



**KOSTEN EN BATEN VAN
STRENGERE EMISSIE-
PLAFONDS VOOR LUCHT-
VERONTREINIGENDE STOFFEN**
Nationale evaluatie voor
de herziening van het
Gothenburg Protocol

BELEIDSSTUDIES

Kosten en baten van strengere emissieplafonds voor luchtverontreinigende stoffen

Nationale evaluatie voor de herziening
van het Gothenburg Protocol

Planbureau voor de Leefomgeving, in samenwerking met
Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieu

**Kosten en baten van strengere emissieplafonds voor
luchtverontreinigende stoffen.**

**Nationale evaluatie voor de herziening van het
Gothenburg Protocol**

© Planbureau voor de Leefomgeving
Den Haag, 2012

ISBN: 978-94-91506-02-4
PBL-publicatienummer 500092002

Eindverantwoordelijkheid

Planbureau voor de Leefomgeving

Contact

Winand Smeets, winand.smeets@pbl.nl

Auteur

Winand Smeets (PBL), projectleider

Overige inhoudelijke bijdragen

Karel van Velze, Benno Jimmink, Arjan Ruijs, Gerben Geilenkirchen, Gusta Renes, Leendert van Bree, Corjan Brink, Jan van Dam, Durk Nijdam, Kees Peek, Marian van Schijndel (allen PBL); Rob Maas, Jan Aben (RIVM); Koens Smekens, Pieter Kroon, Arjan Plomp (ECN)

Met dank aan de reviewers

Pieter Boot, Corjan Brink, Frank Dietz, Pieter Hammingh, Guus den Hollander, Robert Koelemeijer, Gusta Renes, Kiempe Wieringa en Ries van der Wouden (allen PBL), Rob Maas, Johan Sliggers en Guus Velders (RIVM), Jan Wijminga en Eduard Dame (Ministerie van IenM), Lysbeth van Brederode (Ministerie van EL&I) en leden van het Interbestuurlijk Dossierteam Emissieplafonds en Luchtkwaliteit

Redactie figuren

Beeldredactie PBL

Eindredactie en productie

Uitgeverij PBL

Opmaak

Martin Middelburg, Studio VijfKeerBlauw

U kunt de publicatie downloaden via de website www.pbl.nl. Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: PBL & RIVM (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.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is vóór alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en altijd wetenschappelijk gefundeerd.

BEVINDINGEN

BEVINDINGEN

Kosten en baten van strengere emissieplafonds voor luchtverontreinigende stoffen

Nationale evaluatie voor de herziening van het Gothenburg Protocol

Samenvatting

In 2012 zal het Gothenburg Protocol van de Europese Economische Commissie van de Verenigde Naties (UNECE) worden herzien. Het doel van de herziening is om emissieplafonds voor luchtverontreinigende stoffen vast te leggen waaraan Europese landen vanaf 2020 moeten voldoen.

In het onderhandelingsproces van de herziening zijn de deelnemende landen het erover eens geworden om de plafonds minimaal vast te stellen op het niveau dat met bestaand beleid in 2020 haalbaar is. Voor de meeste stoffen betekent deze keuze al een aanzienlijke aanscherping van de nu geldende plafonds. Daarnaast lagen tijdens het onderhandelingsproces een aantal ambitie-scenario's op tafel voor nog strengere plafonds, waarvoor aanvullende maatregelen nodig zijn, boven op het bestaande beleid. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu heeft aan het Planbureau voor de Leefomgeving gevraagd om deze ambitie-scenario's te beoordelen op hun maatschappelijke kosten en baten. In dit rapport zijn drie van deze scenario's verder uitgewerkt. De resultaten zijn gebruikt voor de standpuntbepaling van Nederland tijdens het onderhandelingsproces.

De belangrijkste conclusies

- De uitvoering van een aangescherpt Europees emissiebeleid, conform de ambitie-scenario's, levert voor Nederland netto welvaartswinst op: de baten van alle drie de scenario's zijn beduidend hoger dan de

kosten. Nederlanders leven langer en gezonder door extra emissiereducties. Daarnaast neemt de schade aan de Nederlandse biodiversiteit af door een daling van de depositie van vermestende en verzurende stoffen op natuurgebieden. De baten overstijgen de kosten met enkele factoren (een factor 4 tot 8 voor het laagste ambitie-scenario, afnemend naar een factor 2 tot 5 voor het hoogste scenario).

- Nederland is gebaat bij een strenger Europees emissiebeleid voor luchtverontreinigende stoffen. Europees beleid is effectiever en doelmatiger dan maatregelen in Nederland alleen, omdat de volksgezondheid en natuur in Nederland ook profiteren van emissiereducties in andere Europese landen. Bovendien leidt een Europees aanpak tot een gelijkmatiger speelveld voor het bedrijfsleven. Tot slot dragen buitenlandse emissiereducties bij aan het bereiken van de luchtkwaliteitsnormen in het kader van het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit, en aan het herstel van de kwaliteit van natuurgebieden in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof.
- Er zijn voldoende aanvullende technische maatregelen voorhanden om in 2020 aan de ambitie-scenario's te kunnen voldoen, met uitzondering van de ambitie voor vluchtige organische koolwaterstoffen. De ambitie-scenario's zijn haalbaar met een pakket aan maatregelen. Een verdergaande vermindering van fijnstofemissies is mogelijk door het versneld vervangen van oude, ongekeurde houtkachels en open haarden in woningen, het stimuleren van het gebruik van roetfilters op binnenvaartschepen, het uitvoeren

van het Actieplan voor fijnstofvermindering in de industrie, en maatregelen bij pluimveestallen. De emissies van ammoniak kunnen verder afnemen door het aanscherpen van het emissiearm uitrijden van dierlijke mest, en het op uitgebreidere schaal toepassen van luchtwassers bij varkensstallen. Ook de emissies van stikstofoxiden en zwaveldioxide in de industrie, energiesector en raffinaderijen zijn nog verder terug te brengen, onder andere door de toepassing van extra gasreinigingstechnieken. De uitstoot van stikstofoxiden in de binnenvaart kan verder afnemen met het extra stimuleren van katalysatoren op scheepsmotoren.

- Ook met alleen het bestaande beleid, zonder aanvullende maatregelen, zullen de emissies tot 2020 in Europa dalen. Belangrijke maatregelen die hieraan bijdragen zijn de invoering van afgesproken strengere Europese emissienormen voor wegvoertuigen (Euro6/VI) en de implementatie van nieuwe Europese emissie-eisen voor industriële installaties. Effectuering van deze al vastgestelde maatregelen leidt ertoe dat de (door mensen veroorzaakte) fijnstofniveaus in Nederland tussen 2005 en 2020 met circa 40 procent dalen. De levensverwachting van pasgeboren Nederlanders wordt hierdoor met circa 3,5 maanden verlengd. De overbelasting met stikstof van Nederlandse natuurgebieden neemt in deze periode af met ongeveer 50 procent, met circa 400 mol stikstof per hectare per jaar.

Inleiding

Achtergrond

Op 30 november 1999 werd het Gothenburg Protocol aangenomen, dat hoort bij het Verdrag van 1979 inzake grensoverschrijdende luchtverontreiniging over grote afstand van de Europese Economische Commissie van de Verenigde Naties. In dit Protocol hebben de aan de conventie deelnemende landen afspraken gemaakt over de jaarlijks toegestane uitstoot van luchtverontreinigende stoffen en zijn emissie-eisen gesteld aan installaties en voertuigen.

In 2012 wordt het Protocol herzien. Het doel van deze herziening is om nationale emissieplafonds voor luchtverontreinigende stoffen vast te stellen waaraan Europese landen vanaf 2020 moeten voldoen. De huidige plafonds zijn geldig vanaf 2010 en betreffen de stoffen zwaveldioxide (SO₂), stikstofoxiden (NO_x), ammoniak (NH₃) en Vluchtige Organische Stoffen (uitgezonderd methaan) (NMVOS). Aan het Gothenburg Protocol wordt ook een emissieplafond voor een vijfde stof toegevoegd, namelijk fijn stof (PM_{2,5}).

Aan de herziening van het Protocol wordt al enkele jaren gewerkt. De Working Group on Strategies and Review (WGSR), waarin alle verdragslanden en de Europese Commissie zijn vertegenwoordigd, bereidt deze herziening voor.

In het onderhandelingsproces zijn de deelnemende landen het erover eens geworden om de plafonds minimaal vast te stellen op het emissieniveau dat met bestaand beleid in 2020 haalbaar is. Dit emissieniveau ligt voor alle stoffen lager dan de huidige plafonds, wat betekent dat de nieuwe plafonds hoe dan ook lager worden gesteld dan de huidige plafonds – en daarmee dus strenger worden (zie tabel 1). De vraag die vervolgens op tafel lag, was of landen zich zouden kunnen binden aan nog strengere plafonds, waarvoor dus – boven op het bestaande beleid – aanvullende emissiereducties nodig zouden zijn. Om de discussie hierover te kunnen voeren, heeft de WGSR een aantal ambitie-scenario's voor lagere plafonds uitgewerkt (CIAM 2011). Het realiseren van deze scenario's zou voor Nederland en andere Europese landen een intensivering van het beleid inhouden.

Doel

Om inzicht te krijgen in de mogelijke gevolgen voor Nederland van een verdere intensivering van het beleid en om zich te beraden op de positie die Nederland moet innemen bij de onderhandelingen, heeft het ministerie van Infrastructuur en Milieu aan het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) gevraagd om een maatschappelijke kosten-batenanalyse van de ambitie-scenario's van de WGSR te verrichten. In totaal zijn drie ambitie-scenario's geanalyseerd, die internationaal worden aangeduid met

de afkortingen 'Low Star' (Low*), 'Mid' en 'High Star' (High*). Het PBL heeft deze analyse uitgevoerd in samenwerking met het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). De zogeheten Baseline vormt het referentiepunt voor de analyse, en geeft de trendmatige ontwikkeling in de emissies tot 2020 bij uitvoering van het bestaande beleid.

In deze studie staan drie onderzoeksvragen centraal:

- Zijn voor Nederland de gegeven ambities voor plafonds haalbaar met technische maatregelen, en tegen welke kosten (haalbaarheid)?
- In hoeverre leiden de ambities tot een vermindering van de nadelige (fysieke) effecten van luchtvervuiling op de menselijke gezondheid en de natuurkwaliteit in Nederland (fysieke milieueffecten)?
- Wat zijn voor Nederland de maatschappelijke kosten en baten van een Europese aanscherping van plafonds volgens de ambitie-scenario's (afweging kosten en baten)?

Omdat het bij de ambitie-scenario's gaat om een Europese aanscherping van de emissieplafonds, is in de analyse ook rekening gehouden met de effecten van emissiereducties in het buitenland. Door emissiereducties in het buitenland neemt namelijk 'de import' van luchtverontreiniging in Nederland af, wat baten oplevert voor de gezondheid en de natuur in Nederland – zoals Nederlandse emissiereducties ook grensoverschrijdende baten opleveren in het buitenland. We kijken daarbij uitsluitend naar de technische mogelijkheden die er zijn om emissies nog verdergaand te reduceren; het beleid dat daarvoor nodig is, is niet geanalyseerd. We veronderstellen dat de overheid het beleid zo zal vormgeven dat de extra emissiereducties op de meest kosteneffectieve manier worden gerealiseerd. Volumemaatregelen, die zijn gericht op het verkleinen van de omvang van economische activiteiten, zijn in deze studie niet onderzocht.

De geanalyseerde ambities voor aangescherpte emissieplafonds voor Nederland (Low*, Mid en High*) zijn weergegeven in tabel 1, evenals de emissies in 2020 bij bestaand beleid (Baseline).

Verloop van de onderhandelingen over de herziening van het Gothenburg Protocol

De Europese Commissie is, binnen de grenzen van de Europese wetgeving, door de lidstaten gemandateerd om de onderhandelingen over de herziening van het Gothenburg Protocol te voeren. Daarbij vindt steeds consultatie plaats met de lidstaten over de inzet. Ook de emissieplafonds die vanaf 2020 zullen gelden, zijn in EU-verband voorbereid en afgestemd. Nederland streeft ernaar dat de vanaf 2020 geldende emissieplafonds

Tabel 1

Ambities voor emissieplafonds voor Nederland in 2020 (in kiloton)

	Emissies ²		Huidig plafond	Raming bij 1,7% groei van het bbp		Ambities voor emissieplafonds ¹		
	2005	2010		Baseline	Low*	Mid	High*	
	2005	2010	2010	2020	2020	2020	2020	
SO ₂	65	34	50	46	46	43	36	
NO _x	346	276	260	184	183	182	178	
NH ₃	140	122	128	119	113	110	110	
NMVOS	177	151	185	153	147	140	135	
PM _{2,5}	19,5	15,3	-	12,7	12,4	12,2	11,6	

Bron: PBL & RIVM

¹ De ambities voor de emissieplafonds zijn gecorrigeerd voor het niveau van de Nederlandse referentieraming (ECN & PBL 2010, geactualiseerd in Velders et al. 2011) en zijn voor het wegverkeer gebaseerd op verbruikte brandstof op Nederlands grondgebied.

² Nederlandse Emissieregistratie (www.emissieregistratie.nl).

bijdragen aan een verbetering van de kwaliteit van de leefomgeving en ook passen binnen de ambitie van het kabinet-Rutte om een gelijk Europees speelveld te realiseren als het gaat om emissienormen en -doelen (Ministerie van IenM 2012).

Inmiddels is consensus bereikt om de emissieplafonds voor 2020 te baseren op wat met bestaand beleid haalbaar is (UNECE 2012). Er is onvoldoende draagvlak voor plafonds die nog verder worden aangescherpt en waarvoor het beleid moet worden geïntensiveerd. Een eventuele verdere aanscherping van plafonds voor latere jaren, bijvoorbeeld voor 2025 of 2030, is tijdens de onderhandelingen over de herziening van het Gothenburg Protocol niet aan de orde geweest. Dit is wel een onderwerp van de evaluatie van het luchtbeleid in de Europese Unie, waarbij alleen de 27 EU-lidstaten zijn betrokken. Deze evaluatie van het Europese luchtbeleid is inmiddels gestart en zal naar verwachting in 2013 worden afgerond.

Leeswijzer

In dit deel van het rapport bespreken we de belangrijkste resultaten en conclusies van het onderzoek. De verantwoording en de achterliggende analyses zijn te vinden in de Verdieping.

We lichten hier eerst de drie beoordeelde ambitie-scenario's toe. Hoe zijn deze scenario's tot stand gekomen? Hoe is de WGSR hierbij te werk gegaan en welke keuzes zijn hierbij gemaakt? Vervolgens presenteren we de resultaten van de analyse. We geven achtereenvolgend een antwoord op de centrale vragen naar de technische haalbaarheid, de fysieke milieueffecten en de maatschappelijke kosten en baten. We

eindigen met een algemene conclusie over de welvaarts-effecten van verdergaand luchtbeleid, waarbij we tevens een overzicht geven van de technische mogelijkheden voor verdergaande emissiereducties tot 2020.

Het Low*-, Mid- en High*-ambitiescenario

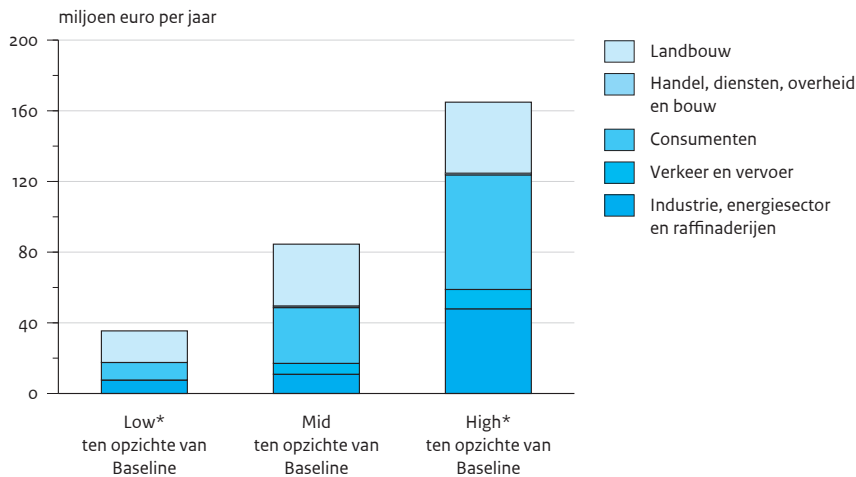
Hoe zijn de scenario's tot stand gekomen?

In de WGSR is besloten om eerst de gewenste doelen voor milieuverbetering of schadevermindering te definiëren, zoals minder verloren levensjaren door blootstelling aan fijn stof. Gegeven deze doelen voor verbetering van de kwaliteit van de leefomgeving, is berekend welke extra emissiereducties in de landen nodig zijn om deze doelen in 2020 te kunnen halen, en wat dit uiteindelijk betekent voor de nationale, maximale emissieniveaus.

Als eerste stap heeft de WGSR de milieukwaliteit in 2020 (uitgedrukt in schade door luchtverontreiniging) bepaald bij uitvoering van het vastgestelde nationale en Europese beleid (de Baseline). Vervolgens is ook de milieukwaliteit bepaald bij een maximale inzet van technisch haalbare maatregelen in alle landen. De reikwijdte van de geanalyseerde ambitiescenario's ligt tussen deze twee uitersten in. Het gaat daarbij om *gap-closure*-scenario's, waarbij afhankelijk van de gewenste ambitie voor verbetering van de milieukwaliteit, een bepaald deel van het nog beschikbare potentieel aan technische maatregelen wordt ingezet. Zonder in details te treden, komt het Low*-, Mid- en High*-ambitiescenario overeen met een *gap closure* van respectievelijk 25, 50 en 75 procent. Voor een gedetailleerde toelichting op de scenario's verwijzen we naar het door de WGSR uitgebrachte rapport (CIAM 2011).

Figuur 1

Kosten van Gothenburg-ambitiescenario's per sector bij gecorrigeerde plafonds, 2020



Bron: PBL & RIVM

Het voorgaande impliceert dat de ambities niet zijn geformuleerd in termen van ‘gewenste vermeden emissies’, maar in termen van een ‘gewenste vermindering van schade’ aan de gezondheid (minder sterfte door fijn stof) en de natuur (minder stikstof-overbelasting). Dit betekent dat een *gap closure* van 25 procent zich niet een-op-een hoeft te vertalen in een verlaging van 25 procent in Nederlandse emissies; het is bijvoorbeeld ook mogelijk dat een verbetering in de milieukwaliteit het meest kostenoptimaal kan worden gerealiseerd met extra maatregelen in het buitenland. Ook gaat het bij luchtverontreiniging om problemen waarbij meerdere stoffen een rol spelen, waardoor het bereiken van emissiereductie voor de ene stof goedkoper kan zijn dan voor de andere; zo wordt de fijnstof-concentratie in de lucht bepaald door de emissies van vier stoffen: fijn stof, ammoniak, zwaveldioxide en stikstofoxiden.

Technische haalbaarheid en kosten

De ambitiescenario's zijn in Nederland technisch haalbaar, behalve voor NMVOS

De in tabel 1 gepresenteerde ambities voor emissieplafonds zijn in Nederland alle haalbaar, met uitzondering van die voor Vluchtige Organische Stoffen (NMVOS). Voor NMVOS is Nederland sterk aangewezen op EU-bronmaatregelen, zoals de aanpassing van de richtlijn voor verfproducten. Het potentieel aan nationale maatregelen lijkt beperkt in omvang. Daarbij geldt evenwel als kanttekening dat de kennis over bestrijdings-

opties voor NMVOS deels is verouderd. Nieuw onderzoek zou moeten uitwijzen welke opties er nog voorhanden zijn. Het werkelijke reductiepotentieel is waarschijnlijk groter dan we op basis van de beschikbare informatie hebben geschat.

De kosten van verdergaande aanscherping van de emissieplafonds voor Nederland lopen op van 35 tot 165 miljoen euro per jaar; de kosten van het bestaande beleid nemen hierdoor met enkele procenten toe

De jaarlijkse kosten voor het realiseren van de ambitiescenario's voor aangescherpte plafonds lopen in 2020 in Nederland op van 35 miljoen voor het Low*-scenario, tot 85 miljoen voor het Mid- en 165 miljoen euro voor het High*-scenario. Het gaat hier om de directe kosten van maatregelen. Deze kosten komen boven op de kosten van het bestaande luchtbeleid, die in 2020 naar verwachting circa 3 miljard euro per jaar bedragen (AEA 2011).

In figuur 1 zijn de directe kosten van maatregelen uitgesplitst naar sectoren. De maatregelpakketten zijn zo samengesteld dat de beoogde ambities (zie tabel 1) worden gehaald tegen de laagste kosten. Het merendeel van de kosten in het Low*-scenario komt voor rekening van extra ammoniakmaatregelen in de landbouw. Het gaat om relatief goedkope mestaanwendingsmaatregelen en duurdere stalmaatregelen. Daarnaast gaat het om maatregelen ter vermindering van de emissies van fijn stof door houtkachels (en open haarden), evenals maatregelen ter vermindering van de NMVOS-emissies

uit producten als deodorant en haarsprays, vloerlijm en coatings (te realiseren via een uitbreiding van de EU-richtlijn voor verfproducten). Deze kosten zijn samengenomen onder de sector consumenten. In het Low*-scenario worden ook kosten gemaakt voor extra maatregelen ter vermindering van de emissies van NMVOS in de industrie. In het Mid-scenario lopen de kosten voor ammoniakmaatregelen en NMVOS-maatregelen bij consumenten verder op. Daarnaast omvat dit scenario kosten voor roetfiltermaatregelen in de binnenvaart. In het High*-scenario wordt het pakket maatregelen uitgebreid met extra fijnstofmaatregelen in de industrie (Actieplan fijn stof) en de pluimveehouderij. Ook worden extra maatregelen getroffen voor de bestrijding van zwaveldioxide- en stikstofoxidenemissies bij de industrie, raffinaderijen, en energiesector, onder andere door toepassing van extra gasreinigings-technieken. Ter vergelijking: in het Low*- en Mid-scenario zijn nagenoeg geen kosten opgenomen voor zwaveldioxide- en stikstofoxidenmaatregelen.

Het beleid voor hernieuwbare energie heeft beperkte netto-effecten op nationale emissietotalen voor luchtverontreinigende stoffen

De haalbaarheid is beoordeeld voor het jaar 2020, tegen de achtergrond van de door het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) en PBL uitgewerkte nationale referentieraming, met een economische groei van 1,7 procent per jaar voor de periode 2011 tot 2020 (ECN & PBL 2010, geactualiseerd in Velders et al. 2011, zie tabel 1). Als gevoeligheidsanalyse is de haalbaarheid ook onderzocht voor een hogere en lagere economische groei.

In de nationale referentieraming is rekening gehouden met het vastgestelde beleid, maar nog niet met het beleid van het kabinet-Rutte voor de stimulering van hernieuwbare energie. Volgens de nationale referentieraming uit 2010 wordt, met het toenmalige vastgestelde beleid, in 2020 een aandeel hernieuwbare energie in het Nederlandse finale energieverbruik gerealiseerd van circa 7 procent, ofwel de helft van de EU-verplichting van 14 procent. Met het tot op heden afgesproken kabinetsbeleid wordt naar verwachting in 2020 een aandeel duurzame energie gerealiseerd van 9 tot 12 procent (PBL & ECN 2011). Het kabinetsbeleid voor de stimulering van duurzame energie is erop gericht om de EU-verplichting van 14 procent in 2020 te realiseren.

Om inzicht te krijgen in de mogelijke neveneffecten van het kabinetsbeleid voor hernieuwbare energie, heeft het ECN, op verzoek van het PBL, een binnenlands kostenoptimaal maatregelpakket samengesteld waarmee de EU-verplichting van 14 procent hernieuwbare energie in 2020 volledig kan worden gerealiseerd. De analyse van het ECN (2011) laat zien dat de neveneffecten op de emissies van luchtverontreinigende stoffen afhangen van

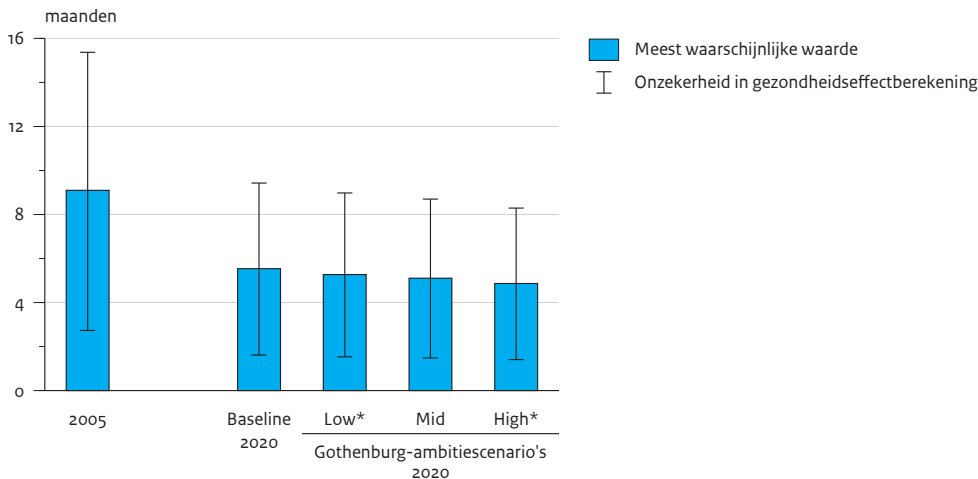
het type hernieuwbare energie dat wordt gestimuleerd, en van de mate waarin bestaande fossiele energie hierdoor wordt verdrongen. Met het kabinetsbeleid zullen technologieën worden gestimuleerd met zowel positieve als negatieve effecten voor luchtverontreinigende emissies. De huidige verwachting is dat de positieve en negatieve effecten van deze technologieën elkaar grotendeels compenseren, met als gevolg geringe nettoveranderingen in de nationale emissietotalen voor luchtverontreinigende stoffen. Overigens blijkt uit de berekeningen van het ECN ook dat de inzet van biomassa in kleinere installaties voor warmte- en/of elektriciteitsproductie toeneemt als gevolg van het stimuleringsbeleid voor hernieuwbare energie (SDE+). Dit kan leiden tot een beperkte nettotoename van de nationale emissietotalen van stikstofoxiden en fijn stof, met respectievelijk 0 tot 1 kiloton en 0,4 kiloton. De toename wordt verklaard doordat voor kleine biomassa-installaties minder strenge emissienormen gelden dan voor vergelijkbare gasinstallaties. Ook voor NMVOS en ammoniak wordt een kleine netto toename in emissietotalen berekend, met 1 tot 2, respectievelijk minder dan 1 kiloton. Voor zwaveldioxide wordt verwacht dat het stimuleringsbeleid voor hernieuwbare energie zal leiden tot een nettodaling van het emissietotaal met circa 1 tot 2 kiloton; een daling van 2 tot 4 procent vergeleken met de referentieraming. Bij de resultaten voor fijn stof moet worden opgemerkt dat de ongunstige neveneffecten weliswaar beperkt zijn als deze worden afgezet tegen de geraamde nationale emissies voor 2020, maar dat de toename van 0,4 kiloton niet is te verwaarlozen als we deze vergelijken met de in deze studie in beeld gebrachte mogelijkheden voor verdergaande emissiereducties. Dit reductiepotentieel voor fijn stof telt voor 2020 op tot 1,6 kiloton; de netto-emissieverhoging van 0,4 kiloton door meer inzet van biomassa bedraagt daarmee 25 procent van dit potentieel.

Fysieke effecten op gezondheid en natuur

Door de hoge bevolkingsdichtheid en de hoge dichtheid aan economische activiteiten behoort Nederland in Europa tot de landen met de hoogste fijnstofconcentratie. Bij uitvoering van de ambitiescenario's zal de blootstelling van de Nederlandse bevolking aan schadelijke fijnstofdeeltjes in de lucht verminderen. Alle Nederlanders zullen hiervan profiteren met een gemiddeld langer leven en een betere gezondheid. De verbeterde gezondheid vertaalt zich in minder ziekteverzuim en minder arbeidsverlies.

Figuur 2

Verlies in levensverwachting door antropogeen fijn stof (PM_{2,5})



Bron: PBL & RIVM

Met het vastgestelde beleid daalt de fijnstofconcentratie tussen 2005 en 2020 met 40 procent; de levensverwachting van pasgeborenen neemt hierdoor met enkele maanden toe

Om de gezondheidseffecten van de ambitie scenario's in perspectief te kunnen plaatsen, is voor de periode 2005 tot 2020 de trendmatige ontwikkeling berekend in de gezondheidseffecten bij doorvoering van het vastgestelde beleid. Met dit bestaande beleid, zoals de Europese emissie-eisen voor wegvoertuigen en industriële installaties, zullen de (door mensen veroorzaakte) fijnstofniveaus in Nederland met circa 40 procent dalen. De gemiddelde levensduurverkorting door fijn stof zal hierdoor in deze periode met circa 3,5 maanden dalen, van circa 9 maanden in 2005 naar 5,5 maanden in 2020 (zie figuur 2). De berekende levensduurverkorting geeft aan hoeveel maanden een pasgeboren Nederlander naar verwachting korter leeft bij levenslange blootstelling aan de fijnstofniveaus zoals we deze hebben berekend voor 2005 en 2020. Met bestaand beleid wordt de levensverwachting van pasgeboren Nederlanders tussen 2005 en 2020 dus naar verwachting met circa 3,5 maanden verlengd.

