



Planbureau voor de Leefomgeving

METHODEN EN BASISGEGEVENS VOOR HET SCHATTEN VAN GEZONDHEIDSEFFECTEN DOOR BLOOTSTELLING AAN FIJNSTOF EN OZON

Achtergrondrapport bij de MKBA ter onderbouwing
van het Nederlandse standpunt in Europese emissie-
reductieafspraken voor 2030

Achtergrondstudie

Karel van Velze, Leendert van Bree en Winand Smeets

16 juli 2015

PBL
PBL
2015

Inhoud

Samenvatting	4
1 Aanleiding	5
2 Doel	6
3 Rekenmethodiek voor gezondheidseffecten	7
3.1 Environmental Health Planner (EHP)	7
3.2 Levenstabelmethode (LTM)	8
3.3 Populatie-attributief-ricomethode (PAR)	9
3.4 Fijnstof en ozon als indicatoren voor gezondheidsrisico's door luchtverontreiniging	10
3.5 Monetarisering van gezondheidseffecten	11
4 Bevolkings- en gezondheidsgegevens	12
4.1 Bevolkingsopbouw	12
4.2 Blootstellingniveaus fijnstof en ozon	12
4.3 Incidentie- en prevalentiecijfers	13
4.4 Resultaten van gezondheidseffectberekeningen	14
5 Verschillen tussen de Nederlandse en Europese gezondheidseffectberekening	15
Literatuur	16
Tabellen	18

Samenvatting

Het rekenprogramma Environmental Health Planner (EHP) wordt door PBL toegepast voor modellering van de gezondheidseffecten in de Nederlandse bevolking door blootstelling aan luchtverontreinigende stoffen. Het ramen van gezondheidsbaten in een maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA) is een van de toepassingen van EHP.

De dit jaar verschenen MKBA 'De kosten en baten van het Commissievoorstel ter vermindering van de nationale emissies van bepaalde luchtverontreinigende stoffen', is door PBL, RIVM en ECN (Smeets et al. 2015) opgesteld ter onderbouwing van het Nederlandse standpunt in de onderhandelingen voorafgaand aan afspraken in de EU over emissiereductieverplichtingen voor 2030. In deze MKBA zijn de kosten en baten berekend van het in 2013 door de Europese Commissie gepubliceerde voorstel voor het verdergaand verbeteren van de luchtkwaliteit door het stellen van reductieverplichtingen per EU-lidstaat. De verplichtingen zijn als relatieve reductie geformuleerd; in 2030 ten opzichte van de uitstoot in 2005. Ook de Europese Commissie heeft een MKBA opgesteld. Daarbij maakt de Commissie gebruik van een eigen cijferbasis die verschilt van de Nederlandse.

Doel van deze rapportage is het documenteren van de gebruikte methoden en basisgegevens in de gezondheidseffectberekeningen voor bovengenoemde nationale MKBA-analyse.

De EHP is gebaseerd op rekenmethoden waarover internationaal consensus bestaat, zoals beschreven door onder meer de WHO (2009). De opbouw van de Nederlandse populatie en de sterfte worden gemodelleerd met behulp van de levenstabel methode (LTM). De uitwerking van de levenstabel methode komt overeen met die van CBS (Van der Meulen en Jansen, 2007). Gezondheidseffecten door blootstelling van de populatie worden bepaald met de populatie attributief risico methode (PAR), zoals beschreven door WHO (2009).

De WHO heeft in het project Health Risk of Air Pollution in Europe (HRAPIE) de standpunten van deskundigen over aanwijzingen over gezondheidseffecten van luchtverontreiniging geïnventariseerd en op basis van de conclusies een aantal aanbevelingen voor blootstelling-respons relaties geformuleerd (WHO, 2013). Deze aanbevelingen zijn toegepast in de gezondheidseffectberekeningen voor de MKBA-studie. De gebruikte determinanten voor gezondheidsrisico's door luchtverontreiniging zijn fijnstof (PM10/PM2.5) en ozon (SOMO35). De berekende gezondheidkundige effecten (eindpunten) en blootstelling-responsrelaties komen overeen met door de WHO in de HRAPIE-studie als additief aangegeven set van effecten (Group A*/B*).

In de nationale MKBA is gebruik gemaakt van bevolkings- en sterftegegevens volgens de CBS prognose voor 2020. Statistische gegevens over het voorkomen van aandoeningen, ziekenhuisopnames en ziekteverzuim zijn ontleend aan door CBS gepubliceerde incidentie- en prevalentiecijfers voor een recent jaar (CBS-Statline). Uitzondering vormt de incidentie van chronische bronchitis, met RIVM/NIVEL als bron (Van der Linden et al. 2004). Wegens ontbreken van Nederlandse informatie over dagen met verminderde activiteit (RAD, MRAD) en de frequentie van dagen met astmaklachten bij astmatische kinderen, zijn in deze gevallen de aanbevelingen door de WHO overgenomen.

Verschillen in resultaten moeten als eerste worden toegewezen aan verschillen in blootstellingsniveaus, gekoppeld aan de verschillen in emissiereductie. Daarnaast hebben ook verschillen in gezondheidseffectberekeningen invloed op het eindresultaat. Daarbij vormt de leeftijdsopbouw van de gebruikte bevolkings- en sterftegegevens het belangrijkste verschil. In de Nederlandse studie wordt een prognose voor 2020 gebruikt, terwijl de Europese studie van het huidige jaar uitgaat.

1 Aanleiding

De Europese Commissie streeft op de lange termijn naar een schone lucht zonder nadelige gevolgen voor menselijke gezondheid en natuur. Met het oog op dit lange termijn doel heeft de Commissie in 2013 een voorstel gepubliceerd voor het verminderen van de uitstoot van luchtverontreinigende stoffen. De Commissie heeft, gebruikmakend van een eigen cijferbasis, voor de verschillende lidstaten de balans opgemaakt tussen kosten van emissiereducties en baten door vermeden natuur- en gezondheidseffecten (Amann et al. 2014).

Ter onderbouwing van het Nederlandse standpunt in de onderhandelingen over dit voorstel, heeft PBL in samenwerking met RIVM en ECN ook een nationale MKBA uitgevoerd, resulterend in het rapport 'De kosten en baten van het Commissievoorstel ter vermindering van de nationale emissies van bepaalde luchtverontreinigende stoffen' (Smeets et al. 2015). Het gaat om een nationale analyse op basis van de in Nederland gebruikte gegevensbasis over emissiebronnen, reductiemaatregelen en (vermeden) effecten op gezondheid en natuur. De daarbij gebruikte methoden en invoergegevens sluiten aan op de in Europa gangbare methodieken, maar omdat in de nationale analyse voor Nederland specifieke gegevens zijn gebruikt, wijken de resultaten af van die in de Europese analyse.

2 Doel

Met deze rapportage wil het PBL vastleggen welke methodiek is gebruikt voor de gezondheidseffectberekening in de nationale MKBA. Ook geeft dit rapport concreet aan welke Nederlandse basisgezondheidsgegevens zijn gebruikt. Startpunt voor de gezondheidseffectberekeningen zijn de blootstellingniveaus in het onderzoek van PBL, RIVM en ECN.

In hoofdstuk 3 worden de in de gezondheidseffectberekening toegepaste methoden behandeld. In hoofdstuk 4 worden de gebruikte invoergegevens over bevolking en gezondheid besproken. Tot slot wordt in hoofdstuk 5 kort ingegaan op de verschillen in de rekenmethodiek en invoergegevens tussen de Nederlandse en Europese gezondheidseffectberekening, en hun invloed op de resultaten.

Bespreking van emissiereducties en verspreidingsberekeningen, en de daaruit volgende verschillen in concentratieniveaus, valt buiten het kader van dit rapport. Hiervoor wordt verwezen naar het hoofdrapport (Smeets et al. 2015).

3 Rekenmethodiek voor gezondheidseffecten

Deze paragraaf beschrijft het gebruikte gezondheidsmodel 'Environmental Health Planner' (EHP) en de daarin toegepaste levenstabelmethode (LTM) voor de beschrijving van de populatie, en de populatie-attributief-risicomethode (PAR) voor het modelleren van de gezondheidsveranderingen in die populatie. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van de voor dit onderzoek geselecteerde determinanten van gezondheid, gezondheidskundige eindpunten (effecten) en waardering van gezondheidseffecten.

