

Gezondheidswinst door schonere lucht

Aan: de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat
Nr. 2018/01, Den Haag 23 januari 2018

Gezondheidsraad



inhoud

Samenvatting	3	04 Antwoorden op de adviesvragen	41
01 Inleiding	6	4.1 Gezondheidseffecten van luchtverontreiniging	42
1.1 Ontwikkeling luchtkwaliteit in Nederland	7	4.2 Bronnen van luchtverontreiniging	42
1.2 Verdere verbetering luchtkwaliteit wenselijk	9	4.3 Meerwaarde extra aandacht voor hoogrisicogroepen	43
1.3 Werkwijze bij beantwoording vragen staatssecretaris	10	4.4 Gezondheidskundig relevante indicatoren voor luchtkwaliteit	44
1.4 Leeswijzer	12	4.5 Gezondheidsrisico's omwonenden veehouderijen door secundair fijnstof	44
02 Gezondheidseffecten van luchtverontreiniging	14	Literatuur	46
2.1 Aard en ernst van gezondheidseffecten van luchtverontreiniging	15		
2.2 Gezondheidseffecten van fijnstof	17		
2.3 Gezondheidseffecten van stikstofdioxide	21		
2.4 Gezondheidseffecten van ozon	24		
2.5 Conclusies en aanbevelingen	26		
03 Aangrijpingspunten voor luchtkwaliteitsbeleid	28		
3.1 Belangrijkste bronnen van luchtverontreiniging in Nederland	29		
3.2 Generiek beleid ter bescherming van gehele Nederlandse bevolking	35		
3.3 Locatiespecifiek beleid ter bescherming van hoogrisicogroepen	37		
3.4 Conclusies en aanbevelingen	38		



samenvatting

De lucht in Nederland is de afgelopen decennia een stuk schoner geworden en voldoet nu vrijwel overal aan de Europese normen. Desondanks leiden concentraties fijnstof, stikstofdioxide en ozon in de lucht naar schatting tot 12.000 vroegtijdige sterfgevallen per jaar. Er is nog aanzienlijke gezondheidswinst te behalen. Om dat te bereiken zouden de gezondheidkundige advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie aangehouden kunnen worden bij het verder verminderen van de luchtvervuiling. En nog minder luchtverontreiniging zou nog beter zijn. De gezondheidkundige advieswaarden zijn met name voor fijnstof strenger dan de Europese normen, maar zelfs bij concentraties luchtverontreiniging onder die advieswaarden zijn nog effecten op de gezondheid van mensen waargenomen.

Ontwikkelingen in luchtkwaliteit

De luchtkwaliteit in Nederland is de afgelopen

decennia aanzienlijk verbeterd. De concentraties van de drie belangrijkste bestanddelen van luchtverontreiniging – fijnstof, stikstofdioxide en ozon – zijn teruggedrongen (voor ozon alleen gedurende zomerse episoden). Vooral de concentraties van fijnstof en stikstofdioxide in de lucht zijn de laatste decennia sterk gedaald, zodat nu vrijwel overal in Nederland wordt voldaan aan de Europese grenswaarden voor deze stoffen, met uitzondering van enkele zogenoemde ‘knelpunten’ in de grote steden (stikstofdioxide) en in gebieden met intensieve veehouderij of industrie (fijnstof). Wanneer de luchtkwaliteit voldoet aan de Europese grenswaarden, betekent dit echter niet dat daarmee ook de volksgezondheid volledig wordt beschermd. De Europese grenswaarden zijn minder streng dan de gezondheidkundige advieswaarden van de WHO, behalve voor stikstofdioxide. De verwachting is dat met uitvoeren van het huidige lucht- en energiebe-

leid de concentraties van fijnstof en stikstofdioxide verder dalen en dat rond 2030 in een groot deel van het land de WHO-advieswaarden kunnen worden bereikt. Voor ozon is het beeld minder gunstig: op zijn best treedt er geen stijging op van het aantal ozonpieken en van de jaargemiddelde blootstelling.

Gezondheidseffecten van luchtverontreiniging

Blootstelling aan fijnstof, stikstofdioxide en ozon kan nadelige gezondheidseffecten veroorzaken. Het gaat vooral om:

- het ontstaan en verergeren van luchtweg- en longaandoeningen, inclusief longkanker; en
- het ontstaan en verergeren van aandoeningen van hart en bloedvaten.

Voor andere aandoeningen is de bewijskracht voor een oorzakelijk verband onvoldoende. Blootstelling aan luchtverontreiniging kan ook vroegtijdige sterfte veroorzaken. De concentraties fijnstof, stikstofdioxide en ozon in de Nederlandse lucht leidden in 2014 in Nederland naar



schatting tot 12.000 vroegtijdige sterfgevallen. Zelfs bij concentraties onder de gezondheidskundige advieswaarden van de WHO kan luchtverontreiniging de gezondheid aantasten en tot vroegtijdige sterfte leiden. Er is dus meer gezondheidswinst te verwachten van verdere verbetering van de luchtkwaliteit dan de WHO adviseert.

Kinderen, ouderen en mensen met luchtwegaandoeningen (vooral astmapatiënten) blijken extra gevoelig voor de effecten van blootstelling aan fijnstof, stikstofdioxide en ozon. Mensen met hart- en vaataandoeningen zijn extra gevoelig voor fijnstof.

Aangrijpingspunten voor luchtkwaliteitsbeleid

Generieke maatregelen ter bescherming van alle Nederlanders

De commissie adviseert prioriteit te geven aan het terugdringen van de concentraties fijnstof en stikstofdioxide afkomstig van wegverkeer (vooral dieselloze voertuigen) en het aanpakken van de

uitstoot van ammoniak vanuit de veehouderij. Op die manier kan de 'deken' van luchtverontreiniging boven heel Nederland worden vermindert. Zo'n generieke aanpak levert naar verwachting de meeste gezondheidswinst op voor de gehele Nederlandse bevolking.

Specifieke maatregelen ter bescherming van hoogrisicogroepen

Verdere gezondheidswinst is te behalen door rekening te houden met hoogrisicogroepen: zowel mensen die langdurig verhoogd worden blootgesteld aan luchtverontreiniging, als mensen die vanwege leeftijd (kinderen en ouderen) of ziekte extra gevoelig zijn voor luchtverontreiniging. Ter bescherming van *hoogblootgestelde* groepen, adviseert de commissie extra maatregelen rond zogenoemde 'hot spots': locaties met relatief veel luchtverontreiniging, bijvoorbeeld rond drukke wegen. Voorbeelden van de aanpak van dergelijke *hot spots* in steden zijn: autoluwe binnensteden, milieuzones en snelheidsbeperkingen. Om specifiek de *hooggevoelige groepen* te beschermen pleit de

commissie voor een 'gevoeligebestemmingenbeleid': geen voorzieningen voor kinderen en ouderen in de buurt van een *hot spot*. Om gevoelige groepen extra te beschermen, pleit de commissie voor het actiever verspreiden van specifieke gedragsadviezen, bijvoorbeeld om tijdens periodes van smog door ozon 's middags buitenshuis geen zware inspanning te verrichten of binnen te blijven.

Internationale aanpak

Nederland is een klein land dat grenst aan dichtbevolkte buurlanden. Het fijnstof dat we in Nederland inademen is voor bijna de helft uit het buitenland afkomstig. Een internationale aanpak is dus onontbeerlijk, niet alleen voor fijnstof, ook voor de andere bestanddelen van luchtverontreiniging. Om de ozonconcentratie in Nederland effectief te verlagen moeten de uitstoot van bijvoorbeeld stikstofoxiden en methaan in heel Europa en zelfs op de rest van het noordelijke halfrond worden verminderd. Daarnaast is het belangrijk dat het Nederlandse beleid zich richt op vermindering van de uitstoot van stoffen die



ook in naburige landen tot fijnstofvorming bijdragen, zoals ammoniak.

Voorwaarden voor gezondheidswinst

De hoeveelheid gezondheidswinst die in de praktijk haalbaar is, hangt af van politieke keuzes. Voor een verlaging van de luchtverontreiniging tot onder de WHO-advieswaarden zijn immers extra beleidsmaatregelen nodig.

Hoeveel gezondheidswinst in de praktijk is te realiseren, hangt onder meer af van hoe strikt de naleving van de regelgeving gehandhaafd kan worden.



01 inleiding



1.1 Ontwikkeling luchtkwaliteit in Nederland

Al vele decennia is luchtverontreiniging een milieuprobleem met ernstige gevolgen voor de volksgezondheid. In de winter van 1952 / 1953 vielen er in Londen 12.000 doden als gevolg van een smogepisode.¹ Vooral sinds de inwerkingtreding van het Besluit Luchtkwaliteit in 2001, staat de aanpak van luchtverontreiniging ook in Nederland hoog op de agenda van beleidsmakers. De smog in Londen was vooral het gevolg van kolenstook in fabrieken en door huishoudens, in combinatie met weinig wind. Ook tegenwoordig is luchtverontreiniging deels het gevolg van de industrie en huishoudelijke activiteiten (verwarming van huizen, stoken van houtvuur en dergelijke). Daarnaast zijn vooral de landbouw, in het bijzonder de intensieve veehouderij, en het wegverkeer van invloed. De aanpak van een dergelijk sectoroverstijgend en grensoverschrijdend probleem vraagt om samenwerking op internationaal, nationaal en lokaal niveau.

Ontwikkelingen in Europese regelgeving

De afgelopen twintig jaar is er uitgebreide Europese regelgeving opgesteld voor de beoordeling en het beheer van de luchtkwaliteit. Centraal daarin staat een brongerichte aanpak, met richtinggevende normen (grens- en streefwaarden) voor de maximale concentraties luchtverontreiniging waaraan mensen mogen worden blootgesteld. In 2008 is een nieuwe Europese richtlijn van kracht geworden waarin deze waarden zijn herzien.² Inmiddels zijn deze door de lidstaten omgezet in wettelijke bepalingen. Voor elk land zijn er daarnaast 'emissieplafonds' (*National*

Emission Ceilings of NEC) vastgesteld in de NEC richtlijn.³ Via de zogenoemde Euronormen zijn verder nog emissie-eisen gesteld aan de uitstoot van verontreinigende stoffen door wegverkeer. Ook zijn er eisen gesteld aan bijvoorbeeld het zwavelgehalte van brandstoffen. Het Europese bronbeleid heeft geleid tot grootschalige toepassing van roetfilters en katalysatoren bij wegverkeer en tot meer toepassing van technieken om rookgassen van elektriciteitscentrales en industriële bronnen te ontzwavelen en 'schonere' brandstoffen te ontwikkelen.⁴ Door de steeds strenger wordende Euronormen en grootschalige toepassing van roetfilters is vooral het aandeel roet en ultrafijnstof afkomstig van wegverkeer sterk teruggedrongen.

Ontwikkelingen in Nederlands beleid

Het nationale luchtkwaliteitsbeleid is erop gericht om te voldoen aan de wettelijk vastgestelde Europese grenswaarden voor luchtkwaliteit en aan de nationale emissieplafonds uit de hiervoor genoemde NEC-richtlijn. Zo zijn onder meer afspraken gemaakt met de industrie over emissieplafonds, zijn er maatregelen genomen om in de veehouderij te komen tot bijvoorbeeld emissiearme stallen en het emissiearm uitrijden van mest ('onderwerkverplichting') en moeten subsidieregelingen en belastingmaatregelen leiden tot een minder vervuilende verkeers- en vervoerssector. In het Nationale Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL: zie tekstbox) zijn met lokale overheden afspraken gemaakt om de luchtkwaliteit verder te verbeteren om aan de Europese grenswaarden te voldoen.



Nationaal Samenwerkingsprogramma Lucht (NSL)

In het NSL is een samenhangend pakket van zowel generieke als locatiespecifieke rijksmaatregelen gepresenteerd.⁵ Generieke rijksmaatregelen betreffen het verminderen van luchtvervuiling door wegverkeer en landbouw, terwijl de locatiespecifieke rijksmaatregelen tot doel hebben om overschrijdingen langs het hoofdwegennet terug te dringen. Verder zijn er afspraken gemaakt met decentrale overheden om de luchtkwaliteit, vooral binnen steden en langs regionale wegen, verder te verbeteren. Als voorbeelden van locatiespecifieke maatregelen die decentrale overheden kunnen nemen, noemt het NSL milieuzonering, het verbeteren van de verkeersdoorstroming en stimuleren van schoon openbaar vervoer.

Luchtkwaliteit afgelopen decennia verbeterd

Dankzij het brongerichte Europese beleid en de implementatie daarvan in het Nederlandse luchtkwaliteitsbeleid, is de luchtkwaliteit in Nederland de afgelopen decennia aanzienlijk verbeterd. De concentraties van de drie belangrijkste bestanddelen van luchtverontreiniging, fijnstof, stikstofdioxide en ozon (zie tekstbox), zijn teruggedrongen (voor ozon alleen gedurende zomerse episoden). Alleen al de afname van de concentratie fijnstof in de stad Rotterdam zou in de periode van 1985 tot 2008 tot een levensduurverlenging hebben geleid van gemiddeld 13 maanden per persoon.⁶ Eerder daalden al de concentraties van zwaveldioxide, lood, koolmonoxide en de kankerverwekkende stoffen benzeen en benzo(a)pyreen. Vooral de concentraties van fijnstof en stikstofdioxide in de lucht zijn de laatste decennia sterk gedaald (zie figuur 1) en inmiddels wordt vrijwel overal in Nederland voldaan aan de Europese grenswaarden voor deze stoffen, uitgezonderd enkele zogenoemde ‘knelpunten’ in de grote steden (stikstofdioxide) en in gebieden met intensieve veehouderij of industrie (fijnstof).⁸

Belangrijke bestanddelen van luchtverontreiniging

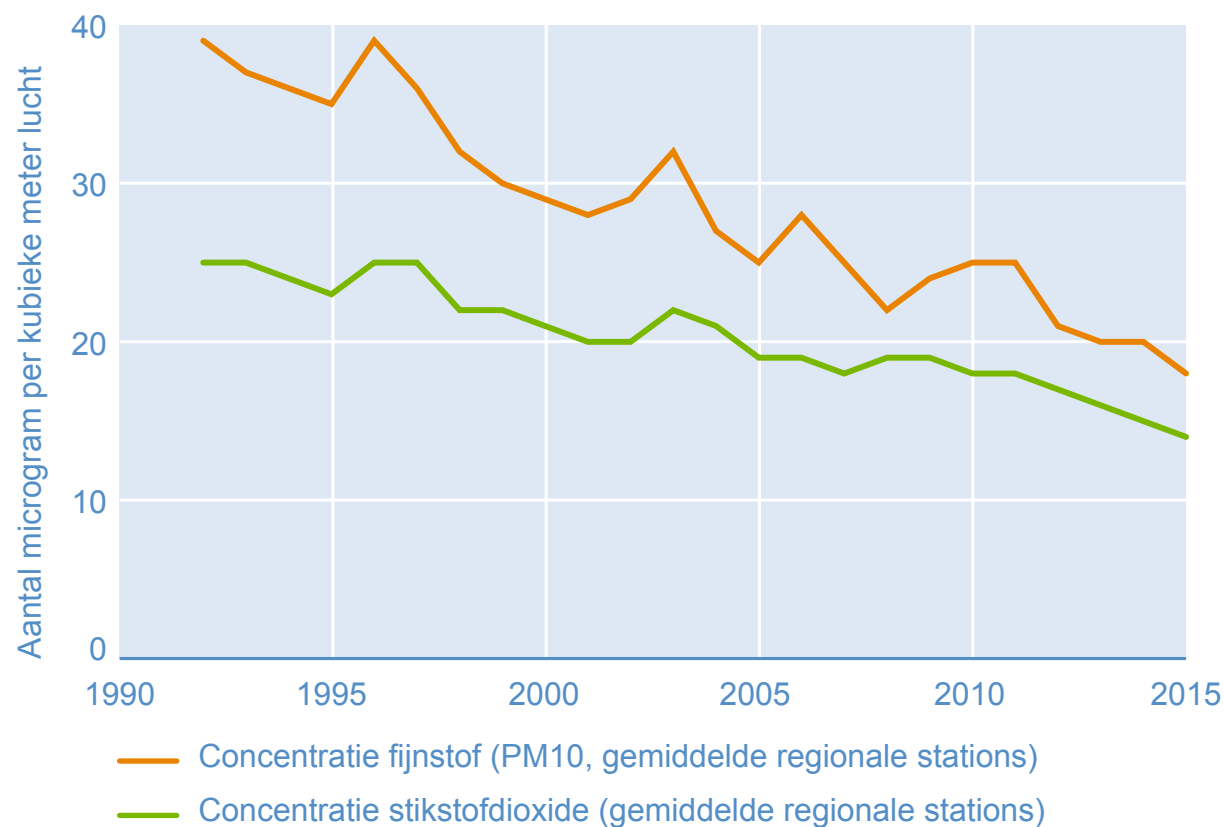
Fijnstof is een verzamelnaam voor alle vaste en vloeibare deeltjes in de lucht waarvan de afmetingen dusdanig zijn dat de mens deze kan inademen, zoals micro-organismen, pollen, zeezout, bodemstof, roetdeeltjes en stukjes afgesleten autoband of wegdek. De aanduiding PM (particulate matter), gevolgd door een getal, wordt gebruikt om de grootte van de stofdeeltjes aan te geven. Zo betekent PM10 dat 50% van de deeltjes zich in de lucht gedraagt als een bolvormig deeltje met een doorsnede van minder dan 10 micrometer.⁷ Op basis van de grootte van de deeltjes worden drie fracties onderscheiden: de grovere fractie van fijnstof (2,5-10 micrometer), de fijnere fractie van fijnstof (PM_{2,5}: < 2,5 micrometer) en ultrafijnstof (< 100 nanometer). De ultrafijne fractie in Nederland bestaat vooral uit roetdeeltjes, uitgestoten door wegverkeer, in het bijzonder door dieselloertuigen, en vliegverkeer. Het overgrote deel van fijnstof wordt veroorzaakt door menselijke activiteiten (de zogenoemde ‘antropogene bijdrage’), waaronder landbouw, verkeer en industrie. Fijnstofdeeltjes die door menselijk handelen of natuurlijke processen direct in de lucht worden gebracht, worden aangeduid met de term primaire fractie. De secundaire fractie van fijnstof (‘secundair fijnstof’) bestaat uit stoffen die ontstaan na chemische reacties in de lucht met bijvoorbeeld ammoniak, stikstofoxiden en zwaveloxiden (zie verder § 3.1.1).

