omgevingswet

Welk effect de Omgevingswet op de regelgeving rondom luchtverontreiniging zal hebben is niet helemaal duidelijk. In principe staat het gemeenten vrij om zelf normen (omgevingswaarden) voor luchtverontreiniging vast te stellen. Rijk, provincies en gemeenten kunnen hierin echter niet soepeler zijn dan de EU-grenswaarden. Ook wanneer voldaan wordt aan de Europese normering vinden gezondheidseffecten door luchtverontreiniging plaats. Gemeenten kunnen daarom gebruikmaken van de mogelijkheid om strengere omgevingswaarden in te stellen dan vastgelegd door provincie of rijksoverheid. Ook kunnen zij omgevingswaarden opstellen voor stoffen waarvoor geen rijksomgevingswaarde geldt, zoals roet. Op deze manier kunnen gemeenten een integrale afweging maken waarin ook gezondheid is meegewogen.

5 Advisering door de GGD

Advisering door de GGD met betrekking tot luchtkwaliteit vindt meestal plaats in een van de volgende situaties:

1. Aan een gemeente bij ruimtelijke planvorming (bouwprojecten, herbestemmen, verkeerscirculatieplannen, als deel van een Omgevingsplan enzovoort) (beleidsadviesing);
2. Aan een gemeente bij het opstellen van luchtkwaliteitsbeleid (uitvoering NSL, voortkomend uit een Omgevingsvisie, als programma onder de Omgevingswet of voortkomend uit andere eigen (politieke) ambities) (beleidsadviesing);
3. Aan een bewoner (meldingen) of bewonersgroep (voorlichting) naar aanleiding van bezorgdheid of ervaren overlast en/of gezondheidseffecten.

Er zijn ook mengvormen denkbaar. Ten behoeve van de overzichtelijkheid maken we in dit hoofdstuk onderscheid tussen bovengenoemde situaties. Voor iedere situatie wordt beschreven hoe deze vanuit de GGD kan worden aangepakt, met daarbij een inhoudelijke onderbouwing.

Voor bepaalde thema's zijn in deze richtlijn kaders met GGD-adviezen opgenomen. Deze adviezen zijn opgesteld door de Werkgroep Lucht van de Vakgroep Milieu en Gezondheid (GGD GHOR Nederland) en zijn ten behoeve van de GGD-adviesing in de praktijk ook als losse bladen te downloaden via het cGM online platform milieu en gezondheid (cgm.healthandsafety.nl, zoekterm: titel van het kader).

Vanzelfsprekend is een andere aanpak of andere inhoudelijke afweging mogelijk; lever waar mogelijk maatwerk.

5.1 Beleidsadviesing Ruimtelijke Planvorming

Luchtkwaliteit kan een rol spelen bij ruimtelijke planvorming. De term ruimtelijke planvorming heeft betrekking op alle infrastructurele, (steden)bouwkundige en omgevingsplannen. Dat kan dus gaan over nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen (nieuwe wijk, nieuwe weg), maar ook over een herziening van het verkeerscirculatieplan, het herbestemmen van leegstaande kantoorpanden, vervangende nieuwbouw, het bouwen van een school op de plek van een voormalig bejaardencentrum enzovoort. Ook structuurvisies, bestemmingsplannen en de omgevingsvisies en -plannen die in het kader van de Omgevingswet worden opgesteld, vallen onder ruimtelijke planvorming.

Luchtkwaliteit is in ruimtelijke planvorming meestal niet het hoofddoel of thema, maar een van de vele facetten die een rol spelen bij een goede leefomgevingskwaliteit (wat bovendien in veel ruimtelijke plannen moet concurreren met andere belangen als economie, wonen, mobiliteit enzovoort). Advisering van de GGD is in dergelijke processen vaak integraal, en richt zich op alle gezondheidswinst die te behalen is door een optimaal ingerichte fysieke omgeving. Belangrijke uitgangspunten hierbij zijn:

- een brede definitie van gezondheid, 'het vermogen zich aan te passen en een eigen regie te voeren, in het licht van de fysieke, emotionele en sociale uitdagingen van het leven' (Huber et al. 2011);
- een gezonde leefomgeving beschermt én bevordert de gezondheid;
- alle beleid en maatregelen die bijdragen aan een gezonde leefomgeving zijn positief – ook als het einddoel (nog) niet of slechts ten dele gehaald wordt.

In de ruimtelijke inrichting is een integrale afweging waarin naast luchtkwaliteit ook andere voor de gezondheid essentiële factoren (zoals milieu, beweegvriendelijkheid, fysieke veiligheid, toegankelijkheid voor minder validen enzovoort) een rol spelen essentieel. Suggesties hiervoor worden onder andere gegeven in 'Kernwaarden voor een Gezonde Leefomgeving'. Deze en andere handreikingen ten behoeve van integrale advisering bij ruimtelijke planvorming worden momenteel door (onder andere) RIVM en GGD GHOR Nederland opgesteld in de voorbereiding op de Omgevingswet, en zijn beschikbaar via GGD GHOR Kennisnet (www.ggdghorkennisnet.nl/thema/omgevingswet) en de RIVM Gids Gezonde Leefomgeving (www.gezondeleefomgeving.nl/instrumenten). In deze richtlijn beperken we ons tot enkele specifieke zaken wat betreft lucht.

Een belangrijk argument om ruimtelijke plannen te optimaliseren voor wat betreft lucht – ook als er geen sprake is van (dreigende) normoverschrijding – is de grote gezondheidswinst die er te behalen is: luchtverontreiniging is in Nederland de omgevingsfactor met veruit de meeste gezondheidsimpact, omdat er ook bij concentraties onder de wettelijke normen gezondheidseffecten zijn en omdat de hele bevolking is blootgesteld (Gezondheidsraad 2016). Dit betekent dat het belangrijk is om de luchtkwaliteit mee te nemen in ruimtelijke plannen, ook als er geen sprake is van (dreigende) normoverschrijding.

GGD adviseert: Neem maatregelen om de luchtkwaliteit te verbeteren, ook onder de norm

Er wordt vaak gedacht dat de gezondheid geborgd is als aan de Europese grenswaarden voor luchtkwaliteit is voldaan. Dat klopt niet. De gezondheidseffecten door luchtverontreiniging in Nederland worden vrijwel geheel veroorzaakt door concentraties onder de grenswaarden. Elke verbetering van de luchtkwaliteit betekent gezondheidswinst. De GGD vindt het daarom belangrijk om te blijven werken aan een verbetering van de luchtkwaliteit, ook als de Europese grenswaarden zijn gehaald.

Europese normen beschermen gezondheid onvoldoende

De Europese grenswaarden voor de luchtkwaliteit zijn bedoeld om de gezondheid van de bevolking te beschermen. Deze grenswaarden (en zelfs de WHO-advieswaarden) vormen echter een compromis tussen wat vanuit gezondheidsperspectief wenselijk is, wat technisch mogelijk is en wat economisch en politiek haalbaar is. Voor de relatie tussen de concentraties luchtverontreiniging en gezondheidseffecten, is er geen drempelwaarde bekend waaronder geen effecten optreden. Dus geldt: 'hoe schoner, hoe gezonder'. De huidige Europese normen voor de luchtkwaliteit vormen daarom geen veilig niveau. Ook onder deze grenswaarden worden gezondheidseffecten gezien, zoals effecten op de luchtwegen en effecten op hart en bloedvaten.

Veel gezondheidswinst te behalen door verbetering luchtkwaliteit onder de norm

In Nederland wordt vrijwel overal aan de Europese normen voor luchtkwaliteit voldaan. Toch levert luchtverontreiniging een aanzienlijke bijdrage aan de ziektelast in Nederland. Naar schatting is 4,5% van de ziektelast in Nederland toe te schrijven aan de huidige luchtkwaliteit. Qua orde-grootte is die bijdrage vergelijkbaar met meeroken, ongezond eten, gebrek aan beweging en alcoholgebruik.

Meer dan 99,9 procent van de totale ziektelast door luchtverontreiniging in Nederland treedt op bij concentraties die voldoen aan de Europese normen. Dit betekent dat elke verbetering van de luchtkwaliteit, ook als deze voldoet aan de norm, gezondheidswinst oplevert. Het merendeel van de 17 miljoen inwoners van Nederland woont in gebieden waar geen sprake is van normoverschrijding van de grenswaarden. De meeste gezondheidswinst is dan ook te behalen door de blootstelling van *iedereen* te verminderen.

GGD-advies

De GGD adviseert te werken aan verbetering van de luchtkwaliteit, ook als aan de Europese normen wordt voldaan. Elke verbetering van de luchtkwaliteit levert gezondheidswinst op.

5.1.1 *Beleid Gevoelige Bestemmingen*

Een goede manier om blootstelling aan luchtverontreiniging te beperken is om de plekken waar men verblijft niet te laten samenvallen met de plekken waar veel luchtverontreiniging optreedt, dit geldt met name voor hooggevoelige groepen (zie paragraaf 3.6) (Giles et al. 2011). Dit kan bijvoorbeeld door middel van afstandsbeleid voor voorzieningen waar hooggevoelige groepen verblijven (zie paragraaf 3.6). Recent adviseerde

de Gezondheidsraad: 'Naast de brongerichte aanpak op lokaal niveau, pleit de commissie ook voor een "gevoeligebestemmingenbeleid". Dat houdt in dat in ruimtelijke plannen de ligging of bouw van voorzieningen voor kinderen, ouderen en andere "hooggevoelige" groepen, op locaties met verhoogde blootstelling aan luchtverontreiniging voorkomen wordt. Dit sluit aan op een eerdere aanbeveling van de Gezondheidsraad.' (Gezondheidsraad 2018b)

De Nederlandse wetgeving heeft een minimale vorm van dergelijk beleid (in het Besluit gevoelige bestemmingen, zie paragraaf 4.3.2), maar deze zal niet in de Omgevingswet worden opgenomen. In de Nota van Toelichting (bij het concept Ontwerpbesluit van juni 2017) staat hierover: 'Het Besluit gevoelige bestemmingen (luchtkwaliteitseisen) vervalt, omdat de werking ervan uitdooft als overal aan de grenswaarden moet worden voldaan. Ook biedt de wet de mogelijkheid om te sturen op het toelaten van nieuwe gevoelige gebouwen of uitbreidingen op bepaalde locaties vanuit het oogpunt van gezondheid.' Het voorbeeld van gevoelige bestemmingen nabij drukke wegen wordt zo aangehaald bij de mogelijkheden die gemeenten hebben om zaken in hun eigen omgevingsplan op te nemen.

Op GGD GHOR Kennisnet heeft de Werkgroep Lucht van de Vakgroep Milieu en Gezondheid (GGD GHOR Nederland) een dossier Gevoelige Bestemmingen Luchtkwaliteit aangemaakt waarin het vastgestelde beleid van de gemeenten met een Beleid Gevoelige Bestemmingen terug is te vinden: <https://www.ggdghorkennisnet.nl/thema/gezondheid-en-milieu/dossiers/134>

Verscheidende Nederlandse gemeenten hebben in de afgelopen jaren beleid gevormd waarmee (bepaalde) gevoelige bestemmingen worden beschermd en/of (nieuwe) situaties worden voorkomen. Deze gemeenten hebben, op basis van de lokale situatie en bestuurlijke afwegingen, eigen beleid geformuleerd. Het is dus niet in iedere gemeente gelijk.

Het stellen van gemeentelijk beleid ligt tevens in de lijn van de toelichtende brief van Staatssecretaris Atsma (uit 2012), bij het vaststellen van het Besluit gevoelige bestemmingen (zie paragraaf 4.3.2), waarin hij stelt dat de vestiging van gevoelige bestemmingen op lokaal niveau beoordeeld moet worden.

GGD'en kunnen een belangrijke adviesrol spelen in deze beoordeling en/of verankering hiervan in beleid.

Gevoeligheid van een bestemming

In het Nederlands milieubeleid worden regelmatig 'gevoelige bestemmingen' apart beschermd. In het geval van luchtkwaliteit definieert het Besluit gevoelige bestemmingen de gevoelige bestemmingen als gebouwen die geheel of gedeeltelijk bestemd of in gebruik zijn ten behoeve van basisonderwijs, voortgezet onderwijs of overig onderwijs aan minderjarigen, kinderopvang, verzorgingstehuis, verpleegtehuis of bejaardentehuis. Dit betreffen echter niet de enige bestemmingen waar mensen die extra gevoelig (kwetsbaar) zijn voor luchtverontreiniging (zie paragraaf 3.6) verblijven en gedurende

relevante periode blootgesteld worden. Woningen ontbreken bijvoorbeeld.

Om de gevoeligheid van een bestemming zoals een sportveld of speeltuin te kunnen afwegen, kan gebruik worden gemaakt van het scoresysteem in Bijlage 2, Gevoeligheidsscore ruimtelijke objecten. Gevoelige objecten (rood in het scoresysteem) dienen te worden geplaatst in een zone met een goede luchtkwaliteit om gezondheidsproblemen te voorkomen. Niet-gevoelige objecten (groen in het scoresysteem) leveren in een zone met een ongunstige luchtkwaliteit weinig tot geen gezondheidsproblemen op. Ook zijn er objecten die extra aandacht verdienen (oranje in het scoresysteem). Bij voorkeur worden deze geplaatst in een zone met goede luchtkwaliteit, maar in sommige gevallen kan het extra risico op gezondheidsproblemen aanvaardbaar zijn.

Afstand en verkeersintensiteit in plaats van toetsing concentraties

De WHO concludeert in de REVIHAAP-rapportage dat de geobserveerde gezondheidseffecten nabij drukke wegen (zie paragraaf 3.2), niet kunnen worden toegeschreven aan één of enkele componenten van het luchtverontreinigingsmengsel. Dit betekent dat door middel van regulatie van één of enkele van deze component(en) niet de gewenste gezondheidsbescherming kan worden verkregen. Het houden van afstand is dan het beste alternatief (Giles et al. 2011), alhoewel het bepalen van de juiste afstand ingewikkeld is.

De invloed van verkeer op luchtkwaliteit en gezondheid is tot op een afstand van honderden meters van snelwegen merkbaar, een 'veilige afstand' is niet aan te geven (Fischer et al. 2007; Gezondheidsraad 2008; WHO 2013a). Wel is bekend dat de concentratie verkeersgerelateerde luchtverontreiniging snel afneemt met toenemende afstand tot de weg (zie Figuur 6, paragraaf 2.4.2). De invloed van een weg is dus tot op honderden meters afstand meetbaar, en terug te zien in gezondheidseffecten; een beleidsmatige keuze voor een afstand zal echter altijd arbitrair blijven. In het Besluit gevoelige bestemmingen (zie paragraaf 4.3.2) wordt uitgegaan van een zone van 300 meter tot de snelweg waarbinnen getoetst moet worden. Het GGD-advies in deze richtlijn sluit om praktische redenen bij deze afstand aan. Beleid wordt niet alleen gemaakt vanuit gezondheidskundige overwegingen. Veelal treden er bij het hanteren van een 300 meter-zone praktische bezwaren op vanuit het ruimtelijk beleid; in samenspraak met de lokale GGD kan een gemeente dan uitkomen op een afwijkende beschermingszone en/of de exacte bestemmingen waarop het beleid van toepassing is. De gemeente Utrecht hanteert bijvoorbeeld een afstand van minstens 100 meter, bij voorkeur 300 meter. In Rotterdam is de lokale Beleidsregel Luchtkwaliteit gericht op de zone van 100 meter van de snelweg, en beperkt tot scholen en kinderdagverblijven.

Het Besluit gevoelige bestemmingen schrijft ook een toetsingsverplichting voor bij gevoelige bestemmingen binnen 50 meter van provinciale wegen. Het GGD-advies richt zich op de drukte van de weg in plaats van de wegbeheerder, aangezien ook veel gemeentelijke wegen als druk beschouwd kunnen worden. Juist langs de gemeentelijke drukke wegen vallen blootstelling en langdurig verblijf vaak samen, en door beleid gericht op het beperken van deze blootstelling kan veel gezondheidswinst

behaald worden. Net als in veel gezondheidsstudies (zie paragraaf 3.2) is een drukke weg gedefinieerd als een weg met verkeersintensiteit van meer dan 10.000 mvt/etmaal. De gezondheidseffecten worden gezien bij mensen die direct aan deze wegen verblijven (hoogblootgestelden), daarom richt het GGD-advies zich op de eerstelijnsbebouwing van wegen met meer dan 10.000 mvt/etmaal. Wanneer de eerstelijnsbebouwing zich op grotere afstand van de weg bevindt, is de invloed van de weg beperkter. Het GGD-advies zegt daarom, zich wederom ook aansluitend bij het Besluit, geen gevoelige bestemmingen te plaatsen in de eerstelijnsbebouwing binnen een afstand van 50 meter van de rand van een (gemeentelijke of provinciale) weg met meer dan 10.000 mvt/etmaal. In samenspraak met de gemeente kan een lokale GGD hierover aanvullend advies opnemen, in de Amsterdamse Richtlijn Gevoelige Bestemmingen is bijvoorbeeld opgenomen dat wanneer de eerstelijnsbebouwing zich verder dan 50 meter van de (binnenstedelijke) weg bevindt, de richtlijn niet van toepassing is en de bestemming dus wat betreft luchtkwaliteit gerealiseerd kan worden.

Een vaak gehoord argument om geen beleid voor gevoelige bestemmingen op te stellen, is dat het wagenpark steeds schoner wordt. Het klopt dat nieuwe voertuigen lagere emissies hebben, de concentraties van veel luchtverontreinigende stoffen zijn in de afgelopen decennia dan ook gedaald. Er worden echter ook op dit moment wetenschappelijke studies gepubliceerd die duiden op de gezondheidseffecten van langdurig verblijven in de buurt van drukke wegen (zie paragraaf 3.2). Alhoewel er enige vertraging optreedt tussen het uitvoeren van een studie en publicatie ervan, en wetenschappelijke inzichten dus altijd betrekking hebben op de in de realiteit voorkomende concentraties van enkele tijd geleden, is er op dit moment daarom geen reden de afstanden aan te passen. Een gemeente kan in samenspraak met de GGD een zekere tijdelijkheid op het beleid van toepassing laten zijn. Een Nederlandse gemeente overweegt hiertoe bijvoorbeeld het beleid te koppelen aan het al dan niet voldoen aan de WHO-advieswaarden voor luchtkwaliteit.

GGD adviseert: Gevoelige bestemmingen op afstand van drukke wegen

Gezondheidsrisico's van omwonenden nemen toe naarmate de afstand tot de weg kleiner is, ook wanneer de luchtkwaliteit daar aan de Europese grenswaarden voldoet. Woningen en voorzieningen waar kinderen, ouderen of mensen met een zwakke gezondheid langdurig verblijven moeten daarom op ruime afstand van drukke wegen worden gerealiseerd.

Afstand en verkeersintensiteit in plaats van concentraties

Epidemiologische studies laten zien dat mensen die langdurig dicht in de buurt van een rijksweg of drukke binnenstedelijke weg (meer dan 10.000 voertuigen per etmaal) verblijven (hoogblootgestelden) een groter risico hebben op negatieve gezondheidseffecten. De invloed van verkeer op luchtkwaliteit en gezondheid is tot op een afstand van honderden meters van een snelweg merkbaar. Gezondheidseffecten nabij drukke wegen worden niet veroorzaakt door één of enkele componenten van het luchtverontreinigingsmengsel en regulatie hiervan kan daarom niet tot de gewenste gezondheidsbescherming leiden.

Houd voor gevoelige bestemmingen afstand tot drukke (snel)wegen

Kinderen, ouderen en mensen met een zwakke gezondheid zijn extra gevoelig voor de effecten van luchtverontreiniging. Om gezondheidseffecten van luchtverontreiniging te voorkomen, zouden bestemmingen waar deze mensen langere tijd verblijven niet in de buurt van drukke wegen gebouwd moeten worden.

Ook woningen als gevoelige bestemming aanmerken

Doel van een beleid voor gevoelige bestemmingen is het beschermen van extra kwetsbare mensen. Voor luchtkwaliteit gaat het dan om kinderen, ouderen en mensen met een zwakke gezondheid. De GGD vindt dat naast scholen, kinderdagverblijven, bejaarden-, verzorgings- en verpleeghuizen ook woningen als gevoelige bestemming aangemerkt zouden moeten worden. Mensen die tot de hooggevoelige groepen behoren, verblijven immers vaak langer in hun woningen dan in de eerdergenoemde voorzieningen die specifiek op deze doelgroepen gericht zijn.

GGD-advies

Vanwege bovenstaande redenen adviseren GGD'en om afstand te houden tussen voorzieningen waar langdurig verblijf van hooggevoelige groepen plaatsvindt en drukke wegen.

- Niet binnen 300 meter van de snelweg, onafhankelijk van de vraag of aan de wettelijke grenswaarden wordt voldaan.
- Niet in de eerstelijns bebouwing binnen 50 meter van drukke wegen, waarbij 'druk' is gedefinieerd als een verkeersintensiteit van meer dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal.

Beleid wordt niet alleen gemaakt vanuit gezondheidskundige overwegingen. We erkennen het voorkomen van praktische bezwaren. Een lokale GGD kan daarom in samenspraak met de gemeente bepalen of met betrekking tot de beschermingszone, de bestemmingen en tijdelijkheid een advies op maat mogelijk is.

Bovenstaand advies verschilt van het advies in de GGD-richtlijn 'luchtkwaliteit en gezondheid' uit 2008. Waar het advies zich in 2008 beperkte tot voorzieningen bedoeld voor kwetsbare groepen richt het zich nu, in lijn met bijvoorbeeld het advies van de Gezondheidsraad (2018) en in de geest van de Omgevingswet, op alle voorzieningen waar hooggevoelige mensen langdurig verblijven. Daarnaast bleek de formulering van de afstandsgrens in het advies uit 2008 verwarring op te roepen. In zowel de toelichting als het advies is dit nu verduidelijkt.

Het in deze paragraaf besproken gevoelige bestemmingenbeleid richt zich uitsluitend op verkeer. Wanneer er andere bronnen van belang zijn (zoals industrie of veehouderij) kunnen afstandszones ook uitkomst bieden. Hier is echter in nog sterkere mate maatwerk nodig, en biedt een integraal advies (inclusief thema's als geur- en geluidhinder) vrijwel altijd meerwaarde.

5.1.2 *Luchtkwaliteit in de m.e.r.*

Voor plannen en besluiten die belangrijke nadelige gevolgen voor het milieu (kunnen) hebben wordt vaak een milieueffectrapportage (m.e.r.)-procedure doorlopen, met als doel het milieu een volwaardige plaats te geven in de besluitvorming over plannen en projecten. Voor een zorgvuldige afweging bevat het milieueffectrapport (MER) alternatieve oplossingen met bijbehorende milieueffecten. De verantwoordelijke overheid (Rijk, provincie, gemeente, waterschap) neemt het rapport mee in haar overwegingen bij de besluitvorming. De Commissie voor de milieueffectrapportage brengt adviezen uit in het kader van de m.e.r. Naast de m.e.r. bij concrete projecten (project-m.e.r.) bestaat er ook een plan-m.e.r. voor plannen die kaderstellend zijn voor een m.e.r.- (beoordelings)plichtige activiteit. Zo is bijvoorbeeld een bestemmingsplan m.e.r.-plichtig als binnen dat plan de vestiging van een veehouderij of een nieuwe weg wordt mogelijk gemaakt.

De m.e.r. vloeit voort uit Europese regelgeving en is in Nederland geregeld in de Wet milieubeheer en het Besluit m.e.r. Een m.e.r. kan voortkomen uit wettelijke verplichtingen of vrijwillig opgestart worden. Voor sommige activiteiten is het verplicht om een m.e.r. of m.e.r.-beoordeling (een formele beoordeling waaruit blijkt of een m.e.r. nodig is) uit te voeren, maar voor veel activiteiten is dit niet het geval. Na inwerkingtreding van de Omgevingswet is de m.e.r. geregeld in deze wet en het bijbehorende Omgevingsbesluit. Ook de Commissie voor de m.e.r. heeft hierin een wettelijke basis.

Uitgebreide en actuele informatie over de milieueffectrapportage en de bijbehorende procedures is te vinden op de websites van Kenniscentrum InfoMil (<https://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale/mer/>) en de Commissie voor de milieueffectrapportage (<http://www.commissiemer.nl/>).

GGD-advisering bij een m.e.r.

Een m.e.r.-procedure omvat verschillende fases waarin een GGD kan adviseren om luchtkwaliteit, en de gezondheidsgevolgen daarvan, goed mee te nemen. Het is het meest effectief om reeds in gesprek te zijn in het voortraject. De GGD kan het bevoegd gezag dan bijvoorbeeld adviseren, op basis van een inschatting van de (gezondheids)effecten,

om wel of geen apart hoofdstuk over gezondheid mee te nemen en tot het einde van het project in gesprek te blijven.

De afbakening van het onderzoek (de zogenoemde notitie reikwijdte & detailniveau, afgekort als NRD) is een belangrijke fase bij het opstellen van een milieueffectrapportage omdat het bepaalt of er voldoende informatie op tafel wordt gebracht om het milieubelang volwaardig te kunnen meewegen. De reikwijdte bepaalt welke alternatieven onderzocht moeten worden (bijvoorbeeld alternatieve locaties voor een inrichting, alternatieven voor de ruimtelijke uitwerking enzovoort) en welke milieuaspecten van belang zijn. Het detailniveau beschrijft hoe uitgebreid het onderzoek moet zijn en op welke manier het wordt uitgevoerd. De GGD kan hierbij adviseren aan de initiatiefnemer en/of het bevoegd bezag over de mate van detail waarop de luchtkwaliteitseffecten onderzocht moeten worden, of alleen de milieueffecten of ook de gezondheidseffecten bepaald moeten worden, of de effecten kwalitatief of kwantitatief moeten worden bepaald en met welke methode(n) dit het best gedaan kan worden (zie paragraaf 5.5). Het voorstel is vaak om een GES uit te voeren, maar dit is voor luchtkwaliteit zelden een goede keuze, gezien de grove klasseindeling (zie paragraaf 5.5.1).

De GGD kan ook adviseren over de presentatie van de resultaten. Als er verschillende alternatieven worden vergeleken is het goed om te beschikken over verschilkaarten naast/in plaats van (de gebruikelijke) kaarten met de absolute uitkomsten van berekeningen.

De commissie voor de m.e.r. adviseert sterk een gezondheidsparagraaf op te nemen, de GGD kan het bevoegd gezag hierbij ondersteunen door de gezondheidskundige interpretatie van de resultaten te geven. De GGD kan daarnaast gezondheidsbescherming borgen door te adviseren over de monitoring en evaluatie. Een m.e.r. vindt plaats op basis van het plan en de daarbij gehanteerde uitgangspunten, er worden afspraken gemaakt over monitoring en evaluatie na realisatie. Dit betekent dat de trends en ontwikkelingen in monitoringresultaten beschouwd worden en naast de in het MER beschreven verwachtingen worden gelegd. Concreet: is de ontwikkeling van de luchtkwaliteit of de emissie van wegverkeer echt zo gunstig als dat ten tijde van het opstellen van het MER werd verwacht? De GGD kan er in deze fase zorg voor dragen dat vooraf duidelijk is wat de consequenties van de evaluatie kunnen zijn: bij niet realiseren van doelstellingen worden aanvullende compenserende en/of mitigerende maatregelen (concreet maken) genomen. De monitoring is hierbij van essentieel belang en advisering omtrent een voor een goede evaluatie passende monitoring is dus belangrijk (zie paragraaf 2.5).

5.1.3 *Slimme Ruimtelijke Inrichting*

In de ruimtelijke inrichting kun je, naast het níet bouwen van bepaalde objecten op bepaalde plekken (Beleid Gevoelige Bestemmingen), ook op een slimme manier rekening houden met de typische eigenschappen van luchtverontreiniging. In deze paragraaf bespreken we enkele principes; slimme ruimtelijke inrichting is echter per definitie maatwerk en dus niet een op een over te nemen.

Afstand

Een van de kenmerken van verkeersgerelateerde luchtverontreiniging is dat de gehalten vervuiling op de weg het hoogst zijn en met afstand van de weg snel afnemen. Dat betekent dat maatregelen die de fysieke afstand tussen gemotoriseerd verkeer en weggebruikers als fietser, wandelaar of een op de stoep spelend kind vergroten direct de blootstelling van die weggebruikers verkleinen (zie paragraaf 2.4.2). Dit kun je vanzelfsprekend bereiken door bijvoorbeeld een geheel vrij liggende fietsroute, of een speeltuin in een autovrij park of bromfietzers weren van het fietspad. Maar dat is niet altijd mogelijk of wenselijk. Een slim ontwerp van een wegprofiel met bijvoorbeeld een groenstrook tussen rijbaan en fietspad in plaats van een middenberm en fietsstrook direct aan de rijbaan kan ook enige verbetering bieden.

Aangename Zijde

In een stedelijke omgeving zijn de gehalten luchtverontreiniging in verkeersluwe straten vergelijkbaar met die in de parken, terwijl deze in straten met veel verkeer tot ongeveer een factor twee hoger kunnen zijn (Boogaard et al. 2011). Voor hoogblootgestelde groepen, zoals bewoners of gebruikers van panden gelegen aan drukke straten, kan de schonere zijde een uitkomst zijn. De plek waar de verse buitenlucht door het ventilatiesysteem wordt aangezogen, hoort bijvoorbeeld aan deze kant. Daarnaast ligt de kinderslaapkamer bij voorkeur aan de minst belaste zijde en ligt bij schoolgebouwen of kinderdagverblijven het schoolplein en de speelplaats aan de minst belaste zijde.