Het gaat hier om een meest waarschijnlijke puntschatting van het verwachte effect, de onzekerheidsmarge is berekend op 1 tot 6 maanden (zie ook paragraaf 5.1 in de Verdieping). Het berekende effect op de levensverwachting heeft alleen betrekking op het door de mens veroorzaakte fijn stof (PM_{2,5}). Het stof van natuurlijke oorsprong maakt geen deel uit van een herzien Gothenburg Protocol en is hier dus ook niet meegenomen; voor een algemene beschrijving van het

effect van fijn stof op vroegtijdige sterfte en levensverwachting verwijzen we naar Knol et al. 2009; PBL 2008.

Door blootstelling aan fijn stof leven Nederlanders niet alleen korter, maar is de bevolking ook wat minder gezond. Zo leidt een vervuilde lucht tot meer nieuwe gevallen van chronische bronchitis en meer ziekenhuisopnames. Ook worden in een vervuilde lucht meer mensen (in meer of minder ernstige mate) in hun dagelijkse activiteiten gehinderd door luchtwegklachten, met als gevolg meer ziekteverzuim. Het aantal dagen in een jaar dat de Nederlandse bevolking door blootstelling aan vervuilde lucht wordt beperkt in haar normale activiteiten en geen arbeid kan verrichten, daalt tussen 2005 en 2020 van 12,0 naar 7,4 miljoen; eveneens een daling met 40 procent.

De ambitie scenario's leiden tot een extra toename van de levensverwachting met enkele weken en extra afname van het ziekteverzuim

Met de ambitie scenario's zal de levensduurverkorting verder dalen. De gemiddelde levensverwachting van de Nederlandse bevolking zal – ten opzichte van de Baseline – toenemen met enkele weken; met circa 1 week voor het Low*-scenario tot circa 3 weken voor het High*-scenario. Afgezet tegen de Baseline voor 2020, daalt de levensduurverkorting daarmee met circa 5 procent in het Low*-, tot circa 12 procent in het High*-scenario (zie figuur 2).

Met de ambitie scenario's zullen ook de nadelige effecten van luchtverontreiniging op de gezondheid van

Nederlanders verder afnemen. Het aantal dagen in een jaar dat de Nederlandse bevolking door blootstelling aan vervuilde lucht wordt beperkt in haar normale activiteiten en geen arbeid kan verrichten, wordt voor de Baseline in 2020 geschat op 7,4 miljoen. Met de ambitie-scenario's daalt dit aantal met circa 0,3 tot 0,4 miljoen dagen voor het Low*-scenario, tot 0,9 miljoen dagen voor het High*-scenario. Dit is een vermindering met opnieuw 5 tot 12 procent.

De effecten van vastgesteld beleid zijn aanzienlijk groter dan die van de ambitie-scenario's

Uit de analyse van de gezondheidseffecten komt naar voren dat de verbetering die tot 2020 al met het vastgestelde beleid wordt gerealiseerd, aanzienlijk groter is dan de winst die tot 2020 nog extra kan worden bereikt met de ambitie-scenario's. Het potentieel aan beschikbare luchtmaatregelen wordt namelijk kleiner, omdat er in de afgelopen decennia al veel luchtmaatregelen zijn genomen. Daarnaast is de resterende tijd tot 2020 beperkt. Omdat deze studie een tijdshorizon heeft tot 2020, kijken we uitsluitend naar maatregelen die op deze relatief korte termijn nog zijn te realiseren. Ingrijpende maatregelen die zijn gericht op de langetermijntransitie naar een schoon CO₂-arm energiesysteem zijn in deze studie niet bestudeerd.

De stikstofbelasting van de Nederlandse natuur is nog altijd hoog

Hoewel vermesting en verzuring van de natuur in Nederland in de afgelopen decennia zijn afgenomen, is de aanvoer van stikstof en zuur via de lucht nog altijd hoog. Momenteel leidt vooral de stikstofdepositie tot acute problemen (Koelemeijer et al. 2010). De verzuring van de natuur verloopt trager, maar gaat nog wel door. Stikstofdepositie leidt tot een overmaat aan voedingsstoffen in de bodem, waardoor de originele vegetatie, met karakteristieke planten- en diersoorten, in de verdrinking komt en een eenzijdige vegetatie overblijft van snelgroeiende soorten, vooral grassen. Vooral beschermde planten- en diersoorten zijn sterk gevoelig voor te hoge stikstofdepositie (Hinsberg et al. 2008).

De biodiversiteit van de Nederlandse natuur staat hierdoor onder druk. De beschermde kenmerkende soorten kunnen alleen worden behouden in een gebied als aan de milieucondities wordt voldaan. De Europese regelgeving voor behoud van biodiversiteit (het netwerk van beschermde Natura 2000-gebieden op grond van de Vogel- en Habitatrichtlijnen) verplicht landen er dan ook toe dat de ecologische vereisten – en daarbij hoort de stikstofdepositie – in aangewezen Natura 2000-gebieden op orde worden gebracht. De Habitatrichtlijn stelt daarbij geen tijdslimiet. Temporiseren kan, als zichtbaar wordt gemaakt dat in redelijke termijn wordt gewerkt aan de

realisatie van instandhoudingsdoelstellingen. In Nederland zijn in het kader van het Europese Natura 2000-netwerk 166 natuurgebieden aangewezen. Uitgangspunt van het Nederlandse beleid (Programmatie Aanpak Stikstof) is een daling van de stikstofdepositie (NH₃ en NO_x) die op termijn tot een duurzame instandhouding van Natura 2000-gebieden leidt. In de raming met bestaand beleid (Baseline) wordt deze dalende trend al voorzien.

De ambitie-scenario's leiden tot een snellere depositie-daling dan voorzien in de Baseline, en dus tot een sneller herstel van kenmerkende planten- en diersoorten.

De 'kritische stikstofdepositie' (het depositieniveau waaronder geen noemenswaardige schade aan de natuur optreedt) varieert met het type ecosysteem of habitat. De kritische stikstofdepositie zal volgens de Baseline in 2020 op meer dan de helft van de Nederlandse landnatuur nog worden overschreden.

Veel studies geven de totale depositie van stikstof en zuur op de Nederlandse landnatuur. In deze studie kijken we naar de overbelasting met stikstof en zuur, ofwel naar de (over het Nederlandse natuurareaal geaccumuleerde) jaarlijkse aanvoer van stikstof en zuur boven de kritische depositieniveaus. Dit is een goede maat voor het kwantificeren van de effectiviteit van beleid. De depositie onder de kritische niveaus wordt in dit geval dus niet meegeteld.

Met het vastgestelde beleid daalt de overbelasting van stikstof op de Nederlandse natuur tussen 2005 en 2020 met ongeveer de helft, met positieve effecten op de soortenrijkdom

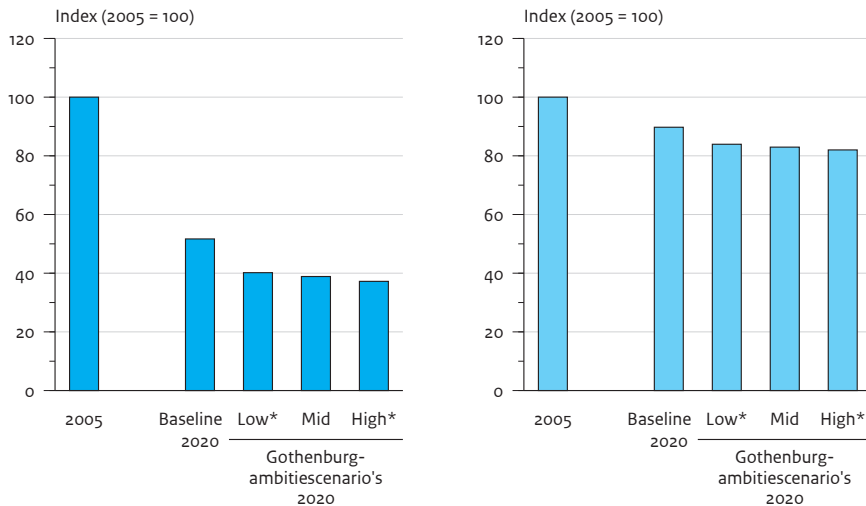
Ook voor de natuureffecten is voor de periode 2005 tot 2020 de trendmatige ontwikkeling berekend van de overbelasting met stikstof en zuur bij vastgesteld beleid. Deze trend is dalend. Zo daalt de stikstofoverbelasting op de natuur van 3,7 miljoen mol stikstof per jaar in 2005 naar 1,8 miljoen mol stikstof per jaar in 2020; een daling van bijna 50 procent (zie figuur 3). De gemiddelde stikstofbelasting van natuurgebieden in Nederland zal tussen 2005 en 2020 met circa 400 mol stikstof per hectare per jaar afnemen. Het natuurareaal waarop de kritische depositiewaarde wordt overschreden, neemt minder snel in omvang af, van circa 3.870 vierkante kilometer in 2005 naar 3.480 vierkante kilometer in 2020; een daling van 10 procent (zie figuur 3).

De resultaten voor natuureffecten laten zien dat de daling in het areaal natuur met stikstofoverbelasting minder snel gaat dan de daling in de jaarlijkse stikstof-overbelasting. De verklaring voor dit verschil is dat er relatief gezien nog veel natuur is waar de kritische depositieniveaus ruim worden overschreden. De afname van de totale stikstofaanvoer is daardoor niet terug te

Figuur 3

Effecten van stikstofdepositie op natuurkwaliteit, 2020

Depositie boven kritische depositieniveaus stikstof Natuurareaal met overschrijding kritische depositieniveaus stikstof



Bron: PBL & RIVM

zien in een vergelijkbare proportionele daling in het areaal natuur waar de kritische depositieniveaus worden overschreden. Een voorbeeld van gevoelige natuurtypen met een ruime overschrijding van kritische niveaus zijn de hoogvenen en natuurtypen op de hogere zandgronden (Koelemeijer et al. 2010).

De ambitie-scenario's leiden tot een aanzienlijke extra daling van de stikstofoverbelasting op natuur met circa 100 mol stikstof per hectare per jaar

Met de geanalyseerde ambitie-scenario's kan de stikstofoverbelasting op de Nederlandse natuur verder afnemen. De extra daling ten opzichte van de Baseline voor 2020 is aanzienlijk, en loopt op tot 0,5 miljoen mol stikstof per jaar voor het High*-scenario. Ten opzichte van de Baseline is dit een daling met 22 procent voor het Low*-, tot 28 procent voor het High*-scenario (zie figuur 3). Uitgedrukt in mol stikstof per hectare per jaar daalt de stikstofoverbelasting met 100 mol in het Low*- tot 120 mol in het High*-scenario.

Het areaal onbeschermde natuur waarop de kritische depositiewaarde voor stikstof wordt overschreden, zal met enkele honderden vierkante kilometer dalen; met circa 220 vierkante kilometer in het Low*-, tot 300 vierkante kilometer in het High*-scenario. Ten opzichte van de Baseline voor 2020 is dit een daling met ongeveer 6 procent in Low*, tot 9 procent in High* (zie figuur 3).

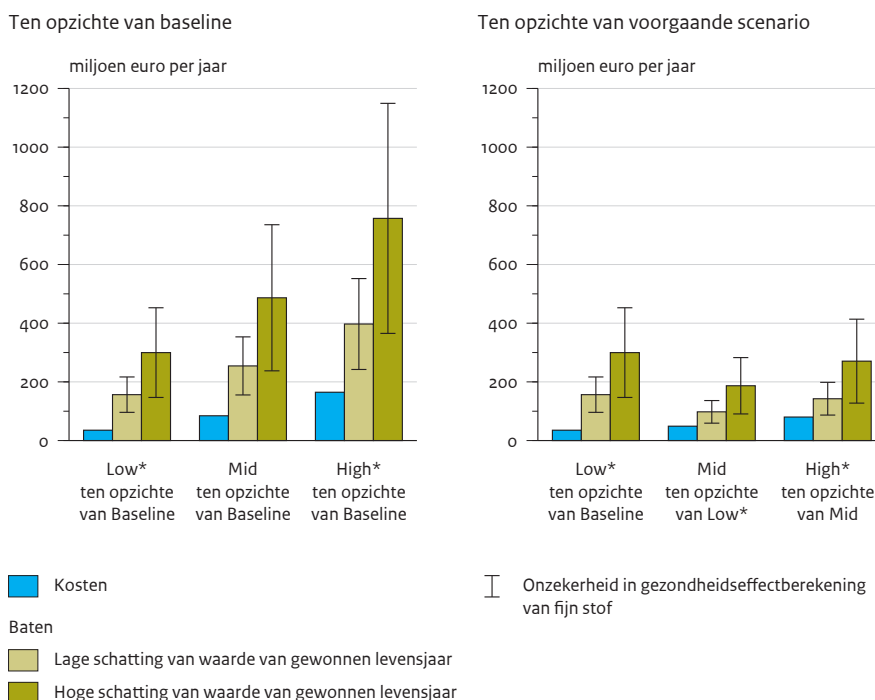
Kosten en baten van de ambitie-scenario's

De baten van de ambitie-scenario's zijn beduidend hoger dan de kosten

Een vergelijking van de kosten en baten van de ambitie-scenario's laat zien dat de aangescherpte emissieplafonds voor Nederland welvaartswinst opleveren: de jaarlijkse baten zijn met enkele honderden miljoenen euro's beduidend hoger dan de kosten. De baten-kostenratio bedraagt een factor 4 tot 8 voor de stap van de Baseline naar het Low*-scenario, afnemend naar 2 tot 5 voor de stap van de Baseline naar het High*-scenario. Voor het Low*-scenario betekent dit dat de baten vier- tot achtmaal hoger zijn dan de kosten. Anders gezegd: een jaarlijkse investering van 35 miljoen euro in extra luchtmaatregelen, levert voor de Nederlandse samenleving baten op van ongeveer 160 tot 300 miljoen euro per jaar (zie figuur 4). De gegeven spreiding komt overeen met de bandbreedte in de waardering van een verloren levensjaar. De kosten hebben betrekking op de directe kosten van maatregelen.

Bij de presentatie van de resultaten zijn de kosten en baten op twee manieren uitgedrukt (zie figuur 4). In de linker grafiek zijn de totale kosten en baten van de drie ambitie-scenario's uitgedrukt ten opzichte van de Baseline; in de rechter grafiek zijn de kosten en baten steeds stapsgewijs geanalyseerd ten opzichte van het

Figuur 4
Kosten en baten van Gothenburg-ambitiescenario's, 2020



Bron: PBL & RIVM

voorgaande ambitie-scenario. In figuur 4 zijn alleen de gezondheidsbaten gepresenteerd; de natuurbaten zijn moeilijk betrouwbaar te schatten en zijn daarom niet meegenomen.

Voor alle drie de scenario's is het saldo positief, ook als het saldo stapsgewijs (van de Baseline naar Low*, van Low* naar Mid en van Mid naar High*) wordt uitgezet, zoals in de rechter grafiek. In totaal, uitgedrukt ten opzichte van de Baseline, levert het Low*-scenario nettobaten op van ongeveer 120 tot 260 miljoen euro per jaar, oplopend naar 170 tot 400 miljoen euro per jaar voor het Mid-scenario en 230 tot 590 miljoen euro per jaar voor het High*-scenario.

De gunstige baten-kostenverhouding wordt verklaard door de winst in levensverwachting die samengaat met een schonere lucht, maar ook door vermeden ziektekosten, zoals gemiste arbeidsdagen en vermeden kosten voor de behandeling van aandoeningen als chronische bronchitis. Dominant voor de uitkomst van de analyse zijn de baten van de winst in levensverwachting: ongeveer 75 procent van de baten wordt hierdoor verklaard. De overige 25 procent wordt verklaard door minder ziekteverzuim en minder kosten voor de gezondheidszorg. Als we uitsluitend naar deze laatste 25 procent van de baten kijken, dan zijn de overgebleven

baten nog altijd van een vergelijkbare omvang als de kosten. De baten-kostenratio komt dan uit op circa 2 voor de stap van de Baseline naar Low*, en 0,8 tot 0,9 voor de stap van Mid naar High*.

De baten van een toegenomen levensverwachting zijn als gezegd dominant. Deze baten zijn berekend door het fysieke effect op de levensverwachting – enkele weken langer leven – uit te drukken in monetaire termen. Omdat er echter geen marktprijzen bekend zijn voor een langer leven door schone lucht, is het gebruikelijk om de waardering hiervan te benaderen op basis van enquêtes waarin mensen wordt gevraagd wat ze willen betalen voor een langer leven door schonere lucht. Het gaat hier om zogenoemd *Willingness To Pay*-onderzoek. In een aantal grote Europese studies is gevraagd naar de waarde van een levensverlenging door schonere lucht. Hieruit zijn kengetallen afgeleid voor de waarde van een gewonnen levensjaar, ofwel *VOLY* (*Value Of a Life Year*). Deze *VOLY* is representatief voor de gehele bevolking. De baten zijn berekend door dit kengetal te vermenigvuldigen met het totale (over de bevolking gesommeerde) aantal gewonnen levensjaren door schonere lucht.

Verdeling van baten en lasten

De baten komen in de vorm van een betere gezondheid en een langere levensduur bij alle burgers terecht. Het gaat immers om een internationaal Protocol waarmee de grootschalige luchtverontreiniging wordt verminderd. Elke pasgeborene Nederlander leeft naar verwachting gemiddeld een tot enkele weken langer als de ambitie-scenario's worden uitgevoerd. Het gaat dus om een relatief beperkt effect per Nederlander, maar dit effect treedt wel op voor de gehele bevolking. Daarnaast profiteert iedereen van een soortenrijkere natuur. Tot slot komt een substantieel deel van de baten terecht bij bedrijven, in de vorm van een vermindering van het ziekteverzuim. De kosten komen initieel terecht bij bedrijven die deze kosten in een aantal gevallen, in meer of minder mate, kunnen afwentelen op de consumenten.

Kosten-batenanalyses van luchtbeleid kennen onzekerheden

De uitkomsten van kosten-batenanalyses van luchtbeleid kennen onvermijdelijke onzekerheden; de cijfers en resultaten kunnen dan ook niet te absoluut worden geïnterpreteerd. In figuur 4 zijn de onzekerheidsmarges ook weergegeven, uitgaande van de best beschikbare wetenschappelijke kennis en inzichten. Een belangrijke onzekerheid is de waarde die we toekennen aan een gewonnen levensjaar door schonere lucht. Om deze onzekerheid in beeld te brengen, hebben we de baten berekend voor twee VOLY-waarden. De Europese Commissie hanteert standaard een waarde van 54.000 euro (prijsjaar 2005). Deze waarde is gebaseerd op de Europese NewExt-studie van 2004. Daarnaast hebben we de baten ook berekend op basis van een andere, meer recente en grotere Europese studie, de NEEDS-studie uit 2007. Deze studie geeft een VOLY van 20.000 euro (prijsjaar 2005). Met de VOLY-waarde van 20.000 euro zijn we aan de onderkant van de bandbreedte van beschikbare Europese VOLY-waarden gaan zitten. Ook de berekeningen van de gezondheidseffecten (vervroegde sterfte en verminderde gezondheid) kennen onzekerheden, zoals eerder is vermeld. Figuur 4 geeft de statistische variatie zoals we deze kunnen berekenen op basis van de variatie in de onderliggende epidemiologische studies (95 procent betrouwbaarheidsinterval). Onzekerheden die verband houden met de verschillen in schadelijkheid van de diverse fijnstoffracties hebben we niet kunnen kwantificeren, en zijn dus ook niet meegenomen in de bandbreedte van figuur 4. Het was nog niet mogelijk om de concentraties van de afzonderlijke fracties betrouwbaar te modelleren. Deze modellering van afzonderlijke fracties is nodig om de baten te kunnen schatten. Hierna gaan we kort in op deze potentieel belangrijke bron van onzekerheid.

Fijn stof is een complex, heterogeen mengsel van deeltjes die kunnen verschillen in schadelijkheid

Fijn stof is een complex, heterogeen mengsel van deeltjes, variërend in grootte en chemische samenstelling. In lijn met het advies van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) zijn alle fracties van het door de mens veroorzaakte fijn stof ($PM_{2,5}$), onafhankelijk van de bron en de chemische samenstelling en grootte, als even schadelijk voor de gezondheid behandeld. Er zijn echter vermoedens dat niet alle bouwstenen van dit fijn stof even schadelijk zijn, en dat er meer en minder relevante fracties zijn. Dit impliceert ook dat afzonderlijke maatregelen niet allemaal even effectief hoeven te zijn voor het verminderen van gezondheidseffecten. Het vermoeden is dat het zwarte primaire verbrandingsaerosol – black carbon ofwel het roetachtige zwarte deel van fijn stof – meer schadelijk is dan de overige fracties, zoals de secundaire fijnstoffdeeltjes die worden gevormd uit de stoffen zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak. Mocht dit inderdaad zo zijn, dan betekent dit dat maatregelen gericht op (grote en kleine) vuurhaarden (kolen, olie, biomassaverbranding) en verkeer kosteneffectiever uitpakken dan nu is verondersteld. Maatregelen gericht op zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak zouden dan minder kosteneffectief zijn, voor zover het gaat om de vermindering van gezondheidseffecten. Bij de doorrekening van de ambitie-scenario's volgen we het advies van de WHO, dat de Europese Commissie heeft geaccepteerd en aldus de basis vormt voor de Europese evaluaties van het luchtbeleid. We gaan er daarbij van uit dat alle fijnstoffracties even schadelijk zijn. De WHO onderkent daarbij dat het verbrandingsaerosol is geassocieerd met serieuze gezondheidseffecten, maar concludeert tegelijkertijd dat de stand van kennis momenteel nog te beperkt is om de gezondheidsrisico's van verschillende afzonderlijke fracties betrouwbaar te kunnen kwantificeren en te ranken (AEA 2011; WHO 2007). De WHO heeft dit advies herhaald in een recent rapport over de gezondheidseffecten van *black carbon* (WHO 2012): zij raadt aan om het totale fijnstoffmengsel te blijven gebruiken als de primaire blootstellingsmaat bij het kwantificeren van de menselijke blootstelling aan fijn stof, en voor het voorspellen van de baten van emissiereductiemaatregelen. Daarnaast concludeert de WHO dat het gebruik van een aanvullende indicator, zoals *black carbon*, bruikbaar kan zijn bij de evaluatie van lokale luchtmaatregelen, bijvoorbeeld maatregelen gericht op het wegverkeer.

Kosten en baten voor Nederland kunnen op twee manieren in beeld worden gebracht

Zoals eerder is aangegeven, is het hoofddoel van deze studie om na te gaan welke baten Nederland ondervindt van strengere emissieplafonds in Europa, en of deze baten opwegen tegen de kosten die Nederland moet maken. Hiervoor hebben we de kosten in Nederland vergeleken met de baten die Nederland ontvangt van de emissiereducties in geheel Europa (binnen- en buitenland). Kortom, we kijken naar de kosten en baten op Nederlands grondgebied. Dit is de manier waarop deze analyses doorgaans worden uitgevoerd; nationale overheden zijn daarbij normaliter ook het meest geïnteresseerd in deze vorm van analyses.

We plaatsen hierbij de kanttekening dat er ook een alternatieve manier is om naar de kosten en baten van een aangescherpt Europees emissiebeleid te kijken. Luchtverontreiniging is immers een grensoverschrijdend probleem, dat vraagt om een grensoverschrijdende oplossing. Bij deze alternatieve manier van analyseren worden de kosten van extra emissiereducties in een land vergeleken met de baten die deze emissiereducties in geheel Europa opleveren, onafhankelijk van het land waar de baten terecht komen. De AEA (2011) heeft in een Europese analyse beide methoden toegepast en vergeleken. De AEA concludeert dat de resultaten voor beide methoden wel verschillen laten zien, maar dat dit de uitkomsten van de kosten-batenafweging niet wezenlijk beïnvloedt.

De directe kosten van maatregelen en gezondheidsbaten bepalen de uitkomst van de kosten-batenanalyse

In de eindanalyse (zie figuur 4) zijn alleen de directe kosten van maatregelen (investeringen en operationele kosten) en hieraan gerelateerde gezondheidsbaten meegenomen. Uit een eerder door CE-Delft in samenwerking met het PBL uitgevoerde kosten-batenanalyse is gebleken dat de dominante posten zijn. De overige baten- en kostenposten zijn uitsluitend kwalitatief (als PM-post) meegenomen. In de hiervoor gepresenteerde kwantitatieve eindanalyse (figuur 4) zijn deze posten dus niet verwerkt. De overige batenposten die niet zijn meegenomen, zijn minder natuurschade, minder gewasschade, en minder schade aan gebouwen en materialen. De maatschappelijke baten van verminderde natuurschade kunnen nog niet echt betrouwbaar worden gekwantificeerd. Wel hebben we via een *quick scan* de mogelijke welvaartseffecten in beeld gebracht. Het gaat hierbij om een ordegrootteschatting, die is bedoeld om enig zicht te geven op de omvang van de natuurbaten. Daarbij hebben we eerst de positieve effecten voor de biodiversiteit van de Nederlandse natuur indicatief geschat. Vervolgens hebben we geprobeerd de effecten op natuur ook in euro's uit te drukken. De

natuurbaten zijn daarbij geschat op basis van vermeden beheer- en herstelkosten. Uitvoering van de ambitie-scenario's leidt er immers toe dat de stikstofdepositie op natuurgebieden daalt, waardoor er minder kosten hoeven te worden gemaakt voor herstel- en beheermaatregelen, zoals het extra maaibeheer van graslanden en het plagbeheer van heidevelden. In de meeste situaties geven vermeden beheer- en herstelkosten een onderschatting van de werkelijke baten. De jaarlijkse natuurbaten zijn in de *quick scan* indicatief geschat op circa 9 miljoen euro voor het Low*-scenario, oplopend tot 12 miljoen euro voor het High*-scenario. Deze indicatieve batenschatting is relatief klein, vergeleken met de hoge baten van een langer leven door schonere lucht. De baten van minder gewasschade en minder schade aan gebouwen en materialen bedragen indicatief 1 tot 2 procent van de gezondheidsbaten (AEA 2011).

In overleg met het ministerie van Infrastructuur en Milieu is bij aanvang van deze analyse besloten om in deze studie geen nieuw onderzoek te verrichten naar de economische gevolgen voor sectoren van een verdergaande beleidsintensivering. Voor deze effecten baseren we ons op de resultaten van de eerdergenoemde CE-studie. Uit deze studie blijkt dat de maatregelkosten, zoals gezegd, de dominante kostenpost zijn. Ook laat deze studie zien dat de directe effecten op de prijzen en de productie in sectoren op de langere termijn gering zijn. Dit komt doordat de kosten van luchtmaatregelen relatief laag zijn ten opzichte van de totale kosten die bedrijfstakken maken. De grootste effecten treden op in de landbouwsector, en wel in de intensieve veehouderij. Naast de beperkte (directe) effecten op de productie van sectoren, kunnen er door een daling van de productie wel tijdelijk werkgelegenheidseffecten (indirecte kosten) optreden. Het is onzeker hoe groot dit effect is; we houden een bandbreedte aan van 0 tot 15 procent van de directe kosten van maatregelen. Hoe groot het effect zal zijn, hangt af van hoe snel mensen een nieuwe baan kunnen vinden, en daarmee van de krapte op de arbeidsmarkt. In een krappe arbeidsmarkt zal dit tijdelijke werkgelegenheidseffect beperkt zijn.

Voor de mogelijke gevolgen van verdergaande ammoniakmaatregelen voor de landbouwsector is een PBL-onderzoek uit 2010 relevant (zie Koelemeijer et al. 2010). Uit deze studie blijkt dat, zonder compensatie door de overheid, de economische gevolgen van verdergaande ammoniakmaatregelen voor de landbouwsectoren aanzienlijk kunnen zijn. Daarbij zijn de economische gevolgen van verbeterde maatregelen voor de aanwending van mest waarschijnlijk relatief beperkt; het gaat hier om relatief goedkope maatregelen. Verdergaande stalmaatregelen bij de veehouderij (luchtwassers) zijn duurder en invoering hiervan heeft wel

gevolgen voor de sector. Zonder overheidscompensatie kunnen kleinere bedrijven de kosten van deze stalmaatregelen niet dragen.

Conclusies en opties voor verdergaande emissiereducties in Nederland

De volksgezondheid en natuur in Nederland zijn gebaat bij verdergaande Europese emissiereducties

Deze studie laat zien dat, ondanks alle reeds getroffen Europese en nationale maatregelen, een aanvullend Europees emissiebeleid nog altijd welvaartswinst voor Nederland oplevert. Deze winst bedraagt enkele honderden miljoenen euro's per jaar. Wel blijkt dat het potentieel aan (verdergaande) technische maatregelen op de termijn tot 2020 afneemt.

Nederland heeft baat bij een aanvullend Europees emissiebeleid. Om de luchtkwaliteit in Nederland te verbeteren, is een palet aan maatregelen nodig, variërend van Europese tot nationale en lokale maatregelen. Een aanvullend Europees emissiebeleid is effectiever en efficiënter dan maatregelen in Nederland alleen, omdat Nederland dan ook profiteert van emissiereducties in het buitenland. Bovendien leidt een Europese aanpak tot een gelijkmatiger speelveld voor het bedrijfsleven. Ook dragen buitenlandse emissiereducties bij aan het bereiken van de luchtkwaliteitsnormen in het kader van het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit, en het herstel van de kwaliteit van natuurgebieden in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof. Om het belang van internationale emissiereductieafspraken te illustreren, hebben we berekend welk deel van de berekende baten voor rekening komt van verminderde import van luchtverontreiniging uit het buitenland. Voor het Low*-scenario blijkt dat 80 procent van de gezondheidsbaten kan worden toegeschreven aan emissiereducties in het buitenland. De berekende natuurbaten worden voor ongeveer 50 procent verklaard door buitenlandse emissiereducties.

