

Luchtkwaliteit en gezondheidswinst

Rob Maas, Paul Fischer, Joost Wesseling, Danny Houthuijs en Flemming Cassee

21 april 2015

Inhoudsopgave

1. Samenvatting	3
2. Ziektelast door milieufactoren.....	5
3. Trendmatige ontwikkelingen in emissies en gezondheid.....	8
4. Europese maatregelen	12
5. Nationale maatregelen	16
6. Lokale maatregelen	18
7. Monitoring en nader onderzoek	22
Referenties	25

1. Samenvatting

Vrijwel overal in Nederland wordt inmiddels voldaan aan de Europese grenswaarden voor de luchtkwaliteit. De gezondheidsrisico's zijn door afname van de concentraties de afgelopen decennia kleiner geworden, maar toch veroorzaken de huidige luchtverontreinigingsniveaus nog steeds een verkorting van de gemiddelde levensverwachting met meer dan een jaar. Vandaar doet zich de vraag voor of de luchtkwaliteit nog verder verbeterd kan worden.

Voor fijn stof en stikstofdioxide (NO₂) is geen grens vast te stellen waarbij gezondheidsrisico's uitgesloten zijn. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) heeft in 2005, op basis van gezondheidskundige overwegingen, advieswaarden geformuleerd voor onder andere fijn stof en stikstofdioxide. Deze zijn lager dan de huidige grenswaarden. Het geheel aan nadelige gezondheidseffecten zal bij het halen van deze advieswaarden significant lager zijn dan wanneer wordt uitgegaan van de Europese grenswaarden.

Uit de onderhavige inventarisatie blijkt dat met een strikte uitvoering van het huidige voorgenomen nationale en (vooral) internationale beleid de luchtkwaliteit, ook in grote steden, verder kan verbeteren, waarmee de WHO-advieswaarden rond 2030 vrijwel overal binnen bereik kunnen komen. Met de voorgenomen EU-bronmaatregelen en de Europese voornemens op het gebied van klimaat en energie, kan de gemiddelde blootstelling van de bevolking met 1/3 dalen en daarmee kan de gemiddelde gezonde levensverwachting met circa 4 maanden worden verlengd. Lokale maatregelen kunnen op korte termijn vooral de blootstelling aan roetdeeltjes verminderen

Hoofdconclusies

- Verdere afname van de blootstelling aan fijn stof en stikstofdioxide levert een bijdrage aan vermindering van de ziektelast. De huidige grenswaarden geven niet de garantie dat er geen gezondheidseffecten optreden. Ook al wordt vrijwel overal in Nederland aan die normen voldaan, toch leidde de blootstelling aan fijn stof in 2013 naar schatting nog steeds tot een gemiddelde levensduurverkorting van circa 9 maanden en tot 4,5 miljoen ziekteverzuimdagen ten opzichte van een situatie zonder luchtverontreiniging. Blootstelling aan stikstofdioxide kan de levensverwachting met nog eens circa 4 maanden extra verkorten.
- De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) adviseerde in 2005 te streven naar een waarde van 10 µg/m³ fijn stof (PM_{2,5}) en overweegt momenteel een lagere waarde voor stikstofdioxide (NO₂) dan de huidige grenswaarde van 40 µg/m³. Met uitvoering van de door de Europese Commissie voorgestelde maatregelen op het gebied van klimaat en lucht kan rond 2030 vrijwel overal voldaan worden aan die WHO-advieswaarden. Die ziektelast door fijn stof en NO₂ kan daarmee met een derde worden verminderd ten opzichte van 2013.
- Voldoen aan de Europese emissiestandaarden voor wegverkeer (de zgn. Euro-6/VI-normen) levert de belangrijkste bijdrage aan de toekomstige vermindering van de ziektelast. Handhaving ervan levert een substantiële blootstellingsvermindering voor alle vormen van fijn stof, inclusief (secundaire) fijnstofdeeltjes die in de lucht gevormd worden uit ammoniak, stikstofoxiden en zwaveldioxide. Bij het succesvol implementeren van deze Europese emissiestandaarden verdwijnt in steden naar verwachting 90% van de roetblootstelling vanuit het wegverkeer.

- Cruciale voorwaarde is dat de nieuwste Europese emissiestandaard voor wegverkeer ook in de praktijk goed uitpakt, het gebruik van kolen, olie en gas in het kader van klimaat- en energiebeleid fors wordt verminderd, dat oude voertuigen en apparaten vóór 2030 zijn vervangen, en andere emissies, bijvoorbeeld uit houtkachels en stallen, worden beperkt.
- Op korte termijn is de bijdrage van lokale bronnen aan de fijnstofblootstelling van stedelijke bevolking nog zo'n 10-20%. Vooral bij de blootstelling aan roet domineren de lokale bronnen. Lokale maatregelen zijn effectief om binnen enkele jaren de blootstelling aan roetdeeltjes in de stad te verminderen. Maar roetbeleid alleen is onvoldoende om de stedelijke PM_{2,5}-concentraties voldoende te verlagen om de WHO-advieswaarde te halen.
- Op langere termijn (meer dan tien jaar) zal de invloed van Europees emissiebeleid domineren bij de vermindering van de gemiddelde PM_{2,5}-blootstelling.
- Om met meer zekerheid op langere termijn de huidige WHO-advieswaarden te kunnen halen is verdergaand nationaal en internationaal bronbeleid te overwegen. Waarbij onder meer de aanpak van de ammoniakemissies in beeld komt, vanwege het secundaire fijn stof dat daaruit gevormd wordt.
- Maatregelen op nationaal en internationaal niveau hebben de meeste invloed op vermindering van de gemiddelde blootstelling en de ziektelast, ook in steden. Juist samenwerking tussen verschillende overheidslagen vormt de sleutel tot een effectieve vermindering van de ziektelast door luchtverontreiniging.
- In EU-verband of samen met buurlanden kan verder gezocht worden naar kosteneffectieve mogelijkheden om de ammoniakemissies verder terug te brengen, aangezien buitenlandse emissies een grote bijdrage leveren aan de vorming van ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat en daarmee aan de fijnstofconcentraties in Nederland. Om te voorkomen dat voor ammoniak meer maatregelen zouden worden genomen dan vanuit natuuroogpunt nodig zijn, is het zinvol de epidemiologische onderbouwing van de gezondheidseffecten van het secundaire fijn stof te valideren in samenhang met de bio-agentia vanuit de landbouw die ook onderdeel zijn van fijn stof.

2. Ziekte­last door milieufactoren

De totale omvang van milieu-gerelateerde gezondheidseffecten wordt volgens de Volksgezondheid Toekomstverkenning 2014 geschat op circa 6% van alle ziekte­last in Nederland. Daarvan wordt ruim driekwart veroorzaakt door luchtverontreiniging. De omvang van het volksgezondheidprobleem door luchtkwaliteit is daarmee vergelijkbaar met die door overgewicht (5%), maar groter dan die door overmatig alcoholgebruik (3%) of het eten van te weinig fruit of groente (2%). In Nederland, Europa en ook wereldwijd staat verontreiniging van de buitenlucht op de 9^e plaats als oorzaak van levensduurverkorting en ziekte­last (Lim et al, 2012).

Om de ziekte­last in beeld te brengen kan gekeken worden naar verschillende indicatoren: vroegtijdige sterfte, aantal verloren levensjaren of verlies aan gezonde levensjaren (DALY = Disability Adjusted Life Years). In Nederland kunnen jaarlijks circa 3.000 sterfgevallen direct worden toegeschreven aan luchtverontreiniging. (<http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0340-Gezondheidseffecten-van-fijn-stof-en-ozon.html?i=13-128>). Daarnaast wordt de levensverwachting van iedereen in meer of mindere mate beïnvloed door levenslange blootstelling aan luchtverontreiniging. Schattingen van het totale aantal vroegtijdige doden in Nederland lopen uiteen van 6.700 (OECD, 2014) tot 12.900 (EEA, 2014).

Het aantal vroegtijdige doden zegt niets over de vraag hoe lang een individu nog te leven had wanneer geen sprake zou zijn geweest van luchtverontreiniging. Het betreft het totaal van alle leeftijdscategorieën, dus zowel van ouderen die anders misschien maar een paar weken langer zouden hebben geleefd en gevoelige jongeren die misschien nog wel 10-20 jaar langer hadden kunnen leven. Het aantal verloren (gezonde) levensjaren zegt meer over de ziekte­last dan het aantal vroegtijdige doden. Bijna 70% van het aantal verloren levensjaren door luchtverontreiniging wordt - met de huidige stand van de wetenschap - toegeschreven aan fijn stof. De fijnstofblootstelling van 2013 komt in Nederland overeen met een verlies van circa 95.000 levensjaren, ten opzichte van een situatie zonder luchtverontreiniging, ofwel gemiddeld 9 maanden verlies aan levensverwachting per persoon. Recent onderzoek van het RIVM naar de zelfstandige invloed van NO₂ op de gezondheid suggereert dat door NO₂-blootstelling de geschatte levensduurverwachting met circa 4 maanden extra afneemt naast de effecten van fijn stof (Fischer et al., 2015a). Ook volgens de WHO suggereren epidemiologische studies naar NO₂ een causale relatie.

Om het verlies aan levensverwachting door luchtverontreiniging in perspectief te plaatsen: sinds 1992 is de gemiddelde levensverwachting in Nederland met 48 maanden toegenomen, waarvan naar schatting circa 11 maanden het gevolg zijn van een verbetering in de luchtkwaliteit.

Stikstofoxiden (NO_x) worden overigens in de lucht omgezet in (secundair) fijn stof en ozon. De totale ziekte­last van NO_x loopt dus zowel via de NO₂-blootstelling, als via de vorming van fijn stof en ozon. Het verkeer vormt de dominante bron van de uitstoot van stikstofoxiden en van primair fijn stof (met name roetdeeltjes).