Bij ruimtelijke inrichting kan actief worden ingezet op een aangename zijde door verkeer zoveel mogelijk te bundelen over een beperkt aantal straten en de andere straten autoluw(er) te maken. De afblaas van de afzuigkap van een aan deze straat gelegen snackbar (of in verband met koolmonoxide nog relevanter: *shisha*-lounge) moet dan natuurlijk ook niet aan de aangename zijde uitkomen. Overigens is dit principe afkomstig uit het geluidsbeleid, waar het bewezen effectief is (de Kluizenaar et al. 2013; van Kempen and van Beek 2013).

De slimste manier om bij te dragen aan gezonde lucht is om beleid te combineren. Veel gemeenten zijn bezig met (ruimtelijk) beleid om bewegen te promoten. Bijvoorbeeld vanuit doelstellingen uit overgewichtpreventie. Het stimuleren van actief vervoer (wandelen, fietsen) is een van de meest effectieve manieren om mensen meer te laten bewegen. Bovendien betekent iedere fiets- in plaats van autokilometer ook minder uitstoot en dus gezondere lucht. Vergelijkbare combinaties kunnen worden gemaakt met klimaatbeleid (CO₂-uitstoot-vrije bussen rijden niet op diesel), beleid ter vergroting van de leefbaarheid (waar gespeeld wordt rijden geen vrachtwagens) en toegankelijkheid (een prettige buurt voor een rolstoeler met een goed voorzieningsniveau is ook heel prettig te voet of met de fiets).

5.1.4

Mitigatiemaatregelen: filteren van luchtverontreiniging

Eén mitigatiemaatregel komt vaak ter sprake bij advisering bij ruimtelijke inrichting in het algemeen en bij toepassing van Gevoelige Bestemmingen Beleid in het bijzonder: filtering of zuivering van buitenlucht in scholen, locaties voor kinderopvang of woningen.

Zuivering van buitenlucht voordat deze wordt ingeademd, vooral door extra gevoelige personen, lijkt een uitkomst. Er zijn dan ook veel verschillende zuiveringsapparaten en filtersystemen verkrijgbaar (Beko et al. 2008; Clausen 2004; McCarthy et al. 2013; Polidori et al. 2013; Seppanen and Fisk 2002; van der Zee et al. 2017).

Mechanische ventilatie met filtertoepassing

Het aanzuigen van de buitenlucht met behulp van mechanische ventilatiesystemen met fijnmazige filters kan een effectieve manier zijn om de concentraties fijn stof- en roet in de binnenlucht te verlagen (McCarthy et al. 2013; Polidori et al. 2013; van der Zee et al. 2017). Daarbij hebben zogenoemde F9-filters de voorkeur, omdat deze het meest effectief ook de ultrafijne deeltjes tegenhouden.

Overigens is de normering en classificering veranderd; sinds 1 januari 2017 geldt de ISO 16890-3 standaard. Dat is een internationale standaard, die zowel in Europa als de VS is ingevoerd. Vanaf 1 juli 2018 geldt niet meer de NEN779-normering (met typering van filters in G (grof), M (medium) en F (fijn) in combinatie met een cijfer), maar de ISO 16890-normering. De filters worden dan ingedeeld in ISOePM10, ISOePM2,5 en ISOePM1 met daarachter een aanduiding van de efficiency voor die deeltjesgrootte, waarbij de ondergrens steeds 0,3 μm bedraagt. F9-filters komen dan overeen met een ISOePM1-rendement van >80%. De effectiviteit van deze filtersystemen neemt toe naarmate een groter deel van de buitenlucht via dit filter wordt aangezogen. In de praktijk dringt namelijk ook altijd ongefilterde lucht door in de binnenlucht, via deuren en ramen, maar ook via kieren en naden. Alhoewel (vergaande) technische oplossingen denkbaar zijn (bijvoorbeeld het afdichten van kieren en ramen permanent afsluiten in combinatie met mechanische koeling) bieden deze maatregelen slechts deels een oplossing, al was het maar omdat de deur immers regelmatig open moet om mensen toegang te verschaffen.

Diverse studies hebben aangetoond dat filtersystemen de binnenluchtkwaliteit kunnen verbeteren. De effectiviteit op langere termijn valt of staat echter met regelmatig onderhoud en regelmatige vervanging van de filters. Wanneer de filters niet tijdig worden vervangen, kunnen er micro-organismen op de filters gaan groeien die vervolgens in de binnenlucht terechtkomen. Hierdoor kan vervolgens geuroverlast ontstaan (Beko et al. 2008). Studies bij werknemers hebben daarnaast een verband aangetoond tussen verouderde filters en luchtwegklachten (Clausen 2004; Seppanen and Fisk 2002). Het dichtslibben van filters leidt er ook toe dat de weerstand toeneemt waardoor de hoeveelheid aangezogen buitenlucht afneemt. Om binnenklimaatredenen is dit niet wenselijk (zie bijvoorbeeld GGD-richtlijn Beoordeling van ventilatie en ventilatievoorzieningen van woningen (Duijm et al. 2010)). Overbeladen filters kunnen daarnaast scheuren, waardoor zij in het geheel niet meer filteren (en het op het filter aanwezige stof door het ventilatiesysteem naar de binnenruimtes kan worden verspreid).

Overigens geldt dat ventilatiesystemen vrijwel altijd met enig type filter zijn uitgerust om het systeem te beschermen. Het gaat dan om filters in de (zeer) grove klasse; deze hebben niet de capaciteit verkeersgerelateerde luchtverontreiniging te filteren.

Hoewel het belang van goed onderhoud en regelmatig vervangen van filters algemeen wordt erkend, ontbreekt (wettelijke) regelgeving om dit te garanderen. Ook is er geen externe controle op de bedrijven die onderhoud plegen en de filters vervangen. Dit betekent dat goed onderhoud op lange termijn niet kan worden gegarandeerd.

Deze borging van onderhoud in regelgeving (en handhaving) is nodig, omdat goed onderhoud en regelmatige vervanging van filters in de praktijk vaak een probleem vormt. Enkele voorbeelden:

- (Jarenlang) niet vervangen van filters in huurwoningen.
- Het is vaak niet duidelijk of de huurder of verhuurder voor het onderhoud verantwoordelijk is. Als de huurder verantwoordelijk is, weet deze vaak niet dat er filters zijn, noch dat deze onderhouden moeten worden.
- School is zich niet bewust van de aanwezigheid van een ventilatiesysteem met filtertoepassing. Het filter is dus ook al jarenlang niet vervangen.
- School denkt dat er een filter van type F9 aanwezig is, in de praktijk blijkt dat (een minder goed) F5-filter te zijn. Aan het filter is niet te zien welk type het is; de verantwoordelijk medewerker kan de installateur niet controleren.
- Onderhoudsbedrijf bestelt een F9-filter, maar krijgt een F7-filter. Op het oog is dit onderscheid, ook voor getrainde professionals, niet te maken. Het typenummer is niet op het filter vermeld. Aangezien dit onder een meetproef gebeurde, wezen de meetresultaten op een plotselinge verandering. De fabrikant bevestigde nadat de meetresultaten werden voorgelegd, dat wegens leveringsproblemen niet het gevraagde filter was verstrekt.

GGD adviseert: Pas in principe geen filtersystemen toe

Filters in ventilatiesystemen kunnen het binnenkomen van verontreinigde buitenlucht beperken en de kwaliteit van de binnenlucht verbeteren. De filters in deze systemen moeten echter regelmatig worden onderhouden en vervangen, anders zal de kwaliteit van de binnenlucht verslechteren in plaats van verbeteren. Het toepassen van filters in ventilatiesystemen wordt daarom afgeraden, tenzij langdurig onderhoud aantoonbaar gegarandeerd kan worden (en hier budget voor wordt gereserveerd).

Filters kunnen het binnenkomen van verontreinigde buitenlucht beperken

Het aanzuigen van de buitenlucht met behulp van mechanische ventilatiesystemen met fijnmazige filters kan een effectieve manier zijn om de concentraties fijn stof en roet in de binnenlucht te verlagen. Daarbij hebben zogenoemde F9-filters / filters met een ISOePM1-efficiency van >80% de voorkeur, omdat deze het meest effectief ook de ultrafijne deeltjes tegenhouden.

De effectiviteit van deze filtersystemen neemt toe naarmate een groter deel van de buitenlucht via dit filter wordt aangezogen. In de praktijk dringt namelijk ook altijd ongefilterde lucht door in de binnenlucht, via deuren en ramen, maar ook via kieren en naden.

Filters kunnen ook problemen introduceren

De effectiviteit van filters staat of valt op langere termijn met regelmatig onderhoud en regelmatige vervanging van de filters. Wanneer de filters niet tijdig worden vervangen kunnen de filters dichtslibben, waardoor de efficiency van de ventilatiesystemen afneemt, de hoeveelheid aangezogen buitenlucht afneemt, en de binnenlucht vervuild raakt. Ook kunnen micro-organismen op de filters gaan groeien, die vervolgens in de binnenlucht terechtkomen, waardoor geuroverlast kan ontstaan. Studies bij werknemers hebben een verband aangetoond tussen verouderde filters en luchtwegklachten.

Hoewel het belang van goed onderhoud en regelmatig vervangen van filters algemeen wordt erkend, ontbreekt wettelijke regelgeving om dit te garanderen. Ook is er geen externe controle op de bedrijven die onderhoud plegen en de filters vervangen. Hoewel veel van deze bedrijven van goede wil en kwaliteit zijn, kan goed onderhoud op lange termijn niet worden gegarandeerd. In de praktijk vormen goed onderhoud en regelmatige vervanging van filters dan ook vaak een probleem.

GGD-advies

Vanwege de onmogelijkheid om een langdurig goede werking van de systemen (juridisch) te garanderen en de risico's die een niet goed onderhouden filtersysteem met zich meebrengt, raadt de GGD toepassing van deze systemen in principe af.

Uitzonderingen hierop kunnen voorkomen, bijvoorbeeld bij reeds bestaande gevoelige bestemmingen op zwaar luchtbelaste locaties wanneer langdurig onderhoud aantoonbaar wel (juridisch houdbaar) gegarandeerd kan worden en budget voor onderhoud voor langere termijn wordt gereserveerd. Dit vergt echter initiatief en budget van de eigenaar van de betreffende gevoelige bestemming.

Andere luchtreinigers

Afgezien van eerder besproken ventilatiesystemen die de buitenlucht aanzuigen over een filter zijn er ook '*free standing*'-filtersystemen die de binnenlucht recirculeren en filteren. Daarnaast zijn er talloze andere typen luchtreinigers. Het bespreken van de voor- en nadelen van dergelijke reinigers op het binnenmilieu valt buiten deze richtlijn.

Voor wie toch graag meer wil weten over '*free-standing*'-filtersystemen en andere luchtreinigers, zijn de volgende bronnen een goed startpunt:

- De Amerikaanse Environmental Protection Agency (EPA) heeft in 2016 de beschikbare kennis over deze systemen samengevat en beschikbaar gemaakt via de website (EPA 2018).
- Wetenschappelijke reviews:
 - Zang 2011 Atmospheric Environment (Zhang et al. 2011)
 - Sublett, 2011, Current Allergy and Asthma Reports (Sublett 2011)
 - Fisk 2013, Indoor Air (Fisk 2013)

Aandachtspunt bij luchtreinigers is dat bepaalde typen ozon genereren, gezondheidskundig is dit niet wenselijk.

5.2 Beleidsadvisering luchtkwaliteitsbeleid

Luchtkwaliteitsbeleid wordt opgesteld met als doel de luchtkwaliteit in de gemeente of provincie te verbeteren. Een gemeente kan ervoor kiezen alleen luchtkwaliteitsbeleid te voeren als voortvloeisel van nationaal of Europees beleid (zie Hoofdstuk 4) of om aanvullend beleid te maken ter verbetering van de gezondheid van haar inwoners. Dat laatste kan door overal de luchtkwaliteit te verbeteren, *hotspots* (met een zeer slechte luchtkwaliteit) aan te pakken of zich anderszins op specifieke plekken of doelgroepen te richten. Bijvoorbeeld door de luchtkwaliteit vooral te willen verbeteren bij 'gevoelige bestemmingen' (zie paragraaf 5.1.1) of in wijken waar sprake is van grote sociaaleconomische gezondheidsachterstanden.

GGD adviseert: Een betere luchtkwaliteit is een gezamenlijke verantwoordelijkheid

Bij maatregelen voor een betere luchtkwaliteit wordt vaak door verschillende groepen en overheden naar elkaar gewezen. Voor het verbeteren van de luchtkwaliteit zijn echter zowel lokale, regionale, nationale als internationale maatregelen nodig. Daarnaast is het belangrijk dat ook burgers hun steentje bijdragen, bijvoorbeeld door vaker de auto te laten staan. De GGD vindt het belangrijk dat iedereen zijn verantwoordelijkheid neemt bij het werken aan een betere luchtkwaliteit.

Voor het verbeteren van de luchtkwaliteit zijn maatregelen nodig op verschillende beleidsniveaus

Bij het werken aan een betere luchtkwaliteit is internationale samenwerking belangrijk. Een groot deel van de concentraties fijn stof in Nederland is immers afkomstig van het buitenland. Ook op nationaal, regionaal en lokaal niveau is er echter winst te behalen. Op lokaal niveau is het lokale wegverkeer voor een groot deel verantwoordelijk voor de roet- en NO₂-concentraties. Hoewel een verschoning van het wagenpark door internationale emissie-eisen hier op de lange termijn een effect op zal hebben, kunnen lokale maatregelen al veel sneller effect sorteren. Voorbeelden van lokale maatregelen zijn het stimuleren van het gebruik van de fiets en openbaar vervoer, een schoon eigen wagenpark, schone binnenstadservice en milieuzonering. Op regionaal niveau kan gedacht worden aan lage emissie-eisen in OV-concessies, het verlagen van de snelheid op provinciale wegen en het verbeteren van de fiets- en OV-infrastructuur tussen steden en dorpen. Op nationaal niveau zijn voorbeelden van maatregelen het verlagen van de maximumsnelheid op (snel)wegen, nationaal beleid rondom leaseauto's (lagere bijtelling voor schonere auto's en ontmoedigen van privégebruik) en een schoon eigen wagenpark. Daarnaast kan het Rijk meer lokale maatregelen faciliteren.

Ook de burger is aan zet

Burgers zelf kunnen ook voor een belangrijke mate een bijdrage leveren aan een betere luchtkwaliteit, bijvoorbeeld door te kiezen voor schoner vervoer. Hiermee denken we niet alleen aan het overgaan op schonere auto's (zuiniger, elektrisch), maar met name aan het laten staan van de auto en in plaats daarvan te gaan lopen of fietsen of gebruik te maken van het OV. Naast vervoer gaat het ook om zaken zoals niet stoken van hout en geen vuurwerk afsteken.

GGD-advies:

De GGD adviseert zowel het Rijk, als de provincies, als de gemeenten om te werken aan verbetering van de luchtkwaliteit. Daarnaast is het belangrijk dat ook burgers hun steentje bijdragen aan het verbeteren van de luchtkwaliteit.

De maatregelen die in gemeentelijk luchtkwaliteitsbeleid tot uitvoer worden gebracht, zijn veelal gericht op beperking van de uitstoot van het verkeer of het voorkomen van verspreiding van luchtverontreiniging naar andere plekken. Er is een veelheid aan maatregelen denkbaar; de keuze vergt echter altijd maatwerk.

De Gezondheidsraad adviseert hierover (Gezondheidsraad 2018b): 'Voor een verlaging van luchtverontreiniging tot onder de WHO-advieswaarden zijn extra beleidsmaatregelen nodig. Ten behoeve van een zorgvuldige en transparante besluitvorming adviseert de commissie voor de verschillende beleidsmaatregelen kostenbatenanalyses te maken. De commissie is van mening dat de kosten niet alleen afgewogen zouden moeten worden tegen de gezondheidswinst, maar ook tegen andere baten, zoals de bijdrage aan het bereiken van de doelstellingen van het energie- en klimaatbeleid. De commissie adviseert ook mee te wegen dat de hoeveelheid gezondheidswinst die in de praktijk te realiseren is, mede afhangt van hoe strikt de naleving van de regelgeving gehandhaafd kan worden.'

De taak van de GGD bij het opstellen van luchtkwaliteitsbeleid is het bewaken van de gezondheid. Luchtkwaliteitsbeleid is pas relevant als het ook de gezondheid verbetert en dus zorgt voor verlagingen van gezondheidsrelevante componenten.

In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de effectiviteit van maatregelen. Om tot een goed luchtkwaliteitsbeleid te komen, kan gebruik worden gemaakt van een stappenplan voor luchtkwaliteitsbeleid (gebaseerd op Joaquin/Decision Support Tool (Frumau et al. 2015) (uitwerking en toelichting zie Bijlage 3)):

- Stap 1:** Ken de lokale situatie: wat is de luchtkwaliteit ter plaatse?
- Stap 2:** Formuleer doel en ambitie: wat drijft de behoefte aan een betere luchtkwaliteit? Is het de wetgeving of uw streven naar een betere leefomgeving en gezondheid?
- Stap 3:** Kies een (aantal) maatregel(en): zie hiervoor de volgende paragrafen, ook kan de JOAQUIN Decision Support Tool ter inspiratie dienen (Joaquin 2018).
- Stap 4:** Zorg ervoor dat informatie en ambitie overeenstemmen: bepaal de doeltreffendheid van voorgestelde maatregel(en) op de luchtkwaliteit.
- Stap 5:** Zorg voor voldoende draagvlak voor ambities en voorgestelde maatregelen.

Dit stappenplan geldt overigens nadrukkelijk niet alleen voor GGD-medewerkers, maar voor alle deelnemers (ambtenaren) in het beleidsproces. Waarschijnlijk ben je als GGD-medewerker niet de trekker en daarom niet degene die bepaalt wat wanneer gebeurt, wel kun je voor jezelf checken of er kritieke stappen zijn overgeslagen, of je wel op de hoogte bent van informatie of resultaten uit voorliggende stappen enzovoort.

5.2.1 *Bronmaatregelen in luchtkwaliteitsbeleid*

Bronmaatregelen zijn maatregelen die de uitstoot verminderen. Dat kan zijn door bijvoorbeeld geen hout te stoken, door emissievrije aggregaten te gebruiken of walstroom aan te leggen voor schepen (zie hoofdstuk 6 voor de niet-wegverkeersbronnen). In het geval van verkeersmaatregelen gaat het dan om beperking van het gebruik en de uitstoot van auto's, vrachtwagens, bussen en/of tweewielers (motoren, brommers, scooters). De Gezondheidsraad adviseert (Gezondheidsraad 2018b): 'Om langdurige blootstelling aan lokale luchtverontreiniging te verminderen, zullen locatiespecifieke, brongerichte maatregelen genomen moeten worden.'

Voorbeelden daarvan zijn: autoluwe binnensteden, milieuzones, snelheidsbeperking en het stimuleren van elektrisch vervoer en van fietsen en wandelen. Dergelijke maatregelen bieden extra bescherming aan de groep van "hoogblootgestelden" en dragen tevens bij aan een effectieve verlaging van de gemiddelde blootstelling voor alle Nederlanders.'

Bij het bepalen van de effectiviteit van bronmaatregelen is het van belang dat naar de concentraties van de juiste stoffen gekeken wordt. Zo is het bij verkeersmaatregelen van belang dat de concentratie NO₂ bepaald wordt en er niet alleen wordt gekeken naar fijn stof.

Waar de lokale overheid beslist welk voertuig gebruikt wordt, kan men sturen op voertuigen met een lagere (of geen) uitstoot. Het gaat dan met name om het eigen wagenpark en de aanbesteding van OV(bus)-concessies. Voor particulier en zakelijk vervoer zijn zulke maatregelen lokaal bijna niet in te zetten, maar het Europees toelatingsbeleid met Euro-normen kan wel zo gezien worden.

Lokaal wordt vaker ingezet op maatregelen die in bepaalde gebieden alleen voertuigen met een lagere (of geen) uitstoot toelaten: de Milieuzonering (voor een actueel overzicht van milieuzones in Nederland zie www.milieuzones.nl). Een positief bijeffect van milieuzonering is dat voertuigeigenaren gestimuleerd worden een schoner voertuig aan te schaffen en daarmee ook buiten de zone een lagere uitstoot hebben. Het moeten vernieuwen van oude voertuigen wordt politiek vaak als een groot nadeel gezien, aangezien dit particulieren en ondernemers met een kleinere beurs relatief harder raakt.

Een ander type van bronmaatregelen is het stimuleren van gebruik of aanschaf van voertuigen met een lagere (of geen) CO₂ uitstoot. Voorbeelden hiervan zijn onder andere sloopregelingen van oude vervuilde auto's, goedkoper/makkelijker parkeren van elektrische voertuigen, aanleggen van een infrastructuur voor elektrisch vervoer en het stimuleren van gebruik van openbaar vervoer, de fiets of lopen in plaats van de auto. Vaak worden dergelijke maatregelen gecombineerd met het ontmoedigen van autobezit of autogebruik. Dit kan bijvoorbeeld door betaald parkeren, toegangsheffingen, lage parkeernorm bij nieuwbouw (weinig parkeerplekken in de buurt) en financiële maatregelen als kilometerheffing, tol, accijnzen op brandstof en belastingmaatregelen.

Ook indirect kan de uitstoot van gemotoriseerde voertuigen worden beïnvloed. Voertuigen met een verbrandingsmotor kennen optimale (verkeers)condities, waarbij de uitstoot lager is dan onder minder goede omstandigheden. Zo vergt optrekken en afremmen veel brandstof die bovendien slecht verbrand wordt, met een flinke uitstoot tot gevolg. Zorgen voor een verbeterde doorstroming, of het instellen van een maximumsnelheid dicht bij het gemiddelde optimum qua verbranding (grootweg 80 km/u) kan hieraan bijdragen. Tegelijkertijd kunnen dergelijke maatregelen ook een verkeersaantrekkende werking hebben, waardoor er juist meer luchtverontreiniging ontstaat.

Factsheets met uitgebreide beschouwingen van diverse maatregelen (inclusief literatuurverwijzingen en diverse voorbeelden in binnen- en buitenland) zijn beschikbaar via de *Joaquin Decision Support Tool* (Joaquin 2018).

GGD adviseert: Neem de meest effectieve maatregelen voor een gezonde luchtkwaliteit

In milieubeleid wordt onderscheid gemaakt tussen bronmaatregelen, overdrachtsmaatregelen en maatregelen bij de ontvanger. Welke maatregelen effectief zijn, is afhankelijk van de lokale situatie. Het nemen van bronmaatregelen heeft als voordeel dat dit zowel de uitstoot als de blootstelling verlaagt. Het is dan ook aan te raden deze maatregelen eerst te onderzoeken, voordat naar andere maatregelen gekeken wordt.

De *Joaquin Decision Support Tool* geeft een overzicht van de verschillende maatregelen die beschikbaar zijn op het gebied van luchtverontreiniging, en welke maatregelen het meest effectief zijn (Joaquin 2018).

Bron- en volumemaatregelen

Dit zijn maatregelen die de uitstoot beperken, zoals de Europese emissienormen voor motorvoertuigen, de Euronormen. Ook lokaal kunnen bronmaatregelen worden getroffen, zoals snelheidsverlaging op autosnelwegen in stedelijk gebied, een milieuzone, het stimuleren van fiets/OV-gebruik, beperking houtstook, beperking uitstoot aggregaten. Beperking van het autoverkeer (via bijvoorbeeld beprijzing of hoge parkeertarieven) is een voorbeeld van een volumemaatregel die leidt tot minder uitstoot. De mate waarin deze maatregelen de uitstoot verkleinen, hangt sterk samen met de maatregel (en lokale situatie); niet alle bronmaatregelen zijn in iedere situatie even effectief.

GGD-advies:

De uitstoot neemt af ten gevolge van bron- en volumemaatregelen. Omdat de blootstelling daarmee ook afneemt, komt dit de gezondheid ten goede en zijn bron- en volumemaatregelen altijd een goede keus.

Overdrachtsmaatregelen

Dit zijn maatregelen die zorgen voor een andere verspreiding van de uitstoot. De effectiviteit hiervan moet per situatie bekeken worden en vergt meestal (kostbaar) onderzoek, waarbij de standaardmodellen niet volstaan. Een voorbeeld is de overkapping van wegen, zoals bij de landtunnels in de rijksweg A2. Bij dergelijke tunnels is de concentratie bij de tunnelmonden verhoogd, terwijl de luchtverontreiniging langs het ondertunnelde tracé geringer is en de luchtkwaliteit dus voor veel mensen verbetert. Geluidswallen en -schermen zorgen ook voor een andere verspreiding van de uitstoot op een weg; op sommige plekken achter het scherm nemen de concentraties toe, op andere af. Dat geldt ook voor innovatieve schermen en bomenrijen.

GGD-advies:

Overdrachtsmaatregelen veranderen de uitstoot niet. Wel kan de verdeling van de blootstelling ten gevolge van overdrachtsmaatregelen veranderen. Dit is niet altijd zo, en valt niet per definitie positief of negatief uit voor de potentieel blootgestelde populatie. Er is niet universeel te zeggen of overdrachtsmaatregelen een goede of slechte keuze zijn.

Receptormaatregelen

Dit zijn maatregelen om de blootstelling bij de ontvanger (de immissie) te verlagen. Voorbeelden hiervan zijn het realiseren van voldoende afstand tot de bron of het verplaatsen van luchttoevoer naar het dak of de niet-verkeersbelaste gevel van een gebouw. Vaak heeft een beperkt aantal (potentieel) blootgestelden profijt van deze maatregelen, en worden zij vooral toegepast om gevoelige groepen te beschermen.

GGD-advies: De uitstoot neemt niet af door receptormaatregelen, wel kan de blootstelling (van specifieke groepen of personen) worden beperkt. Dit komt de gezondheid van die groepen of personen ten goede en is in die gevallen een goede keus.

'Luchtzuiverende' maatregelen

Luchtzuiverende maatregelen zoals titaniumdioxide in straatklinkers, elektrische draden boven de snelweg, groen met het oog op het in drukke straten 'wegvangen' van luchtverontreiniging, een 'smog free tower' of varianten hiervan hebben geen enkel bewezen effect op de blootstelling. De uitstoot verspreidt zich alle kanten op en er wordt continu luchtverontreiniging van elders aangevoerd. Effecten op depositie of op de concentratie in een zeer beperkte cirkel om het luchtzuiverende object zijn niet relevant voor de blootstelling.

GGD-advies:

Door generiek luchtzuiverende maatregelen neemt de uitstoot niet af en wordt blootstelling niet beperkt. GGD'en raden deze maatregelen af en vinden het nemen van deze luchtzuiverende maatregelen de verkeerde keuze.

5.2.2

Overdrachtsmaatregelen in luchtkwaliteitsbeleid

Overdrachtsmaatregelen voorkomen de verspreiding van luchtverontreiniging van bron naar blootgestelden. Dit gebeurt door luchtverontreiniging tegen te houden. Een veelgebruikte manier is het plaatsen van een (geluids)wal of scherm tussen snelweg en woningen. Ook groen wordt wel gebruikt als afscheiding tussen wegen en woningen.

Over de werking van schermen, wallen of groene barrières kan in het algemeen worden gezegd dat wanneer de afscheiding voldoende hoog en ondoorlatend is, de concentraties direct achter de afscheiding inderdaad lager zullen zijn dan zonder afscheiding. Op grotere afstand zijn de effecten echter minder goed voorspelbaar. Afhankelijk van windrichting en -snelheid kan de concentratie op enige afstand van de afscheiding juist slechter zijn dan zonder obstakel. Uitgebreid onderzoek met diverse proefopstellingen in het kader van Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (Rijkswaterstaat) en een veelheid van wetenschappelijk onderzoek laten dit bij herhaling zien, en zien weinig effect van type, model of materiaal van de afscheiding. Alleen de hoogte is relevant; hoe hoger het scherm, hoe hoger de verontreiniging in de lucht wordt opgestuwd, alwaar het meestal iets harder waait en er een iets grotere verdunning optreedt.

Meer informatie over de specifieke maatregelen, inclusief literatuurverwijzingen en diverse voorbeelden in binnen- en buitenland, zijn beschikbaar in de *factsheets* van de *Joaquin Decision Support Tool* (Joaquin 2018). Er bestaan ook overdrachts- of mitigatiemaatregelen die

in gebouwen kunnen worden toegepast; deze worden besproken in paragraaf 5.1.4.

5.2.3 *Receptormaatregelen in luchtkwaliteitsbeleid*

Receptormaatregelen zijn maatregelen om de blootstelling bij de ontvanger (de immissie) te verlagen. Het beste voorbeeld van een receptormaatregel is 'Gevoelige Bestemmingen Beleid'; hier wordt uitgebreid op ingegaan in paragraaf 5.1.1. Ook in paragraaf 5.1.3 komen receptormaatregelen aan de orde.