Stikstofoxiden (stikstofmonoxide en stikstofdioxide) komen vrij bij alle verbrandingsprocessen. De belangrijkste bron van stikstofoxiden in de buitenlucht is gemotoriseerd verkeer. Stikstofdioxide komt deels direct vrij en wordt deels in de lucht gevormd uit stikstofmonoxide.

Ozon is een gas dat van nature voorkomt in de lucht. In de stratosfeer (luchtlag op 10-50 km hoogte) heeft het een belangrijke beschermende werking tegen schadelijke UV-straling. Maar in de troposfeer (luchtlag op leefniveau) kunnen onder invloed van zonlicht uit stikstofoxiden en vluchtige koolwaterstoffen verhoogde ozonconcentraties ontstaan die schadelijk kunnen zijn voor mensen.

Tegelijkertijd zijn er in de afgelopen decennia ook ontwikkelingen geweest die minder gunstig waren voor de luchtkwaliteit, zoals de toename van het gemotoriseerd vracht- en personenverkeer, de toename van het aandeel dieselloertuigen en de schaalvergroting en intensivering van de landbouw, in het bijzonder van de veehouderij.⁹⁻¹¹ Ook heeft ‘dieselgate’ aangetoond dat door het gebruik van zogenoemde ‘sjoemelsoftware’ de emissie van stikstofoxiden door dieselloertuigen in de praktijk vaak veel hoger is dan volgens de typegoedkeuring is toegestaan.





Figuur 1. Ontwikkeling concentraties fijnstof (PM10) en stikstofdioxide (1992-2015, gemiddelde concentraties regionale meetstations)

Bron: Compendium voor de Leefomgeving (www.clo.nl) op basis van cijfers van RIVM/DCMR/GGD Amsterdam 2016

1.2 Verdere verbetering luchtkwaliteit wenselijk

De Europese grenswaarden, met uitzondering van die voor stikstofdioxide, zijn minder streng dan de gezondheidskundige advieswaarden van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO), zie tekstbox.¹² Ze zijn mede gebaseerd op overwegingen van politieke en economische haalbaarheid.

Wanneer de luchtkwaliteit voldoet aan de Europese grens- en streefwaarden, betekent dit dus niet dat daarmee ook de volksgezondheid voldoende wordt beschermd.¹³

Europese grens- en streefwaarden en WHO-advieswaarden

De Europese (EU-) -grens- en streefwaarden hebben tot doel de volksgezondheid te beschermen. In de Europese richtlijn Luchtkwaliteit zijn de grens- en streefwaarden in 2008 als volgt gedefinieerd.²

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

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

WHO-advieswaarden hebben tot doel de volksgezondheid te beschermen en zijn afgeleid uit wetenschappelijk onderzoek naar de gezondheidseffecten van blootstelling aan belangrijke componenten van luchtverontreiniging. Echter, ook van deze advieswaarden kan volgens de WHO niet worden aangenomen dat ze een afdoende bescherming bieden, omdat ook bij lagere niveaus van luchtverontreiniging nadelige effecten op de gezondheid zijn waargenomen.¹² Om tot herziening van de advieswaarden te komen heeft de WHO een apart traject ingesteld, waarbij alle bewijskracht uit onderzoek opnieuw wordt beoordeeld. De verwachting is dat de herziene advieswaarden niet voor 2019 gereed zullen zijn.

De volgende tabel zet de Europese grens- en streefwaarden en WHO-advieswaarden voor fijnstof, stikstofdioxide en ozon naast elkaar, in aantal microgram per kubieke meter lucht (m³).

Tabel 1. WHO-advieswaarden en Europese grens- en streefwaarden voor fijnstof, stikstofdioxide en ozon

Stof	WHO-advieswaarde (middelingstijd)	Europese grens- en streefwaarde
Fijnstof (PM10)	20 microgram/m ³ (jaar)	40 microgram/m ³ ; grenswaarde (jaargemiddelde)
	50 microgram/m ³ (dag)	50 microgram/m ³ (daggemiddelde: mag niet vaker dan 35 keer per jaar worden overschreden); corresponderend met jaargemiddelde concentratie van ongeveer 30-32 microgram/m ³ .
Fijnere fractie van fijnstof (PM2,5)	10 microgram/m ³ (jaar)	25 microgram/m ³ ; grenswaarde (jaargemiddelde)
	25 microgram/m ³ (dag)	
Stikstofdioxide	40 microgram/m ³ (jaar)	40 microgram/m ³ ; grenswaarde (jaargemiddelde) 200 microgram/m ³ (uurgemiddelde: mag niet vaker dan 18 keer per jaar worden overschreden)
Ozon	100 microgram/m ³ (8 uur)	120 microgram/m ³ ; streefwaarde Voor de korte termijn: hoogste voortschrijdend 8-uursgemiddelde per dag; overschrijding is niet toegestaan op meer dan 25 dagen per jaar; gemiddeld over drie jaar. Voor de lange termijn: hoogste voortschrijdend 8-uursgemiddelde per dag; overschrijding is niet toegestaan; per kalenderjaar.

Het RIVM heeft in 2015 in zijn rapport *Perspectieven voor luchtkwaliteit en gezondheid* (de ‘Perspectievennota’) vastgesteld dat het huidige voorgenomen nationale en vooral internationale beleid de luchtkwaliteit, ook in grote steden, verder kan verbeteren.¹⁴ Daarvoor is nodig dat de doelstel-

lingen van het luchtkwaliteitsbeleid en het klimaat- en energiebeleid gerealiseerd worden. Dat betekent dat strikt wordt voldaan aan de Europese emissie-eisen voor wegverkeer, het gebruik van fossiele brandstoffen sterk wordt teruggedrongen en oude voertuigen en apparaten worden vervangen. Voor een verlaging van luchtverontreiniging tot onder de WHO-advieswaarden zijn extra beleidsmaatregelen en strikte handhaving nodig.

1.3 Werkwijze bij beantwoording vragen staatssecretaris

Op 18 mei 2016 heeft de staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu (IenM, het huidige Infrastructuur en Waterstaat) de Gezondheidsraad om advies gevraagd ‘hoe de gezondheid meer centraal is te stellen’ door verdergaande verbetering van de luchtkwaliteit. De staatssecretaris zou graag zien dat de eerdergenoemde ‘Perspectievennota’ van het RIVM in het advies wordt betrokken.

De staatssecretaris heeft de Gezondheidsraad verzocht om in het advies in te gaan op de volgende punten (voor een letterlijk citaat van de vragen, zie hoofdstuk 4):

- 1. de huidige stand van wetenschap over de *gezondheidseffecten* van luchtverontreiniging;
- 2. de *bronnen* van luchtverontreiniging in Nederland die vanuit gezondheidsperspectief het meest relevant zijn om aandacht aan te besteden;
- 3. de eventuele meerwaarde om in het toekomstige luchtkwaliteitsbeleid extra aandacht te besteden aan *kwetsbare groepen*;



4. de belangrijkste *indicatoren* voor luchtkwaliteit als aangrijpingspunten voor het bereiken van gezondheidswinst.

De staatssecretaris streeft ernaar om gezondheid een centralere plaats te geven in het luchtkwaliteitsbeleid. Daartoe zal er in 2018 een nationaal actieplan luchtkwaliteit komen. Dat luchtkwaliteitsplan zal tevens dienen om de eerder genoemde Europese NEC-richtlijn, waarin emissieplafonds staan vermeld, te implementeren.³ De staatssecretaris wil het advies van de Gezondheidsraad als basis gebruiken voor dit nieuwe plan.

Ter voorbereiding op het commissieproces zijn in de tweede helft van 2016 interviews gehouden met een tiental deskundigen op het gebied van luchtkwaliteit en gezondheid uit het netwerk van de Gezondheidsraad, de overheid en maatschappelijke organisaties.

Ter beantwoording van de hiervoor genoemde adviesvragen heeft de voorzitter van de Gezondheidsraad op 9 januari 2017 de commissie Luchtkwaliteit ingesteld.

Aanpak door de commissie

De commissie heeft zich op basis van de vragen van de staatssecretaris als centrale taak gesteld om te bepalen wat de belangrijkste aangrijpingspunten zijn voor het Nederlandse luchtkwaliteitsbeleid: op welke componenten van luchtverontreiniging en op welke bronnen en sectoren moet het toekomstig beleid zich richten om de meeste gezondheidswinst te

verkrijgen? De commissie besteedt daarbij ook aandacht aan wat er nodig is om kwetsbare groepen te beschermen. Naast deze 'hooggevoelige' groepen besteedt de commissie ook aandacht aan 'hoogblootgestelde' groepen. Zij lopen immers ook een verhoogd risico op gezondheidsschade door luchtverontreiniging. Daarom kiest de commissie ervoor om de derde deelvraag uit de adviesaanvraag te beantwoorden voor beide soorten 'hoogrisicogroepen', een term die in 2011 is voorgesteld in het Gezondheidsraadadvies over hoogrisicogroepen en sindsdien ook in andere adviezen van de Gezondheidsraad wordt gebruikt; zie tekstbox.¹⁵

Twee typen hoogrisicogroepen: hooggevoelige en hoogblootgestelde

Met de term 'hoogrisicogroepen' worden groepen binnen de bevolking bedoeld die een verhoogd risico lopen op gezondheidsschade. De commissie onderscheidt voor luchtverontreiniging een tweetal hoog-risicogroepen: hooggevoelige groepen en hoogblootgestelde groepen.

Hooggevoelige groepen. Een verhoogde gevoeligheid voor gezondheidsschade door blootstelling aan luchtverontreiniging kan het gevolg zijn van biologische factoren, zoals een bepaalde genetische aanleg, een bepaalde levensfase of een onderliggende aandoening.

Hoogblootgestelde groepen. 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.

In het advies heeft de commissie een verbinding gelegd met de adviesaanvraag van het ministerie van Economische Zaken (EZ) waarin de Gezondheidsraad is gevraagd om de stand van kennis te actualiseren over de gezondheidsrisico's van het wonen in de buurt van veehoude-



rijen.¹⁶ In hoofdstuk 3 en hoofdstuk 4 geeft de commissie antwoord op de deelvraag over de gezondheidsrisico's van blootstelling aan 'secundair fijnstof' ten gevolge van de emissie van ammoniak vanuit de veehouderij. De overige adviesvragen over veehouderijen komen aan bod in een separaat advies van de Gezondheidsraad.

Afbakening

Het voorliggende advies beperkt zich tot de drie belangrijkste componenten van luchtverontreiniging: fijnstof, stikstofdioxide en ozon. Het overgrote deel van de gezondheidsschade door luchtverontreiniging wordt aan deze drie stoffen toegeschreven. De commissie heeft zich hierbij beperkt tot die gezondheidseffecten, waarvan een oorzakelijke relatie (waarschijnlijk) is aangetoond (zie hoofdstuk 2).

Beoordeling bewijskracht op basis van literatuur

Bij het beantwoorden van de vraag over de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging heeft de commissie zich primair gebaseerd op de stand van wetenschap, zoals samengevat in kerndocumenten van met name de WHO en de Amerikaanse Environmental Protection Agency (EPA).^{12,17-22} In opdracht van deze organisaties beoordelen internationale commissies van deskundigen met enige regelmaat de kwaliteit van de vele honderden epidemiologische en toxicologische onderzoeken die jaarlijks verschijnen, waaronder tientallen systematische literatuuroverzichten en meta-analyses. Op basis daarvan komen zij tot een oordeel

over de bewijskracht voor de gevonden verbanden tussen belangrijke componenten van luchtverontreiniging en gezondheidseffecten.²³ Aanvullend heeft de commissie recente sleutelpublicaties geraadpleegd om na te gaan of er nieuwe kennis beschikbaar is gekomen, die het nodig maakt om de oordelen over de sterkte van de bewijskracht voor oorzakelijke verbanden tussen blootstelling en gezondheidseffecten en voor het al dan niet bestaan van drempelwaarden en hoogrisicogroepen te herzien.

Het advies is getoetst in de beraadsgroep Volksgezondheid. De voorzitter van de Gezondheidsraad heeft het advies 23 januari 2018 aan de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat aangeboden. De [adviesaanvraag van IenM](#), de [adviesaanvraag van EZ](#), de [samenstelling van de commissie en de lijst met geraadpleegde deskundigen](#) en de [aanbiedingsbrief](#) staan op www.gezondheidsraad.nl.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 van dit advies beschrijft de commissie de gezondheidseffecten van blootstelling aan luchtverontreiniging. Wat is de aard en de ernst van die effecten, hoe sterk is de bewijskracht en welke groepen mensen zijn er vooral gevoelig voor? Hoofdstuk 3 bevat aangrijpingspunten voor luchtkwaliteitbeleid: welke bronnen moeten vooral aangepakt worden, en hoe kunnen mensen die een verhoogde blootstelling hebben, worden beschermd? De reikwijdte van deze hoofdstukken is breder dan de adviesaanvraag. In hoofdstuk 4 beantwoordt de commissie specifiek



de vier vragen van de staatssecretaris van IenM en de vraag van de minister van EZ over gezondheidsrisico's van blootstelling aan 'secundair fijnstof' ten gevolge van de emissie van ammoniak vanuit de veehouderij. Bij dit advies horen twee achtergronddocumenten. In het [achtergrond-document Gezondheidseffecten](#) staat informatie over mechanismen van gezondheidseffecten van luchtverontreiniging, over de sterkte van de bewijskracht voor een oorzakelijk verband en over concentratie-effectrelaties. In het [achtergronddocument Luchtverontreiniging](#) gaat de commissie nader in op het meten en berekenen van de luchtkwaliteit.



02 gezondheidseffecten van luchtverontreiniging



De concentraties fijnstof, stikstofdioxide en ozon in de Nederlandse lucht leidden in 2014 naar schatting tot ongeveer 12.000 vroegtijdige sterfgevallen (zie § 2.1). Onderzoek wijst uit dat luchtverontreiniging zelfs bij zeer lage concentraties nog de gezondheid kan aantasten. De commissie verwacht dat er substantiële gezondheidswinst is te bereiken wanneer het lukt om de gemiddelde concentratie van fijnstof (met name PM_{2,5}), stikstofdioxide en ozon niet alleen te verlagen tot onder de huidige Europese grenswaarden, maar nog verder: tot onder de WHO-advieswaarden. De commissie vindt het van belang om daarbij ook rekening te houden met mensen die extra gevoelig zijn voor luchtverontreiniging, de zogenoemde ‘hooggevoelige groepen’ zoals kinderen, ouderen en mensen met luchtwegaandoeningen (vooral astmapatiënten) en hart- en vaatpatiënten (zie § 2.2 - 2.5).

2.1 Aard en ernst van gezondheidseffecten van luchtverontreiniging

Blootstelling aan fijnstof, stikstofdioxide en ozon kan gezondheidsschade toebrengen. Voor blootstelling aan deze stoffen zijn uit wetenschappelijk onderzoek *bewezen en waarschijnlijk oorzakelijke verbanden* naar voren gekomen met:^{17-19,24}

- het ontstaan en verergeren van luchtweg- en longaandoeningen, waaronder longkanker;
- het ontstaan en verergeren van aandoeningen van hart en bloedvaten;
- een vroegtijdige sterfte.

Bij effecten op de luchtwegen en longen gaat het om een vermindering van de longfunctie en om luchtwegklachten zoals hoesten, kortademigheid en piepen. Daarnaast leidt blootstelling aan luchtverontreiniging ook tot de ontwikkeling en verergering van astma en COPD (*Chronic Obstructive Pulmonary Disease*: chronisch obstructieve longziekte).²⁰ Recent is komen vast te staan dat mensen een verhoogd risico lopen op longkanker als gevolg van jarenlange blootstelling aan luchtverontreiniging.²⁴ De effecten op hart en bloedvaten komen tot uiting als (een verergering van) hartklachten of hoge bloeddruk. De effecten op de luchtwegen, longen, hart en bloedvaten kunnen zo ernstig zijn dat ze kunnen leiden tot ziekenhuisopname en vroegtijdige sterfte. Veelal gaat het dan om mensen met chronische luchtweg- en longaandoeningen of hart- en vaataandoeningen en om kinderen of ouderen die extra gevoelig zijn voor luchtverontreiniging. Meer informatie over mechanismen van gezondheidseffecten van luchtverontreiniging, de sterkte van de bewijskracht voor een oorzakelijk verband en over concentratie-effectrelaties staat in het [achtergrond-document Gezondheidseffecten](#).