De concentraties van de verschillende typen fijn stof (PM10, PM2,5, roet) en stikstofoxiden zijn onderling sterk gecorreleerd, wat de uitsplitsing van de gezondheidseffecten van de verschillende

componenten bemoeilijkt. Het is niet uit te sluiten dat bepaalde onderdelen van het fijn stofmengsel (zoals de grovere fijnstoffractie of deeltjes die vrijkomen bij banden- en remslijtage of organische koolstofdeeltjes) zelfstandig gezondheidseffecten veroorzaken. Echter, in navolging van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) en de Europese Commissie wordt er in deze notitie vanuit gegaan dat het fijnstofmengsel (PM_{2,5}) als indicator kan worden gebruikt voor alle gezondheidseffecten die met fijn stof zijn geassocieerd. Voor een nadere duiding van de effecten van diverse onderdelen van fijn stof op de gezondheid is meer kennis nodig.

Sinds het begin van de jaren negentig is de fijnstofconcentratie in Nederland bijna gehalveerd en zijn daarmee naar schatting ook de nadelige effecten op gezondheid met 50% afgenomen. De gemiddelde PM_{2,5} concentratie lag in 2013 op 14 µg/m³

(<http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0532-Fijnere-fractie-van-fijn-stof-%28PM-2.5%29.html?i=14-66>). Op locaties met veel wegverkeer bestaat circa 10% (ofwel 1-3µg/m³) van de PM_{2,5}-concentratie uit roet (waaronder elementair koolstof).

Voor deze gemiddelde blootstellingsniveaus is berekend wat de verschillende gezondheidseffecten in Nederland zijn, ervan uitgaande dat alle fijnstofonderdelen even schadelijk zijn en dat PM_{2,5} al vanaf 0 µg/m³ effecten veroorzaakt (zie tabel 1). De berekeningen zijn gebaseerd op de relatieve risicocijfers uit de WHO studies REVIHAAP en HRAPIE (WHO, 2013a en 2013b) en de EU-studie ESCAPE (Pederson et al., 2013).

Tabel 1: Omvang van een aantal aan fijn stof (PM_{2,5}) gerelateerde ziektebeelden in 2013 ten opzichte van de situatie zonder luchtverontreiniging. De getallen kennen een onzekerheidsmarge: voor de schatting van de levensduurverkorting is deze ca. 30%; voor de andere effectmaten is deze groter.

Gezondheidsindicator	Ziektelast door fijn stof	Aandeel in de totale ziektelast
Levensduurverkorting bij langjarige blootstelling	9 maanden per persoon gemiddeld	Ca. 1%
Postneonatale sterfte	13 per jaar	8 %
Bronchitisklachten onder kinderen met luchtwegaandoeningen	12.400	15% van kinderen met klachten; 1% van alle kinderen
Jaarlijks aantal nieuwe gevallen van chronische bronchitis bij volwassenen	6.900	21% van alle bronchitispatiënten; <0.1% onder alle volwassenen
Aantal vroegtijdige doden tijdens smogepisoden	2.400	2% van alle jaarlijkse sterftegevallen
Ziekenhuisspoedopnamen voor hart/vaatklachten	2.600	1% van alle klinische opnamen
Ziekenhuisspoedopnamen voor luchtwegklachten	2.200	2% van alle klinische opnamen
Werkverzuim (dagen)	4.500.000	6% van het totale verzuimdagen
Aantal dagen met klachten bij kinderen met astma	500.000	6% van het totale aantal astmaklachten onder astmatische kinderen
Dagen met beperkte lichamelijke activiteit (dit is inclusief werkverzuim, ziekenhuisspoedopnames, dagen met klachten)	20.000.000	6% van het totale jaarlijks aantal dagen met beperkte activiteit (gemiddeld is dat 1 dag per jaar door luchtverontreiniging)
Laag geboortegewicht (<2500 g)	2.400	21% van alle lage geboortegewichten (1% van alle geboortes)
Longkanker	1.200	11% van alle longkankersterfte

In bovenstaande berekening is verondersteld dat de gemiddelde PM_{2,5} concentraties van 14 µg/m³ in 2013 indicatief is voor de effecten van het totale mengsel aan luchtverontreiniging.

Aan de grovere fractie van fijn stof (het verschil tussen PM₁₀ en PM_{2,5}) wordt in deze verkenning geen zelfstandig gezondheidseffect toegekend. Dus de 9 maanden levensduurverkorting door de huidige PM_{2,5}-niveaus, zijn hetzelfde als de 9 maanden levensduurverkorting door de huidige PM₁₀-niveaus, omdat de PM_{2,5}-fractie een onderdeel vormt van het PM₁₀-mengsel.

Het kan niet gegarandeerd worden dat alle effecten van andere componenten van het mengsel 'verdisconteerd' zijn in de PM_{2,5}-schattingen. De reden daarvoor is dat de gegevens over de concentratie-respons relaties verkregen zijn uit studies waarin naast PM_{2,5}, ook de andere componenten in het mengsel aanwezig waren. *Fine tuning* van de afzonderlijke effecten per component heeft momenteel de aandacht van het RIVM, waarbij modellen worden opgesteld waarin de afzonderlijke componenten worden geanalyseerd.

Vanuit gezondheidskundig perspectief ligt sturing op de verkeersgerelateerde blootstelling aan PM_{2,5} en NO₂ in ieder geval voor de hand.

Stikstofdioxide

In 2013 lag de gemiddelde stadsachtergrondconcentratie op bijna 30 µg/m³. Ondanks een daling van de emissies van stikstofoxiden in Nederland met ongeveer 60% tussen 1990 en 2013, zijn de concentraties van NO₂ in deze periode slechts met ruim 35% gedaald. Deels heeft dit te maken met de invloed van buitenlandse emissies, deels met het toenemende aandeel van NO₂ in de NO_x-uitstoot van het verkeer. Met bestaand beleid zal de uitstoot van stikstofoxiden uit het verkeer in Nederland en de omliggende landen met nog eens 75% dalen, waardoor een gemiddelde stadsachtergrondconcentratie van 20-30 µg/m³ mogelijk lijkt.

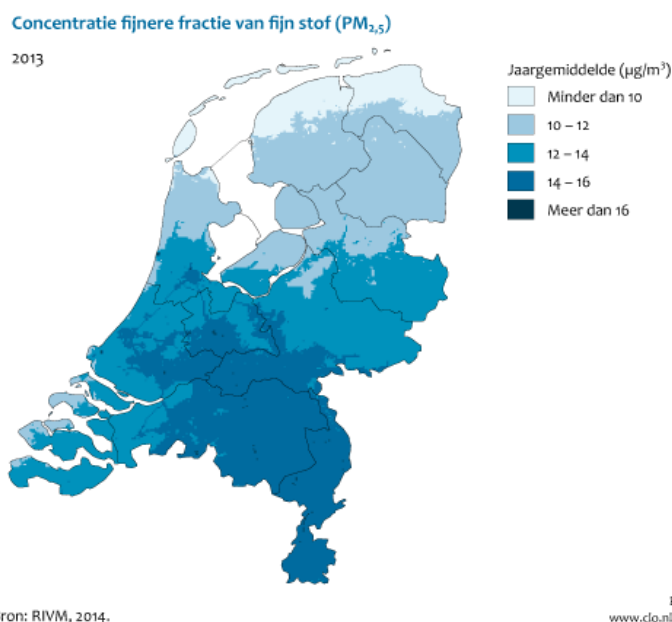
3. Trendmatige ontwikkelingen in emissies en gezondheid

De fijnstofconcentraties vertonen een dalende trend. Tussen 2009 en 2013 is de gemeten gemiddelde blootstelling aan PM_{2,5} in steden met ruim 20% verminderd en wordt inmiddels voldaan aan de EU-grenswaarde van 20 µg/m³ voor de jaargemiddelde blootstellingsconcentratie op stedelijke achtergrondlocaties. De gemiddelde blootstelling wordt steeds over een periode van 3 jaar uitgerekend omdat de concentraties fijn stof grote jaarlijkse fluctuaties kunnen hebben. In een jaar met een strenge winter kunnen de concentraties enkele µg/m³ hoger zijn. Een indicatie van wat er met bestaand luchtbeleid kan worden bereikt is weergegeven in tabel 2 voor het verloop van de gemiddelde blootstellingsindicator (GBI) uit de EU-richtlijn luchtkwaliteit. Deze GBI geeft de landelijk gemiddelde stedelijke achtergrondconcentratie van PM_{2,5} weer. Op basis van de richtlijn dient Nederland te streven naar een reductie van de GBI van 15% tussen 2009/2011 en 2018/2020. Dat zou voor de periode 2018-2020 neerkomen op een concentratie van maximaal 14,4 µg/m³.

Tabel 2: Glijdend driejaarsgemiddelde voor PM_{2,5}-concentraties op stedelijke achtergrondlocaties

Periode	GBI µg/m ³
2009-2011	17,0
2010-2012	15,7
2011-2013	14,6
2018-2020	< 14,4
2030	10,0 ?

De blootstelling aan PM_{2,5} liep in 2013 uiteen van minder dan 10 µg/m³ in Noord Nederland tot plaatselijk 19 µg/m³ op de grens van Brabant en Limburg. In 2013 werden circa 12 miljoen mensen in Nederland blootgesteld aan concentraties boven 10 µg/m³ (RIVM, NSL-monitoringsrapportage 2014).



Figuur 1: Concentratie van PM_{2,5} in 2013. In Noord Nederland liggen de concentraties lager dan 10 µg/m³ (bron: www.compendiumvoordeleefomgeving.nl).