5.2.4 *'Luchtzuiverende' maatregelen*

De meest bekende maatregelen in de categorie luchtreinigers zijn groen (bomen of planten, ook concepten als *Green Junkie*, *Ecorridors*, *City Tree* enzovoort) en luchtverontreiniging absorberende materialen of -coatings op basis van titaniumdioxide, elektrostatische/ionisatie systemen (FRDS-draden, -rekken, -palen, -lantaarnpalen, *Smog Free Tower*), straatreiniging of het nathouden van wegdek (sproeien, wassen) en filteren van buitenlucht op straat (Longen van de Stad Eindhoven). De partijen achter deze methoden hebben vaak een sterke marketing en tonen bij media en bestuurders aan hoe goed het werkt door te laten zien dat er vuil achterblijft in of op het materiaal. Het enthousiasme voor dergelijke maatregelen is vaak dan ook groot, ook gezien het innovatieve imago, de relatief geringe kosten en nihil maatschappelijke weerstand tegen dergelijke maatregelen. Maar ook witte plastic tuinstoelen langs de snelweg worden na verloop van tijd zwart, omdat er deeltjes fijn stof op vallen. Niemand zal echter beweren dat witte tuinstoelen een effectieve methode zijn om de luchtkwaliteit langs de snelweg te verbeteren.

Verandering van de concentraties van verontreinigende stoffen in de lucht is een goede indicatie om na te gaan of een maatregel bijdraagt aan verbetering van de luchtkwaliteit. Alleen de concentratie (dus uitgedrukt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) zegt iets over de lucht die wordt ingeademd, het vuil worden van een reinigend materiaal of object doet dat niet. Bepalend is de hoeveelheid lucht die met de 'reiniger' in aanraking komt; uitlaatgassen verspreiden zich alle kanten op en slechts een klein deel van de uitstoot komt in aanraking met de 'reiniger'. Zelfs een reiniger die een grote hoeveelheid lucht aanzuigt kan slechts een fractie van de – zich steeds maar mengende – buitenlucht filteren. Een Engelse hoogleraar atmosferische chemie schreef in *'the Conversation'* een vlammend en laagdrempelig betoog over luchtreinigers, wat enige tijd later in een Nederlandse vertaling verscheen onder de titel *'Laat je niet misleiden door China's 'anti-smogtoren' en andere plannen om fijn stof uit de lucht te halen'* (EOSWetenschap 2018).

Op het moment van schrijven geldt dat geen van de bovengenoemde methoden *'evidence based'* zijn (er zijn geen wetenschappelijke, *peer-reviewed* publicaties in voor luchtkwaliteit en gezondheid relevante tijdschriften) en dat in de praktijk een voor blootstelling relevante dalende concentratie is gevonden. Meer informatie over de specifieke methoden, inclusief literatuurverwijzingen en diverse voorbeelden in binnen- en buitenland, zijn beschikbaar in de *factsheets* van de *Joaquin Decision Support Tool* (Joaquin 2018)

Overigens geldt voor sommige van bovengenoemde luchtzuiverende technieken dat zij, wanneer zij worden toegepast in een gecontroleerde luchtstroom aan de bron, wel werkzaam zijn. Een voorbeeld hiervan is ionisatie, wat succesvol wordt toegepast om de uitstoot van fijn stof door industriële schoorstenen en vanuit stallen te beperken.

5.3 Meldingen van burgers

Als een individuele bewoner contact zoekt met de GGD met betrekking tot buitenluchtkwaliteit, is dat vaak omdat men bezorgd is over de invloed van luchtkwaliteit op de gezondheid van henzelf of gezinsleden naar aanleiding van ervaren gezondheidsklachten, overlast van en/of bezorgdheid over een specifieke bron. Deze paragraaf is gericht op verkeersgerelateerde luchtverontreiniging, terwijl in hoofdstuk 6 wordt ingegaan op enkele andere luchtverontreinigingsbronnen waarover regelmatig vragen bij GGD'en binnenkomen.

5.3.1 Blootstelling

Afhankelijk van de omstandigheden kan het handig zijn de bewoner zelf informatie te laten opzoeken of dit voor deze persoon te doen. *Atlas leefomgeving* (<http://www.atlasleefomgeving.nl/>) biedt kaarten die op een voor de burger geschikte wijze laat zien wat de luchtkwaliteit is. Ook basis-achtergrondinformatie is in de Atlas beschikbaar. Ook de NSL-Monitoringstool (zie paragraaf 2.5.3) kan worden gebruikt om de blootstelling van de bewoners op rekenpunten nabij het huisadres

Handleiding NSL-Monitoringstool

Zoek op www.nsl-monitoring.nl de digitale kaart op, en zoek op deze kaart de locatie waar de melding over gaat. Voor concentraties kies je in het menu rechts allereerst voor 'rekenpunten (of toetspunten) tonen', en vervolgens in het menu voor de component waar je meer over wilt weten. Wil je de precieze berekende concentratie voor een bepaald rekenpunt weten, klik dan in het menu links op 'select' en klik vervolgens op het rekenpunt. Er komt dan een pop-up-schermdoel met diverse tabbladen, waaronder een tabblad met concentraties (in de tabel gaat het dan om de rij 'totale concentraties', de overige rijen betreffen de opbouw van die totale concentratie). Op vergelijkbare wijze kunnen ook verkeersintensiteiten van wegvakken (bijvoorbeeld met meer/minder dan 10.000 motorvoertuigen per etmaal) inzichtelijk worden gemaakt.

in te schatten. Deze is niet zo gebruiksvriendelijk en daardoor minder geschikt voor de burger zelf, maar kan de GGD-medewerker de benodigde achtergrondinformatie bieden.

Realiseer je, zeker bij overlastsituaties, dat niet alle bronnen in het model zijn opgenomen en dat er in de praktijk altijd variatie die niet meemodelleert. Dit speelt zowel in tijd (jaargemiddelde concentratie vs. moment van hinder) als ruimte (hinder treedt vaak op op een locatie die niet als 'representatief' wordt gezien). Paragraaf 2.5.3 gaat uitgebreider in op de Monitoringstool en diens beperkingen. In het tekstkader 'Handleiding NSL-Monitoringstool' staat omschreven hoe deze tool gebruikt kan worden. Voor enkele specifieke bronnen die niet in de Monitoringstool zijn opgenomen, wordt in Hoofdstuk 6 ingegaan op voor de GGD relevante aspecten.

De concentratie op zich zegt een bewoner vaak weinig. In veel gevallen helpt het deze te relateren aan de concentratie op een voor de bewoner bekende schone en vieze plek. Soms is ook de invoer van het model nuttig in de beschouwing van een locatie of in de communicatie met bewoners (bijvoorbeeld het aantal lijnbussen dat dagelijks over een bepaalde straat rijdt), de functie 'wegvakken tonen' in de Monitoringstool biedt hiertoe mogelijkheden.

Als het gaat om actuele blootstelling is de luchtkwaliteitsindex een nuttig instrument; zie paragraaf 5.3.3.

5.3.2 *Gezondheidseffecten*

De gezondheidseffecten van luchtverontreiniging staan beschreven in Hoofdstuk 3. In Hoofdstuk 5 (paragraaf 5.5) worden verschillende tools die kunnen bijdragen aan heldere communicatie over de gezondheidseffecten besproken.

5.3.3 *Handelingsperspectief*

Verschillende situaties vragen een verschillend handelingsperspectief. In deze paragraaf komen achtereenvolgens de volgende situaties en bijbehorend handelingsperspectief aan bod:

- algemene bezorgdheid;
- bezorgdheid omtrent bepaalde locatie (woning), bewonersgedrag;
- vragen omtrent een keuze tussen locaties (bijvoorbeeld schoolkeuze, nieuwe woning);
- hinder van een specifieke bron.

Bij een situatie waarin men in het **algemeen bezorgd** is over luchtverontreiniging en de invloed hiervan op de gezondheid: maak de bewoner attent op de app 'Mijn Luchtkwaliteit'. De app toont de luchtkwaliteit voor de afgelopen en komende dagen in Nederland. De app geeft een interpretatie en handelingsadvies voor de huidige of vooraf ingevoerde locatie op basis van de landelijk afgestemde luchtkwaliteitsindex (zie Figuur 12) (Dusseldorp et al. 2015). Ook zijn actuele meetwaarden te bekijken in geheel Nederland. Gebruikers van de app kunnen een waarschuwing krijgen als de verwachte luchtkwaliteit slechter is dan vooraf door hen is ingesteld.

	INDEX	Boodschap (hoogste component bepaalt*)
GOED	1	U hoeft uw gebruikelijke activiteiten niet aan te passen
	2	
	3	
MATIG	4	U hoeft uw gebruikelijke activiteiten niet aan te passen Bent u <u>gevoelig</u> voor luchtverontreiniging? Overweeg dan <u>lichamelijke inspanning</u> te verminderen
	5	
	6	
ONVOLDOENDE	7	Overweeg <u>lichamelijke inspanning</u> te verminderen Bent u <u>gevoelig</u> voor luchtverontreiniging? Verminder <u>lichamelijke inspanning</u> . Overleg eventueel met uw arts over <u>aangepaste medicatie</u>
	8	
SLECHT	9	Doe rustig aan, verminder <u>lichamelijke inspanning</u> Bent u <u>gevoelig</u> voor luchtverontreiniging? Verminder <u>lichamelijke inspanning</u> . Overleg eventueel met uw arts over <u>aangepaste medicatie</u>
	10	
ZEER SLECHT	11	Er geldt een <u>SMOG-alarm</u> Doe rustig aan, vermijd <u>lichamelijke inspanning</u> Bent u <u>gevoelig</u> voor luchtverontreiniging? Vermijd <u>lichamelijke inspanning</u> . Overleg eventueel met uw arts over <u>aangepaste medicatie</u>

Figuur 12. De luchtkwaliteitsindex samengevat; in de boodschap zijn verschillende begrippen onderstreept omdat hiervoor een gestandaardiseerde toelichting beschikbaar is. Wanneer er meerdere componenten in de hoogste categorie van een klasse voorkomen geldt een afwijkende procedure; zie hiervoor en voor andere toelichtingen de achtergrondrapportage (Dusseldorp et al. 2015).

Bij een situatie waarin men **gezondheidsklachten, overlast, hinder of bezorgdheid op een bepaalde (woon)locatie** ervaart: beoordeling klachten en uitleg over mogelijke relatie met luchtverontreiniging, geef de bewoner naast algemene informatie en persoonlijk advies in ieder geval altijd aan, dat het belangrijk is altijd te blijven ventileren, ook op locaties met een slechte luchtkwaliteit. Geef de bewoner vervolgens advies over *hoe* te ventileren:

- Ventileer/lucht niet gedurende de spits, maar ervoor en erna.
- Ventileer waar mogelijk (vooral) aan de niet-verkeersbelaste zijde van de woning. De concentratie aan de verkeersluwe zijde komt, ook bij woningen aan erg drukke straten, (bijna) overeen met de stadsachtergrondconcentratie (Dijkema et al. 2016a).
- Luchtreinigingsapparatuur werkt over het algemeen niet of nauwelijks.
- Zorg ervoor dat er geen uitstoot is van bronnen waar je zelf invloed op hebt (zoals roken, het stoken van haard of kachel, het branden van kaarsen enzovoort).

Geef aan dat de GGD geen bevoegdheden heeft om bestaande overlastsituaties te saneren of te voorkomen. Wel zou de GGD kunnen overwegen in gesprek te gaan (in een bemiddelende rol) met het bevoegd gezag om de situatie te bespreken. Kennen zij de klachten, zijn er nog meer meldingen geweest, wat is er mee gedaan, en wat is er nog meer mogelijk? De GGD kan afhankelijk van de situatie bepaalde maatregelen adviseren of een rol hebben in communicatie naar omwonenden (zie paragraaf 5.4).

Bij een situatie waarin iemand **keuze heeft voor verschillende locaties**, bijvoorbeeld bij schoolkeuze of het zoeken van een nieuwe woning: geef de bewoner inzicht in de concentraties op de verschillende locaties en help bij het interpreteren van verschillen. Gebruik hierbij waar mogelijk herkenbare referentielocaties of communicatietools zoals beschreven in paragraaf 5.4. Probeer het verschil te duiden: verschil in blootstelling moet voldoende groot zijn om echt effect te merken. Mogelijk spelen ook andere factoren een rol bij het optreden van klachten (rookgedrag, beperkte ventilatiemogelijkheden enzovoort). Help te relativeren; andere argumenten dan luchtkwaliteit kunnen ook een rol spelen bij de keuze.

Bij een situatie waarin de bewoner **gehinderd wordt door een bepaalde specifieke bron**, zoals een aggregaat bij langdurige bouwwerkzaamheden, een garagebedrijf, een rookgasafvoer (schoorsteen, of de uitblaas van een afzuiginstallatie van een houtgestookte oven, visrokerij enzovoort): verstrek informatie over gezondheid en denk mee over de stappen die de melder kan ondernemen om het probleem op te lossen of om ermee om te gaan (bijvoorbeeld: kunnen melders buurtbemiddeling inschakelen). Geef hierbij goed aan wat je wel en niet kunt betekenen voor een melder: de meeste GGD'en voeren geen metingen uit, GGD'en kunnen geen maatregelen afdwingen en de GGD heeft meestal ook geen rol in juridische conflicten.

Adviseer de bewoner met de eigenaar van de bron in gesprek te gaan en/of verwijst de bewoner naar het bevoegd gezag om daar een handhavingsverzoek in te dienen. Soms helpt het om (bemiddelend) contact te hebben met het bevoegd gezag; zij kunnen behoefte hebben aan informatie die de GGD kan verstrekken. Ook vinden handhavers het vaak lastig om op basis van hinder (die zij niet met een meetapparaat kunnen vaststellen) in actie te komen; de GGD kan dan soms helpen de hinder te objectiveren.

De beschikbare informatie over specifieke bronnen anders dan wegverkeer is beknopt samengevat in Hoofdstuk 6; deze kan behulpzaam zijn bij de afhandeling van deze specifieke casuïstiek.

5.4 Voorlichting aan (bewoners)groepen

Een GGD kan voorlichting geven over luchtkwaliteit en gezondheid. Een voorbeeld hiervan is het aanbieden van lespakketten voor basisscholen (zoals <http://globe.eduscience.nl/luchtvervuiling>, ontwikkeld door GGD Amsterdam in samenwerking met *EduScience* en het *Joaquin*-consortium). Ook het meewerken aan educatieve televisieprogramma's, overzichtsartikelen in tijdschriften of kranten behoort tot generieke voorlichting. Daarnaast zijn via de 'GGD Werkgroep lucht' altijd actuele voorbeelden beschikbaar.

Voorlichting kan ook plaatsvinden op verzoek van een bewoners/actiegroep. Contact tussen GGD en een dergelijke groep komt vaak voort uit casuïstiek of vanuit het verzoek een bijdrage te verlenen aan een informatiebijeenkomst georganiseerd door een actiegroep. Naast de inhoudelijke afhandeling, die ongeveer gelijk is aan die bij een individuele bewonersmelding (zie paragraaf 5.3) geldt wanneer je met een bewonersgroep te maken hebt eigenlijk altijd dat de situatie een politieke gevoeligheid kent en dat er mogelijk pers bij betrokken is. Daarnaast zoeken bewonersgroepen vaak steun bij, of komen voort uit, georganiseerde actiegroepen (bijvoorbeeld milieubeweging, oldtimerclub enzovoort), waardoor de verhoudingen soms onduidelijk zijn. Informatiebijeenkomsten zijn daarbij vrijwel altijd publiek voor toegankelijk, door zowel voor- als tegenstanders. Dit kan betekenen dat er een openbare discussie plaatsvindt. Zorg daarom voor voldoende interne (binnen je GGD) afstemming en zorg dat er ook vertegenwoordiging vanuit het verantwoordelijk bestuur aanwezig is. Een bewonersbijeenkomst kan, zeker voor bestuurders, ook zeer waardevolle informatie opleveren over maatschappelijk draagvlak voor maatregelen. Er is via de GGD Werkgroep Lucht een voorbeeldpresentatie beschikbaar (GGD Kennisnet) die als basis kan worden gebruikt voor een optreden op een bewonersavond.

5.5 Kwantificeren van gezondheidseffecten

In bepaalde situaties (zie voor voorbeelden paragraaf 5.4) kan een kwantificering van gezondheidseffecten van luchtverontreiniging bijdragen aan bijvoorbeeld de evaluatie van een situatie, het bouwen aan draagvlak voor maatregelen of de communicatie over de noodzaak van (onprettige) maatregelen of de ernst van een bepaalde situatie. Niet altijd is hetzelfde detailniveau daarbij gewenst of nodig. Soms is een vrij grove kwantificering waarbij scenario's of situaties worden vergeleken, zoals de GES-classificering, voldoende. In dergelijke situaties biedt het in kaart brengen van (bevolkingsgewogen) blootstelling (beter) het gevraagde inzicht. In andere situaties is een gedetailleerde(re) analyse gewenst. Als daarbij sprake is van een voldoende grote populatie waarop de bekende blootstelling effect heeft, kan gebruik worden gemaakt van de Rekentool. Wanneer berekeningen vooral worden uitgevoerd voor communicatieve doeleinden biedt de Meerookmethode vaak de gewenste informatie.

Iedere methode heeft zijn mogelijkheden en beperkingen; deze worden samengevat in Tabel 8 en komen in de daaropvolgende paragrafen uitgebreid(er) aan bod.

Tabel 8. Overzicht van beschikbare rekenmethoden

Rekenmethode	Mogelijkheden	Beperkingen	Focus op
Gezondheid-effect-screening (GES)	Zeer beperkt	<ul style="list-style-type: none"> - De indeling in klassen heeft te weinig discriminerend vermogen - er wordt steeds naar 1 component gekeken terwijl de meest relevante blootstellingen in mengsels gaan (afstand) - de toegepaste klassen voor fijn stof en NO₂ zijn niet gezondheidsrelevant - de bij de klassen genoemde gezondheidseffecten komen niet overeen bij de blootstelling waarbij zij geplaatst zijn 	PM10 NO ₂
GGD-RIVM Rekentool	Voor een groot gebied (stad of GGD-regio) de gezondheidseffecten van maatregelen uitdrukken. Op basis van gemiddelde (verschil in) blootstelling aan PM10/PM2,5 voor alle inwoners (en NO ₂ en roet voor het doorrekenen van levensduur)	Relatief groot gebied nodig, niet bedoeld om lokale maatregelen (op kleine schaal) door te rekenen, behalve voor levensduur	PM10 PM2,5 (NO ₂ roet)
Meerookmethode	Toepasbaar op alle schaalniveaus (lokaal en regionaal), vergelijking op basis van 'even erg als x meegerookte sigaretten in huis'	Geen objectief gezondheidsrisico. Methode kan de vraag oproepen wat dat dan weer betekent voor de gezondheid	PM10 PM2,5 NO ₂ roet

5.5.1

Gezondheidseffectscreening (GES)

GES-methodiek voor luchtverontreiniging wordt veel gebruikt door gemeenten en adviesbureaus, mede op aangeven van de Commissie m.e.r.. Ook het ministerie van I&W verwijst met grote regelmaat naar

het instrument. Meer nog dan de GGD-richtlijnen wordt dit instrument derhalve door externe partners gebruikt en geniet het Handboek GES een zekere status.

De GES wordt door gemeenten en adviesbureaus vaak ten onrechte als de enige methode gezien waarmee gezondheidseffecten in kaart kunnen worden gebracht. De GES, en daarmee het Handboek GES, is een instrument voor de beoordeling van gezondheid en milieu in planvorming. Er zijn ook andere instrumenten beschikbaar waarmee GGD'en en andere partijen gezondheidseffecten van milieu in kaart kunnen brengen. Als het specifiek gaat om de invloed van lucht (idem voor geluid) op de gezondheid duidelijk te maken is de GES **niet** bruikbaar, maar zijn andere methoden geschikter, waaronder de GGD-RIVM-rekentool (zie paragraaf 5.5.2).

In het Handboek GES uit 2012 was de indeling in klassen voor fijn stof en NO₂ te groot (5 µg/m³) om op lokaal niveau enig onderscheidend vermogen te hebben. Op dit moment wordt het handboek herzien en worden de klassen kleiner, waarschijnlijk 2,5 µg/m³. Dit is een verbetering, maar nog steeds zijn de klassen weinig onderscheidend. In het GES-handboek wordt vermeld dat de GES-methodiek niet geschikt is voor een kwantitatieve beoordeling van gezondheidseffecten van luchtverontreiniging. Daarvoor zal onder meer verwezen worden naar de GGD-RIVM-rekentool.

Daarnaast is het belangrijk om op te merken dat de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging vele malen groter zijn dan die van de andere thema's die behandeld worden in het GES-handboek. De gezondheidsimpact (in DALY) van GES-score 6 is bij luchtverontreiniging ongeveer 600 keer groter dan bij de andere thema's. Dit maakt de thema's onderling onvergelijkbaar en maakt dat luchtverontreiniging met Handboek GES mogelijk minder gewicht in de schaal legt bij ruimtelijke besluitvorming dan op basis van gezondheid wenselijk is.

5.5.2 *GGD-RIVM-rekentool*

Om de omvang van de gezondheidsschade door luchtverontreiniging in beeld te brengen kunnen GGD'en – gevraagd of ongevraagd – de omvang van de ziektelast in hun eigen werkgebied of regio berekenen. Dit kan helpen om de ernst van het probleem en/of de noodzaak van verbetering van de luchtkwaliteit te onderbouwen en het effect van maatregelen weer te geven. Hiertoe is door GGD Amsterdam, het RIVM en GGD Gelderland-Midden een rekentool opgesteld: '*Kwantificeren van de gezondheidsschade door luchtverontreiniging voor GGD'en*' (van der Zee et al. 2016b).

De methode is gebaseerd op een in 2015 door het RIVM uitgevoerde berekening van de ziektelast in Nederland (Maas et al. 2015) en kan ook worden gebruikt om de gezondheidswinst van een beoogde verbetering van de luchtkwaliteit door te rekenen. Voorwaarde voor het gebruik van de methode is wel dat de populatie-omvang voldoende groot is om zinvolle berekeningen mogelijk te maken (vuistregel vanaf 50.000 inwoners). De berekeningen worden uitgevoerd voor die gezondheidseffecten waarvan de concentratie-responsfunctie is gekwantificeerd in recente meta-analyses, ofwel: voor die

gezondheidseffecten waarvan de relatie met luchtverontreiniging in een groot aantal studies is aangetoond.

Voor meer beschouwing over de voor- en nadelen, en nadere uitleg over toepassing van de methode, verwijzen we naar de handleiding (van der Zee et al. 2016b). De spreadsheet om de berekeningen uit te voeren is beschikbaar via het cGM online platform milieu en gezondheid (cgm.healthandsafety.nl , zoekterm: luvo rekentool).

5.5.3

Meerookmethode

Bestuurders en beleidsmakers hebben vaak behoefte om de gezondheidsschade door luchtverontreiniging in perspectief te zetten, bijvoorbeeld door het af te zetten tegen andere risicofactoren. Hiertoe is een communicatiemethode ontwikkeld waarmee de gezondheidsschade van luchtverontreiniging wordt afgezet tegen die van (mee)roken. Via de website van de Academische Werkplaats Milieu en Gezondheid (http://www.academischewerkplaatsmmk.nl/projecten/afgeronde_projects/2014/luchtverontreiniging_in_perspectief) zijn zowel een Informatieblad als het wetenschappelijk artikel over deze methode te vinden (van der Zee et al. 2016a). Via dezelfde website is het mogelijk om het rekenblad (excel) inclusief gebruikersinstructie te downloaden.

Voordeel van de meerookmethode is dat deze ook gebruikt kan worden op kleine schaal, bijvoorbeeld een straat of zelfs een woning. Zo is de gezondheidsschade van het wonen langs de A10-West bij Amsterdam vergelijkbaar met de gezondheidsschade van het in huis meeroken van tien sigaretten per dag. De gezondheidswinst van een lokale verkeersmaatregel in Den Haag is voor de bewoners van die straat vergelijkbaar met het *minder* in huis meeroken van 2,5 sigaret per dag.

6 Andere Bronnen

In hoofdstuk 1 is aangegeven dat deze richtlijn voornamelijk gericht is op wegverkeer-gerelateerde luchtverontreiniging, omdat hier de meeste kennis over is. Omdat voor enkele andere bronnen de kennis, en ook de beleidsmatige relevantie, toeneemt, wordt in dit hoofdstuk kort ingegaan op enkele andere van deze bronnen, waaronder:

- andere verkeersbronnen (luchtvaart, zeescheepvaart, binnenvaart, dieseltreinen en brommers);
- bedrijfsmatige bronnen (industrie, veehouderij en mobiele werktuigen);
- (overwegend) recreatieve bronnen (vuurwerk en houtrook).

6.1 Ander verkeer

Met verkeersgerelateerde luchtverontreiniging wordt eigenlijk altijd bedoeld op luchtverontreiniging veroorzaakt door auto, vrachtwagen en bus. Ook andere vormen van verkeer dragen echter bij aan luchtverontreiniging. In deze paragraaf komen achtereenvolgens de luchtvaart, zeescheepvaart, binnenvaart, dieseltreinen en brommers aan bod.

6.1.1 *Luchtvaart Blootstelling*

Onderzoek van TNO in 2014 (Keuken et al. 2014) en het RIVM in 2015 en 2016 (Bezemer et al. 2015; Janssen et al. 2016) heeft aangetoond dat het vliegverkeer leidt tot forse verhoging van het gehalte ultrafijn stof (UFP) in de omgeving van Schiphol. Tot die tijd ging men ervan uit dat de luchtvaart een minimale invloed heeft op de lokale luchtkwaliteit. De bijdrage van vliegtuigen aan andere vormen van lokale luchtverontreiniging (stikstofdioxide, grovere fracties fijn stof (PM₁₀, PM_{2,5}, roet) is namelijk beperkt.

In 2015 zijn op verzoek van het RIVM door TNO en ECN UFP-metingen uitgevoerd op diverse plekken rondom Schiphol. Deze metingen laten verhoogde UFP-concentraties zien rondom Schiphol. De hoogste concentraties worden gemeten naast de start- en landingsbanen. Door een combinatie van metingen en berekeningen zijn de jaargemiddelde concentraties bepaald voor een gebied rondom Schiphol, waarbij onder andere het baangebruik, het aantal vliegbewegingen en de verdeling van windrichting en -snelheid de input vormden. Berekend werd dat in woonwijken vlak bij Schiphol vliegtuigen zorgen voor een toename van 10.000 tot 20.000 deeltjes per cm³ gemiddeld per jaar. Dat is vergelijkbaar met de bijdrage van een drukke verkeersweg. Verhoging van de concentraties UFP tot circa 3000 deeltjes/cm³ komen voor tot op een relatief grote afstand van Schiphol (tenminste 15 km). Omdat er bij de berekeningen verschillende aannames worden gedaan, geeft het RIVM aan dat de berekende jaargemiddelden een grote onzekerheid (tot een factor 2) kennen. In het voorjaar van 2017 is een meerjarig onderzoeksprogramma gestart, met onder meer een uitgebreid UFP-meetprogramma van een jaar om deze onzekerheid te reduceren (RIVM 2018b).

Uit de beperkte gegevens die in de wetenschappelijke literatuur beschikbaar zijn, blijken de hoeveelheden ultrafijn stof rondom Schiphol vergelijkbaar met die bij andere internationale luchthavens (Bezemer et al. 2015). Hoe hoog de UFP-gehalten zijn rondom andere, kleinere luchthavens in Nederland is niet onderzocht.

UFP afkomstig van vliegverkeer verschilt in een aantal opzichten van UFP door wegverkeer. Deeltjes afkomstig van vliegverkeer zijn nog kleiner dan deeltjes afkomstig van wegverkeer: de meeste deeltjes hebben een diameter tussen de 10 en 20 nanometer. Bij wegverkeer ligt de piek tussen 30 en 50 nanometer. Deeltjes afkomstig van vliegverkeer bestaan voor een groot deel uit zwavel, deeltjes afkomstig van wegverkeer bevatten vooral koolstof (roet).

Kerosine heeft een veel hoger zwavelgehalte dan brandstof ten behoeve van wegverkeer. Dat leidt tot hoge SO_x-emissies, die via nucleatie van zwavelzuur veel nanodeeltjes kunnen vormen. Emissies van vliegtuigen zijn het grootst bij opstijgen en landen. Onder die omstandigheden verbruiken vliegtuigen verhoudingsgewijs de meeste brandstof. Hoewel het aandeel van het vliegverkeer in de totale emissie van UFP relatief gering is, vindt die emissie op zeer lokale schaal plaats en kan op korte afstanden van een luchthaven aanzienlijk bijdragen aan de concentraties in de buitenlucht. Emissie van vliegtuigen wanneer zij eenmaal op enkele honderden meters hoogte (dus ook op zogenoemde laagvliegroutes) vliegen, heeft geen directe invloed op de concentraties op leefniveau in de onderliggende gebieden.

Gezondheid

Het RIVM-rapport uit 2015 geeft een literatuuroverzicht van de tot op dat moment uitgevoerde studies naar gezondheidseffecten door UFP (Bezemer et al. 2015). De conclusie luidt dat er geen studies zijn gevonden die betrekking hebben op de gezondheidseffecten van blootstelling aan UFP in relatie tot het wonen rondom een luchthaven. Evenmin zijn er studies gepubliceerd over gezondheidseffecten van langetermijnblootstelling aan UFP afkomstig van andere bronnen dan luchthavens. Er is wel literatuur gepubliceerd over klinisch onderzoek waarbij vrijwilligers bijvoorbeeld kortdurend (twee uur) werden blootgesteld aan zeer hoge hoeveelheden UFP. Daarbij bleken tijdelijke effecten op te treden op het systeem van hart en bloedvaten en het ademhalingssysteem. Uit deze literatuur komt echter geen eenduidig beeld naar voren voor wat betreft de relatie tussen blootstelling aan UFP en het optreden van gezondheidseffecten. Wel kan worden vastgesteld dat UFP-deeltjes zo klein zijn dat ze ook via de longen in de bloedbaan kunnen doordringen en zo andere organen kunnen bereiken. Daarom wordt ervan uitgegaan dat een langdurige blootstelling kan leiden tot chronische gezondheidseffecten. Op basis van deze literatuur kunnen ook acute veranderingen in gezondheidsmaten bij de in de buitenlucht voorkomende uurniveaus rondom Schiphol niet worden uitgesloten. Het gaat dan bijvoorbeeld om effecten op het hart- en vaatstelsel en het ademhalingssysteem.