Technische mogelijkheden voor extra emissiereducties in Nederland tot 2020

Welke technische mogelijkheden zijn er nog tot 2020 in Nederland om tot extra emissiereductie te komen? In de analyse hebben we maatregelen geïnventariseerd waarmee de geformuleerde ambitie-scenario's tegen de laagste kosten kunnen worden gerealiseerd. Deze opties zijn ingedeeld naar stof. Voor een overzicht van alle geïnventariseerde maatregelen verwijzen we naar het door ECN en PBL beheerde Optiedocument 2020.¹ In 2011 hebben betrokken stakeholders de opties in een reviewronde beoordeeld.

Er zijn voldoende technische maatregelen voorhanden om in 2020 aan de ambities te kunnen voldoen, met uitzondering van Vluchtige Organische Stoffen (NMVOS). Bouwstenen voor de realisatie van de ambitie-scenario's (Low*, Mid en High*) in Nederland zijn:

- Verdergaande maatregelen ter vermindering van de emissies van fijn stof (PM_{2,5}) bij woningen, industrie, landbouw en de binnenvaart. Mogelijke maatregelen zijn het (ondersteunen van het) versneld vervangen van oude, ongekeurde houtkachels en open haarden in woningen, het stimuleren van roetfilters op binnenvaartschepen, het uitvoeren van het fijnstofactieplan in de industrie en het toepassen van maatregelen in pluimveestallen.
- Verdergaande ammoniakmaatregelen in de landbouwsector. De emissies van ammoniak kunnen verder worden verminderd door het aanscherpen van het emissiearm uitrijden van dierlijke mest, en het op uitgebreidere schaal invoeren van luchtwassers bij varkensstallen. Daarnaast is het mogelijk om de emissies van melkveestallen te verminderen. Verdergaande ammoniakmaatregelen zijn aangekondigd in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof.
- Nieuwe maatregelen ter vermindering van de emissies van NMVOS in de industrie, en door het opleggen van Europese eisen aan producten. Voor NMVOS is Nederland sterk aangewezen op verdergaande Europese bronmaatregelen, zoals de aanscherping van eisen voor producten (productenrichtlijn). De zogeheten EU-productenrichtlijn is nu gericht op verf- en autoprodukten, en kan worden uitgebreid naar andere producten die NMVOS bevatten, zoals vloerlijm, coatings, deodorant en haarsprays. De Europese Commissie heeft voorlopig geconcludeerd af te zien van aanpassing van deze richtlijn, omdat het effect beperkt van omvang is, en omdat enkele landen nog problemen hebben met de invoering van de huidige richtlijn (EU 2011). Het potentieel aan nationale maatregelen lijkt beperkt, maar zoals aangegeven is nieuw onderzoek nodig om een betrouwbaarder beeld te krijgen van het reductiepotentieel. In deze studie zijn twee nationale bronmaatregelen in beeld gebracht die zijn gericht op het verminderd gebruik van oplosmiddelen in de industrie: bij verftoepassingen en bij reinigen en ontvetten.
- Verdergaande maatregelen gericht op de vermindering van de uitstoot van stikstofoxiden in de binnenvaart, en maatregelen in de industrie, energiesector en raffinaderijen. De uitstoot van stikstofoxiden in de binnenvaart kan verder afnemen door het meer stimuleren van katalysatoren op scheepsmotoren.
- Voor het wegverkeer zijn vóór 2020 geen verdergaande stikstofoxidenmaatregelen opgenomen in het Optiedocument. De al afgesproken Europese emissieregelgeving (Euro6/VI), in combinatie met de

hieraan verbonden nationale stimuleringsregeling, zal er naar verwachting toe leiden dat de stikstofoxiden-emissies van het wegverkeer tot 2020 fors zullen afnemen.

- Verdergaande maatregelen in de industrie gericht op zwaveldioxide. Het gaat om een aantal verschillende, kleinere maatregelen in de industrie. Mogelijke maatregelen zijn de overschakeling van nog resterende oliestook in de industrie naar gasstook, rookgasreiniging bij de industriële fabricage van roet of *carbon black* en rookgasreiniging bij een aantal andere industriële inrichtingen. Daarnaast is het mogelijk de rook- en stookgasreiniging bij raffinaderijen en kolencentrales nog verder te optimaliseren.

Noot

- 1 Zie <http://www.ecn.nl/nl/units/ps/themas/nationaal-energie-en-klimaatbeleid/optiedocument/>.

VERDIEPING

VERDIEPING

Inleiding

1.1 Doel en aanleiding van de studie

In 2012 wordt het Gothenburg Protocol herzien. Dit Protocol is in 1999 overeengekomen in het kader van het Verdrag inzake grensoverschrijdende luchtverontreiniging (CLRTAP-verdrag). Het verdrag valt onder de Europese Economische Commissie van de Verenigde Naties (UNECE). Doel van de herziening is het vaststellen van nieuwe emissieplafonds voor luchtverontreinigende stoffen, waaraan vanaf 2020 moet worden voldaan. De huidige plafonds zijn geldig vanaf 2010 en gelden voor de stoffen zwaveldioxide (SO_2), stikstofoxiden (NO_x), ammoniak (NH_3) en Vluchtige Organische Stoffen (uitgezonderd methaan, NMVOS). Naast de herziening van de bestaande plafonds zal het Protocol ook worden uitgebreid met een emissieplafond voor fijn stof ($\text{PM}_{2,5}$). Partijen die zijn aangesloten bij dit Protocol zijn de Europese Commissie, (het merendeel van) de EU-lidstaten, Noorwegen, Zwitserland, Kroatië en de Verenigde Staten van Amerika. De reikwijdte van het Protocol gaat daarmee verder dan de EU NEC-richtlijn, die betrekking heeft op de 27 EU-landen en waarin nationale emissieplafonds zijn vastgelegd voor 2010 voor SO_2 , NO_x , NH_3 en NMVOS.

De UNECE wil voor 2020 nieuwe plafonds vaststellen, omdat luchtverontreinigende stoffen, ondanks de aanmerkelijke verbeteringen van de laatste decennia, nog altijd leiden tot grote gezondheids- en natuurschade in Europa; een aanscherping van de plafonds moet ertoe leiden dat de emissies in Europa omlaag gaan. Europese afspraken over verdergaande emissievermindering zijn

belangrijk, omdat de gezondheid en de natuur maar deels kunnen worden verbeterd met alleen nationale maatregelen: landen zijn voor een groot deel afhankelijk van de reductiedoelen van omliggende landen. Voor Nederland, een land met veel grensoverschrijdende luchtverontreiniging, is dit belang van Europese afspraken extra groot.

De Working Group on Strategies and Review (WGSR) is het strategische beleidsorgaan onder het verdrag. In deze werkgroep wordt de herziening van de verdragsteksten voorbereid en worden de onderhandelingen daarover gevoerd. In april 2011 heeft de WGSR de eerste ambitie-scenario's voor een aanscherping van plafonds voor 2020 gepresenteerd (zie CIAM 2011a). Bij de voorbereiding van de onderhandelingen zijn de deelnemende landen het er snel over eens geworden om de nieuwe plafonds minimaal vast te stellen op een niveau dat met bestaand beleid in 2020 haalbaar is. Daarnaast hebben de onderhandelaars ook een aantal varianten (ambitie-scenario's) met nog verdergaande emissiereducties geformuleerd en besproken. In de zomer van 2011 hebben de verdragslanden commentaar geleverd op deze ambitie-scenario's, en zijn deze nog op onderdelen aangepast. In augustus 2011 heeft de WGSR de definitieve ambitie-scenario's gepresenteerd (zie CIAM 2011b). Deze ambitie-scenario's voor plafonds, van augustus 2011, vormden het startpunt voor het onderhandelingsproces over de herziening van plafonds, en worden in dit rapport aangeduid als de Gothenburg-ambitie-scenario's, of kortweg 'de ambitie-scenario's'.

Om het Nederlandse standpunt over de hoogte van de Nederlandse plafonds te helpen bepalen, heeft het Interbestuurlijk Dossier Team Emissieplafonds (IBDT) aan het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) gevraagd om de uitgewerkte ambitie-scenario's voor de herziening van plafonds te analyseren, specifiek voor de Nederlandse situatie. In het IBDT zijn de ministeries van IenM, EL&I, BZK en Financiën en de Vereniging van Nederlandse Gemeenten (VNG) en het Interprovinciaal Overleg (IPO) vertegenwoordigd. Uit deze studie moet blijken:

- of de gepresenteerde ambities voor plafonds voor Nederland haalbaar zijn met technische maatregelen en tegen welke kosten;
- in welke mate de ambities leiden tot een vermindering van de nadelige (fysieke) effecten van luchtvervuiling op de menselijke gezondheid en de natuurkwaliteit in Nederland; en
- wat de maatschappelijke kosten en baten zijn voor Nederland van een mogelijke aanscherping van plafonds in Europa.

We analyseren in deze studie alleen de technische haalbaarheid van plafonds. Dat wil zeggen dat we alleen kijken naar de mogelijkheden die er zijn om emissies verder te reduceren met technische maatregelen. Gedragsmaatregelen die direct aangrijpen op de omvang van economische activiteiten in Nederland, zoals op de omvang van de mobiliteit en van de veestapel, zijn in deze studie niet meegenomen.

Het vertrekpunt voor de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) vormde de in 2008 door CE-Delft uitgevoerde MKBA van verdergaande EU-NEC-plafonds (CE 2008). Het betrof hier een integrale MKBA, waarbij structureel alle kosten- en batenposten langs zijn gelopen, in kaart gebracht en becijferd. Uitgaande van de resultaten van deze studie is, in overleg met het ministerie van IenM, besloten om de MKBA niet in haar geheel te herhalen, maar de nieuwe studie alleen te richten op de dominante kosten- en batenposten uit de CE-studie. Dit waren:

- de directe kosten van technische maatregelen (investeringskosten en operationele kosten); en
- de gezondheidsbaten.

Voor een korte beschrijving van de overige, niet expliciet in deze PBL-studie behandelde kosten- en batenposten verwijzen we naar paragraaf 2.3.

1.2 De Gothenburg-ambitiescenario's

Het International Institute of Applied Systems Analysis (IIASA) heeft de door de WGSR gepresenteerde

ambitiescenario's in detail uitgewerkt met het Europese GAINS-model. Hierbij heeft het IIASA de door de WGSR geformuleerde ambities voor milieuverbetering als startpunt genomen. Deze ambities zijn geformuleerd in termen van minder vervroegde sterfte door fijn stof, minder natuurschade door vermisting, minder natuurschade door verzuring en minder gezondheidschade door ozon. Het IIASA heeft vervolgens uitgerekend hoe deze ambities kosten-optimaal kunnen worden gerealiseerd, dat wil zeggen met welke emissiereducties in welke landen. De kostenoptimale emissiereducties zijn vervolgens vertaald naar mogelijke ambities voor plafonds in 2020.

Het GAINS-model is speciaal ontwikkeld om de kosten- en milieueffecten van Europese bestrijdingsstrategieën voor luchtverontreiniging te kunnen analyseren. Om dit te kunnen doen, zijn projecties nodig van de toekomstige ontwikkeling van het energiesysteem (energievraag en -aanbod) en van de ontwikkeling van de landbouwsector (omvang veestapel) voor alle Europese landen. Deze projecties vormen een exogene input voor het GAINS-model. Voor de 27 EU-landen heeft de WGSR besloten om uit te gaan van de zogenoemde Europese PRIMES-energieprojecties die zijn ontwikkeld in opdracht van de Europese Commissie. Toekomstige Europese ontwikkelingen in de landbouw zijn overgenomen van projecties die zijn ontwikkeld met het CAPRI-model.

1.3 De Europese beleidscontext

Nederland is gebonden aan de emissieplafonds die in het kader van het Gothenburg Protocol worden afgesproken. Het voorstel van de UNECE voor aanscherping van de plafonds staat daarbij niet op zichzelf. Vanaf het begin van de jaren tachtig zijn in heel Europa maatregelen getroffen, waardoor de emissies zijn gedaald en de lucht aanmerkelijk schoner is geworden. Recentelijk zijn verdergaande bronmaatregelen afgesproken, zoals de Euro6/VI-normering voor voertuigen, de Europese Industrial Emissions Directive (IED) en het Nederlandse Besluit Emissie-eisen Middelgrote Stookinstallaties (BEMS). Door dit beleid is de luchtkwaliteit aanmerkelijk verbeterd, en zal deze tot 2020 nog verder verbeteren. Ondanks deze verbetering leidt luchtverontreiniging in Europa, nu en in 2020, nog altijd tot forse milieu- en gezondheidsschade. Het gaat hier om vroegtijdige sterfte door langdurige blootstelling aan fijn stof, verlies van biodiversiteit door vermisting en verzuring, en een minder goede gezondheid door blootstelling aan ozon. De EU en UNECE erkennen dat het probleem van luchtverontreiniging nog niet is opgelost, en streven onverminderd naar een verdergaande verbetering van de luchtkwaliteit. Uiteindelijk streven EU en UNECE naar het

bereiken van luchtkwaliteitsniveaus die geen significant effect hebben op de gezondheid van mens en natuur. Parallel met de herziening van het Gothenburg Protocol evalueert de Europese Commissie momenteel de EU-luchtstrategie. Deze evaluatie beslaat het EU-luchtbeleid in brede zin: de geldende emissieregelgeving en de regelgeving voor de luchtkwaliteit. Bij deze evaluatie zal ook de herziening van de EU-NEC-richtlijn worden meegenomen. De NEC-richtlijn legt de emissieplafonds vast voor de 27 EU-landen. De huidige EU-NEC-plafonds zijn geldig vanaf 2010. Er zijn in EU-verband nog geen plafonds afgesproken voor 2020.

De Europese Commissie heeft een belang bij een herziening van het Gothenburg Protocol, omdat de UNECE-regio alle landen in Europa bestrijkt, inclusief een aantal landen in oostelijk en zuidoostelijk Europa met relatief hoge emissies. Het is daarbij de bedoeling om het herziene Protocol toegankelijk te maken voor landen die daarin nu nog geen partij zijn, vooral landen als Rusland, Wit-Rusland, de Oekraïne, Georgië en de Balkanlanden.

1.4 Het belang van Nederland bij verdergaande Europese afspraken over emissiereducties

Nederland heeft een groot belang bij verdergaande internationale afspraken over emissiereducties. De concentraties en deposities van luchtverontreinigende stoffen in Nederland worden voor een belangrijk deel veroorzaakt door emissies uit het buitenland. Daarnaast exporteert Nederland zijn emissies ook voor een belangrijk deel naar het buitenland. Nederland hoort in Europa tot de landen met de hoogste fijnstofconcentratie, wat wordt verklaard door de hoge bevolkingsdichtheid en de hoge dichtheid aan economische activiteiten. De gemiddelde levensduurverkortening door antropogene (dat wil zeggen door de mens veroorzaakte) emissies van luchtverontreiniging zal in Nederland in 2020 nog altijd gemiddeld 5,5 maanden (1,6 tot 9,4) bedragen (zie paragraaf 5.1). Het verlies aan levensverwachting door luchtverontreiniging behoort tot de hoogste van de EU en ligt circa 2 maanden hoger dan het EU-gemiddelde (CIAM 2011b). Daarnaast heeft Nederland nog grote problemen met de vermessing van de natuur. In 2020 zal meer dan de helft van de Nederlandse natuur nog niet zijn beschermd tegen de nadelige gevolgen van stikstofdepositie, wat zich vertaalt in een verminderde soortenrijkdom en een verlies aan biodiversiteit in natuurlijke ecosystemen, zoals droge en natte heide, bos op arme zandgronden, voedselarme graslanden en hoogvenen (Koelemeijer et al. 2011).

De Nederlandse volksgezondheid en natuur ondervinden, nu en in 2020, dus nog altijd forse nadelige effecten van luchtverontreiniging. Daar staat tegenover dat de kosten voor verdergaande emissiereducties ook steeds meer toenemen. Er zijn in binnen- en buitenland namelijk al veel maatregelen getroffen. Het merendeel van de industriële installaties en voertuigen is al uitgerust met zuiveringstechnieken. De jaarlijkse kosten van het bestaande luchtbeleid bedragen in Nederland in 2020 circa 3 miljard euro, en 85 tot 90 miljard euro in de 27 EU-landen (AEA 2011). De technische mogelijkheden voor verdergaande emissiereducties nemen af, en de kosten nemen toe. Om deze reden is het belangrijk om bij aanpassingen van het luchtbeleid steeds goed te analyseren of het voorgestelde beleid technisch is te realiseren, en of een aanscherping van beleid nog welvaartswinst oplevert, dat wil zeggen of de maatschappelijke baten van een verdergaand luchtbeleid nog altijd opwegen tegen de maatschappelijke kosten. Met deze studie willen we antwoord geven op deze vragen, uitgaande van de kennis en gegevens die in Nederland beschikbaar zijn. Deze nationale analyse – uitgaande van nationale inzichten – kan worden beschouwd als een op Nederland toegespitste *second opinion* op de door de WGSR uitgevoerde analyses in Europees verband. In deze nationale analyse zoomen we in detail in op de technische haalbaarheid van verdergaande ambitiescenario's voor plafonds voor 2020, en analyseren we de kosten en baten hiervan. De Europese analyses omvatten een groter gebied en zijn minder gedetailleerd; in die analyses is dus ook minder goed rekening gehouden met de specifieke Nederlandse omstandigheden.

1.5 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 beschrijven we de gevolgde methodologie. Hoofdstuk 3 biedt informatie over de door de WGSR uitgewerkte ambitiescenario's voor aanscherping van emissieplafonds. In hoofdstuk 4 gaan we in op de technische haalbaarheid en de kosten van mogelijke nieuwe emissieplafonds voor 2020 in Nederland en bespreken we de technische mogelijkheden voor een verdergaande emissievermindering tot 2020. In hoofdstuk 5 bespreken we de baten van strengere plafonds, in fysieke termen (levensverwachting, areaal beschermde natuur tegen vermessing) en monetair. In hoofdstuk 6 staat de hoofdvraag van deze studie centraal en wegen we de becijferde kosten af tegen de baten. In dit hoofdstuk geven we ook een eindbeoordeling van het welvaartseffect voor de Nederlandse samenleving van strengere emissieplafonds. In hoofdstuk 7 gaan we nader in op de onzekerheden in de analyse.

Methodologie

2.1 Inschatting van de beleidsopgave en de technische haalbaarheid

2.1.1 Aanpak

Om inzicht te verkrijgen in de technische haalbaarheid en de maatschappelijke kosten en baten van de Gothenburg-ambitiescenario's voor het jaar 2020, is het eerst nodig om inzicht te hebben in de mogelijke ontwikkeling van de emissies tot 2020 bij uitvoering van het vastgestelde beleid. Vervolgens kan worden beoordeeld wat de ambitiescenario's van de Working Group on Strategies and Review (WGSR) voor Nederland gaan betekenen in termen van de nog aanvullend benodigde technische maatregelen.

De in deze studie gebruikte raming voor 2020 is gebaseerd op de nationale referentieraming van het ECN en PBL (2010), die is geactualiseerd in Velders et al. (2011). De door de WGSR geformuleerde ambities voor emissieplafonds zijn afgezet tegen deze referentieraming. De ambities van de WGSR zijn toegelicht en gerapporteerd in CIAM (2011b). Omdat de WGSR-rapportage deels ongewilde 'artefacten' bevat (zie paragraaf 2.1.1), is ook een set gecorrigeerde plafonds afgeleid. Deze studie is vooral op deze gecorrigeerde plafonds gericht. Voor de gecorrigeerde plafonds lopen we de drie centrale vragen na (naar de technische haalbaarheid, fysieke effecten en de kosten en baten).

Voor de ongecorrigeerde plafonds geven we alleen de resultaten van de technische haalbaarheidsanalyse. We rapporteren deze resultaten hier om daarmee duidelijk te

maken hoe de technische voorbereiding is verlopen van het herziene Protocol en de daarbij horende berekeningen. De door de WGSR uitgewerkte ongecorrigeerde ramingen en plafonds vormden het startpunt van de internationale onderhandelingen. Nederland heeft tijdens het proces steeds benadrukt dat een acceptatie van deze ongecorrigeerde ramingen en plafonds ongewenste gevolgen zou hebben gehad voor de Nederlandse beleidsopgave. Uiteindelijk is Nederland bij het bieden van plafonds volledig uitgegaan van de eigen nationale inzichten en ramingen (Ministerie van IenM 2012).

Afleiding van de beleidsopgave, ramingen en bestrijdingsopties voor 2020

Het referentiebeeld voor 2020 uit de nationale referentieraming sluit aan op nationale inzichten in de verwachte toekomstige ontwikkeling van het energiesysteem (energievraag en -aanbod) en de landbouwsector (omvang veestapel). Door vervolgens de geraamde emissies voor 2020 te vergelijken met de uitgewerkte ambities voor plafonds van de WGSR, is de omvang van de verwachte extra beleidsopgave voor de verschillende stoffen in 2020 bepaald, in kiloton emissiereductie. De beleidsopgave in deze studie is dus steeds afgeleid van de vergelijking tussen de WGSR-ambities en de referentieraming van het PBL en ECN. Ten slotte is nagegaan of deze emissiereductie met technische maatregelen is te realiseren, en tegen welke kosten. Hierbij maken we gebruik van de door het PBL en ECN beheerde database met technische bestrijdingsopties, beter bekend als 'het Optie-document'.¹ Er zijn

altijd meerdere wegen mogelijk om te komen tot een gewenste emissiereductie. In deze studie zoeken we steeds naar de meest kostenoptimale oplossing. De doorgerekende ambities hebben betrekking op aanvullend beleid. Anders gezegd, de berekende kosten en baten voor de ambitie-scenario's hebben betrekking op aanvullende maatregelen boven op het vastgestelde beleid. De kosten en baten van het al in de referentieraming opgenomen vastgestelde beleid zijn in deze analyse niet onderzocht. In eerdere studies is aangetoond dat de baten van dit bestaande beleid vele malen groter zijn dan de maatschappelijke kosten (CE 2008).

Gecorrigeerde en ongecorrigeerde plafonds

De WGSR heeft de ambitie-scenario's voor plafonds uitgewerkt met het GAINS-model, op basis van een Europese emissieraming voor 2020 die voor Nederland duidelijk afwijkt van de nationale referentieraming. De emissieraming met vastgesteld beleid waarvan de WGSR uitgaat, en die het IIASA heeft berekend, duiden we in deze studie aan als de Gothenburg-raming. Het verschil in ramingen heeft gevolgen voor de omvang van de beleidsopgave. In deze studie zijn twee sets plafonds bekeken, en vergeleken met de nationale referentieraming:

- *ongecorrigeerde plafonds* zijn integraal overgenomen van het WGSR-document, en niet gecorrigeerd voor de verschillen in emissieraming;
- *gecorrigeerde plafonds* zijn afgeleid via correctie van de door de WGSR afgeleide plafonds met het verschil tussen de nationale referentieraming en de Europese Gothenburg-raming voor Nederland.

De WGSR-plafonds zijn gecorrigeerd omdat het gebruik van de ongecorrigeerde plafonds een vertekend beeld zou geven van de meest kosteneffectieve emissiereducties, en van de kosten en baten van verdergaande Europese ambities. Immers, een lage Gothenburg-raming leidt ertoe dat de plafonds voor enkele stoffen laag worden vastgesteld, waardoor de emissies meer moeten worden verminderd dan op grond van de nationale referentieraming mag worden verwacht. Omgekeerd leidt een hoge Gothenburg-raming ertoe dat de emissies voor andere stoffen hoog worden vastgesteld, waardoor de emissies minder dan verwacht hoeven te worden gereduceerd.

Voor stoffen waarvoor de WGSR lagere emissies raamt dan de nationale referentieraming, zijn de plafonds naar boven bijgesteld. Voor stoffen waarvoor de WGSR hogere emissies raamt dan de nationale raming, zijn de plafonds naar beneden bijgesteld. De door de WGSR uitgewerkte plafonds zijn gecorrigeerd met exact het verschil tussen de Europese en nationale referentieraming. Met de aanpak van gecorrigeerde plafonds ligt de berekende beleidsopgave – het aantal kilotonnen

emissiereducties en de verdeling van de beleidsopgave over stoffen – geheel in lijn met de uitgangspunten en de doelen voor milieuverbetering die EU-landen hebben geformuleerd bij de herziening van het Gothenburg Protocol. Versturende artefacten in de Gothenburg-raming die de uitkomst van de nationale kosten-batenanalyse kunnen beïnvloeden, worden zo vermeden.

Uitgangspunten van de Europese en nationale emissieramingen voor 2020

De hoogte van de berekende emissieniveaus voor 2020 wordt voor een belangrijk deel bepaald door de aannames over de te verwachten economische ontwikkeling tot 2020, en daarbij in het bijzonder de ontwikkeling in de energievraag, het energieaanbod en de energiemix in de verschillende landen.

Bij aanvang van het lopende proces voor herziening van het Protocol heeft de WGSR besloten om de emissieramingen voor de 27 EU-landen te baseren op het Europese energietrendscenario dat de Europese Commissie eind 2009 heeft laten uitwerken met het PRIMES-model (zie CIAM 2011b). Dit scenario wordt in het energietrendrapport van de Europese Commissie omschreven als het PRIMES09-scenario (EC 2010). Dit scenario geeft inzicht in de toekomstige ontwikkeling van de vraag naar en het aanbod van energie in de 27 EU-landen, evenals in de toekomstige ontwikkeling van de fysieke industriële productie. De aannames die voor Nederland zijn gedaan in dit PRIMES09-scenario verschillen echter op onderdelen van de aannames die ten grondslag liggen aan de ontwikkeling van de nationale referentieraming. Dit leidt tot verschillen in de inzet van energiedragers en industriële productiecijfers voor Nederland, en tot verschillen in de emissieniveaus die met bestaand beleid voor 2020 voor Nederland worden verwacht.

Naast de verschillen in energiescenario's zijn er nog andere verschillen tussen de modellen, die terug zijn te voeren op verschillen in het detailniveau ervan. Zo is in de nationale referentieraming van het PBL en ECN meer detailkennis opgenomen (onder andere van vergunningverleners) over de ontwikkeling van emissies (bestrijdingstechnologie) bij de Nederlandse bedrijven, daar waar het GAINS-model veel meer generieke Europese informatie bevat over de ontwikkeling in de bestrijdingstechnologie. Ook is het nationale beleid in de nationale raming vaak nauwkeuriger gemodelleerd dan in de Europese raming.

In het Europese PRIMES09-scenario, dat voor de periode 2011-2020 een economische groei hanteert van 1,7 procent, wordt rekening gehouden met de gevolgen van de economische crisis en met het afgesproken Europese klimaat- en energiepakket, met uitzondering van het doel voor hernieuwbare energie. Dit houdt in dat de EU-doelen voor broeikasgasemissies in dit Europese

Tabel 2.1

Referentieraming voor luchtverontreinigende stoffen in 2020 met vastgesteld beleid

Stof (kiloton)	2020		
	Onderraming OR	Middenraming MR	Bovenraming BR
Groei bbp per jaar	0,9 %	1,7%	2,5%
SO ₂	43	46	48
NO _x	172	184	197
NH ₃	115	119	122
NMVO5	146	153	167
PM _{2,5}	12,1	12,7	13,4

Bron: ECN & PBL (2010), geactualiseerd in Velders et al. (2011)

scenario worden gehaald. Het doel voor hernieuwbare energie wordt in dit scenario echter slechts gedeeltelijk gerealiseerd. Voor Nederland bedraagt het aandeel duurzame energie in het Nederlandse energiegebruik volgens het Europese PRIMESog-scenario 12 procent, wat 2 procent lager is dan het doel voor Nederland van 14 procent duurzame energie in 2020 (EC 2010). Dit wijkt dus af van de inschattingen volgens de nationale referentieraming (zie hierna).

De keuze van de WGSR voor het PRIMESog-scenario impliceert dat er bij de uitwerking van de ambities voor plafonds geen gebruik is gemaakt van de door landen zelf opgestelde nationale groei- en energiescenario's. Deze keuze van de WGSR is ingegeven door het feit dat de uitgangspunten en aannames in de nationale scenario's zeer verschillend kunnen zijn. Zo leidt de optelsom van landenscenario's niet tot een sluitende Europese energiebalans waarbij de import en export van energie tussen landen klopt. Dit maakt dat onafhankelijk opgestelde nationale scenario's niet altijd goed zijn te vergelijken.

2.1.2 De nationale emissieraming voor 2020

Het PBL heeft de beleidsopgave van ambities voor emissieplafonds beoordeeld tegen de achtergrond van een referentiebeeld voor 2020 dat overeenkomt met de nationale referentieraming van het ECN en PBL (2010), met een kleine actualisatie voor het verkeer in Velders et al. (2011). Omdat de Europese doelstelling voor hernieuwbare energie in 2020 in de nationale referentieraming slechts gedeeltelijk (voor 50 procent, dus slechts 7 procent van de benodigde 14 procent in 2020) wordt gerealiseerd, is daarnaast ook een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Daarbij is de beleidsopgave bij strengere plafonds beoordeeld tegen de achtergrond van een tweetal alternatieve scenariovarianten waarin het doel voor hernieuwbare energie in 2020 wel volledig wordt gerealiseerd, zoals verwacht mag worden op grond van de geldende Europese verplichtingen. Het gaat hierbij om een

alternatieve NREAP-variant en een kostenoptimale variant (ECN 2011). Details van beide varianten worden hierna gegeven.