Ziektelast: vroegtijdige sterfte en verloren levensjaren

De ernst van de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging wordt op populatieniveau vaak uitgedrukt als ziektelast: de hoeveelheid gezondheidsverlies in een populatie die wordt veroorzaakt door ziekte.²⁵ Ziektelast is de optelsom van de verloren levensjaren door vroegtijdige sterfte en de verloren *gezonde* levensjaren door ziekte. Als de commissie in dit



advies spreekt van verloren levensjaren bedoelt ze verloren levensjaren door vroegtijdige sterfte.

In Nederland is bijna 6% van de totale ziektelast toe te schrijven aan blootstelling aan milieufactoren.²⁶ Alleen al blootstelling aan fijnstof (PM_{2,5}) is verantwoordelijk voor zo'n 4% van de ziektelast. Na roken (13%) behoort luchtverontreiniging daarmee tot één van de belangrijkste risicofactoren, in dezelfde orde van grootte als overgewicht (5%) en weinig lichamelijke activiteit (3-4%).²⁵

Sterfte door luchtverontreiniging wordt veelal op twee manieren gekwantificeerd: als het aantal vroegtijdige sterfgevallen per jaar of als de totale afname van de levensduur in jaren of maanden per persoon. Hoe deze grootheden worden berekend staat in het [achtergronddocument Gezondheidseffecten](#).

Sterfte door langdurige blootstelling: schattingen voor 2013

Hoe groot het effect van blootstelling aan luchtverontreiniging is, hangt onder meer af van de duur van de blootstelling. Het RIVM heeft berekend dat langdurige blootstelling aan *fijnstof* (PM_{2,5}) samengaat met een verkorting van de gemiddelde levensduur in Nederland met ongeveer *negen maanden*, uitgaande van de 'populatiegemiddelde' concentratie PM_{2,5} in 2013 van 14 microgram/m³. Iedere afname van 5 microgram/m³ PM_{2,5} betekent dan een winst van ongeveer drie maanden.¹⁴ Ook is bere-

kend dat Nederlanders gemiddeld *vier maanden* korter leven door langdurige blootstelling aan *stikstofdioxide*. Het RIVM schat het effect ten opzichte van een situatie *zonder* luchtverontreiniging en baseert zich daarbij op de relatieve risico's uit het WHO-kerndocument *Health Risks of Air Pollution In Europe* (2013).²¹

Sterfte door langdurige blootstelling: schattingen voor 2014

De commissie is van mening dat het niet realistisch is om de jaargemiddelde concentraties te vergelijken met een situatie *zonder* luchtverontreiniging. Een deel van de achtergrondconcentratie is immers niet te beïnvloeden. Om meer rekening te houden met het niet te beïnvloeden deel van de achtergrondconcentratie, geeft ze daarom de voorkeur aan een recente berekening van het aantal vroegtijdige sterfgevallen en verloren levensjaren door de *European Environment Agency* (EEA), die meer realistische drempels hanteert voor na te streven jaargemiddelde achtergrondniveaus: 2,5 microgram/m³ voor PM_{2,5}, 20 microgram/m³ voor NO₂ en 70 microgram/m³ als acht-uurs maximum voor ozon.²⁷ Op basis daarvan schat de EEA dat in 2014 in Nederland ongeveer 9.200 mensen vroegtijdig stierven als gevolg van blootstelling aan fijnstof (PM_{2,5}), 2.600 als gevolg van blootstelling aan stikstofdioxide en 250 als gevolg van blootstelling aan ozon (zie tabel 2).²⁷



Tabel 2. Sterfte in Nederland door luchtverontreiniging in 2014²⁷

Luchtverontreinigings-componenten	Aantal gevallen vroegtijdige sterfte	Aantal verloren levensjaren
Fijnstof (PM2,5)	9.200	100.400
Stikstofdioxide	2.600	27.800
Ozon	250	2.700
Totaal	12.050	130.900

Al met al hebben de concentraties fijnstof, stikstofdioxide en ozon in de Nederlandse lucht in 2014 naar schatting geleid tot 12.000 vroegtijdige sterfgevallen en ongeveer 131.000 verloren levensjaren. Het totaal aantal verloren levensjaren is niet zonder meer te relateren aan het aantal vroegtijdig sterfgevallen, omdat de grootheden op verschillende manieren worden berekend.

Een andere manier om de ernst van de gezondheidseffecten van luchtverontreiniging uit te drukken is de gemiddelde levensduurverkorting per persoon. Daarvoor moet het aantal verloren levensjaren gedeeld worden door het totaal aantal ‘natuurlijke sterfgevallen’. In Nederland stierven in 2014 ongeveer 140.000 mensen door ‘natuurlijke oorzaken’, dat wil zeggen niet door verkeersongevallen of door een misdrijf. Het gaat dan om een gemiddeld verlies van bijna een levensjaar door luchtverontreiniging per persoon in de algemene populatie.

Spoedopnames door kortdurend verhoogde blootstelling

Ook dagelijkse variaties in blootstelling aan luchtverontreiniging kunnen

gezondheidseffecten tweebrengen. Kortdurend verhoogde blootstelling aan fijnstof leidde in 2013 naar schatting tot 4.600 spoedopnames in ziekenhuizen van mensen met acute luchtweg- en hartklachten.²⁸ Kortdurend verhoogde blootstelling aan ozon leidde naar schatting tot 12.000 spoedopnames in ziekenhuizen van mensen met acute luchtweg- en hartklachten.²⁹

Overige gevolgen voor kwaliteit van leven en functioneren

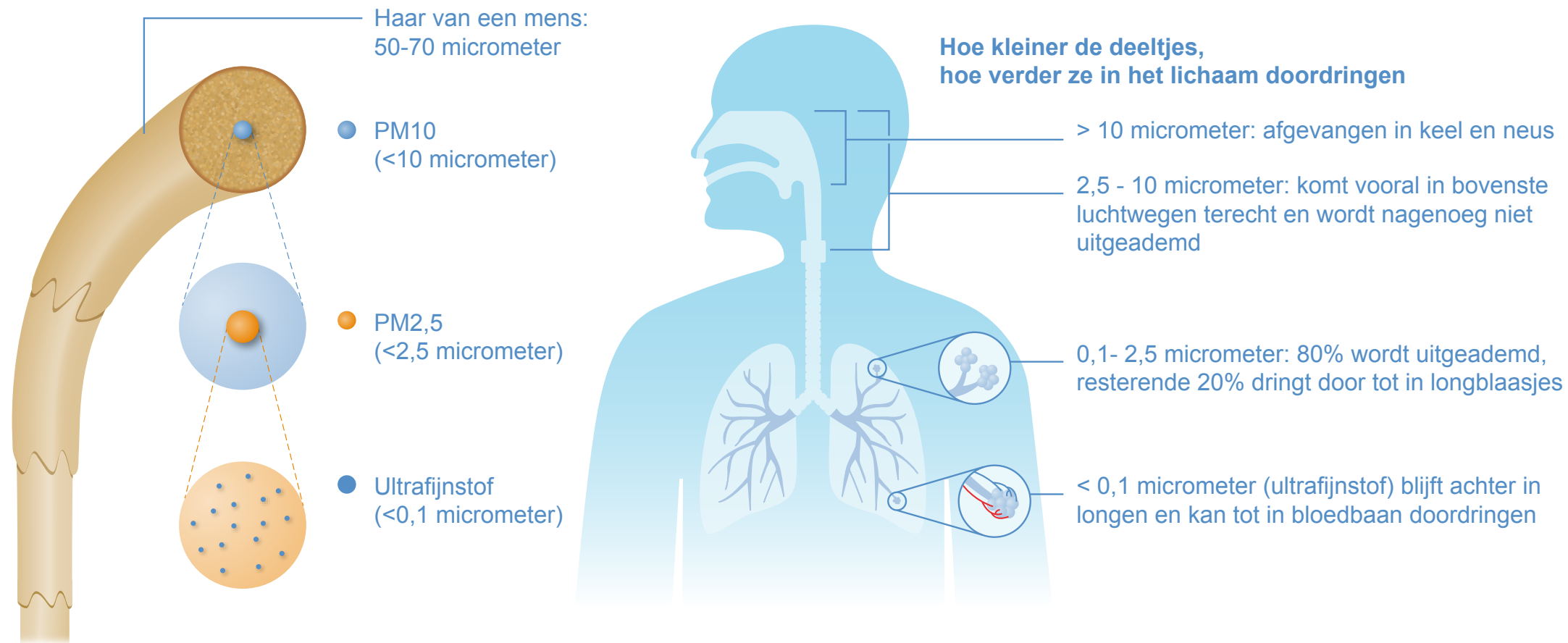
Blootstelling aan luchtverontreiniging kan ook een scala aan klachten of symptomen veroorzaken die weliswaar minder ernstig zijn dan de zojuist beschreven gevallen van ziekte en vroegtijdige sterfte, maar die de kwaliteit van leven van mensen en het functioneren op school en werk kunnen aantasten.³⁰

Schattingen van de mate waarin luchtverontreiniging bijdraagt aan een verhoogd risico op diverse gezondheidseffecten (uitgedrukt in zogenoemde relatieve risico's) staan in tabellen met concentratie-effectrelaties in het [achtergronddocument Gezondheidseffecten](#).

2.2 Gezondheidseffecten van fijnstof

De mate waarin stofdeeltjes kunnen doordringen in de luchtwegen, longen en verder in het lichaam is afhankelijk van de grootte van de deeltjes (zie figuur 2). Deeltjes die groter zijn dan 10 micrometer worden afgevangen in keel en neus, die werken als een soort filter. De grovere fractie van fijnstof (deeltjes met doorsnede 2,5-10 micrometer) komt vooral in de slijmvliezen





Figuur 2. Grootte verschillende fijnstoffracties

van de bovenste luchtwegen terecht en wordt nagenoeg niet uitgeademd. Van de fijnstofdeeltjes met een doorsnede van 0,1-2,5 micrometer wordt ongeveer 80% *wel* uitgeademd; de resterende 20% dringt dieper door tot in de longblaasjes.³¹ Deeltjes van nog kleinere afmetingen (ultrafijnstofdeeltjes) blijven juist weer meer achter in de longen en kunnen zelfs tot in de bloedbaan doordringen.³² Het bovenstaande verklaart voor een deel waarom de gezondheidseffecten kunnen verschillen tussen de verschillende fijnstoffracties.

2.2.1 Bewijskracht voor gezondheidseffecten van fijnstof

Er is sinds 2005, het jaar dat de WHO gezondheidkundige advieswaarden voor fijnstof vaststelde, een aanzienlijke hoeveelheid kennis uit epidemiologisch onderzoek beschikbaar gekomen over zowel kortdurende als langdurige blootstelling aan fijnstof.

Gezondheidseffecten fijnstof: stand van kennis EPA-rapport 2009

Voor nadelige effecten op hart en bloedvaten heeft de Amerikaanse

Environmental Protection Agency (EPA) in 2009 beoordeeld dat deze met zekerheid het gevolg zijn van zowel kortdurende (ongeveer een dag tot een week) als langdurige (ongeveer één tot tien jaar) blootstelling aan fijnstof (PM2,5).¹⁷ Voor nadelige effecten op de luchtwegen en longen is volgens de EPA een oorzakelijk verband met blootstelling aan PM2,5 waarschijnlijk (zie tabel 3). Ook oordeelde de EPA dat er overtuigend bewijs is dat een verhoogde blootstelling aan PM2,5 een verhoogd aantal vroegtijdige sterfgevallen tot gevolg heeft. Het gaat dan zowel om de totale sterfte als – bij langdurig verhoogde blootstelling – om de sterfte door hart- en vaataandoeningen en luchtweg- en longaandoeningen. Omdat ook kortdurend verhoogde blootstelling met ernstige gezondheidseffecten gepaard kan gaan, vooral bij hooggevoelige groepen (zie § 2.2.3), hanteren EU en WHO bij PM2,5 een aparte grens- of advieswaarde voor kortdurende blootstelling gedurende 24 uur.

Gezondheidseffecten fijnstof: stand van kennis 2017

Sinds het uitkomen van het eerder aangehaalde EPA-rapport van 2009 is er veel nieuwe kennis beschikbaar gekomen over de gezondheidseffecten van blootstelling aan fijnstof. Deze kennis, gebundeld in een WHO-rapport uit 2013, heeft de bewijskracht versterkt voor de gezondheidseffecten die volgens de EPA met zekerheid of grote waarschijnlijkheid het gevolg zijn van blootstelling aan fijnstof.¹⁹ Zo is er nog meer bewijs voor effecten op het hart en bloedvaten en voor sterfte door kortdurende en langdurige blootstelling aan lage concentraties PM2,5 (zie § 2.2.2). Inmiddels heeft

Tabel 3. Bewijskracht oorzakelijk verbanden tussen kortdurende en langdurige blootstelling aan PM2,5 en gezondheidseffecten (EPA, 2009)¹⁷

Gezondheidseffecten naar blootstellingsduur	Bewijskracht voor oorzakelijk verband
<i>Kortdurende blootstelling PM2,5 (ongeveer 1 dag tot ongeveer 1 week)</i>	
Nadelige effecten op hart en bloedvaten	Aangetoond
Nadelige effecten op luchtwegen en longen	Waarschijnlijk
Totale sterfte	Aangetoond
<i>Langdurige blootstelling PM 2,5 (ongeveer 1 jaar tot 5-10 jaar)</i>	
Nadelige effecten op hart en bloedvaten	Aangetoond
Nadelige effecten op luchtwegen en longen	Waarschijnlijk
Totale sterfte	Aangetoond

de *International Agency for Research on Cancer* (IARC) fijnstof opgenomen in de lijst van stoffen die bewezen kankerverwekkend zijn voor de mens op basis van het verhoogd risico op longkanker.²⁴ Er zijn ook verbanden gevonden met aandoeningen van het centraal zenuwstelsel, waaronder beperkingen van het cognitief functioneren van zowel kinderen als ouderen, en met geboorte-uitkomsten waaronder vroeggeboorte en laag geboortegewicht.³³⁻³⁵ Ook suggereert een recente meta-analyse dat langdurige blootstelling aan PM2,5 het ontstaan van diabetes kan bevorderen.³⁶ Voor de laatste gezondheidseffecten vindt de commissie de bewijskracht nog onvoldoende om ze (waarschijnlijk) oorzakelijk toe te schrijven aan fijnstofblootstelling.

Specifieke effecten van fijnstoffracties

Er komen steeds meer aanwijzingen uit epidemiologisch en toxicologisch onderzoek dat verschillende bestanddelen en fracties van fijnstof samen-



hangen met verschillende gezondheidseffecten. Zo is er inmiddels meer bekend over de specifieke effecten van grof stof, secundair fijnstof, ultrafijnstof en roet.

Een literatuuroverzicht van epidemiologisch onderzoek laat zien dat kortdurend verhoogde blootstelling aan de *grovere fractie van fijnstof* (PM_{2,5-10}), waaronder ook deeltjes van natuurlijke oorsprong vallen, samenhangt met nadelige effecten op de luchtwegen, longen, hart en bloedvaten en met een verhoogd aantal vroegtijdige sterfgevallen.³⁷ De verbanden zijn echter minder sterk dan bij blootstelling aan PM_{2,5}. Een verklaring voor het verschil in sterkte van de verbanden is dat grove stofdeeltjes hoger in de luchtwegen terechtkomen, waar ze door de aanwezigheid van trilharen beter afgevoerd kunnen worden.²⁰ Uit toxicologisch onderzoek blijkt overigens dat de grovere fijnstoffractie per microgram net zo toxisch kan zijn als PM_{2,5}.

Voor *secundair fijnstof* komen er uit epidemiologisch onderzoek aanwijzingen voor nadelige effecten op hart en bloedvaten van sulfaat- en nitraatdeeltjes (als component van secundair anorganisch fijnstof); toxicologische bewijskracht voor deze effecten is nog beperkt.³³

Voor een verband tussen kortdurende blootstelling aan *ultrafijnstof* en nadelige effecten op de luchtwegen, longen, hart en bloedvaten en effecten op het centrale zenuwstelsel is er beperkt epidemiologisch

bewijs.³² Een plausibele verklaring voor deze effecten is dat het afweersysteem dergelijke extreme kleine stofdeeltjes minder goed herkent. De deeltjes kunnen zich daardoor gemakkelijker vanuit de longen naar andere delen in het lichaam verplaatsen en daar gezondheidsschade aanrichten (zie figuur 2 in § 2.2). De ultrafijne stoffractie in Nederland bestaat vooral uit roetdeeltjes, uitgestoten door diesellootvoertuigen.