3.1 Environmental Health Planner (EHP)

De 'Environmental Health Planner' (EHP), ook wel de 'PBL Gezondheidsplanner' genoemd, is een door het PBL ontwikkeld model voor het schatten van milieu-gerelateerde gezondheidsrisico's in de bevolking. Gezondheidsrelevante determinanten in de leefomgeving, zoals luchtverontreiniging maar ook bijvoorbeeld radon, vocht in de woning of lichamelijke activiteit, worden met EHP vertaald in gezondheidseffecten in de bevolking. EHP wordt onder meer toegepast voor schattingen van de gezondheidswinst door milieubeleid. De gezondheidseffecten van het Commissievoorstel worden berekend op basis van de blootstelling van de bevolking aan de determinanten fijnstof en ozon. Veranderingen in de blootstelling van de bevolking aan deze stoffen worden uitgedrukt in effecten op indicatoren voor mortaliteit (voortijdige sterfgevallen, verloren levensjaren, levensverwachting), morbiditeit (nieuwe ziektegevallen, ziekenhuisopname, medicijngebruik e.d.) en beleving (hinder). De berekende veranderingen in gezondheidseffecten beschrijven het verschil tussen een beoogde situatie met voorgenomen beleid ('projectalternatief') en een referentiesituatie ('nulalternatief' of 'raming'). De EHP berekent op jaarbasis effecten in de Nederlandse bevolking, of desgewenst in een door de gebruiker te definiëren (sub)populatie.

De EHP is gebaseerd op gangbare modelleringsmethoden. Basis van de berekening vormt de beschrijving van de populatie met behulp van de levenstabelmethode. De bevolking is daarbij onderverdeeld naar geslacht en in 100 leeftijdsklassen. Bevolkingsgegevens zijn afkomstig van CBS. Het CBS maakt eveneens gebruik van de levenstabelmethode, onder meer voor de berekening van de jaarlijks te publiceren levensverwachting. De in EHP gebruikte toepassing van de levenstabel komt overeen met die van CBS (Van der Meulen en Janssen, 2007).

Effecten van blootstelling op de gezondheid worden berekend volgens de PAR-methode ('Population Attributable Risk'), waarbij de blootstelling-responsrelatie is beschreven met een relatief risico (RR), een odds ratio (OR) of een logistische regressiecoëfficiënt (LR). De PAR-berekening vindt plaats per geslachts/leeftijdscategorie, waarna de resultaten worden gesommeerd voor de totale bevolking. In een berekening waarin meerdere blootstelling-responsrelaties zijn gedefinieerd, kan een berekend gezondheidseffect afhankelijk zijn van meer dan één stof (determinant). In dat geval wordt gecorrigeerd voor multicausaliteit (WHO, 2009).

De gezondheidstoestand van de populatie is, per geslachts-/leeftijdsklasse, voor mortaliteit vastgelegd met het sterftecijfer, en voor morbiditeit met incidentie- en prevalentiecijfers. Deze gegevens zijn bij voorkeur afkomstig van CBS. Indien CBS niet over de gewenste statistieken beschikt, wordt een andere bron gezocht, bijvoorbeeld RIVM.

Effecten op mortaliteit zijn uitgedrukt in aantallen voortijdige sterfgevallen per jaar (PD, 'Premature Death'), verloren levensjaren (YLL, 'Years of Life Lost') en afname van levensverwachting (LLE, 'Loss of Life Expectancy'). PD en YLL beschrijven het effect in de gehele populatie ten gevolge van 1 jaar blootstelling, LLE het gemiddelde effect op de levensver-

wachting van een pasgeborene die, fictief, levenslang leeft onder de condities van dat blootstellingsjaar. Effecten op morbiditeit zijn uitgedrukt in toename van aantal nieuwe ziektegevallen per jaar (incidentie) of in toename van het totaal aantal ziektegevallen gemiddeld over het jaar (prevalentie).

Met de DALY-methode ('Disability-Adjusted Life Year') kunnen desgewenst gezondheidseffecten voor meerdere eindpunten worden geaggregeerd ten behoeve van een indicator voor de ziektelast (BoD, 'Burden of Disease'). Hiertoe wordt gebruik gemaakt van weegfactoren, representatief voor de ernst van de aandoening (eindpunt), en de duur van de aandoening. In de Europese en nationale MKBA is deze vertaling verder niet gemaakt. Deze vertaling is namelijk niet nodig om tot een vergelijking van kosten en baten te komen. Onzekerheidsmarges in de invoerdata worden volgens de Monte-Carlo-methode doorgerekend naar onzekerheidsmarges (95% CI) bij de eindresultaten.

De EHP is samengesteld uit drie modules: een I/O-module, een gegevensbibliotheek en een rekenmodule. De I/O-module, een MS-Excellfile met invoergegevens en modeluitvoer, is gelinkt aan een bibliotheek met bevolkings- en gezondheidsgegevens, eveneens een MS-Excellfile, en aan de rekenmodule, een Analytica-applicatie. De bibliotheek bevat invoergegevens over de Nederlandse bevolking (opbouw en sterfte tussen 1990-heden, CBS), prevalentie en incidentie (CBS, RIVM), blootstelling-responsrelaties (internationale en Nederlandse publicaties) en DALY-weegfactoren (WHO). Bepaling van de blootstelling van de bevolking aan concentraties fijnstof en ozon in de lucht vindt buiten EHP plaats. De EHP-invoer bestaat uit het gemiddelde blootstellingsniveau en de blootgestelde fractie van de bevolking. De I/O-module biedt de mogelijkheid om voor een modelberekening een factsheet te genereren met metagegevens, invoergegevens en resultaten.

3.2 Levenstabelmethode (LTM)

De levenstabelmethode (LTM) is een methode voor het beschrijven van de leeftijdsopbouw van en de sterfte in een populatie, zie bijvoorbeeld Miller en Hurley (2003), Hoogenveen et al (1998), Van der Meulen en Janssen (2007). Bij toepassing van LTM wordt een populatie uit een bepaald jaar beschreven in aantallen inwoners en overlevingskansen per leeftijdsklasse en geslacht, waaruit onder andere de (resterende) levensverwachting wordt afgeleid.

Globaal gezien beschrijft de LTM een populatie met tabellen, ingedeeld in een aantal leeftijdsklassen en twee geslachten. Per geslacht-leeftijdsklasse zijn aantal inwoners op 1 januari (de startpopulatie) en aantal sterfgevallen gedurende het jaar bekend. Hieruit volgen sterftecijfer en overlevingskans per klasse. Door opeenstapeling van overlevingskansen kan voor elke geslachts-leeftijdsklasse het percentage overlevenden voor toekomstige jaren worden berekend. Daaruit volgt voor elke klasse het aantal levensjaren en de resterende gemiddelde levensverwachting per persoon. De resterende levensverwachting is afhankelijk van de leeftijdsklasse. Een levensverwachting zonder vermelding van leeftijd betreft altijd een nieuwgeborene. De berekende levensverwachting geeft de verwachting aan voor een pasgeborene die levenslang onder dezelfde condities leeft als in het beschouwde blootstellingsjaar. Sommatie van de levensjaren over alle klassen levert het totaal aantal levensjaren dat voor de gehele startpopulatie in het verschieft ligt. Deze statistische verwachting veronderstelt impliciet dat sterftecijfers in de toekomst ongewijzigd blijven. In de praktijk veranderen sterftecijfers uiteraard wel in de loop van de jaren, hetgeen uiteindelijk ook doorwerkt in de levensduur en het aantal levensjaren.