Medio 2017 is in opdracht van het ministerie van I&W een meerjarig onderzoeksprogramma van start gegaan naar de gezondheidseffecten van kortdurende en langdurige blootstelling aan UFP rondom Schiphol (RIVM 2018b).

Beleid

Het ministerie van I&W heeft geconstateerd dat er te weinig kennis over UFP-blootstelling en -gezondheidseffecten rondom Schiphol is en heeft het RIVM daarom opdracht gegeven voor een onderzoeksprogramma (RIVM 2018b). Mogelijk leiden de resultaten van dit onderzoek tot landelijk beleid.

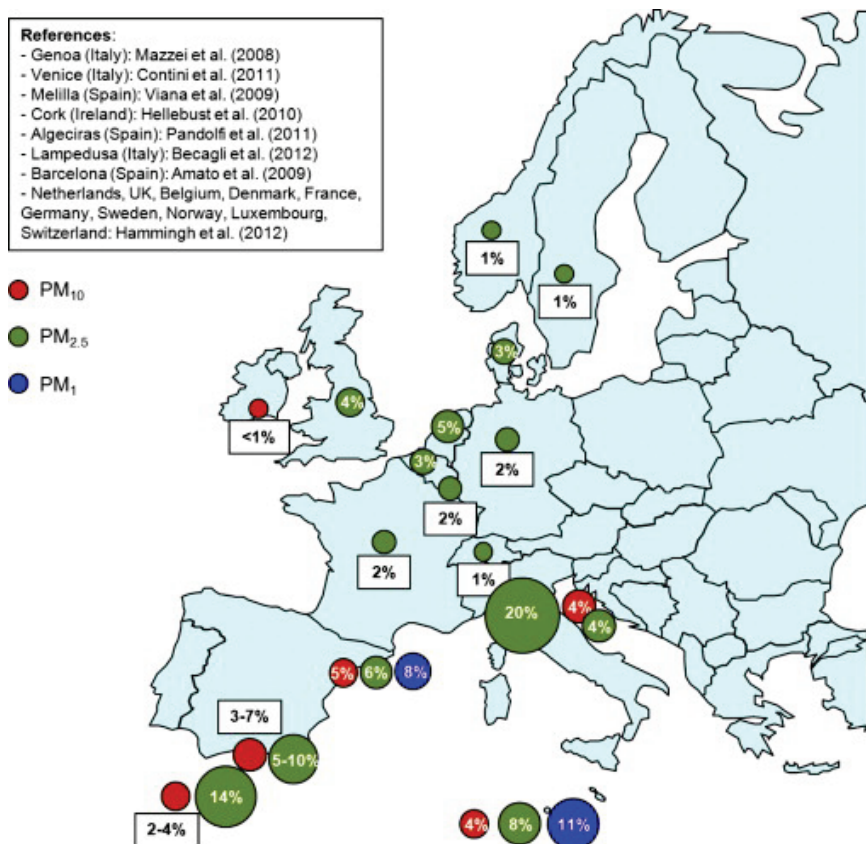
In afwachting van de resultaten van het onderzoek is de enige aanbeveling die de GGD kan doen om, indien mogelijk, afstand te houden tot de luchthaven.

6.1.2 *Zeescheepvaart Blootstelling*

In vergelijking met het wegverkeer staat de kennis over de uitstoot van de scheepvaart nog in de kinderschoenen. De laatste jaren wordt de scheepvaart door wetenschappers en beleidsmakers echter in toenemende mate 'erkend' als relevante bron van luchtverontreiniging. Dat geldt vooral voor de zeescheepvaart.

De emissie van de scheepvaart zit voor een groot deel in de ultrafijne fractie ($<0,1 \mu\text{m}$) van het fijn stof. Dat komt echter niet alleen door de uitstoot van roetdeeltjes, maar vooral door nieuwvorming van fijn stofdeeltjes in de lucht uit gassen (secundair fijn stof, zie paragraaf 2.3.2) dat plaatsvindt op enige afstand van de bron (Fernández-Camacho et al. 2010; Fridell et al. 2008). Daarnaast heeft de zware dieselolie die door zeeschepen wordt gebruikt een hoog zwavelgehalte, wat leidt tot de uitstoot van zwaveloxiden en de vorming van grote aantallen sulfaatdeeltjes in de atmosfeer. Overigens is het zwavelgehalte in brandstof voor zeeschepen in de zogenoemde SECA-zones (Noordzee en Oostzee), onder invloed van beleid, in het laatste decennium zeer sterk afgenomen. Dit is in stappen gegaan; halverwege 2007 is dit verlaagd naar 1,5% (daarvoor circa 3%), in 2010 naar 1% en sinds 2015 mag het zwavelgehalte 0,1% zijn. Deze SECA-maatregel heeft gezorgd voor lagere SO_2 -concentraties in haven- en kustgebieden (Willers et al. 2015).

Viana et al. (2014) hebben de bijdrage van de zeescheepvaart aan de PM_{10} - en NO_2 -concentratie in Europa geschat op basis van een review van alle beschikbare onderzoeken tot nu toe (Viana et al. 2014). De bijdrage aan de $\text{PM}_{2,5}$ -concentratie in Nederland werd geschat op 5%, zie Figuur 13.



Figuur 13. Bijdrage van scheepvaartemissies aan de luchtverontreiniging (PM₁₀, PM_{2,5} en PM₁) in Europa (Viana et al. 2014)

De blootstelling aan de directe uitstoot van zeescheepvaart vindt voornamelijk plaats nabij zeehavens. Zeevaart speelt echter ook een belangrijke rol in atmosferische processen die op mondiale schaal plaatsvinden. Een belangrijk deel van de zwaveloxiden die een rol spelen in de vorming van het secundair fijn stof in Nederland zijn door zeeschepen – op soms zeer grote afstand van ons land – uitgestoten.

Gezondheidseffecten

Gezondheidseffecten door scheepvaart worden voornamelijk veroorzaakt door fijn stof, NO_x en SO₂ (CLO 2017a). De scheepvaart draagt op twee manieren bij aan hogere concentraties fijn stof:

1. direct, door de uitstoot van fijn stof;
2. indirect, doordat gasvormingverbindingen (NO_x, SO_x) bijdragen aan de vorming van secundair fijn stof (zie paragraaf 2.3.2).

De tweede route vindt plaats op (grote) afstand van de bron en is minstens zo belangrijk als de eerste route. Wereldwijd wordt de bijdrage van de zeescheepvaart aan de NO_x- en SO_x-uitstoot geschat op respectievelijk 15% en 5-8%. Op mondiale schaal vindt het grootste deel van de uitstoot plaats in de kustzone: ca 70% van de uitstoot binnen 400 kilometer van het land (Corbett et al. 2007). In de studie van Corbett et al. is de uitstoot van de zeescheepvaart met behulp van rekenmodellen vertaald naar fijn stofconcentraties en vervolgens in de sterfte aan hart- en longaandoeningen die aan de zeescheepvaart is toe te schrijven. Wereldwijd gaat het om circa 60.000 sterfgevallen per jaar, waarbij de

meeste optreden in de kustgebieden in Europa en Zuid- en Oost-Azië (Corbett et al. 2007). In Nederland werd de bijdrage van de zeescheepvaart aan de concentratie fijn stof in het jaar 2016 geschat op ca 5% (Velders et al. 2017). Uitgaande van 12.000 doden door fijn stof per jaar (Gezondheidsraad 2018b) komt dat neer op circa 600 sterfgevallen per jaar die in Nederland zijn toe te schrijven aan de uitstoot van de zeescheepvaart.

Beleid

Gezien het mondiale speelveld zijn de emissies van zeescheepvaart minder gemakkelijk te beïnvloeden. Er zijn internationale emissie-eisen voor bijvoorbeeld de Noordzee en het aansluitende Oostzeegebied (SECA-zone). Dit betekent dat zeeschepen moeten omschakelen op een schonere brandstof dan op de open oceaan. Verder wordt er geëxperimenteerd met systemen om uitlaatgassen te reinigen (*scrubbers*) en met schonere brandstoffen, waaronder LNG (vloeibaar aardgas).

6.1.3

Binnenvaart

Blootstelling

De uitstoot van binnenvaartschepen varieert tussen schepen en is afhankelijk van leeftijd, vermogen en gewicht, maar varieert ook per schip met onder andere belading en vaarsnelheid. De motor van een binnenvaartschip gaat lang mee, gemiddeld twintig jaar. De 'autonome verschoning van het schepenpark' gaat daardoor erg langzaam. Binnenvaartschepen worden voortgestuwd met dieselmotoren. De dieselolie die als brandstof wordt gebruikt, heeft in vergelijking met zeeschepen een relatief laag, maar in vergelijking met het wegverkeer een relatief hoog zwavelgehalte van maximaal 0,1% (1000 mg/kg brandstof). Ter vergelijking: diesel voor wegverkeer heeft een maximaal toegestaan zwavelgehalte van 0,001% (10 mg/kg).

Naast stikstofoxiden zit de emissie van de scheepvaart voor een groot deel in de ultrafijne fractie ($<0,1 \mu\text{m}$) van het fijn stof. Dat komt echter niet alleen door de uitstoot van roetdeeltjes, maar vooral door nieuwvorming van fijn stofdeeltjes in de lucht uit gassen (zie paragraaf 2.3.2), wat plaatsvindt op enige afstand van de bron (Fernández-Camacho et al. 2010; Fridell et al. 2008).

In 2011 en 2012 hebben verschillende GGD'en metingen gedaan naar de bijdrage van binnenvaartschepen aan concentraties NO_2 , ultrafijn stof en roet bij onder meer het IJ, de Waal en het Amsterdam-Rijnkanaal (Van der Zee et al. 2012a; Zuurbier et al. 2013). Uit deze metingen bleek dat binnenvaartschepen tot 50% bijdragen aan concentraties NO_2 en tot 18% bijdragen aan concentraties ultrafijn stof nabij vaarwegen. De bijdrage van schepen aan roet was niet significant.

Gezondheidseffecten

Er zijn ons geen specifieke studies naar de gezondheidseffecten van binnenvaart bekend. Gezien de concentratiebijdragen en de bevolkingsdichtheid nabij binnenvaartroutes en binnenhavens wordt verwacht dat de blootstelling gezondheidsrelevant is. Aangezien scheepvaartemissies grotendeels vergelijkbaar zijn met die van het wegverkeer, verwachten we dat de gezondheidseffecten zoals beschreven in Hoofdstuk 3 ook voor scheepvaart van toepassing zijn.

Beleid

Er zijn de laatste jaren maatregelen genomen om de emissies van binnenvaart te verminderen. Er zijn strengere emissie-eisen vanuit de EU. In veel binnenhavens is walstroom aangelegd, waardoor schepen als ze zijn aangemeerd hun motor uit kunnen schakelen. Er zijn subsidies voor roetfilters voor binnenvaartschepen en voor elektrificatie van laad- en losinstallaties.

Scheepsmotoren gaan gemiddeld twintig jaar mee, langer dan motoren van wegverkeer. Strengere emissie-eisen voor nieuwe schepen hebben daarom minder snel effect dan bij wegverkeer.

6.1.4

*Dieseltreinen**Blootstelling*

Treinen kunnen bijdragen aan luchtverontreiniging door slijtage van stroomafnemers en bovenleidingen en door de uitstoot van verbrandingsproducten. Daarnaast kunnen treinen fijn stofconcentraties verhogen door opwerveling van fijn stof. Het overgrote deel van de treinen rijdt op elektriciteit. In Nederland rijden op een klein aantal trajecten nog dieseltreinen voor het personenvervoer. Daarnaast rijdt een deel van de goederentreinen op diesel. Hoeveel goederentreinen er precies op diesel rijden is niet bekend. Het aandeel dieselgoederentreinen neemt af. De inzet van dieseltreinen fluctueert en is mede afhankelijk van de dieselprijzen.

Bij een onderzoek naar de bijdrage van PM10 in Arnhem was de bijdrage van treinen aan de achtergrondconcentratie 0,8 µg/m³ (Blauw 2011).

Bij een achtergrondconcentratie van 25 µg/m³ is deze bijdrage ongeveer 3%. Hierbij is geen onderscheid gemaakt tussen dieseltreinen en elektrische treinen. In een onderzoek in Arnhem en Eefde bleek de bijdrage van dieseltreinen aan ultrafijn stofconcentraties ongeveer 5% te zijn. Verreweg de meeste dieseltreinen die tijdens de metingen langskwamen in dat onderzoek waren passagierstreinen. Elektrische treinen leverden geen meetbare bijdrage (Zuurbier et al. 2013).

De totale PM10- en roet (EC)-emissies in Nederland door slijtage van de bovenleiding en stroomafnemers van elektrische treinen en door dieseltractie was in 2015 respectievelijk 0,1 en 0,02 miljoen kilo. Ter vergelijking: De totale emissies van wegverkeer van fijn stof en roet (EC) waren respectievelijk 4,9 en 1,5 miljoen kilo (www.emissieregistratie.nl). Er zijn geen emissieregistraties van ultrafijn stof.

Lokaal kan de bijdrage van met name dieseltreinen aan luchtverontreiniging van betekenis zijn, bijvoorbeeld aan relatief drukke trajecten zonder bovenleiding en nabij rangeerterreinen met veel bewegingen van dieseltreinen.

Gezondheid

Er zijn ons geen specifieke studies naar de gezondheidseffecten van dieseltreinen bekend.

Beleid

De belangrijkste manier om de emissie van dieseltreinen te beperken, is door het spoor (verder) te elektrificeren. De hoeveelheid spoorlijnen waar geen bovenleiding aanwezig is neemt langzaam maar gestaag af, en concentreert zich momenteel vooral in het noorden van het land. Ook

stoptreinjtrajecten in grensgebieden zijn vaak niet (volledig) geëlektrificeerd.

Op rangeerterreinen en op goederenvervoerlijnen wordt soms, ook als er bovenleiding aanwezig is, gebruikgemaakt van diesellocomotieven vanwege de grote trekkracht en/of gemak. Soms is het mogelijk de planning of werkvoering op een rangeerterrein zo aan te passen dat er minder met diesellocomotieven wordt gereden en zo blootstelling van en hinder bij omwonenden kan worden beperkt.

6.1.5

Brommers

Blootstelling

Brom- en snorfietsen (zie kadertekst 'Brom- en snorfietsen' voor de verschillen) stoten per kilometer meer koolmonoxide, koolwaterstoffen en fijn stof uit dan personenauto's (Gerlofs-Nijland et al. 2011). Recent heeft TNO berekend dat brom- en snorfietsen verantwoordelijk zijn voor ongeveer 31% van de door verkeer uitgestoten koolmonoxide en meer dan 23% van de koolwaterstoffen in Amsterdam (Verbeek 2016). Daarnaast veroorzaken brom- en snorfietsen hoge piekconcentraties ultrafijn stof (Boogaard and Hoek 2008; van der Zee et al. 2012b; Zuurbier et al. 2013; Zuurbier et al. 2010). In een pilotstudie op

Brom- en snorfietsen

De wettelijke omschrijving van het gemotoriseerd verkeer dat zich op fietspaden begeeft, is brom- en snorfietsen. Onder deze definitie vallen ook de scooters ('bromscooters' en 'snorscooters'). De Nederlandse wet onderscheidt brom- en snorfietsen op basis van de maximale constructiesnelheid. Voor snorfietsen en bromfietsen is dit respectievelijk 25 m/h en 45 km/h. Verreweg de meeste snorfietsen komen tot stand door de maximale constructiesnelheid van bromfietsen terug te brengen van 45 km/h naar 25 km/h. Motor-technisch zijn ze gelijk. Bromfietsen hebben een geel kentekenplaatje en die voor snorfietsen is blauw. Voor bromfietsen geldt een helmplicht, voor snorfietsen niet. Bromfietsen moeten binnen de bebouwde kom vaak op de rijbaan rijden. Snorfietsen rijden op het fietspad.

19 meetlocaties in Nederland, bleken brom- en snorfietsen tot 20% bij te dragen aan de ultrafijnstofconcentraties op fietspaden (Zuurbier et al. 2017). Koolwaterstoffen zijn in dat onderzoek niet gemeten. Uitstoot van brommers en scooters is een toenemend probleem, omdat het brommer- en scooterbezit sinds 2007 met twee derde is toegenomen in Nederland.

De blootstelling aan luchtverontreiniging van brommers en scooters is vooral voor fietsers erg relevant. Omdat fietsers fysieke inspanning moeten leveren, ademen ze per minuut meer lucht in dan automobilisten en daarmee ook meer schadelijke stoffen. Zij bevinden zich bovendien vaak dicht bij de bron (de brommer/scooter) en hier zijn de concentraties het hoogst.

Brom- en snorfietsen zijn ook een grote bron van geluidshinder. Het is zelfs de grootste bron van geluidshinder in de woonomgeving (<https://www.volksgezondheidenzorg.info/>, (van Poll et al. 2011)). Dat betreft echter niet zozeer brom- en snorfietsen op het fietspad, maar in de buurt van de woning. Daarnaast ergeren veel mensen zich aan brom- en snorfietsen op het fietspad vanwege het gevaarlijke rijgedrag, te

hard rijden, geluidsoverlast, luchtvervuiling en ruimtegebrek op het fietspad (Kanne et al. 2015).

Gezondheidseffecten

Het onderzoek naar de schadelijkheid van brommeruitlaatgassen dat tot en met 2011 is uitgevoerd, is samengevat in het RIVM-briefrapport 'Gezondheidseffecten van brommeremissies' (Gerlofs-Nijland et al. 2011). Uit dit rapport blijkt dat de schadelijkheid van brommeruitlaatgassen in celkweken en in proefdierstudies is aangetoond. In het rapport wordt, samengevat, geconcludeerd dat blootstelling aan brommeremissies kan leiden tot longontsteking, grotere gevoeligheid van de luchtwegen en beschadiging van het erfelijk materiaal in cellen (Gerlofs-Nijland et al. 2011).

Onderzoek naar de schadelijkheid van brommeremissies bij menselijke vrijwilligers is tot op heden, voor zover bekend, niet uitgevoerd. Epidemiologisch onderzoek specifiek gericht op de schadelijkheid van brommeremissies is ook niet beschikbaar, omdat mensen nu eenmaal altijd zijn blootgesteld aan het totale mengsel van (verkeersgerelateerde) luchtverontreiniging.

Brom- en snorfietsen zorgen voor hoge pieken luchtverontreiniging. Pieken zijn mogelijk schadelijker dan een continue verhoogde blootstelling bij een gelijk gemiddelde, maar dat is nog niet aangetoond.

Beleid

Emissie-eisen van brom- en snorfietsen lopen achter in vergelijking tot het andere wegverkeer. Jarenlang zijn de emissie-eisen van brom- en snorfietsen niet strenger geworden. Per januari 2017 zijn er wel strengere eisen (Euro 4 norm) aan nieuwe typegoedkeuringen en per 1 januari 2018 gelden deze strengere eisen voor de verkoop van alle brom- en snorfietsen. Het wagenpark zal dus schoner worden. De oude brom- en snorfietsen zijn verantwoordelijk voor een groot deel van de uitstoot. Gemeente Amsterdam heeft daarom per 2018 een milieuzone ingesteld waarbinnen brom- en snorfietsen van voor 2011 niet mogen rijden. Ook kijken gemeenten of ze naast bromfietsen ook snorfietsen kunnen verplaatsen naar de rijbaan, waardoor de veiligheid én luchtkwaliteit van fietspaden zal verbeteren.

In november 2016 heeft de Tweede Kamer een motie aangenomen om benzinebrommers en -scooters uit te faseren. Een concrete termijn is hierin niet genoemd.

Brom- en snorfietsen kennen geen verplichte periodieke keuring, zoals bij auto's. Dat maakt dat emissie-eisen een beperkte invloed hebben op de daadwerkelijke uitstoot. TNO-onderzoek heeft uitgewezen dat een aantal brom- en snorfietsen in de praktijk meer uitstoot dan op papier (Hensema et al. 2013). Dat komt mede omdat er veel aan brom- en snorfietsen wordt gesleuteld en dit alleen bij steekproeven door de politie wordt opgemerkt, omdat er geen gestandaardiseerde periodieke keuring is (zoals bijvoorbeeld de APK bij personenauto's).

6.2 Bedrijfsmatige bronnen

Bedrijfsmatige bronnen kennen een grote variëteit in type en omvang. De uitstoot, en daarmee de gezondheidsrelevantie, van deze bronnen varieert daarom in grote mate. In deze paragraaf wordt kort ingegaan

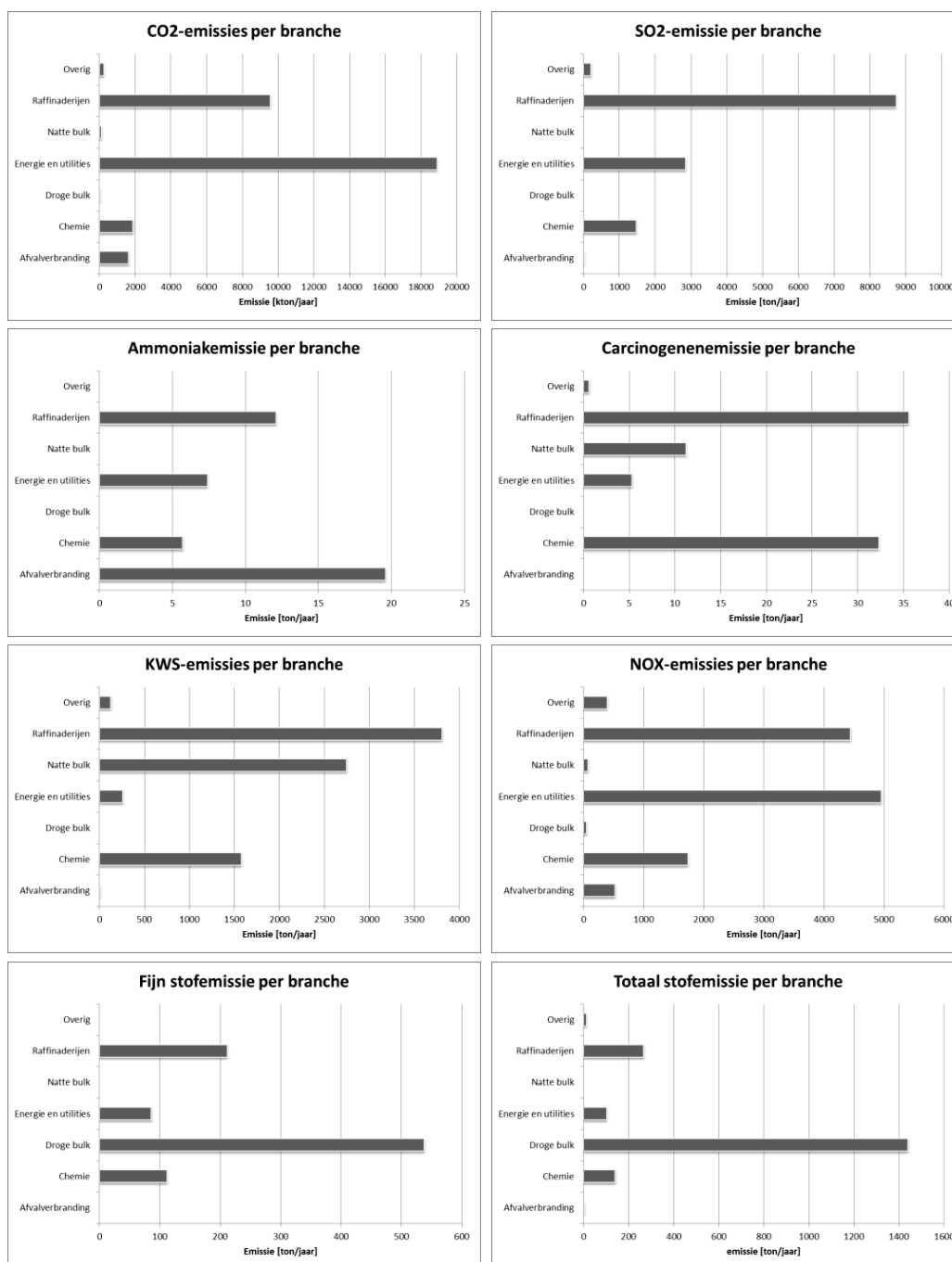
op enkele hoofdcategorieën binnen de bedrijfsmatige bronnen: industrie, veehouderij en mobiele werktuigen.

6.2.1 *Industrie* *Blootstelling*

Industrie is voor veel componenten van luchtverontreiniging (een van) de belangrijkste bronnen in Nederland (zie Bijlage 1 – Bronnen per component van luchtverontreiniging). Lokaal kan een industrieel bedrijf verantwoordelijk zijn voor hoge concentraties van specifieke stoffen. De belangrijkste chemiegebieden in Nederland zijn Rotterdam (inclusief Botlek, Pernis, Moerdijk; basis- en petrochemie en aanverwant), Zuid-Limburg (Chemelot; DSM, 'life-science'), Zuidwest-Brabant/Zeeland (Bergen op Zoom, Roosendaal, Terneuzen, Zeeuws-Vlaanderen; basis- en petrochemie, energie), Delfzijl/Eemshaven (energie, recycling, chemie, metaal, logistiek, offshore en windenergie) en in beperkter mate Twente (*smart materials*) (bron: VNCI, www.vcni.nl). Andere bekende grote industriële vervuilers zijn de basismetalenindustrie in de IJmond en de energiecentrales op fossiele brandstoffen verspreid door het land.

De uitstoot is erg afhankelijk van de bedrijfstak (en -proces) maar ook van de inrichting van het specifieke bedrijf, het is daarom niet mogelijk om in generieke zin iets te zeggen over de mate van uitstoot door industrie.

Ter illustratie van de uitstoot van diverse branches is in Figuur 14 een emissie-inventarisatie over 2015 in het Rijnmondgebied (DCMR, (Schenk 2016)) opgenomen. In de nabijheid van industriële bronnen kunnen daardoor voor specifieke componenten (zoals bijvoorbeeld SO₂) concentraties voorkomen die hoger zijn dan de wettelijke normen of WHO-advieswaarden.



Figuur 14. Emissies per branche (in de Rijnmond) in 2015 (DCMR (Schenk 2016)). Op de y-as staan van boven naar onder de volgende categorieën: overig, raffinaderijen, natte bulk, energie en utilities, droge bulk, chemie en afvalverbranding. De x-as geeft de emissie in kton per jaar weer.

GGD Amsterdam heeft in 2015 in opdracht van de Provincie Noord-Holland een achtergrondrapportage opgesteld waarin de samenstelling van fijn stof in de IJmondregio (nabij de staalindustrie in Wijk aan Zee) wordt besproken en ook de gezondheidskundige relevantie wordt geduid (Nijhuis and Van Strien 2015). De rapportage bevat veel achtergrondinformatie over (zware) metalen, zouten, PAK's en andere

gemeten componenten van fijn stof die mogelijk ook in andere industriële gebieden relevant kan zijn.

Gezondheidseffecten

Nabij de bovenvermelde industriegebieden kan flinke ongerustheid spelen omtrent de uitstoot van de bedrijven. Naast hinder door stof en/of geur kunnen er ook gezondheidsrelevante concentraties van luchtverontreinigende stoffen optreden.

Gezondheidsonderzoek uitgevoerd rondom industriële bronnen is sterk casuïstisch van aard, en niet of nauwelijks van toepassing voor andere regio's. Nederlandse voorbeelden zijn de situaties rond Moerdijk (Geelen 2013; Geelen et al. 2013) en Dupont/Chemours in Dordrecht (RIVM 2018c). Een achtergrondrapportage bij luchtmetingen in de IJmondregio gaat specifiek in op de gezondheidsrelevantie van allerlei gemeten componenten van fijn stof (Nijhuis and Van Strien 2015), en kan mogelijk ook relevant zijn bij de interpretatie van luchtkwaliteitsgegevens in andere industriële gebieden.

Beleid

Industriële bedrijven moeten voldoen aan Europese en Nederlandse emissierichtlijnen en voorschriften omtrent te gebruiken methoden en technieken.

In de GGD-praktijk spelen vaak vooral zaken rondom informatievoorziening en klachtenafhandeling. Beleidsmatig leidt dit tot initiatieven als 'omgevingstafels' en het, al dan niet in samenwerking met het bevoegd gezag en/of het bedrijf, optimaliseren van het klachtenafhandelingsproces.

In geval van casuïstiek waarbij omwonenden gedurende langere tijd aan gezondheidsrelevante concentraties blootgesteld zijn, kan de GGD een rol spelen in de uitvoering/begeleiding van een nader gezondheidsonderzoek (zie hierboven voor enkele Nederlandse voorbeelden) en het bevoegd gezag adviseren over (het belang van) maatregelen.