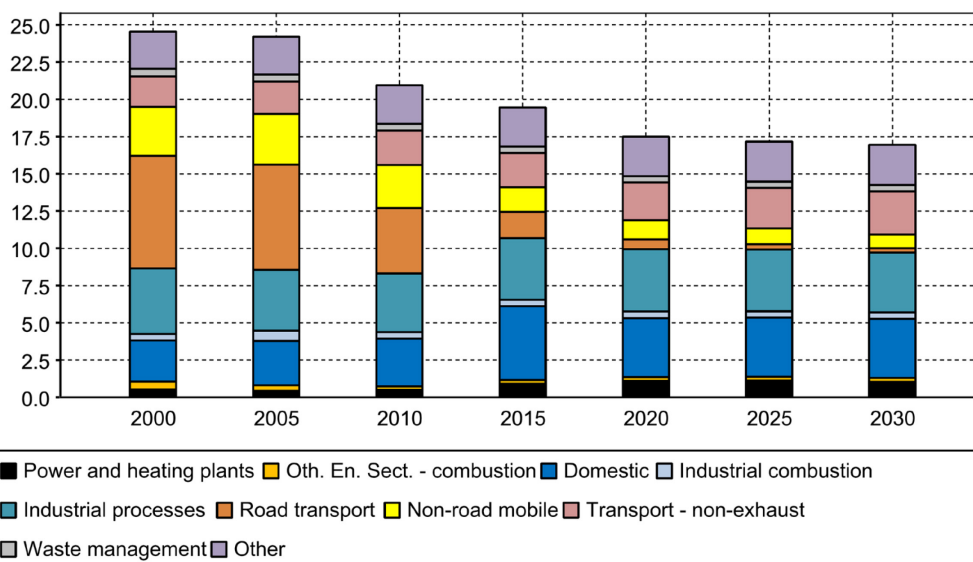
Er bestaat voor fijn stof geen drempelwaarde waar beneden geen gezondheidseffecten optreden. Wanneer fijn stof op dezelfde manier genormeerd zou worden als andere milieugevaarlijke stoffen, dan zou geen enkele menselijke activiteit meer mogelijk zijn. De WHO adviseert voornamelijk om een fijnstofconcentratie van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{2,5}) na te streven¹. Deze waarde is ook in de Europese luchtstrategie en het 7^e Milieu Actie Programma van de Europese Unie als richtpunt gekozen (Zie Europese Commissie, 2013). Met uitvoering van het voorgestelde Europese klimaat- en luchtbeleid kan volgens berekeningen van het *International Institute for Applied System Analysis* de gemiddelde PM_{2,5}-concentratie tussen 2013 en 2030 met circa $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ worden verlaagd en kan rond 2030 vrijwel overal in Nederland voldaan worden aan die WHO-advieswaarde (IIASA, 2014b).

Lagere PM_{2,5}-blootstelling betekent doorgaans ook een lagere blootstelling aan PM₁₀, roet en andere onderdelen van fijn stof. Aangenomen mag worden dat een verlaging in de fijnstofniveaus met 33% een navolgende vermindering in de omvang van de gezondheidseffecten zal laten zien. Aandachtspunt is alleen dat dit enkel geldt als de relatieve samenstelling van het gehele luchtverontreinigingsmengsel in de tijd gelijk blijft. In theorie is dat alleen het geval wanneer elke stof in gelijke mate wordt 'aangepakt'; dus niet uitsluitend de deeltjesvormige verontreinigingen maar ook de gasvormige verontreinigingen.

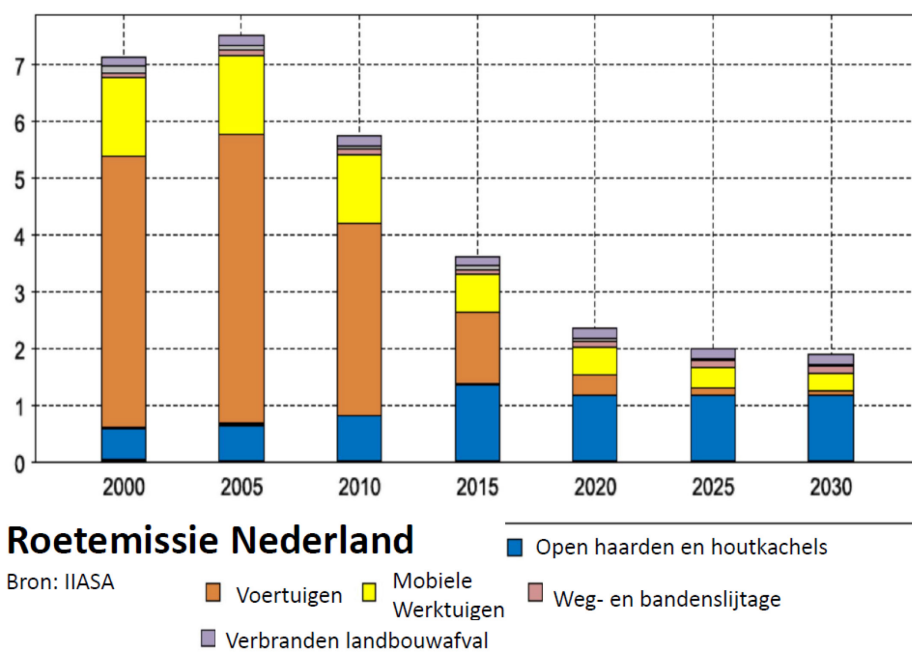
Hoeveel de aan luchtverontreiniging gerelateerde ziektelast precies zal dalen, zal mede afhangen van de te verwachten wijzigingen in de samenstelling van het totale luchtverontreinigingsmengsel. IIASA schat (er van uit gaande dat alle onderdelen van fijn stof even gevaarlijk zijn) dat de blootstelling en ziektelast door (antropogeen) fijn stof in Nederland bij volledige uitvoering van het bestaande Europese luchtbeleid tussen 2005 en 2030 met 30-40% zal verminderen (IIASA, 2014a). De ziektelast door ozon zal met 15-20% dalen. Zulke berekeningen zijn onzeker omdat in de toekomst ook het luchtverontreinigingsmengsel zal veranderen en de toxiciteit van de verschillende fijnstofonderdelen kan verschillen.

IIASA verwacht dat het vastgestelde beleid tot een relatief sterke daling van de verkeersemisies zal leiden (bij goed werkende Euro-6 normen, inclusief periodieke keuringen). De rotemisies zullen dan tussen 2005 en 2030 met bijna 75% afnemen, terwijl de totale PM_{2,5}-emissies met 30% dalen (IIASA, 2013). Zie figuren 2 en 3. Voornamelijk ziet er naar uit dat sprake is van een 'no regret' beleid waarbij alle fijnstofonderdelen worden aangepakt (en de meest verdachte onderdelen nog wat meer dan gemiddeld). Daarnaast zullen de slijtage-emissies van wegverkeer evenredig blijven met het aantal gereden kilometers en daarmee een grotere bijdrage aan het fijnstofmengsel gaan leveren bij succesvolle implementatie van de Europese emissiestandaard voor wegverkeer (de zgn. Euro-normen).

¹ Krzyzanowski M, Cohen A. (2008) Update on WHO air quality guidelines. *Air Quality and Atmospheric Health*, 2008, 1:7–13



Figuur 2: Ontwikkeling primaire PM_{2,5}-emissies in Nederland bij bestaand beleid in kilotonnen (bron: IIASA). De categorie 'other' betreft vooral het verbranden van landbouwafval. Opvallend is de verwachte toename in de emissies vanuit de 'domestic' sector (d.w.z. houtstook) als gevolg van het klimaat- en energiebeleid.



Figuur 3: De roetemissies in Nederland (in kilotonnen) dalen met uitvoering van het bestaande beleid met meer dan 75%. Houtstook wordt na 2020 de dominante emissiebron van roet (bron: IIASA)

Op basis van wat wetenschappelijk bekend is, mag worden aangenomen dat de verbetering van de gezondheid één op één de verbetering van de luchtkwaliteit volgt. In tabel 3 staan de uitkomsten van berekeningen van de gezondheidswinst bij de verwachte daling van gemiddelde PM_{2,5}-blootstelling met 5 µg/m³ tussen nu en 2030. Opvallend is de daling met 1,5 miljoen ziekteverzuimdagen die verwacht mag worden, omdat de kostenbesparing die minder ziekteverzuim voor het bedrijfsleven oplevert hoger is dan de kosten die met het voorgestelde Europese luchtbeleid gemoeid zijn (Europese Commissie, 2013b).