In het algemeen dienen bij de implementatie van de LTM op detailniveau nog enkele keuzes te worden gemaakt in de opbouw van de tabellen en de te gebruiken rekenregels. Deze keuzes zijn afhankelijk van de vorm van de beschikbare populatiegegevens. In EHP wordt onder leeftijd de leeftijd op 31 december verstaan (dit komt overeen met: leeftijd = beschouwd jaar – geboortjaar). Voor de bevolkingsopbouw wordt gebruik gemaakt van 100 leeftijds-

klassen, te weten de klassen 1 t/m 100 jaar, waarbij de klasse 100 het totaal van 100 jarigen en ouder omvat. Daarnaast is er de klasse 0 jaar voor nieuwgeborenen ten behoeve van de berekening van de levensverwachting. Het sterftecijfer per leeftijdsklasse wordt bepaald door het aantal jaarlijkse sterfgevallen (gecorrigeerd voor onnatuurlijke sterfte) op het bevolkingsaantal (de mid-year-population). Er bestaan twee manieren waarop aantallen sterfgevallen worden gerapporteerd: op basis van de gemiddelde leeftijd op 31 december of op basis van de laatste verjaardag. In EHP wordt de eerste vorm, leeftijd op 31 december, toegepast. De algoritmen voor berekening van de sterftecijfers hangen samen met deze keuzes. Deze keuzes beïnvloeden de resultaten (zoals aantal levensjaren en levensverwachting) in geringe mate. EHP is in de eerste plaats bedoeld voor berekeningen met de Nederlandse populatie en de gebruikte definities in EHP zijn afgestemd op de LTM-methode die het CBS hanteert (Van der Meulen en Janssen, 2007). De waarden uit de door CBS gepubliceerde tabellen met levensverwachting worden gereproduceerd door EHP.

3.3 Populatie-attributief-risicomethode (PAR)

Factoren die de gezondheidstoestand van de mens bepalen kunnen worden ingedeeld in drie categorieën: persoonsgebonden factoren, gedrag en omgeving. Blootstelling aan luchtverontreiniging is een determinant van gezondheid uit de categorie omgeving. In dit onderzoek wordt de concentratie van fijnstof en ozon als indicator van de mate van blootstelling aan luchtverontreiniging gebruikt. Welk deel van de gezondheidseffecten in een populatie statistisch in verband kan worden gebracht met een bepaalde determinant wordt beschreven met de Populatie Attributief Risico-methode (PAR). Hierbij wordt gebruik gemaakt van een beschrijving van de actuele gezondheidstoestand van de bevolking en blootstelling-responsrelaties. De gezondheidstoestand wordt beschreven aan de hand van zogenoemde gezondheidskundige eindpunten, zoals sterftegevallen, nieuwe ziektegevallen of ziekenhuisopnames per jaar, uitgedrukt in de *hazard rate* (h), de kans op een aandoening of sterfte. Bij ziekte geeft de kans h het aandeel in de bevolking weer dat de betreffende aandoening gedurende het jaar krijgt (incidentie) of heeft (prevalentie). De blootstelling-responsrelatie kan op verschillende wijzen worden beschreven, in de gezondheidssector wordt veel gebruik gemaakt van de Odds Ratio (OR) en het Relatief Risico (RR). Hier wordt RR gebruikt om de verhouding tussen de kans op een aandoening met en zonder blootstelling van de bevolking te beschrijven:

$$RR = \frac{h^+}{h^-}$$

waarin h^- de kans zonder blootstelling en h^+ de kans met blootstelling. Indien de gehele bevolking is blootgesteld dan is de kans h uit patiëntenregistraties gelijk aan h^+ , indien slechts een deel van de bevolking is blootgesteld dan is de kans h als volgt samengesteld:

$$h = P \cdot h^+ + (1 - P)h^-$$

met h het incidentie- of prevalentiecijfer uit de registratie en P de blootgestelde fractie in de bevolking. De Populatie Attributieve Fractie (PAF) is het aandeel in het gezondheidsprobleem dat toegeschreven kan worden aan de risicofactor (de blootstelling) en dat potentieel voorkomen kan worden door interventie (WHO, 2009):

$$PAF = \frac{P(RR - 1)}{P(RR - 1) + 1}$$

In het geval van luchtverontreiniging wordt de gehele bevolking blootgesteld en is $P = 1$. De PAR-methode is gebaseerd op gebruik van RR . Voor eindpunten waarbij OR is gegeven kan, als de kans h bekend is, deze wiskundig eenvoudig worden herleid naar RR :

$$RR = (1 - h) \cdot OR + h$$

Met deze omrekening wijkt EHP af van de in de praktijk vaak toegepaste methode waarbij

OR als benadering van RR wordt toegepast. Deze benadering is geoorloofd zolang het incidentiecijfer laag is.

3.4 Fijnstof en ozon als indicatoren voor gezondheidsrisico's door luchtverontreiniging

Gezondheidseffecten door luchtverontreiniging worden toegeschreven aan een mix van luchtverontreinigende stoffen. Om praktische redenen wordt doorgaans voor een of enkele indicatoren gekozen als representant van het totale mengsel. Om een vergelijking met Europese berekeningen mogelijk te maken is in dit onderzoek gekozen voor dezelfde set van luchtverontreinigende stoffen en gezondheidsrelevante eindpunten, zie samenvatting in Tabel 1.

Fijnstof betreft de deeltjes in de buitenlucht die bij inademing diep in de longen kunnen doordringen. Gezondheidseffecten door fijnstof worden toegeschreven aan langdurige blootstelling aan gemiddeld relatief lage niveaus, evenals aan kortdurende blootstelling aan piekniveaus (tijdens smogperiodes). De gevolgen van langdurige blootstelling aan fijnstof zijn belangrijk voor sterfte. Aangenomen wordt dat deze ook de sterfte door kortdurende blootstelling aan piekconcentraties omvat. Afhankelijk van de beschikbare blootstelling-responsrelatie wordt de concentratie PM10 of PM2.5 als indicator gehanteerd, zie Tabel 2.

Ozon is een sterk oxiderende stof die wordt gevormd tijdens fotochemische processen in de buitenlucht. Dit 'slechte' ozon op leefniveau (troposfeer) moet niet worden verward met het 'goede' ozon hoog in de stratosfeer dat ons beschermt tegen UV straling. Onderscheid kan worden gemaakt tussen korte en lange termijn blootstelling aan (troposferisch) ozon. Op grond van de huidige inzichten worden in ons land geen significante gezondheidseffecten door lange termijn ozonblootstelling verwacht. In de publicatie van Jerrett (2009) over lange-termijn blootstelling aan ozon en sterfte is in figuur 2 de relatie tussen ozonblootstelling en gezondheidseffect grafisch weergegeven. Hierin is een 'drempel' zichtbaar van circa 50 ppb, dit komt overeen met $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, waaronder geen significant effect optreedt of waarneembaar is. Het lange termijn ozonniveau is uitgedrukt als het gemiddelde van alle dag maxima in het zomerhalfjaar, waarbij het dag maximum de hoogste 1-uursconcentratie per etmaal is. Deze ozonniveaus zijn in Nederland in het algemeen lager dan $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (50 ppb), en liggen dus onder de effectdrempel. Aangenomen wordt dat effecten van lange termijn blootstelling aan ozon in Nederland verwaarloosbaar zijn.

Voor kortdurende blootstelling aan piekniveaus van ozon, ook wel 'zomersmog' genoemd, zijn wél effecten te verwachten. In deze studie zijn blootstelling-responsrelaties voor korte termijn blootstelling aan ozon toegepast, zie Tabel 3. In blootstelling-responsrelaties is het dagmaximum van de 8-uursgemiddelde concentratie ozon de gebruikelijke maat voor kortdurende blootstelling. De aanbevelingen van de WHO (2013) over ozon houden rekening met een drempelwaarde door ozonniveaus als SOMO35 (the 'sum of means over 35' ppb) uit te drukken. SOMO35 is een maat voor de overschrijding van de grenswaarde van 35 ppb ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) door de hoogste 8-uursgemiddelde concentratie ozon op een dag, gesommeerd over alle dagen in het jaar (UN-ECE, 2004; WHO, 2008). De gewenste ozonindicator ten behoeve van de blootstelling-responsrelatie is de gemiddelde dagelijkse bijdrage aan SOMO35 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$):

$$C_{8\text{-uur max}}(\text{ozon}) = \frac{\text{SOMO35}}{365}$$

Waar van toepassing, is bij conversie van ozonconcentraties van ppb naar $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gebruik gemaakt van de relatie $1 \text{ ppb} = 1.996 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.5 Monetarisering van gezondheidseffecten

De berekende gezondheidseffecten zijn uitgedrukt in aantallen gevallen per jaar. Ten behoeve van de kosten-batenanalyse worden de gezondheidseffecten gemonetariseerd. De gezondheidskosten zijn afhankelijk van de ernst van de aandoening. De in dit onderzoek gehanteerde kosten per geval, prijspeil 2010, zie Tabel 4. De waardering van sterfte is in vergelijking tot morbiditeit (ziekenhuisopname, artsenbezoek, medicijngebruik e.d.) lastig vast te stellen. Om de onzekerheid in beeld te brengen, is met een meest waarschijnlijke waarde voor de schadeposten door vervroegde sterfte door blootstelling aan luchtverontreiniging gerekend, zie paragraaf 2.3.2 in de nationale MKBA (Smeets et al. 2015).