6.2.2

Veehouderij

Blootstelling

Veehouderijen zijn een bron van fijn stof, zowel direct uit de stal (primair fijn stof) als via de uitstoot van ammoniak (secundair fijn stof, zie paragraaf 2.3.2). Primair fijn stof bestaat uit bodemdeeltjes, mestdeeltjes, voerdeeltjes, huidschilfers, deeltjes van veren en haren. Ook endotoxinen en micro-organismen maken onderdeel uit van het mengsel. Dit primaire fijn stof verhoogt de fijn stofconcentraties met name in de directe omgeving van veehouderijen. In Nederland wonen veel mensen op korte afstand van veehouderijen (Kennisplatform and gezondheid 2018). Recent onderzoek heeft laten zien dat pluimveehouderijen meer primair fijn stof uitstoten dan varkenshouderijen (Maassen et al. 2016). Kalverbedrijven en melkvee- en vleesveebedrijven stoten minder fijn stof uit dan varkens- en pluimveehouderijen. Binnen pluimveehouderijen zijn grote verschillen. Scharrel- en volièresystemen stoten ongeveer tien keer meer fijn stof uit dan legpluimveehouderijen (Kennisplatform and gezondheid 2018). Naast het type bedrijf, speelt ook de bedrijfsvoering en de grootte van het bedrijf een grote rol bij de uitstoot van fijn stof. Er zijn verschillende technieken om de uitstoot van fijn stof door veehouderijen terug te

dringen. In 2016 is een overzicht van deze technieken opgesteld (Winkel et al. 2016).

Veehouderijbedrijven leveren via uitstoot van ammoniak ook een belangrijke bijdrage aan de vorming van secundair fijn stof (zie paragraaf 2.3.2). De vorming van secundair fijn stof neemt enige tijd in beslag. In die tijd kan het zich gelijkmatig en over grote afstanden, als een deken over het land, verspreiden (Gezondheidsraad 2018b).

Gezondheidseffecten

Er is veel minder bekend over gezondheidseffecten van fijn stof afkomstig van veehouderijen dan van verkeer. In Nederland zijn recent enkele onderzoeken gedaan (Freidl et al. 2017; Maassen et al. 2016; Smit et al. 2017) en heeft de Gezondheidsraad verschillende adviezen over dit onderwerp uitgebracht (Gezondheidsraad 2012; Gezondheidsraad 2018a). Dit onderzoek laat zien dat mensen die binnen 1 km van een pluimveehouderij wonen, meer longontstekingen hebben. Men vermoedt dat longontstekingen bij pluimveehouderijen gerelateerd zijn aan stofdeeltjes bij de pluimveebedrijven en mogelijk endotoxines of andere bestanddelen van dit stof. Hierdoor zou de keelflora kunnen veranderen. Mensen die binnen 2 km van een geitenhouderij wonen, hebben ook een verhoogde kans op longontsteking. Daarnaast hebben mensen die rondom veehouderijen wonen minder astma en allergieën en minder COPD, maar bij COPD-patiënten zijn wel meer complicaties. Van de meeste effecten is niet bekend of en in welke mate deze worden veroorzaakt door fijn stof, endotoxinen, zoönosen of andere blootstellingen die samenhangen met veehouderijen.

Ook werd een verband gevonden tussen dagen met een hoge ammoniakconcentratie in het hele onderzoeksgebied en een lagere longfunctie. Het effect van veehouderijen op de longfunctie is in omvang vergelijkbaar met de longfunctievermindering in stedelijke populaties als gevolg van verkeersblootstelling (Gezondheidsraad 2018b; Maassen et al. 2016). Waarschijnlijk wordt het effect niet door ammoniak veroorzaakt, maar mogelijk door secundair fijn stof dat gevormd wordt doordat ammoniak met andere stoffen in de lucht reageert (zie paragraaf 2.3.2).

Beleid

Het wettelijk kader rondom veehouderijen wordt besproken in de GGD-richtlijn Veehouderij (ten tijde van het schrijven van deze richtlijn in voorbereiding). Er zijn gemeenten en provincies met aanvullend beleid om gezondheidseffecten van veehouderijen te beperken. De rol van de GGD bij de totstandkoming en uitvoering van dit beleid, en overige advisering door de GGD, komen nader aan bod in de GGD-richtlijn Veehouderij.

De Werkgroep Veehouderij van de Vakgroep Milieu en Gezondheid (GGD GHOR Nederland) heeft in de afgelopen jaren verschillende standpunten over veehouderij uitgebracht. Deze standpunten (en achtergrondinformatie) zijn beschikbaar via www.ggdghor.nl/standpunten/veehouderij.

In het Kennisplatform Veehouderij en Humane Gezondheid werken kennis- en praktijkorganisaties waaronder GGD'en samen aan het bundelen, duiden en ontsluiten van kennis over veehouderij en de gezondheid van mensen. Via de site van het kennisplatform (www.kennisplatformveehouderij.nl) wordt deze kennis gedeeld.

6.2.3 *Mobiele werktuigen*

Blootstelling

Mobiele werktuigen (zoals hijskranen, tractoren, aggregaten, graafmachines, bulldozers) worden veel toegepast in de bouw en landbouw. De uitstoot van deze mobiele werktuigen is fors: volgens het CBS stootten mobiele werktuigen in 2015 18,8 miljoen kilo NO_x uit en 1,17 miljoen kilo PM10. Ter vergelijking: de uitstoot van het totale wegverkeer in Nederland werd in 2015 geschat op 75,5 miljoen kilo NO_x en 4,7 miljoen kilo PM10. Dat betekent dat de uitstoot van mobiele werktuigen in Nederland 25% bedraagt van die van het wegverkeer voor zowel NO_x als PM10 (CBS 2018).

Mobiele werktuigen gebruiken veelal diesel als brandstof. De emissies van mobiele werktuigen zijn afhankelijk van de emissienormen die van toepassing zijn op het desbetreffende mobiele werktuig (stageklassen) (Dieselnet 2018).

De Europese regelgeving voor mobiele werktuigen loopt ver achter op die voor het wegverkeer. In 2016 is de Europese Commissie akkoord gegaan met het aanscherpen van de emissie-eisen voor mobiele werktuigen (Stage V). Deze waren sinds 2004 niet meer aangescherpt. Vanaf 2020 zal de uitstoot van alle *nieuwe* mobiele werktuigen daarom lager zijn. Hoe snel dat leidt tot afname van de uitstoot door mobiele werktuigen is afhankelijk van de snelheid waarmee het materieel wordt vervangen. Een overzicht van de huidige en toekomstige emissie-eisen is te vinden op de website van de Europese Commissie (Europese_Commissie 2016).

De emissie door mobiele werktuigen wordt door het RIVM meegenomen in de berekening van de grootschalige achtergrondconcentratie (GCN, 1x1 km), maar de lokale bijdrage van deze bron aan de concentraties op leefniveau is niet bekend. Vanzelfsprekend hangt dit af van de emissiekenmerken van de bron, de duur van de uitstoot en de afstand tot de bron. Zo komt het regelmatig voor dat dieselaggregaten wekenlang vlak bij de gevel van woningen worden opgesteld, vanwege (ver)bouwwerkzaamheden in naastgelegen panden.

Er is voor zover ons bekend geen onderzoek gedaan naar de lokale bijdrage van mobiele werktuigen aan de concentratie op leefniveau in Nederland. Wel is in 2014 een door de Academische Werkplaats Medische Milieukunde gefinancierd simulatie-onderzoek uitgevoerd naar de bijdrage van diverse typen aggregaten op de benedenwinds gemeten concentratie roet en ultrafijn stof (Strak et al. 2015). Hieruit bleek dat op 3 meter afstand de roetconcentratie tot zevenmaal hoger was dan de achtergrondconcentratie en de ultrafijn stofconcentratie tot tweeënhalf maal hoger. De voor dit onderzoek gebruikte aggregaten waren relatief licht en werden constant belast. In veel praktijksituaties, met zwaardere aggregaten en variërende stroombehoefte, zal de emissie en dus ook de concentratie dicht bij het aggregaat hoger zijn.

Gezondheidseffecten

Er is voor zover ons bekend geen onderzoek gepubliceerd specifiek gericht op de gezondheidseffecten van blootstelling aan mobiele werktuigen bij de algemene bevolking. Gebaseerd op algemene kennis

van gezondheidseffecten van de uitgestoten componenten kan worden geconcludeerd dat blootstelling zoveel mogelijk is af te raden. Dieselmotoren stoten relatief veel roet en ultrafijn stof uit (HEI panel 2010).

Beleid

De aanbevelingen voor beleid beperken zich hier tot het gebruik van aggregaten, omdat daarover vanwege het Academische Werkplaats-onderzoek relatief veel kennis beschikbaar is en we weten dat hiervoor schone alternatieven bestaan. Mogelijk zijn deze aanbevelingen ook op andere mobiele werktuigen van toepassing.

Er zijn volop alternatieven voor dieselaggregaten beschikbaar; een overzicht daarvan is te vinden in de bijlage van het rapport van Strak et al. (Strak et al. 2015). Gemeenten kunnen bij de aanbesteding van bouwprojecten eisen stellen aan de uitstoot van aggregaten en ander materieel. Ook in de vergunningverlening voor evenementen kunnen emissie-eisen aan aggregaten worden gesteld.

Een inventarisatie van maatregelen ter beperking van de uitstoot van mobiele werktuigen (NRMM – *Non-Road Mobile Machinery*) laat zien dat sommige Europese (hoofd)steden hiervoor reeds lokaal beleid hebben (www.sootfreecities.eu). Zo is in Kopenhagen en Zürich in veel situaties een roetfilter op dieselaggregaten verplicht, en in Stockholm en Wenen moeten alle mobiele werktuigen aan de hoogste EU-emissienormen voldoen.

6.3 (Overwegend) recreatieve bronnen

Overwegend recreatieve bronnen die, in bepaalde perioden, in belangrijke mate bijdragen aan luchtkwaliteit zijn vuurwerk (met de jaarlijks terugkerende vuurwerksmog in de eerste uren van het jaar) en houtrook.

6.3.1 *Vuurwerk Blootstelling*

Vuurwerk is relatief eenvoudig van samenstelling. Het bevat buskruit (kaliumnitraat, zwavel en houtskool) en zware metalen voor de kleureffecten (waaronder koper, lithium, aluminium, magnesium, strontium). Bij het afsteken van vuurwerk ontstaat fijn stof en zwaveldioxide en komen zware metalen vrij. In het eerste uur na de jaarwisseling zijn de fijn stof- en SO₂-gehalten sterk verhoogd, in de uren daarop neemt de concentratie snel af (www.clo.nl).

Gemiddeld over de periode 1995 tot en met 2012 neemt de PM10-concentratie in het eerste uur na de jaarwisseling toe met gemiddeld 277 µg/m³ (Greven and Vonk 2015). Dat is echter een gemiddelde voor alle meetstations in Nederland: in grote steden kunnen de pieken veel hoger zijn. Ook kunnen er forse verschillen per jaar optreden. Gemiddelden kunnen een factor 1,5 à 2 lager of hoger liggen. Meteorologische omstandigheden (windsnelheid, neerslag) spelen hierbij een rol.

Het fijn stof dat vrijkomt bij het afsteken van vuurwerk zit bijna volledig in de fractie kleiner dan 2,5 µm: de PM_{2,5}-concentraties zijn in de eerste uren na de jaarwisseling bijna even hoog als de PM10-concentraties (www.luchtmeetnet.nl (Lin 2016; Vecchi et al. 2008)). Ter illustratie: in het eerste uur na de jaarwisseling van de jaren 2012

t/m 2016 werd door de GGD Amsterdam op meetstation Van Diemenstraat een PM10-concentratie gemeten van gemiddeld 424 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (spreiding: 239 – 597 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) en een PM2,5-concentratie van gemiddeld 399 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (spreiding: 208 – 532 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). De SO₂-concentratie op een Amsterdams meetstation (Westerpark) was in het eerste uur na de jaarwisseling gemiddeld 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, met een spreiding van 4-14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (de jaargemiddelde concentratie op deze locatie is ca. 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Omdat consumenten eenmaal per jaar vuurwerk mogen afsteken, is de bijdrage aan het jaartotaal van fijnstofemissie gering. Toch neemt het relatieve aandeel aan fijnstofemissies toe. In 1990 was de bijdrage aan emissies nog ongeveer 0,1%, maar dat gaat de laatste jaren richting 1%. Dit komt doordat de hoeveelheid afgestoken consumentenvuurwerk sinds 1990 is toegenomen. Ook speelt mee dat de emissies van belangrijke bronnen als verkeer en industrie zijn afgenomen (www.clo.nl). De blootstelling aan vuurwerkgerelateerde luchtverontreiniging is (uiteraard) sterk afhankelijk van de hoeveelheid vuurwerk die in de directe omgeving wordt afgestoken. Binnenshuis blijft tijdens de jaarwisseling de blootstelling beperkt, al zal een deel van de verontreiniging ook in de binnenlucht doordringen.

Gezondheidseffecten

Er is weinig onderzoek gedaan naar de gezondheidseffecten van blootstelling aan luchtverontreiniging door vuurwerk. De GGD Groningen heeft de relatie tussen kortdurende blootstelling aan PM10 door vuurwerk en dagelijkse sterfte onderzocht rondom de jaarwisselingen van 1995-2012 (Greven and Vonk 2015). Er kon geen verband worden aangetoond. De onderzoekers concludeerden dat dat niet betekent dat er geen verband is tussen vuurwerk en gezondheidseffecten, maar dat het eindpunt (totale en cardiopulmonaire sterfte bij de bevolking als geheel) mogelijk te grof is om dit aan te tonen. Gevoelige subgroepen, zoals mensen met reeds bestaande cardiopulmonaire aandoeningen, konden niet apart worden onderzocht. Ook is het mogelijk dat mildere gezondheidseffecten optraden, maar ook deze zijn niet onderzocht. In een *review* van Lin et al. (2016) zijn alle beschikbare studies naar vuurwerk en luchtkwaliteit samengevat, inclusief de studies naar gezondheidseffecten. Er is echter nauwelijks epidemiologisch onderzoek uitgevoerd en slechts enkele toxicologische studies (Lin 2016). De conclusie is dan ook dat meer onderzoek nodig is om hierover betrouwbare uitspraken te doen. Epidemiologisch onderzoek naar gezondheidseffecten van vuurwerkgerelateerde luchtverontreiniging wordt bemoeilijkt, doordat de blootstelling van zeer korte duur is en doordat tijdens feestelijke activiteiten doorgaans ook andere aspecten van het leefpatroon (eten, drinken, slapen) anders zijn dan normaal.

Gebaseerd op de hoge piekconcentraties fijn stof en zwaveldioxide in de eerste uren na de jaarwisseling en de kennis die er is over de invloed van deze componenten op de gezondheid uit andere studies, kan niettemin een uitspraak worden gedaan over de gezondheidseffecten. Op de website van het RIVM (2017) is dit als volgt geformuleerd: 'Een verhoogde concentratie fijn stof in de lucht door vuurwerk kan, samen met andere luchtverontreiniging, leiden tot een verminderde longfunctie, verergering van astma en een toename van

luchtwegklachten als piepen, hoesten en kortademigheid. Vooral mensen met longaandoeningen, zoals astma en COPD, en (oudere) mensen met hart- en vaatziekten kunnen last ondervinden.'

Beleid

Een voor de hand liggend gedragsadvies bij vuurwerkgerelateerde luchtverontreiniging is om de blootstelling te beperken door binnenshuis te blijven en/of een omgeving op te zoeken waar geen/weinig vuurwerk wordt afgestoken.

Steeds meer gemeenten hebben inmiddels ook vuurwerkvrije zones.

Ook in deze zones zal luchtverontreiniging van omliggende gebieden doordringen, maar naar verwachting zullen de concentraties lager zijn.

Vuurwerkvrije zones worden meestal ingericht om andere gezondheidseffecten en hinder te voorkomen. De GGD kan in de advisering aan gemeenten het aspect luchtkwaliteit meenemen.

6.3.2

Houtrook

Blootstelling

Bij de verbranding van hout in kachels, haarden en vuurkorven komt een mengsel aan stoffen vrij, waaronder PM_{2,5}, koolmonoxide, verschillende vluchtige organische stoffen, PAK's en roet. De uitstoot van producten van onvolledige verbranding kan sterk verschillen tussen verschillende typen kachels, de gebruikte brandstof en tussen gebruikers (Hagens et al. 2012; WHO 2013a). In Nederland heeft ECN op basis van verkennende metingen berekend dat houtrook landelijk 4% bijdraagt aan de totale fijnstofuitstoot en 8% aan de PM_{2,5}-uitstoot (Kroon and H.P.J. 2012). Zie voor meer informatie over emissie ook Bijlage 1 Bronnen per component van luchtverontreiniging (paragraaf 1.2.1 en Figuur 19).

Indicatief onderzoek geeft de indruk dat er lokaal en kortdurend sprake kan zijn van (erg) hoge concentraties luchtverontreiniging (Greven et al. 2015).

In tegenstelling tot de meeste andere bronnen van luchtverontreiniging, neemt de bijdrage van houtverbranding eerder toe dan af (Sigsgaard et al. 2015; van Zanten et al. 2016).

Gezondheidseffecten

Door het complexe en variërende mengsel van stoffen is het lastig om een risicobeoordeling uit te voeren. Uit epidemiologisch onderzoek blijkt dat er weinig tot geen aanwijzingen zijn dat luchtverontreiniging door houtrook andere gezondheidseffecten geeft dan verkeersgerelateerde luchtverontreiniging, zowel op korte als lange termijn. Na blootstelling aan houtrook worden respiratoire effecten en cardiovasculaire morbiditeit en mortaliteit gevonden (Johnston et al. 2013; Sigsgaard et al. 2015; Weichenthal et al. 2017; WHO 2013a; WHO 2015).

Verder geeft houtrook in de directe omgeving geurhinder en roetneerslag, en irritatieklachten aan de luchtwegen of ogen. Mensen met al bestaande luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten, ouderen en kinderen zijn extra gevoelig (Hagens et al. 2012). Groot verschil met wegverkeer is het blootstellingspatroon: blootstelling treedt vooral op in de avonduren in de winterperiode, waarbij hele hoge pieken kunnen ontstaan die veel overlast kunnen veroorzaken.

Beleid

De huidige wet- en regelgeving biedt beperkte handvatten om lokale problemen op te lossen. Het Bouwbesluit verbiedt in artikel 7.22 dat bewoners rook, roet, walm en stof verspreiden op een hinderlijke of schadelijke manier. In de praktijk vinden veel gemeenten het lastig om te beoordelen of iemand dit verbod overtreedt. Er is geen landelijk beoordelingskader voor. Bovendien zorgen meerdere houtkachels samen vaak voor overlast in de omgeving.

Voor vuurkorven hebben veel gemeenten in hun eigen APV (Algemene Plaatselijke Verordening) regels opgenomen. Vaak is dat ook een hinderverbod op basis van een model-APV van VNG (artikel 5.34).

Er zijn echter verschillende mogelijkheden voor meer preventie via beleid. Uit oogpunt van luchtverontreiniging en gezondheid zou het stoppen van verbranding van biomassa een goed uitgangspunt zijn. Overheden kunnen hieraan bijdragen door verschillende maatregelen: gemeenten kunnen bijvoorbeeld beleid maken vanuit het principe dat houtstook niet past in een dichtbevolkte (stedelijke) omgeving, of (nieuwbouw)wijken aanwijzen die houtrookvrij zijn. De Rijksoverheid zou subsidies voor pelletkachels, die in het kader van duurzame energie worden gegeven, kunnen stoppen, de verkoop van slecht-rendementkachels kunnen verbieden en strenger beleid uit het buitenland kunnen overnemen, zoals alleen een brandverzekering afgeven na officiële controle door een schoorsteenveger en bij een gecertificeerde kachel (Hagens et al. 2012; WHO 2013a; WHO 2015).

Gemeenten en de Rijksoverheid zouden tevens meer kunnen inzetten op ontmoediging van houtverbranding door particulieren. Verschillende gemeenten zetten momenteel vooral in op voorlichting over goed stoken en over de gezondheidseffecten voor omwonenden en de stokers zelf. Veel mensen (87%) vinden het belangrijk om rookoverlast in hun omgeving te beperken, waarvan 77% bereid is kleine maatregelen te treffen (Azaaj et al. 2015). In de RIVM-toolkit Houtrook en Gezondheid staan materialen ter ondersteuning van de publiekscommunicatie over houtrook (RIVM 2016).

De GGD Werkgroep Lucht heeft in 2017 een met voorgenoemde overeenkomend standpunt over houtrook uitgebracht, beschikbaar via www.ggdghor.nl/standpunten.

In het Platform Houtrook en Gezondheid werken de sector, kennisinstituten, maatschappelijke organisaties en overheden waaronder GGD'en aan oplossingen voor houtrookoverlast. Producten (bij het schrijven van deze richtlijn in ontwikkeling) worden gepubliceerd via de site van het platform (www.platformhoutrook.nl).

7 Literatuur

- Adam M., Schikowski T., Carsin A.E., et al. (2015) Adult lung function and long-term air pollution exposure. ESCAPE: a multicentre cohort study and meta-analysis. *Eur Respir J* 45(1):38-50 doi:10.1183/09031936.00130014
- Azaaj I., Visscher J., Mulder S. (2015) Hout stoken: lust of last? Z6422 Motivaction research and strategy in opdracht van Milieu Centraal
- Barck C., Lundahl J., Hallden G., Bylin G. (2005) Brief exposures to NO₂ augment the allergic inflammation in asthmatics. *Environ Res* 97(1):58-66 doi:10.1016/j.envres.2004.02.009
- Beelen R., Hoek G., Houthuijs D., et al. (2009) The joint association of air pollution and noise from road traffic with cardiovascular mortality in a cohort study. *Occup Environ Med* 66(4):243-50 doi:10.1136/oem.2008.042358
- Beelen R., Hoek G., van den Brandt P.A., et al. (2008) Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environ Health Perspect* 116(2):196-202 doi:10.1289/ehp.10767
- Beelen R., Raaschou-Nielsen O., Stafoggia M., et al. (2014) Effects of long-term exposure to air pollution on natural-cause mortality: an analysis of 22 European cohorts within the multicentre ESCAPE project. *Lancet* 383(9919):785-95 doi:10.1016/S0140-6736(13)62158-3
- Beko G., Clausen G., Weschler C.J. (2008) Sensory pollution from bag filters, carbon filters and combinations. *Indoor Air* 18(1):27-36 doi:10.1111/j.1600-0668.2007.00501.x
- Belanger K., Gent J.F., Triche E.W., Bracken M.B., Leaderer B.P. (2006) Association of indoor nitrogen dioxide exposure with respiratory symptoms in children with asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 173(3):297-303 doi:10.1164/rccm.200408-1123OC
- Bell M.L., Zanobetti A., Dominici F. (2013) Evidence on vulnerability and susceptibility to health risks associated with short-term exposure to particulate matter: a systematic review and meta-analysis. *Am J Epidemiol* 178(6):865-76 doi:10.1093/aje/kwt090
- Berhane K., Chang C.C., McConnell R., et al. (2016) Association of Changes in Air Quality With Bronchitic Symptoms in Children in California, 1993-2012. *JAMA* 315(14):1491-501 doi:10.1001/jama.2016.3444
- Bezemer A., Wesseling J., Cassee F.R., et al. (2015) Nader verkennend onderzoek ultrafijnstof rond Schiphol. RIVM Rapport 2015-0110
- Blauw B. (2011) Onderzoek naar de lokale fijnstofbelasting van het spoor aan de Velperweg in Arnhem. Rapportnr BL2011.5092.02-V01, Wageningen
- Boogaard H., Hoek G. (2008) Blootstelling aan ultrafijnstof tijdens fietsen en autorijden in Nederlandse steden. Utrecht: Kennispunt Bètawetenschappen, Universiteit Utrecht. P-UB-2008-02.
- Boogaard H., Kos G.P.A., Weijers E.P., et al. (2011) Contrast in air pollution components between major streets and background locations: Particulate matter mass, black carbon, elemental composition, nitrogen oxide and ultrafine particle number. *Atmospheric Environment* 45(3):650-658

- Börjesson M., Eliasson J., Hugosson M.B., Brundell-Freij K. (2012) The Stockholm congestion charges -5 years on. Effects, acceptability and lessons learnt. *Transport Policy* 20:1-12
doi:10.1016/j.tranpol.2011.11.001
- Bowatte G., Lodge C., Lowe A.J., et al. (2015) The influence of childhood traffic-related air pollution exposure on asthma, allergy and sensitization: a systematic review and a meta-analysis of birth cohort studies. *Allergy* 70(3):245-56 doi:10.1111/all.12561
- Brook R.D., Rajagopalan S., Pope C.A., 3rd, et al. (2010) Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 121(21):2331-78
doi:10.1161/CIR.0b013e3181d8e1
- CBS (2018)
<http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=7062&D1=0-10&D2=0,3-5,7-11,14-16,18-20&D3=I&HD=160831-1729&HDR=T&STB=G2,G1>. Geraadpleegd op maart 2018
- Cesaroni G., Badaloni C., Gariazzo C., et al. (2013) Long-term exposure to urban air pollution and mortality in a cohort of more than a million adults in Rome. *Environ Health Perspect* 121(3):324-31
doi:10.1289/ehp.1205862
- Cesaroni G., Forastiere F., Stafoggia M., et al. (2014) Long term exposure to ambient air pollution and incidence of acute coronary events: prospective cohort study and meta-analysis in 11 European cohorts from the ESCAPE Project. *BMJ* 348:f7412
doi:10.1136/bmj.f7412
- Chen C., Zhao B. (2011) Review of relationship between indoor and outdoor particles: I/O ratio, infiltration factor and penetration factor. *Atmospheric Environment* 45(2):275-288
doi:10.1016/j.atmosenv.2010.09.048
- Chen H., Kwong J.C., Copes R., et al. (2017) Exposure to ambient air pollution and the incidence of dementia: A population-based cohort study. *Environ Int* 108:271-277
doi:10.1016/j.envint.2017.08.020
- Clausen G. (2004) Ventilation filters and indoor air quality: a review of research from the International Centre for Indoor Environment and Energy. *Indoor Air* 14 Suppl 7:202-7 doi:10.1111/j.1600-0668.2004.00289.x
- Clifford A., Lang L., Chen R., Anstey K.J., Seaton A. (2016) Exposure to air pollution and cognitive functioning across the life course--A systematic literature review. *Environ Res* 147:383-98
doi:10.1016/j.envres.2016.01.018
- CLO (2014) Benzeen in lucht, 1995-2013.
<http://www.clo.nl/indicatoren/nl0457-benzeen>
- CLO (2015) Gezondheidseffecten van fijn stof en ozon, 1992-2013.
URL:<http://www.clo.nl/indicatoren/nl0340-gezondheidseffecten-van-fijn-stof-en-ozon>
- CLO (2016) Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging: emissies, 1990-2014. URL:<http://www.clo.nl/indicatoren/nl0183-verzuring-en-grootschalige-luchtverontreiniging-emissies>
- CLO (2017a) Emissies door de zeescheepvaart, 1990-2015.
<http://www.clo.nl/indicatoren/nl0521-emissies-naar-lucht-door-de-zeescheepvaart>

- CLO (2017b) Relatie ontwikkelingen emissies en luchtkwaliteit, 1990 - 2015. <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0081-relatie-ontwikkelingen-emissies-en-luchtkwaliteit?ond=20880>
URL:<http://www.clo.nl/indicatoren/nl0532-fijnere-fractie-van-fijn-stof-pm-25>
- CLO (2018) Emissies naar lucht door verkeer en vervoer, 1990-2016. <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0128-emissies-naar-lucht-door-verkeer-en-vervoer-trend?ond=20897>
- Cohen A.J, Brauer M., Burnett R., et al. (2017) Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: an analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *Lancet* 389(10082):1907-1918 doi:10.1016/S0140-6736(17)30505-6
- Corbett J.J., Winebrake J.J., Green E.H., Kasibhatla P., Eyring V., Lauer A. (2007) Mortality from ship emissions: a global assessment. *Environ Sci Technol* 41(24):8512-8
URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18200887>
- Correia A.W., Pope C.A., 3rd, Dockery D.W., Wang Y., Ezzati M., Dominici F. (2013) Effect of air pollution control on life expectancy in the United States: an analysis of 545 U.S. counties for the period from 2000 to 2007. *Epidemiology* 24(1):23-31 doi:10.1097/EDE.0b013e3182770237
- Crouse D.L., Peters P.A., Hystad P., et al. (2015) Ambient PM2.5, O(3), and NO(2) Exposures and Associations with Mortality over 16 Years of Follow-Up in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC). *Environ Health Perspect* 123(11):1180-6 doi:10.1289/ehp.1409276
- Crouse D.L., Peters P.A., van Donkelaar A., et al. (2012) Risk of nonaccidental and cardiovascular mortality in relation to long-term exposure to low concentrations of fine particulate matter: a Canadian national-level cohort study. *Environ Health Perspect* 120(5):708-14 doi:10.1289/ehp.1104049
- Cyrus J., Heinrich J., Hoek G., et al. (2003) Comparison between different traffic-related particle indicators: elemental carbon (EC), PM2.5 mass, and absorbance. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 13(2):134-43 doi:10.1038/sj.jea.7500262
- Dadvand P., Parker J., Bell M.L., et al. (2013) Maternal exposure to particulate air pollution and term birth weight: a multi-country evaluation of effect and heterogeneity. *Environ Health Perspect* 121(3):267-373 doi:10.1289/ehp.1205575
- de Hartog J.J., Boogaard H., Nijland H., Hoek G. (2010) Do the Health Benefits of Cycling Outweigh the Risks? *Environmental Health Perspectives* 118(8):1109-1116 doi:10.1289/ehp.0901747
- de Kluizenaar Y., Janssen S.A., Vos H., Salomons E.M., Zhou H., van den Berg F. (2013) Road traffic noise and annoyance: a quantification of the effect of quiet side exposure at dwellings. *Int J Environ Res Public Health* 10(6):2258-70 doi:10.3390/ijerph10062258
- de Zwart F., Brunekreef B., Timmermans E., Deeg D., Gehring U. (2018) Air Pollution and Performance-Based Physical Functioning in Dutch Older Adults. *Environ Health Perspect* 126(1):017009 doi:10.1289/EHP2239
- Dieselnet (2018) <https://www.dieselnet.com/standards/eu/nonroad.php>. Revision 2016.11