Inmiddels is er meer bekend over de gezondheidseffecten van *roet* als onderdeel van (ultrafijn) fijnstof. Roet ontstaat bij onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen en biomassa voor energieopwekking. De WHO concludeerde in 2012 dat roet – in situaties die worden gedomineerd door primair verbrandingsaerosol – naast fijnstof een aanvullende indicator kan zijn voor ziekenhuisopnames voor hart- en longaandoeningen, sterfte door hart- en vaataandoeningen en totale sterfte.³⁸ De WHO baseerde deze conclusies op epidemiologische onderzoeken naar de gezondheidseffecten van kortdurende blootstelling aan roet. Voor langdurige blootstelling aan roet geldt mogelijk hetzelfde, maar daarvoor zijn de onderzoeken zowel zeer beperkt in aantal als tegenstrijdig.

Conclusie gezondheidseffecten fijnstoffracties

De hier beschreven nieuwe kennis heeft de visie van de WHO op fijnstof in zijn algemeenheid niet veranderd: de WHO gaat er nog steeds van uit dat PM_{2,5} en PM₁₀ als beste indicatoren kunnen worden gebruikt voor alle gezondheidseffecten die samenhangen met blootstelling aan fijnstof,



ongeacht de samenstelling en bron.²⁰ Ondanks dat er meer bekend is over de specifieke effecten van de verschillende componenten en emissiebronnen van fijnstof, is die kennis volgens de WHO nog onvoldoende om voor bijvoorbeeld secundair anorganisch fijnstof, roet en ultrafijnstof aparte advieswaarden af te leiden. De commissie deelt deze visie.

2.2.2 Effecten bij lage concentraties fijnstof

In epidemiologisch onderzoek zijn nadelige gezondheidseffecten waargenomen na *kortdurende blootstelling* (ongeveer 24 uur) aan zeer lage concentraties fijnstofdeeltjes (PM_{2,5}).¹⁷ Daarbij is geen drempelwaarde gevonden waaronder geen noemenswaardige gezondheidseffecten meer optreden. Met andere woorden: elke verlaging van de blootstelling aan PM_{2,5} levert een bijdrage aan verbetering van de volksgezondheid. Uit het onderzoek naar de gezondheidseffecten van *langdurige blootstelling* komt evenmin bewijs voor het bestaan van een ‘veilige’ drempelwaarde. In diverse recente onderzoeken is zelfs een verhoogd aantal vroegtijdige sterfgevallen waargenomen bij langdurige blootstelling onder de door de WHO vastgestelde gezondheidkundige advieswaarde.³⁹⁻⁴²

De commissie acht het zeer waarschijnlijk dat met het verlagen van de gemiddelde PM_{2,5}-concentratie tot onder de WHO advieswaarde substantiële gezondheidswinst kan worden behaald: elke vermindering van 5 microgram/m³ geeft gemiddeld voor alle Nederlanders zo’n drie maanden levensduurverlenging.¹⁴

2.2.3 Hooggevoelige groepen voor fijnstof

De Amerikaanse EPA heeft op basis van de wetenschappelijke kennis de bevolkingsgroepen met een verhoogde gevoeligheid voor gezondheidseffecten van fijnstof in kaart gebracht.¹⁷ De risicogroepen waarvan de EPA bewezen acht dat zij een verhoogde gevoeligheid hebben voor de effecten van kortdurend verhoogde blootstelling aan fijnstof zijn kinderen, ouderen, mensen met luchtwegaandoeningen (vooral astmapatiënten) en mensen met hart- en vaataandoeningen. Deze conclusie is gebaseerd op epidemiologisch onderzoek waarin de gezondheidseffecten van blootstelling aan fijnstof bij mogelijk gevoelige groepen binnen de bevolking, afzonderlijk zijn geanalyseerd.

2.3 Gezondheidseffecten van stikstofdioxide

Stikstofdioxide wordt beschouwd als een belangrijke indicator voor het mengsel van luchtverontreiniging dat afkomstig is van verbrandingsprocessen. Ook heeft stikstofdioxide op zichzelf nadelige effecten op de gezondheid.

2.3.1 Bewijskracht voor gezondheidseffecten van stikstofdioxide

Gezondheidseffecten stikstofdioxide: stand van kennis EPA-rapport 2016

Tabel 4 vermeldt de sterkte van het bewijs dat tot op heden bestaat voor het optreden van gezondheidseffecten na kortdurende en langdurige blootstelling aan stikstofdioxide als zodanig. Deze gegevens zijn geba-



seerd op een EPA-overzichtsrapport over stikstofdioxide uit 2016.¹⁸ De EPA concludeerde dat er een bewezen oorzakelijk verband is tussen *kortdurende blootstelling* aan stikstofdioxide en nadelige effecten op de luchtwegen en longen. Die conclusie is onder meer gebaseerd op experimenten waarin proefpersonen aan stikstofdioxide werden blootgesteld. Voor *langdurige blootstelling* oordeelde de EPA dat er een waarschijnlijk oorzakelijk verband is met een verhoogde astma-incidentie bij kinderen en dat de consistentie van bevindingen in dit geval wijst op een effect van stikstofdioxide als zodanig.

Tabel 4. Bewijskracht oorzakelijke verbanden tussen kortdurende en langdurige blootstelling aan stikstofdioxide en gezondheidseffecten (EPA, 2016)¹⁸

Gezondheidseffecten naar blootstellingsduur	Bewijskracht voor oorzakelijk verband
<i>Kortdurende blootstelling stikstofdioxide (enkele minuten tot ongeveer 1 maand)</i>	
Nadelige effecten op luchtwegen en longen	Aangetoond
<i>Langdurige blootstelling stikstofdioxide (1 maand tot ongeveer 10 jaar)</i>	
Nadelige effecten op luchtwegen en longen, vooral verhoogde incidentie astma bij kinderen	Waarschijnlijk

Voor nadelige effecten op hart en bloedvaten was de bewijskracht voor een oorzakelijk verband in 2016 minder sterk (‘suggestief’), zowel voor kortdurende als voor langdurige blootstelling. De EPA tekende daarbij aan dat niet duidelijk is of deze laatste aandoeningen alleen door stikstofdioxide worden veroorzaakt of verergerd of dat ook andere componenten van luchtverontreiniging daar een rol in spelen.¹⁸

Gezondheidseffecten stikstofdioxide: stand van kennis 2017

Het hiervoor genoemde EPA-overzichtsrapport over stikstofdioxide dateert van begin 2016. Inmiddels wordt in epidemiologisch onderzoek steeds vaker gebruikgemaakt van zogenoemde *co-pollutant models* om de gezondheidseffecten van stikstofdioxide te onderzoeken in combinatie met fijnstof en ozon en in meer beperkte mate met andere componenten van verkeersgerelateerde verontreiniging, zoals roet en ultrafijne stofdeeltjes. Met een dergelijk model kan de onafhankelijke rol van stikstofdioxide onderzocht worden door zo goed mogelijk te corrigeren voor de andere verontreinigingen.³⁰

Enkele relevante onderzoeken over de gezondheidseffecten van *langdurig verhoogde blootstelling* worden niet besproken in genoemd EPA-rapport. Zo mist de commissie een meta-analyse uit 2014 van ruim 10 cohortonderzoeken naar effecten van langdurige blootstelling aan stikstofdioxide op vroegtijdige sterfte.⁴³ Deze meta-analyse laat een verhoogd aantal gevallen van sterfte door hart- en vaataandoeningen en luchtweg- en longaandoeningen zien en een verhoogd totaal aantal sterfgevallen. Uit een aantal van de onderliggende onderzoeken blijkt dat de effecten van stikstofdioxide niet of nauwelijks veranderden na correctie voor fijnstof of roet. Daarnaast ontbreekt in het EPA-rapport een belangrijk cohortonderzoek uit 2015. Dat onderzoek liet een sterk verband zien tussen de langdurige blootstelling aan stikstofdioxide en sterfte door hart- en vaataandoeningen, chronische luchtwegaandoeningen, longkanker en totale sterfte, dat vrijwel onafhankelijk was van fijnstof en ozon.³⁹



Op basis van de hiervoor genoemde onderzoeken heeft de EEA de effecten van langdurige blootstelling aan stikstofdioxide op sterfte voor Europa gekwantificeerd (zie ook tabel 2).²⁷ Daarbij wordt steeds benadrukt dat de gevonden verbanden weliswaar onafhankelijk zijn van blootstelling aan fijnstof, maar dat het nog steeds niet duidelijk is of deze verbanden berusten op effecten van stikstofdioxide zelf of deels op effecten van andere verkeersgerelateerde verontreinigingen, zoals roet en ultrafijnstof, die ook onafhankelijk zijn van die van fijnstof.

Over de effecten van *kortdurende blootstelling* aan stikstofdioxide verscheen recent een meta-analyse van enkele tientallen tijdserie-onderzoeken: het betrof effecten op de totale sterfte, de sterfte door hart- en vaataandoeningen en luchtweg- en longaandoeningen, en op ziekenhuisopnames.⁴⁴ Ook deze effecten blijken onafhankelijk te zijn van die van roet en fijnstof en de vroegtijdige sterfte is van dezelfde orde van grootte als die van blootstelling aan fijnstof. Ook hiervoor gelden echter de genoemde reserves tegenover de onafhankelijke rol van stikstofdioxide.

2.3.2 Effecten bij lage concentraties stikstofdioxide

Er zijn weinig recente onderzoeken beschikbaar die de vorm van het verband tussen langdurige blootstelling aan stikstofdioxide en sterfte weergeven. Een recent onderzoek wijst op een evenredig verband.³⁹ Het risico neemt volgens dit onderzoek sterk toe bij blootstelling aan concentraties oplopend van 0 tot 40 microgram/m³. Daarboven stijgt het risico minder snel. Dit betekent volgens de commissie dat er zeer waarschijnlijk

geen drempelwaarde is vast te stellen waaronder geen gezondheidseffecten optreden. Bijgevolg is er ook gezondheidswinst te behalen wanneer de blootstelling aan (mengsels vertegenwoordigd door) stikstofdioxide wordt teruggedrongen tot ver onder de WHO advieswaarde.

Dit is ook het uitgangspunt van de eerder genoemde schatting die de EEA gemaakt heeft van het aantal sterfgevallen dat aan langdurige blootstelling aan stikstofdioxide kan worden toegeschreven.²⁷ Zoals in § 2.3.1 besproken, merkt de commissie hierbij op dat het hier steeds gaat om verbanden tussen sterfte en kortdurende en langdurige blootstelling aan mengsels vertegenwoordigd door stikstofdioxide, *onafhankelijk* van verbanden met fijnstof.

2.3.3 Hooggevoelige groepen voor stikstofdioxide

De Amerikaanse EPA heeft in 2016 vastgesteld dat er voldoende bewijs is dat kinderen, ouderen en mensen met luchtwegaandoeningen verhoogd gevoelig zijn voor gezondheidseffecten van (kortdurende) blootstelling aan stikstofdioxide.¹⁸ Meer specifiek gaat het bij deze groepen om een verergering van luchtwegklachten als piepende ademhaling, kortademigheid en hoesten. Het sterkste bewijs dat vooral astmapatiënten een verhoogd gezondheidsrisico lopen bij blootstelling aan stikstofdioxide levert een analyse van gecontroleerde blootstellingsonderzoeken. Uit deze analyse blijkt dat astmapatiënten bij hogere stikstofdioxideconcentraties meer luchtwegreactiviteit vertonen dan mensen zonder astma. Epidemiologische onderzoeken tonen ook aan dat kinderen in de leeftijd van 0 tot 14



jaar bij verhoogde stikstofdioxideconcentraties vaker een astma-aanval krijgen dan mensen in de leeftijd van 15 tot 64 jaar. Verder zijn er voldoende consistente gegevens om te kunnen vaststellen dat verhoogde stikstofdioxideconcentraties leiden tot een groter aantal ziekenhuisopnames en een groter aantal bezoeken aan de eerste hulp voor kinderen met astmaklachten. Ook zijn er voldoende aanwijzingen dat volwassenen ouder dan 65 jaar bij hogere stikstofdioxideconcentraties vaker de eerste hulp bezoeken en in het ziekenhuis worden opgenomen voor een verergering van luchtwegklachten dan volwassenen jonger dan 65 jaar.

2.4 Gezondheidseffecten van ozon

Verhoogde ozonconcentraties treden vooral op warme en windstille dagen op. De belangrijkste stoffen die een rol spelen bij het ontstaan van verhoogde ozonconcentraties zijn stikstofoxiden, methaan, koolstofmonoxide en vluchtige organische stoffen. Er is veel kennis over de gezondheidseffecten van *kortdurende* verhoogde ozonconcentraties. Al sinds de jaren zeventig van de vorige eeuw is uit toxicologisch en klinisch onderzoek bij mensen bekend dat ozon bij inademing de luchtwegen en longen aantast.¹⁹ Over de effecten van *langdurige* blootstelling is veel minder bekend. Om die reden heeft de WHO tot nu toe geen advieswaarde voor langdurige blootstelling aan ozon vastgesteld. In het WHO-rapport *Health risks of air pollution in Europe* (HRAPIE-project) uit 2013 wordt wel een aanbeveling gedaan om de effecten van langdurige blootstelling aan ozon op sterfte te kwantificeren.²¹ De in tabel 2 aangehaalde schattingen van

de EEA van aan ozon toe te schrijven vroegtijdige sterfte in 2014 zijn hier dan ook op gebaseerd.²⁷

2.4.1 Bewijskracht voor gezondheidseffecten van ozon

Gezondheidseffecten ozon: stand van kennis EPA-overzicht 2013

Het meest recente EPA-overzicht over ozon dateert van 2013.¹⁹ Daarin oordeelt de EPA op basis van epidemiologisch onderzoek dat *kortdurende (piek)blootstelling* aan ozon met zekerheid nadelige effecten veroorzaakt op de luchtwegen en longen en met grote waarschijnlijkheid nadelige effecten veroorzaakt op hart en bloedvaten en op de totale sterfte (zie tabel 5). Verder concludeert de EPA dat een oorzakelijk verband tussen *langdurige blootstelling* aan ozon en nadelige effecten op de luchtwegen en longen waarschijnlijk is, met in het bijzonder nieuwe gevallen van astma bij kinderen.

Tabel 5. Bewijskracht oorzakelijke verbanden tussen kortdurende en langdurige blootstelling aan ozon en gezondheidseffecten (EPA, 2013)¹⁹

Gezondheidseffecten naar blootstellingsduur	Bewijskracht voor oorzakelijk verband
Kortdurende blootstelling O ₃ (ongeveer 1 uur tot ongeveer 1 week)	
Nadelige effecten op luchtwegen en longen	Aangetoond
Nadelige effecten op hart en bloedvaten	Waarschijnlijk
Totale sterfte	Waarschijnlijk
Langdurige blootstelling O ₃ (1 zomerseizoen tot ongeveer 10 jaar)	
Nadelige effecten op luchtwegen en longen, vooral verhoogde incidentie astma bij kinderen	Waarschijnlijk



Gezondheidseffecten ozon: stand van kennis 2017

Het aantal cohortonderzoeken naar de gezondheidseffecten van blootstelling aan ozon groeit langzaam. Toen het EPA-overzicht van 2013 werd afgerond, was er nog maar één cohortonderzoek dat een effect van *langdurige blootstelling* aan ozon op sterfte door luchtwegaandoeningen liet zien.⁴⁵ Een meta-analyse van recente onderzoeken naar effecten van langdurige blootstelling aan ozon levert onvoldoende aanwijzingen op voor een effect van jaargemiddelde ozonconcentraties op de totale sterfte respectievelijk de sterfte door luchtwegaandoeningen of hart- en vaataandoeningen.⁴⁶ Wel maakt de meta-analyse melding van effecten van ozonconcentraties die specifiek in het warme seizoen werden gemeten. In drie onderliggende onderzoeken betrof dit sterfte door luchtwegaandoeningen en hart- en vaataandoeningen; in vier onderliggende onderzoeken werden geen effecten op het totale aantal sterfgevallen vastgesteld. Twee grote Amerikaanse cohortonderzoeken die na deze meta-analyse uitkwamen, laten zien dat langdurige blootstelling aan ozon samenhangt met zowel een verhoging van het totale aantal sterfgevallen als van het aantal sterfgevallen door luchtwegaandoeningen en hart- en vaataandoeningen.⁴⁷ Uit Canadese onderzoeken komen meer specifiek aanwijzingen naar voren voor een verband tussen ozonconcentraties in het warme seizoen en een verhoogd totaal aantal sterfgevallen en een verhoogd aantal sterfgevallen door hart- en vaataandoeningen, maar niet door luchtwegaandoeningen.^{39,48}

2.4.2 Effecten bij lage concentraties ozon

Een belangrijke vraag is of er drempelwaarden zijn waaronder geen effecten van *kortdurende blootstelling* aan ozon meer aantoonbaar zijn. Deze vraag is lastig te beantwoorden, omdat er in de praktijk maar weinig dagen zijn met zeer lage ozonconcentraties, zeker in het warme seizoen. Het gaat dan om 8-uurs maxima van ongeveer 40 microgram/m³ of minder. Omdat dergelijke lage concentraties maar weinig voorkomen, is het niet goed mogelijk vast te stellen of nadelige effecten ook bij zeer lage ozon concentraties nog optreden. In de meeste onderzoeken naar effecten van kortdurende blootstelling aan ozon is volgens de EPA geen drempelwaarde gevonden.¹⁹

Naar de gezondheidseffecten van *langdurige blootstelling* aan ozon zijn nog te weinig onderzoeken verricht om iets te kunnen zeggen over het bestaan van drempelwaarden. Eén onderzoek laat een min of meer recht evenredig oplopend verband zien tussen langdurige blootstelling aan ozon en sterfte door luchtwegaandoeningen vanaf concentraties van ongeveer 100 microgram/m³.⁴⁵ Uit een ander onderzoek komt een onregelmatig oplopend verband dat vanaf 80 microgram/m³ steeds sterker wordt.⁴⁷ In dat geval gaat het om het verband met sterfte door luchtwegaandoeningen en hart- en vaataandoeningen.