4 Bevolkings- en gezondheidsgegevens

Deze paragraaf beschrijft de invoergegevens die specifiek voor Nederland gelden, zoals bevolkingsopbouw en sterfte-, incidentie- en prevalentiecijfers. Het zichtjaar in de studie is 2030. In de periode heden-2030 leiden de geplande emissiereducerende maatregelen tot gezondheidswinst in de populatie. Tijdens deze periode verandert ook de bevolkingsopbouw. De toename van het aandeel mensen in de hogere leeftijdsklassen heeft effect op de ziektelast. Om te voorkomen dat het onderscheid tussen effecten door emissiereductie en effecten door "vergrijzing" niet zichtbaar is, zijn voor elk jaar de berekeningen met dezelfde populatie uitgevoerd. Voor bevolkingsopbouw en sterfte is gebruik gemaakt van de CBS-prognose voor 2020. Deze populatie is representatief verondersteld voor de hele periode, inclusief het referentiejaar 2005. Nederlandse prognoses voor morbiditeit zijn niet beschikbaar. In deze studie zijn actuele gegevens uit de periode 2003 tot 2011 gebruikt als schatter. De voorkeur ging daarbij uit naar de statistieken van CBS (CBS-Statline). Eindpunten die niet in de CBS statistieken voorkomen zijn ontleend aan andere Nederlandse bronnen als RIVM en Nivel, bijvoorbeeld De tweede nationale studie naar ziekten en verrichtingen in de huisartspraktijk (Van der Linden, 2004). Indien geen bronnen met Nederlandse gegevens beschikbaar zijn, wordt gebruik gemaakt van de WHO aanbevelingen (2013).

4.1 Bevolkingsopbouw

In de berekeningen met EHP voor de nationale MKBA is gebruikt gemaakt van een prognose voor de bevolking in 2020, opgesteld door CBS (Van Duin, 2009; Van der Meulen et al. 2009; CBS-Statline). De benodigde invoergegevens voor de levenstabel zijn de bevolkingsomvang op 1 januari 2020 en het aantal sterfgevallen gedurende het jaar 2020, onderverdeeld naar geslacht en leeftijd, zie Tabel 5. De hoogste leeftijdsklasse is 100 jaar en ouder waarbij de leeftijd van een leeftijdsklasse is gedefinieerd als het verschil tussen het beschouwde kalenderjaar (zichtjaar) en het geboortear.

De aantallen geboorten (m/v) gedurende het jaar tellen niet mee in de bevolkingsopbouw op 1 januari. Omdat aantallen geboorten, evenals sterfte in deze groep, wel nodig zijn in de gehanteerde berekeningsmethode voor de levensverwachting, is de prognose voor geboorteaantallen, zie Tabel 6, ingevoerd in de levenstabel. Deze cohort van nul-jarigen telt ook mee in de berekeningen van gezondheidseffecten. Daarbij is gecorrigeerd voor het feit dat deze groep in de loop van het kalenderjaar wordt geboren en gemiddeld voor de helft van het jaar meetelt.

4.2 Blootstellingniveaus fijnstof en ozon

De blootstellingniveaus volgen uit de verspreidingsberekeningen met emissies overeenkomstig het jaar 2005, de raming (met doorvoering van bestaand beleid) voor 2030 en drie emissiereductiescenario's "Commissievoorstel", "PBL-variant op Commissievoorstel" en "Technisch Potentieel", zie Smeets et al. (2015). Ten behoeve van de gezondheidseffectberekeningen zijn de bevolking gewogen gemiddelde concentraties bepaald op basis van woonadressen. Tabel 7 geeft een overzicht van de blootstellingniveaus voor de verschillende in de nationale MKBA onderscheiden beleidsvarianten. Afhankelijk van de te gebruiken blootstelling-responsrelatie wordt blootstellingsniveau fijnstof uitgedrukt in jaargemiddelden PM_{2.5} of PM₁₀, waarbij in de gezondheidseffectberekening alleen het antropogene (door menselijk handelen veroorzaakte) aandeel van fijnstof wordt beschouwd. Ozon is berekend als SOMO₃₅, zie paragraaf 1.4. Uit SOMO₃₅, de jaarsom van overschrijdingen van de drempelwaarde (70 µg/m³), volgt de gemiddelde bijdrage per dag ten behoeve van de berekening van gezondheidseffecten.

4.3 Incidentie- en prevalentiecijfers

De gezondheidstoestand van de bevolking komt tot uitdrukking in gezondheidsstatistieken die langs verschillende wegen (zoals huisartspraktijken, GGD's, ziekenhuizen) worden verzameld en uiteindelijk in de databases van CBS worden opgenomen. Incidentie- en prevalentiecijfers beschrijven de frequentie van optreden van ziekten en aandoeningen in de bevolking. Het incidentiecijfer geeft het aantal nieuwe ziektegevallen aan en het prevalentiecijfer het aantal ziektegevallen gemiddeld over het jaar, vaak per 10.000 inwoners en per geslacht en leeftijdsklasse. Onderstaand volgt per gezondheidskundig eindpunt een korte beschrijving van de gebruikte statistieken.

Natuurlijke sterfte: De sterftecijfers zijn afkomstig uit de in 2008 opgestelde CBS-prognose voor 2020 (van Duin, 2009; van der Meulen et al. 2009). De correctie voor niet-natuurlijke sterfte is achterwege gelaten gezien dit aspect ontbreekt in de prognose. De sterftecijfers worden per geslacht en leeftijdsklasse berekend uit het aantal sterfgevallen en de mid-year-population. De mid-year-population in leeftijdsklasse x is het gemiddelde van het aantal personen in klasse x op 1 januari van kalenderjaar t en het aantal personen in klasse $x+1$ op 1 januari van jaar $t+1$ vermeerderd met het aantal sterfgevallen D in klasse x in jaar t (hetzelfde cohort één jaar later). Het sterftecijfer $h_{x,t}$ wordt dan:

$$h_{x,t} = \frac{D_{x,t}}{(N_{x,t} + N_{x+1,t+1} + D_{x,t}) / 2}$$

waarin $N_{x,t}$ het aantal personen in klasse x op 1 januari van kalenderjaar t , $N_{x+1,t+1}$ het aantal personen in klasse $x+1$ op 1 januari van kalenderjaar $t+1$ en $D_{x,t}$ het aantal sterfgevallen in klasse x in jaar t .

Tabel 5 toont de prognose voor bevolkingsopbouw en sterfte in 2020. In geval van een prognose is verondersteld dat de populatiegegevens in jaar $t+1$ gelijk zijn aan die in jaar t .

Post-neonatale sterfte: Dit eindpunt betreft kindersterfte in de leeftijd tussen 4 weken en 1 jaar. De frequentie van post-neonatale sterfte is afgeleid uit het aantal sterftegevallen onder kinderen met een leeftijd van 28 dagen t/m 11 maanden en het aantal geboorten in een jaar. Om jaarlijkse fluctuaties te vermijden is het gemiddelde over 2007 t/m 2012 berekend en toegepast. Van de sterfgevallen bij kinderen jonger dan 1 jaar is 25,5% ouder dan 28 dagen terwijl 56% van het mannelijk geslacht is. De basisgegevens zijn van CBS (CBS-Statline), de resultaten staan in Tabel 8.

Nieuwe gevallen van chronische bronchitis: In het geval van het eindpunt chronische bronchitis is gebruik gemaakt van de incidentiecijfers (ICPC-code R91) voor 2003 in rapportage van RIVM/NIVEL (Van der Linden, 2004), zie Tabel 9.

Aantal kinderen met bronchitis: Gebruik is gemaakt van de uitkomsten van de jaarlijkse gezondheidsenquête van CBS in 2013. Overgenomen is het percentage van personen dat in de afgelopen 12 maanden last heeft of had van astma, chronische bronchitis of CARA (CBS-Statline), zie Tabel 10. De term bronchitis krijgt hiermee een bredere interpretatie dan de feitelijke definitie van bronchitis maar lijkt ook beter in lijn met de in het WHO-advies genoemde prevalentie.