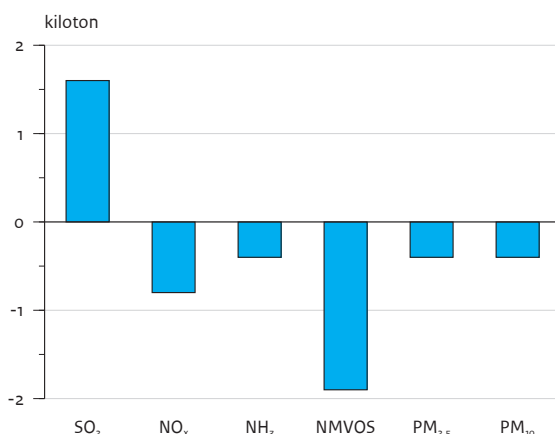
Nationale referentieraming met vastgesteld beleid

De nationale referentieraming geeft de autonome ontwikkeling van emissies bij uitvoering van het vastgestelde beleid. De resultaten voor de referentieraming zijn gegeven in tabel 2.1. De centrale raming geeft de meest realistisch geachte emissie-ontwikkeling tot 2020 bij vastgesteld beleid, uitgaande van een veronderstelde economische groei van 1,7 procent per jaar van het bruto binnenlands product (bbp) voor de periode 2011-2020. Daarnaast is ook een bovenraming en een onderraming opgesteld, met als verschil dat er een hogere en lagere groei is verondersteld dan in de centrale raming. In de bovenraming wordt uitgegaan van een groei van het bbp van 2,5 procent per jaar en in de onderraming van een groei van 0,9 procent per jaar. Onzekerheden in de monitoring van emissies zijn in deze bandbreedte niet meegenomen. Deze laatste onzekerheden zullen in een nieuw Protocol naar verwachting worden afgedekt met een 'flexibiliteitsartikel' dat het mogelijk maakt flexibel om te kunnen gaan met wijzigingen in emissieschattingen, zoals de opname van nieuwe, voorheen onbekende emissiebronnen. Onzekerheden in de economische groei worden niet afgedekt door dit 'flexibiliteitsartikel'.

De door het kabinet genomen maatregelen om het aandeel duurzame energie tot 2020 verder te verhogen, zijn in deze referentieraming nog niet meegenomen. Het aandeel hernieuwbare energie in 2020 komt in deze raming uit op 7 procent en bedraagt daarmee de helft van het Europese doel van 14 procent voor dat jaar. Het Europese doel voor een CO₂-emissiereductie van 20 procent in 2020 komt in de referentieraming wel binnen bereik.

Figuur 2.1
Emissiereductie bij inzet van 14 procent hernieuwbare energie, 2020

Ten opzichte van nationale referentieraming bij kostenoptimale invulling



Bron: PBL & RIVM

2.1.3 Scenariovarianten met 14 procent hernieuwbare energie in 2020

Naast de nationale referentieraming zijn voor deze studie ook twee varianten opgesteld waarin rekening is gehouden met nieuw beleid voor hernieuwbare energie. Uitgangspunt voor de uitwerking van deze twee varianten was dat de EU-verplichting voor 14 procent hernieuwbare energie in 2020 volledig zou worden gerealiseerd. ECN (2011) heeft deze ramingen op verzoek van het PBL uitgewerkt, met als doel meer inzicht te krijgen in de mogelijk te verwachten neveneffecten van aanvullend beleid voor duurzame energie op de emissies van luchtverontreinigende stoffen.

De twee ontwikkelde varianten schetsen een beeld van hoe Nederland de Europese doelstelling van 14 procent duurzame energie (in finaal eindverbruik) zou kunnen halen in 2020. Bij de NREAP-variant wordt dit doel gehaald volgens het plan dat Nederland (het kabinet-Balkenende IV) in 2010 bij de Europese Commissie heeft ingeleverd, het 'National Renewable Action Plan'. In deze variant zijn maatregelen ingezet zoals beschreven in dit plan. Bij de kostenoptimale variant daarentegen, wordt het doel van 14 procent hernieuwbare energie op een kostenoptimale manier gerealiseerd, wat aansluit bij de aanpak van het kabinet-Rutte. In dit geval zijn de mogelijke maatregelen geselecteerd in volgorde van kosteneffectiviteit, hetgeen andere resultaten geeft. Tabel 2.2 geeft de neveneffecten voor beide varianten. Figuur 2.1 toont de berekende neveneffecten voor de kostenoptimale variant.

De kostenoptimale variant sluit, zoals vermeld, het beste aan bij het kabinetsbeleid, dat wil zeggen de SDE+-stimuleringsregeling en de bij- en meestookverplichting van biomassa in kolencentrales. Het merendeel van de concrete maatregelen die met het kabinetsbeleid naar verwachting worden gestimuleerd, is ook opgenomen in de kostenoptimale variant. Daarnaast onderzoekt het kabinet ook de mogelijkheden voor import van hernieuwbare energie. De kostenoptimale variant houdt hiermee geen rekening en realiseert het doel met alleen binnenlandse maatregelen.

De resultaten voor de kostenoptimale variant zijn gegeven in figuur 2.1 en tabel 2.2. In figuur 2.1 wordt een emissievermindering (emissiereductie) aangeduid met een positief getal en dus een staaf naar boven. Emissietoenames worden in deze figuur aangeduid met een negatief getal en dus een staaf naar beneden. Als gevolg van het stimuleringsbeleid voor hernieuwbare energie (SDE+) zal de inzet van biomassa in kleinere installaties voor warmte- en/of elektriciteitsproductie toenemen. Dit kan leiden tot een nettotoename van de nationale emissietotalen van NO_x en PM_{2,5} met respectievelijk 1 en 0,4 kiloton; een toename van 1 en 3 procent vergeleken met de referentieraming. De toename in NO_x- en PM_{2,5}-emissies wordt verklaard doordat voor kleine biomassainstallaties minder strenge emissienormen gelden dan voor vergelijkbare gasinstallaties. Ook voor NMVOS en NH₃ wordt een kleine nettotoename in emissietotalen berekend, met respectievelijk 2 en minder dan 1 kiloton. Voor SO₂ wordt verwacht dat het stimuleringsbeleid voor hernieuwbare energie zal leiden tot een nettodaling van het

Tabel 2.2

Neveneffecten van extra hernieuwbare energie voor de emissies van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen in 2020

Stof (kiloton)	2020			
	Emissiereductie tov nationale referentieraming			
	Kostenoptimale variant		NREAP	
	Kiloton	%	kiloton	%
Stoffen herziening Gothenburg protocol				
SO ₂	1,6	3%	4,7	10%
NO _x	-0,8	-0%	1,1	1%
NH ₃	-0,4	-0%	-0,5	-0%
NMVOS	-1,9	-1%	-1,5	-1%
PM _{2,5}	-0,4	-3%	0,2	1%
Overige stoffen				
PM ₁₀	-0,4	-1%	0,2	1%
Broeikasgassen	23,6	11%	28,3	13%

Bron: ECN (2011)

emissietotaal met circa 1 tot 2 kiloton; een daling van 2 tot 4 procent vergeleken met de referentieraming. In tabel 2.2 hebben we de veranderingen in emissies afgezet tegen de geraamde emissieniveaus voor 2020. We zien dan dat het gaat om beperkte veranderingen van enkele procenten. Daarnaast is het goed om eventuele verslechtingen ook op een andere manier te beoordelen, dat wil zeggen in relatie tot de verdere technische mogelijkheden die er nog zijn om de emissies nog verdergaand te reduceren. Dit technische reductiepotentieel hebben we in hoofdstuk 4 in beeld gebracht (tabel 4.1). Bij deze vergelijking is de toename in PM_{2,5}- en VOS-emissies niet zomaar te verwaarlozen. Het technische potentieel voor nog verdergaande reductie tot 2020 van de emissies van fijn stof (PM_{2,5}) is geschat op 1,6 kiloton. Afgezet tegen dit potentieel, leidt de toegenomen inzet van biomassa in kleine installaties tot een substantiële toename in PM_{2,5}-emissies. De toename bedraagt een kwart van het in deze studie geïnventariseerde reductiepotentieel.

De kostenoptimale variant omvat een pakket aan maatregelen dat verder gaat dan het vastgestelde kabinetsbeleid. Het aandeel hernieuwbare energie komt in de kostenoptimale variant uit op 14 procent, tegenover 9-12 procent bij uitvoering van het vastgestelde kabinetsbeleid. Het kabinet streeft ernaar om in 2020 te voldoen aan de Europese verplichting. Daarvoor onderzoekt het kabinet ook mogelijkheden voor de import van hernieuwbare energie. Een keuze van het kabinet voor import van hernieuwbare energie, in plaats van binnenlandse maatregelen, zal ertoe leiden dat de

neveneffecten lager uitvallen dan hier berekend. De neveneffecten zullen dan deels niet in Nederland optreden, maar in het buitenland. De emissies van NO_x en PM_{2,5} zullen dan nog wat verder toenemen dan het beeld dat geschetst is in figuur 2.1 en tabel 2.2. Voor SO₂ zullen de emissies nog altijd afnemen maar zal het positieve effect minder gunstig uitpakken dan gegeven in figuur 2.1. Het PBL en ECN hebben de bandbreedte van 9-12 procent bij het vastgestelde kabinetsbeleid geraamd in de *Verkenning voor de motie-Halsema* (2011). Bij uitvoering van de Green Deals voor duurzame projecten is het waarschijnlijk dat het aandeel hernieuwbare energie eerder hoger dan lager in deze bandbreedte zal liggen.

In tabel 2.2 zijn ook de resultaten voor de NREAP-variant gegeven. In vergelijking met de kostenoptimale variant omvat deze variant meer duurzame energie, waaronder meer windenergie op land en zee. Deze opties hebben positieve neveneffecten voor SO₂, NO_x en PM_{2,5}, waardoor de neveneffecten bij deze variant gunstiger uitpakken dan bij de kostenoptimale variant. Bij deze NREAP-variant moet worden aangetekend dat de grote hoeveelheid windenergie op zee en land die het kabinet-Balkenende IV in dit NREAP-plan heeft aangenomen niet of moeilijk meer realiseerbaar is tot 2020.

Emissieplafonds voor 2020 op basis van verkochte brandstof

Om te kunnen beoordelen of landen voldoen aan de afgesproken emissieplafonds, zijn er in het verleden afspraken gemaakt over de wijze waarop landen emissies dienen te berekenen en rapporteren. De rekenmethoden

voor de verschillende emissiebronnen zijn in de loop der jaren geharmoniseerd en transparant gemaakt. Ook moeten landen de gerapporteerde emissies uitvoerig documenteren en verantwoorden in een jaarlijkse rapportage.

De methoden voor het berekenen van de emissies van het wegverkeer zijn anno 2012 nog niet volledig geharmoniseerd. De richtlijnen (*reporting guidelines*) voor het berekenen en rapporteren van emissies onder het Gothenburg Protocol en de Europese NEC-richtlijn schrijven voor dat de emissies van het wegverkeer moeten worden berekend en gerapporteerd op basis van de brandstof die wordt verkocht aan het wegverkeer. Deze methodiek wordt aangeduid als *fuel sold*. De verkopen van brandstof aan het wegverkeer zijn in het algemeen goed bekend en beschikbaar via de nationale energiestatistieken.

Naast de verplichting om emissies te rapporteren op basis van de brandstofverkopen, bieden de huidige richtlijnen ook de mogelijkheid om emissies van wegverkeer te berekenen en rapporteren op basis van de brandstof die daadwerkelijk wordt verstoofd op het nationale grondgebied (*fuel used*). Waar in de *fuel sold*-benadering de locatie van de verkopen bepalend is, draait het bij de *fuel used*-benadering om de plek waar de brandstof wordt verbruikt. Het brandstofverbruik op nationaal grondgebied wordt berekend aan de hand van voertuigkilometers en verbruiksfactoren die het brandstofverbruik geven per kilometer. Dit 'bottom-up' berekende brandstofverbruik kan om verschillende redenen afwijken van de brandstofverkopen binnen de landsgrenzen (zie bijlage 3).

Nederland heeft voor de bepaling van emissies door wegverkeer altijd gebruikgemaakt van de *fuel used*-methodologie. Daarnaast rapporteert Nederland (onder het Gothenburg Protocol en de Europese NEC-richtlijn) ook de emissies volgens de *fuel sold*-methodiek. De huidige Nederlandse emissieplafonds die gelden vanaf 2010 zijn bepaald aan de hand van de *fuel used*-emissies. Om die reden is het voor Nederland toegestaan om ook het doelbereik op basis van de *fuel used*-emissies te bepalen. Naast Nederland rapporteren ook Luxemburg en Oostenrijk hun emissies op basis van *fuel used*, en worden ook deze landen op basis van deze methodiek afgerekend op het halen van de nu geldige plafonds die vanaf 2010 van kracht zijn. De overige landen rapporteren emissies op basis van *fuel sold* en worden ook op die cijfers afgerekend.

Bij de onderhandelingen over de herziening van het Gothenburg Protocol was de inzet om de rekensystematiek voor de emissies van het wegverkeer – gelet op de nieuwe plafonds voor 2020 – voor landen zo veel mogelijk gelijk te trekken en te baseren op de *fuel sold*-methodiek. Voor het bepalen van het doelbereik

voor nieuwe 2020-plafonds worden straks voor Nederland dan ook de *fuel sold*-emissies van het wegverkeer gebruikt. Voor de 2010-plafonds blijft Nederland worden afgerekend op de *fuel used*-emissies. Voordeel van de *fuel sold*-aanpak is dat deze methode ook wordt voorgeschreven bij de rapportage van broeikasgasemissies onder het klimaatverdrag van de Verenigde Naties. Daarnaast wordt hiermee voorkomen dat emissies dubbel worden geteld of niet worden gerapporteerd. Als gevolg van de gewijzigde systematiek zal Nederland de komende jaren moeten investeren in de kwaliteit van de *fuel sold*-emissiecijfers. De afgelopen jaren lag de prioriteit bij verbetering van de methoden voor berekening van *fuel used*-emissies, omdat die werden gebruikt voor bepaling van het doelbereik voor de 2010-emissieplafonds.

Zoals hiervoor is vermeld, rapporteert Nederland momenteel al emissies volgens de *fuel sold*- en *fuel used*-benadering. Het gaat dan wel om de emissies voor historische jaren. De nationale emissieraming van het ECN en PBL (2010) geeft uitsluitend emissies voor zichtjaren volgens de *fuel used*-methodiek. Voor het jaar 2020 rapporteert Nederland dus ook alleen nog maar emissies volgens de *fuel used*-aanpak. Om de consequenties van emissieafspraken volgens de *fuel sold*-methodiek in beeld te krijgen, heeft het ministerie van IenM – tijdens de onderhandelingen in 2011 – aan het PBL gevraagd om een eerste inschatting te maken van de emissies volgens de *fuel sold*-methodiek voor het zichtjaar 2020. Deze berekening is opgesteld in lijn met de uitgangspunten van de nationale referentieraming (ECN & PBL 2010). Daarnaast heeft het PBL gedetailleerder naar de emissies voor het basisjaar 2005 gekeken. De jaren 2005 en 2020 zijn relevant, omdat de nieuwe emissieplafonds worden afgesproken als een relatieve reductie in 2020 ten opzichte van het basisjaar 2005. De resultaten van de voorlopige *fuel sold*-emissieberekening zijn gegeven in tabel 2.3. De tabel geeft de resultaten uitgaande van de referentieraming voor 2020 (middenraming, MR), die is geactualiseerd in Velders et al. (2011). Daarnaast geeft de tabel een onder- en bovenraming (OR en BR), gebaseerd op een lagere (0,9 procent) respectievelijk hogere (2,5 procent) economische groei. Ook is de zogenoemde GCN-raming uit 2011 gegeven, zoals deze wordt gebruikt in het kader van het Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit NSL (Velders et al. 2011). Deze GCN-raming komt overeen met de bovenraming, maar met wat extra voorgenomen luchtbeleid. Ter vergelijking zijn ook de *fuel used*-emissies gegeven. Voor NO_x en $\text{PM}_{2,5}$ is er een behoorlijk verschil in emissies. Dit verschil is grotendeels terug te voeren op het relatief grote verschil tussen de afzet en het verbruik van diesel in Nederland zoals die met de huidige inzichten worden berekend. De afzet van diesel aan het wegverkeer

Tabel 2.3

Fuel used- en fuel sold-emissies in 2005 en in 2020 volgens de referentieraming met vastgesteld beleid

Stof	Emissies (kton)						Reductie 2005-2020 (%)				
	2005 (kton)	2010 (kton)	OR ¹		MR ¹	BR ¹	BR-GCN ¹	2020 (kton)	2020 (%)		
Raming											
Fuel used											
SO ₂	65	34	42	46	48	47		34%	29%	26%	28%
NO _x	346	276	172	184	197	196		50%	47%	43%	43%
NH ₃	140	122	115	119	122	122		18%	16%	13%	13%
NMVOS	177	151	146	153	167	167		18%	14%	6%	6%
PM _{2,5}	19,5	15,3	12,1	12,7	13,4	12,4		38%	35%	31%	36%
Fuel sold											
SO ₂	65	34	42	46	48	47		34%	29%	26%	28%
NO _x	370	295	180	192	206	205		51%	48%	44%	45%
NH ₃	141	122	115	119	122	122		18%	16%	13%	13%
NMVOS	180	152	146	153	167	167		19%	15%	7%	7%
PM _{2,5}	20,8	16,0	12,5	13,1	13,8	12,8		40%	37%	34%	38%

Bron: ECN & PBL (2010), geactualiseerd in Velders et al. (2011)

¹ De middenraming (MR) geeft de emissie bij een gemiddelde economische groei van 1,7 procent per jaar (2011-2020). De onderraming (OR) en de bovenraming (BR) geven de emissieraming bij een lagere en hogere economische groei, respectievelijk 0,9 en 2,5 procent per jaar. De BR-GCN raming komt overeen met de raming die wordt gebruikt in het NSL en is gelijk aan de BR-raming, maar met wat extra voorgenomen luchtbeleid.

in Nederland lijkt significant groter dan het dieselverbruik in Nederland. Voor benzine wordt vrijwel geen verschil waargenomen tussen brandstofafzet en -verbruik. In bijlage 3 lichten we de opgestelde voorlopige emissieschatting volgens de *fuel sold*-methodiek toe. Ook wordt hier ingegaan op de verschillen in rekenmethodiek en de consequenties van een overstap van de *fuel used*- naar de *fuel sold*-methodiek.

In 2010 was de NO_x-emissie op basis van *fuel used* 276 kiloton en op basis van *fuel sold* 295 kiloton (verschil van 19 kiloton, 7 procent). Voor PM_{2,5} was de *fuel used*-emissie in 2010 15,3 kiloton tegenover 16,0 kiloton voor de *fuel sold*-emissies (verschil van 0,7 kiloton, 5 procent). Voor NMVOS is er een verschil van 1 kiloton (1 procent). Het absolute verschil tussen de berekende emissies volgens *fuel used* en *fuel sold* (in kiloton emissie) neemt in de toekomst af door het schoner worden van de voertuigen, waardoor de nationale emissietotalen afnemen, en daarmee ook het verschil in emissies tussen de *fuel used*- en *fuel sold*-aanpak. In 2020 zal het verschil naar verwachting circa 8,5 (NO_x), 0,4 (PM_{2,5}) en 0,5 (NMVOS) kiloton bedragen.

De WGSR-ambities voor plafonds in het rapport van 2011 (CIAM 2011b) gaan voor Nederland uit van *fuel used*-emissies. Alle analyses en bijbehorende cijfers in de rest

van dit rapport gaan dan ook uit van de *fuel used*-emissies. De *fuel sold*-emissies zijn in deze paragraaf uitsluitend gegeven omdat het ministerie hierom heeft gevraagd. Ook dient deze paragraaf als documentatie van de gegevensbasis die is gebruikt voor de afleiding van een nieuw plafond (of procentuele reductieverplichting) op basis van *fuel sold*-emissies.

2.2 Inschatting van de fysieke effecten op gezondheid en natuur

Luchtverontreiniging is een grensoverschrijdend probleem. De luchtkwaliteit in Nederland wordt dus bepaald door emissies in binnen- en buitenland. Om de luchtkwaliteit in 2020 in Nederland te kunnen berekenen, zijn er emissieramingen nodig voor zowel Nederland als voor de andere landen Europa. Hierbij zijn de omringende landen (Duitsland, België, Frankrijk en het Verenigd Koninkrijk) het meest bepalend.

2.2.1 Emissies

De Nederlandse emissieramingen voor 2020 zijn als gezegd gebaseerd op de door het ECN en PBL opgestelde nationale referentieraming van 2010. Voor de rest van de

Europese landen is gebruikgemaakt van de door het IIASA in het CIAM-rapport van augustus 2011 gerapporteerde emissieramingen (CIAM 2011b).

2.2.2 Atmosferische verspreiding

Voor de vertaling van de emissies naar concentratie- en depositieniveaus is gebruikgemaakt van GAINS-NL (Aben et al. 2005; PBL 2009; zie paragraaf 4.2 voor een omschrijving van het GAINS-NL-model). GAINS-NL is de speciaal voor Nederland ontwikkelde nationale versie van het Europese GAINS-model. Het RIVM beheert dit model. GAINS-NL bevat meer details voor Nederland dan het Europese GAINS-model. Daarnaast maakt de verspreidingsberekening in GAINS-NL gebruik van de resultaten van gedetailleerde atmosferische verspreidingsberekeningen met het door het RIVM beheerde Nederlandse GCN-modelinstrumentarium. De GCN-berekeningen worden gedaan op een schaal van 1 bij 1 vierkante kilometer en op basis van alle emissiebronnen in binnen- en buitenland.

In het Europese GAINS-model wordt gebruikgemaakt van rekenresultaten van het Europese EMEP-model. Dit model rekent op een schaal van 50 bij 50 vierkante kilometer. Het GCN-rekeninstrumentarium wordt gebruikt voor de jaarlijkse berekening van grootschalige concentratie- en depositiekaarten in het kader van het Nationale Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) en de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS).

Voor natuur berekent GAINS-NL niet alleen de depositie van stikstof en zuur. GAINS-NL vergelijkt deze depositie ook met de kritische depositieniveaus zoals deze bekend zijn voor de verschillende natuurgebieden in Nederland. Op basis hiervan berekent GAINS-NL de over het Nederlandse natuurareaal geaccumuleerde depositie van stikstof en zuur boven de kritische niveaus. Ook berekent GAINS-NL het areaal natuur waar de depositie van stikstof en zuur hoger ligt dan de kritische depositiewaarden.

2.2.3 Fysieke gezondheidseffecten

De door het PBL ontwikkelde gezondheidsplanner is gebruikt om de met GAINS-NL berekende fijnstof- en ozonconcentraties te vertalen naar gezondheidseffecten (mortaliteit en morbiditeit). De gezondheidsplanner sluit volledig aan bij de in Europa gevolgde methodiek voor het berekenen van gezondheidseffecten van luchtverontreiniging. De geldelijke waardering van gezondheidseffecten is geïncorporeerd in deze gezondheidsplanner.

2.2.4 Fysieke natuureffecten

De fysieke natuureffecten, uitgedrukt in het percentage verlies aan soorten, zijn ruw geschat voor vermesting. Hierbij is een dosis-responsrelatie gebruikt tussen de stikstofbelasting boven kritische niveaus en soortenrijkdom afkomstig van Van Hinsberg et al. (2008).

2.3 Vergelijking van de kosten en baten

2.3.1 De nationale kosten-batenanalyse

Het vertrekpunt voor de kosten-batenvergelijking vormt de in 2008 door CE-Delft uitgevoerde maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) van verdergaande EU-NEC-plafonds (zie CE 2008). Bij de CE-studie ging het om een integrale MKBA, waarbij structureel alle kosten- en batenposten zijn langsgelopen, in kaart gebracht en becijferd. De CE-studie uit 2008 was daarmee volledig in lijn met de ontwikkelde leidraad voor de MKBA in het milieubeleid (zie CE 2007), die is afgeleid van de OEI-richtlijn voor MKBA's (Onderzoeksprogramma Economische Effecten Infrastructuur). Kosten en baten van extra luchtmaatregelen zijn in de CE-studie in beeld gebracht over een periode van 20 jaar (2010-2030). Op grond van de resultaten van de CE-studie is, in overleg met het ministerie van IenM, besloten om de analyse niet in haar geheel te herhalen, maar de analyse van de uitgewerkte Gothenburg-ambitiescenario's alleen te richten op de dominante kosten- en batenposten: de directe kosten van maatregelen (investeringskosten en operationele kosten) en de gezondheidsbaten. Deze werkwijze stemt overeen met de aanpak die is gevolgd in de Europese kosten-batenanalyse die de Europese Commissie heeft laten uitvoeren ten behoeve van de herziening van het Gothenburg Protocol (zie AEA 2011). Bij aanvang van de studie is geconcludeerd dat met deze Europese aanpak een betrouwbaar inzicht kan worden verkregen in de kosten en baten van strengere emissieplafonds, en aldus in de monetaire welvaartseffecten van verdergaand luchtbeleid. Besloten is om overige kosten- en batenposten kwalitatief op te nemen in de analyse (als PM-post), waarbij zal worden verwezen naar de resultaten van de CE-studie uit 2008.

2.3.2 De Europese kosten-batenmethodologie

Een consortium van instituten beheert en onderhoudt de Europese methodologie voor kosten-batenanalyses in het luchtdossier. Dit gebeurt in het kader van het door de EU gefinancierde EC4MACS-project (zie Holland et al. 2008). Dit project bouwt voort op onderzoek dat is uitgevoerd in het kader van het 'Clean Air For Europe'-programma (CAFE) (zie Hurley et al. 2005). De EC4MACS-methodologie wordt gebruikt voor de kosten-batenevaluatie door de Europese Commissie van de voorliggende ambitiescenario's voor de herziening van het Gothenburg Protocol (zie AEA 2011). Voor een gedetailleerde wetenschappelijke verantwoording van de Europese methodologie verwijzen we naar de opgestelde methodologische achtergronddocumenten (Holland 2008; Hurley 2005).

In een kosten-batenanalyse worden twee of meer beleidsvarianten met elkaar vergeleken. Het 'nulalternatief' of de 'referentievariant' geeft de situatie weer zoals die zich in 2020 zou voordoen als er geen strengere plafonds worden geformuleerd. Dit nulalternatief geeft de verwachte situatie in 2020 bij doorvoering van het reeds vastgestelde beleid. De beleidsvarianten (of projectalternatieven) geven de situatie weer die zich zou voordoen als de emissieplafonds worden aangescherpt tot een niveau dat verdergaat dan wat al haalbaar is met het vastgestelde beleid.

Strengere emissieplafonds in 2020 leiden er dan toe dat er extra maatregelen moeten worden getroffen, met als gevolg dat de emissies, concentraties en blootstelling in 2020 lager uitkomen dan in het nulalternatief. Door de kosten en baten van het benodigde pakket aan aanvullende maatregelen met elkaar te vergelijken, kan een beeld worden gegeven van de kosten dan wel baten van een aanscherping van plafonds voor de Nederlandse samenleving als geheel.

2.3.3 Twee methoden voor de afweging van kosten en baten voor Nederland

Zoals eerder is aangegeven, is het hoofddoel van deze studie om na te gaan welke baten Nederland ondervindt van strengere emissieplafonds in Europa, en of deze baten opwegen tegen de kosten die Nederland moet maken. Hiervoor hebben we de kosten in Nederland vergeleken met de baten die Nederland ontvangt van de emissiereducties in geheel Europa (binnen- en buitenland). Kortom, we kijken naar de kosten en baten op Nederlands grondgebied. Dit is de manier waarop deze analyses doorgaans worden uitgevoerd; nationale overheden zijn daarbij normaliter ook het meest geïnteresseerd in deze vorm van analyses.

We plaatsen hierbij de kanttekening dat er ook een alternatieve manier is om naar de kosten en baten van een aangescherpt Europees emissiebeleid te kijken. Luchtverontreiniging is immers een grensoverschrijdend probleem, dat vraagt om een grensoverschrijdende oplossing. Bij deze alternatieve manier van analyseren worden de kosten van extra emissiereducties in een land vergeleken met de baten die deze emissiereducties in geheel Europa opleveren, onafhankelijk van het land waar de baten terechtkomen. Het AEA (2011) heeft in een Europese analyse beide methoden toegepast en vergeleken. Het AEA concludeert dat de resultaten voor beide methoden wel verschillen laten zien, maar dat dit de uitkomsten van de kosten-batenafweging niet wezenlijk beïnvloedt.