2.4.3 Hooggevoelige groepen voor ozon

De risicogroepen waarvoor volgens de EPA een verhoogde gevoeligheid voor gezondheidseffecten bij blootstelling aan ozon voldoende is



bewezen, zijn: mensen met specifieke genetische eigenschappen voor luchtwegovergevoeligheid, astmapatiënten, kinderen, ouderen, mensen die minder vitamine C en E binnen krijgen en mensen die buiten actief zijn.¹⁹ De EPA heeft zijn conclusies gebaseerd op epidemiologische onderzoeken en gecontroleerde experimenten bij mensen en dieren.

2.5 Conclusies en aanbevelingen

De commissie komt op grond van de in dit hoofdstuk beschreven bevindingen (en de meer gedetailleerde onderbouwing daarvan in het [achtergronddocument Gezondheidseffecten](#)) tot de volgende conclusies en aanbevelingen:

- Er is de afgelopen jaren een aanzienlijke bewijskracht opgebouwd over de relatie tussen blootstelling aan luchtverontreiniging en gezondheidseffecten, ook bij concentraties beneden de WHO-advieswaarden.
- De gezondheidkundig meest belangrijke componenten zijn fijnstof, stikstofdioxide en ozon. In 2014 leidden de concentraties van deze stoffen in de Nederlandse lucht naar schatting tot 12.000 vroegtijdige sterfgevallen en een gemiddeld verlies van bijna een levensjaar per persoon. Er is dus substantiële gezondheidswinst te verwachten als de luchtkwaliteit niet alleen schoner wordt dan de Europese normen, maar ook schoner dan de WHO-advieswaarden.
- Het terugdringen van fijnstof draagt het meeste bij aan die

gezondheidswinst: met elke vermindering van 5 microgram/m³ PM_{2,5} in de lucht is gemiddeld ongeveer drie maanden levensduurverlenging te behalen.

- Recente epidemiologische onderzoeken maken het aannemelijk dat blootstelling aan stikstofdioxide gezondheidseffecten geeft, nog bovenop die van fijnstof, maar over de grootte ervan bestaat nog enige onzekerheid.
- Uit recente onderzoeken komen steeds meer aanwijzingen dat langdurige blootstelling aan ozon leidt tot een verhoogd risico op sterfte.
- De commissie vindt het van belang om bij het streven naar gezondheidswinst rekening te houden met mensen die extra gevoelig zijn voor luchtverontreiniging, de zogenoemde 'hooggevoelige groepen'. Dit zijn vooral kinderen, ouderen en mensen met luchtwegaandoeningen (zie figuur 3). Hoeveel gezondheidswinst dat precies oplevert, valt op basis van de huidige kennis niet goed vast te stellen.
- Tot slot pleit de commissie ervoor om hooggevoelige groepen actiever gerichte gedragsadviezen te verstrekken, bijvoorbeeld om tijdens smogepisodes door ozon 's middags buitenshuis geen zware inspanning te verrichten of binnen te blijven.



Vooraf kinderen, ouderen en mensen met
luchtwegaandoeningen zijn extra gevoelig
voor luchtverontreiniging

	PM2,5	NO2	Ozon
 Kinderen			
 Ouderen			
 Mensen met luchtwegaandoeningen (astma)			
 Mensen met hart- en vaatandoeningen			
 Mensen die buiten actief zijn			
 Mensen die onvoldoende vitamine C en E binnen krijgen			

Figuur 3. Hooggevoelige groepen

03

aangrijpingspunten voor luchtkwaliteitsbeleid



Om de luchtverontreiniging in Nederland en de daarmee samenhangende gezondheidseffecten verder te verminderen zullen de belangrijkste bronnen van vervuiling moeten worden aangepakt. In Nederland betekent dit dat maatregelen zich vooral moeten richten op het verminderen van de uitstoot door landbouw en wegverkeer in heel Nederland (§ 3.1). De ‘generieke’ aanpak van deze bronnen moet vooral de ‘deken’ van fijnstof in de lucht als geheel terugdringen (§ 3.2). Daarnaast is specifiek aandacht nodig voor mensen die relatief veel worden blootgesteld aan luchtverontreiniging omdat ze wonen of verblijven in de directe omgeving van bronnen die zorgen voor lokaal verhoogde concentraties. (§ 3.3).

3.1 Belangrijkste bronnen van luchtverontreiniging in Nederland

De concentraties van luchtverontreinigende stoffen in Nederland zijn vooral afkomstig van de landbouw en het wegverkeer. Ook emissies die in het buitenland plaatsvinden, bereiken deels de Nederlandse lucht.

Hieronder volgt een beknopte beschrijving van wat er tot op heden bekend is over de herkomst van de drie bestanddelen van luchtverontreiniging die in dit advies centraal staan: fijnstof, stikstofdioxide en ozon.

Voor deze componenten heeft de commissie in het voorgaande hoofdstuk vastgesteld dat met een afname van de concentraties, zelfs tot onder de WHO-advieswaarden, gezondheidswinst kan worden behaald. Dit betekent dat aanpak van de bronnen met de grootste bijdrage aan de concen-

traties van deze drie componenten ook de grootste bijdrage kunnen leveren aan gezondheidswinst.

3.1.1 Herkomst fijnstof: vooral landbouw en wegverkeer

Fijnstofdeeltjes die door menselijk handelen of natuurlijke processen direct in de lucht worden gebracht, worden aangeduid met de term *primaire fractie*. Naast landbouw en gemotoriseerd wegverkeer, zijn scheepvaart en industrie hiervan belangrijke bronnen.⁴⁹ Fijnstof heeft daarnaast nog van nature voorkomende bestanddelen zoals zeezout en opwaaiend bodemstof; deze dragen minder dan 5% bij aan de fijnstofconcentratie in Nederland.⁵⁰

De *secundaire fractie* van fijnstof (‘secundair fijnstof’) bestaat uit stoffen die ontstaan na chemische reacties van zogenoemde precursorgassen in de lucht. In reactie met ammoniak, stikstofoxiden en zwaveldioxide ontstaan secundaire *anorganische* aerosolen als ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat. In reactie met vluchtige koolwaterstoffen worden secundaire, *organische* aerosolen gevormd. De vorming van secundair fijnstof neemt enige tijd in beslag. Het kan zich in die tijd gelijkmatig en over grote afstanden verspreiden.

Ruimtelijke verschillen in fijnstofconcentraties

Figuur 4 laat zien dat fijnstof (PM_{2,5}) als een ‘deken’ over grote delen van ons land ligt. De verklaring hiervoor is dat meer dan de helft van de concentraties van PM_{2,5} in Nederland, ook in stedelijk gebied, uit secun-

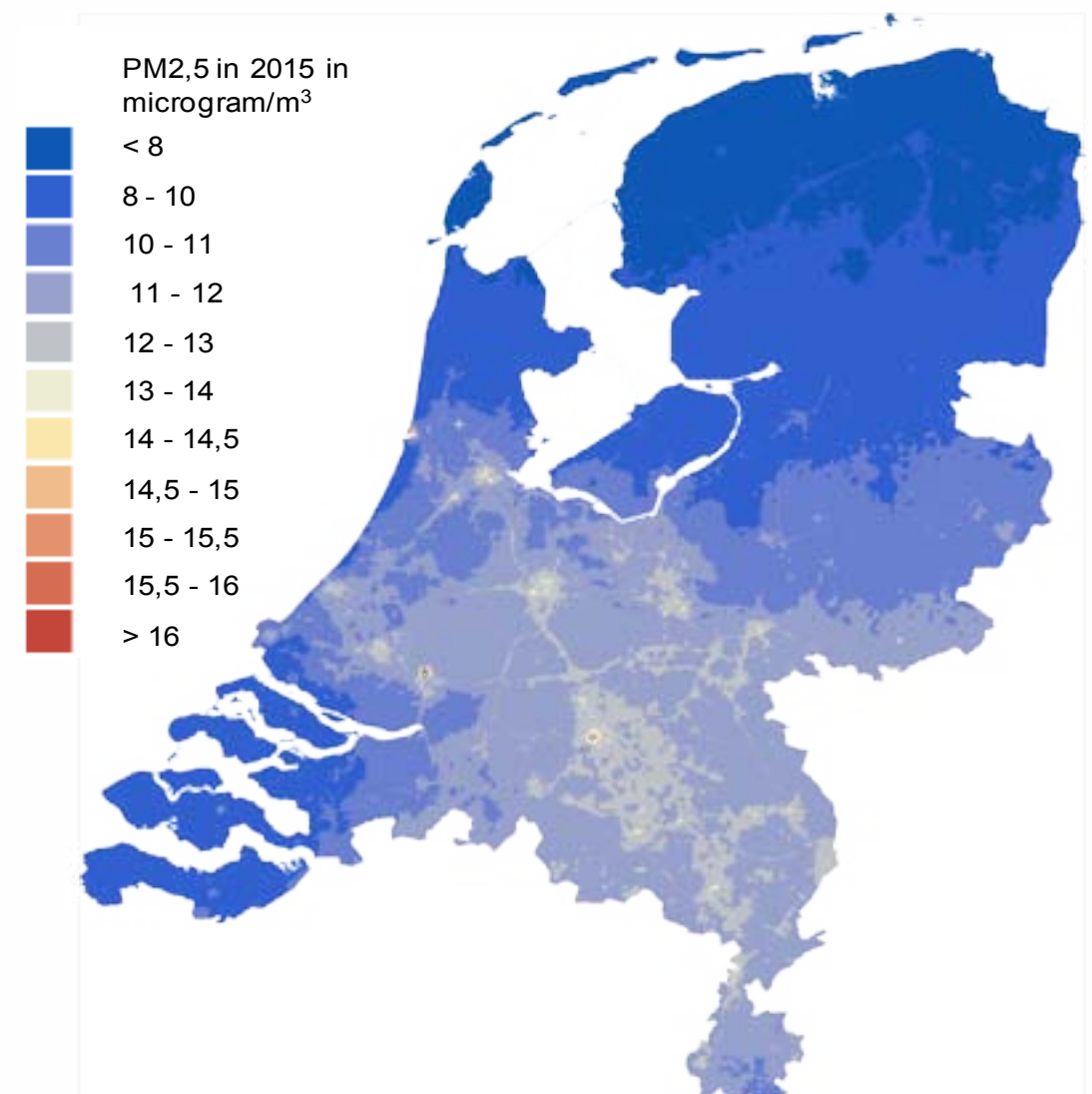


dair fijnstof bestaat dat zich over grote afstanden verspreidt.⁴ De concentraties in verstedelijkte gebieden en in het zuiden en oosten zijn gemiddeld 2 microgram/m³ hoger.⁴⁹ Rond steden is dit het gevolg van de hogere bevolkingsdichtheid en in het zuiden spelen de hoeveelheid veehouderijen en de nabijheid van buitenlandse brongebieden een rol. Verder spelen de weersomstandigheden een grote rol in de verspreiding van fijnstof over lange afstanden.

Regionaal en lokaal verhoogde fijnstofconcentraties

Het ruimtelijke patroon voor PM10 is vergelijkbaar met dat voor PM2,5, met dit verschil dat de regionale verhogingen van PM10 aanzienlijk groter zijn, vooral in de buurt van zware industrie, zoals de basismetaleindustrie in de IJmond, havens, met name het havengebied van Rotterdam, en in de buurt van intensieve veehouderijen.⁸

De commissie verwacht niet dat concentraties van secundair fijnstof (PM2,5) als gevolg van ammoniakemissies direct rond intensieve veehouderijen sterk verhoogd zullen zijn, omdat secundair fijnstof zich pas na enige tijd vormt en zich dan reeds over grotere afstanden heeft verspreid. In de nabijheid van luchthavens zijn er recent aanwijzingen gevonden voor een verhoogde concentratie van ultrafijnstof, afkomstig van het vliegverkeer.⁵¹ De gezondheidkundige relevantie daarvan wordt momenteel onderzocht.⁵² De bijdrage van de luchtvaart aan regionale PM2,5 concentraties is relatief klein.^{49,53}



Figuur 4. Gemiddelde PM2,5 concentratie in 2015

Bron: Atlas voor de Leefomgeving

Herkomst fijnstof 'deken'

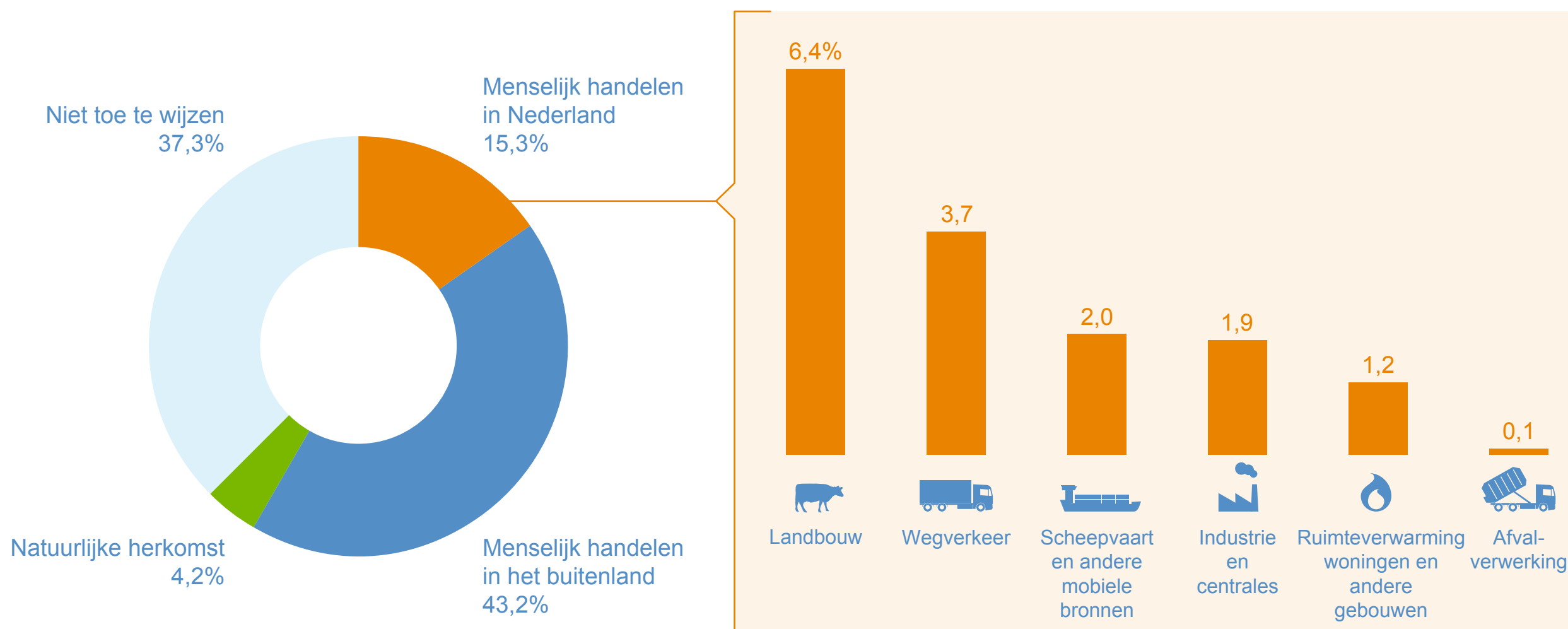
Figuur 5 laat zien waar de eerder genoemde fijnstofdeken vandaan komt: de herkomst van de gemiddelde concentratie van fijnstof (PM2,5) in de Nederlandse lucht, over een heel jaar gemeten.

De fijnstofemissies van landbouw en wegverkeer in Nederland zijn samen verantwoordelijk voor ongeveer 10% van de gemiddelde PM_{2,5}-concentratie in de lucht.⁵⁰ Bij landbouw gaat het onder meer om de fijnstofemissies van pluimvee- en varkensstallen en ammoniak van koeien. Bij

wegverkeer gaat het vooral om dieselloftuigen.

Scheepvaart, industrie (inclusief elektriciteitscentrales), ruimteverwarming en afvalverwerking dragen samen ongeveer 5% bij aan de gemiddelde PM_{2,5} concentratie in Nederland. Onder ruimteverwarming valt bijvoor-

Meeste fijnstof in de lucht boven Nederland komt uit het buitenland. De voornaamste binnenlandse bronnen zijn landbouw en wegverkeer.



Figuur 5. Herkomst gemiddelde fijnstofconcentraties (PM_{2,5})

Bron: Hendriks e.a., 2013⁵⁰

beeld particuliere houtstook, maar ook alle overige verwarming van woningen en andere gebouwen. Uiteraard kunnen deze bijdragen in lokale situaties veel hoger (of lager) zijn.