Ziekenhuisopnames: Ziekenhuisopnames door luchtwegklachten of cardiovasculaire klachten zijn ontleend aan CBS. Het betreft cijfers over het jaar 2011. In het geval van ziekenhuisopnames met luchtwegklachten gaat het om het totaal van de categorieën met ICD-9-codes 460-519. Voor ziekenhuisopname met cardiovasculaire klachten om ICD-9-codes 390-459 en, in geval van ozon, cardiovasculaire klachten met uitzondering van beroerte om ICD-9-codes 390-429, zie Tabel 11. De tabel vermeldt ook de gemiddelde duur per ziekenhuisopname, in 2011, ten behoeve van de correctie op RAD voor effecten van fijnstof.

Verondersteld wordt dat het effect van luchtverontreiniging op ziekenhuisopnames alleen acute opnames betreft. De statistieken beschrijven het totaal van acute en geplande ziekenhuisopnames, maar geven geen informatie over de verdeling tussen deze categorieën. Voor deze verdeling is gebruik gemaakt van percentages uit een persoonlijke mededeling van RIVM-deskundige P.H. Fischer: van de ziekenhuisopnames met luchtwegklachten is 60% acuut en met cardiovasculaire klachten is 69% acuut (Fischer, 2014).

Dagen met verminderde activiteit: Inventarisaties van dagen met verminderde activiteit (RAD) en dagen met beperkt verminderde activiteit (MRAD) ontbreken voor Nederland. Voor deze eindpunten wordt teruggegrepen op de aanbeveling in WHO (2013) voor een prevalentie van 19 dagen per jaar voor RAD en 7,8 dagen per jaar voor MRAD, zie Tabel 12, beiden gebaseerd op onderzoeken in de Verenigde Staten en Canada.

Dagen met astmasymptomen in astmatische kinderen: Gegevens voor dit eindpunt bestaan uit prevalentiecijfers astma en de frequentie waarmee astmasymptomen zich bij de patiënten voordoen. De prevalentiecijfers voor astma zijn overgenomen van RIVM/VTM (2006). Nederlandse gegevens over het optreden van astmasymptomen zijn niet voorhanden. Hiervoor is gebruik gemaakt van het WHO advies dat vermeldt dat astmatische kinderen gemiddeld op 17% van de dagen last van astmasymptomen hebben (WHO, 2013), dit komt overeen met 62 dagen per jaar per patiënt. Tabel 13 geeft een overzicht van de astma prevalentie en symptoomdagen bij kinderen.

Dagen met ziekteverzuim in werkzame beroepsbevolking: Voor dit eindpunt zijn gegevens nodig over de omvang van de beroepsbevolking, de gemiddelde arbeidsduur en het percentage ziekteverzuim. Deze zijn overgenomen van CBS (CBS-Statline), zie Tabel 14.

4.4 Resultaten van gezondheidseffectberekeningen

De in dit hoofdstuk beschreven invoergegevens zijn gebruikt in de gezondheidseffectberekeningen voor de Nederlandse MKBA-studie. Tabel 15 geeft een overzicht van de gezondheidswinst voor de in de nationale MKBA onderscheiden beleidsvarianten.

5 Verschillen tussen de Nederlandse en Europese gezondheidseffectberekening

Verschillen in resultaten in gezondheidseffecten tussen de Nederlandse en Europese MKBA hebben hun oorzaak in de toegepaste rekenmethoden, de gebruikte invoergegevens voor bevolking en gezondheid, en de gemodelleerde daling in concentratieniveaus. De invoergegevens voor de Nederlandse bevolking en gezondheid wijken in de Nederlandse studie in een aantal gevallen af van de Europese studie. Verschillen in emissies en concentratieniveaus vallen buiten de scope van dit rapport.

Rekenmethodiek is gelijk

Methodische verschillen in de berekening van gezondheidseffecten tussen de Europese en nationale MKBA zijn nagenoeg afwezig. Het Nederlandse en het Europese gezondheidsmodel zijn beiden gebaseerd op een combinatie van de levenstabelmethode en de Populatie-Attributief-Risicomethode. In de implementatie van de levenstabelmethode kunnen kleine verschillen optreden die samenhangen met de definitie van enkele parameters, afhankelijk van de wijze waarop gegevens zijn verzameld. In het Nederlandse onderzoek worden de door CBS gebruikte definities toegepast. Door verschillen in gebruikte definities van parameters kunnen de Nederlandse en Europese gezondheidseffectberekeningen in geringe mate afwijken.

Bevolking en sterftegegevens in Nederlandse studie volgens prognose voor 2020

De bevolkings- en sterftegegevens in de Nederlandse berekeningen betreffen een prognose voor 2020, terwijl de Europese berekeningen uitgaan van de nationale statistieken voor een recent jaar. De verwachte "vergrijzing" van de Nederlandse bevolking in 2020 uit zich in leeftijdsopbouw. Een groter aandeel van de bevolking in hogere leeftijdsklassen houdt in dat de omvang van sterfte en ziekte in de bevolking ook relatief hoger zal zijn. Dit heeft gevolgen voor de berekende gezondheidseffecten door luchtverontreiniging, dat als een percentage van de totale ziektelast wordt berekend. De gezondheidswinst door emissiereductie zal relatief hoger zijn voor een "vergrijzde" populatie. Zo is bijvoorbeeld, bij eenzelfde emissiereductie, de gezondheidswinst uitgedrukt in levensjaren (YLL) voor de populatie uit 2020 ruim 13% hoger dan berekend met de populatie uit 2005. Hiervan is circa 1/3 gevolg van de toename van de bevolkingsomvang en 2/3 van de "vergrijzing". Opgemerkt kan worden dat de afhankelijkheid van de leeftijdsopbouw niet geldt voor effecten op de levensverwachting. Deze wordt berekend voor een (fictief) individu en niet voor de hele populatie.

Basisgegevens gezondheid uit nationale statistieken of generiek voor Europa

De gezondheidsgegevens in het Nederlandse onderzoek zijn overeenkomstig de Nederlandse statistieken, voor zover beschikbaar. In het Europese onderzoek zijn in de meeste gevallen generieke incidentiecijfers voor heel Europa toegepast. Uitzondering hierop zijn in de Nederlandse studie het aantal dagen met astmatische symptomen per patiënt en (M)RAD, welke geschat zijn volgens de WHO methoden (WHO, 2013). Uitzondering in het Europese onderzoek vormen de aantallen ziekenhuisopnames, deze zijn afkomstig uit de nationale statistieken. In deze studie vormt mortaliteit door fijnstof de belangrijkste post in de gemonetariseerde gezondheidseffecten (circa 70%). Omdat mortaliteit dominant is, hebben verschillen in de basisgegevens relatief weinig invloed op de eindresultaat.

Door gebruik van verschillende populaties vallen de gezondheidsbaten, bij gelijke daling in blootstellingniveaus, in de Nederlandse berekeningen hoger uit dan in de Europese berekeningen; de volgorde van emissiescenario's, uitgedrukt in gezondheidsbaten, blijft daarbij gelijk.

Literatuur

Amann M., J. Kleefeld, J. Cofala, J.P. Hettelingh, C. Heyes, L. Höglund-Isaksson, M. Holland, G. Kiesewetter, Z. Klimont, P. Rafaj, M. Posch, R. Sander, W. Schöpp, F. Wagner, W. Winwarter (2014), *The Final Policy Scenarios of the EU Clean Air Policy Package. TSAP Report #11 (Version 1.1a)*, Laxenburg: IIASA.

CBS-Statline, <http://statline.cbs.nl/>

Duin, C. van (2009), *Bevolkingsprognose 2008–2050: naar 17,5 miljoen inwoners, Bevolkingstrends* 57(1): 15-22.

Fischer, P.H. (2014), Persoonlijke mededeling, Bilthoven: Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieu.

Hiltermann, T.J.N., J. Stolk, S.C. van der Zee, B. Brunekreef, C.R. de Bruijne, P.H. Fischer, C.B. Ameling, P.J. Sterk, P.S. Hiemstra, L. van Bree (1998), *Asthma severity and susceptibility to air pollution, European Respiratory Journal* 11(3): 686-693.