2.3.4 Vergelijking van kosten en baten op jaarbasis

In de Europese aanpak worden de kosten en baten van een voorgenomen aanscherping van emissieplafonds

berekend voor één jaar verandering in emissies (*one year pulse change*). De Europese methodiek verschilt op dit punt van de Nederlandse leidraad voor MKBA's in het milieubeleid (zie CE 2007). Dit verschil schuilt in de tijdsperiode waarover kosten en baten in beeld worden gebracht en tegen elkaar worden afgewogen. Daar waar de Europese methodiek kosten en baten voor een enkel jaar evalueert, beveelt de Nederlandse leidraad aan om de kosten en baten van voorgenomen milieumaatregelen cumulatief over de gehele levensduur van de investeringen in kaart te brengen. Voorgenomen milieubeleid lokt nieuwe investeringen uit waarvan de kosten en baten worden gevolgd totdat deze volledig zijn afgeschreven. Zo is in de CE-studie uit 2008 naar de welvaartseffecten van verdergaande EU-NEC-emissieplafonds voor 2020 een periode van 20 jaar (2010-2030) bestudeerd. Daarbij is verondersteld dat technieken een levensduur hebben van 10 jaar, en dat deze geleidelijk over een periode van 10 jaar (2010-2020) worden ingevoerd, totdat de benodigde maatregelen in 2020 volledig zijn gepenetreerd, en de plafonds worden gehaald. Omdat het beleid voor strengere emissieplafonds in de CE-studie is behandeld als een project met een tijdelijke levensduur, zijn de maatregelen na 2020 geleidelijk weer afgebouwd, totdat deze in 2030 volledig zouden zijn verdwenen. Vervolgens zijn de cumulatieve kosten en baten over de periode 2010-2030 met elkaar vergeleken, en zijn op basis van deze vergelijking conclusies getrokken over de welvaartseffecten van een mogelijke aanscherping van plafonds.

Omdat milieu-investeringen over de gehele levensduur worden gevolgd, maakt de CE-methodiek het mogelijk om twee complicerende factoren in de afweging te betrekken: 1. de verminderde waardering van een uitgave (kosten) of een opbrengst (baten) in de toekomst, en 2. de toenemende waardering van milieukwaliteit en gezondheidsbaten bij inkomensgroei. Ten eerste kennen mensen aan geld in de toekomst minder waarde toe dan nu. Omdat de fasering van kosten en baten van investeringen in luchtmaatregelen in de tijd niet gelijk oplopen (kosten gaan voor de baten uit), kan dit gevolgen hebben voor de uitkomst van een MKBA. De CE-leidraad adviseert daarom om de kosten en baten van voorgenomen milieubeleid over de levensduur van een investering te berekenen, waarbij toekomstige kosten en baten worden verdisconteerd. Door toepassing van deze discontering wordt een euro aan kosten en/of baten straks lager gewaardeerd dan nu. Als discontovoet wordt bij Nederlandse MKBA's voor milieubaten doorgaans een percentage van 2,5 gehanteerd (CE 2007). De Europese methodologie past geen discontering toe. Aangezien de baten echter later in de tijd optreden dan de kosten, kan dit leiden tot *een overschatting van de baten*. De investeringen gaan namelijk aan de baten vooraf.

Ten tweede neemt de waardering van of de betalingsbereidheid voor gezondheid toe met het inkomen. Door rekening te houden met inkomensgroei, wordt de gezondheidswinst in de toekomst hoger gewaardeerd dan nu. Deze toename loopt waarschijnlijk min of meer gelijk op met de groei van het bbp. De CE-leidraad beveelt aan om de waardering van een gewonnen levensjaar in de tijd op te hogen met een inkomenselasticiteit van 1 (CE 2008): bij een jaarlijkse groei van het bbp met 2 procent, neemt ook de waardering jaarlijks met 2 procent toe. De Europese methodologie houdt geen rekening met deze inkomensgroei. Dit leidt weer tot een *onderschatting van de baten*.

Hurley (2005) en Holland (2008) beargumenteren dat het niet meenemen van de hiervoor genoemde factoren in de Europese methodologie geen noemenswaardige gevolgen heeft voor het eindresultaat van de kosten-batenanalyse, omdat de effecten elkaar volgens hen grotendeels compenseren. De overschatting van de baten, doordat er geen discontering wordt toegepast, wordt grotendeels gecompenseerd door een nagenoeg even grote post voor de onderschatting van de baten, doordat er geen groei in inkomen en betalingsbereidheid wordt aangenomen. Deze conclusie wordt bevestigd door de resultaten van de CE-studie van 2008. Voor de kosten-batenratio maakt het weinig uit of de kosten en baten op jaarbasis worden berekend (voor 2020), of dat deze worden gecumuleerd over een periode van 20 jaar (2010-2030). De verschillen zijn marginaal en niet te vergelijken met de overige onzekerheden, zoals de modellering van de fijnstofconcentratie, de bepaling van de gezondheidseffecten van fijn stof en de monetaire waardering voor een gewonnen levensjaar.

Samengevat concluderen we dat de Europese methodiek uitgaat van jaarlijkse kosten en baten, daar waar de Nederlandse leidraad voor kosten-batenanalyses in het milieubeleid (CE 2007) aanbeveelt om de kosten en baten van voorgenomen milieumaatregelen cumulatief over een langere periode (de volledige levensduur van de investeringen) in kaart te brengen. De analyses van Hurley en Holland laten zien dat het voor het eindresultaat weinig uitmaakt voor welke aanpak wordt gekozen. Voor de onderhavige analyse is ervoor gekozen om volledig in lijn te blijven met de Europese aanpak, omdat daarmee de resultaten van de nationale analyse eenvoudig zijn te vergelijken met de gelijktijdig door de UNECE uitgevoerde Europese kosten-batenanalyses.

Noot

- 1 Zie <http://www.ecn.nl/nl/units/ps/themas/nationaal-energie-en-klimaatbeleid/optiedocument/>.

De Gothenburg-ambitiescenario's voor strengere emissieplafonds

In dit hoofdstuk gaan we nader in op de geanalyseerde Gothenburg-ambitiescenario's. Deze ambitiescenario's zijn op verzoek van de WGSR uitgewerkt door het Centre on Integrated Assessment Modelling (CIAM). Het IIASA heeft de berekeningen hiervoor uitgevoerd met het Europese GAINS-model (zie CIAM 2011b).

In het CIAM-rapport worden voor 2020 in totaal zeven mogelijke emissiescenario's onderscheiden (zie tabel 3.1). Het PBL heeft in afstemming met het Interbestuurlijk Dossier Team Emissieplafonds (IBDT) drie ambitiescenario's (het Low*- , Mid- en High*-scenario) geselecteerd voor een nadere analyse.

3.1 De uitgewerkte ambitiescenario's van de WGSR

De reikwijdte van de Gothenburg-ambitiescenario's ligt tussen wat in 2020 haalbaar is met het vastgestelde beleid en wat haalbaar is bij het maximaal inzetten van technisch haalbare maatregelen.

Het Baseline-scenario geeft het referentiebeeld voor 2020, en geeft de verwachte ontwikkeling in emissies tot 2020 bij uitvoering van het vastgestelde luchtbeleid, uitgaande van de door de WGSR geraamde ontwikkeling van economische activiteiten.

Het Maximum Technical Feasible Reduction-scenario (MTFR) geeft het laagst mogelijk haalbare emissieniveau in 2020 bij doorvoering van alle technisch haalbare luchtmaatregelen, rekening houdend met de tijd die

nodig is om een maatregel te implementeren. Als een maatregel in 2020 nog niet voor 100 procent op alle installaties of voer- en vaartuigen kan zijn ingevoerd, dan wordt uitgegaan van de in 2020 realistisch haalbare penetratiegraad.

Binnen deze bandbreedte heeft de WGSR vijf ambitiescenario's geformuleerd. Zonder op de verdere details in te gaan, komen deze ambitiescenario's ruwweg overeen met:

- Het Low- en Low*-scenario: 25 procent inzet van het technisch haalbare reductiepotentieel;
- Het Mid-scenario: 50 procent inzet van het technisch haalbare reductiepotentieel;
- Het High- en High*-scenario: 75 procent inzet van het technisch haalbare reductiepotentieel.

Meer in detail gaat het om zogenoemde *gap closure*-beleidsscenario's. Hierbij wordt het gat gedicht tussen de milieutoestand waarop wordt uitgekomen als er geen extra maatregelen worden getroffen en wat haalbaar is met een maximale inzet van beschikbare technische bestrijdingsopties.

Als eerste stap heeft het IIASA de fysieke schade voor gezondheid en natuur berekend voor de uiterste varianten, het Baseline- en MTFR-scenario. De fysieke schade is daarbij gekwantificeerd voor vier milieueffecten. Tabel 3.1 laat de relatie zien tussen de verschillende emissies en de optredende milieueffecten. De effecten van luchtverontreiniging op gebouwen (aantasting door zuur) en de productiviteit van de landbouw (minder gewasproductie door ozon) zijn in deze

Tabel 3.1
Relatie tussen emissies en milieueffecten

	Gezondheid en fijn stof	Natuur en vermisting	Natuur en verzuring	Gezondheid en ozon	Landbouw en ozon	Gebouwen en zuur
SO ₂	*		*			*
NO _x	*	*	*	*	*	*
NH ₃	*	*	*			*
NMVOS	*1			*	*	
PM _{2,5}	*					

Bron: PBL & RIVM

¹ NMVOS resulteert ook in secundaire organische aerosolen, maar deze zijn in de berekeningen niet meegenomen. De kennis is nog onvoldoende om dit effect te berekenen.

Tabel 3.2
Ambities voor de vermindering van fysieke schade voor volksgezondheid en natuur, met bijbehorende gap closure-percentages

	Gezondheid en fijn stof	Natuur en vermisting	Natuur en verzuring	Gezondheid en ozon
Baseline	0%	0%	0%	0%
Low	25%	25%	25%	25%
Low*	25%	50%	25%	25%
Mid	50%	60%	50%	40%
High*	75%	75%	75%	50%
High	75%	75%	75%	75%
MTFR	100%	100%	100%	100%

Bron: CIAM (2011b)

studie niet expliciet berekend, maar als PM-post opgenomen. De vier expliciet beoordeelde milieueffecten zijn:

- gezondheidsschade door fijn stof (verloren levensjaren) (veroorzaakt door SO₂, NO_x, NH₃ en PM_{2,5});
- aantasting van natuur door vermisting (stikstofdepositie boven kritische niveaus) (veroorzaakt door NO_x en NH₃);
- aantasting van natuur door verzuring (zuurdepositie boven kritische niveaus) (veroorzaakt door SO₂, NO_x en NH₃); en
- gezondheidsschade door ozon (veroorzaakt door NO_x en NMVOS).

Als tweede stap heeft de WGSR vijf tussenliggende ambities geformuleerd voor vermindering van de schade aan de gezondheid en natuur. Deze ambities zijn gegeven in tabel 3.2. Ten slotte is, gebruikmakend van het GAINS-model, een kosteneffectieve set aan maatregelen (emissiereducties) per land bepaald, waarmee de geformuleerde ambities worden gehaald en de totale kosten over Europa worden geminimaliseerd. Het

Europese GAINS-model is speciaal ontwikkeld om deze kostenoptimalisaties te kunnen uitvoeren. De doelen zijn niet primair geformuleerd in termen van procentuele emissiereducties (tussen de Baseline zonder extra beleid en het maximaal technisch haalbare), maar in termen van een vermindering van de milieu- en gezondheidsschade (onder andere minder sterfte door fijn stof). Hierdoor is het mogelijk dat de berekende vermindering in emissies voor oplopende ambitieniveaus afwijkt van de hiervoor genoemde percentages (25, 50 en 75 procent). Enerzijds kan dit omdat het bij luchtverontreiniging gaat om *multi-pollutant*-problemen (zie tabel 3.1). Om een beoogde milieuwinst te realiseren, kan het hierdoor goedkoper zijn om emissiereducties bij de ene stof te realiseren en niet of minder bij een andere stof. Zo wordt de fijnstofconcentratie (PM_{2,5}) in de lucht bepaald door de emissies van vier stoffen: fijn stof, ammoniak, zwaveldioxide en stikstofoxiden. Anderzijds zijn de ambities voor plafonds, gegeven in tabel 3.3, het resultaat van berekeningen met het GAINS-model. Dit model zoekt binnen Europa naar de meest kostenoptimale oplossing om opgegeven doelen voor

Tabel 3.3

Ambities voor emissieplafonds 2020, gecorrigeerd en ongecorrigeerd (in kiloton)

	Emissies ¹		Huidig plafond	Nationale referentieraming ¹	Ambities voor emissieplafonds		
				Baseline	Low*	Mid	High*
	2005	2010	2010	2020	2020	2020	2020
Gecorrigeerde plafonds¹							
SO ₂	65	34	50	46	46	43	36
NO _x	346	276	260	184	183	182	178
NH ₃	140	122	128	119	113	110	110
VOS	177	151	185	153	147	140	135
PM _{2,5}	19,5	15,3	-	12,7	12,4	12,2	11,6
Ongecorrigeerde plafonds²							
SO ₂	65	34	50	46	41	38	31
NO _x	346	276	260	184	173	172	168
NH ₃	140	122	128	119	121	119	119
VOS	177	151	185	153	156	149	144
PM _{2,5}	19,5	15,3	-	12,7	13,4	13,3	12,6

Bron: PBL & RIVM¹; CIAM (2011b)²

milieuverbetering in 2020 te halen. Als dit goedkoop kan met maatregelen in omliggende buurlanden in plaats van in Nederland zelf, dan selecteert het GAINS-model deze buitenlandse maatregelen. Daarmee kan het dus voorkomen dat de te realiseren emissievermindering in Nederland (tussen Baseline en MTR) lager uitkomt dan het opgelegde doel voor milieuverbetering van 25 procent, simpelweg omdat maatregelen in Nederland minder kosteneffectief zijn dan die in het buitenland.

Het eindresultaat van de berekeningen met het GAINS-model was een tabel met emissietotalen per land (zie tabel 3.3), waarmee de beoogde ambities voor milieuverbetering (zie tabel 3.2) op een kostenoptimale manier worden gerealiseerd. Deze tabel met mogelijke emissieplafonds vormde het uitgangspunt voor de onderhandelingen.

De ambities voor vermindering van de schade aan gezondheid en natuur kunnen op twee schaalniveaus worden geformuleerd: op nationaal niveau of op Europees niveau. Voor de aan het *ecosysteem* gerelateerde effecten (vermesting en verzuring) heeft de WGSR gekozen voor landenspecifieke doelen. Dit betekent dat het kostenoptimale maatregelenpakket zo is uitgewerkt dat in elk land eenzelfde relatieve milieuverbetering (tussen Baseline en MTR) wordt gerealiseerd. Voor de aan de *gezondheid* gerelateerde effecten door fijn stof is gekozen voor een enkel Europees doel. Dit houdt in dat voor geheel Europa is toegewerkt naar een procentuele vermindering van de vervroegde sterfte (tussen Baseline

en MTR), waarbij het niet uitmaakt waar deze vermindering wordt gerealiseerd. Omdat dit in sommige landen goedkoper kan dan in andere landen, betekent dit dat de gezondheidsverbetering (tussen Baseline en MTR) niet overal in Europa gelijk zal zijn verdeeld. In landen met een hoge gezondheidswinst per bestede euro zullen meer maatregelen worden getroffen dan in landen met een lage gezondheidswinst per bestede euro.

3.2 De geanalyseerde ambitiescenario's

We hebben in deze studie de drie middelste ambitiescenario's (Low*, Mid en High*) nader geanalyseerd. Beide sets van plafonds, gecorrigeerd en ongecorrigeerd, zijn gegeven in tabel 3.3. Zoals eerder gemeld, hebben we zowel de gecorrigeerde als ongecorrigeerde plafonds geanalyseerd op technische haalbaarheid. In paragraaf 2.1.1 is echter geconcludeerd dat een analyse op basis van ongecorrigeerde plafonds een vertekend beeld geeft van de kosten en baten van aanvullend luchtbeleid. Daarom hebben we besloten om de fysieke milieueffecten (hoofdstuk 4) en de kosten en baten (hoofdstuk 5) alleen te presenteren voor de gecorrigeerde plafonds.

Tabel 3.4

Verschillen tussen de Europese emissieraming voor Nederland bij vastgesteld beleid en de nationale referentieraming (in kiloton)

Stof	Nationale referentieraming ²	Europese emissieraming voor Nederland ¹	Vershil	Vershil Europese tov nationale emissieraming(%)
	2020	2020	2020	2020
SO ₂	46	41	-5	-10%
NO _x	184	174	-10	-5%
NH ₃	119	127	+9	+7%
NMVOS	153	162	+9	+6%
PM _{2,5}	12,7	13,7	+1,0	+8%

Bron: CIAM (2011b); ECN & PBL (2010)², geactualiseerd in Velders et al. (2011)

3.3 Verschillen tussen de Europese emissieraming voor Nederland en de nationale referentieraming

De geconstateerde verschillen in emissieramingen (zie paragraaf 2.1.1) hebben gevolgen voor de beleidsopgave, en dus voor de inspanning die Nederland zal moeten leveren om deze plafonds te halen. Gelet op deze verschillen, heeft het ministerie van IenM aan het PBL gevraagd om de door het IIASA voor Nederland opgestelde Gothenburg-emissieraming te vergelijken met de nationale referentieraming van het ECN en PBL (2010) (zie ook paragraaf 2.1.2). Deze vergelijking is uitgevoerd op grond van een eerste rapport dat het IIASA in maart 2011 heeft gepubliceerd (zie CIAM 2011a). Dit rapport is besproken in een speciale expertmeeting in Oslo (in mei 2011), waar alle landen hun problemen met de emissieramingen van het IIASA konden aangeven. Tijdens deze bijeenkomst heeft het PBL de verschillen toegelicht en gewezen op de gevolgen daarvan voor de Nederlandse beleidsopgave en kosten. Tijdens de bijeenkomst in Oslo werd geconstateerd dat dit soort verschillen kunnen voorkomen, maar dat het, gelet op het lopende herzieningsproces, onmogelijk was om de verschillen nog uitvoerig te onderzoeken en weg te werken. Tijdens de vergadering werd wel afgesproken dat de betrokken landen (binnen twee weken) nog wijzigingsvoorstellen konden indienen, voor verschillen die betrekking hadden op de emissies in het basisjaar (emissieregistratie) of op de verwachte toekomstige ontwikkeling van emissiefactoren (penetratie van technologie tot 2020). Wijzigingsvoorstellen die betrekking hadden op de ontwikkeling van activiteitsniveaus en de energiemix konden niet meer worden meegenomen. Het wijzigen van dit type invoergegevens vraagt namelijk om wijzigingen in de

gebruikte economische en energiescenario's (PRIMES-model); wijzigingen van deze aard lopen via een geheel ander proces.

De eindconclusie van de bijeenkomst in Oslo was dat er altijd verschillen in emissieramingen zullen blijven bestaan, dat landen zelf deze verschillen moeten beoordelen en moeten laten meewegen bij hun standpuntbepaling over strengere emissieplafonds. In mei 2011 heeft het PBL een quickscan uitgevoerd van de belangrijkste verschillen. Deze vergelijking was met het oog op de beperkte doorlooptijd gericht op de stoffen waar de verschillen het grootst waren, dat wil zeggen SO₂, NO_x en PM_{2,5}. De andere stoffen, NH₃ en NMVOS, zijn niet geanalyseerd. Eind mei 2011 heeft het PBL aan het IIASA voorstellen gedaan voor het aanpassen van een aantal kerngegevens. Daarna heeft het IIASA de emissieramingen voor landen opnieuw berekend, evenals de ambities voor plafonds. Het resultaat van deze actie voor Nederland is geweest dat de verschillen in ramingen zijn verkleind. De nog overgebleven verschillen zijn vermeld in tabel 3.4. Hierna wordt per stof kort ingegaan op de verschillen.

3.3.1 SO₂ en NO_x

Tabel 3.4 laat zien dat de SO₂- en NO_x-emissies voor Nederland in de Europese emissieraming lager uitkomen dan in de nationale referentieraming. De SO₂-emissies komen 5 kiloton lager uit en de NO_x-emissies liggen 10 kiloton lager.

Voor SO₂ blijkt dat het verschil van 5 kiloton voor het merendeel wordt verklaard doordat de Europese raming uitgaat van een lagere geraamde kolenstroomproductie in Nederland in 2020. De referentieraming raamt een koleninzet van 560 petajoule in 2020, tegenover 350 petajoule in de Europese raming. Daarnaast is de Europese raming ook erg optimistisch over de

neveneffecten van het Europese beleid voor duurzame energie. Volgens de laatste ECN-analyse worden de neveneffecten van dit beleid voor SO_2 slechts geschat op circa 1-2 kiloton (zie paragraaf 2.1.3). Voor overige stoffen wordt een beperkte toename verwacht. De Europese raming gaat uit van een veel groter, niet exact bekend, neveneffect van het Europese beleid voor duurzame energie. Waarschijnlijk onderschat de raming daarbij de negatieve effecten voor de SO_2 -emissies van toepassing van biomassa in kleinschalige installaties.

Voor NO_x blijkt dat in Europese raming lagere emissies zijn geraamd voor de transportsector (8 kiloton), de industrie (4 kiloton) en de energiesector (4 kiloton). Daarentegen geeft de Europese raming hogere emissies voor de gebouwde omgeving en de landbouwsector (6 kiloton). In totaal resulteren deze verschillen in een lagere emissie van 10 kiloton volgens de Europese raming. Dit verschil kan slechts gedeeltelijk worden verklaard door een groter aandeel hernieuwbare energie in de Europese raming. We hebben geen verder onderzoek gedaan naar de overgebleven verschillen.

Het gevolg van de onderschatting van SO_2 - en NO_x -emissies in de Europese raming is dat het IIASA de plafonds voor deze twee stoffen op een lager niveau heeft berekend dan volgens de nationale referentieraming mag worden verwacht. Dit betekent dat Nederland de door het IIASA berekende emissieplafonds moeilijker zal kunnen halen, en dus meer maatregelen zal moeten nemen dan uit de Europese analyse naar voren komt.

3.3.2 $\text{PM}_{2,5}$

Ook voor $\text{PM}_{2,5}$ laat tabel 3.4 een verschil zien tussen de Europese raming en de nationale referentieraming. Dit verschil wijst de andere richting op: voor $\text{PM}_{2,5}$ geeft de Europese raming 1 kiloton hogere emissies dan de referentieraming. Het gaat om een verschil van bijna 10 procent. In het eerste IIASA-rapport van maart 2011, dat wil zeggen voor de aanpassing van kerngegevens door het PBL, bedroeg dit verschil nog 3 kiloton, ofwel bijna 25 procent. Het nog resterende verschil is verder niet meer geanalyseerd. Waarschijnlijk heeft het IIASA de meest actuele emissiecijfers uit de Nederlandse emissie-registratie voor recente jaren niet geheel juist overgenomen. De geregistreerde emissies voor recente jaren vormen immers het vertrekpunt voor de emissieramingen. Als deze geregistreerde emissies voor een basisjaar niet kloppen, dan werkt dit door in de ramingen.

Voor $\text{PM}_{2,5}$ heeft het IIASA het plafond dus op een hoger niveau berekend dan verwacht mag worden op grond van de nationale referentieraming. Dit betekent dat Nederland de door het IIASA berekende emissieplafonds

relatief eenvoudig zal kunnen halen. Voor $\text{PM}_{2,5}$ is deze afwijking zo groot dat er zelfs in totaal geen beleidsintensivering voortvloeit uit de plafonds van het IIASA.

3.3.3 NH_3 en NMVOS

Voor NH_3 en NMVOS komen de emissies volgens de Europese raming in 2020 eveneens hoger uit dan volgens de nationale referentieraming; voor beide stoffen 9 kiloton. Daardoor wordt het voor Nederland makkelijker de door IIASA berekende plafonds te halen. Voor NH_3 is deze afwijking dusdanig groot dat er in totaal geen beleidsintensivering voortvloeit uit de IIASA-plafonds.

3.3.4 Gevolgen voor de Nederlandse beleidsopgave

We kunnen concluderen dat de hiervoor geconstateerde verschillen tussen de Europese en de nationale emissieraming gevolgen zal hebben voor de beleidsopgave die voortvloeit uit een herzien Protocol. De emissies van SO_2 en NO_x komen in de Europese raming laag uit, waardoor Nederland meer maatregelen moet nemen dan verwacht mag worden op basis van de nationale referentieraming. Voor de stoffen $\text{PM}_{2,5}$, NH_3 en NMVOS geldt het omgekeerde. Voor deze stoffen zal Nederland juist minder maatregelen hoeven te nemen. In het volgende hoofdstuk lichten we toe wat deze verschillen betekenen voor de technische haalbaarheid van plafonds.

Technische haalbaarheid en kosten van strengere emissieplafonds

In dit hoofdstuk bespreken we de technische haalbaarheid en kosten van drie ambitie-scenario's voor verdergaande emissieplafonds (Low*, Mid en High*). In paragraaf 4.1 gaan we nader in op de bij deze ambities horende beleidsopgaven. Vervolgens analyseren we in paragraaf 4.2 of het potentieel aan beschikbare technische bestrijdingsopties voldoende is om deze beleidsopgaven in 2020 te kunnen realiseren. In paragraaf 4.3 bespreken we de kosten die hiermee zijn gemoeid. Tot slot geven we in paragraaf 4.4 een overzicht van de kostencurven en van de mogelijk nog in te zetten technische bestrijdingsopties.

4.1 De beleidsopgave

Als de ambities voor nieuwe emissieplafonds worden omgezet in wetgeving, dan heeft dit gevolgen voor het Nederlandse luchtbeleid, en zal Nederland verdergaande luchtmaatregelen moeten nemen om deze plafonds in 2020 te kunnen halen. In deze paragraaf beschrijven we de gevolgen van de drie geanalyseerde ambitie-scenario's voor de Nederlandse beleidsopgave.

De emissieplafonds die horen bij de geanalyseerde ambitie-scenario's worden in het vervolg aangeduid als de Low*-, Mid- en High*-emissieplafonds. De beleidsopgave is berekend als de extra emissiedaling – boven op de geraamde emissies bij doorvoering van het vastgestelde beleid – die in het jaar 2020 zal moeten worden gerealiseerd om deze plafonds te halen. De beleidsopgave is bepaald tegen de achtergrond van de

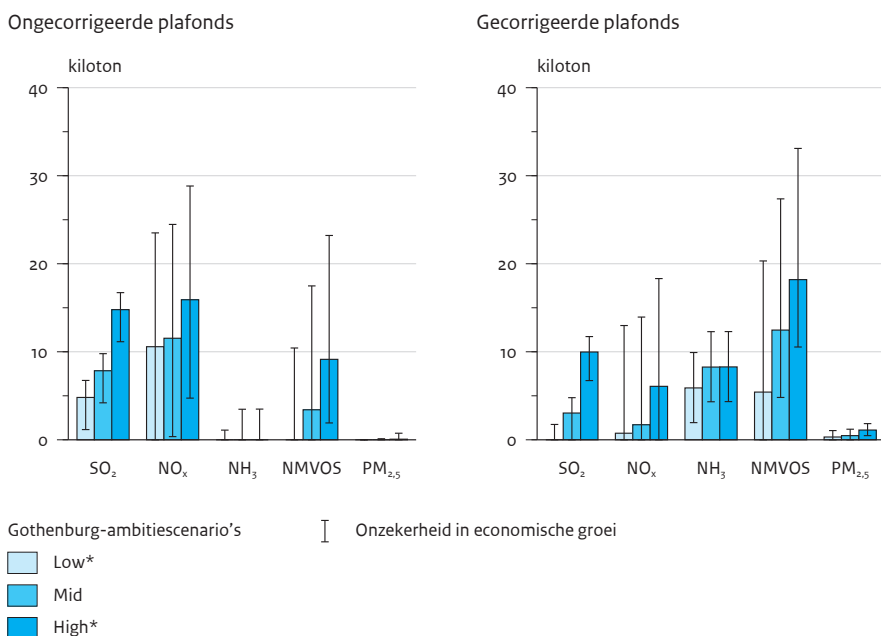
nationale referentieraming (middenraming bij 1,7 procent groei).

4.1.1 De gecorrigeerde versus de ongecorrigeerde plafonds: andere beleidsopgaven

Zoals toegelicht in hoofdstuk 2, zijn in deze studie twee sets plafonds geanalyseerd op technische haalbaarheid. Het gaat enerzijds om de gecorrigeerde plafonds die in lijn zijn met de nationale referentieraming en anderzijds om ongecorrigeerde plafonds die het IIASA heeft berekend (zie tabel 3.3.). De bij deze plafonds geraamde beleidsopgave is gepresenteerd in figuur 4.1 en tabel 4.1. De beleidsopgave is steeds afgeleid door het verschil te nemen tussen de plafonds (Low*, Mid, High*) en de nationale referentieraming.

Zoals eerder is aangegeven, gaat het in deze kosten-batenstudie vooral om de resultaten op basis van de gecorrigeerde plafonds. In figuur 4.1, 4.2 en 4.3 geven de grafieken aan de rechterkant het juiste beeld van nog in Nederland realiseerbare kostenoptimale emissiereducties, reducties waarvoor in de volgende hoofdstukken de kosten en baten in beeld zijn gebracht. Deze keuze voor een analyse op basis van gecorrigeerde plafonds is ook in lijn met het verloop van de onderhandelingen. Aanvankelijk hielden de WGSR en de Europese Commissie zo veel mogelijk vast aan de door het IIASA opgestelde centrale Europese raming en de daarvan afgeleide plafonds voor landen, maar uiteindelijk zijn de door landen zelf opgestelde nationale emissieramingen een steeds grotere rol gaan spelen. De uiteindelijke bieding van Nederland voor plafonds is,

Figuur 4.1
Beleidsopgaven van Gothenburg-ambitiescenario's ten opzichte van nationale referentieraming, 2020



Bron: PBL & RIVM

evenals die van veel andere landen, gebaseerd op nationale emissieramingen en dus niet op de Europese raming. De Europese Commissie is hiermee uiteindelijk akkoord gegaan.