- Dijkema M., van der Zee S.C., Helmink H.J.P. (2016a)
Luchtverontreiniging Amsterdam 2015. Rapport van de GGD Amsterdam
- Dijkema M.B., van Strien R.T., van der Zee S.C., et al. (2016b) Spatial variation in nitrogen dioxide concentrations and cardiopulmonary hospital admissions. *Environ Res* 151:721-727
doi:10.1016/j.envres.2016.09.008
- Dimakopoulou K., Samoli E., Beelen R., et al. (2014) Air pollution and nonmalignant respiratory mortality in 16 cohorts within the ESCAPE project. *Am J Respir Crit Care Med* 189(6):684-96
doi:10.1164/rccm.201310-1777OC
- Duijm F., van Ginkel J.T., Poelman B., van Schie R.J., Scholtes M.M. (2010) GGD-richtlijn medische milieukunde: Beoordeling van ventilatie en ventilatievoorzieningen van woningen. RIVM Rapport 609330011/2009
URL:https://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Wetenschappelijk/Rapporten/2010/maart/GGD_richtlijn_medische_milieukunde_Beoordeling_van_ventilatie_en_ventilatievoorzieningen_van_woningen
- Dusseldorp A., Fischer P., Dijkema M., Strak M.M. (2015)
Luchtkwaliteitsindex : Aanbevelingen voor de samenstelling en duiding. RIVM Rapport 2014-0050
- EEA (2016) Air quality in Europe – 2016 report. EEA Report No 28/2016 Emissieregistratie (2018)
<https://emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/selectie/criteria.aspx>.
- Emissieregistratie, Luchtkwaliteit CMeB (2008) De Luchtkwaliteit Centraal; Bewust omgaan met kwaliteit en onzekerheden.
URL:[https://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Algemeen%20\(General\)/Over%20de%20Emissieregistratie%20\(about%20PRTR\)/Cie%20Meten%20en%20Berekenen_170908_achtegrondrapport_final.pdf](https://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/documenten/Algemeen%20(General)/Over%20de%20Emissieregistratie%20(about%20PRTR)/Cie%20Meten%20en%20Berekenen_170908_achtegrondrapport_final.pdf)
- EOSWetenschap (2018) Laat je niet misleiden door China's 'anti-smogtoren' en andere plannen om fijn stof uit de lucht te halen.
URL:<https://www.eoswetenschap.eu/technologie/laat-je-niet-misleiden-door-chinas-anti-smogtoren-en-andere-plannen-om-fijn-stof-uit-de>
- EPA (2018) <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/residential-air-cleaners-second-edition-summary-available-information>.
- Europese Commissie (2016)
<https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2015/wp29grpe/GRPE-73-06.pdf>.
- Europese Unie (2008) Richtlijn 2008/50/EG betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor Europa. URL:<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:NL:PDF>
- Eze I.C., Hemkens L.G., Bucher H.C., et al. (2015) Association between ambient air pollution and diabetes mellitus in Europe and North America: systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect* 123(5):381-9 doi:10.1289/ehp.1307823
- Faustini A., Rapp R., Forastiere F. (2014) Nitrogen dioxide and mortality: review and meta-analysis of long-term studies. *Eur Respir J* 44(3):744-53 doi:10.1183/09031936.00114713

- Fernández-Camacho R., Rodríguez S., de la Rosa J., et al. (2010) Ultrafine particle formation in the inland sea breeze airflow in Southwest Europe. *Atmos Chem Phys* 10(19):9615-9630 doi:10.5194/acp-10-9615-2010
- Finkelstein M.M., Jerrett M., Sears M.R. (2004) Traffic air pollution and mortality rate advancement periods. *Am J Epidemiol* 160(2):173-7 doi:10.1093/aje/kwh181
- Fischer P., Marra M., Wesseling J., Cassee F.R. (2007) Invloed van de afstand tot een drukke verkeersweg op de lokale luchtkwaliteit en de gezondheid: een quick scan. RIVM Briefrapport 863001005
- Fischer P.H., Hoek G., van Rieuwijk H., et al. (2000) Traffic-related differences in outdoor and indoor concentrations of particles and volatile organic compounds in Amsterdam. *Atmosf Environ* 34(22):3713-3722 doi:10.1016/S1352-2310(00)00067-4
- Fischer P.H., Marra M., Ameling C.B., et al. (2015) Air Pollution and Mortality in Seven Million Adults: The Dutch Environmental Longitudinal Study (DUELS). *Environ Health Perspect* 123(7):697-704 doi:10.1289/ehp.1408254
- Fisk W.J. (2013) Health benefits of particle filtration. *Indoor Air* 23(5):357-68 doi:10.1111/ina.12036
- Freidl G.S., Spruijt I.T., Borlee F., et al. (2017) Livestock-associated risk factors for pneumonia in an area of intensive animal farming in the Netherlands. *PLoS One* 12(3):e0174796 doi:10.1371/journal.pone.0174796
- Fridell E., Steen E., Peterson K. (2008) Primary particles in ship emissions. *Atmospheric Environment* 42(6):1160-1168
- Frumau K.F.A., Weijers E.P., Strak M., Dijkema M. (2015) JOAQUIN Decision Support Tool for air pollution reduction measures.
- Gan W.Q., Tamburic L., Davies H.W., Demers P.A., Koehoorn M., Brauer M. (2010) Changes in residential proximity to road traffic and the risk of death from coronary heart disease. *Epidemiology* 21(5):642-9 doi:10.1097/EDE.0b013e3181e89f19
- Gauderman W.J., Urman R., Avol E., et al. (2015) Association of improved air quality with lung development in children. *N Engl J Med* 372(10):905-13 doi:10.1056/NEJMoa1414123
- Gauderman W.J., Vora H., McConnell R., et al. (2007) Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. *Lancet* 369(9561):571-7 doi:10.1016/S0140-6736(07)60037-3
- Geelen L. (2013) Proefschrift: Human health indicators for air pollutants. Stepping along the cause-and-effect pathway. URL: http://www.ru.nl/publish/pages/664721/phd_thesis_lgeelen.pdf
- Geelen L.M.J., Souren A.F.M.M., Jans H.W.A., Ragas A.M.J. (2013) Air Pollution from Industry and Traffic: Perceived Risk and Affect in the Moerdijk Region, The Netherlands. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 19(6):1644-1663 doi:10.1080/10807039.2012.749068
- Gehring U., Gruzieva O., Agius R.M., et al. (2013) Air pollution exposure and lung function in children: the ESCAPE project. *Environ Health Perspect* 121(11-12):1357-64 doi:10.1289/ehp.1306770

- Gehring U., Heinrich J., Kramer U., et al. (2006) Long-term exposure to ambient air pollution and cardiopulmonary mortality in women. *Epidemiology* 17(5):545-51
doi:10.1097/01.ede.0000224541.38258.87
- Gerlofs-Nijland M.E., Mathijssen E.A.M., Jongeneel W.P., Cassee F.R. (2011) Gezondheidseffecten van brommeremissies. RIVM Briefrapport 630315001/2011
- Gezondheidsraad (2008) Advies aan de minister over Gevoelige Bestemmingen luchtkwaliteit. Publikatienummer 2008/09
URL:www.gr.nl/pdf.php?ID=1707&p=1
- Gezondheidsraad (2012) Gezondheidsrisico's rond veehouderijen. .
Gezondheidsraad Nr. 2012/27
- Gezondheidsraad (2016) Meewegen van gezondheid in omgevingsbeleid.
Gezondheidsraad Nr. 2016/12
- Gezondheidsraad (2018a) Gezondheidsrisico's rond veehouderijen: vervolgadvis. Gezondheidsraad Nr. 2018/04
- Gezondheidsraad (2018b) Gezondheidswinst door schonere lucht.
Gezondheidsraad Nr. 2018/01
- Giles L.V., Barn P., Kunzli N., et al. (2011) From good intentions to proven interventions: effectiveness of actions to reduce the health impacts of air pollution. *Environ Health Perspect* 119(1):29-36 doi:10.1289/ehp.1002246
- GoogleMaps (2018) NO₂ meetresultaten van palmesbuisjes
URL:https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1x7Sf_RNqj7ukxTrHI2HbD3cc_AI&ll=51.958364579096234%2C5.264400874999978&z=9
- Greven F., Reen W., Hoek G., et al. (2015) Overlast door houtrook; onderzoek naar het meten van fijn stof als hulpmiddel bij het beoordelen van klachten over houtstook. Rapport van GGD Groningen in samenwerking met GGD Drenthe en GGD Fryslân
- Greven F., Vonk J. (2015) Onderzoek naar de relatie tussen kortstondige blootstelling aan fijn stof van vuurwerk en dagelijkse mortaliteit in Nederland. Rapport van GGD Groningen
- Hagens W.I., van Overveld A.J.P., Fischer P.H., Gerlofs-Nijland M.E., Cassee F.R. (2012) Gezondheidseffecten van houtrook: Een literatuurstudie. RIVM Rapport 609300027
- Hamra G.B., Guha N., Cohen A., et al. (2014) Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: a systematic review and meta-analysis. *Environ Health Perspect* 122(9):906-11
doi:10.1289/ehp.1408092
- Hart J.E. (2014) Invited commentary: epidemiologic studies of the impact of air pollution on lung cancer. *Am J Epidemiol* 179(4):452-4 doi:10.1093/aje/kwt290
- Hart J.E., Kallberg H, Laden F., et al. (2013) Ambient air pollution exposures and risk of rheumatoid arthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 65(7):1190-6 doi:10.1002/acr.21975
- HEI panel (2010) Traffic-related air pollution: A critical review of the literature on emissions, exposure and health effects. Health Effects Institute
- Hensema A., van Mensch P., Vermeulen R. (2013) Tail-pipe emissions and fuel consumption of standard and tampered mopeds. TNO Report TNO 2013 R10232

- Heusinkveld H.J., Wahle T., Campbell A., et al. (2016) Neurodegenerative and neurological disorders by small inhaled particles. *Neurotoxicology* 56:94-106 doi:10.1016/j.neuro.2016.07.007
- Hoek G., Brunekreef B., Goldbohm S., Fischer P., van den Brandt P.A. (2002) Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet* 360(9341):1203-9 doi:10.1016/S0140-6736(02)11280-3
- Hoffmann B., Moebus S., Mohlenkamp S., et al. (2007) Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. *Circulation* 116(5):489-96 doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.693622
- Hoogerbrugge R., Nguyen L., Wesseling J., et al. (2016) Trends in PM10- en NO₂-concentraties. *Tijdschrift Lucht* 3:13-16
- Hoogerbrugge R., Nguyen P.L., Wesseling J., et al. (2012) Assessment of the level of sea salt in PM10 in the Netherlands : Yearly average and exceedance days. RIVM Rapport 680704014
- Huber M., Knottnerus J.A., Green L., et al. (2011) How should we define health? *BMJ* 343:d4163 doi:10.1136/bmj.d4163
- IARC (2012) Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Chemical Agents and Related Occupations. 100F
- IARC (2016) Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Outdoor Air Pollution. 109
- ILENT (2018) Eisen aan scheepsbrandstof. <https://www.ilent.nl/onderwerpen/wet--en-regelgeving-zeevaart/eisen-aan-scheepsbrandstof>
- InfoMil (2018) Rekentool. <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/slag/nsi-rekentool/handleiding/algemeen/>
- Jansen B.I., Dröge R. (2011) Emissiemodel Houtkachels. TNO-rapport TNO-060-UT-2011-00314
- Janssen N.A., Ameling C.B., Bezemer A., et al. (2016) Verkenning gezondheidsrisico's ultrafijnstof luchtvaart rond Schiphol en voorstel vervolgonderzoek. RIVM Rapport 2016-0050
- Joaquin (2018) *Joaquin's Decision Support Tool*. URL: <http://www.joaquin.eu/Knowledge/Decision-Support-Tool/page.aspx/121>
- Johnston F.H., Hanigan I.C., Henderson S.B., Morgan G.G. (2013) Evaluation of interventions to reduce air pollution from biomass smoke on mortality in Launceston, Australia: retrospective analysis of daily mortality, 1994-2007. *BMJ: British Medical Journal* 346 doi:10.1136/bmj.e8446
- Kamerstuk (2015) #30175-219 URL: <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-30175-219.html>
- Kanne P., Meurs M., Klein Kranenburg L. (2015) Scooters in de binnensteden, onderzoek in opdracht van Milieudefensie. I&O Research Rapportnummer 2015/172
- Karner A.A., Eisinger D.S., Niemeier D.A. (2010) Near-roadway air quality: synthesizing the findings from real-world data. *Environ Sci Technol* 44(14):5334-44 doi:10.1021/es100008x
- Kennisplatform, gezondheid Veh (2018) Fijnstof en endotoxinen. Versie 2 URL: http://www.kennisplatformveehouderij.nl/Thema_s/Fijnstof_en_endotoxinen:276333

- Keuken M., Moerman M., Zandveld P.Y., Henzing B., Brunekreef B., Hoek G. (2014) Ultrafijn stof rondom Schiphol. *Tijdschrift Lucht* 6:8-11
- Keuken M.P., Moerman M., Voogt M., et al. (2013) Source contributions to PM_{2.5} and PM₁₀ at an urban background and a street location. *Atmospheric Environment* 71:26-35
doi:10.1016/j.atmosenv.2013.01.032
- Khreis H., Kelly C., Tate J., Parslow R., Lucas K., Nieuwenhuijsen M. (2017) Exposure to traffic-related air pollution and risk of development of childhood asthma: A systematic review and meta-analysis. *Environ Int* 100:1-31
doi:10.1016/j.envint.2016.11.012
- Kingsley S.L., Eliot M.N., Whitsel E.A., et al. (2016) Maternal residential proximity to major roadways, birth weight, and placental DNA methylation. *Environ Int* 92-93:43-9
doi:10.1016/j.envint.2016.03.020
- Kingsley S.L., Eliot M.N., Whitsel E.A., et al. (2015) Residential proximity to major roadways and incident hypertension in postmenopausal women. *Environ Res* 142:522-8
doi:10.1016/j.envres.2015.08.002
- Kirwa K., Eliot M.N., Wang Y., et al. (2014) Residential proximity to major roadways and prevalent hypertension among postmenopausal women: results from the Women's Health Initiative San Diego Cohort. *J Am Heart Assoc* 3(5):e000727
doi:10.1161/JAHA.113.000727
- Knibbs L.D., Cole-Hunter T., Morawska L. (2011) A review of commuter exposure to ultrafine particles and its health effects. *Atmospheric Environment* 45(16):2611-2622
doi:10.1016/j.atmosenv.2011.02.065
- Korten I., Ramsey K., Latzin P. (2017) Air pollution during pregnancy and lung development in the child. *Paediatr Respir Rev* 21:38-46
doi:10.1016/j.prrv.2016.08.008
- Krauskopf J., Caiment F., van Veldhoven K., et al. (2018) The human circulating miRNome reflects multiple organ disease risks in association with short-term exposure to traffic-related air pollution. *Environ Int* 113:26-34
doi:10.1016/j.envint.2018.01.014
- Kroon P., H.P.J. dW (2012) Emissies van houtstook door huishoudens. ECN Rapport ECN-E--12-011
- Lamichhane D.K., Leem J.H., Lee J.Y., Kim H.C. (2015) A meta-analysis of exposure to particulate matter and adverse birth outcomes. *Environ Health Toxicol* 30:e2015011 doi:10.5620/eht.e2015011
- Leung D.Y.C. (2015) Outdoor-indoor air pollution in urban environment: challenges and opportunity. *Frontiers in Environmental Science* 2(69) doi:10.3389/fenvs.2014.00069
- Li C., Fang D., Xu D., et al. (2014) Main air pollutants and diabetes-associated mortality: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Endocrinol* 171(5):R183-90 doi:10.1530/EJE-14-0287
- Li M.H., Fan L.C., Mao B., et al. (2016) Short-term Exposure to Ambient Fine Particulate Matter Increases Hospitalizations and Mortality in COPD: A Systematic Review and Meta-analysis. *Chest* 149(2):447-458 doi:10.1378/chest.15-0513

- Lin C.C. (2016) A review of the impact of fireworks on particulate matter in ambient air. *J Air Waste Manag Assoc* 66(12):1171-1182
doi:10.1080/10962247.2016.1219280
- Lucchini R.G., Dorman D.C., Elder A., Veronesi B. (2012) Neurological impacts from inhalation of pollutants and the nose-brain connection. *Neurotoxicology* 33(4):838-41
doi:10.1016/j.neuro.2011.12.001
- Luo C., Zhu X., Yao C., et al. (2015) Short-term exposure to particulate air pollution and risk of myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis. *Environ Sci Pollut Res Int* 22(19):14651-62 doi:10.1007/s11356-015-5188-x
- Maas R., Fischer P., Wesseling J., Houthuijs D., Cassee F.R. (2015) Luchtkwaliteit en gezondheidswinst. RIVM
- Maas R., Grennfelt P. (2016) Towards cleaner air. Scientific Assessment Report 2016. EMEP Steering Body and Working Group on Effects of the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe
- Maassen K., Smit L., Wouters I., et al. (2016) Veehouderij en gezondheid omwonenden. RIVM Rapport 2016-0058
- MacIntyre E.A., Gehring U., Molter A., et al. (2014) Air pollution and respiratory infections during early childhood: an analysis of 10 European birth cohorts within the ESCAPE Project. *Environ Health Perspect* 122(1):107-13 doi:10.1289/ehp.1306755
- Maheswaran R., Elliott P. (2003) Stroke mortality associated with living near main roads in England and Wales: a geographical study. *Stroke* 34(12):2776-80
doi:10.1161/01.STR.0000101750.77547.11
- Mannucci P.M., Harari S., Martinelli I., Franchini M. (2015) Effects on health of air pollution: a narrative review. *Intern Emerg Med* 10(6):657-62 doi:10.1007/s11739-015-1276-7
- McCarthy M.C., Ludwig J.F., Brown S.G., Vaughn D.L., Roberts P.T. (2013) Filtration effectiveness of HVAC systems at near-roadway schools. *Indoor Air* 23(3):196-207 doi:10.1111/ina.12015
- Milieudefensie (2015) Wat ademen wij in? Resultaten meetcampagne luchtkwaliteit 2015.
- Mills I.C., Atkinson R.W., Kang S., Walton H., Anderson H.R. (2015) Quantitative systematic review of the associations between short-term exposure to nitrogen dioxide and mortality and hospital admissions. *BMJ Open* 5(5):e006946
doi:10.1136/bmjopen-2014-006946
- MNP (2005) Fijn stof nader bekeken.
<http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/500037008pdf>
Milieu- en Natuurplanbureau Rapport 500037008
- Mooibroek D., Vonk J., Velders G.J.M., Hafkenscheid T.L., Hoogerbrugge R. (2013) PM2.5 Average Exposure Index 2009-2011 in the Netherlands. RIVM Rapport 680704022
- Morawska L., Afshari A., Bae G.N., et al. (2013) Indoor aerosols: from personal exposure to risk assessment. *Indoor Air* 23(6):462-87
doi:10.1111/ina.12044
- Mueller N., Rojas-Rueda D., Cole-Hunter T., et al. (2015) Health impact assessment of active transportation: A systematic review. *Prev Med* 76:103-14 doi:10.1016/j.ypmed.2015.04.010

- Newby D.E., Mannucci P.M., Tell G.S., et al. (2014) Expert position paper on air pollution and cardiovascular disease. *European Heart Journal* 36(2):83-93 doi:10.1093/eurheartj/ehu458
- Nijhuis N.J., Van Strien R.T. (2015) Fijn stof in de IJmond: Samenstelling en gezondheidskundige relevantie. Rapport van GGD Amsterdam
- O'Neill M.S., Breton C.V., Devlin R.B., Utell M.J. (2012) Air pollution and health: emerging information on susceptible populations. *Air Qual Atmos Health* 5(2):189-201 doi:10.1007/s11869-011-0150-7
- Ontario PH (2016) In. <https://www.publichealthontario.ca/en/DataAndAnalytics/OntarioHealthProfile/Pages/OHP-IWR-TRAP.aspx#>
- Panis L.P., de Geus B., Vandenbulcke G., et al. (2010) Exposure to particulate matter in traffic: a comparison of cyclists and car passengers. *Atmospheric Environment* 44(19):2263-2270
- Pattenden S., Hoek G., Braun-Fahrlander C., et al. (2006) NO₂ and children's respiratory symptoms in the PATY study. *Occup Environ Med* 63(12):828-35 doi:10.1136/oem.2006.025213
- Pedersen M., Giorgis-Allemand L., Bernard C., et al. (2013) Ambient air pollution and low birthweight: a European cohort study (ESCAPE). *Lancet Respir Med* 1(9):695-704 doi:10.1016/S2213-2600(13)70192-9
- Peters A. (2005) Particulate matter and heart disease: evidence from epidemiological studies. *Toxicol Appl Pharmacol* 207(2 Suppl):477-82 doi:10.1016/j.taap.2005.04.030
- Pinault L., Tjepkema M., Crouse D.L., et al. (2016) Risk estimates of mortality attributed to low concentrations of ambient fine particulate matter in the Canadian community health survey cohort. *Environ Health* 15(18)
- Polidori A., Fine P.M., White V., Kwon P.S. (2013) Pilot study of high-performance air filtration for classroom applications. *Indoor Air* 23(3):185-95 doi:10.1111/ina.12013
- Pope C.A., 3rd, Dockery D.W. (2006) Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc* 56(6):709-42
URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16805397>
- Pope C.A., 3rd, Ezzati M., Dockery D.W. (2009) Fine-particulate air pollution and life expectancy in the United States. *N Engl J Med* 360(4):376-86 doi:10.1056/NEJMsa0805646
- Power M.C., Adar S.D., Yanosky J.D., Weuve J. (2016) Exposure to air pollution as a potential contributor to cognitive function, cognitive decline, brain imaging, and dementia: A systematic review of epidemiologic research. *Neurotoxicology* 56:235-253 doi:10.1016/j.neuro.2016.06.004
- Raaschou-Nielsen O., Andersen Z.J., Beelen R., et al. (2013) Air pollution and lung cancer incidence in 17 European cohorts: prospective analyses from the European Study of Cohorts for Air Pollution Effects (ESCAPE). *Lancet Oncol* 14(9):813-22 doi:10.1016/S1470-2045(13)70279-1
- Raaschou-Nielsen O., Andersen Z.J., Jensen S.S., et al. (2012) Traffic air pollution and mortality from cardiovascular disease and all causes: a Danish cohort study. *Environ Health* 11:60 doi:10.1186/1476-069X-11-60

- Reche C., Viana M., Rivas I., et al. (2014) Outdoor and indoor UFP in primary schools across Barcelona. *Sci Total Environ* 493:943-53 doi:10.1016/j.scitotenv.2014.06.072
- Riddle S.G., Robert M.A., Jakober C.A., Hannigan M.P., Kleeman M.J. (2008) Size-resolved source apportionment of airborne particle mass in a roadside environment. *Environ Sci Technol* 42(17):6580-6
URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18800533>
- Rijksoverheid (2017) Overzicht goedgekeurde rekenmethoden.
URL:<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/regelingen/2011/07/04/overzicht-goedgekeurde-rekenmethoden>
- Rijkswaterstaat (2011) Hoe wordt de luchtkwaliteit langs autosnelwegen bepaald?
URL:https://staticresources.rijkswaterstaat.nl/binaries/Brochure%20luchtkwaliteit%20langs%20snelwegen_tcm21-86221.pdf
- RIVM (2013) Dossier 'Fijn stof', Hoofdstuk 3 Luchtkwaliteit. RIVM publicatie
- RIVM (2016)
https://rivm.nl/Onderwerpen/T/Toolkits_voor_publicatie/Onderwerpen/Houtrook_en_gezondheid. Versie 12, 15 januari 2016
- RIVM (2018a) GCN & GDN kaarten.
URL:https://www.rivm.nl/Onderwerpen/G/GCN_GDN_kaarten
- RIVM (2018b)
http://www.rivm.nl/Onderwerpen/F/Fijn_stof/Ultrafijn_stof/Onderzoeksprogramma_Gezondheidsrisico's_ultrafijn_stof_Schiphol.
- RIVM (2018c) <https://www.rivm.nl/Onderwerpen/P/PFOA>
- RIVM (2018d) Monitoring NSL.
https://www.rivm.nl/Onderwerpen/M/Monitoring_NS_L
- Roels J.M., Verweij W., van Engelen J.G.M., Maas R.J.M., Houthuijs D.J.M., Wezenbeek J.M. (2014) Gezondheid en veiligheid in de Omgevingswet. Doelen, normen en afwegingen bij de kwaliteit van de leefomgeving. RIVM Rapport 2014-0138
- Roemer W.H., van Wijnen J.H. (2001) Differences among black smoke, PM(10), and PM(1.0) levels at Urban Measurement Sites. *Environ Health Perspect* 109(2):151-4
URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11266325>
- Rosenbloom J.I., Wilker E.H., Mukamal K.J., Schwartz J., Mittleman M.A. (2012) Residential proximity to major roadway and 10-year all-cause mortality after myocardial infarction. *Circulation* 125(18):2197-203 doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.111.085811
- Saarikoski S., Timonen H., Saarnio K., et al. (2008) Sources of organic carbon in fine particulate matter in northern European urban air. *Atmospheric Chemistry and Physics* 8:6281-6295 doi:10.5194/acp-8-6281-2008
- Schenk E.J.M. (2016) Inventarisatie en vergelijking jaaremissies Rijnmond over de jaren 2007-2015. DCMR Rapport 22152532
- Schwartz J., Ballester F., Saez M., et al. (2001) The concentration-response relation between air pollution and daily deaths. *Environ Health Perspect* 109(10):1001-6
URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11675264>
- Seppanen O., Fisk W.J. (2002) Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers. *Indoor Air* 12(2):98-112
URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12216473>

- Shah A.S., Langrish J.P., Nair H., et al. (2013) Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 382(9897):1039-48 doi:10.1016/S0140-6736(13)60898-3
- Shah A.S., Lee K.K., McAllister D.A., et al. (2015) Short term exposure to air pollution and stroke: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 350:h1295 doi:10.1136/bmj.h1295
- Sigsgaard T., Forsberg B., Annesi-Maesano I., et al. (2015) Health impacts of anthropogenic biomass burning in the developed world. *Eur Respir J* 46(6):1577-88 doi:10.1183/13993003.01865-2014
- Smit L.A.M., Boender G.J., de Steenhuijsen Piters W.A.A., et al. (2017) Increased risk of pneumonia in residents living near poultry farms: does the upper respiratory tract microbiota play a role? *Pneumonia* (Nathan) 9:3 doi:10.1186/s41479-017-0027-0
- Stafoggia M., Cesaroni G., Peters A., et al. (2014) Long-term exposure to ambient air pollution and incidence of cerebrovascular events: results from 11 European cohorts within the ESCAPE project. *Environ Health Perspect* 122(9):919-25 doi:10.1289/ehp.1307301
- Strak M., Boogaard H., Meliefste K., et al. (2010) Respiratory health effects of ultrafine and fine particle exposure in cyclists. *Occup Environ Med* 67(2):118-24 doi:10.1136/oem.2009.046847
- Strak M., van der Zee S.C., Meliefste K., Hoek G. (2015) Luchtkwaliteit nabij dieselaggregaten. Informatieblad van GGD Amsterdam
- Sublett J.L. (2011) Effectiveness of air filters and air cleaners in allergic respiratory diseases: a review of the recent literature. *Curr Allergy Asthma Rep* 11(5):395-402 doi:10.1007/s11882-011-0208-5
- Svartengren M., Strand V., Bylin G., Jarup L., Pershagen G. (2000) Short-term exposure to air pollution in a road tunnel enhances the asthmatic response to allergen. *Eur Respir J* 15(4):716-24 URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10780764>
- Timmers V.R.J.H., Achten P.A.J. (2016) Non-exhaust PM emissions from electric vehicles. *Atmospheric Environment* 134:10-17 doi:10.1016/j.atmosenv.2016.03.017
- Tunnicliffe W.S., Burge P.S., Ayres J.G. (1994) Effect of domestic concentrations of nitrogen dioxide on airway responses to inhaled allergen in asthmatic patients. *Lancet* 344(8939-8940):1733-6 URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7997002>
- van den Hooven E.H., de Kluizenaar Y., Pierik F.H., et al. (2012a) Chronic air pollution exposure during pregnancy and maternal and fetal C-reactive protein levels: the Generation R Study. *Environ Health Perspect* 120(5):746-51 doi:10.1289/ehp.1104345
- van den Hooven E.H., de Kluizenaar Y., Pierik F.H., et al. (2011) Air pollution, blood pressure, and the risk of hypertensive complications during pregnancy: the generation R study. *Hypertension* 57(3):406-12 doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.164087
- van den Hooven E.H., Pierik F.H., de Kluizenaar Y., et al. (2012b) Air pollution exposure and markers of placental growth and function: the generation R study. *Environ Health Perspect* 120(12):1753-9 doi:10.1289/ehp.1204918