Hoek G., S. Pattenden, S. Willers, T. Antova, E. Fabianova, C. Braun-Fahrländer, F. Forastiere, U. Gehring, H. Luttmann-Gibson, L. Grize, J. Heinrich, D. Houthuijs, N. Janssen, B. Katsnelson, A. Kosheleva, H. Moshhammer, M. Neuberger, L. Privalova, P. Rudnai, F. Speizer, H. Slachtova, H. Tomaskova, R. Zlotkowska, T. Fletcher (2012), *PM10, and children's respiratory symptoms and lung function in the PATY study. European Respiratory Journal* 40(3): 538–547.

Hoek G., R.M. Krishnan, R. Beelen, A. Peters, B. Ostro, B. Brunekreef, J.D. Kaufman (2013), *Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality. A review, Environmental Health* 2013, 12:43.

Holland M.R., S. Pye, G. Jones, A. Hunt, A. Markandya (2013), The ALPHA Benefit Assessment Model. European Consortium for Modelling of Air Pollution and Climate Strategies - EC4MACS Report Task 8 Modelling Methodology.

Hoogenveen R.T., A.E.M. de Hollander, M.L.L. van Genugten (1998), *The chronic diseases modelling approach*, Bilthoven: Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieu.

Hurley, J.F., A. Hunt, H. Cowie, M. Holland, B. Miller, S. Pye, P. Watkiss (2005), *Methodology for the Cost-Benefit analysis for CAFE: Volume 2: Health Impact Assessment, Service Contract for carrying out cost-benefit analysis of air quality related issues, in particular in the clean air for Europe (CAFE) programme*, Didcot, Oxon (UK): AEA Technology.

Jerrett, P.H., R.T. Burnett, C.A. Pope, K. Ito, G. Thurston, D. Krewski, Y. Shi, E. Calle, M. Thun (2009), *Long-Term Ozone Exposure and Mortality, The New England Journal of Medicine* 360(11): 1085-95.

Linden, M.W. van der, G.P. Westert, D.H. de Bakker, F.G. Schellevis (2004), *Tweede Nationale Studie naar ziekten en verrichtingen in de huisartsenpraktijk. Klachten en aandoeningen in de bevolking en in de huisartsenpraktijk*, Utrecht/Bilthoven: Nederlands instituut voor onderzoek van de Gezondheidszorg/ Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieu.

Meulen, A. van der & F. Janssen (2007), *Achtergronden en berekeningswijzen van CBS-overlevingstafels, Bevolkingstrends* 55(1): 66-76.

Meulen, A. van der, C. van Duin, J. Garssen (2009), *Bevolkingsprognose 2008–2050. Model en veronderstellingen betreffende de sterfte. Bevolkingstrends* 57(1): 41-53.

- Miller, B.G. & J.F. Hurley (2003), *Life table methods for quantitative impact assessments in chronic mortality*, *Journal of Epidemiology and Community Health* 2003;57: 200–206.
- Ostro B.D. (1987), *Air pollution and morbidity revisited. A specification test*, *Journal of Environmental Economics and Management* 14(1): 87-98.
- Ostro B.D. & Rothschild S. (1989), *Air pollution and acute respiratory morbidity. An observational study of multiple pollutants*, *Environmental Research* 50(2): 238-247.
- RIVM, VTV2006 documentatie, http://www.rivm.nl/vtv/object_document/o4668n18082.html
- Smeets, W. (2012), *Kosten en baten van strengere emissieplafonds voor luchtverontreinigende stoffen. Nationale evaluatie voor de herziening van het Gothenburg Protocol*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, in samenwerking met Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieu.
- Smeets, W. (2015), *De kosten en baten van het Commissievoorstel ter vermindering van de nationale emissies van bepaalde luchtverontreinigende stoffen*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving, in samenwerking met Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieu en Energieonderzoek Centrum Nederland.
- UN-ECE (1999), *Protocol to the 1979 Convention on Long-range Transboundary Air Pollution to abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone*, Gotenburg: 30 november 1999.
- UN-ECE (2004), *Modelling and assessment of the health impact of particulate matter and ozone*, Genève: United Nations, Economic Commission for Europe.
- Weinmayr G., E. Romeo, M. De Sario, S. K. Weiland, F. Forastiere (2010), *Short-term effects of PM₁₀ and NO₂ on respiratory health among children with asthma or asthma-like symptoms. A systematic review and meta-analysis*, *Environmental Health Perspectives* 118(4): 449–457.
- WHO (2008), *Health risk of ozone from long-range transboundary air pollution*, Kopenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe.
- WHO (2009), *Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks. Annex A: Data and methods*, Genève: World Health Organization.
- WHO (2013), *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*, Kopenhagen: World Health Organization, Regional Office for Europe.
- Woodruff T.J., J. Grillo, K.C. Schoendorf (1997), *The relationship between selected causes of postneonatal infant mortality and particulate air pollution in the United States*, *Environmental Health Perspectives* 105(6): 608-612.

Tabellen

Tabel 1. De in de kosten-baten analyse te beschouwen gezondheidseffecten overeenkomstig de WHO-aanbevelingen uit het HRAPIE project

Eindpunt	Fijnstof			Ozon		
	kinderen	volwassenen	ouderen	kinderen	volwassenen	ouderen
Chronische mortaliteit (30 jaar en ouder)		●	●			
Acute mortaliteit				●	●	●
Kindersterfte (1 – 12 maanden)	●					
Chronische bronchitis - nieuwe gevallen		●	●			
Kinderen met bronchitis (6 – 12 jaar)	●					
Ziekenhuisopname door luchtwegklachten (RHA)	●	●	●			●
Ziekenhuisopname door hartklachten (CHA)	●	●	●			●
Dagen met verminderde activiteit (RAD)	●	●	●			
Dagen met beperkt verminderde activiteit (MRAD)				●	●	●
Dagen met astmasymptomen in astmatische kinderen	●					
Dagen met ziekteverzuim (werkzame beroepsbevolking)		●				

Bron: WHO 2013

Tabel 2. Toegepaste concentratie-responsrelaties voor fijnstof, uitgedrukt in PM2.5 of PM10, overeenkomstig de WHO-aanbevelingen uit het HRAPIE project

Eindpunt	Waarde	(95% CI)	per toename in concentratie	Leef-tijden	Referentie
Chronische mortaliteit	RR 1.062	(1.040 - 1.083)	10 µg/m ³ PM2.5	≥30	meta-analyse, Hoek et al. (2013)
Kindersterfte (1 – 12 maanden)	RR ¹ 1.04	(1.02 – 1.07)	10 µg/m ³ PM10	1-12 mnd	Woodruff (1997)
Chronische bronchitis - nieuwe gevallen	RR 1.117	(1.040 – 1.189)	10 µg/m ³ PM10	≥18	AHSMOG en ALPALDIA
Kinderen met bronchitis	RR 1.08	(0.98 – 1.19)	10 µg/m ³ PM2.5	6-12	PATY study, Hoek et al. (2012)
Ziekenhuisopname door luchtwegklachten	RR 1.0190	(0.9982 – 1.0402)	10 µg/m ³ PM2.5	Alle	APED meta-analyse
Ziekenhuisopname door cardiovasculaire klachten	RR 1.0091	(1.0017 – 1.0166)	10 µg/m ³ PM2.5	Alle	APED meta-analyse
Dagen met verminderde activiteit (RAD)	RR 1.047	(1.042 – 1.053)	10 µg/m ³ PM2.5	Alle	Ostro (1987)
Dagen met astmasymptomen in astmatische kinderen	RR 1.028	(1.006 – 1.051)	10 µg/m ³ PM10	5-19	meta-analyse, Weinmayr (2010)
Dagen met ziekteverzuim (werkzame beroepsbevolking)	RR 1.046	(1.039 – 1.053)	10 µg/m ³ PM2.5	18-65	Ostro (1987)

Bron: WHO 2013

¹ oorspronkelijke in Woodruff (1997) gerapporteerd als OR, in WHO-advies toegepast als RR als benadering van OR

Tabel 3. Toegepaste concentratie-responsrelaties voor ozon, ozon uitgedrukt als gemiddelde dagelijkse bijdrage aan SOMO35¹, overeenkomstig de WHO-aanbevelingen uit het HRAPIE project