De resultaten bij ongecorrigeerde plafonds (de grafieken aan de linkerkant van figuur 4.1, 4.2 en 4.3) zijn uitsluitend gegeven ter illustratie, om duidelijk te maken hoe de emissiereductieopgave verschuift zonder correctie en als er dus geen rekening wordt gehouden met de geconstateerde afwijkingen in de Europese emissieraming. We wijzen er met nadruk op dat de linker grafieken daarmee een vertekend beeld geven van nog in Nederland te realiseren kostenoptimale emissiereducties. Deze stelling wordt hierna verder geïllustreerd.

Vergelijken we de linker en rechter grafiek in figuur 4.1, dan blijkt dat de beleidsopgave er bij gecorrigeerde plafonds heel anders uitziet dan bij ongecorrigeerde plafonds. Zo komt bij Low* bij de ongecorrigeerde plafonds de beleidsdruk vooral te liggen bij de stoffen SO₂ en NO_x, terwijl bij de gecorrigeerde plafonds de beleidsfocus vooral ligt bij de stoffen NH₃, NMVOS en PM_{2.5}.

Vooraf bij NH₃ zijn de verschillen in de beleidsopgave bij gecorrigeerde en ongecorrigeerde plafonds opmerkelijk. Op basis van de analyse voor ongecorrigeerde plafonds kan worden geconcludeerd dat extra emissiereducties bij NH₃ niet kosteneffectief zijn om de door de WGS

gekozen ambities voor milieuvverbetering te realiseren. Zelfs bij Mid en High* zouden dan geen extra maatregelen voor NH₃ nodig zijn. Dit resultaat is echter een duidelijk 'artefact' dat is terug te voeren op de afwijkende Europese raming: de WGS raamt de NH₃-emissie voor Nederland in 2020 aanzienlijk hoger dan de nationale referentieraming. De berekende plafonds voor Nederland komen dan zo hoog uit dat deze al haalbaar zijn met alleen het vastgestelde beleid. Hiermee ontstaat het beeld dat het blijkbaar niet kosteneffectief is om nog iets aan verdergaande NH₃-emissiereductie te doen. Dit beeld is onjuist, zoals de rechter grafiek bij gecorrigeerde plafonds duidelijk aangeeft. Uit verschillende analyses is gebleken dat juist NH₃-maatregelen kosteneffectief zijn om de geformuleerde ambities voor vermindering van schade aan natuur en gezondheid te realiseren (CIAM4 2011b; Koelemeijer et al. 2010).

Zonder extra NH₃-maatregelen is het ook niet mogelijk om de geformuleerde ambities voor verminderde schade door vermisting in Nederland te realiseren, met 25 (Low*), 50 (Mid) en 75 procent (High*) gap closure. Dergelijke reductieopgaven zijn alleen haalbaar met aanvullende Nederlandse NH₃-maatregelen. De studie van Koelemeijer et al. (2010) laat zien dat het totale beschikbare potentieel voor een vermindering van de depositie van vermistende stoffen op natuur voor meer dan 80 procent wordt bepaald door NH₃-maatregelen. Slechts 20 procent komt voor rekening van NO_x-

Tabel 4.1

Beleidsopgave voor de ambitie-scenario's Low*, Mid en High*, tegen de achtergrond van de nationale referentieraming met vastgesteld beleid, voor gecorrigeerde en ongecorrigeerde plafonds (kiloton)¹

	Low*	Mid	High*	Maximaal Technisch Reductiepotentieel
	2020	2020	2020	2020
Gecorrigeerde plafonds				
SO ₂	0	3	10	22
NO _x	1	2	6	42
NH ₃	6	8	8	18
VOS	5	12 ²	18 ²	3
PM _{2,5}	0,3	0,5	1,1	1,6
Ongecorrigeerde plafonds				
SO ₂	5	8	15	22
NO _x	11	12	16	42
NH ₃	0	0	0	18
VOS	0	3	9 ²	3
PM _{2,5}	0,0	0,0	0,1	1,6

Bron: PBL & RIVM

¹ De cijfers zijn afgeleid uit tabel 3.3, met een verschilberekening van plafonds en de nationale referentieraming.

² De door de WGSR berekende beleidsopgave is groter dan het beschikbare technische potentieel.

maatregelen, vooral maatregelen in de industrie. Daarbij geldt dat NH₃-maatregelen in de landbouw beduidend kosteneffectiever zijn dan NO_x-maatregelen in de industrie als het gaat om het terugdringen van de depositie op Nederlandse natuur. De reden is dat emissies in de industrie op grote hoogte plaatsvinden, waardoor deze emissies veel grootschaliger worden verspreid dan emissies van de landbouw. Ook voor PM_{2,5} blijkt dat de beleidsopgave bij ongecorrigeerde plafonds een duidelijk vertekend beeld geeft van de kosteneffectiviteit van emissiereducties. Uitgaande van ongecorrigeerde plafonds wordt een beleidsopgave van nagenoeg nul afgeleid (tabel 4.1). De gecorrigeerde beleidsopgave van 0,3-1,1 kiloton laat echter zien dat verdergaande Nederlandse PM_{2,5}-emissiereducties wel degelijk kosteneffectief zijn om de door de WGSR geformuleerde ambities voor milieuverbetering in Europa te realiseren.

4.1.2 Stimulering van extra hernieuwbare energie

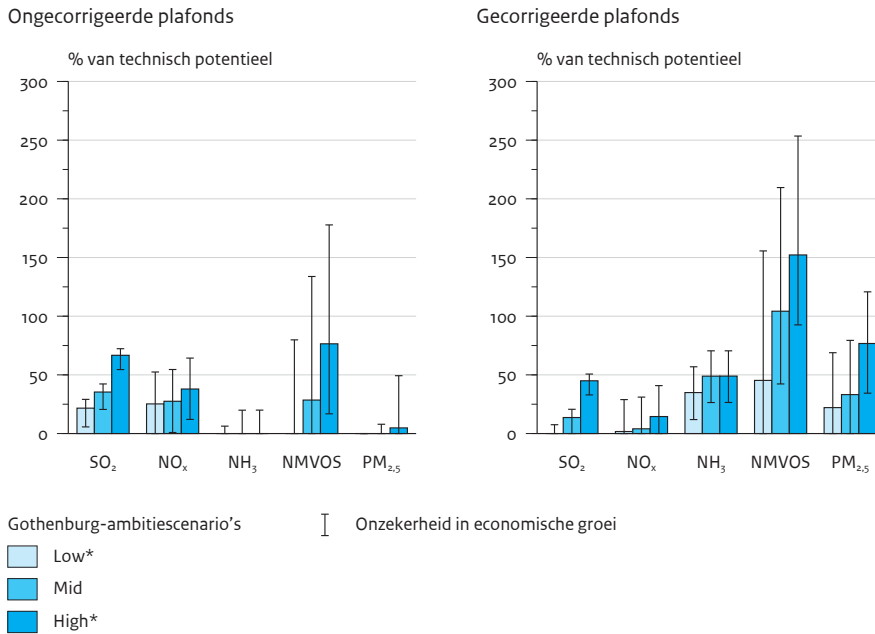
De in tabel 4.1 gegeven beleidsopgave is bepaald tegen de achtergrond van de nationale referentieraming voor 2020 met vastgesteld beleid. In deze raming is nog geen rekening gehouden met het overeengekomen kabinetsbeleid voor de stimulering van duurzame energie. Het gaat om de stimuleringsregeling voor duurzame energie (SDE+) en de bij- en meestookverplichting van biomassa in kolencentrales. Hiermee zal het aandeel hernieuwbare energie toenemen van 7 tot 12 procent. Omdat de stimulering van duurzame energie ook gevolgen heeft voor de emissies van luchtveront-

reinigende stoffen, is het belangrijk om een beeld te hebben van wat dit kan betekenen voor de emissies van luchtverontreinigende stoffen. Het PBL en ECN hebben daarvoor een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarvan de resultaten zijn gepresenteerd in paragraaf 2.1.3. Uit deze analyse blijkt dat de netto-effecten op de nationale emissietotalen waarschijnlijk beperkt van omvang zijn. Daarbij moet worden aangetekend dat de neveneffecten nog onzeker zijn en afhangen van het soort maatregelen dat wordt ingezet. Op sector- en maatregelniveau treden er wel significante veranderingen in emissies op.

4.2 Technische haalbaarheid

De technische haalbaarheid van de geanalyseerde plafonds is beoordeeld door de beleidsopgave te vergelijken met het beschikbare potentieel aan technische reductieopties. We maken hiervoor gebruik van het door ECN en PBL beheerde Optiedocument. Dit document omvat een overzicht van technische reductieopties voor emissies van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen. De opties voor een vermindering van broeikasgassen hebben we hier niet verder geanalyseerd. De geanalyseerde luchtopties beschrijven de haalbare emissiereducties in 2020, de kosten en andere relevante informatie voor het jaar 2020. De emissiereducties zijn bepaald ten opzichte van de nationale referentieraming. De optiebeschrijvingen zijn gebaseerd op de meest recente openbare informatie en worden regelmatig geactualiseerd. In de tweede helft van 2011 is aan stakeholders (bedrijven, milieuorganisaties en

Figuur 4.2
Benodigd technisch potentieel voor Gothenburg-ambitiescenario's, 2020



Bron: PBL & RIVM

overheden) de mogelijkheid geboden om in een openbare review commentaar te leveren op de beschreven opties. Deze commentaren zijn verwerkt in de laatste actualisatie, die dateert van december 2011 en die is gebruikt voor deze studie. Een overzicht van de opties, inclusief beschrijving en inschatting van effecten en kosten, is te vinden op het internet.¹

De ambitiescenario's voor aanscherping van plafonds zijn technisch haalbaar, behalve voor NMVOS

Uit de haalbaarheidsanalyse komt naar voren dat zowel de *ongecorrigeerde* als de *gecorrigeerde* plafonds in 2020 voor alle stoffen technisch te realiseren zijn, behalve voor NMVOS. Figuur 4.2 laat zien welk percentage van het technische potentieel nodig is om de oplopende ambitieniveaus te halen, uitgaande van een economische groei van 1,7 procent per jaar voor de periode 2011-2020. De bandbreedte geeft ditzelfde percentage, maar dan bij een minder waarschijnlijke hoge (25 procent per jaar) en een lage (0,9 procent per jaar) economische groei. Het gecorrigeerde plafond voor PM_{2,5} voor High* is niet haalbaar bij een hoge groei.

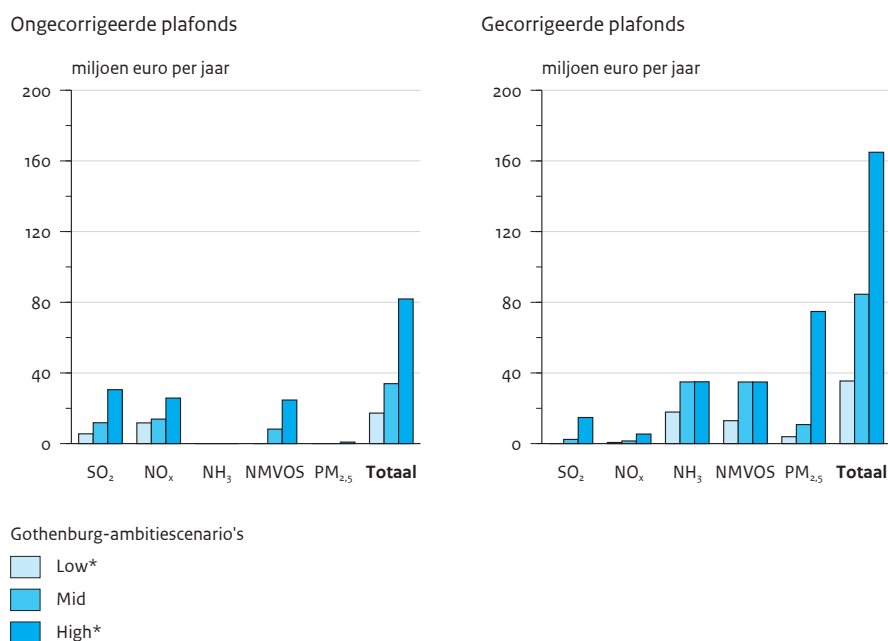
Voor NMVOS geldt dat het potentieel aan technische maatregelen beperkt is en kleiner is dan de inschatting waarvan de WGSR is uitgegaan bij de afleiding van plafonds. Van de 12 kiloton komt 8 kiloton (70 procent) voor rekening van een aanscherping en uitbreiding van de EU-productenrichtlijn, ook wel *Paints Directive* genoemd

(EU richtlijn 2004/42/EG). In totaal is naar schatting slechts 4 kiloton met nationale maatregelen te realiseren.

Overigens heeft de Europese Commissie in een rapport gericht aan het parlement en de Europese Raad negatief geoordeeld over een mogelijke uitbreiding van de EU-productenrichtlijn van 2004 (EC 2011). Het argument is dat een dergelijke uitbreiding slechts zorgt voor geringe emissiereducties en daarnaast kan leiden tot serieuze implementatieproblemen in de landen.

Bij voorgaande conclusie over het NMVOS-reductiepotentieel past wel een kanttekening. Het huidige plafond voor NMVOS, dat geldig is vanaf 2010, wordt in Nederland ruimschoots onderschreden. Dit heeft als direct gevolg dat er de laatste jaren weinig tot geen onderzoek is verricht naar technische mogelijkheden voor een verdergaande vermindering van de NMVOS-emissies. Voor het reductiepotentieel zoals ingeschat door het PBL en ECN is dus deels gebruikgemaakt van oudere informatie. Het is waarschijnlijk dat het werkelijke reductiepotentieel groter is dan nu ingeschat. Verder onderzoek zou dit moeten uitwijzen.

Figuur 4.3
Kosten van Gothenburg-ambitiescenario's, 2020



Bron: PBL & RIVM

Tabel 4.2
Jaarlijkse kosten voor realisatie van gecorrigeerde plafonds tegen de achtergrond van de nationale referentieraming met vastgesteld beleid

Stof (M€/jaar)	2020		
	Low*	Mid	High*
SO ₂	0	2	15
NO _x	1	2	5
NH ₃	18	35	35
NMVOS	13	35	35
PM _{2,5}	4	11	75
Totaal	35	85	165

Bron: PBL & RIVM

4.3 Kosten

De jaarlijkse kosten voor de ambitiescenario's lopen op van 35 miljoen euro voor Low* tot 165 miljoen voor High*; de kosten van het bestaande beleid nemen hierdoor met enkele procenten toe

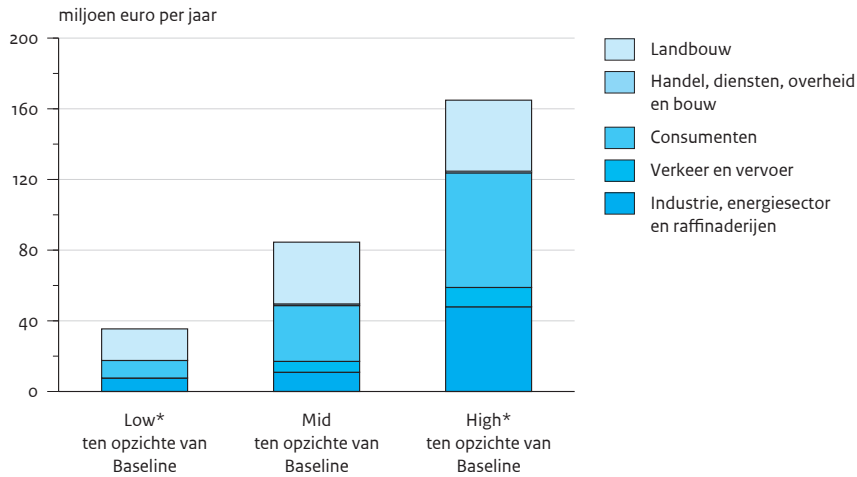
De jaarlijkse kosten voor realisatie van de gecorrigeerde Gothenburg-emissieplafonds lopen op van 35 miljoen euro voor Low*, tot 85 miljoen voor Mid en 165 miljoen voor High* (zie tabel 4.2, figuur 4.3, rechtergrafiek). Ter vergelijking: de kosten van het bestaande luchtbeleid in

Nederland bedragen circa 3 miljard euro per jaar in 2020 (AEA 2011).

De extra kosten zijn berekend tegen de achtergrond van de nationale referentieraming in 2020 bij uitvoering van vastgesteld beleid. In figuur 4.4 zijn de directe kosten van maatregelen uitgesplitst naar sectoren. De maatregel-pakketten zijn geselecteerd uit het Optiedocument en zo samengesteld dat de beleidsopgave (zie tabel 4.1, gecorrigeerde plafonds) worden gehaald tegen de laagste kosten. Het merendeel van de kosten in Low* komt voor

Figuur 4.4

Kosten van Gothenburg-ambitiescenario's per sector bij gecorrigeerde plafonds, 2020



Bron: PBL & RIVM

Tabel 4.3

Jaarlijkse kosten voor realisatie van ongecorrigeerde plafonds tegen de achtergrond van de nationale referentieraming met vastgesteld beleid

Stof (M€/jaar)	2020		
	Low*	Mid	High*
SO ₂	6	12	31
NO _x	12	14	26
NH ₃	0	0	0
NMVOS	0	8	25
PM _{2,5}	0	0	1
Totaal	17	34	82

Bron: PBL & RIVM

rekening van extra NH₃-maatregelen in de landbouw. Het gaat om relatief goedkope mestaanwendingsmaatregelen en duurdere stalmaatregelen. Daarnaast gaat het om maatregelen ter vermindering van de emissies van PM_{2,5} door houtkachels (en open haarden), evenals maatregelen ter vermindering van de NMVOS-emissies uit producten als deodorant en haarsprays, vloerlijm en coatings (te realiseren via een uitbreiding van de EU-richtlijn voor verfproducten). Deze kosten zijn samengenomen onder de sector 'consumenten'. In Low* worden ook kosten gemaakt voor extra maatregelen ter vermindering van de emissies van NMVOS in de industrie. In Mid lopen de kosten voor NH₃- en NMVOS-maatregelen bij consumenten verder op. Daarnaast omvat dit scenario kosten voor roetfilter-maatregelen in

de binnenvaart. In High* wordt het pakket maatregelen uitgebreid met extra PM_{2,5}-maatregelen in de industrie (Actieplan fijn stof) en de pluimveehouderij. Ook worden extra maatregelen getroffen voor de bestrijding van SO₂- en NO_x-emissies bij de industrie, raffinaderijen en de energiesector, onder andere door toepassing van extra gasreinigings-technieken. Ter vergelijking: in Low* en Mid zijn nagenoeg geen kosten opgenomen voor SO₂ en NO_x.

Uitgaande van de ongecorrigeerde plafonds, zoals de WGSR deze heeft gerapporteerd, dan vallen de kosten voor Nederland lager uit, met in totaal 15 miljoen euro voor Low*, tot 35 miljoen voor Mid en 80 miljoen voor High* (zie tabel 4.3, figuur 4.3, linkergrafiek). Het beeld verschilt

daarbij per stof. De kosten voor SO_2 en NO_x vallen hoger uit bij ongecorrigeerde plafonds, terwijl de kosten voor NH_3 , NMVOS en $\text{PM}_{2,5}$ lager uitkomen. Geconcludeerd kan worden dat de kosten voor Nederland bij gecorrigeerde plafonds dus hoger uitkomen dan bij ongecorrigeerde plafonds. Dit wordt verklaard door het verschil in beleidsopgave zoals dat in tabel 4.1. is becijferd. Blijkbaar weegt het kostenvoordeel van minder maatregelen voor SO_2 en NO_x niet op tegen de kostenverhoging van meer maatregelen voor NH_3 , NMVOS en $\text{PM}_{2,5}$. Kernpunt blijft hier echter dat de ongecorrigeerde plafonds een vertekend beeld geven van de nog in Nederland haalbare kostenoptimale emissiereducties. Ongecorrigeerde plafonds zouden, uitgaande van de in Nederland door het beleid gehanteerde nationale referentieraming, aanleiding geven tot beleidsacties bij stoffen en sectoren waar dit gelet op het doel – vermindering van schade aan de natuur en gezondheid – niet het meest kosteneffectief is.

Een kosteneffectieve invulling van het Europese doel voor hernieuwbare energie leidt in 2020 tot een lichte kostenstijging voor het luchtbeleid

Een extra stimulering van duurzame energie in Nederland tot 2020 op de wijze zoals nu voorzien, leidt waarschijnlijk tot een lichte kostenstijging voor het luchtbeleid. Het kabinetsbeleid is gericht op een kosteneffectieve invulling van het doel van 14 procent hernieuwbare energie in 2020. Voor een dergelijke invulling heeft het ECN becijferd dat de emissies van $\text{PM}_{2,5}$, NO_x , NH_3 en NMVOS wat zullen toenemen, en dat de emissie van SO_2 licht zal afnemen (ECN, 2011, zie figuur 2.1). Netto leidt dit waarschijnlijk tot een lichte kostenstijging. De kostenstijging als gevolg van oplopende emissies van $\text{PM}_{2,5}$, NO_x , NH_3 en NMVOS is groter dan de kostenbesparing als gevolg van afnemende SO_2 -emissies. Bepalend voor het nettobeeld is vooral de kostentoeename als gevolg van de oplopende $\text{PM}_{2,5}$ -emissies. Er is circa 4,5 miljoen euro aan extra $\text{PM}_{2,5}$ -maatregelen nodig om de verwachte toename in $\text{PM}_{2,5}$ -emissies van 0,4 kiloton te compenseren.

4.4 Bestrijdingsopties en kostencurven

Strengere emissieplafonds leiden ertoe dat de overheid instrumenten zal moeten inzetten om ervoor te zorgen dat de benodigde extra emissiereducties gerealiseerd gaan worden. In deze studie wordt ervan uitgegaan dat het beleid zo wordt vormgegeven dat dit leidt tot een kosteneffectieve vermindering van emissies.

De geselecteerde maatregelen zijn als gezegd overgenomen uit het Optiedocument. Hierna beschrijven we per stof kort de belangrijkste opties. De bijbehorende kostencurven zijn per stof gegeven in figuur 4.5. In bijlage 1 geven we per stof een uitgebreider overzicht, met daarbij een inschatting van de haalbare emissiereducties en jaarlijkse kosten in 2020. De maatregelen zijn daarbij gerangschikt naar kosteneffectiviteit (euro per vermeden kilogram ofwel miljoen euro per kiloton).

4.4.1 SO_2 -bestrijdingsopties

Technisch reductiepotentieel 2020

Voor SO_2 zijn er voldoende technische maatregelen voorhanden om aan de uitgewerkte Gothenburg-ambitieplafonds voor 2020 te kunnen voldoen (figuur 4.5, tabel B1.1 in bijlage 1). Het totale reductiepotentieel telt op tot 19,4 kiloton. Afgezet tegen het referentiebeeld voor 2020 van 46 kiloton, is dit een vermindering met circa 40 procent. Het gaat in alle gevallen om extra maatregelen bij de grote industriële bedrijven (industrie, raffinaderijen en energiesector. De emissies bij het wegverkeer en overige bronnen zijn door de eisen aan brandstoffen zo sterk verlaagd dat deze niet meer substantieel bijdragen aan het nationale emissietotaal.

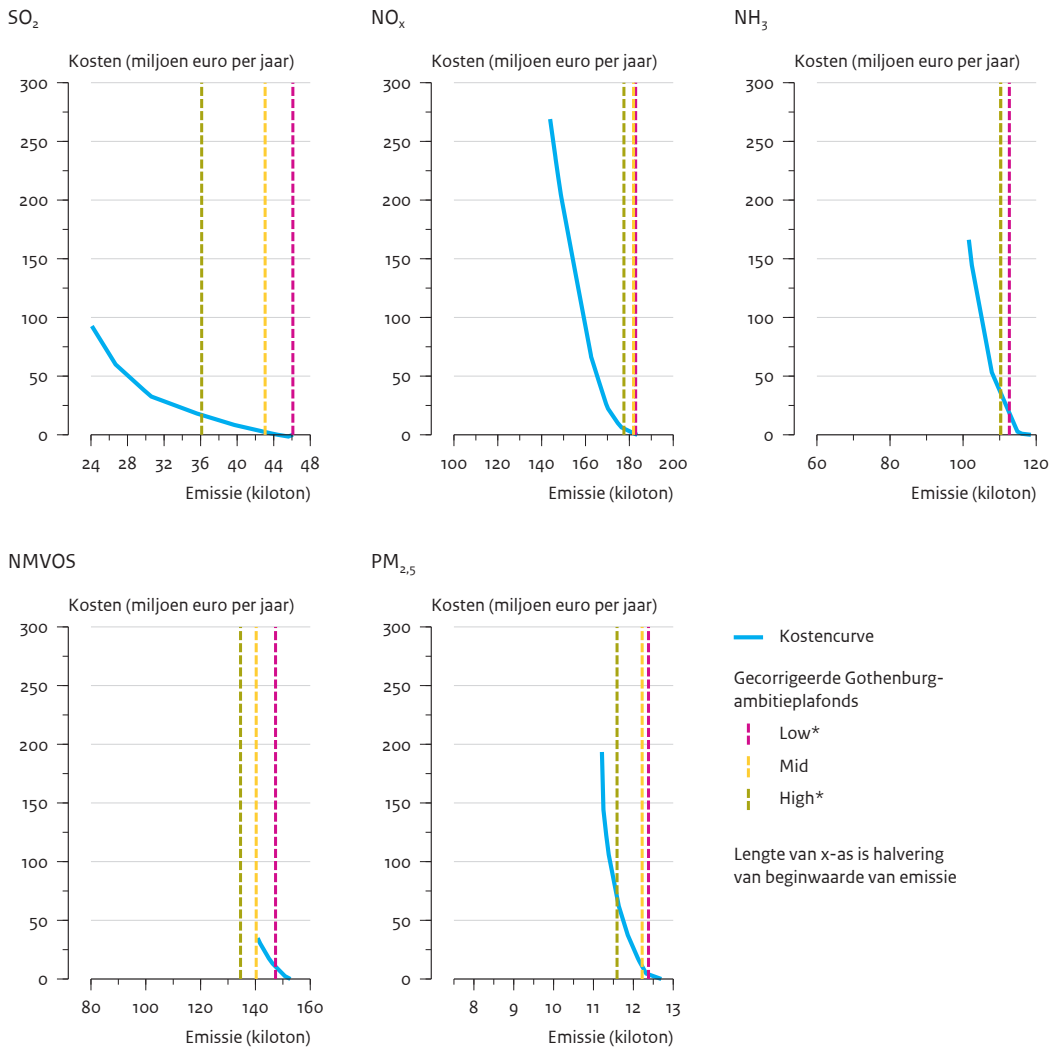
Overige industrie

Het is mogelijk om tegen een relatief gunstige kosteneffectiviteit verdergaande maatregelen te nemen bij roetfabrikanten, in de chemische industrie en bij overige industriële bedrijven. Het gaat om de overgang van oliestook naar gasstook in de chemie en de toepassing van technieken voor rookgas- en stookgasreiniging. Roetfabrikanten zijn bedrijven die roet of *carbon black* op industriële schaal produceren. Deze maatregelen bij roetfabrikanten, chemie en overige industrie hebben een kosteneffectiviteit van tussen de 0,7 en 1,7 euro per kilogram, waarbij het maximaal haalbare reductiepotentieel optelt tot circa 2,4 kiloton. Bij de genoemde industriële bedrijven is daarmee nog een potentieel voor verdergaande reductie van SO_2 tegen relatief lage kosten.

Raffinaderijen en kolencentrales

Een verdergaande emissievermindering is mogelijk bij raffinaderijen en bij kolencentrales. Deze sectoren hebben hun emissies in de loop der jaren al vergaand gereduceerd. De kosteneffectiviteit van het nog resterende potentieel aan maatregelen bedraagt rond de 2 tot 3 euro per kilogram. De hiermee extra te behalen emissievermindering wordt geschat op respectievelijk 8 kiloton voor raffinaderijen en 5 kiloton voor kolencentrales.

Figuur 4.5
Kostencurves en Gothenburg-ambitieplafonds, 2020



Bron: PBL & RIVM

Basismetalaal

Tot slot is er bij een verder oplopende kosteneffectiviteit tot 7 euro per kilogram nog circa 3 kiloton SO₂ te verminderen bij de aluminiumindustrie (tabel B1.1) en circa 1 kiloton bij de staalindustrie.

4.4.2 NO_x-bestrijdingsopties

Technisch reductiepotentieel 2020

Voor NO_x zijn er voldoende technische maatregelen beschikbaar om in 2020 de Gothenburg-ambitieplafonds te kunnen realiseren (figuur 4.5, tabel B1.2 in bijlage 1). Het totale technische reductiepotentieel telt op tot 40 kiloton. Afgezet tegen het referentiebeeld voor 2020 van 184 kiloton is dit een vermindering met circa 24 procent.

Bij de grote industrie en bij de binnenvaart is er nog een technisch potentieel aan maatregelen waarmee de NO_x-emissies verder kunnen worden verlaagd tegen relatief lage kosten. Ter vergelijking is hierbij gekeken naar de kosteneffectiviteit van de al vastgestelde maatregelen bij personen- en vrachtvoertuigen. Het gaat hier om de aanscherping van Europese NO_x-emissie-eisen voor wegvoertuigen (Euro6/VI), die ingaat vanaf 2014. De kosteneffectiviteit van deze maatregelen bedraagt circa 10 euro per kilogram NO_x. Deze Europese emissienormen zijn verdisconteerd in het referentiebeeld.