- van den Hooven E.H., Pierik F.H., de Kluizenaar Y., et al. (2012c) Air pollution exposure during pregnancy, ultrasound measures of fetal growth, and adverse birth outcomes: a prospective cohort study. *Environ Health Perspect* 120(1):150-6
doi:10.1289/ehp.1003316
- van der Zee S.C., Dijkema M., van der Laan J., Hoek G. (2012a) De bijdrage van scheepvaartemissies aan de gemeten concentraties stikstofoxiden en ultrafijn stof langs vaarwegen in Amsterdam en Diemen. Publicatie van GGD Amsterdam
- van der Zee S.C., Dijkema M., Van der Laan J., Hoek G. (2012b) The impact of inland ships and recreational boats on measured NOx and ultrafine particle concentrations along the waterways. *Atmospheric Environment* 55(368-376)
- van der Zee S.C., Fischer P.H., Hoek G. (2016a) Air pollution in perspective: Health risks of air pollution expressed in equivalent numbers of passively smoked cigarettes. *Environ Res* 148:475-483 doi:10.1016/j.envres.2016.04.001
- van der Zee S.C., Strak M., Dijkema M.B., Brunekreef B., Janssen N.A. (2017) The impact of particle filtration on indoor air quality in a classroom near a highway. *Indoor Air* 27(2):291-302
doi:10.1111/ina.12308
- van der Zee S.C., Walda I.C., Dijkema M.B.A., et al. (2008) GGD-richtlijn medische milieukunde: Luchtkwaliteit en gezondheid. RIVM Rapport 609330008/2008
- van der Zee S.C., Zuurbier M., van de Weerd R., Fischer P. (2016b) Kwantificeren van de gezondheidsschade door luchtverontreiniging voor GGD-en. Publicatie van GGD Amsterdam en GGD Gelderland-Midden
- van Ginkel J., Habets T., van der Heyden I., et al. (2012) GGD-richtlijn medische milieukunde : Schimmel- en vochtproblemen in woningen. RIVM Rapport 609300022
- van Kempen E.E.M.M., van Beek A.J. (2013) De invloed van een stille zijde bij woningen op gezondheid en welbevinden: Literatuur en aanbevelingen voor beleid. RIVM Rapport 630650005
- van Poll H.F.P.M., Breugelmans O.R.P., Devilee J.L.A. (2011) Hinder, bezorgdheid en woontevredenheid in Nederland. Inventarisatie Verstoringen RIVM Rapport 630741001
- van Strien R.T., Gent J.F., Belanger K., Triche E., Bracken M.B., Leaderer B.P. (2004) Exposure to NO₂ and nitrous acid and respiratory symptoms in the first year of life. *Epidemiology* 15(4):471-8
URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15232409>
- van Zanten M.C., Berkhout J.P.J., Wesseling J., et al. (2015) Monitoringsrapportage NSL 2015. RIVM Rapport 2015-0166
- van Zanten M.C., Berkhout J.P.J., Wesseling J.P., et al. (2016) Monitoringsrapportage NSL 2016. RIVM Rapport 2016-0138
- Vecchi R., Bernardoni V., Cricchio D., et al. (2008) The impact of fireworks on airborne particles. *Atmospheric Environment* 42(6):1121-1132 doi:10.1016/j.atmosenv.2007.10.047
- Velders G.J.M., Aben J.M.M., Geilenkirchen G.P., et al. (2016) Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland Rapportage 2016. RIVM Rapport 2016-0068
URL: <https://www.rivm.nl/dsresource?objectid=bad0f796-fd17-4ff5-aaf3-d7d71224376a&type=org&disposition=inline>

- Velders G.J.M., Aben J.M.M., Geilenkirchen G.P., et al. (2017) Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland : Rapportage 2017 RIVM Rapport 2017-0117
- Veras M.M., de Oliveira Alves N., Fajersztajn L., Saldiva P. (2017) Before the first breath: prenatal exposures to air pollution and lung development. *Cell Tissue Res* 367(3):445-455
doi:10.1007/s00441-016-2509-4
- Verbeek M. (2016) Bijdrage van brommers en scooters aan de luchtkwaliteit in Amsterdam (update). TNO-rapport 2015 R11435v2
- Viana M., Hammingh P., Colette A., et al. (2014) Impact of maritime transport emissions on coastal air quality in Europe. *Atmospheric Environment* 90:96-105 doi:10.1016/j.atmosenv.2014.03.046
- Weichenthal S., Kulka R., Lavigne E., et al. (2017) Biomass Burning as a Source of Ambient Fine Particulate Air Pollution and Acute Myocardial Infarction. *Epidemiology* (Cambridge, Mass) 28(3):329-337 doi:10.1097/EDE.0000000000000636
- Wesseling J., van der Zee S.C., Nguyen L. (2010) Gemeten en berekende NO₂-concentraties in Amsterdam in 2008 RIVM Rapport 680705015
- Wesseling J.P., van Velze K., Hoogerbrugge R., Nguyen L., Beijk R., Ferreira J.A. (2013) Gemeten en berekende (NO₂) concentraties in 2010 en 2011: Een test van de standaardrekenmethoden 1 en 2. RIVM Rapport 680705027
- WHO (2000) Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series, No 91
- WHO (2004a) Health aspects of air pollution: answers to follow-up questions from CAFE: report on a WHO working group meeting, Bonn, Germany, 15-16 January 2004.
- WHO (2004b) Health aspects of air pollution. Results from the WHO project 'Systematic review of health aspects of air pollution in Europe'.
- WHO (2005) Air quality guidelines – global update 2005.
- WHO (2013a) Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project: Technical Report. Copenhagen
- WHO (2013b) Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. New emerging risks to health from air pollution – results from the survey of experts. <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/health-risks-of-air-pollution-in-europe-hrapie-project-new-emerging-risks-to-health-from-air-pollution-results-from-the-survey-of-experts>
- WHO (2015) Residential heating with wood and coal: health impacts and policy options in Europe and North America.
- WHO (2016) Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease.
- Wilker E.H., Mostofsky E., Lue S.H., et al. (2013) Residential proximity to high-traffic roadways and poststroke mortality. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 22(8):e366-72
doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2013.03.034
- Willers S., van Breugel P., Elshout S. (2015) Schonere zeescheepvaart – schonere lucht,

- Winkel A., Wouters I.M., Hagens T.J., Heederik D.J.J., Ogink NWM, Vermeij I. (2016) Additionele maatregelen ter vermindering van emissies van bioaerosolen uit stallen: verkenning van opties, kosten en effecten op de gezondheidslast van omwonenden. Livestock Research Rapport 949
- Yorifuji T., Kashima S., Doi H. (2016) Fine-particulate Air Pollution from Diesel Emission Control and Mortality Rates in Tokyo: A Quasi-experimental Study. *Epidemiology* 27(6):769-78
doi:10.1097/EDE.0000000000000546
- Zanobetti A., Schwartz J., Samoli E., et al. (2003) The temporal pattern of respiratory and heart disease mortality in response to air pollution. *Environ Health Perspect* 111(9):1188-93
URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12842772>
- Zeger S.L., Dominici F., Samet J. (1999) Harvesting-resistant estimates of air pollution effects on mortality. *Epidemiology* 10(2):171-5
URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10069254>
- Zhang Y., Mo J., Li Y., et al. (2011) Can commonly-used fan-driven air cleaning technologies improve indoor air quality? A literature review. *Atmospheric Environment* 45(26):4329-4343
URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231011005346>
- Zhao Z., Lin F., Wang B., Cao Y., Hou X., Wang Y. (2016) Residential Proximity to Major Roadways and Risk of Type 2 Diabetes Mellitus: A Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health* 14(1)
doi:10.3390/ijerph14010003
- Zheng X.Y., Ding H., Jiang L.N., et al. (2015) Association between Air Pollutants and Asthma Emergency Room Visits and Hospital Admissions in Time Series Studies: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One* 10(9):e0138146
doi:10.1371/journal.pone.0138146
- Zuurbier M., Groenewold L., Groot B., Vaal M. (2013) Bijdrage binnenscheepvaart en dieseltreinen aan roet en ultrafijnstof. Publicatie van GGD Gelderland-Midden
- Zuurbier M., Hoek G., Oldenwening M., et al. (2010) Commuters' exposure to particulate matter air pollution is affected by mode of transport, fuel type, and route. *Environ Health Perspect* 118(6):783-9 doi:10.1289/ehp.0901622
- Zuurbier M., Hoek G., Oldenwening M., Meliefste K., van den Hazel P., Brunekreef B. (2011) Respiratory effects of commuters' exposure to air pollution in traffic. *Epidemiology* 22(2):219-27
doi:10.1097/EDE.0b013e3182093693
- Zuurbier M., Hoek G., van den Hazel P., Brunekreef B. (2009) Minute ventilation of cyclists, car and bus passengers: an experimental study. *Environ Health* 8:48 doi:10.1186/1476-069X-8-48
- Zuurbier M., van Buggenum S., Burghgraef F., et al. (2012) GGD-richtlijn medische milieukunde: Smog en gezondheid. RIVM Rapport 609400006
- Zuurbier M., Willems J., Hoek G., et al. (2017) Invloed brommers en scooters op luchtkwaliteit fietspaden. Publicatie van GGD Gelderland-Midden

Samenstelling werkgroep en geraadpleegde deskundigen

Werkgroepleden

M. Dijkema (auteur), GGD Amsterdam
T. Koeman (auteur), GGD Rotterdam-Rijnmond
J. Odink (auteur), GGD Gelderland Midden
S. van der Zee (auteur), GGD Amsterdam
M. Zuurbier (auteur), GGD Gelderland Midden

F. Aarts (auteur), GGD Gelderland Zuid
S. van Buggenum (auteur), GGD Zuid Limburg
M. Elders-Meijerink (auteur), GGD Drenthe
P. Fischer (auteur), RIVM/cGM
K. van den Hout (auteur), GGD'en Brabant
H. Jansen (auteur), GGD Haaglanden
R. Keuken (auteur), GGD Kennemerland
A. van Leeuwen (auteur), GGD Haaglanden
W. Ovaa (auteur), GGD Regio Utrecht

M. Schaap (coördinator), RIVM/cGM

Geraadpleegde deskundigen

H. van Bergen, Team Duurzaamheid/Luchtkwaliteit, Gemeente Amsterdam
B. Brunekreef, Institute for Risk Assessment Sciences, Universiteit Utrecht & Julius Center for Health Sciences and Primary Care, University Medical Center Utrecht
H. Erbrink, Erbrink Stacks Consult
S. Faber, Ministerie Infrastructuur en Waterstaat
R. Hoogerbrugge, Centrum voor Milieukwaliteit, RIVM
M. Jongeneel, Kenniscentrum InfoMil, Rijkswaterstaat
S. van Loon, Cluster Natuur en Milieu, Provincie Noord-Brabant
S. Willers, DCMR Milieudienst Rijnmond

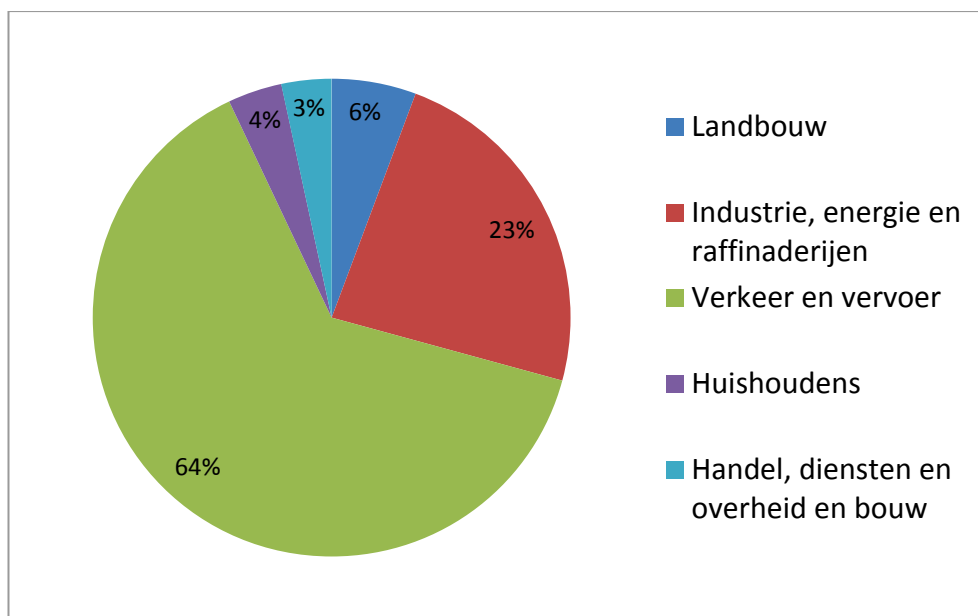
Bijlage 1 Bronnen per component van luchtverontreiniging

De meeste informatie over de bijdragen van specifieke bronnen aan de uitstoot en/of concentraties van luchtverontreiniging is afkomstig van registraties die worden bijgehouden in verband met wettelijke verplichtingen. Belangrijk hierbij zijn de Europees vastgestelde NEC-richtlijnen (*National Emission Ceilings*) en berekeningen ten behoeve van de monitoring van de luchtkwaliteitseisen uit de Wet milieubeheer.

1.1 Gasvormige luchtverontreiniging

1.1.1 Stikstofoxiden – Emissie: NO_x

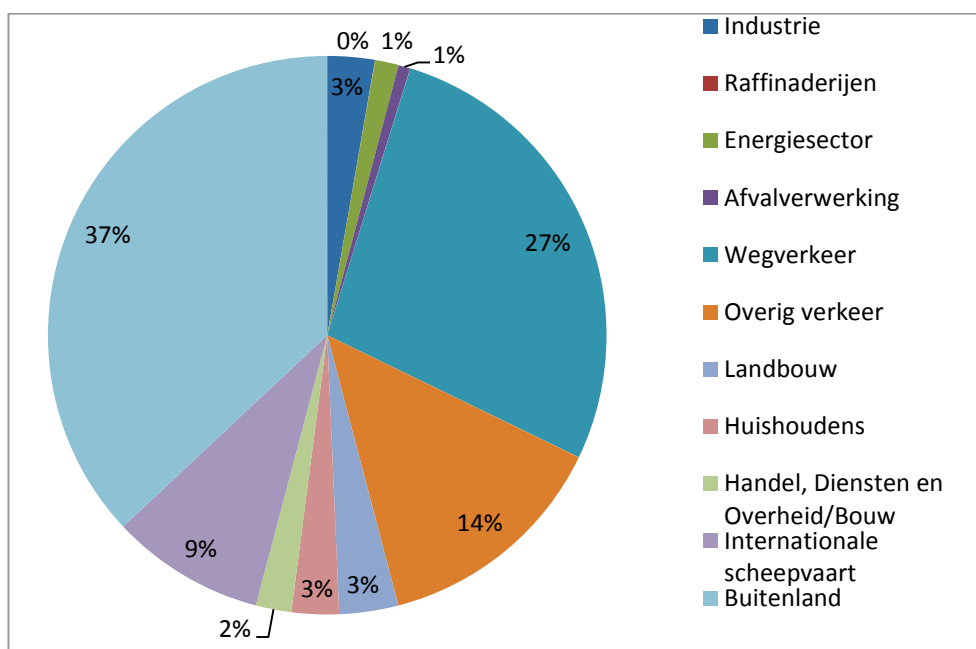
De Europese regelgeving voor emissie (NEC-richtlijn, *National Emission Ceiling*) richt zich op NO_x. Sinds 2010 geldt er voor Nederland een emissieplafond van 260 kton, hier wordt sinds 2013 aan voldaan. Gedurende de periode 1990-2014 zijn de NO_x-emissies met 61% gedaald naar 235 kton, vooral ten gevolge van het stellen van emissie-eisen aan personenauto's en vrachtverkeer (Euro-normen) en maatregelen in de industrie, raffinaderijen en energiesector. Uit figuur 15 blijkt dat Verkeer en Vervoer (inclusief binnenvaart, luchtvaart enzovoort) de grootste bijdrage levert aan de uitstoot in Nederland, op afstand gevolgd door Industrie. Huishoudens, Handel en diensten en Landbouw leveren relatief beperkte bijdragen. Regionaal (en zeker lokaal) kunnen deze verhoudingen vanzelfsprekend anders liggen.



Figuur 15. Emissie van stikstofoxiden (NO_x) per doelgroep (2014). Bewerkt van compendium voor de leefomgeving (CLO 2016).

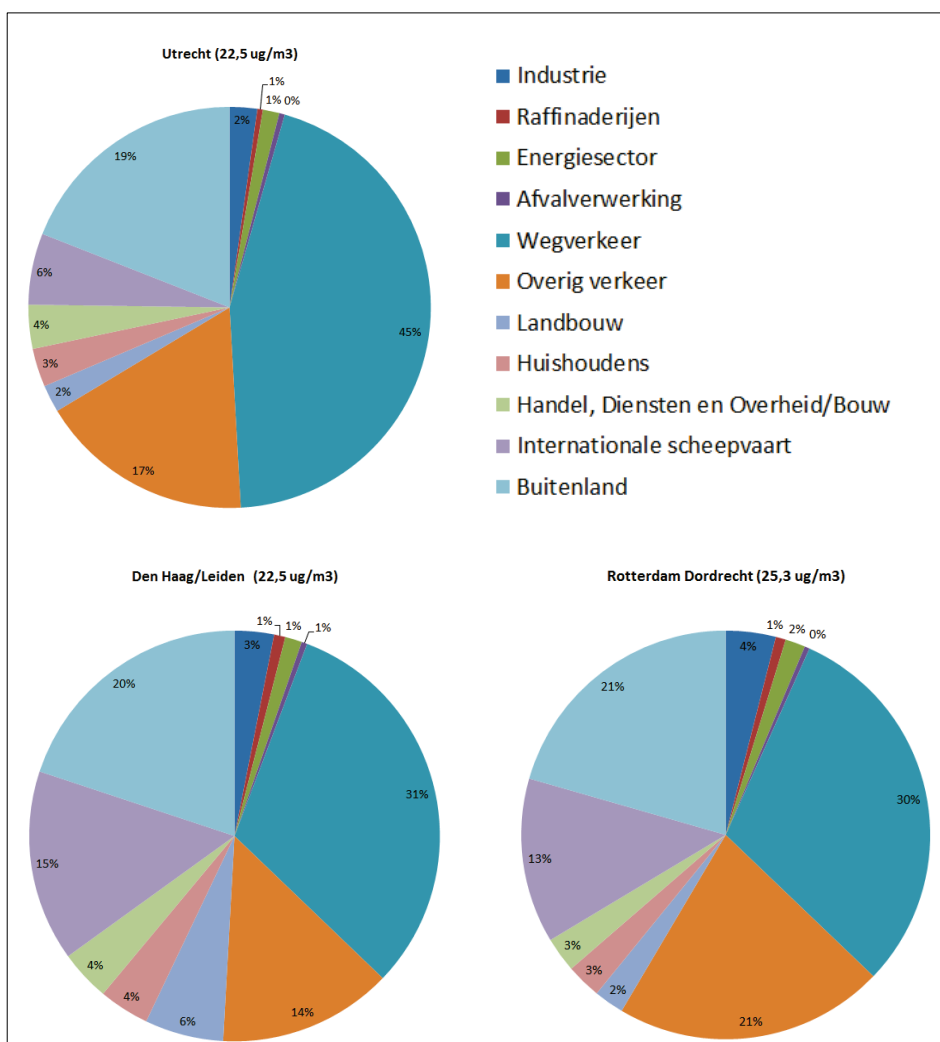
1.1.2 Stikstofoxiden – Immissie (concentratie): NO₂

De Europese wetgeving voor immissie richt zich op NO₂; er geldt een grenswaarde voor de jaargemiddelde concentratie van 40 µg/m³. Gemiddeld voor heel Nederland was er in 2015 sprake van een concentratie van 14,7 µg/m³. De belangrijkste bronnen (er wordt een wat andere indeling toegepast als bij emissies) zijn dan Buitenland (37%), Wegverkeer (27%), Overig Verkeer (14%) en Internationale Scheepvaart (9%) (zie Figuur 16).



Figuur 16. NO₂-concentratiebijdragen van bronnen in Nederland (2015) bij een jaargemiddelde concentratie van 14,7 µg/m³. Bewerkt van GCN Rapportage 2016 (Velders et al. 2016)

Regionaal kunnen behoorlijke verschillen optreden; in de agglomeraties Amsterdam/Haarlem, Utrecht en Rotterdam/Dordrecht zijn de concentraties hoger: respectievelijk 20,6, 22,5 en 25,3 als jaargemiddelde concentratie. Daarmee samenhangend neemt de bijdrage van een grootschalige bron als 'Buitenland' af tot circa 20%, terwijl de bijdrage van meer lokale bronnen zoals Wegverkeer toeneemt. In Utrecht is de bijdrage van Wegverkeer 45%, in de agglomeraties Amsterdam en Rotterdam respectievelijk 36 en 30%. In de agglomeraties Amsterdam en Rotterdam is er, ten gevolge van de aanwezigheid van internationale havens, een behoorlijke bijdrage van Internationale Scheepvaart (12 à 13%, ten opzichte van 6% in Utrecht). Ter vergelijking zijn de diagrammen voor de genoemde agglomeraties opgenomen in Figuur 17.



Figuur 17. NO₂-concentratiebijdragen van bronnen in de agglomeraties Rotterdam/Dordrecht, Utrecht en Den Haag/Leiden (2015). Bewerkt van GCN Rapportage 2016 (Velders et al. 2016)

Lokaal kunnen veel hogere concentraties dan in de hiervoor getoonde figuren voorkomen. In drukke straten waar de uitstoot van verkeer bovendien blijft hangen, komen jaargemiddelde concentraties hoger dan 40 µg/m³ voor; de bijdrage van wegverkeer is dan veel meer dan de helft.

Ammoniak

Ammoniak komt vrij uit stallen, bij het uitrijden van dierlijke mest en bij het gebruik van kunstmest (CLO 2017b). De emissies van ammoniak worden berekend op basis van informatie over dieraantallen, stikstofexcretie, huisvestingssystemen en toegepaste uitrijdtechnieken bij bemesting. In de periode 1990-2015 zijn de berekende emissies van ammoniak door de land- en tuinbouw met ruim 60% afgenomen; in de periode 1990-2000 was de afname het sterkst. In 2014 en 2015 nam deze emissie ten opzichte van 2013 toe, vooral ten gevolge van groei en omstandigheden in de melkveesector. Nederland kwam hierdoor boven de NEC-richtlijn voor ammoniak uit, al lijkt deze aangepast te worden tot vlak boven de huidige emissie. Verscherping van het beleid gericht op

emissies van dierlijke mest naar het oppervlaktewater (per 2017) en uitvoering van de PAS (programmatische aanpak stikstof) heeft zeer waarschijnlijk tot gevolg dat de ammoniakemissie niet verder zal stijgen. De jaargemiddelde concentraties ammoniak in de lucht variëren tussen 1 en 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, afhankelijk van de nabijheid van bronnen (<http://www.rivm.nl/Onderwerpen/A/Ammoniak>). Gemiddeld is de concentratie 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ozon

Ozon wordt niet rechtstreeks door bronnen uitgestoten. Ozon ontstaat door atmosferische chemische reacties van stikstofoxiden en reactieve, vluchtige koolwaterstoffen onder invloed van zonlicht (zie paragraaf Hoofdstuk 2.6). Indirect zijn bronnen van stikstofoxiden en vluchtige koolwaterstoffen dus mede bron van ozon.

Zwavel dioxide (SO₂)

De belangrijkste bron van zwavelige verbindingen is de verbranding van kolen en olie(producten).

De emissie van zwavel dioxide (SO₂) door het verkeer en vervoer zijn in de loop der jaren drastisch verminderd door verlaging van het zwavelgehalte in brandstoffen (loodvrije benzine en laagzwavelige diesel en stookolie) (CLO 2018). Het aandeel van verkeer en vervoer (excl. zeevaart) in de totale zwavel dioxide-emissie in Nederland bedraagt in 2015 minder dan 2%. De grootste emitoren zijn zeevaart (circa 30%), raffinage (circa 25%) en elektriciteitsopwekking (circa 19%) (emissieregistratie.nl). Alhoewel zeevaart nog altijd de grootste bron van SO₂ is, is ook in de zeevaart het zwavelgehalte van brandstof verlaagd (CLO 2017a). Voor schepen die varen op bijvoorbeeld de Noordzee is per 2015 de geoorloofde zwaveluitstoot sterk teruggebracht, en vanaf 2020 gelden ook op volle zee strikte voorschriften (MARPOL-verdrag) (ILENT 2018).

De concentraties van zwavelige verbindingen zijn gemiddeld in Nederland erg laag. Alleen vlak bij de zojuist besproken bronnen kunnen lichte verhogingen optreden.

VOS

VOS is een verzamelnaam voor een veelheid aan vluchtige organische stoffen, met dan ook een veelheid aan bronnen. Voorbeelden van bronnen van VOS zijn benzine, verf, reinigingsmiddelen, schoonmaakmiddelen en cosmetica.

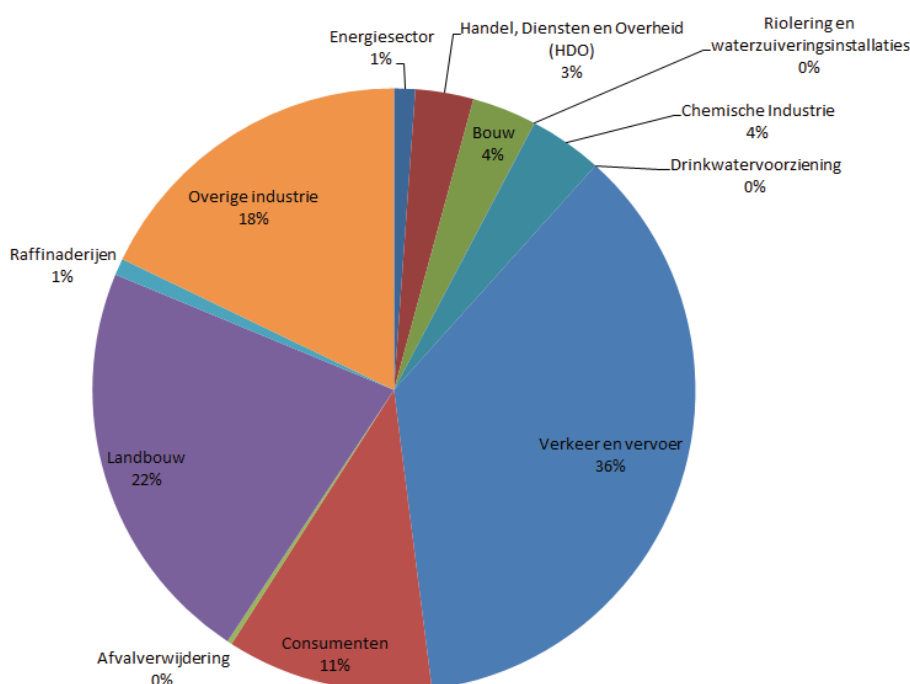
Een specifieke VOS waar met betrekking tot luchtkwaliteit en gezondheid vaak naar gekeken wordt (want kankerverwekkend) is benzeen. Benzeen is een bestanddeel van benzine (CLO 2014). Het verkeer en vervoer is met een bijdrage van grofweg de helft de belangrijkste bron van de Nederlandse benzeenemissies. Hiervan is ongeveer 80% afkomstig van het wegverkeer. Andere bronnen in Nederland zijn de verbranding in houtkachels en open haarden, die ongeveer 20% van de totale Nederlandse benzeenemissie veroorzaakt, op- en overslag en de chemische industrie in het Rijnmondgebied. Benzeen heeft een levensduur van enkele dagen in de atmosfeer. Hierdoor is ruim de helft van het in de Nederlandse lucht aanwezige benzeen afkomstig van buitenlandse bronnen. De hoogste concentraties worden gevonden in stedelijke gebieden met hoge industriële activiteit, zoals bij de op- en overslag van benzine en rond snelwegen.

Desalniettemin zijn de concentraties tegenwoordig laag door verlaging van het benzeengehalte in brandstoffen en technische verbeteringen aan de motoren van (personen)auto's, waaronder het toepassen van katalysatoren.