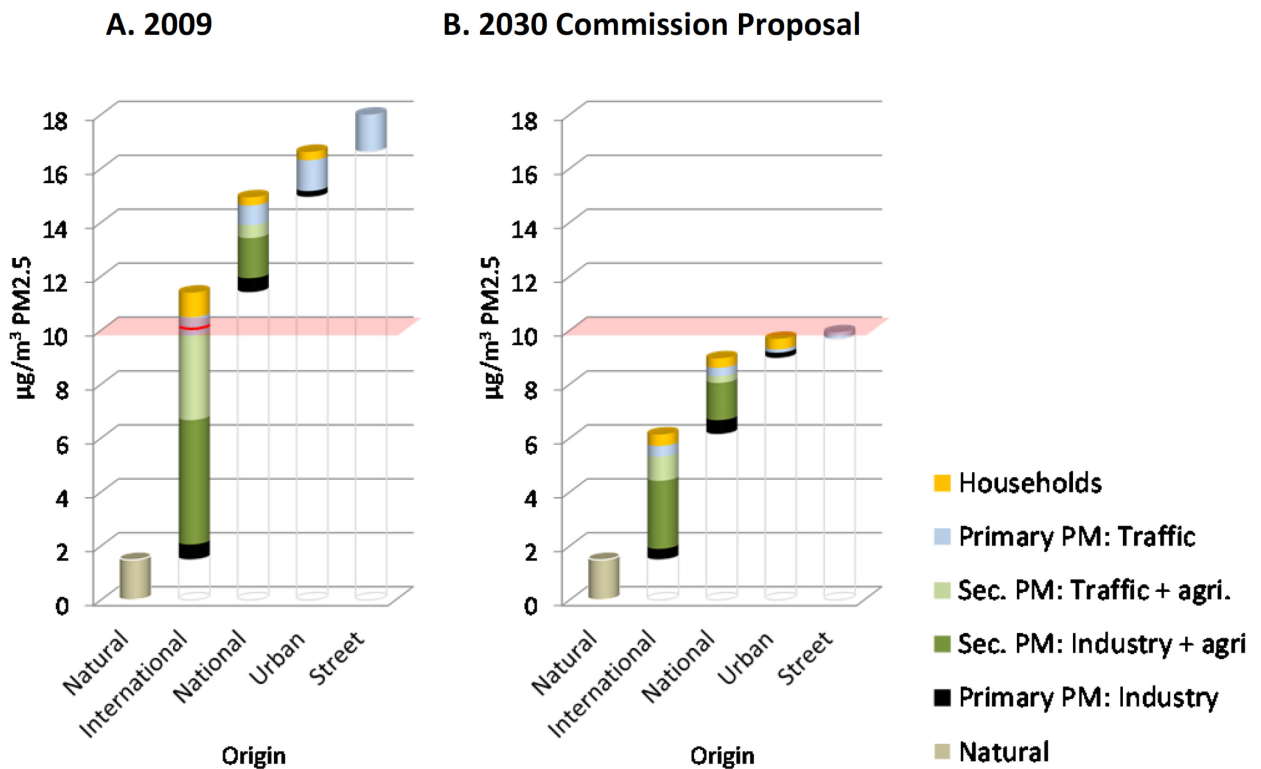
Tabel 3: Geschatte jaarlijkse verandering in gezondheidseffecten bij een PM_{2,5}-afname met 5 µg/m³. De getallen kennen een onzekerheidsmarge: voor de schatting van de levensduurverkorting is deze ca. 30%; voor de andere effectmaten is deze groter.

Gezondheidsindicator	Gezondheidswinst
Levensduurverlenging bij langjarige blootstelling	3 maanden per persoon gemiddeld
Minder post-neonatale sterfte	5 per jaar
Minder kinderen met bronchitisklachten	4.200
Vermindering van het jaarlijks aantal nieuwe gevallen van chronische bronchitis bij volwassenen	2.300
Vermindering aantal vroegtijdige doden	800
Vermindering aantal ziekenhuisopnames voor hart/vaatklachten	900
Vermindering aantal ziekenhuisopnames voor luchtwegklachten	800
Minder werkverzuim (dagen)	1.500.000
Minder aantal dagen met klachten bij kinderen met astma	175.000
Minder dagen met beperkte lichamelijke activiteit (dit is inclusief werkverzuim, ziekenhuisopnames, dagen met klachten)	7.000.000
Minder geboortes met laag geboortegewicht (<2500 g)	800
Minder longkanker sterfte	400

Voor preciezer berekeningen van de gezondheidseffecten met een gewijzigd mengsel (die er bijvoorbeeld van uitgaan dat de roetfractie relatief gevaarlijker is dan andere fijnstofdeeltjes) is aanvullend onderzoek nodig.

4. Europese maatregelen

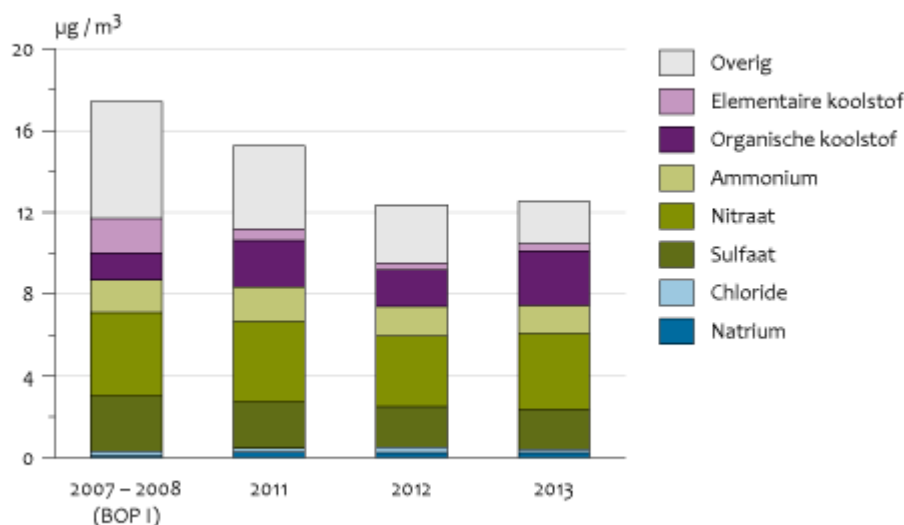
Het aandeel van de verschillende bronnen op de schaalniveaus nationaal, stedelijk en straat is voor 2009 resp. 2030 weergegeven in figuur 4. De lokale bijdrage aan de PM_{2,5}-concentraties bestaat vooral uit de primaire uitstoot van het verkeer (roetdeeltjes en slijtage van banden, remmen en wegdek). De lokale bijdrage is op straatstations in 2009 gemiddeld 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ op een totaal van 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Inmiddels is die verkeersbijdrage door het schoner worden van het autoverkeer gedaald tot minder dan 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Het overgrote deel van de stedelijke PM_{2,5}-concentraties op straatniveau wordt gevormd door secundaire aerosolen (ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat). De secundaire aerosolen bepalen het stedelijk achtergrondniveau en worden vanaf grotere afstanden aangevoerd. Het Europese luchtbeleid (en dan vooral de Europese emissiestandaard) zorgen ervoor dat de roetuitstoot van het verkeer in 2030 zo goed als verdwijnt en de primaire PM_{2,5}-concentraties op straatniveau nog maar enkele tienden microgrammen zullen bijdragen. Tevens wordt de concentratie van secundair fijn stof fors minder (daling met 5-6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ten opzichte van 2009). Daarbij is rekening gehouden met het klimaat en energiebeleid (40% minder CO₂-uitstoot en 27% inzet van vernieuwbare bronnen).



Figuur 4: Ontwikkeling gemiddelde PM_{2,5} concentraties op Nederlandse straatstations tussen 2009 en 2030 naar oorzaak. Lichtgroen is ammoniumnitraat, donkergroen ammoniumsulfaat (Bron: IIASA, 2014b)

Metingen op het meetstation Cabauw in Utrecht bevestigen het hoge aandeel van secundaire stofdeeltjes (zie figuur 5).

Indicatieve samenstelling van PM_{2,5} in Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit



Bron: RIVM.

RIVM/sep14
www.clo.nl/nl053206

Figuur 5: Metingen in Cabauw (Utrecht) onderschrijven de IIASA-berekeningen: ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat zijn de dominante onderdelen van PM_{2,5}

Het voorgestelde Europese luchtbeleid behelst de aanscherping van de richtlijn voor Nationale Emissieplafonds, emissie-eisen voor grote en middelgrote installaties, emissie-eisen voor mobiele werktuigen, binnenvaart en tweewielers en de *ecodesign*-richtlijn voor apparaten en houtkachels. Het klimaatbeleid beoogt een reductie van de CO₂-emissies met 40% in 2030 (inclusief het vergroten van het aandeel van wind- en zonne-energie bij de elektriciteitsopwekking tot 27%) en 80% CO₂-reductie in 2050.

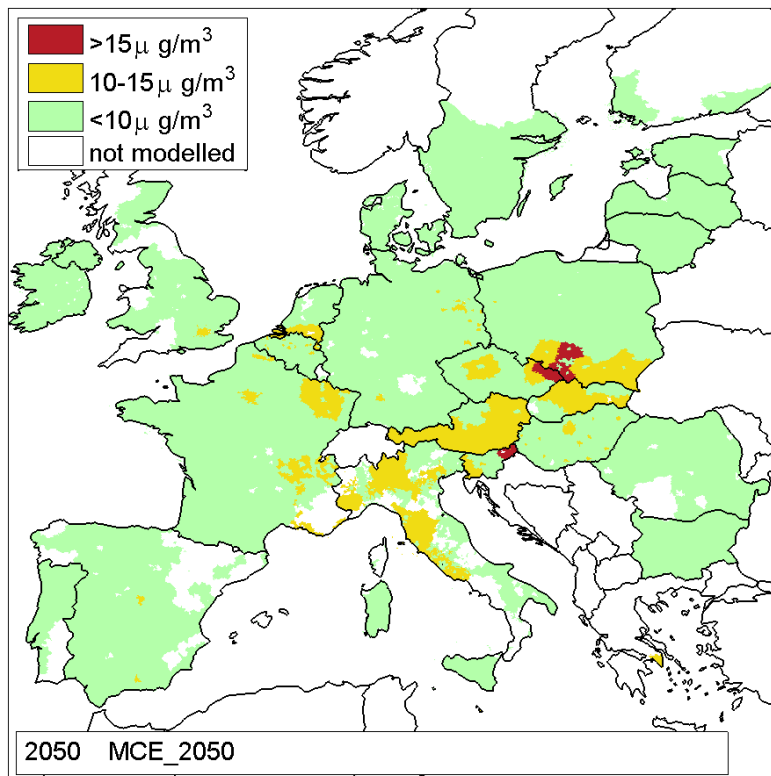
De kwetsbare veronderstellingen bij dit toekomstbeeld zijn:

- de uiteindelijke besluitvorming in de EU over nieuwe nationale emissieplafonds;
- dat de Europese emissiestandaard in de praktijk goed moeten werken en dat er bij APK-keuringen goed op wordt gelet of roetfilters en katalysatoren het nog steeds goed doen;
- dat er nationaal en/of lokaal beleid wordt gevoerd dat er voor zorgt dat alle voertuigen die niet aan de Euro-6-normen voldoen in 2030 verdwenen zijn;
- Het voorgenomen klimaatbeleid ook daadwerkelijk wordt uitgevoerd, inclusief de verdere vervanging van fossiele energiebronnen door wind- en zonne-energie.