Eindpunt	Waarde	(95% CI)	Per	Leef-tijden	Referentie
Acute mortaliteit	RR 1.0029	(1.0014 – 1.0043)	10 µg/m ³ ozon	Alle	APHENA
Ziekenhuisopname door luchtweg- en cardiovasculaire klachten (excl. beroerte)	RR 1.0089	(1.0050 – 1.0127)	10 µg/m ³ ozon	≥65	APHENA
Dagen met beperkt verminderde activiteit (MRAD)	RR 1.0154	(1.0060 – 1.0249)	10 µg/m ³ ozon	18-64	Ostro (1989)

Bron: WHO 2013

¹ gemiddelde dagelijkse bijdrage is SOMO35/365 in µg/m³

Tabel 4. Gezondheidskosten per geval per jaar (prijspeil 2010)

Determinant	Gezondheidseffect	Eenheid	Waardering (euro per eenheid)
PM2.5	Chronische mortaliteit – verloren levensjaren	YLL per jaar	
	middenschatting		41 011
	onderschatting		26 705
	bovenschatting	94 421	
PM2.5	Chronische mortaliteit – aantal doden	aantal per jaar	-
PM2.5	Chronische mortaliteit – verlies gemiddelde levensverwachting	Maanden	-
PM10	Kindersterfte	aantal per jaar	2 645 155
PM10	Chronische bronchitis – nieuwe gevallen	aantal per jaar	57 870
PM10	Kinderen met bronchitis	aantal per jaar	635
PM2.5	Ziekenhuisopnames door luchtwegklachten	aantal per jaar	2 397
PM2.5	Ziekenhuisopnames door hartklachten	aantal per jaar	2 397
PM2.5	RAD - dagen met verminderde activiteit - volwassenen	dagen per jaar	99
PM10	Astma symptomen in astmatische kinderen	dagen per jaar	45
PM2.5	Dagen met ziekteverlof (werkzame beroepsbevolking)	dagen per jaar	140
SOMO35	Acute mortaliteit - verloren levensjaren	YLL per jaar	
	middenschatting		41 011
	onderschatting		26 705
	bovenschatting	94 421	
SOMO35	Acute mortaliteit - aantal doden	aantal per jaar	-
SOMO35	Ziekenhuisopnames door luchtwegklachten	aantal per jaar	2 397
SOMO35	MRAD - dagen met beperkt verminderde activiteit	aantal per jaar	45

Bron: Holland 2013

Tabel 5. Bevolkingsomvang op 1 januari en sterfte in 2020 per geboortecohort

Leeftijd ¹	Omvang 1-1- 2020		Sterfte in 2020	
	M	V	M	V
1	93484	89087	45	34
2	93140	88850	28	21
3	92711	88581	18	14
4	92317	88298	13	10
5	91914	87967	10	7
6	91663	87742	8	6
7	91730	87835	7	6
8	91597	87744	6	5
9	91751	87904	6	5
10	92146	88253	6	6
11	93503	89539	6	6
12	95545	91493	7	7
13	93192	89833	8	7
14	95489	90976	10	8
15	96714	92344	13	9
16	99664	95558	16	9
17	103486	98679	21	10
18	104320	99455	25	12
19	105555	101136	30	13
20	107602	104014	34	15
21	106396	102653	38	16
22	106057	103561	39	17
23	103348	102304	39	17
24	104211	101794	39	17
25	104594	103494	39	17
26	107723	106705	41	19
27	107740	107149	42	21
28	108951	108115	44	24
29	109924	109743	47	27
30	110189	109573	50	29
31	105704	106304	50	31
32	104564	104945	51	33
33	104818	104686	54	36
34	103299	104588	56	38
35	100873	101950	59	40
36	99661	100267	63	43
37	97074	98284	66	46
38	97716	98813	72	50
39	99696	101603	80	57
40	101255	102383	87	64
41	98421	99716	91	71
42	98870	100192	99	80
43	97702	98818	107	89
44	99321	99441	119	102
45	99676	100659	134	118
46	103849	104876	157	138
47	107145	108798	183	162
48	115583	117601	221	196
49	121885	122283	258	228
50	126921	127375	295	263

(vervolg)	Omvang 1-1-2020		Sterfte in 2020	
Leeftijd ¹	M	V	M	V
51	130171	129777	330	297
52	124469	124354	342	313
53	123675	122847	373	337
54	124170	123234	412	368
55	126200	124839	462	405
56	127789	126977	517	446
57	125789	124787	563	475
58	122731	122903	607	509
59	121236	121641	664	547
60	117756	117918	714	577
61	116223	117031	779	622
62	112730	113458	835	652
63	109796	110960	896	690
64	107608	108431	966	731
65	103866	106083	1026	778
66	102085	103599	1114	833
67	99756	101552	1206	900
68	99165	100998	1340	975
69	94827	96850	1436	1022
70	93887	96619	1596	1116
71	93854	97086	1791	1232
72	95262	98884	2043	1384
73	97871	103541	2353	1626
74	99138	104908	2680	1853
75	69022	74540	2103	1483
76	69895	76692	2405	1719
77	64134	71196	2494	1799
78	56810	64267	2462	1828
79	51565	59801	2486	1917
80	49832	59794	2665	2167
81	44874	55902	2656	2300
82	41090	52415	2695	2453
83	35590	47328	2637	2513
84	32423	44723	2720	2695
85	28565	41143	2710	2807
86	24983	38061	2685	2936
87	21436	34517	2606	3005
88	18748	32202	2552	3179
89	15430	28411	2339	3173
90	12854	25428	2166	3209
91	9891	21222	1845	3018
92	7734	18099	1589	2885
93	5743	14511	1292	2579
94	4292	11908	1049	2348
95	3062	9374	812	2047
96	2142	7359	611	1770
97	1501	5549	460	1465
98	976	3867	319	1118
99	626	2692	178	780
100	898	4712	356	1561

Bron: CBS 2008

¹ Leeftijd op 31 december

Tabel 6. Bevolkingskarakteristieken 2020

Bevolkingskarakteristiek	Man	Vrouw	Totaal
Bevolkingsomvang op 1 januari	8414859	8598951	17013810
Aantal geboorten (nieuwgeborenen)	94093	89539	183632
Sterfte onder bevolking excl. nieuwgeborenen	76974	79741	156715

Bron: CBS 2008

Tabel 7. Blootstellingniveaus berekend in de nationale MKBA (Smeets et al., 2014), 2005 en beleidsvarianten 2030

Scenario	Fijnstof ¹ (jaargemiddelden)				Ozon ²	
	Antropogeen		Totaal			
	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SOMO35 ³ (ppb·dag)	Gemiddelde bijdrage per dag ⁴ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
2005	18,7	15,8	27,8	19,0	1596	8,7
Raming 2030	10,5	8,4	19,6	11,6	1606	8,8
Commissievoorstel 2030	9,2	7,3	18,5	10,6	1580	8,6
PBL-variant op Commissie voorstel 2030	9,4	7,4	18,6	10,7		
Technisch potentieel 2030	8,4	6,6	17,6	9,8		

Bron: Smeets et al. 2015

¹ De berekening van gezondheidseffecten is gebaseerd op het antropogene (door menselijk handelen veroorzaakte) aandeel van de totale concentratie fijnstof

² Om het aantal modelberekeningen in te kunnen perken zijn de niveaus voor ozon alleen berekend voor 2005, de raming en het Commissievoorstel

³ SOMO35 (the 'sum of means over 35' ppb) is een maat voor de overschrijding van de grenswaarde van 35 ppb ($70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) door de hoogste 8-uursgemiddelde concentratie ozon op een dag, gesommeerd over alle dagen in het jaar (UN-ECE, 2004; WHO, 2008)

⁴ gemiddelde bijdrage per dag is SOMO35/365 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, voor ozon geldt 1 ppb = $1,996 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabel 8. Kindersterfte, gemiddeld over 2007-2012 (aantal sterfgevallen per 1000 levendgeborenen per jaar)

Jaar	Gemiddelde van 2007-2012	
	M	V
Kindersterfte, jonger dan 1 jaar	4,153	3,423
Post-neonatale sterfte, leeftijd vanaf 28 dagen t/m 11 maanden	1,060	0,874

Bron: CBS-Statline

Tabel 9. Nieuwe gevallen van chronische bronchitis (aantal gevallen per 1000 inwoners per jaar)