De hoeveelheid fijnstof die door menselijk handelen in het buitenland onze lucht binnenkomt, is duidelijk groter (40-45%) dan de hoeveelheid fijnstof uit alle Nederlandse bronnen samen (ongeveer 15%). Vooral de bijdrage vanuit de Europese industrie is omvangrijk. Omgekeerd dragen Nederlandse emissies weer bij aan fijnstofblootstelling in het buitenland. Overigens is vooralsnog 35-40% van de concentraties fijnstof niet toe te wijzen aan specifieke, menselijke activiteiten.

Herkomst lokaal verhoogde roetconcentraties in steden

De uitstoot van fijnstof door wegverkeer in binnen- en buitenland was de afgelopen jaren verantwoordelijk voor ongeveer de helft van de lokaal verhoogde roetconcentraties in stedelijk gebied.⁴⁹ Door toenemend gebruik van roetfilters zullen de emissies van wegverkeer naar verwachting afnemen en zullen andere bronnen in verhouding meer bijdragen aan de roetconcentratie in stedelijk gebied. De relatieve bijdrage van bijvoorbeeld houtstook zal stijgen van ruwweg 20% in 2015 tot 30% in 2020.⁵⁴ Een betrouwbare schatting van de lokale bijdrage van houtstook aan luchtverontreiniging is op dit moment niet goed mogelijk, omdat er te weinig bekend is over de locaties van deze bronnen en over stookgedrag (zie [achtergronddocument Luchtverontreiniging](#)).

Onzekerheden

Het vaststellen van de herkomst van fijnstofconcentraties in de lucht is niet eenvoudig. De commissie wijst erop dat emissie-inventarisaties en verklarende modellen omgeven zijn met diverse onzekerheden, omdat ze een weergave zijn van de huidige, onvolledige kennis. Geen van de Nederlandse en internationale modellen kan de herkomst van de gemeten concentraties van fijnstof volledig verklaren. Dit heeft vooral te maken met een gebrek aan kennis over hoe het organisch bestanddeel van fijnstof ontstaat en waar het vandaan komt. In het [achtergronddocument Luchtverontreiniging](#) gaat de commissie specifiek voor fijnstof nader in op de onzekerheden in het meten en berekenen van de luchtkwaliteit.

3.1.2 Herkomst stikstofdioxide: vooral dieselmotoren

Ruimtelijke verschillen in stikstofdioxideconcentraties

De stikstofdioxideconcentraties in de Nederlandse lucht zijn verspreid volgens een duidelijk ruimtelijk patroon. Zoals figuur 6 laat zien, varieerde in 2015 de gemiddelde stikstofdioxideconcentratie van minder dan 10 microgram/m³ in het dunbevolkte Noord-Nederland tot meer dan 20 microgram/m³ in de dichtbevolkte stedelijke gebieden.

Regionaal en lokaal verhoogde stikstofdioxideconcentraties

Figuur 6 laat ook zien dat verhoogde concentraties stikstofdioxide vooral te vinden zijn in de steden en langs rijkswegen. Op enkele meetstations in de



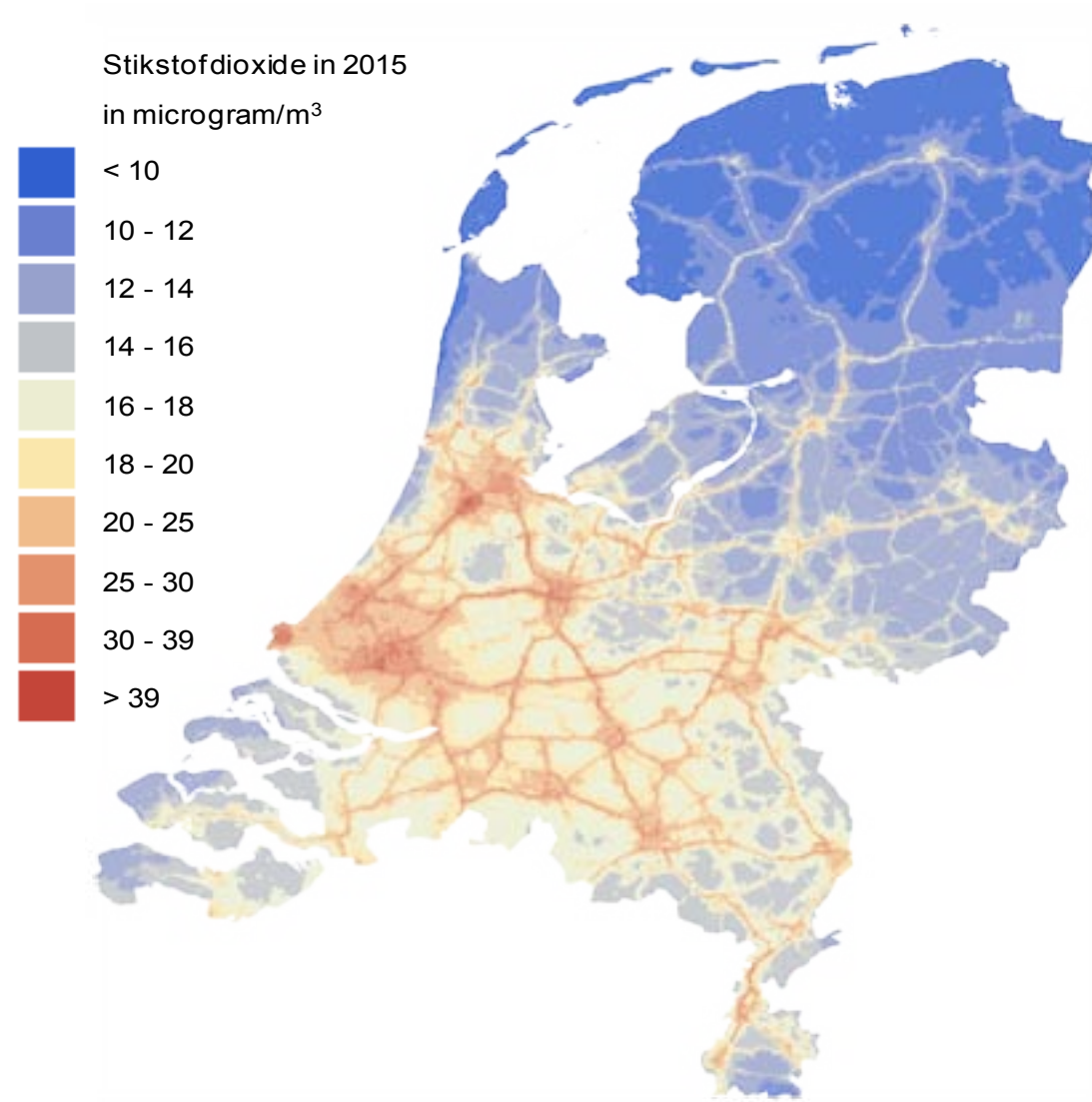
nabijheid van wegverkeer werden gemiddelde concentraties van meer dan 40 microgram/m³ gemeten. Het betrof hier in alle gevallen drukke wegen in steden. Verder zijn regionale verhogingen te zien van meer dan 40 microgram/m³ in het Rotterdamse havengebied. Deze laatste 'hot spots' zijn vooral het gevolg van de emissies van dieselmotoren van (binnen)scheepvaart en van mobiele werktuigen bij de op- en overslag van containers.

Herkomst verhoogde stikstofdioxideconcentraties

De belangrijkste bron van stikstofdioxide blijft het gemotoriseerde wegverkeer: 90% van de emissies vanuit het wegverkeer is afkomstig van dieselvoertuigen.⁵⁵ De hoeveelheid stikstofdioxide afkomstig van het wegverkeer in Nederland is verantwoordelijk voor ruim 25% van de gemiddelde stikstofdioxideconcentratie in Nederland en de hoeveelheid die ons bereikt vanuit het buitenland voor ruim 35%.⁴⁹

3.1.3 Herkomst ozon: precursorgassen uit andere werelddelen

De jaargemiddelde ozonconcentraties lagen in 2015 rond de 40 microgram/m³ (of 20ppb). Tussen 2012 en 2015 was er een lichte stijging. In 2016 lagen de gemiddelde concentraties lager dan in 2015, vermoedelijk vanwege de slechte zomer. Zonlicht speelt een belangrijke rol bij de vorming van ozon: het wordt onder invloed van zonlicht in de lucht gevormd uit stikstofoxiden, koolmonoxide, vluchtige koolwaterstoffen en methaan.



Figuur 6. Jaargemiddelde stikstofdioxideconcentratie in 2015

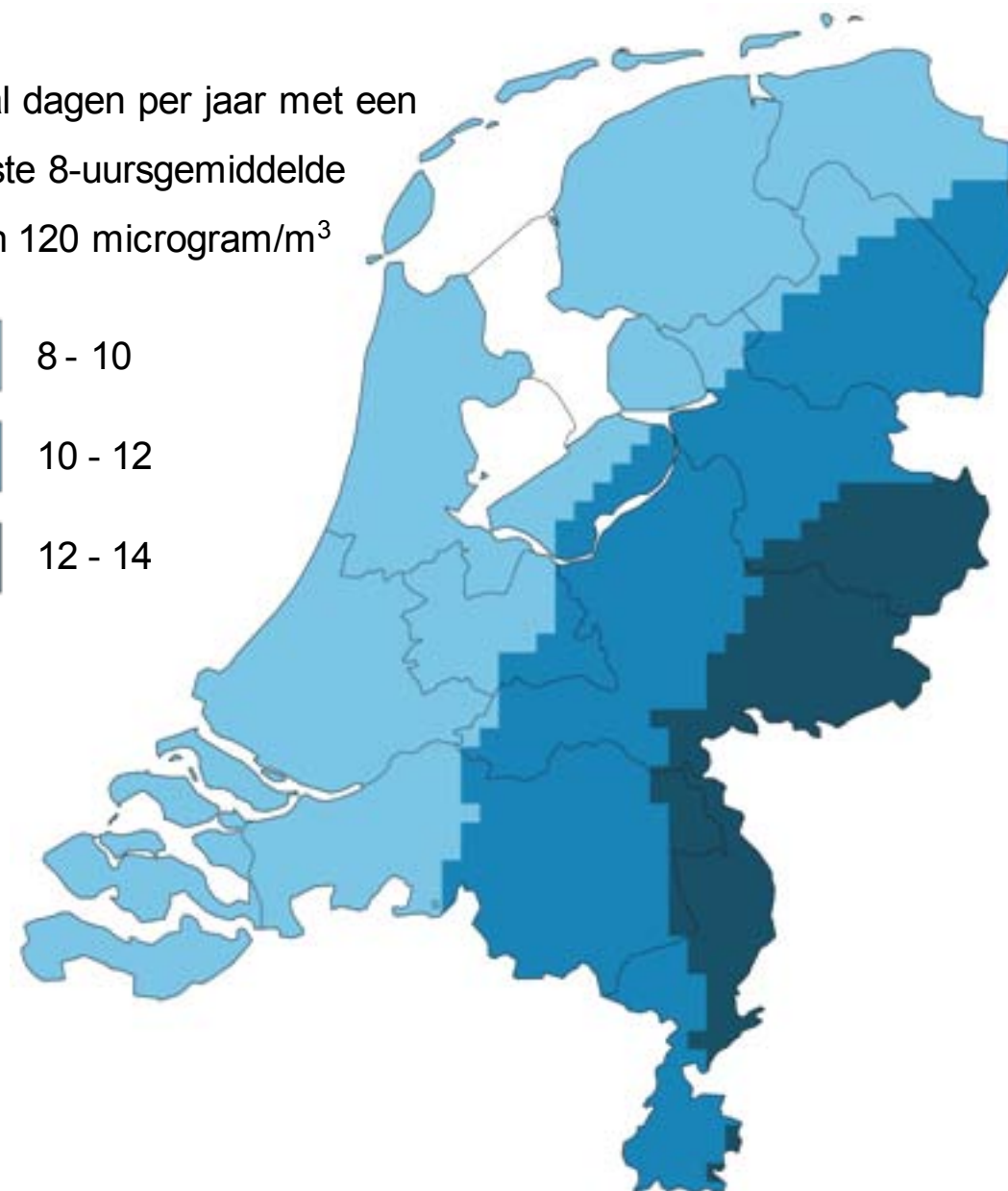
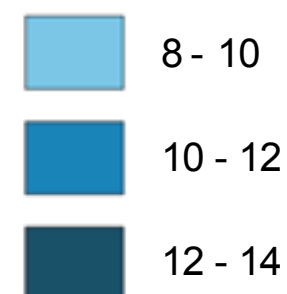
Bron: Atlas voor de Leefomgeving

Ruimtelijke verschillen in ozonconcentraties

Tijdens zomerse 'smogepisodes' treden er in Nederland kortdurende ozonpieken op in een gebied van enkele honderden vierkante kilometer. In het zuiden en oosten van het land komen de meeste smogdagen voor (zie figuur 7). Dit komt onder meer door de gemiddeld hogere temperaturen in dat gebied en de aanvoer van ozonrijke lucht uit het zuidelijke en oostelijke deel van Europa.⁵⁶ Verder komen verhoogde ozonconcentraties juist vaker voor op het platteland, in tegenstelling tot de andere bestanddelen van luchtverontreiniging. Dit komt doordat ozon in stedelijke gebieden wordt afgebroken door stikstofmonoxide in uitlaatgassen.

Het aantal smogdagen is vanaf de jaren '90 afgenomen (zie [achtergrond-document Luchtverontreiniging](#)), maar de over een heel jaar gemeten gemiddelde concentratie ozon in de Nederlandse lucht daalt niet.⁵⁶ De langdurige blootstelling van de gehele Nederlandse bevolking aan ozon daalt dus ook niet. Metingen op stadsachtergrondstations in 2004 lieten een gemiddelde ozonconcentratie zien van 39 microgram/m³ over heel Nederland. Deze concentratie was in 2015 toegenomen tot 43 microgram/m³. Dit is het gevolg van de dalende emissies van stikstofoxiden in combinatie met een toenemende import van ozon uit het buitenland. Op het hele noordelijk halfvond wordt namelijk meer ozon gevormd als gevolg van de stijgende emissies van zogenoemde ozonprecursorgassen als stikstofoxiden en methaan. Klimaatverandering zou kunnen leiden tot verder stijgende ozonconcentraties in de lucht, vanwege een toename van het aantal

Aantal dagen per jaar met een
hoogste 8-uursgemiddelde
boven 120 microgram/m³



Figuur 7. Ruimtelijke verdeling van blootstelling aan ozon uitgedrukt in het aantal dagen met een hoogste 8-uursgemiddelde boven de 120 microgram/m³ (gemiddelde 2010-2012)

Bron: Compendium voor de Leefomgeving (www.clo.nl), op basis van cijfers RIVM 2013

zonne-uren per dag en vanwege een toename van natuurlijke emissies van vluchtige koolwaterstoffen uit bomen.

Herkomst verhoogde ozonconcentraties

De gassen waaruit ozon wordt gevormd (koolmonoxide, vluchtige koolwaterstoffen en methaan) komen voor een groot deel in de lucht door menselijke activiteiten, zoals wegverkeer, scheepvaart en ruimteverwarming. Vluchtige koolwaterstoffen komen bij warm weer ook vrij uit bomen. Bij het ontstaan van verhoogde ozonconcentraties spelen binnenlandse bronnen nauwelijks een rol. Ozonvorming speelt zich af op (inter)continentale schaal.

3.2 Generiek beleid ter bescherming van gehele Nederlandse bevolking

Met een generieke aanpak, dat wil zeggen die voor heel Nederland geldt en die bedoeld is om de ‘deken’ van fijnstof terug te dringen, kan de meeste gezondheidswinst worden geboekt. Iedere verlaging van de concentratie PM_{2,5} met 5 microgram/m³ levert ongeveer drie maanden levensduurverlenging op (zie hoofdstuk 2).¹⁴

Deken van fijnstof terugdringen

Om de komende jaren gezondheidswinst te boeken voor de Nederlandse bevolking als geheel, moeten volgens de commissie in de eerste plaats de emissies worden aangepakt uit de bronnen die de ‘deken’ van fijnstof

boven Nederland veroorzaken. De belangrijkste binnenlandse beïnvloedbare bronnen zijn:⁵⁰

- landbouw;
- wegverkeer.

Daarna volgen:

- scheepvaart en mobiele werktuigen;
- industrie en energiecentrales;
- ruimteverwarming, in het bijzonder houtstook.

Hierna geeft de commissie enkele voorbeelden van mogelijke aangrijpingspunten voor generiek beleid. Zij tekent daarbij aan dat de hoeveelheid gezondheidswinst die in de praktijk haalbaar is, afhangt van politieke keuzes. Voor een verlaging van de luchtverontreiniging tot onder de WHO-advieswaarden zijn immers extra beleidsmaatregelen nodig. Hoeveel gezondheidswinst in de praktijk te realiseren is, hangt onder meer af van hoe strikt de naleving van de regelgeving gehandhaafd kan worden.

Emissies veehouderij aanpakken

In de eerste plaats dragen emissies van primair fijnstof en vooral ammoniak uit de veehouderij bij aan de vorming van secundair fijnstof en de fijnstofdeken. Een nationale aanpak van ammoniakemissies zou een onmisbaar onderdeel moeten vormen van het luchtkwaliteitsbeleid om de luchtkwaliteit



in heel Nederland te verbeteren. Dit vergt wel strikte handhaving van de mestregelgeving. De aanpak van andere emissies door de veehouderij komt aan bod in een separaat advies van de Gezondheidsraad.