Met succesvolle uitvoering van het EU-beleid zouden de gemiddelde PM_{2,5}-concentraties op straatniveau in Nederlandse steden kunnen uitkomen rond de WHO-advieswaarde van 10µg/m³.

Berekeningen van IIASA voor 2050 laten zien dat met dit voorgenomen klimaatbeleid en bij volledige uitvoering van de luchtmaatregelen in grote delen van Europa de WHO-advieswaarde kan worden gerealiseerd (zie figuur 6). Vermindering van de inzet van fossiele energie levert immers ook minder NO_x, SO₂ en primaire fijnstofemissies op. In sommige gebieden blijft echter nog een probleem

bestaan. Daarbij horen de streken met veel intensieve veehouderij. Ammoniakemissies profiteren niet van een voortvarend klimaatbeleid en blijven aandacht vragen van luchtkwaliteitsmanagers.



Figuur 6: Concentratie van antropogene bijdrage aan fijn stof (PM_{2,5}) in 2050 (Bron: IIASA). Bij uitvoering van het voorgenumen klimaatbeleid en luchtbeleid heeft in 2050 alleen Zuid-Nederland nog een probleem. In de berekeningen voor de Europese Commissie worden de gezondheidsrisico's door natuurlijke fijnstofbronnen onvermijdelijk en dus aanvaardbaar verondersteld.

Volgens de IIASA-berekeningen zal de emissie van roetdeeltjes tussen 2005 en 2030 sneller dalen dan andere PM_{2,5} onderdelen (vergelijk figuren 2 en 3) en blijven de ammoniakgerelateerde fijnstofdeeltjes relatief achter. Ook wordt er weinig verandering verwacht in de uitstoot door houtstook.

Er zijn voldoende indicaties dat de veronderstellingen over met name de effectiviteit van Euronormen voor het wegverkeer erg optimistisch zijn. Naarmate Europees beleid minder effectief blijkt te zijn, zou de betekenis van aanvullend nationaal en lokaal beleid groter moeten worden als men de WHO-advieswaarde wil blijven realiseren.

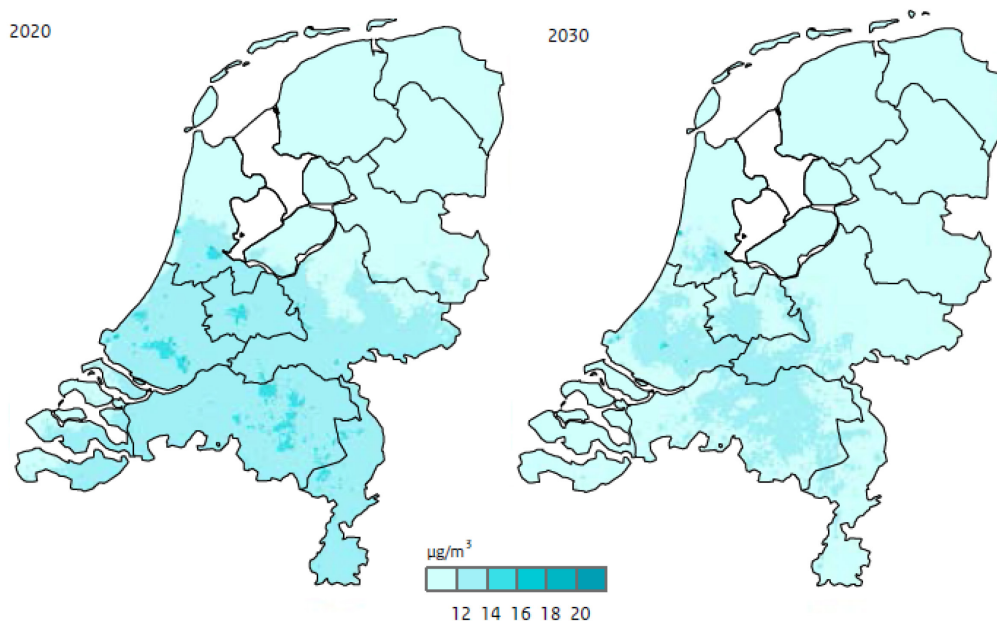
Een vergelijking tussen de berekeningen van IIASA en die van het RIVM voor de grootschalige concentratiekaarten (GCN) leert dat het RIVM op het gebied van primaire fijnstofdeeltjes de uitvoering van het bestaande beleid (inclusief de Euro-6 normen voor voertuigen en de emissiereductieafspraken bij het herziene Gotenburg Protocol van de VN-Conventie voor Grensoverschrijdende luchtverontreiniging) optimistischer inschat, maar dat het RIVM pessimistischer is over de vermindering van de secundaire stofdeeltjes (zie tabel 4). Tabel 4 maakt ook duidelijk dat eenzelfde pakket aan bestrijdingsmaatregelen verschillende fijnstofdeeltjes

tegelijkertijd reduceert. Het uiteindelijke resultaat wordt bepaald door het kenmerkende fijnstofmengsel vanuit een specifieke bron en de effectiviteit van de emissiebeperkende maatregel voor die bron. De op PM_{2,5} gerichte maatregelen reduceren relatief veel roet, *ultrafines* (PM_{0,1}) en deeltjesaantallen en relatief weinig PM₁₀ en organische koolstofdeeltjes.

Tabel 4: Nederlandse emissiereductie tussen 2005 en 2030 in procenten (bestaand beleid), volgens IIASA en RIVM. De procentuele emissiereductie van roet is in de GCN-berekeningen gelijk verondersteld aan die van PM_{2,5}.

	IIASA	RIVM
PM ₁₀	18%	19%
PM _{2,5}	30%	44%
Roet (EC)	75%	
Organisch koolstof (OC)	29%	
Ultrafines (PM _{0,1})	79%	
Deeltjesaantallen	78%	
SO ₂	54%	47%
NO _x	62%	52%
NH ₃	24%	21%

Doordat het RIVM uitgaat van een iets minder grote effectiviteit van de Euro-normen voor voertuigen in de praktijk (en iets minder sterke emissiereducties in het buitenland) dan IIASA laat GCN-kaart voor 2030 - zonder aanvullend (inter-)nationaal luchtbeleid - nog steeds uitdagingen zien in West- en Midden Nederland (zie figuur 7). Om meer zekerheid te hebben dat de WHO-advieswaarde kan worden gehaald kunnen aanvullende nationale en/of lokale maatregelen worden overwogen.



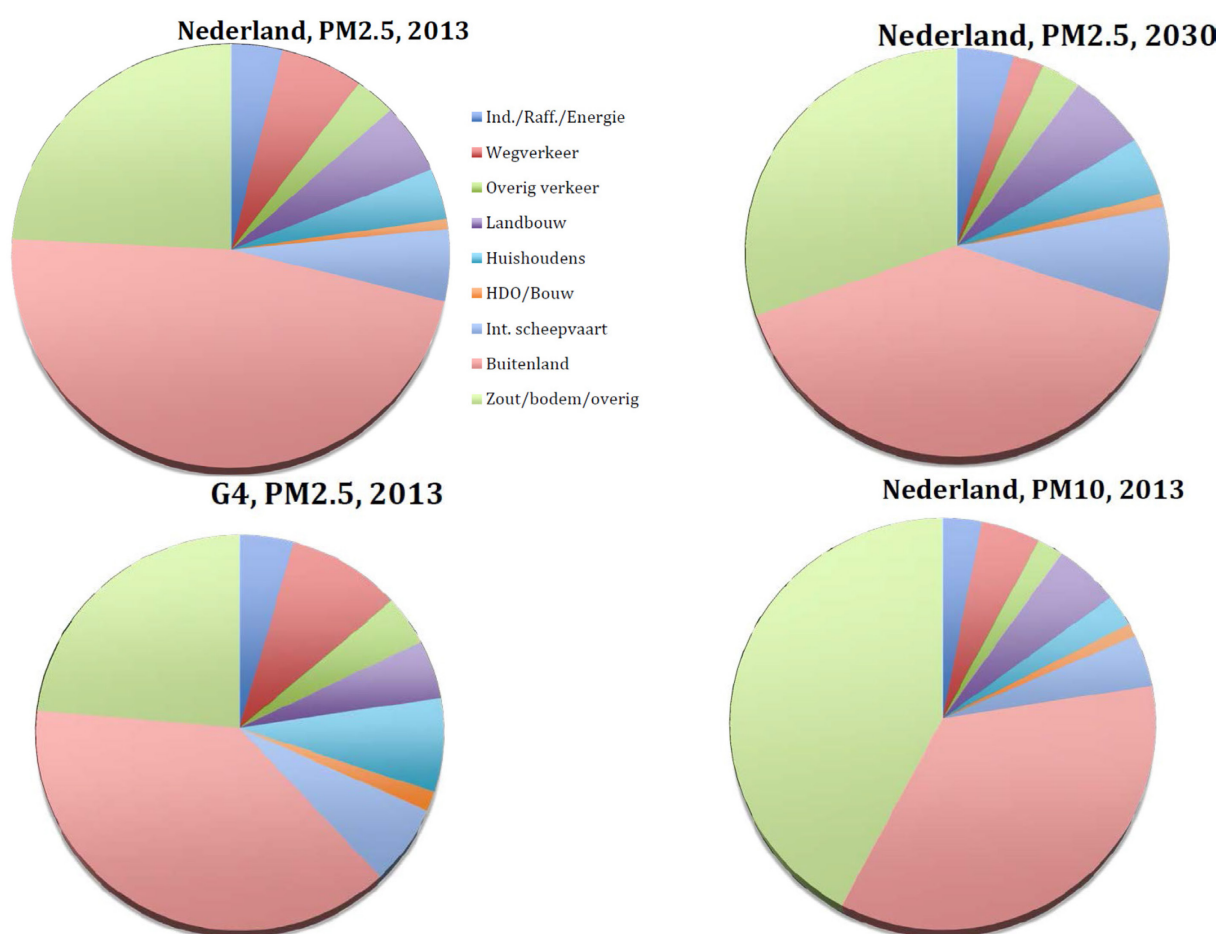
Figuur 7: Concentratie PM_{2,5} in 2020 en 2030 bij bestaand beleid (Bron: RIVM - GCN rapportage 2014)

Volgens IIASA zijn de kosten van het voorgenomen EU-beleid voor Nederland €20-50 miljoen per jaar en kan het beleid Nederland zelfs banen opleveren (Europese Commissie, 2013b). Uitgaande van iets andere toekomstveronderstellingen schat het PBL de kosten op ruim €400 miljoen per jaar en de baten op ruim €700 miljoen (PBL, 2014).