		Incidentie	
ICPC-code		R91	
Jaar		2003	
Geslacht		M	V
Leeftijd	0-4	1,6	1,3
	5-14	0,4	0,2
	15-24	0,3	0,4
	25-44	0,4	0,7
	45-64	1,5	1,6
	65-74	2,5	3,0
	75+	5,4	3,4
	Alle ¹	1,4	1,4
	≥18 ^{1,2}	1,6	1,6

Bron: Van der Linden 2004

¹ Gewogen gemiddelde in populatie 2020

² Incidentiecijfer in WHO advies (2013) is 3,9 gevallen per 1000 inwoners

Tabel 10. Personen met astma, chronische bronchitis, longemfyseem of CARA in de afgelopen 12 maanden (aantal gevallen per 1000 inwoners per jaar)

		Prevalentie	
Jaar		2013	
Geslacht		M	V
Leeftijd	0-3	40	32
	4-11	66	50
	12-15	46	20
	16-19	54	85
	20-24	44	84
	25-34	74	48
	35-44	38	85
	45-54	45	89
	55-64	93	113
	65-74	106	101
	75+	124	117
	Alle	66	80
	6-12 ¹	66	50

Bron: CBS-Statline

¹ Prevalentiecijfer in WHO advies (2013) is 186 gevallen per 1000 inwoners

Tabel 11. Klinische ziekenhuisopnames door klachten aan ademhalingswegen en hart vaatstelsel (aantal opnames per 1000 inwoners per jaar)

Klacht	Ademhalings- wegen		Hart vaatstelsel		Hart vaatstelsel, zonder beroerte	
ICD-9-code	460-519		390-459		390-429	
Jaar	2011		2011		2011	
Geslacht	M	V	M	V	M	V
Leeftijd						
0-4	18,3	12,1	0,4	0,2	0,2	0,1
5-9	4,0	3,0	0,2	0,2	0,1	0,1
10-14	2,0	2,6	0,3	0,3	0,2	0,2
15-19	4,2	7,9	0,8	0,7	0,7	0,6
20-24	4,4	6,3	1,2	1,0	1,0	0,9
25-29	3,8	5,3	1,5	1,5	1,4	1,2
30-34	4,2	4,7	2,3	2,0	2,0	1,6
35-39	4,3	4,4	4,0	3,2	3,5	2,5
40-44	4,1	3,5	7,7	4,8	6,6	3,6
45-49	4,1	4,1	13,0	7,5	10,8	5,5
50-54	5,1	5,3	20,6	10,4	16,9	7,8
55-59	6,8	7,3	31,4	14,2	25,3	10,7
60-64	9,1	9,2	44,0	20,7	34,2	15,7
65-69	13,5	10,9	60,7	31,8	45,7	23,9
70-74	20,6	14,2	79,4	46,5	59,2	34,9
75-79	31,9	17,7	103,4	65,8	74,8	48,7
80-84	42,9	19,5	118,5	80,6	85,6	58,9
85+	50,1	20,7	122,5	89,6	87,7	64,8
Alle ¹	9,6	8,0	25,6	17,1	19,5	12,7
65+ ¹	26,1	15,6	87,2	57,4	64,1	42,4
Duur per opname (aantal dagen)	6	6	6,5	6,5	6,5	6,5
Aandeel acute opnames (%)	60	60	69	69	69	69

Bron: CBS-Statline; Fischer 2014

¹ Gewogen gemiddelde in populatie 2020

Tabel 12, Dagen met verminderde activiteit (RAD) en met beperkt verminderde activiteit (MRAD) in volwassenen (aantal dagen per inwoner per jaar)

Klacht	RAD		MRAD	
Jaar	-		-	
Geslacht	M	V	M	V
Leeftijd				
Alle	19	19	7,8	7,8

Bron: CBS-Statline

(M)RAD: (minor) restricted activity days

Tabel 13, Prevalentie van Astma (aantal gevallen per 1000 inwoners per jaar)

Jaar	Prevalentie		Aantal dagen met astmasymptomen per jaar			
	2003					
Geslacht	M	V	M	V		
Leeftijd						
	0-4	53	34	-	-	
	5-9	61	40	17%	3760	2490
	10-14	47	32	17%	2920	1980
	15-19	31	40	17%	1910	2480
	20-24	28	35	17%	1730	2140
	25-29	22	37	-	-	
	30-34	25	36	-	-	
	35-39	24	35	-	-	
	40-44	26	41	-	-	
	45-49	22	37	-	-	
	50-54	21	32	-	-	
	55-59	20	33	-	-	
	60-64	20	38	-	-	
	65-69	22	30	-	-	
	70-74	19	28	-	-	
	75-79	28	34	-	-	
	80-84	27	20	-	-	
	85+	22	14	-	-	
	Alle¹	28	34	-	-	
	5-19^{1,2}	46	37	2830	2320	

Bron: RIVM 2006; WHO 2013

¹ Gewogen gemiddelde in populatie 2020

² Prevalentiecijfer in WHO advies (2013) is 49 gevallen per 1000 inwoners voor West-Europa

Tabel 14. Verloren werkdagen in werkzame beroepsbevolking

Jaar	Geslacht	Werkzame beroepsbevolking (% van bevolking)		Gemiddelde arbeidsduur (uur/week)		Percentage ziekteverzuim (%)	
		M	V	M	V	M	V
Leeftijd							
	0-14	-	-	-	-	-	-
	15-24	38,8	36,1	32,4	27,3	1,9	2,9
	25-34	86,3	79,0	39,3	31,1	2,8	5,1
	35-44	90,7	74,6	40,7	27,7	3,8	4,5
	45-54	86,5	67,9	40,6	27,8	4,1	5,2
	55-64	59,6	35,4	38,4	27,0	5,9	6,0
	65+	-	-	-	-	-	-
	15-65	73,3	59,2	39,2	28,4	3,7	4,7

Bron: CBS-Statline

Tabel 15. Berekende gezondheidswinst door reductie van antropogene concentraties fijnstof en ozon in de nationale MKBA

Eindpunt	Eenheid	Raming		Commissie voorstel	PBL-variant op Commissie voorstel 2030	Technisch Potentieel
		2005	2030	2030	2030	2030
Fijnstof¹ – jaargemiddelde PM10 – jaargemiddelde PM2.5	µg/m³	18,7 15,8	10,5 8,4	9,2 7,3	9,4 7,4	8,4 6,6
Verloren levensjaren door sterfte (YLL)	YLL per jaar	163363	89353	77255	78975	70572
Verlies in levensverwachting (LLE)	Maand	10,0	5,4	4,6	4,7	4,2
Kindersterfte	Aantal per jaar	13	7	6	6	6
Chronische bronchitis - nieuwe gevallen	Aantal per jaar	4173	2456	2166	2210	1991
Kinderen met bronchitis	Aantal per jaar	10252	5952	5239	5347	4809
Ziekenhuisopname door luchtwegklachten	Aantal per jaar	2663	1435	1238	1266	1129
Ziekenhuisopname door cardiovasculaire klachten	Aantal per jaar	3582	1924	1659	1696	1513
Dagen met verminderde activiteit (RAD)	Dagen per jaar (x 1000)	17900	9734	8407	8596	7675
Dagen met astmasymptomen in astmatische kinderen	Dagen per jaar (x 1000)	365	208	183	187	167
Dagen met ziekteverzuim (werkzame beroepsbevolking)	Dagen per jaar (x 1000)	4486	2439	2108	2154	1924
Ozon² – gemiddelde dagelijkse bijdrage aan SOMO35	µg/m³	8,7	8,8	8,6		
Verloren levensjaren door acute sterfte (YLL)	YLL per jaar	1588	1598	1572		
Ziekenhuisopname door luchtweg- en cardiovasculaire klachten (excl. beroerte)	Aantal per jaar	1334	1341	1321		
Dagen met beperkt verminderde activiteit (MRAD)	Dagen per jaar (x 1000)	1778	1788	1760		

Bron: Smeets et al. 2015

¹ De berekening van gezondheidseffecten is gebaseerd op het antropogene (door menselijk handelen veroorzaakte) aandeel van de totale concentratie fijnstof

² Om het aantal modelberekeningen in te kunnen perken zijn de niveaus voor ozon alleen berekend voor 2005, de raming en het Commissievoorstel