Emissies dieselloortuigen terugdringen

Voor een verdere vermindering van de emissies van en blootstelling aan fijnstof, roet en stikstofdioxide ligt het voor de hand om het gebruik van diesel als brandstof voor gemotoriseerd wegverkeer terug te dringen. De commissie meent dat de meeste gezondheidswinst is te behalen door het terugdringen van het aandeel dieselloortuigen in het wagenpark. In diverse grote steden in Europa worden maatregelen in deze zin voorbereid. Mede dankzij de toenemende toepassing van roetfilters bij dieselloortuigen dalen de roetemissies van wegverkeer sterk. Het gebruik van zogenoemde 'sjoemelsoftware', waardoor de emissie van stikstofoxiden door dieselloortuigen in de praktijk hoger is dan volgens de typegoedkeuring is toegestaan, onderstreept het belang van strikte handhaving van regelgeving.

Emissies door particuliere houtstook terugdringen

Houtstook draagt niet alleen bij aan de lokale blootstelling aan fijnstof en vooral roet (zie § 3.3), maar ook aan de vorming van de fijnstofdeken. Om emissies door houtstook terug te dringen denkt de commissie bijvoorbeeld aan strengere emissie-eisen voor houtkachels, aan maatregelen om het gebruik van hout- en pelletkachels in woningen te ontmoedigen, bijvoorbeeld door voorlichtingscampagnes over houtstook.

Internationale aanpak

Omdat de hoeveelheid fijnstof die Nederland vanuit het buitenland bereikt groter is dan de bijdragen uit Nederlandse bronnen, zijn ook afspraken nodig in internationaal verband, vooral gericht op de emissies van industrie en elektriciteitscentrales. Daarnaast is internationaal beleid belangrijk om de emissies van fijnstof en vooral ammoniak vanuit de landbouw terug te dringen. Met de voorgestelde nationale emissieplafonds zullen de emissies van ammoniak in het omringende buitenland voor 2030 nauwelijks dalen. Daarom adviseert de commissie om in overleg met buurlanden te bezien of maatregelen die in Nederland effectief zijn gebleken, daar ook meer effect kunnen sorteren. Voorbeelden van dergelijke maatregelen zijn het emissiearm uitrijden van mest (zoals directe 'onderwerkverplichting' op bouwland en mestinjectie op grasland) en het plaatsen van luchtwassers bij stallen.

Om de jaargemiddelde ozonconcentratie niet verder te laten stijgen, zouden de emissies van ozonprecursorgassen (stikstofoxiden, vluchtige organische stoffen, koolmonoxide en methaan) moeten worden vermindert, zowel in Europa als op de rest van het noordelijk halfrond. Ook dit kan alleen met een internationale aanpak. Als alleen in Nederland de emissies van stikstofoxiden zouden afnemen, zou dat bij de huidige import van precursorgassen vanuit andere werelddelen juist tot een stijging van de ozonconcentratie kunnen leiden. Stikstofoxiden dragen namelijk niet alleen bij aan de vorming van ozon, maar dichtbij de bron ook aan de afbraak.⁵⁶ Dat zou dan vooral in de in stedelijke gebieden gebeuren.



Omdat daar veel lokale bronnen zitten, zal daar de afname van de uitstoot van stikstofoxiden het grootst zijn en zal daar dus ook minder ozon afgebroken worden.

Het verminderen van de methaanemissie is zowel gunstig voor het klimaat als voor het verminderen van de ozonvorming. Bovendien zal bij vermindering van het gebruik van fossiele energiebronnen ook de emissie van andere precursorgassen verminderen. In het algemeen verdient het volgens de commissie aanbeveling om de luchtkwaliteitsaspecten nauwer te betrekken bij de uitwerking van internationale energie- en klimaatplannen. Meer specifiek pleit ze ervoor om nieuwe Europese regelgeving voor luchtkwaliteit te baseren op de gezondheidkundige advieswaarden van de WHO.

3.3 Locatiespecifiek beleid ter bescherming van hoogrisicogroepen

Naast een generieke aanpak stelt de commissie voor om lokaal extra maatregelen te nemen ter bescherming van zogenoemde ‘hoogrisicogroepen’. Dit kan verdere gezondheidswinst opleveren. Hoeveel dat precies is, valt op basis van de huidige kennis niet goed vast te stellen. De commissie vindt het belangrijk dat met locatiespecifiek beleid het aantal mensen dat behoort tot de groep ‘hoogblootgestelden’ en daarbinnen in het bijzonder het aantal mensen dat toch al ‘hooggevoelig’ is, verder afneemt. Die locatiespecifieke maatregelen bestaan enerzijds uit de aanpak van lokale bronnen en anderzijds uit een zogenoemd ‘gevoeligebestemmingenbeleid’: een zodanige

inrichting van de leefomgeving dat de afstand wordt vergroot tussen voorzieningen als woningen, scholen, kinderdagverblijven en lokale bronnen van fijnstof en stikstofdioxiden (zie § 3.3.2).

3.3.1 Lokale ‘hot spots’ aanpakken

Locatiespecifieke maatregelen zijn nodig om situaties van hoge blootstelling aan te pakken. Dat gaat dan zowel om verkeersgerelateerde blootstelling als om blootstelling rond lokale industrie, havens en intensieve veehouderijbedrijven. Extra bescherming van hoogrisicogroepen rond deze locaties kan verdere gezondheidswinst opleveren, zolang dat niet leidt tot een verhoging van de gemiddelde blootstelling voor de bevolking als geheel. Steden kunnen vooral lokale verhogingen beïnvloeden van stikstofdioxide en primair fijnstof, zoals roet en slijtage van banden en wegdek. De commissie vindt dat lokale bronnen van luchtverontreiniging ook lokaal moeten worden aangepakt. Het gaat dan vooral om mobiele bronnen als wegverkeer, scheepvaart en mobiele werktuigen. Daarbij kan onder meer gedacht worden aan het verminderen van het autoverkeer (bevorderen van lopen, fietsen en openbaar vervoer), het verbieden van bepaalde voertuigen in een milieuzone (oude auto’s, bepaalde vrachtauto’s, dieselveertuigen, brommers en dergelijke), het instellen van snelheidsmaatregelen, het bevorderen van elektrische voertuigen, het stimuleren van het gebruik van emissiearme en emissieloze mobiele werktuigen, het treffen van voorzieningen voor het gebruik van walstroom in havens of het aanwijzen van ‘houtstookvrije woonwijken’. Deze voorbeelden van



lokale maatregelen zijn beoordeeld als kansrijk in het terugdringen van de lokale blootstelling.⁵⁷ Voor lokale maatregelen om de emissies van intensieve veehouderijen te verlagen, verwijst de commissie naar een separaat advies van de Gezondheidsraad.

3.3.2 Gevoeligebestemmingenbeleid

In een eerder advies heeft de Gezondheidsraad een ‘gevoeligebestemmingenbeleid’ bepleit, om gezondheidseffecten van luchtverontreiniging te beperken.⁵⁸ Het doel van dergelijk beleid is om de leefomgeving zodanig in te richten dat langdurig verhoogde blootstelling aan luchtverontreiniging zo veel mogelijk wordt voorkomen, in het bijzonder bij hooggevoelige groepen. Hooggevoelige groepen zijn kinderen, ouderen en mensen met luchtwegproblemen (vooral astmapatiënten).

Gevoeligebestemmingenbeleid kan bijvoorbeeld inhouden dat er geen kinderdagverblijven, scholen of woonzorgcentra mogen worden gebouwd langs drukke wegen en binnen bepaalde zones rond snelwegen. Omgekeerd zou bij de aanleg van wegen rekening moeten worden gehouden met de aanwezigheid van gevoelige bestemmingen. Op deze manier kunnen de gezondheidsrisico's voor hooggevoelige groepen die wonen of verblijven in situaties met een lokaal verhoogde luchtverontreiniging worden beperkt.

3.4 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

- De gezamenlijke bijdrage van buitenlandse bronnen aan de fijnstofconcentraties is groter dan die van alle binnenlandse bronnen samen. Omgekeerd dragen Nederlandse emissies weer bij aan fijnstofblootstelling in het buitenland.
- Binnen Nederland zijn landbouw en wegverkeer de voornaamste beïnvloedbare bronnen van luchtverontreiniging, in het bijzonder van fijnstof.
- Chemische reacties fijnstof met ammoniak, stikstofoxiden en zwaveldioxide in de lucht leiden tot vorming van secundair fijnstof. Dit secundaire fijnstof ligt als een ‘deken’ over grote delen van Nederland, en heeft grote invloed op de jaargemiddelde concentraties waaraan de gehele Nederlandse bevolking blootstaat.
- In steden is er vooral verhoogde blootstelling aan roet en stikstofdioxide langs drukke wegen. Dit wordt vooral veroorzaakt door dieselveertuigen.
- De gemiddelde jaarconcentratie van ozon op leefniveau daalt niet en er is een stijgende trend te verwachten, mede door de klimaatverandering.

Aanbevelingen

- Om de ‘deken’ van fijnstof (PM_{2,5}) over heel Nederland terug te dringen, zullen beleidsmaatregelen vooral een generiek karakter



moeten hebben en zich moeten richten op de bronnen en sectoren die het meest bijdragen aan de gemiddelde blootstelling aan fijnstof. Dat zijn vooral de landbouw en het wegverkeer.

- Aanpak van wegverkeer kan ook de emissies van stikstofdioxide verminderen.
- Om de jaargemiddelde ozonconcentratie niet verder te laten stijgen, zouden de emissies van ozonprecursorgassen als stikstofoxiden en vluchtige organische stoffen uit het verkeer en de methaanemissie uit de veehouderij moeten worden verminderd, niet alleen in Europa, maar ook op de rest van het noordelijke halfrond. Dit kan alleen met een internationale aanpak.
- Met de voorgestelde nationale emissieplafonds zullen de emissies van ammoniak in het omringende buitenland voor 2030 nauwelijks dalen. Daarom adviseert de commissie om in overleg met buurlanden te bezien of effectieve Nederlandse maatregelen, zoals het emissiearm uitrijden van mest en het plaatsen van luchtwassers bij stallen, daar ook meer effect kunnen sorteren.
- 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.

- 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.
- Geen van de Nederlandse en internationale modellen kan de herkomst van de gemeten concentraties van fijnstof volledig verklaren. Door het meten van de specifieke bestanddelen van fijnstof (zoals ammoniumzouten, volproducten van houtverbranding, organische verbindingen en rubberdeeltjes) is het, volgens de commissie, beter mogelijk om de luchtverontreiniging te herleiden naar de bronnen. Zij pleit daarom voor onderzoeksprojecten die zich specifiek op brontoekenning richten en die de kennis over de vorming van secundairfijnstofdeeltjes verbeteren (zie [achtergronddocument Luchtverontreiniging](#)).
- 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 kosten-batenanalyses 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.



04 antwoorden op de adviesvragen



In dit hoofdstuk formuleert de commissie de antwoorden op de vragen van de staatssecretaris van IenM (§ 4.1 t/m 4.4) en op de deelvraag uit de adviesaanvraag van het ministerie van EZ, over veehouderijen (§ 4.5). De commissie merkt daarbij op dat de reikwijdte van de conclusies en aanbevelingen uit hoofdstuk 2 en 3 verder gaat dan de beantwoording van de vragen van de bewindspersonen.

4.1 Gezondheidseffecten van luchtverontreiniging

“Wat is de huidige stand van wetenschap met betrekking tot de gezondheidseffecten die kunnen optreden als gevolg van luchtverontreiniging?”

Luchtverontreiniging blijkt ook bij de huidige concentraties nog tot aanzienlijke nadelige effecten op de gezondheid te kunnen leiden. Zo wordt geschat dat blootstelling aan fijnstof, stikstofdioxide en ozon in ons land leidt tot ongeveer 12.000 vroegtijdige sterfgevallen per jaar. Ook bij concentraties onder de WHO-advieswaarden zijn nadelige effecten op de luchtwegen, longen, hart en bloedvaten waargenomen die leiden tot vervroegde sterfte. Met elke afname van luchtverontreiniging kan gezondheidswinst worden behaald. Voor fijnstof (PM_{2,5}) – gezondheidkundig de meest relevante component van luchtverontreiniging – levert elke verdere afname van 5 microgram/m³ voor alle Nederlanders gemiddeld ongeveer drie maanden langere levensduur op. Een gezondheidseffect van blootstelling aan stikstofdioxide, nog bovenop dat van fijnstof, acht de

commissie aannemelijk; over de grootte ervan bestaat nog enige onzekerheid. Uit recent onderzoek komen steeds meer aanwijzingen dat ook langdurige blootstelling aan ozon leidt tot vroegtijdige sterfte.

4.2 Bronnen van luchtverontreiniging

“Kan de Gezondheidsraad daarbij aangeven wat momenteel nog de voornaamste bronnen van luchtverontreiniging zijn in Nederland? Welke bronnen zijn vanuit het perspectief van de gezondheid het meest relevant om aandacht aan te besteden?”

Bronnen en sectoren die het meest bijdragen aan de gemiddelde blootstelling aan fijnstof (PM_{2,5}) zijn de landbouw en het gemotoriseerde wegverkeer, zowel in binnen- als buitenland. Verontreinigde lucht vanuit het buitenland draagt voor bijna de helft bij aan de concentraties fijnstof die in ons land worden waargenomen. De belangrijkste bron van stikstofdioxide is het gemotoriseerde wegverkeer, vooral dieselloze voertuigen. Ozon wordt in de lucht gevormd uit stikstofoxiden en koolwaterstoffen. De belangrijkste bronnen van koolwaterstoffen in Nederland zijn wegverkeer en methaanemissies uit de veehouderij. De commissie vindt het zorgwekkend dat de gemiddelde jaarconcentratie van ozon in Nederland niet verder daalt en dat er een stijgende trend is te verwachten, mede door de klimaatverandering.



De commissie beveelt aan om met nationaal beleid prioriteit te geven aan:

- de reductie van de emissie van fijnstof en stikstofdioxide uit dieselloertuigen en het verkleinen van het aandeel dieselloertuigen in het wagenpark;
- de reductie van de emissies van ammoniak als ‘precursor’ voor de vorming van secundair fijnstof uit de veehouderij, onder meer door het emissiearm uitrijden van mest en het plaatsen van luchtwassers bij stallen (zie voor meer informatie het advies van de Gezondheidsraad over gezondheidsrisico’s rond veehouderijen).

Internationaal is het belangrijk dat het beleid zich er ook op richt dat andere Europese landen de uitstoot verminderen van stoffen die bijdragen aan de vorming van fijnstof en ozon. Dat kan bijvoorbeeld door na te gaan hoe mestinjectie en luchtwassers in de buurlanden van Nederland meer effect kunnen sorteren op de uitstoot van ammoniak en daarmee de vorming van secundair fijnstof. Om de ozonconcentratie in Nederland effectief te verlagen moeten de uitstoot van stikstofoxiden en methaan in heel Europa en zelfs op de rest van het noordelijke halfrond worden verminderd. Die bepalen namelijk de ozonconcentraties in Nederland en zijn niet met Nederlands beleid te beïnvloeden.

4.3 Meerwaarde extra aandacht voor hoogrisicogroepen

“Daarbij verzoek ik u in de advisering specifiek in te gaan op de eventuele meerwaarde om in het toekomstige luchtbeleid extra aandacht te besteden aan kwetsbare groepen.”

De commissie gebruikt de term ‘hoogrisicogroepen’ in plaats van ‘kwetsbare groepen’ en doelt daarmee op groepen binnen de bevolking die niet alleen een verhoogd risico lopen op gezondheidsschade vanwege verhoogde gevoeligheid (de ‘hooggevoelige’ groepen), maar ook vanwege verhoogde blootstelling aan luchtverontreiniging (de ‘hoogblootgestelde’ groepen).

Hooggevoelige groepen zijn vooral kinderen, ouderen en mensen met luchtwegaandoeningen. Mensen met aandoeningen van hart en bloetvaten, mensen die buiten actief zijn en mensen die minder vitamine C en E binnen krijgen, lopen een verhoogd risico op gezondheidsschade door specifieke componenten van luchtverontreiniging (zie figuur 3 in hoofdstuk 2).

Ter bescherming van hoogrisicogroepen is bovenop een generiek luchtkwaliteitsbeleid extra gezondheidswinst te bereiken door aanvullend lokaal specifieke beleidsmaatregelen te nemen. Hoeveel gezondheidswinst dat precies oplevert, valt op basis van de huidige kennis niet goed vast te stellen. Autoluwe binnensteden, milieuzones, snelheidsbeperking en het stimuleren van elektrisch vervoer en van fietsen en wandelen, zijn voorbeelden van locatiespecifieke maatregelen om lokaal verhoogde blootstelling aan luchtverontreiniging aan te pakken. Daarnaast kan ter bescherming



van hoogblootgestelde groepen die ook hoogegevoelig zijn gedacht worden aan een 'gevoelige bestemmingenbeleid'. Dergelijk beleid houdt in dat voorkomen wordt dat voorzieningen voor kinderen, ouderen en andere hoogegevoelige groepen liggen op locaties met verhoogde blootstelling aan (verkeersgerelateerde) luchtverontreiniging. Tot slot pleit de commissie ervoor om hoogegevoelige groepen actiever gerichte gedragsadviezen te verstrekken, bijvoorbeeld om tijdens smogepisodes door ozon 's middags buitenshuis geen zware inspanning te verrichten of binnen te blijven.