5. Nationale maatregelen

Zoals gesteld lijkt vanuit gezondheidkundig perspectief sturing op vermindering van de PM_{2,5}-blootstelling het meest voor de hand te liggen. Daarbij is het nuttig om na te gaan welke emissiebronnen de grootste bijdrage hebben aan ziektelast. De samenstelling van het fijn stof verschilt weliswaar per broncategorie, maar als eerste benadering wordt er van uit gegaan dat alle fijnstofcomponenten even gevaarlijk zijn, waardoor bronbijdragen aan blootstelling en ziektelast identiek worden. Voor een preciezere benadering is meer onderzoek nodig, waarbij de gezondheidseffecten van de afzonderlijke bronnen nader geanalyseerd worden. Dit kan leiden tot een effectiever en efficiënter bronbeleid. Voor de uitsplitsing naar bronnen is gebruik gemaakt van de indeling zoals die in de GCN-rapportages wordt gebruikt.

Met bestaand Europees beleid zal het aandeel van wegverkeer en buitenland tot 2030 afnemen, wat vooral zal aantikken in de grote steden. De relatieve bijdrage vanuit houtstook, de landbouw (ammoniak als precursor voor secundair fijn stof), scheepvaart (Rotterdam) en vanuit (onvermijdelijke) natuurlijke bronnen zal toenemen. Mobiele werktuigen en slijtage-emissies van het verkeer blijven een aandachtspunt (zie figuur 8).



Figuur 8: Bijdrage van de verschillende bronnen aan blootstelling aan PM_{2,5} (en de ziektelast) voor Nederland totaal in 2013 en in 2030. Ter vergelijking is ook de blootstelling in de vier grote steden opgenomen evenals de aandelen aan de PM₁₀ blootstelling. Wat bij PM₁₀ opvalt is de veel grotere bijdrage van nauwelijks beïnvloedbare natuurlijke bronnen.

Belangrijke nationale mogelijkheden om de concentraties te verlagen zijn:

- Toezien op effectieve uitvoering van de Europese emissiestandaarden het eventueel versnellen van de vervanging van oude voertuigen, mobiele werktuigen, motoren en brommers;
- Het (fiscaal) stimuleren van elektrische voertuigen;
- Vervroegd invoeren van de *ecodesign*richtlijn voor houtkachels;
- Het verder verlagen van de landbouwemissies of het bevorderen van het verplaatsen van stallen om de gemiddelde blootstelling te verlagen.

Verdere emissiereductie van ammoniak komt ook om gezondheidkundige redenen steeds meer in beeld. De stofdeeltjes ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat, die in de lucht worden gevormd uit onder meer de ammoniakemissie vanuit de landbouw, zullen in 2030 het belangrijkste bestanddeel van fijn stof zijn en in 2030 de helft van de fijnstofblootstelling bepalen. De blootstelling van mensen zal in het voorjaar, tijdens het uitrijden van mest, hoger liggen dan de advieswaarde van de WHO. Bovendien zal het lastig zijn om met alleen het bestaande beleid de advieswaarde te halen in Zuid-Nederland, doordat daar meer vee aanwezig is. Aanvullend beleid voor ammoniak in gebieden met veel intensieve veehouderij en in de grensstreken is dus niet alleen goed voor de bescherming van Natura2000-gebieden, maar mogelijk ook voor de gezondheid.

Er is echter nog wel discussie over de gezondheidkundige betekenis van de blootstelling aan ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat. Op basis van epidemiologisch onderzoek is er sprake van een duidelijke correlatie (REVIHAAP, 2012), maar op basis van toxicologisch onderzoek is er weinig reden om aan te nemen dat ammoniumnitraat en ammoniumsulfaat bij de huidige concentraties effect hebben op de gezondheid. Het is mogelijk dat de gezondheidseffecten in combinatie met andere stoffen of microbiële componenten worden veroorzaakt.

6. Lokale maatregelen

Op korte termijn is bijdrage van lokale bronnen aan de fijnstofblootstelling van stedelijke bevolking nog substantieel. Vooral bij de blootstelling aan roet domineren de lokale bronnen. Lokale maatregelen zijn effectief om binnen enkele jaren de blootstelling aan roetdeeltjes in de stad te verminderen. Maar roetbeleid alleen is onvoldoende om de PM_{2,5}-concentraties zodanig te verlagen dat de WHO-advieswaarden worden gehaald.

Op langere termijn (meer dan tien jaar) zal de invloed van Europees beleid domineren bij de vermindering van de fijnstofblootstelling. Het realiseren van de WHO-advieswaarden is alleen mogelijk in samenhang met een effectieve uitvoering van het voorgestelde Europese beleid, vooral op het gebied van de Euro-normen voor voertuigen. Bij het succesvol implementeren van deze Europese emissiestandaarden verdwijnt 90% van de roetblootstelling vanuit wegverkeer.

Met aanvullende lokale maatregelen zou op de blootstelling plaatselijk op korte termijn met maximaal 1 µg/m³ PM_{2,5} kunnen worden verlaagd, waarmee lokaal 20% van de totale gezondheidswinst kan worden gerealiseerd die op langere termijn met een Europese aanpak kan worden bereikt. Op langere termijn hebben lokale (gemeentelijke) maatregelen bij het terugdringen van de blootstelling en de ziektelast een bescheiden betekenis. Eenzijdige focus op het verlagen van de concentraties op 'hotspots' leidt soms zelfs tot een verplaatsing van de uitstoot waardoor de gemiddelde blootstelling in de stad stijgt, bijvoorbeeld als het verkeer wordt omgeleid waardoor per saldo de totale uitstoot in de stad toeneemt.

Om in steden al op korte termijn gezondheidswinst te kunnen halen (en de afhankelijkheid van het tempo van Europese besluitvorming te verlagen) zijn lokale maatregelen denkbaar, zoals:

- Handhaving Euro-6 normen in de praktijk: tussentijdse inspectie van voertuigen en controle van de uitvoering van APK-keuringen;
- Milieuzonering: gericht op snellere vervanging van het wagenpark;
- Het stimuleren van ultra schone voertuigen, zoals elektrische auto's of voertuigen die op aardgas of waterstof rijden, bijvoorbeeld via parkeerbeleid;
- Vervroegd invoeren en handhaven van de ecodesign-richtlijn voor houtstook (PM_{2,5} en roet), en/of specifieke maatregelen om houtstook in geval van ongunstige weersgesteldheid te verminderen en/of het geven van voorlichting aan houtstokers die gezondheidsklachten veroorzaken bij omwonenden (stookgedrag beïnvloeden);
- Verleggen van verkeersstromen teneinde de totale uitstoot in de stad te verminderen en de gemiddelde blootstelling van de bevolking te verlagen;
- Het verlagen van de maximum snelheid op rondwegen (zie Keuken et al, 2010)
- Aansluiten bij concepten rond slimme en gezonde steden, bijvoorbeeld door het bevorderen van thuiswerken, openbaar vervoer of van wandelen en fietsen.

Deze maatregelen worden extra effectief wanneer ze zijn ingebed in samenhangende ruimtelijke plannen rond gezonde steden en gezonde mobiliteit. Zie:

http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Uitgaven/Milieu_Leefomgeving/Omgeving_en_gezondheid.

Het effect van het verleggen van verkeerstromen kan voor PM2,5 (en PM10) een bescheiden lokaal effect hebben. Bij zulke maatregelen moet erop gelet worden of de gemiddelde blootstelling erdoor niet toeneemt, want anders kan er per saldo sprake zijn van een toename van de ziektelast.

Tussen 2008 en 2012 is op initiatief van meerdere ministeries de Nationale Aanpak Milieu en Gezondheid (NAMG) uitgevoerd. De NAMG richtte zich op de milieu- en gezondheidsproblemen die nog niet verzekerd waren van een goed uitgewerkt beleidstraject, of die extra aandacht vroegen. De speerpunten van de NAMG waren binnenmilieu, gezond ontwerp van de leefomgeving, informatievoorziening aan burgers (Atlas Leefomgeving) en het signaleren van risico's op het gebied van milieu en gezondheid (Staatsen et al, 2014). Zie:

- http://rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Wetenschappelijk/Rapporten/2014/juni/Terugblik_op_vier_jaar_Nationale_Aanpak_Milieu_en_Gezondheid_NAMG
- http://www.rivm.nl/Onderwerpen/G/Gezonde_leefomgeving/Gezonde_leefomgeving_in_beleid

Gemeentelijke maatregelen op het gebied van groen in de wijk, het binnenmilieu van woningen, veiligheid, geluid van verkeer, luchtverontreiniging, sociale cohesie en sociale steun, kunnen de gezondheidsachterstanden van mensen uit lagere sociaaleconomische klassen verminderen. Deze omgevingskenmerken zijn geschikte aanknopingspunten voor maatregelen om gezondheidsachterstanden te verminderen. Onderzoek toont namelijk dat genoemde omgevingskenmerken tussen hogere en lagere sociaaleconomische klassen verschillen én dat ze samenhangen met gezondheid (Savelkoul et al., 2011).