1.2 Deeltjesvormige luchtverontreiniging

1.2.1 Fijn stof-emissie

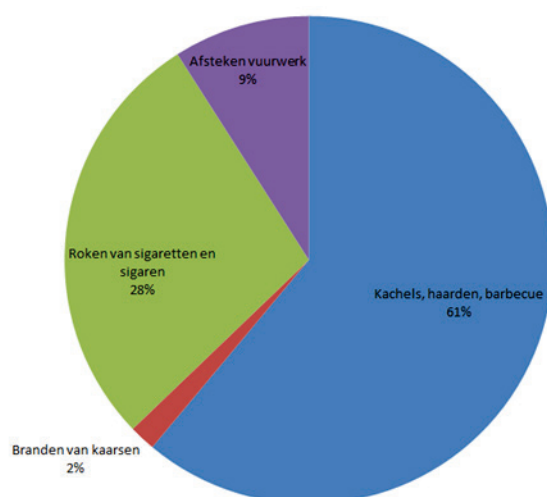
Per jaar wordt er in Nederland 30 miljoen kilo fijn stof (PM10) direct, dus als stofdeeltje, uitgestoten. Uit figuur 18, waarvan de data is ontleend aan de nationale emissieregistratie, blijkt dat de belangrijkste sectoren Verkeer en Vervoer (36%), Industrie (verschillende categorieën, samen circa 25%) en Landbouw (22%) zijn (zie Hoofdstuk 2) (Emissieregistratie 2018)



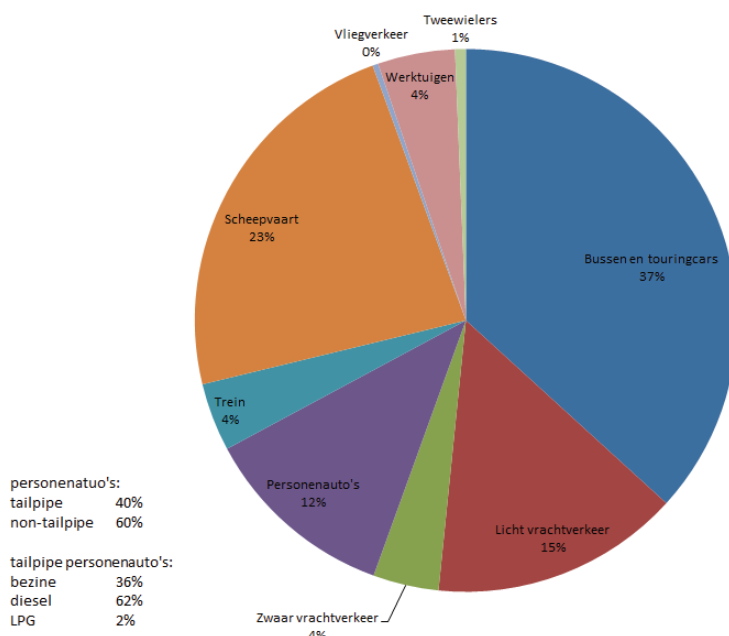
Figuur 18. Emissie fijn stof (PM10) per Sector, ontleend aan de nationale emissieregistratie over 2015 (Emissieregistratie 2018)

Voor een aantal van deze sectoren is de achterliggende informatie op groter detailniveau beschikbaar. Een focus op niet-bedrijfsmatige uitstoot laat zien dat de sector Consumenten verantwoordelijk is voor circa 11% van de totale emissie fijn stof. Binnen deze sector, zie Figuur 19, blijkt het stoken van haarden, kachels en barbecues veruit de grootste bron te vormen, op afstand gevolgd door het roken van sigaretten en sigaren en het afsteken van vuurwerk. In de sector Verkeer en Vervoer zijn personenauto's verantwoordelijk voor ongeveer een achtste van de uitstoot (zie Figuur 20). Deze uitstoot wordt voor 60% bepaald door slijtage van wegdek, remmen en banden (zogenoemde *non-tailpipe* uitstoot) en 40% komt via de uitlaat. De uitlaatemissies worden dan weer voor twee derde door dieselpersonenauto's uitgestoten. De emissie door de sector Verkeer en Vervoer wordt overigens gedomineerd door zakelijke bronnen (op volgorde van emissie; bussen en touringcars, binnenscheepvaart,

vrachtverkeer). De relatief grote *non-tailpipe*-bijdrage van het verkeer is een relevante factor bij de introductie van elektrische auto's, die vanwege hun niet geringe gewicht zelfs nog hoger zal zijn (Timmers and Achten 2016), die vaak over het hoofd wordt gezien.



Figuur 19. Bronnen binnen de sector Consumenten – Energie en Producten, verantwoordelijk voor 11% van de totale uitstoot in Nederland. Ontleend aan de nationale emissieregistratie over 2015 (Emissieregistratie 2018)



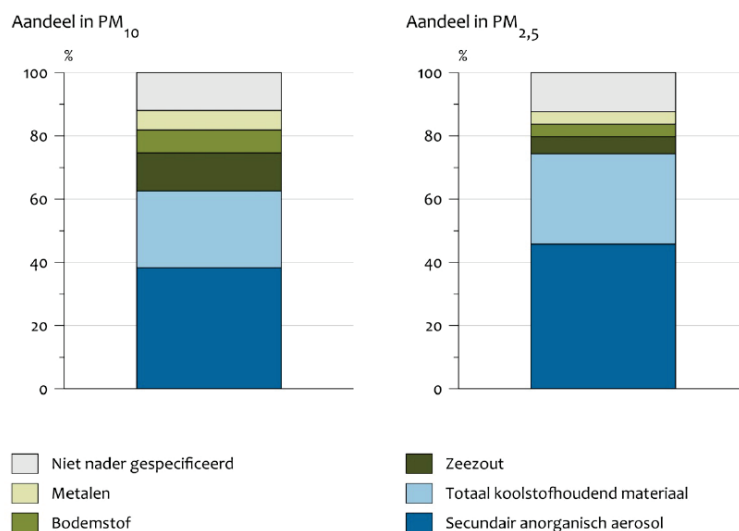
Figuur 20. Bronnen binnen de sector Verkeer en Vervoer, verantwoordelijk voor 36% van de totale uitstoot in Nederland. Ontleend aan de nationale emissieregistratie over 2015 (Emissieregistratie 2018)

Er zijn ook natuurlijke bronnen die fijn stof emitteren, zoals bodem (opwervend bodemstof), vegetatie waaronder bomen (pollen), de zee (zeezout), bosbranden en vulkaanuitbarstingen. Deze bronnen worden niet meegenomen in de emissieregistraties.

Fijn stof-immissie

De concentratie fijn stof in de buitenlucht wordt vaak gemeten op filters, de samenstelling van het stof geeft informatie over de herkomst. Op die manier kunnen de bronbijdragen van het fijn stof zoals dat op leefniveau voorkomt worden geschat (zie Figuur 21). De belangrijkste bestanddelen zijn (Keuken et al. 2013; RIVM 2013):

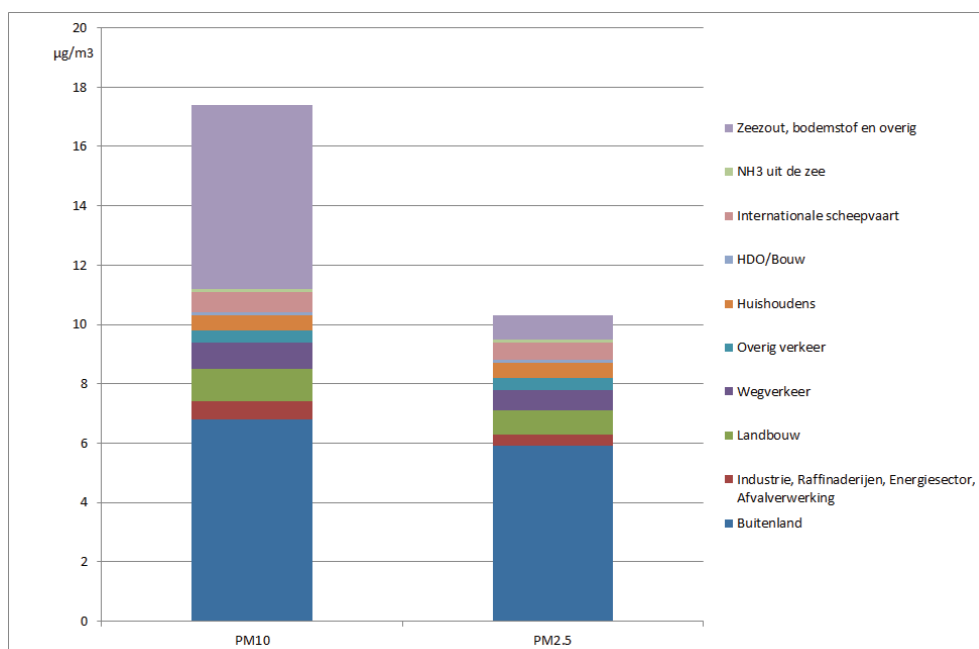
- Secundair anorganisch aerosol, oftewel secundair fijn stof. Dit is fijn stof dat in de atmosfeer is ontstaan (zie paragraaf 2.3) uit reacties waar gasvormige uitstoot van verkeer en industrie (NO_2) en veehouderij (NH_3) een hoofdrol spelen. Op dagen met verhoogde concentraties fijn stof is het vooral dit deel van het stof waarvan de concentratie sterk toeneemt. Een klein deel van het secundair stof is van natuurlijke oorsprong (circa 5%) of komt van buiten Europa (circa 10%).
- Koolstof en koolstofverbindingen. In deze groep vallen elementair koolstof (EC, dit komt vrij bij verbrandingsprocessen) en organische koolstofverbindingen (OC). Zowel EC als OC komt vrij bij verbranding van fossiele brandstoffen en hout, maar bij de verbranding van fossiele brandstoffen (met name diesel) komt vooral EC vrij en bij de verbranding van biomassa relatief meer OC. OC is een verzamelnaam voor allerlei organische koolwaterstoffen zoals PAK's, en worden ook in de lucht gevormd door condensatie van VOS (zie paragraaf 2.2.6) en organische verbindingen. Deze kunnen afkomstig zijn uit stallen of vrijkomen bij andere landbouwactiviteiten en natuurlijke organische verbindingen, zoals pollen van bomen en planten.
- Zeezout. Dit mengsel van hoofdzakelijk NaCl en enige Mg, Ca en K-verbindingen ontstaat bij verdamping van opspattend zeewater. De bijdrage hiervan is vooral hoog bij de kust, maar wordt ook landinwaarts nog meetbaar teruggevonden.
- Bodemstof. Dit stof komt vooral vrij bij landbouwactiviteiten (ploegen, oogsten) en door opwerveling door verkeer. De bijdrage door winderosie is nihil, ook Saharastof speelt alleen in incidentele gevallen een rol.
- Metalen. Stof van metalen ontstaat vooral door slijtage van autobanden, remmen enzovoort, bij industriële processen als vuilverbranding, cementproductie en natuurlijk de metaalindustrie.



Figuur 21. Gemiddelde chemische samenstelling van fijn stof (RIVM 2013)

Alles bij elkaar nemende is gemiddeld 75 tot 80% van PM₁₀ van antropogene oorsprong, oftewel ontstaan door menselijk handelen. Voor PM_{2,5} is dit 85 tot 90%. Op zwaar belaste locaties, nabij bronnen zoals drukke verkeerswegen of industrie, kunnen deze percentages nog (veel) groter zijn.

Figuur 22 laat zien wanneer bovenstaande voor een gemiddelde Nederlandse situatie, waarbij de PM₁₀-concentratie 17,5 µg/m³ is, wordt toegekend aan bronnen. Ruim een derde van de PM₁₀-concentratie in Nederland wordt aangevoerd uit het buitenland (overigens is Nederland netto exporteur), ruim een derde is afkomstig van zeezout, bodemstof en onverklaarde bronnen ('overig'). Onder de verdere bronnen zijn Landbouw (6%), Wegverkeer (5%) en Internationale zeescheepvaart (4%) de belangrijkste (MNP 2005).

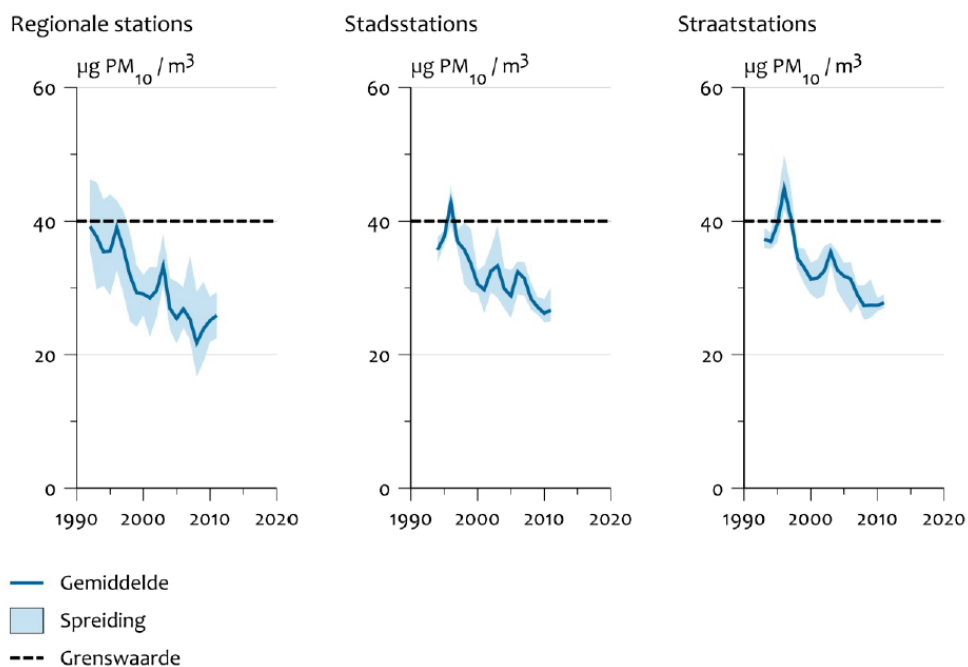


Figuur 22. Herkomst naar sector van de gemiddelde concentraties fijn stof (PM10 en PM2,5) in 2016, (ontleend aan GCN 2016 tabel 5.3 en 5.4)(Velders et al. 2016)

In zowel relatieve als absolute zin is de onverklaarde fractie van PM2,5 aanmerkelijk lager dan van PM10. En alhoewel de gemiddelde PM2,5-concentratie met $10,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ een stuk lager ligt, is de absolute bijdrage van een groot deel van de bronnen aan PM2,5 gelijk, of maar in geringe mate lager dan de absolute bijdrage aan PM10. Afwijkend zijn de bijdragen van landbouw, wegverkeer en industrie, die ook een beduidend aandeel hebben in de 'coarse'-fractie van het fijn stof, en ook de aanvoer van PM2,5 vanuit het buitenland is in absolute zin lager (zie Figuur 22).

Voor zowel PM10 als PM2,5 zijn er ruimtelijke verschillen in zowel de jaargemiddelde concentratie als de bijdrage van verschillende bronnen, maar deze verschillen zijn klein ten opzichte van NO₂. De concentraties PM10 en PM2,5 zijn het hoogst in het zuiden en oosten van het land, vooral als gevolg van de intensieve landbouw. In de buurt van drukke wegen is de PM-concentratie verhoogd, maar ook dit contrast is relatief gering ten opzichte van NO₂. Dat komt doordat de directe uitstoot van het wegverkeer vooral uit ultrafijne deeltjes bestaat, die weinig bijdragen aan de massaconcentraties. De *non-tailpipe*-bijdrage draagt vooral bij aan de *coarse*-fractie van de PM10-concentratie; het contrast is daarom het kleinst voor PM2,5.

Zoals geïllustreerd in Figuur 23 is de gemeten jaargemiddelde concentratie langs drukke straten hoger dan op de stadsachtergrond, en die is dan weer hoger dan op de regionale meetstations. De in het figuur aangegeven spreiding laat ook zien dat er steden zijn waar de jaargemiddelde concentratie aan een drukke straat lager is dan de stadsachtergrond in een andere stad. De bijdragen van verschillende bronnen kunnen regionaal dan ook aanmerkelijk verschillen: in het westen en midden van het land zijn de bijdragen van verkeer en industrie hoger, in het zuiden zijn er hogere bijdragen van landbouw en uit het buitenland.



Figuur 23. Ontwikkeling van de jaargemiddelde concentraties van fijn stof (PM₁₀) op verschillende typen meetstations (RIVM 2013)

Bijlage 2 Gevoeligheidsscore ruimtelijke objecten

GGD'en kunnen de gevoeligheid van ruimtelijke objecten afwegen op basis van verblijfsduur, kwetsbaarheid gebruikers, verrichten van lichamelijke inspanning en de aanwezigheid van technische aanpassingen. Hiertoe hebben GGD'en een scoresysteem voor de gevoeligheid van diverse ruimtelijke objecten opgesteld:

- A. de verblijfsduur van mensen op de locatie.
De gevoeligheidsscore wordt bepaald door duur en frequentie van de blootstelling. Langdurige, frequente blootstelling geeft veel gezondheidsimpact; voor verdere toelichting zie paragraaf 3.4.2. Langdurig wordt gedefinieerd als minimaal één dagdeel, frequent als minimaal eenmaal per week. Permanent als minimaal vijf dagen per week, gemiddeld twaalf uur of langer per dag. In geval van wisselende aanwezigheid van verschillende gebruikers kan een minimum- en maximumscore worden gehanteerd.
- 1 punt: niet langdurig, noch frequent
 - 2 punten: langdurig of frequent
 - 3 punten: zowel langdurig als frequent
 - 6 punten: permanente aanwezigheid
- B. de aanwezigheid van mensen die gevoelig zijn voor luchtkwaliteit.
De gevoeligheidsscore wordt bepaald door de mate van aanwezigheid van hooggevoelige groepen in de gebruikerspopulatie van het object. Hooggevoelige groepen zijn: ouderen, kinderen, mensen met een luchtweg- of hart/vaataandoening, of suikerziekte. Waarom deze groepen extra kwetsbaar zijn, is toegelicht in paragraaf 3.6.
- 1 punt: niet meer personen uit een hooggevoelige groep dan de doorsneebevolking in Nederland;
 - 4 punten: bovengemiddeld deel personen uit hooggevoelige groepen;
 - 6 punten: specifiek bedoeld voor, of vrijwel uitsluitend personen uit hooggevoelige groepen.
- C. het verrichten van lichamelijke inspanning door aanwezigen.
De gevoeligheidsscore wordt bepaald door de mate van lichamelijke inspanning die personen op de locatie verrichten. Bij lichamelijke inspanning treedt er een versnelde en diepere ademhaling op. De blootstelling aan luchtverontreiniging wordt daarmee vergroot, en kan bovendien dieper in de luchtwegen doordringen (zie paragraaf 3.4.1).
- 1 punt: gemiddelde lichamelijke inspanning;
 - 2 punten: bovengemiddelde lichamelijke inspanning;
 - 3 punten: uitsluitend verrichten van lichamelijke inspanning.
- Onderstaand punt D is vervallen, zie erratum op de laatste pagina**
- D. de aanwezigheid van technische aanpassingen.
Het gaat hier om bewezen effectieve technische aanpassingen waardoor de binnenlucht relatief schoner is dan de buitenlucht.

Voor meer toelichting over dergelijke aanpassingen, zie paragraaf 5.1.4.

- -3 punten: technische aanpassingen zijn aanwezig in/van toepassing voor de gebruiksruidten (criterium A);
- 0 punten: geen technische aanpassingen.

De gevoeligheidsscore kan vervolgens door middel van optellen worden bepaald:

Gevoeligheidsscore	
0-7 punten	Groen: Object is niet gevoelig
8-9 punten	Oranje: Object verdient extra aandacht
10-15 punten	Rood: Object is gevoelig

De gevoeligheidsscore levert een indicatie van de mate van gevoeligheid van een ruimtelijk object. Bij het geven van adviezen kan dit een handig hulpmiddel zijn om het verschil in gevoeligheid tussen ruimtelijke objecten aan te geven. De toepassing van het scoresysteem beperkt zich tot het bieden van de mogelijkheid om gefundeerde argumenten in te brengen tijdens de discussie over wat wel of niet kan in een gebied met slechte luchtkwaliteit en heeft geen wettelijke basis. De daadwerkelijke gevoeligheid van een object is afhankelijk van de specifieke plaatselijke situatie; bovendien kan het aantal gebruikers van het object een rol spelen in de discussie.

In tabel 9 is voor een aantal ruimtelijke objecten, als voorbeeld, de gevoeligheidsscore bepaald.

Tabel 9. Voorbeelden van ruimtelijke objecten waarvoor de gevoeligheidsscore bepaald is

	Criterium 1	Criterium 2	Criterium 3	Criterium 4	Score	Beoordeling
Woningen	6	4 of 6 ¹	1	0	11-13	Rood
Verpleeg-, verzorgings- en bejaardentehuizen	6	4 of 6	1	0	11-13	Rood
Basisschool	3	6	2 ²	0	11	Rood
Voortgezet onderwijs	3	6	1	0	10	Rood
Kinderdagverblijf	3	6	2	0	11	Rood
Buitenschoolse opvang	2 of 3	6	1 of 2	0	9-11	Oranje-Rood
Peuterspeelzaal	2	6	1 of 2	0	9-10	Oranje-Rood
Ziekenhuis	2	6 ⁶	1	0	9	Oranje
Sporthal (Binnen)	1 of 2	4 ⁴	3	0	8-9	Oranje
Sportvelden (Buiten)	1 of 2	4 ⁴	3	0	8-9	Oranje
Gevangenis	6	1	1	0	8	Oranje
Scouting-overnachtingsplek	1 of 2	4 of 6 ³	2	0	7-9	Groen-Oranje

	 criterium 1	 criterium 2	 criterium 3	 criterium 4	 Score	 Beoordeling
Recreatieparken zoals de Efteling	1 of 2	1 of 4 ³	1 of 2	0	3-8	Groen-Oranje
Park	1 of 2	1 of 4 ³	2	0	4-8	Groen-Oranje
Fietspad	1 of 2	1 of 4 ⁵	3	0	5-9	Groen-Oranje
Volkstuinen	2 of 3	1 of 4	2	0	4-9	Groen-Oranje
Camping	2 of 3	1 of 4	2	0	5-8	Groen-Oranje
Kantoorpanden	3	1	1	0	5	Groen
Winkelcentra	1 of 2	1	1 of 2	0	3-5	Groen
Bioscoop	1	1	1	0	3	Groen
Recreatiecomplex binnen (karten, bowlen, klimmen, skiën)	1 of 2	1	2 of 3	0	4-6	Groen
Gevangenis met technische aanpassingen	6	1	1	-3	5	Groen
Hotel	2	1	1	0	4	Groen

¹ minstens op 4 scoren, omdat de risicogroepen als kinderen en ouderen relatief veel thuis verblijven

² basisschoolkinderen spelen vaak buiten op het schoolplein of in de omgeving van de school

³ afhankelijk van de doelgroep

⁴ relatief veel kinderen en jongeren

⁵ op 4 scoren wanneer er schoolgaande kinderen fietsen; dan scoort criterium 1 overigens 2

⁶ Hierbij is rekening gehouden met de ernst van de aandoening van degenen die tot de voor luchtverontreiniging gevoelige groepen behoren (al geldt dat niet voor de volledige ziekenhuispopulatie).

Bijlage 3 Stappenplan voor luchtkwaliteitsbeleid

Gebaseerd op *Joaquin Decision Support Tool* (Frumau et al. 2015)

Stap 1: Ken de lokale situatie

Wat is de luchtkwaliteit ter plaatse?

- Gebruik hiervoor gegevens uit de Atlas Leefomgeving of Monitoringstool, en verzamel kennis en kunde binnen de gemeente (gemeenteambtenaren, betrokken adviesbureaus, GGD).
Aandachtspunten zijn (niet altijd allemaal van toepassing):
 - De (bevolkingsgewogen) luchtkwaliteit: in zijn geheel, en de verschillende componenten.
 - Ruimtelijke variatie: waar bevinden zich de 'vuile plekken'? Welke en hoeveel gevoelige objecten liggen in de directe omgeving?
 - Variatie in de tijd: wat zijn de 'vuile periodes' (seizoensgebonden, dag van de week, uur van de dag)?
- Wat zijn de meest overheersende bronnen van luchtverontreiniging?
NB. Hierbij kunnen ook per component, ruimtelijk en in de tijd verschillen optreden.
 - Wat is de meest overheersende bron van luchtverontreiniging?
 - En zijn er binnen dit brontype specifieke 'vervuilers'? Zo stoten oudere en zware dieselveertuigen veel meer fijn stof en roet uit dan de meeste andere voertuigen op de weg. Enkele procenten van het wegverkeer zijn verantwoordelijk voor het grootste deel van de uitstoot.
- Wie heeft waardevolle informatie?
 - Raadpleeg deze mensen en/of werk met hen samen. Denk aan mensen in de domeinen:
 - Ruimte: milieu, verkeersplanning, infrastructuur, (openbaar) vervoer, ruimtelijke ordening, stadsplanning, energie, geluid.
 - Volksgezondheid: beleid, GGD (milieu&gezondheid, epidemiologie, gezondheidsbevordering).
 - En ook niet-gouvernementele organisaties (zoals milieubeweging, fietsersbond, patiëntenorganisaties), de private sector, bedrijven (bijvoorbeeld bij autodelen, vrachtnitiatieven, 'green deals' enzovoort).

Stap 2: Formuleer doel en ambitie

Wat drijft de behoefte aan een betere luchtkwaliteit? Is het de wetgeving of uw streven naar een betere leefomgeving en gezondheid?

- Wetgeving: Voldoen aan de Europese (of nationale) richtlijnen Luchtkwaliteit.
- Een gezondere leefomgeving creëren:
 - Voldoen aan de EU-richtlijnen door te voldoen aan de WHO-richtlijnen (die veel strenger zijn).
 - Het effect van een slechte luchtkwaliteit op de volksgezondheid te beperken door de bronnen te scheiden van

de (hooggevoelige) bevolking door middel van ruimtelijke ordening, infrastructuur of andere beleidsmaatregelen.

Stap 3: Kies een (aantal) maatregel(en)

Zie hiervoor elders in de richtlijn; ook kan de *JOAQUIN Decision Support Tool* ter inspiratie dienen (<http://joaquin.eu/Knowledge/Decision-Support-Tool/page.aspx/121>).

Stap 4: Zorg ervoor dat informatie en ambitie overeenstemmen

Bepaal de doeltreffendheid van voorgestelde maatregel(en) op de luchtkwaliteit. Afhankelijk van uw doel en ambitie, kan dit een ruwe indicatie zijn, of kan een component specifieke en nauwkeurige (model)berekening noodzakelijk zijn.

- Voldoen aan EU-wetgeving: gebruik de NSL Rekentool voor lokale schattingen, focus op PM10 en NO₂.
- Gezonde(re) leefomgeving: iedere verbetering van de luchtkwaliteit draagt bij. Kijk (juist) ook naar roet, PM2,5 en UFP. Ook beperken van blootstelling van de bevolking (en/of het hooggevoelige deel daarvan – zie paragraaf 3.6) hoort hierbij.

Stap 5: Zorg voor voldoende draagvlak voor ambities en voorgestelde maatregelen

Maatregelen hebben vaak invloed op gewoonten of vragen investeringen door de samenleving, bedrijven en/of overheden. Houd daarom rekening met weerstand.

- Politieke ondersteuning is cruciaal. Publieke steun is noodzakelijk, op zijn minst van de politieke achterban van de beleidsvormer ter plaatse. Publieke steun is dus een noodzaak voor politieke ondersteuning.
- Draagvlak wordt vaak beïnvloed door:
 - Een gevoel van dringende noodzaak: is de politicus/beleidsvormer overtuigd van de noodzaak om de luchtkwaliteit te verbeteren?
 - Vertrouwen in de maatregel: leidt de voorgestelde maatregel tot het gewenste resultaat? Gebruik elders verzamelde informatie (zie de *factsheets* van de *Decision Support Tool* ter inspiratie: <http://joaquin.eu/Knowledge/Decision-Support-Tool/page.aspx/121>) en (model)prognoses voor uw lokale situatie.
 - Kosteneffectiviteit: is het resultaat van de maatregel in overeenstemming met de vereiste investeringen?
 - Co-benefits: maatregelen die meerdere doelen dienen (bijvoorbeeld geluid-, klimaat- of gezondheidsbeleid) hebben vaak meer draagvlak.

Houd rekening met sociale en economische rechtvaardigheidsaspecten en politieke gevoeligheden wanneer de maatregel overheidsinvesteringen vereist. Om publieke steun te krijgen, moet u er rekening mee houden dat maatregelen die het dagelijkse leven (sterk) beïnvloeden, als geldverslindend worden gezien (ook als ze niet echt veel kosten) – na verloop van tijd lijkt dit weg te ebben (Börjesson et al. 2012).

**Erratum bij rapport RIVM Rapport 2018-0016: GGD-richtlijn
medische milieukunde: luchtkwaliteit en gezondheid**

Contactpersoon: Mirjam Schaap

In Bijlage 2 Gevoeligheidsscore ruimtelijke objecten (pagina) staat tekst die conflicteert met informatie in het rapport.

Om die reden graag punt D verwijderen, er komt geen alternatieve tekst voor in de plaats.

Het gaat om onderstaande tekst:

D. de aanwezigheid van technische aanpassingen.

Het gaat hier om bewezen effectieve technische aanpassingen waardoor de binnenlucht relatief schoner is dan de buitenlucht. Voor meer toelichting over dergelijke aanpassingen, zie paragraaf 5.1.4.

- -3 punten: technische aanpassingen zijn aanwezig in/van toepassing voor de gebruiksruidten (criterium A);
- 0 punten: geen technische aanpassingen.

Voor akkoord, 22 mei 2019

Dr. Loes Lanting, Afdelingshoofd MNS, centrum Veiligheid

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Loes Lanting', is written over a faint, illegible stamp or background text.

.....
M. Dijkema | T. Koeman | J. Odink | S. van der Zee | M. Zuurbier | F. Aarts |
S. van Buggenum | M. Elders-Meijerink | P. Fischer | K. van den Hout |
H. Jansen | R. Keuken | A. van Leeuwen | W. Ovaa | M. Schaap
.....

RIVM rapport 2018-0016

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

mei 2018