Grote industrie

Het huidige systeem voor de NO_x-emissiehandel wordt afgeschaft. Bij de inventarisatie van nog beschikbare

opties was dit nog niet bekend. Dit beleidsinstrument was leidend bij de beschrijving en kwantificering van het nog beschikbare technische potentieel in de grote industrie. Hoewel het potentieel en de kosten een goed beeld geven van de verdere mogelijkheden in de industrie, was het binnen deze studie niet mogelijk om de beschrijving van opties nog te veranderen. Uitgangspunt bij de beschrijving van opties is dat de emissienorm voor de grote industrie (bedrijven vallend binnen de NO_x -emissiehandel) nog stapsgewijs verder verlaagd kan worden. De emissienorm zou in 2013 verlaagd worden naar 37 g/GJ. De hier beschreven bestrijdingsopties voor de grote industrie gaan uit van een stapsgewijze verdere aanscherping van deze norm; van 37 naar 34 g/GJ, 34 naar 28 g/GJ, 28 naar 20 g/GJ en 20 naar 16 g/GJ.

Na aanscherping van de norm gaan de deelnemende bedrijven extra NO_x -reducerende technieken inzetten, zoals Selectieve Catalytische Reductie (SCR) en lage NO_x -branders. Bij SCR gaat het om rookgas-behandelings-technieken waarmee NO_x met behulp van een chemische reactie uit de rookgassen wordt verwijderd. Bij lage NO_x -branders gaat het om speciale verbrandingstechnieken waardoor er minder NO_x wordt gevormd.

Bij de grote industrie kan tegen kosten van 1 euro per kilogram NO_x een extra emissiereductie worden gerealiseerd van circa 7 kiloton. Nog eens 7-8 kiloton kan in de grote industrie worden behaald tegen een kosteneffectiviteit van 5-6 euro per kilogram. Hierna loopt de kosteneffectiviteit in de industrie op tot 11-14 euro per kilogram.

In het licht van deze opsomming van mogelijke NO_x -opties bij de grote industrie plaatsen we een kanttekening bij de nationale referentieraming. De NO_x -emissies voor de grote industrie bij vastgesteld beleid zijn geraamd door het geschatte energiegebruik voor de emissiehandelssystembedrijven (in PJ) te vermenigvuldigen met de emissienorm van 37 g/GJ. De verwachting is echter dat de NO_x -emissies in 2020 door de bouw van diverse nieuwe elektriciteitscentrales, en de strenge eisen die aan deze centrales worden gesteld, waarschijnlijk enkele kilotonnen lager zullen uitkomen dan berekend in de referentieraming. De raming zou in 2020 5 kiloton lager kunnen uitvallen dan nu berekend in de referentieraming. Dit betekent ook dat de in deze studie gegeven uitgewerkte eerste maatregel bij grote bedrijven (aanscherping van de emissienorm van 37 naar 34 g/GJ) grotendeels betrekking heeft op al geplande maatregelen bij nieuwe elektriciteitscentrales, waarmee in de referentieraming nog geen rekening is gehouden.

Binnenvaart

Bij de binnenvaart is er nog een potentieel aan maatregelen dat optelt tot 6 kiloton tegen een relatief gunstige kosteneffectiviteit van 2-3 euro per kilogram.

Het gaat dan om de toepassing van katalysatoren op dieselscheepsmotoren.

Cv-ketels

Een aanscherping van de emissies voor huishoudelijke cv-ketels kan 1 kiloton extra emissiereductie opleveren bij een kosteneffectiviteit van 13,5 euro per kilogram.

4.4.3 NH_3 -bestrijdingsopties

Technisch reductiepotentieel 2020

Het potentieel aan geïnventariseerde NH_3 -bestrijdingsopties is voldoende om de Gothenburg-ambitieplafonds in 2020 te kunnen realiseren (figuur 4.5, tabel B1.3 in bijlage 1). Het totale technische reductiepotentieel telt op tot 17 kiloton. De reductie ten opzichte van het referentiebeeld voor 2020 van 119 kiloton komt daarmee op circa 14 procent.

De maatregelen hebben alleen betrekking op de emissies van de landbouw. De in beeld gebrachte maatregelen beperken de emissies uit landbouwstallen (varkens en rundvee) en bij de aanwending van dierlijke mest op het land.

Mestaanwending

De geïnventariseerde maatregelen voor mestaanwending hebben een relatief gunstige kosteneffectiviteit van 1-2 euro per kilogram vermeden emissie. Met deze maatregelen kan circa 4 kiloton emissiereductie worden gerealiseerd. Doel van deze maatregelen is om de meest effectieve apparatuur voor te schrijven voor het aanwenden van dierlijke mest. Het gaat dan om het alleen nog maar toestaan van de mestinjecteur en de zodenbemester bij het toedienen van dierlijke mest op niet beteeld bouwland, en vanaf 1 mei van ieder jaar het alleen nog na 18.00 uur toestaan van het gebruik van sleepvoetbemers op grasland. De kosten van deze aanpassingen zijn beperkt.

Varkensstallen

Ook is het mogelijk om op uitgebreidere schaal gecombineerde luchtwassers toe te passen op varkensstallen. Per 1 januari 2013 dienen vrijwel alle varkensstallen emissiearm te zijn. Dit vloeit voort uit het Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij. Veelal zijn stallen emissiearm gemaakt via vloer- of kelderaanpassingen. De optie 'gecombineerde luchtwassers voor varkensstallen' gaat technisch verder, waarbij is aangenomen dat op alle varkensstallen gecombineerde luchtwassers worden toegepast. Met de plaatsing van een gecombineerde luchtwasser vermindert de NH_3 -emissie met circa 85 procent. De maatregel kan onder andere worden geïnstrumenteerd met een aanscherping van de normstelling binnen het Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij. Dit

komt neer op verdergaande emissie-eisen voor varkensstallen.

De kosteneffectiviteit van deze maatregel bedraagt circa 7 euro per kilogram NH_3 . Met deze maatregel kan potentieel circa 7 kiloton extra emissiereductie worden gerealiseerd. De maatregel zal, vooral bij de kleinere varkenshouderijen, op grote weerstand stuiten. Deze weerstand vloeit vooral voort uit de grote investering die nodig is om de luchtwassers te plaatsen en de relatief hoge operationele kosten. Een aanzienlijk deel van de varkenshouders zal een lening moeten afsluiten om de luchtwasser te kunnen installeren. Het is onzeker of bankinstellingen deze leningen zullen verstrekken. Een gerichte subsidieregeling kan ondersteuning bieden om deze maatregel te realiseren.

Melkveestallen

Ook voor melkveestallen zijn er nieuwe bestrijdingsopties ontwikkeld. Het gaat om de plaatsing van zogenoemde balansballen (formaat bowlingbal) in de mestkelders bij melkveestallen. Hierdoor wordt het vervluchtigend oppervlak van de mestkelder verkleind, wat ertoe leidt dat de NH_3 -uitstoot bij melkveestallen met circa 20 procent afneemt. Maatregelen bij rundveestallen zijn relatief duur in vergelijking tot maatregelen bij varkensstallen. De kosteneffectiviteit wordt geschat op circa 17 euro per kilogram. Het reductiepotentieel van deze maatregel bedraagt 4 kiloton. De maatregel is te implementeren door aanpassing van het Besluit ammoniakemissie huisvesting veehouderij. Dit komt neer op emissie-eisen voor bestaande melkveestallen. Voor melkveestallen gelden momenteel alleen emissie-eisen voor stallen bij uitbreiding en nieuwbouw van stallen. Daarnaast zijn er eisen voor bestaande melkveestallen waar de koeien permanent verblijven. Voor bestaande melkveestallen waarin het vee niet permanent staat opgesteld, zijn er geen emissie-eisen, zoals deze wel gelden voor varkens- en pluimveestallen. Voordeel ten opzichte van andere NH_3 -reducerende maatregelen is dat balansballen zonder een grote verstoring van het bedrijfsproces kunnen worden toegepast. Daarnaast kunnen de ballen ook gemakkelijk worden 'hergebruikt'. Er is een redelijk draagvlak bij de doelgroep, waarbij wel de kosten van het daadwerkelijk invoeren nog een belemmering vormen.

Pluimveestallen

Tot slot is er een gecombineerde $\text{NH}_3/\text{PM}_{2,5}$ -maatregel opgenomen in de lijst, die is gericht op de vermindering van de emissies uit pluimveestallen. Het gaat om de biologische luchtwasser bij stallen voor leghennen. Deze maatregel wordt besproken in paragraaf 4.4.5.

4.4.4 NMVOS-bestrijdingsopties

Technisch reductiepotentieel 2020

Het in beeld gebrachte potentieel aan NMVOS-maatregelen is onvoldoende om de uitgewerkte Gothenburg-ambitieplafonds te kunnen realiseren (figuur 4.5, tabel B1.4 in bijlage 1). Het totale technische reductiepotentieel telt op tot 12 kiloton. Afgezet tegen het referentiebeeld voor 2020 van 12,7 kiloton is dit een vermindering met circa 12 procent.

Europese productmaatregelen

Het merendeel van het reductiepotentieel betreft maatregelen die alleen in EU-verband kunnen worden genomen. Het betreft maatregelen gericht op de verdergaande vermindering van NMVOS in producten. Dit kan alleen Europees worden geregeld met een aanpassing van de EU-productenrichtlijn.

Het gebruik van oplosmiddelen in de industrie

Een maatregel die Nederland zelf kan nemen is het nog verdergaand terugdringen van het gebruik van oplosmiddelen in de industrie. Twee maatregelen zijn uitgewerkt gericht op de vermindering van het gebruik van oplosmiddelen bij industriële verftoepassingen en bij reinigen en ontvetten. Het reductiepotentieel van deze maatregelen bedraagt circa 3 kiloton. De kosteneffectiviteit van deze maatregelen varieert tussen de 1 en 5 euro per kilogram.

Zoal eerder is aangegeven, is het hier gegeven nationale reductiepotentieel voor NMVOS gebaseerd op oudere informatie. Het is waarschijnlijk dat het werkelijke reductiepotentieel groter is we nu hebben ingeschat. Verder onderzoek zou dit moeten uitwijzen.

4.4.5 $\text{PM}_{2,5}$ -bestrijdingsopties

Technisch reductiepotentieel 2020

Voor $\text{PM}_{2,5}$ zijn er voldoende technische maatregelen beschikbaar om in 2020 de Gothenburg-ambitieplafonds te kunnen realiseren (figuur 4.5, tabel B1.5 in bijlage 1). Het totale technische reductiepotentieel telt op tot 1,5 kiloton. Afgezet tegen het referentiebeeld voor 2020 van 12,7 kiloton is dit een vermindering met circa 12 procent. De emissies van fijn stof kunnen verder worden verminderd met de toepassing van maatregelen bij houtkachels, de plaatsing van roetfilters op motoren van binnenvaartschepen en de afvang van $\text{PM}_{2,5}$ uit pluimveestallen.

Houtkachels en open haarden

De emissies van open haarden en houtkachels kunnen technisch worden verminderd door oude kachels en open haarden in woningen versneld te vervangen door goedgekeurde (inbouw) kachels. Het betreft hier de

goedkoopste maatregel uit de lijst met $PM_{2,5}$ -opties met een kosteneffectiviteit van 12 euro per kilogram vermeden emissie. Deze maatregel kan worden geïnstrumenteerd met het beschikbaar stellen van subsidies.

Sinds 2006 moeten alle houtkachels die in Nederland zijn aangeschaft voldoen aan de Europese standaard EN 13240 en EN 13229. Deze standaarden stellen een minimale efficiëntie van 70 procent voor kachels met gesloten deuren. De maatregel richt zich dus op de kachels van voor 2006.

Met behulp van de toepassing van een elektrostatisch filter (ESP) kunnen de $PM_{2,5}$ -emissies van houtkachels en open haarden nog verder worden verminderd. Het plaatsen van een ESP-filter op kachels is echter een dure maatregel, met een kosteneffectiviteit van 78-260 euro per kilogram. Ter vergelijking: de kosteneffectiviteit van de Euro6/VI-eisen voor $PM_{2,5}$ bij wegvoertuigen wordt geschat op 275 euro per kilogram.

Binnenvaart

Door het plaatsen van een roetfilter kan de $PM_{2,5}$ -emissie van binnenvaartschepen afnemen. Dit is mogelijk bij nieuwe en bestaande schepen. Instrumentering van deze maatregel is onder andere mogelijk door subsidiëring van een roetfilter bij Nederlandse binnenschepen. De kosteneffectiviteit bedraagt circa 60 euro per kilogram.

Industrie

Door het uitvoeren van het Actieplan voor emissievermindering van $PM_{2,5}$ in de industrie, kan de $PM_{2,5}$ -emissie in 2020 met circa 0,2-0,3 kiloton verminderen. Het ministerie van IenM heeft de taakstelling voor PM_{10} -emissies door de industrie uitgewerkt in een plafond van 10,5 kiloton. Deze taakstelling maakt deel uit van het voorgenomen beleid en is dus niet verwerkt in de emissieraming met bestaand beleid voor 2020 (GCN 2011). Realisatie van de PM_{10} -taakstelling werkt door in de reductie van $PM_{2,5}$ -emissies.

Pluimveestallen

Er zijn verschillende technieken ontwikkeld om de $PM_{2,5}$ -emissies uit pluimveestallen te verminderen. Niet alle ontwikkelde technieken verwijderen echter $PM_{2,5}$. Voor stallen met vleeskuikens is het systeem van negatieve ionisatie de goedkoopste optie om $PM_{2,5}$ te verwijderen, met een kosteneffectiviteit van 70 euro per kilogram $PM_{2,5}$. Hiermee worden stofdeeltjes in de stal negatief geladen, waarna deze deeltjes gaan plakken aan geaarde oppervlakken en objecten, zoals vloeren en wanden, of aan speciaal aangebrachte geaarde platen. Zo wordt het stof uit de lucht verwijderd. Met de toepassing van een ionisatiesysteem vermindert de $PM_{2,5}$ -uitstoot bij stallen met circa 50 procent. Er is echter geen sprake van emissiereductie van NH_3 . Daarnaast is het ook mogelijk

om $PM_{2,5}$ -emissies te verminderen door olie te vernevelen in de stallen. Deze optie is duurder dan het systeem van ionisatie.

Bij stallen voor leghennen kan de emissie van $PM_{2,5}$ afnemen met een biologische luchtwasser. Hiermee vermindert de $PM_{2,5}$ -uitstoot met circa 60 procent. Tevens is er sprake van een NH_3 -reductie van 70 procent. Dit is echter een relatief dure maatregel. De kosteneffectiviteit van deze maatregel loopt op tot 300 euro per kilogram $PM_{2,5}$.

Voor pluimveestallen zijn er momenteel ook nieuwe systemen voor $PM_{2,5}$ -reductie in ontwikkeling. Het gaat onder andere om de toepassing van een ionisatiefilter. De kosten van dit systeem zijn lager dan die van biologische luchtwassers, terwijl toch meer dan 50 procent van het PM_{10} wordt verwijderd. Uit lopend onderzoek moet nog blijken in hoeverre dit systeem ook de emissies van het fijnere $PM_{2,5}$ vermindert. In de lijst met opties en de kostencurven is voorlopig alleen de dure biologische luchtwasser opgenomen.

Het draagvlak bij de pluimveesector is matig, omdat een groot deel van de bedrijven deze investering niet kan financieren. Met een subsidiëring zal een groter deel van de bedrijven de extra investering kunnen financieren.

NH_3 -opties met neveneffecten voor $PM_{2,5}$

Tot slot kan de $PM_{2,5}$ -emissie afnemen door de toepassing van gecombineerde luchtwassers bij varkensstallen. Deze maatregel is primair bedoeld voor de reductie van NH_3 .

Noot

- 1 Zie <http://www.ecn.nl/nl/units/ps/themas/nationaal-energie-en-klimaatbeleid/optiedocument/>.

Baten van strengere emissieplafonds

In dit hoofdstuk gaan we eerst in op de verbetering van de fysieke gezondheid en de natuur die verwacht kan worden van een aanscherping van de plafonds. Vervolgens drukken we de verbeteringen, waar mogelijk, ook in geld uit, zodat deze in hoofdstuk 6 vergeleken kunnen worden met de kosten.

We hebben voor vier emissiescenario's (Baseline, Low*, Mid en High*) de fysieke schade aan de gezondheid en natuur in 2020 berekend. In de terminologie van een kosten-batenanalyse gaat het om een nulalternatief (de Baseline) en drie verdergaande scenario's met aanvullend beleid (Low*, Mid en High*). Het nulalternatief geeft een beschrijving van de situatie zoals deze zich voordoet in 2020 als uitsluitend het vaststaande beleid wordt uitgevoerd. De ambitie-scenario's geven de situatie in 2020 wanneer er aanvullende maatregelen worden afgesproken, in lijn met de uitgangspunten zoals deze zijn gehanteerd bij de verkennende analyses in het kader van de herziening van het Gothenburg Protocol (zie CIAM 2011b).

Ook is de trend in schade tussen 2005 en 2020 berekend bij doorvoering van het vaststaande beleid. Daarvoor is de schade berekend voor het jaar 2005 en is deze vergeleken met de Baseline voor 2020.

In dit hoofdstuk over de baten geven we alleen de analyseresultaten bij gecorrigeerde plafonds. Bij de doorrekening is rekening gehouden met de emissies in binnen- en buitenland. De berekende effecten zijn dus toe te schrijven aan de optelsom van zowel Nederlandse als buitenlandse verdergaande emissiereducties.

Vanwege het grensoverschrijdende karakter van luchtverontreiniging, zal namelijk een groot deel van de verwachte milieu- en gezondheidswinst in Nederland worden verklaard door de aanscherping van plafonds in andere Europese landen.

Voor de Nederlandse emissies zijn we uitgegaan van de nationale referentieraming en de gecorrigeerde plafonds. Voor de buitenlandse emissies gaan we uit van de cijfers gegeven in het CIAM-rapport van augustus 2011 (zie CIAM 2011b).

Allereerst is de absolute fysieke schade in het jaar 2020 berekend voor de vier belangrijkste milieueffecten van luchtverontreiniging:

- vroegtijdige sterfte en gezondheidsverlies door blootstelling aan fijn stof ($PM_{2,5}$);
- vroegtijdige sterfte en gezondheidsverlies door blootstelling aan ozon (SOMO35);
- vermesting van de natuur; en
- verzuring van de natuur.

De milieu- en gezondheidswinst die kan worden toegeschreven aan een aanscherping van de Gothenburg-plafonds is beoordeeld door de berekende fysieke effecten voor twee opeenvolgende scenario's met elkaar te vergelijken. De reeds vastgestelde maatregelen die al in de Baseline (het nulalternatief) zijn opgenomen, maken geen deel uit van de analyse. Uitsluitend de baten van extra maatregelen (verdergaand beleid), boven op de Baseline, zijn bestudeerd.

Vervolgens zijn de fysieke effecten ook in geld uitgedrukt. In de eindanalyse zijn alleen de gezondheidsbaten door $PM_{2,5}$ en ozon meegenomen. Omdat de maatschappelijke baten van verminderde natuurschade nog niet betrouwbaar kunnen worden gekwantificeerd, zijn deze in de eindanalyse niet opgenomen. De schade aan gewassen is wel redelijk betrouwbaar te schatten, maar is in deze studie niet expliciet doorgerekend. Omdat deze post verder klein is vergeleken bij de gezondheidsbaten, hebben we deze post in de eindtabel alleen als PM-post opgenomen.

Ondanks alle onzekerheden die zijn verbonden aan het schatten van natuurbaten, hebben we wel geprobeerd een schatting daarvan te geven. Hierbij gebruiken we een benadering die is gebaseerd op vermeden herstelkosten. Deze aanpak is niet ideaal (zie bijlage 2) maar geeft wel een beeld van de ordegrrootte van de optredende effecten.

Door de monetaire schade tussen twee opeenvolgende scenario's (incrementeel) met elkaar te vergelijken, kunnen de baten van strengere plafonds voor gezondheid en natuur worden bepaald, en afgewogen tegen de kosten.

Hierna gaan we achtereenvolgend in op de gezondheidsverbetering die in Nederland kan worden verwacht bij invoering van strengere plafonds (paragraaf 5.1). Daarna behandelen we de monetaire waarde van deze effecten (paragraaf 5.2). In de paragrafen 5.3 en 5.4 gaan we in op de effecten op natuur. In paragraaf 5.3 berekenen we de verwachte afname van de vervuiling van de natuur door atmosferische depositie van stikstof en zuur. Tot slot geven we in paragraaf 5.4. aan wat dit betekent voor de soortenrijkdom van de Nederlandse natuur, en gaan we in op de mogelijkheden die er zijn om deze veranderingen in soortenrijkdom te monetariseren.

5.1 Fysieke effecten van strengere plafonds op de gezondheid

De gezondheidseffecten van blootstelling aan $PM_{2,5}$ en ozon zijn opgedeeld in mortaliteit (vroegtijdige sterfte) en morbiditeit (ziekte). De analyse omvat effecten van:

- langdurende en kortdurende blootstelling aan antropogeen, dat wil zeggen door menselijk handelen veroorzaakt $PM_{2,5}$ in de lucht, wat impliceert dat de gezondheidseffecten van bodemstof en stof van natuurlijke bronnen niet zijn berekend;
- kortdurende blootstelling aan piekconcentraties van ozon.

Chronische sterfte door blootstelling aan $PM_{2,5}$ wordt uitgedrukt in verloren levensjaren per jaar (Years Of Life Lost, oftewel YOLL), of in verlies in levensverwachting. Dit zijn twee vergelijkbare indicatoren die in beginsel hetzelfde effect op mortaliteit beschrijven. De YOLL-indicator kwantificeert het totale aantal verloren levensjaren in de Nederlandse bevolking. Deze indicator wordt gebruikt bij de economische waardering van schade (paragraaf 5.3). De indicator 'verlies in levensverwachting' refereert aan de gemiddelde Nederlander en is de meest aansprekende indicator. Bedacht moet worden dat de beschouwde tijdperiode van blootstelling nogal eens verschilt van studie tot studie. Zo heeft de in deze studie berekende schade in termen van verloren levensjaren (YOLL) betrekking op een enkel jaar (vermindering van) blootstelling aan luchtverontreiniging. Het gaat dus om de schade die een jaar luchtverontreiniging aanricht. Omdat deze schade op jaarbasis is berekend, kan deze makkelijk worden vergeleken met de kosten die ook op jaarbasis zijn uitgerekend. De enige indicator in deze studie die betrekking heeft op een levenslange (vermindering in) blootstelling aan luchtverontreiniging is de indicator 'verlies in levensverwachting' (een aantal maanden of weken korter leven).

Naast $PM_{2,5}$ heeft ook de blootstelling aan ozon effect op de vervroegde sterfte, vooral van mensen die al verzwakt zijn. In deze studie hebben we alleen de blootstelling aan piekconcentraties ozon beoordeeld, omdat de relatie tussen mortaliteit en chronische blootstelling aan ozon nog onvoldoende is onderbouwd. Morbiditeit (ziekte) wordt uitgedrukt in indicatoren als het aantal jaarlijkse ziekenhuisopnames, het aantal nieuwe gevallen van chronische bronchitis in een jaar, dagen met verminderde activiteit en dagen met medicijngebruik (Holland et al. 2008). De resultaten die we voor deze indicatoren geven, hebben ook alle betrekking op een enkel jaar (meer of minder) blootstelling aan $PM_{2,5}$.

Bij de interpretatie van de batenschattingen is het verder belangrijk om te bedenken dat de antropogene $PM_{2,5}$ -concentratie in de lucht uit twee delen bestaat: het primaire fijn stof en het secundaire fijn stof. Bij het primaire stof gaat het om fijnstofdeeltjes die direct als deeltjes door de bron worden uitgestoten. Bij het secundaire stof gaat het om fijnstofdeeltjes die zich pas later in atmosfeer vormen uit de stoffen SO_2 , NO_x en NH_3 en vluchtige organische verbindingen. De fijnstoffractie die wordt gevormd uit SO_2 , NO_x en NH_3 is het secundaire anorganische (inorganic) aerosol (SIA). Daarnaast is er ook het secundair gevormd organisch aerosol (SOA). De bijdrage van dit SOA aan fijnstofconcentraties is gering van omvang en wordt in deze studie verder niet berekend.

Het voorgaande betekent dus dat ook een vermindering van SO_2 , NO_x en NH_3 -emissies bijdraagt aan een verlaging van $\text{PM}_{2,5}$ -concentraties in de lucht, en daarmee aanleiding geeft tot gezondheidsbaten. De berekende $\text{PM}_{2,5}$ -concentratieverlaging en de hieraan gekoppelde gezondheidsbaten zijn dus niet alleen terug te voeren op primaire fijnstofmaatregelen, maar ook op bestrijdingsopties voor SO_2 , NO_x en NH_3 . Alle bestanddelen dragen daarbij in meer of mindere mate bij aan de gezondheidseffecten van $\text{PM}_{2,5}$. Het is daarbij nog onduidelijk in welke mate elke afzonderlijke bouwsteen bijdraagt. Er zijn wel aanwijzingen dat een specifiek bestanddeel van het primaire aerosol, het zogenoemde primaire verbrandingsaerosol, belangrijker zou kunnen zijn dan bijvoorbeeld het SIA (zie hoofdstuk 7). Omdat de kennis nog onvoldoende is ontwikkeld om een kwantitatieve differentiatie van bouwstenen mogelijk te maken, adviseert de Wereldgezondheidsorganisatie om alle $\text{PM}_{2,5}$ -fracties uit het fijnstofmengsel (vooralsnog) als even schadelijk te beschouwen. De kosten- en batenberekeningen in deze studie zijn uitgevoerd in lijn met dit advies. Dit betekent dat we hebben aangenomen dat een concentratiedaling in primair fijn stof (door $\text{PM}_{2,5}$ maatregelen) even effectief is voor een verbetering van de gezondheid als een concentratiedaling in het SIA (door SO_2 -, NO_x - en NH_3 -maatregelen).

Met het vastgestelde beleid wordt de lucht schoner, en neemt tussen 2005 en 2020 de levensverwachting van pasgeborenen met enkele maanden toe

Met het vastgestelde beleid, zoals de Europese emissie-eisen voor wegvoertuigen en industriële installaties, zal het (door mensen veroorzaakte) $\text{PM}_{2,5}$ -niveau in Nederland tussen 2005 en 2020 met circa 40 procent dalen.

De gemiddelde levensduurverkortening door $\text{PM}_{2,5}$ zal hierdoor in deze periode met circa 3,5 maanden dalen, van circa 9 maanden in 2005 tot 5,5 maanden in 2020. De winst in levensverwachting over deze periode wordt daarmee geschat op enkele maanden. De berekende levensduurverkortening geeft aan hoeveel maanden een pasgeboren Nederlander naar verwachting korter leeft bij levenslange blootstelling aan de fijnstofniveaus zoals we deze hebben berekend voor 2005 en 2020. Gemiddeld over de hele periode van 15 jaar betekent dit dat de levensverwachting als gevolg van het gevoerde luchtbeleid elk jaar met circa 1 week toeneemt. De schatting heeft betrekking op de antropogene $\text{PM}_{2,5}$ -emissie, exclusief de mogelijke effecten van het niet door de mens veroorzaakte (semi-natuurlijke) fijn stof in de lucht, zoals opwaaiend bodemstof.

Door blootstelling aan $\text{PM}_{2,5}$ leven Nederlanders niet alleen korter, maar is de bevolking ook wat minder gezond. Zo leidt een vervuilde lucht tot meer nieuwe

gevallen van chronische bronchitis en meer ziekenhuisopnames. Ook worden in een vervuilde lucht meer mensen (in meer of minder ernstige mate) in hun dagelijkse activiteiten gehinderd door luchtwegklachten, met als gevolg meer ziekteverzuim. Het aantal dagen in een jaar dat de Nederlandse bevolking door blootstelling aan vervuilde lucht wordt beperkt in haar normale activiteiten en geen arbeid kan verrichten, daalt tussen 2005 en 2020 van 12,0 naar 7,4 miljoen; een daling van 40 procent.

De berekeningen van de gezondheidseffecten (vervroegde sterfte en verminderde gezondheid) kennen onzekerheden. De hiervoor genoemde '3,5 maanden langer leven' is de meest waarschijnlijke puntschatting van het te verwachten effect. Dit effect is berekend op basis van de resultaten van epidemiologische studies waarin de relatie is onderzocht tussen langdurige blootstelling aan $\text{PM}_{2,5}$ en vervroegde sterfte (Pope et al. 2002). De resultaten van deze studies vertonen statistische variatie. Deze statistische variatie hebben we in deze studie doorvertaald naar de betekenis ervan voor de statistische variatie in berekende levensduurverlenging. Hieruit blijkt dat de gemiddelde levensverwachting tussen 2005 en 2020 met naar verwachting 3,5 maanden wordt verlengd, met een onzekerheidsmarge van 1,5 tot 8,5 maanden (95 procent betrouwbaarheidsinterval).