Het RIVM faciliteert de samenwerking tussen overheden, uitvoeringspartijen en burgers. Het Platform Gezond Ontwerp (www.platformgezondontwerp.nl) is gestart om de samenwerking tussen het milieu- en gezondheidsdomein en ruimtelijke ordenaars te stimuleren. Op een groot aantal websites zijn adviezen te vinden voor het gezond inrichten van steden en wijken:

- http://www.rivm.nl/Onderwerpen/G/Gezonde_leefomgeving/Wat_verstaan_we_onder_een_gezonde_leefomgeving
- http://www.rivm.nl/Onderwerpen/G/Gezonde_leefomgeving/Gezonde_leefomgeving_in_de_praktijk
- http://www.rivm.nl/Onderwerpen/G/Gezonde_mobiliteit
- http://www.rivm.nl/Onderwerpen/G/Gezonde_Wijk
- <http://www.nationaalkompas.nl/gezondheidsdeterminanten/omgeving/milieu/inrichting-leefomgeving/>
- <http://www.loketgezondleven.nl/gemeente-en-wijk/>
- <http://www.loketgezondleven.nl/gemeente-en-wijk/gezonde-gemeente/>
- <http://www.loketgezondleven.nl/gemeente-en-wijk/gezonde-gemeente/gezondheidsbeleid-maken/leefomgeving/>
- <http://www.loketgezondleven.nl/gemeente-en-wijk/gezonde-gemeente/gezondheidsbeleid-maken/leefomgeving/voorbeelden-en-materialen/>

Voorts werkt het RIVM aan de ontwikkeling van één samenhangend digitaal stelsel voor alle relevante informatie die gemeenten nodig hebben bij de uitvoering van de nieuwe omgevingswet: 'de Laan van de Leefomgeving'. Hiermee verbetert de beschikbaarheid, bruikbaarheid en betrouwbaarheid van gegevens over lucht, water, geluid, natuur, externe veiligheid, cultureel erfgoed en bodem. Zie: http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Wetenschappelijk/Rapporten/2013/december/Uitwerking_Gegevensvoorziening_omgevingswet. Daarbij wordt onder meer voortgebouwd op de Atlas Leefomgeving (<http://www.atlasleefomgeving.nl/>) en de landelijke meetnetten.

Met de huidige NSL-monitoringtool is het voor lokale overheden wel mogelijk om zelf de effecten voor de luchtkwaliteit van een vermindering van het autoverkeer in een bepaalde straat door te rekenen. Lokale overheden hebben momenteel echter geen mogelijkheden om zelf op eenvoudige wijze alternatieve verkeerscirculatieplannen op een consistente manier op te stellen en de gevolgen daarvan voor de gemiddelde blootstelling door te rekenen. Adviesbureaus kunnen helpen bij het maken van 'verkeersmilieukaarten', maar methoden, data en uitgangspunten verschillen tussen gemeenten. Er valt nog winst te behalen door het maken van verkeers- en blootstellingsberekeningen voor een groter gebied, waarmee voor de volksgezondheid ongunstige verschuivingen in emissiepatronen zijn te vermijden. In het kader van de vormgeving van de omgevingswet zou kunnen worden overwogen de lokale verkeersberekeningen regionaal beter op elkaar af te stemmen en tools te ontwikkelen voor een gezondheidskundige beoordeling van alternatieve circulatieplannen.

Beleid van lokale overheden kan een effect van enkele microgrammen hebben voor een beperkt aantal inwoners dat woont langs of in drukke straten. Lokaal beleid zal een zeer beperkt effect hebben (van enkele tienden microgrammen) op het gros van de inwoners (via verlaging van de stadsachtergrondconcentratie). Het significant verlagen van de gemiddelde blootstelling van de stedelijke bevolking en het bereiken van substantiële gezondheidswinst kan dus niet zonder een effectief internationaal en nationaal beleid.

De gezondheidseffecten van lokale maatregelen kunnen in principe in beeld worden gebracht met soortgelijke berekeningen als voor heel Nederland hierboven zijn gedaan. Echter, vanwege de kleinere populatie-omvang zullen uitkomsten in termen van vermindering van het aantal personen met een bepaalde aandoening veelal weinig informatiewaarde meer hebben en qua omvang weinig aansprekend zijn (voor een plaats met 160.000 inwoners zullen de effecten in tabel 4 een factor 100 lager uitvallen).

De Milieu-Gezondheids-Risico indicator (MGR) vormt een plaatsgebonden risico-indicator die voor het in beeld brengen van de effecten van maatregelen op lokale schaal (dus bij het ontwikkelen van ruimtelijke plannen of infrastructurele wijzigingen) geschikt is². Met de MGR-indicator worden de eerder genoemde DALY-waarden gecombineerd met een ander instrument: de 'GES Stad en Milieu'. De GES (Gezondheid Effect Screening) wordt door GGDs gebruikt om milieurisico's in gemeenten in beeld te brengen. De kracht van de MGR-indicator is dat het de opeenstapeling van effecten van verschillende omgevingsfactoren kan berekenen en vergelijken. Met de MGR kan het risico heel gedetailleerd in beeld worden gebracht, tot op de schaal van een woning. Maar het kan ook worden gebruikt voor een groter gebied, bijvoorbeeld een wijk, gemeente of provincie. Alternatieve situaties en lokale verschillen kunnen zo onderling worden vergeleken.

De MGR vormt vooral een hulpmiddel om gezondheidsdoelen mee te kunnen wegen in lokale (of regionale) planvorming (naast indicatoren als bereikbaarheid, woningzoekenden, banen e.d.). De MGR is – net als de DALY – gebaseerd op berekeningen van lokale milieubelasting, concentratie-responsrelaties, ziekte-incidentie, populatie-kenmerken en gewichten voor de ernst van

² <http://www.binnenlandsbestuur.nl/ruimte-en-milieu/nieuws/overheden-gezondheidsnormen-in-nieuwe.9199841.lynkx>.

aandoeningen. Momenteel loopt er een pilotstudie om beter zicht te krijgen op de bruikbaarheid van de MGR voor het beschrijven van de voor- en nadelen van verschillende ruimtelijke inrichtingsvarianten en infrastructurele ingrepen voor de milieukwaliteit en de gezondheidsrisico's.

In toenemende mate is er belangstelling voor de kosten die zijn verbonden aan de effecten van luchtverontreiniging op de mens versus de kosten die gepaard gaan met het terugdringen van de concentraties aan luchtverontreinigende stoffen. Ook voor dit type indicatoren geldt dat zij, net zoals de DALY en de MGR, zijn gebaseerd op de veronderstelling dat alle onderdelen van fijn stof even gevaarlijk zijn en dat de resultaten zullen veranderen als de precieze bijdrage van de componenten van het luchtverontreinigingsmengsel aan de gezondheidseffecten beter bekend wordt.

7. Monitoring en nader onderzoek

Wanneer richtpunten voor het luchtbeleid eenmaal zijn gekozen, is het nuttig ook te volgen of ontwikkelingen in emissies, concentraties en gezondheid ook daadwerkelijk in de juiste richting gaan.

Belangrijk daarbij zijn:

- Het monitoren of de Europese emissiestandaarden voor voertuigen in de praktijk doen wat ze moeten doen;
- Het monitoren van de ontwikkeling van de gemiddelde blootstelling van de Nederlandse bevolking (op basis van het landelijk meetnet luchtkwaliteit en de zgn. GCN-berekeningen) aangevuld met metingen (via passieve samplers of smart sensors) en berekeningen in agglomeraties;
- Het monitoren van veranderingen in het fijnstofmengsel in emissies en luchtkwaliteit (en vooral het aandeel van roet en van secundaire stofdeeltjes). Voor het monitoren van de effectiviteit van lokale verkeersmaatregelen kan de eerstkomende jaren de roetconcentratie een goede indicator vormen;
- Het volgen van ontwikkelingen in de ziektelast.

Bij het monitoren van de luchtkwaliteit en de ziektelast kan gebruik worden gemaakt van een aantal nieuwe ontwikkelingen die in gang zijn gezet:

- a. Het ontsluiten van allerlei decentrale meetgegevens van bijvoorbeeld burgers, agrariërs, , belangengroepen en gemeenten en het bepalen van de kwaliteit en bruikbaarheid van deze metingen, zodat een gedetailleerd ruimtelijk meetnet gaat ontstaan dat is gebaseerd op een brede basis van goedkope meetmethoden, dat is gericht aan een beperkt aantal referentiemetingen;
- b. Het op basis van bovenstaande meetgegevens verbeteren van het modelleninstrumentarium, zodat de Nederlandse luchtmodellen beter in staat zijn om de vorming van secundaire ammoniumzouten en secundaire organische stofdeeltjes te beschrijven en daarmee de effectiviteit van emissiereductiemaatregelen voor ammoniak, stikstofoxiden, zwaveldioxide en vluchtige organische stoffen voor de vermindering van de fijnstofblootstelling en de ziektelast kunnen bepalen.
- c. Het koppelen van blootstellingscijfers en modelberekeningen met de gedetailleerde CBS-data over de ziektelast per postcode, zodat betere relaties gelegd kunnen worden tussen de verschillende componenten van fijn stof en de ziektelast.