4.4 Gezondheidskundig relevante indicatoren voor luchtkwaliteit

“Wat zouden de belangrijkste aangrijpingspunten voor het toekomstige luchtbeleid kunnen zijn? Zijn stikstofdioxide en fijnstof nog steeds het meest geschikt om het luchtkwaliteitsbeleid op te sturen of bieden andere stoffen of indicatoren betere aangrijpingspunten voor het bereiken van gezondheidswinst, en zo ja welke dan?”

De commissie adviseert om uit te gaan van de jaargemiddelde blootstelling van de algemene bevolking aan fijnstof (PM_{2,5}), stikstofdioxide en ozon als gezondheidskundig belangrijkste indicatoren voor luchtkwaliteit en beveelt generieke maatregelen aan om die gemiddelde blootstelling te verlagen. Het terugdringen van de 'deken' van fijnstof draagt het meeste bij aan die gezondheidswinst: met elke 5 microgram/m³ afname van de

PM_{2,5}-concentratie is gemiddeld ongeveer drie maanden levensduurverlenging te behalen voor de hele Nederlandse bevolking.

4.5 Gezondheidsrisico's omwonenden veehouderijen door secundair fijnstof

Het ministerie van EZ heeft, mede namens de ministeries van IenM en van VWS, de Gezondheidsraad om een advies gevraagd over de gezondheidswinst van het wonen in de buurt van veehouderijen.¹⁶ In het voorliggende advies heeft de commissie Luchtkwaliteit in hoofdstuk 3 de volgende deelvraag beantwoord over de blootstelling aan 'secundair fijnstof' ten gevolge van de emissie van ammoniak vanuit de veehouderij.

“Wat is bekend over de gezondheidswinst van blootstelling [aan secundair fijnstof ten gevolge van de emissie van ammoniak], over de veehouderij als bron van secundair fijnstof en over risicoreducerende maatregelen? Is vervolgonderzoek op dit gebied zinvol en zo ja, welk onderzoek verdient aanbeveling?”

Uitstoot van ammoniak uit de veehouderij draagt bij aan de vorming van secundair fijnstof (ammoniumzouten) en levert daarmee een belangrijke bijdrage aan de totale concentratie fijnstof in Nederland en naburige landen. Omdat secundair fijnstof zich pas na enige tijd vormt en zich dan al over grotere afstanden heeft verspreid, is het niet te verwachten dat concentraties secundair fijnstof op zeer lokale schaal, direct rond veehou-



derijen, significant hoger zijn dan op grotere afstand. Het is daarom niet aannemelijk dat de gezondheidsrisico's als gevolg van secundair fijnstof voor omwonenden van veehouderijen significant afwijken van die van mensen die verder af wonen.

De commissie pleit voor onderzoeksprojecten die zich specifiek op bron-toekenning richten en die de kennis over de vorming van secundairfijnstof-deeltjes verbeteren. Het blijkt namelijk dat geen van de Nederlandse en internationale modellen de herkomst van de gemeten concentraties fijnstof volledig kan verklaren.

Voor meer informatie verwijst de commissie naar het advies van de Gezondheidsraad over gezondheidsrisico's rond veehouderijen.



literatuur



- ¹ Bell ML, Davis DL. *Reassessment of the lethal London fog of 1952: novel indicators of acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution*. Environ Health Perspect 2001; 109 Suppl 3: 389-94.
- ² Europees parlement en de raad. *Richtlijn van het europees parlement en de raad betreffende de luchtkwaliteit en schonere lucht voor europa*. 2008.
- ³ Europees parlement en de raad. *Richtlijn van het europese parlement en de raad betreffende de vermindering van de nationale emissies van bepaalde luchtverontreinigende stoffen*. 2016.
- ⁴ Maas P, Grennfelt P. UNECO. *Towards Cleaner Air scientific assessment report 2016*. Geneve, 2016.
- ⁵ De Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. *Nationaal samenwerkingsprogramma luchtkwaliteit*. Den Haag, 2009.
- ⁶ Keuken M, Zandveld P, van den Elshout S, Janssen NAH, Hoek G. *Air quality and health impact of PM10 and EC in the city of Rotterdam, the Netherlands in 1985-2008*. Atmospheric Environment 2011; 45(30): 5294-301.
- ⁷ International Organization for Standardization. *Air quality -- Particle size fraction definitions for health-related sampling ISO 7708:1995*,. International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/standard/14534.html>. Geraadpleegd: 11 oktober 2017.
- ⁸ Zanten M van. *Monitoringsrapportage NSL 2016 Stand van zaken Nationaal Samenwerkingsprogramma luchtkwaliteit*. RIVM, 2016; 2016-0138.
- ⁹ Centraal Bureau voor de Statistiek *Verkeer cijfers maatschappij*,. <https://longreads.cbs.nl/trends17/maatschappij/cijfers/verkeer/>. Geraadpleegd: 27 september 2017.
- ¹⁰ Centraal Bureau voor de Statistiek *Nederlandse landbouwproductie 1950-2015*. <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2017/05/nederlandse-landbouwproductie-1950-2015>. Geraadpleegd: 27 september 2017.
- ¹¹ Compendium voor de Leefomgeving. *Aantal motorvoertuigen, 1990-2015*. 2016.
- ¹² World Health Organization. *Air quality guidelines - global update 2005*. WHO, Geneve, 2005.
- ¹³ Brunekreef B, Maynard RL. *A note on the 2008 EU standards for particulate matter*. Atmospheric Environment 2008; 42(26): 6425-30.
- ¹⁴ Maas R, Fischer P, Wesseling J, Houthuijs D, Cassee F. *Perspectieven voor luchtkwaliteit en gezondheid*. Bilhoven, 2015.
- ¹⁵ Gezondheidsraad. *Leidraad voor identificatie en bescherming van hoogrisicogroepen*. Den Haag: Gezondheidsraad, 2011; publicatienr. 2011/39.
- ¹⁶ *Brief van de Staatssecretaris van Economische Zaken 26 januari 2017 aan de voorzitter van de Gezondheidsraad prof. dr. WA van Gool over het adviesaanvraag inzake gezondheidsrisico's rondom veehouderij voor omwonenden*. Den Haag: Vergaderjaar 2017,
- ¹⁷ Environmental Protection Agency. *Integrated Science Assessment for Particulate Matter*. EPA, North carolina, 2009; EPA/600/R-08/139F.



- ¹⁸ Environmental Protection Agency. *Integrated Science Assessment for Oxides of Nitrogen – Health Criteria*. EPA, North Carolina, 2016; EPA/600/R-15/068.
- ¹⁹ Environmental Protection Agency. *Integrated Science Assessment for Ozone and Related Photochemical Oxidants*. EPA, North Carolina, 2013; EPA 600/R-10/076F.
- ²⁰ World Health Organization. *Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: final technical report*. WHO, Geneve, 2013.
- ²¹ World Health Organization. *Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. New emerging risks to health from air pollution – results from the survey of experts*. WHO, Geneve, 2013.
- ²² World Health Organization. *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*. WHO, Geneva, 2016.
- ²³ Owens EO, Patel MM, Kirrane E, Long TC, Brown J, Cote I, e.a. *Framework for assessing causality of air pollution-related health effects for reviews of the National Ambient Air Quality Standards*. Regul Toxicol Pharmacol 2017; 88: 332-7.
- ²⁴ IARC. *Outdoor air pollution, IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. Lyon, 2016.
- ²⁵ Volksgezondheidszorg.info. *Ziektelast in DALY's*. <https://www.volksgezondheidszorg.info/bijdrage-risicofactoren-aan-ziektelast#!node-ziektelast-naar-risicofactor>. Geraadpleegd: 10 oktober 2017.
- ²⁶ Hanninen O, Knol AB, Jantunen M, Lim TA, Conrad A, Rappolder M, e.a. *Environmental burden of disease in Europe: assessing nine risk factors in six countries*. Environ Health Perspect 2014; 122(5): 439-46. 10.1289/ehp.1206154.
- ²⁷ European Environment Agency. *Air quality in Europe - 2017 report*. Luxembourg, 2017; No.13-2017.
- ²⁸ Volksgezondheidszorg.info. *Gezondheidseffecten van fijnstof*. <https://www.volksgezondheidszorg.info/onderwerp/fysieke-omgeving/cijfers-context/luchtverontreiniging#!node-gezondheidseffecten-van-fijn-stof>. Geraadpleegd: 14 december 2017.
- ²⁹ Volksgezondheidszorg.info. *Gezondheidseffecten van ozon*. <https://www.volksgezondheidszorg.info/onderwerp/fysieke-omgeving/cijfers-context/luchtverontreiniging#!node-gezondheidseffecten-van-ozon>. Geraadpleegd: 27 september 2017.
- ³⁰ Heroux ME, Anderson HR, Atkinson R, Brunekreef B, Cohen A, Forastiere F, e.a. *Quantifying the health impacts of ambient air pollutants: recommendations of a WHO/Europe project*. Int J Public Health 2015; 60(5): 619-27.
- ³¹ Geiser M, Kreyling WG. *Deposition and biokinetics of inhaled nanoparticles*. Part Fibre Toxicol 2010; 7: 2.
- ³² Health Effects Institute. *Understanding the health effects of ambient ultrafine particles*. Boston, 2013.
- ³³ Health Effects Institute. *National Particle Component toxicity (NPACT) initiative report on cardiovascular effects*. Boston, 2013; No. 178.
- ³⁴ Stieb DM, Chen L, Eshoul M, Judek S. *Ambient air pollution, birth*



- weight and preterm birth: a systematic review and meta-analysis.* Environ Res 2012; 117: 100-11.
- ³⁵ Power MC, Adar SD, Yanosky JD, Weuve J. *Exposure to air pollution as a potential contributor to cognitive function, cognitive decline, brain imaging, and dementia: A systematic review of epidemiologic research.* Neurotoxicology 2016; 56: 235-53.
- ³⁶ Eze IC, Hemkens LG, Bucher HC, Hoffmann B, Schindler C, Kunzli N, e.a. *Association between ambient air pollution and diabetes mellitus in Europe and North America: systematic review and meta-analysis.* Environ Health Perspect 2015; 123(5): 381-9. 10.1289/ehp.1307823.
- ³⁷ Adar SD, Filigrana PA, Clements N, Peel JL. *Ambient Coarse Particulate Matter and Human Health: A Systematic Review and Meta-Analysis.* Curr Environ Health Rep 2014; 1: 258-74.
- ³⁸ Janssen N, Gerlofs-Nijland, ME, Lanki, T, Salonen, RO, Cassee, F, Hoek, G, Fischer, P, Brunekreef, B, Krzyzanowski, M. *Health effects of black carbon.* WHO, Copenhagen, 2012.
- ³⁹ Crouse DL, Peters PA, Hystad P, Brook JR, van Donkelaar A, Martin RV, e.a. *Ambient PM_{2.5}, O₃, and NO₂ Exposures and Associations with Mortality over 16 Years of Follow-Up in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CanCHEC).* Environ Health Perspect 2015; 123(11): 1180-6.
- ⁴⁰ Thurston GD, Ahn J, Cromar KR, Shao Y, Reynolds HR, Jerrett M, e.a. *Ambient Particulate Matter Air Pollution Exposure and Mortality in the NIH-AARP Diet and Health Cohort.* Environ Health Perspect 2016; 124(4): 484-90.
- ⁴¹ Shi L, Zanobetti A, Kloog I, Coull BA, Koutrakis P, Melly SJ, e.a. *Low-Concentration PM_{2.5} and Mortality: Estimating Acute and Chronic Effects in a Population-Based Study.* Environ Health Perspect 2016; 124(1): 46-52.
- ⁴² Di Q, Wang Y, Zanobetti A, Wang Y, Koutrakis P, Choirat C, e.a. *Air Pollution and Mortality in the Medicare Population.* N Engl J Med 2017; 376(26): 2513-22.
- ⁴³ Faustini A, Rapp R, Forastiere F. *Nitrogen dioxide and mortality: review and meta-analysis of long-term studies.* Eur Respir J 2014; 44(3): 744-53.
- ⁴⁴ Mills IC, Atkinson RW, Kang S, Walton H, Anderson HR. *Quantitative systematic review of the associations between short-term exposure to nitrogen dioxide and mortality and hospital admissions.* BMJ Open 2015; 5(5): e006946.
- ⁴⁵ Jerrett M, Burnett RT, Pope CA, 3rd, Ito K, Thurston G, Krewski D, e.a. *Long-term ozone exposure and mortality.* N Engl J Med 2009; 360(11): 1085-95.
- ⁴⁶ Atkinson RW, Butland BK, Dimitroulopoulou C, Heal MR, Stedman JR, Carslaw N, e.a. *Long-term exposure to ambient ozone and mortality: a quantitative systematic review and meta-analysis of evidence from cohort studies.* BMJ Open 2016; 6(2): e009493.
- ⁴⁷ Turner MC, Jerrett M, Pope CA 3rd, Krewski D, Gapstur SM, Diver WR, e.a. *Long-Term Ozone Exposure and Mortality in a Large Prospective*



- Study*. Am J Respir Crit Care Med 2016; 193(10): 1134-42.
- ⁴⁸ Cakmak S, Hebbern C, Vanos J, Crouse DL, Burnett R. *Ozone exposure and cardiovascular-related mortality in the Canadian Census Health and Environment Cohort (CANCHEC) by spatial synoptic classification zone*. Environ Pollut 2016; 214: 589-99.
- ⁴⁹ Velders GJM, Aben JMM, Geilenkirchen GP, den Hollander HA, Nguyen L, van der Swaluw E, e.a. *Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland: Rapportage 2017*. RIVM, Bilthoven 2017; 2017-0117.
- ⁵⁰ Hendriks C, Kranenburg R, Kuenen J, van Gijlswijk R, Wichink Kruit R, Segers A, e.a. *The origin of ambient particulate matter concentrations in the Netherlands*. Atmospheric Environment 2013; 69: 289-303.
- ⁵¹ Keuken M, Moerman M, Zandveld P, Henzing B, Brunekreef B, Hoek, G. *Ultrafijn stof rondom schiphol*. Tijdschrift Lucht 2014; (6): 8-11.
- ⁵² Janssen N. *Verkenning gezondheidsrisico's ultrafijnstof luchtvaart rond Schiphol en voorstel vervolgonderzoek*. RIVM, Bilthoven, 2016; 2016-0050.
- ⁵³ Yim SHL, Lee GL, Lee IH, Allroggen F, Ashok A, Caiazzo F, e.a. *Global, regional and local health impacts of civil aviation emissions*. Environmental Research Letters 2015; 10(3): 034001.
- ⁵⁴ Velders GJM, Aben JMM, Geilenkirchen GP, den Hollander HA, Megens L, van der Swaluw E, e.a. *Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland: Rapportage 2016*. RIVM, Bilthoven, 2016; 2016-0068.
- ⁵⁵ Jimmink BA, Coenen PWHG, Dellaert SNC, Dröge R, Geilenkirchen GP, Hammingh P, e.a. *Informative Inventory Report 2017*. Emissions of transboundary air pollutants in the Netherlands 1990-2015. RIVM, Bilthoven, 2017; 2017-0002.
- ⁵⁶ Pul WAJ van, Fischer PH, de Leeuw FAAM, Maas RJM, Mooibroek D, van Noije TPC, e.a. *Dossier Ozon 2011*. RIVM, Bilthoven, 2011; 680151001.
- ⁵⁷ Maas R, Wesseling J, Aben J. R. *Lokale maatregelen voor een gezondere luchtkwaliteit, in: Th van Alphen e.a. Gezonde Omgeving Utrecht (GO! Utrecht) -Handelingsperspectieven voor een gezonde leefomgeving*. RIVM, Bilthoven, 2018; 2017-0189.
- ⁵⁸ Gezondheidsraad. *Gevoelige bestemmingen luchtkwaliteit*. Den Haag: Gezondheidsraad, 2008; publicatienr. 2008/09.



De Gezondheidsraad, ingesteld in 1902, is een adviesorgaan met als taak de regering en het parlement ‘voor te lichten over de stand der wetenschap ten aanzien van vraagstukken op het gebied van de volksgezondheid en het gezondheids(zorg)onderzoek’ (art. 22 Gezondheidswet).

De Gezondheidsraad ontvangt de meeste adviesvragen van de bewindslieden van Volksgezondheid, Welzijn en Sport; Infrastructuur en Waterstaat; Sociale Zaken en Werkgelegenheid en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. De raad kan ook op eigen initiatief adviezen uitbrengen, en ontwikkelingen of trends signaleren die van belang zijn voor het overheidsbeleid.

De adviezen van de Gezondheidsraad zijn openbaar en worden als regel opgesteld door multidisciplinaire commissies van – op persoonlijke titel benoemde – Nederlandse en soms buitenlandse deskundigen.

U kunt dit document downloaden van www.gezondheidsraad.nl.

Deze publicatie kan als volgt worden aangehaald:
Gezondheidsraad. Gezondheidswinst door schonere lucht. Den Haag:
Gezondheidsraad, 2018; publicatienr. 2018/01.

Auteursrecht voorbehouden