Het RIVM gaat binnenkort experimenteren met een *App* waarbij mensen eenvoudig kunnen aangeven waar en wanneer zij last hebben van een slechte luchtkwaliteit (<http://ikhebnulastapp.nl/ons-voorstel/>).

De omvang van de invloed van luchtverontreiniging op de mens kan in principe op verschillende manier worden “gemonitord”, waarvan “ziektelast” er een is. In de vorige eeuw lag de nadruk op het beschrijven van (over)sterfte door luchtverontreiniging. Vervolgens kwam ook aandacht voor andere effecten dan sterfte door milieubelasting; dit resulteerde rond eeuwwisseling in de milieu-DALY (Disability Adjusted Life Years), waarmee uiteenlopende aandoeningen onderling kunnen worden gewogen die samen met vroegtijdige sterfte de ziektelast vormen. Voor het monitoren van de

ziektelast op nationale schaal vormen gezondheidsstatistieken van CBS, RIVM, verzekeraars e.a. de basis.

Er is in Nederland een traditie dat de Rijksoverheid bij belangrijke (maatschappelijke) milieu-gezondheidsvraagstukken een vinger aan de pols houdt wat betreft de veranderingen in de gezondheidstoestand als gevolg van veranderingen in de milieukwaliteit, zoals rond Schiphol, Tata Steel en NATO-AWACS vliegbasis Geilenkirchen. Bij deze vraagstukken is in het verleden gekozen voor monitoring door middel van periodieke registratie van de gezondheidstoestand. Op deze wijze kan de overheid verantwoord worden in hoeverre de getroffen maatregelen ook feitelijk van invloed zijn op de gezondheid van de bevolking. Deze vorm van monitoring kan leiden tot bijsturing wanneer blijkt dat de ontwikkelingen anders zijn, dan eerder gedacht.

Voor Nederland als geheel is het mogelijk een dergelijke gezondheidsevaluatie uit te voeren voor de effecten van luchtverontreiniging, bijvoorbeeld door eens per 4-6 jaar aan de hand van sterfte- en/of gezondheidsstatistieken te bezien hoe de risico's van luchtverontreiniging zich feitelijk in Nederland ontwikkelen en die daar waar mogelijk gebiedsgericht te specificeren (bijv. voor stedelijke omgeving). Gezien de te verwachten veranderingen in de effecten is het zinvol zo'n monitoring in eerste instantie nationaal uit te voeren, om vervolgens te berekenen of er ook met voldoende zeggingskracht feitelijke uitspraken over kleinere gebieden kunnen worden gedaan. Met een dergelijke vorm van monitoring is in de Verenigde Staten over de periode 2000-2007 inzichtelijk gemaakt dat een reductie van fijn stof (PM_{2,5}) daadwerkelijk bijdraagt aan een gemeten verlenging van de levensverwachting. Dezelfde reductie (gemiddeld 1,5µg/m³) in PM_{2,5} bleek in stedelijke gebieden 2-3 maal positiever uit te vallen dan op het platteland (wat er op duidt dat niet alle fijn stof gelijk is).

De DALY en de MGR kunnen nationaal en lokaal worden gebruikt om de trend in de omvang van gezondheidseffecten weer te geven, steden te *benchmarken*, en bij het maken van lokale afwegingen. Deze indicatoren dienen periodiek op basis van de feitelijke gezondheidsstatistieken herijkt te worden en aangepast aan veranderende inzichten in de toxiciteit van de verschillende onderdelen van het luchtverontreinigingsmengsel. Nader onderzoek zou zich moeten richten op de kosteneffectiviteit van de aanpak van verschillende luchtverontreinigingscomponenten en emissiebronnen, het definiëren van *good practices* voor lokaal beleid en het nader ontwikkelen, respectievelijk ter beschikking stellen, van methodieken en informatie ten behoeve van lokale afwegingen en het zoeken naar slimme, gezonde en kosteneffectieve oplossingen.

Monitoring van de effecten van luchtverontreiniging voor de mens zou zich niet alleen moeten richten op theoretische constructen, zoals (nationale) DALY of lokale (MGR), maar daarnaast ook de vinger aan de pols moeten houden door periodiek de risico's van het veranderend mengsel van luchtverontreiniging voor de Nederlandse populatie feitelijk vast te stellen (Fischer et al. 2015b).

Het is onvermijdelijk dat constant nieuwe vragen en nieuwe wetenschappelijke inzichten ontstaan ten aanzien van de gezondheidseffecten en de effecten van beleid. Deels kunnen die gebruikt worden om het beleid bij te sturen. Het simpele feit dat er onbeantwoorde vragen zijn en nieuwe inzichten opkomen, hoeft geen belemmering te zijn om nu het nu best verdedigbare beleid in te zetten. Het is wel belangrijk om goed in de gaten te houden, welke nu nog niet bekende risico's op de loer kunnen liggen en steeds te (laten) bepalen of het ingezette beleid voldoende robuust is. Op basis van nader

onderzoek kan blijken in welke mate het zinvol is voor ozon, NO₂, roet, organische koolstofverbindingen (zoals PAK's) of *ultrafines* (nanodeeltjes) en fijn stof van o.a. slijtage (van remmen, wegdek en banden) aanvullende gezondheidsgerichte acties te formuleren. Dit geldt ook voor de implicaties van de relatief hoge fijnstofconcentraties rond stallen die gepaard gaan met emissies van microbiële aard. Dit laatst genoemde onderdeel van fijn stof is in Nederland en Europa nog niet systematische geanalyseerd op de impact op de gezondheid bij gebrek aan goede meetgegevens.

Gezien de onduidelijkheden over de bijdragen van bronnen van emissies anders dan wegverkeer op de ziektelast en levensduurverkorting zal ook in de komende jaren op basis van (inter-) nationaal onderzoek aandacht nodig zijn voor het inschatten van de deze bijdragen. Zo kan de toxiciteit van specifieke emissies beter in kaart worden gebracht en gecombineerd met verspreidingsberekeningen en blootstellingsmodellen een inschatting van de risico's worden gemaakt naast een epidemiologische analyse.

Uiteraard kunnen de resultaten uit dit type onderzoek weer gebruikt worden om de veronderstellingen waarop de berekening van de ziektelast en/of kosteneffectiviteit van maatregelen is gebaseerd verder te verbeteren, zodat de resultaten die met dergelijke instrumenten bij bijvoorbeeld lokale afwegingen worden gemaakt ook in de toekomst valide blijven.

Referenties

Hänninen O, Knol A, 2011, European perspectives on environmental burden of disease. Estimates for nine stressors in six European countries, Helsinki: National Institute for Health and Welfare

EEA, 2014, Air quality in Europe – 2014 report, European Environment Agency, doi:10.2800/22847, p55

Europese Commissie, 2013a, Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants and amending Directive 2003/35/EC (COM(2013) 920 final)

Europese Commissie, 2013b, Impact Assessment accompanying the Clean Air Programme for Europe

Fischer P et al., 2015a, Air pollution and Mortality in 7 Million Adults - The Dutch Environmental Longitudinal Study (DUELS), *Environmental Health Perspectives*, DOI:10.1289/ehp.1408254

Fischer P; Marra M; Ameling C., 2015b, Bestrijding van meerdere componenten blijft effectief gezondheidsbeleid – Risicoschattingen en trendanalyse tussen dagelijkse sterfte en luchtverontreinigingsniveaus in Nederland in 1992 t/m 2011. *Tijdschrift Lucht*, 1: 22 – 25, maart 2015

IIASA, 2013, Policy Scenarios for the Revision of the Thematic Strategy on Air Pollution TSAP Report 10, p39-44

IIASA, 2014a, The Final Policy Scenarios of the EU Clean Air Policy Package, TSAP Report 11, International Institute for Applied Systems Analysis

IIASA, 2014b, Urban PM2.5 levels under the EU Clean Air Policy Package, TSAP Report 12. International Institute for Applied Systems Analysis

Keuken MP, Jonkers S, Wilmink IR, Wesseling J, 2010, Reduced NOx and PM10 emissions on urban motorways in The Netherlands by 80 km/h speed management, *Science of the Total Environment*, 408 2517-2526

Lim, SS et al, 2012, A comparative risk assessment of the burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990-2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010, *The Lancet*, volume 380, no 9859, p2224-2260

PBL, ism ECN en RIVM, 2014, De kosten en baten van het Commissievoorstel ter vermindering van de nationale emissies van bepaalde luchtverontreinigende stoffen, PBL-publicatienummer: 1465

Pedersen M, Giorgis-Allemand L, Bernard C, Aguilera I, Andersen AMN, Ballester F, et al., 2013. Ambient air pollution and low birthweight: A European cohort study (escape). *The Lancet Respiratory Medicine* 1:695-704.

OECD, 2014, The cost of air pollution, Health impacts of road transport, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264210448-en>, p 46

RIVM, 2014, Grootchalige concentratie- en depositiekaarten Nederland, Rapportage 2014 RIVM-rapport 680363002/2014

RIVM, 2014, Monitoringsrapportage NSL 2014, RIVM-rapport 2014-0092

Savelkoul M, Schuit AJ, Storm I, 2011, Terugdringen van gezondheidsachterstanden door gemeentelijk beleid : Een literatuurverkenning naar effectiviteit van fysieke en sociale omgevingsmaatregelen. Rapport 270161003/2010

Staatsen BAM, Houweling DA, Kruize H, Bogers RP, Mulder YM, Koudijs EA, van Overveld AJP, van Kuilenburg IE, 2014, Terugblik op vier jaar Nationale Aanpak Milieu en Gezondheid (NAMG): Looking back at four years of the National Approach Environment & Health, RIVM-rapport 630789010/2014

WHO Regional Office for Europe, 2013a, Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP project: technical report, Copenhagen

WHO Regional Office for Europe, 2013b, Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project
Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide, Copenhagen