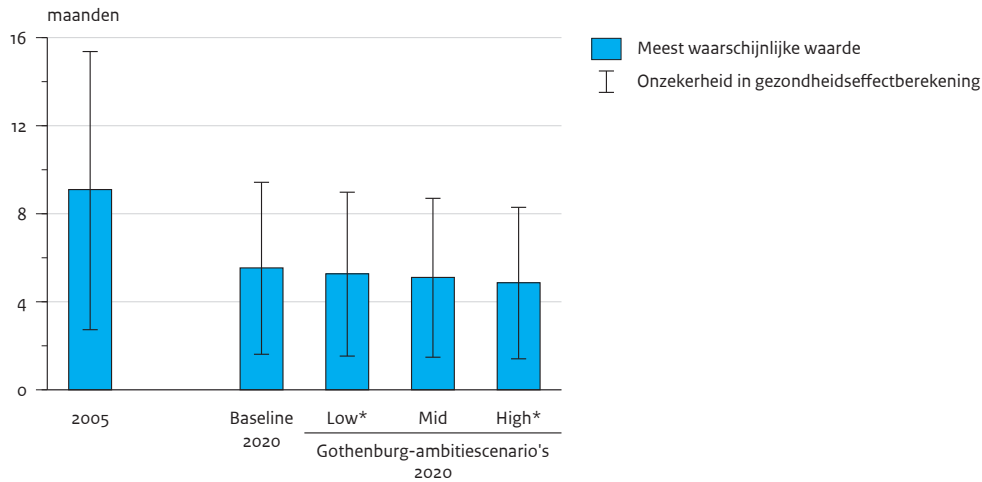
De ambitie-scenario's leiden tot een extra toename van de levensverwachting met enkele weken en extra afname van het ziekteverzuim

Uitvoering van de ambitie-scenario's leidt tot een verdergaande daling in fijnstofconcentraties, waardoor de levensverwachting verder zal toenemen. Het door $\text{PM}_{2,5}$ veroorzaakte verlies aan levensverwachting zal naar verwachting afnemen van circa 5,5 maanden in de Baseline (nulalternatief), naar circa 5,3 maanden in Low*, 5,1 in Mid en 4,9 in High*. Dit komt overeen met een afname van respectievelijk 5, 8 en 12 procent ten opzichte van de Baseline (zie figuur 5.1).

Anders geformuleerd betekent dit dat de levensverwachting van de Nederlandse bevolking door de Gothenburg-scenario's naar verwachting met een aantal weken zal toenemen; met 1,2 (0,4-2) weken in Low*, 1,9 (0,6-3,2) weken in Mid en 2,9 (0,9-4,9) weken in High*.

Met de ambitie-scenario's zullen ook de nadelige effecten van luchtverontreiniging op de gezondheid van Nederlanders verder afnemen. Het aantal dagen in een jaar dat de Nederlandse bevolking door blootstelling aan vervuilde lucht wordt beperkt in haar normale activiteiten en geen arbeid kan verrichten, wordt voor de Baseline in 2020 geschat op 7,4 miljoen. Met de ambitie-scenario's daalt dit aantal met circa 0,3 tot 0,4 miljoen dagen in

Figuur 5.1
Verlies in levensverwachting door antropogeen fijn stof (PM_{2,5})



Bron: PBL & RIVM

Low*, tot 0,9 miljoen dagen in High*. Dit is een vermindering met 5 tot 12 procent. Naast het gemiddelde verlies in levensverwachting (weken) hebben we ook het geaccumuleerde aantal verloren levensjaren (YOLL) voor de Nederlandse bevolking berekend. Deze indicator wordt gebruikt voor de moneterisering van de welvaartseffecten. De indicator YOLL mag daarbij niet worden verward met een sterftegeval of dodelijk ongeval. Het berekende aantal verloren levensjaren van circa 142.000 in 2005 beschrijft het aantal jaren dat de bevolking korter leeft door een jaar lang blootstelling aan de (antropogene) fijnstofconcentraties van 2005. Op identieke wijze beschrijft het aantal verloren levensjaren voor 2020 het aantal jaren dat de bevolking korter leeft door een jaar lang blootstelling aan de geraamde niveaus van luchtvervuiling in 2020. Met het vastgestelde beleid zal zo het aantal verloren levensjaren door een jaar blootstelling aan luchtvervuiling verminderen van circa 142.000 in 2005 naar circa 87.000 in 2020. Dit levert een jaarlijkse winst op voor de volksgezondheid van circa 50.000 gewonnen levensjaren. Met de verdergaande ambitiescenario's zal het aantal verloren levensjaren verder afnemen met enkele duizendtallen; met 3.600 in Low*, tot 9.200 in High*.

De gezondheidswinst bij verdergaande ambitiescenario's is beperkt van omvang vergeleken bij de verwachte gezondheidswinst door staand beleid

Geconcludeerd kan worden dat met het vastgestelde beleid de schade van luchtvervuiling voor de

volksgezondheid over de periode 2005-2020 naar verwachting afneemt met circa 40 procent. Met een aanscherping van het luchtbeleid kan deze daling nog met enkele procenten extra versterken, tot circa 47 procent in High*. De gezondheidswinst die dus tot 2020 met het staande beleid kan worden gehaald, is aanzienlijk groter dan de winst die in 2020 nog extra kan worden behaald met nog verdergaande maatregelen. Bij het staande beleid gaat het, zoals gezegd, onder andere om maatregelen als de invoering van nog strengere Europese emissie-eisen voor wegverkeer (bijvoorbeeld roetfilters in dieselpersonenauto's) en de invoering van verdergaande Europese emissie-eisen voor industriële installaties (IED Industrial Emissions Directive). Geconcludeerd kan worden dat het in beeld gebrachte potentieel aan nog verdergaande emissiereducties tot 2020 beperkt van omvang is.

De beperkte aanvullende gezondheidswinst van de ambitiescenario's tot 2020 wordt verklaard doordat de meeste grote bronnen in 2020 al zullen zijn voorzien van een of andere vorm van bestrijdingstechnologie. Het nog beschikbare potentieel aan verdergaande bestrijdingsmaatregelen wordt dus kleiner. Bij deze conclusie past wel een kanttekening. In deze studie is alleen gekeken naar wat er haalbaar is tot 2020. Na 2020 is er meer mogelijk. Daarbij kijken we in deze studie ook alleen naar bestrijdingsopties die zijn gericht op luchtverontreinigende stoffen. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om technieken als roetfilters en katalysatoren. Fundamentele veranderingen in het energiesysteem die leiden tot een toekomstig

Tabel 5.1

Totale fysieke gezondheidseffecten door antropogene emissies in 2005 en 2020

	Eenheid	Baseline		Low*	Mid	High*
		2005	2020	2020	2020	2020
Gezondheidseffecten fijn stof						
Chronische mortaliteit fijn stof – verloren levensjaren	YOLL	141.768	87.350	83.195	80.614	76.865
Chronische mortaliteit fijn stof – verlies gemiddelde levensverwachting	Maanden	9,1	5,5	5	5	5
Kindersterfte	Aantal	42	27	26	26	24
Chronische bronchitis – nieuwe gevallen	Aantal	2.294	1.493	1.434	1.396	1.334
Ziekenhuisopnames door luchtwegklachten	Aantal	1.427	914	876	852	813
Ziekenhuisopnames door hartklachten	Aantal	1.631	1.043	1.000	973	928
RAD – dagen met verminderde activiteit – volwassenen	Dagen	12.045.813	7.399.004	7.045.285	6.825.683	6.506.958
Medicijngebruik door mensen met astma – kinderen	Dagen	24.341	15.552	14.916	14.507	13.841
Medicijngebruik door mensen met astma – volwassenen	Dagen	1.223.362	782.781	750.855	730.282	696.856
LRS – Dagen met luchtwegklachten – kinderen	Dagen	5.669.082	3.650.940	3.503.667	3.408.695	3.254.264
LRS – Dagen met luchtwegklachten – volwassenen	Dagen	12.352.406	7.912.638	7.590.522	7.382.934	7.045.603
Gezondheidseffecten ozon						
Acute mortaliteit ozon – verloren levensjaren	YOLL	2.131	1.576	1.519	1.485	1.471
Ziekenhuisopnames door luchtwegklachten	Aantal	284	207	199	194	193
MRAD – dagen met beperkt verminderde activiteit	Aantal	1.273.672	929.452	894.313	873.454	865.109
Medicijngebruik door mensen met astma – kinderen	Dagen	953.938	729.413	705.214	690.735	684.917
Medicijngebruik door mensen met astma – volwassenen	Dagen	688.655	502.083	483.056	471.763	467.246
LRS – Dagen met luchtwegklachten	Aantal	2.229.797	1.634.709	1.573.647	1.537.374	1.522.856

Bron: PBL & RIVM

emissiearm systeem (zoals een groot aandeel elektriciteit uit windmolens en zonnepanelen en een elektrificatie van het verkeer) zijn in deze studie (gericht op 2020) niet onderzocht.

De gedetailleerde resultaten voor de berekende fysieke gezondheidseffecten zijn gegeven in tabel 5.1 en 5.2. Deze tabellen geven, met uitzondering van het verlies aan levensverwachting, de effecten van een jaar lang blootstelling aan luchtverontreiniging:

- Tabel 5.1 geeft de totale fysieke gezondheidsschade door luchtverontreiniging in 2005 en in 2020 voor de Baseline en de drie onderscheiden ambitie scenario's;

- Tabel 5.2 geeft de vermindering in fysieke gezondheidsschade (gezondheidswinst) in 2020 door de ambitie scenario's, ten opzichte van de Baseline voor 2020 (het nulalternatief); deze gezondheidswinst is op basis van tabel 5.1 berekend door de totale schade volgens de ambitie scenario's te verminderen met de totale schade in de Baseline.

Tabel 5.2

Vermindering in fysieke gezondheidseffecten in 2020 door de ambitie-scenario's, uitgedrukt ten opzichte van de Baseline (BL) voor 2020

	Eenheid	Low* tov BL	Mid tov BL	High* tov BL
Gezondheidseffecten fijn stof				
Chronische mortaliteit fijn stof – verloren levensjaren	YOLL	4.155	6.736	10.485
Chronische mortaliteit fijn stof – verlies gemiddelde levensverwachting	Maanden	0	0	1
Kindersterfte	Aantal	1	2	3
Chronische bronchitis – nieuwe gevallen	Aantal	59	97	159
Ziekenhuisopnames door luchtwegklachten	Aantal	37	61	100
Ziekenhuisopnames door hartklachten	Aantal	43	70	115
RAD - dagen met verminderde activiteit – volwassenen	Dagen	353.719	573.322	892.046
Medicijngebruik door mensen met astma – kinderen	Dagen	636	1.046	1.711
Medicijngebruik door mensen met astma – volwassenen	Dagen	31.927	52.499	85.925
LRS – Dagen met luchtwegklachten – kinderen	Dagen	147.274	242.245	396.676
LRS – Dagen met luchtwegklachten – volwassenen	Dagen	322.116	529.705	867.035
Gezondheidseffecten ozon				
Acute mortaliteit ozon – verloren levensjaren	YOLL	57	92	105
Ziekenhuisopnames door luchtwegklachten	Aantal	8	13	14
MRAD – dagen met beperkt verminderde activiteit	Aantal	35.139	55.998	64.343
Medicijngebruik door mensen met astma – kinderen	Dagen	24.198	38.678	44.495
Medicijngebruik door mensen met astma – volwassenen	Dagen	19.027	30.319	34.837
LRS – Dagen met luchtwegklachten	Aantal	61.062	97.335	111.852

Bron: PBL & RIVM

5.2 Gezondheidsbaten van emissiebeperkingen

We drukken de in de vorige paragraaf gekwantificeerde fysieke effecten op mortaliteit en morbiditeit in deze paragraaf uit in euro's en vertalen de effecten zo door naar monetaire welvaartseffecten. Voor deze vertaalslag is gebruikgemaakt van de in Europese kosten-batenstudies voor luchtvervuiling gebruikelijke aanpak en kengetallen (Holland et al. 2008).

De welvaartseffecten van een vuile lucht worden vooral bepaald door de waarde die mensen toekennen aan vroegtijdige sterfte door luchtverontreiniging. Omdat deze externe effecten van luchtverontreiniging geen

marktprijzen kennen, wordt er gebruikgemaakt van methoden die de waarde van een langer leven schatten of benaderen alsof dit op de markt kan worden gekocht (CE 2008). Het monetaire welvaartseffect van een korter leven door blootstelling aan luchtvervuiling wordt daarbij geschat door het berekende aantal verloren levensjaren te vermenigvuldigen met de waarde van een levensjaar (Value of a Life Year, VOLY). Deze waarde is bepaald op basis van de resultaten van omvangrijke enquêtes waarin de respondenten is gevraagd om aan te geven wat ze over hebben voor een langer leven door minder luchtvervuiling. Deze VOLY geeft dan de betalingsbereidheid (*willingness to pay*) van de bevolking voor een gewonnen levensjaar, en dit is een proxy voor de economische waarde van schone lucht.

Gebruikte kengetallen voor de waarde van een gewonnen levensjaar (VOLY)

Een VOLY wordt afgeleid door mensen in grote enquêtes te vragen naar hun betalingsbereidheid voor een langere levensverwachting als gevolg van schonere lucht. In Europa zijn twee van dergelijke grote studies verricht. Het betreft de NewExt-studie uit 2004 en de NEEDS-studie uit 2007. Uit beide studies blijkt dat de betalingsbereidheid van mensen een grote spreiding laat zien. In beide studies is deze spreiding gevangen door de mediane en de gemiddelde waarde te bepalen. Zo komen uit elk van beide studies dus twee kengetallen voor de waarde van een gewonnen levensjaar. In totaal geeft dit vier kengetallen voor een VOLY. De kengetallen uit de NEEDS-studie zijn lager dan die uit de NewExt-studie. Dit komt onder andere doordat in de eerstgenoemde studie meer landen zijn onderzocht, waaronder ook enkele Oost-Europese EU-lidstaten. De NewExt-studie was uitsluitend gericht op drie West-Europese landen (het Verenigd Koninkrijk, Frankrijk en Italië). In deze studie hebben we de baten alleen berekend voor de mediane waarde. Baten zijn berekend voor een VOLY-waarde van 54.000 euro (prijsjaar 2005) en 20.000 euro (prijsjaar 2005). De VOLY van 54.000 komt overeen met de waarde die de Europese Commissie bij beleidsevaluaties standaard hanteert voor een verloren levensjaar door luchtverontreiniging. Het betreft de gemiddelde waarde uit de NewExt-studie. Met de VOLY-waarde van 20.000 euro zijn we aan de onderkant van de bandbreedte van de beschikbare Europese VOLY-waarden gaan zitten. Het gaat bij deze 20.000 euro om een conservatieve schatting.

Tabel 5.3

VOLY-waarden (euro) gebruikt in de gevoeligheidsanalyse (prijsjaar 2005)

	Mediane waarde	Gemiddelde waarde
NewExt	54.000	125.000
NEEDS	20.000	40.000

Bron: NewExt (2004), NEEDS (2007)

Omdat de VOLY-waarde relatief onzeker is, is in deze studie gewerkt met een bandbreedte. De bovengrens van de bandbreedte is vastgezet op een waarde van 54.000 euro per verloren levensjaar (prijsjaar 2005). Dit is de waarde die de Europese Commissie hanteert, en die ook ten grondslag ligt aan de kosten-batenstudie die de Europese Commissie heeft laten uitvoeren in het kader van de herziening van het Gothenburg Protocol (AEA 2011). Het gaat hier om de zogenoemde mediane VOLY-waarde uit de Europese NewExt-studie (Newext 2004). De ondergrens hebben we gelegd bij 20.000 euro per verloren levensjaar (prijsjaar 2005). Dit is de meest conservatieve inschatting uit de range van beschikbare Europese VOLY-waarden, en komt overeen met de mediane waarde uit een ander groot Europees onderzoek, de zogenoemde NEEDS-studie (NEEDS 2007); zie het tekstkader 'Gebruikte kengetallen' voor de afleiding en onzekerheid in de VOLY-waarden.

De gezondheidsschade door luchtverontreiniging wordt in 2020 geraamd op circa 3-6 miljard euro.

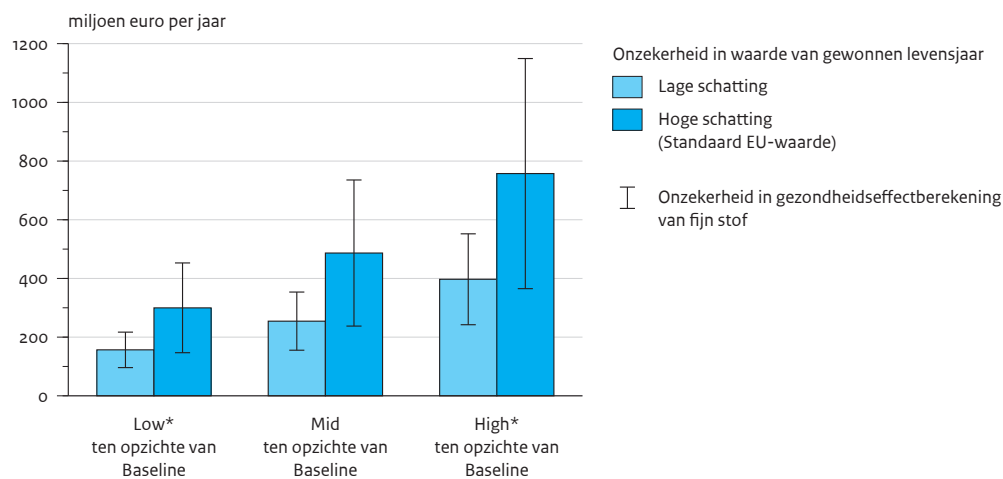
De gezondheidsschade voor Nederland door luchtverontreiniging schatten we voor 2005 op circa 5-10 miljard euro. Bij uitvoering van het vastgestelde beleid zal de luchtkwaliteit tot 2020 verder verbeteren, en zal dit schadebedrag in 2020 zijn teruggebracht tot circa 3-6 miljard euro. Dit betekent in 2020 een vermindering van

de jaarlijkse schade door vervuilde lucht van circa 2-4 miljard euro ten opzichte van 2005. De bandbreedte geeft een beeld van de onzekerheid in de waarde van een verloren levensjaar, van 20.000 tot 54.000 euro. De jaarlijkse schade is berekend op basis van de berekende concentraties antropogeen (door de mens veroorzaakte) $PM_{2,5}$ en ozon in de jaren 2005 en 2020.

Van de geraamde 3-6 miljard euro schade in 2020 wordt circa 65 verklaard door emissies afkomstig uit het buitenland en de zeescheepvaart. Circa 35 procent is terug te voeren op emissiebronnen op Nederlands grondgebied. Deze Nederlandse emissies dragen op hun beurt bij aan de vervuilde lucht en schade in het buitenland.

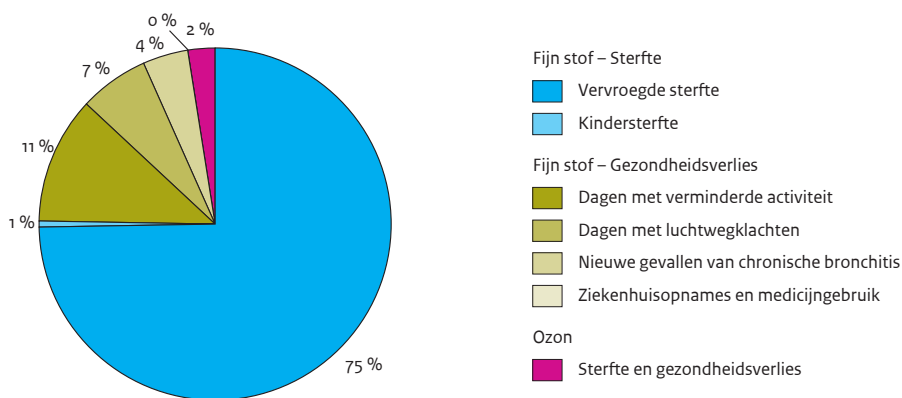
Bij de jaarlijkse winst van 2-4 miljard euro per jaar vergelijken we de luchtkwaliteit in 2020 met die in 2005. Het berekende bedrag mag niet worden verward met de volledige baten van het tussen 2005 en 2020 door te voeren luchtbeleid. De volledige baten zijn namelijk fors hoger dan de berekende 2-4 miljard euro per jaar. Dit wordt verklaard door de groei van de economie over de periode 2005-2020. Mocht er geen beleid zijn gevoerd, dan zou immers de concentratie in 2020 als gevolg van de economische groei aanzienlijk hoger zijn uitgekomen dan die in 2005. De nadelige gevolgen van deze groei voor de luchtkwaliteit worden dus ook gecompenseerd met het vastgestelde luchtbeleid, en deze baten zijn niet verwerkt

Figuur 5.2
Gezondheidsbaten van Gothenburg-ambitiescenario's bij gecorrigeerde plafonds, 2020



Bron: PBL & RIVM

Figuur 5.3
Bijdrage van gezondheidseffecten aan monetaire baten van Low*-ambitiescenario, 2020



Bron: PBL, modelsimulaties Houdini

in het berekende bedrag. Het exact becijferen van deze baten valt buiten de scope van deze studie. Met het cijfer van 2-4 miljard euro per jaar kunnen de hierna becijferde baten van een aanvullend beleid wel in een breder perspectief worden geplaatst.

De jaarlijkse gezondheidsbaten van verdergaande ambitiescenario's lopen op van circa 160-300 miljoen euro per jaar voor Low* tot 400-760 miljoen euro voor High*

Uitvoering van de ambitiescenario's leidt ertoe dat de jaarlijkse schade voor de volksgezondheid verder vermindert met naar schatting een extra 160-300 miljoen euro per jaar in Low*, 250-490 miljoen euro in Mid en 400-760 miljoen euro in High* (zie figuur 5.2). De incrementele baten, uitgedrukt ten opzichte het

Tabel 5.4

Gewaardeerde gezondheidsbaten van de ambitie-scenario's in 2020, naar belangrijkste effecten ten opzichte van de Baseline (nulalternatief), in miljoen euro per jaar

Effecten	Low*	Mid	High*
Vervroegde sterfte PM _{2,5}	224	139	202
Gezondheidsverlies PM _{2,5}	68	43	67
Vervroegde sterfte ozon	3	2	1
Gezondheidsverlies ozon	4	2	1
Totaal	300	187	271

Bron: PBL & RIVM

Tabel 5.5

Totale monetaire gezondheidsbaten door antropogene emissies in 2005, en 2020 (in miljoen euro per jaar)

	Baseline		Low*	Mid	High*
	2005	2020	2020	2020	2020
Gezondheidseffecten fijn stof (antropogene emissies)					
Chronische mortaliteit fijn stof – verloren levensjaren	7.655	4.717	4.493	4.353	4.151
Kindersterfte	65	42	40	39	37
Chronische bronchitis – nieuwe gevallen	477	311	298	290	277
Ziekenhuisopnames door luchtwegklachten	3	2	2	2	2
Ziekenhuisopnames door hartklachten	4	2	2	2	2
RAD – dagen met verminderde activiteit – volwassenen	1.168	718	683	662	631
Medicijngebruik door mensen met astma – kinderen	0	0	0	0	0
Medicijngebruik door mensen met astma – volwassenen	1	1	1	1	1
LRS – Dagen met luchtwegklachten – kinderen	238	153	147	143	137
LRS – Dagen met luchtwegklachten – volwassenen	519	332	319	310	296
Totaal	10.131	6.278	5.986	5.803	5.534
Gezondheidseffecten ozon					
Acute mortaliteit ozon – verloren levensjaren	115	85	82	80	79
Ziekenhuisopnames door luchtwegklachten	1	0	0	0	0
MRAD – dagen met beperkt verminderde activiteit	53	39	38	37	36
Medicijngebruik door mensen met astma – kinderen	1	1	1	1	1
Medicijngebruik door mensen met astma – volwassenen	1	1	0	0	0
LRS – Dagen met luchtwegklachten	94	69	66	65	64
Totaal	265	195	187	183	181
TOTAAL	10.396	6.473	6.173	5.986	5.715

Bron: PBL & RIVM

voorafgaande scenario, bedragen per stap (van Baseline naar Low*, van Low* naar Mid en van Mid naar High*) enkele honderden miljoenen euro's per jaar.

Tabel 5.6

Monetaire gezondheidsbaten van de ambitie scenario's, uitgedrukt ten opzichte van de Baseline (in miljoen euro per jaar)¹

	Low* tov Baseline	Mid tov Baseline	High* tov Baseline
Gezondheidseffecten fijn stof (antropogene emissies)			
Chronische mortaliteit fijn stof – verloren levensjaren	224	364	566
Kindersterfte	2	3	5
Chronische bronchitis – nieuwe gevallen	12	20	33
Ziekenhuisopnames door luchtwegklachten	0	0	0
Ziekenhuisopnames door hartklachten	0	0	0
RAD – dagen met verminderde activiteit – volwassenen	34	56	87
Medicijngebruik door mensen met astma – kinderen	0	0	0
Medicijngebruik door mensen met astma – volwassenen	0	0	0
LRS – Dagen met luchtwegklachten – kinderen	6	10	17
LRS – Dagen met luchtwegklachten – volwassenen	14	22	36
Totaal	293	475	744
Gezondheidseffecten ozon			
Acute mortaliteit ozon – verloren levensjaren	3	5	6
Ziekenhuisopnames door luchtwegklachten	0	0	0
MRAD – dagen met beperkt verminderde activiteit	1	2	3
Medicijngebruik door mensen met astma – kinderen	0	0	0
Medicijngebruik door mensen met astma – volwassenen	0	0	0
LRS – Dagen met luchtwegklachten	3	4	5
Totaal	7	11	13
TOTAAL	300	487	757

Bron: PBL & RIVM

¹ De cijfers zijn afgeleid uit tabel 5.5 met een verschilberekening.

De gezondheidsbaten van de ambitie scenario's worden voor 75 procent verklaard door de toename in levensverwachting als gevolg van dalende fijnstofconcentraties; 25 procent wordt verklaard door minder ziekteverzuim en ziekenhuiskosten

De gezondheidsbaten van verdergaande ambitie scenario's worden vooral (voor circa 75 procent) verklaard doordat mensen langer leven als gevolg een verminderde blootstelling aan PM_{2,5} (zie figuur 5.3). Ook leiden de ambitie scenario's tot een verbeterde gezondheid die circa 25 procent uitmaken van de totale gezondheidsbaten. Het gaat hier om:

- een vermindering van het aantal ziekte-dagen van volwassenen, waardoor het ziekteverzuim afneemt en de arbeidsproductiviteit toeneemt (dagen met een verminderde activiteit ofwel Restricted Activity Days RAD);
- het minder voorkomen van chronische bronchitis; en

- minder dagen waarop mensen worden gehinderd door luchtwegklachten.

Overige effecten, waaronder de effecten van ozon, dragen weinig bij aan de totale gemonetariseerde baten. De verdeling over de categorieën sterfte (vervroegde mortaliteit) en gezondheidsverlies (onder andere morbiditeit, minder ziekte-dagen) door PM_{2,5} en ozon is gegeven in figuur 5.3 en tabel 5.4. Tabel 5.4 geeft voor alle scenario's een uitsplitsing naar hoofdcategorieën. In figuur 5.3 zijn deze categorieën verder uitgesplitst, maar alleen voor Low*.

De gedetailleerde resultaten van de batenberekeningen voor gezondheid zijn gegeven in tabel 5.5, 5.6 en 5.7.

- In tabel 5.5 zijn de fysieke gezondheidseffecten (uit tabel 5.1) in euro's uitgedrukt. De tabel geeft de totale jaarlijkse schadekosten voor de ambitie scenario's (in miljoen euro per jaar).

Tabel 5.7

Monetaire gezondheidsbaten van de ambitie scenario's, stapsgewijs ten opzichte van het voorgaande scenario (in miljoen euro per jaar)¹

	Low* tov Baseline	Mid tov Low*	High* tov Mid
Gezondheidseffecten fijn stof (antropogene emissies)			
Chronische mortaliteit fijn stof – verloren levensjaren	224	139	202
Kindersterfte	2	1	2
Chronische bronchitis – nieuwe gevallen	12	8	13
Ziekenhuisopnames door luchtwegklachten	0	0	0
Ziekenhuisopnames door hartklachten	0	0	0
RAD – dagen met verminderde activiteit – volwassenen	34	21	31
Medicijngebruik door mensen met astma – kinderen	0	0	0
Medicijngebruik door mensen met astma – volwassenen	0	0	0
LRS – Dagen met luchtwegklachten – kinderen	6	4	6
LRS – Dagen met luchtwegklachten – volwassenen	14	9	14
Totaal	293	183	269
Gezondheidseffecten ozon			
Acute mortaliteit ozon – verloren levensjaren	3	2	1
Ziekenhuisopnames door luchtwegklachten	0	0	0
MRAD – dagen met beperkt verminderde activiteit	1	1	0
Medicijngebruik door mensen met astma – kinderen	0	0	0
Medicijngebruik door mensen met astma – volwassenen	0	0	0
LRS – Dagen met luchtwegklachten	3	2	1
Totaal	7	4	2
TOTAAL	300	187	271

Bron: PBL & RIVM

¹ De cijfers zijn afgeleid uit tabel 5.5 met een verschilberekening.

- Tabel 5.6 is het monetaire equivalent van tabel 5.2. De tabel geeft de vermindering in jaarlijkse schadekosten (ofwel monetaire baten) door de ambitie scenario's, uitgedrukt ten opzichte van de Baseline.
- Tabel 5.7 geeft ook de monetaire baten, maar nu incrementeel ten opzichte van het voorgaande scenario. Gegeven zijn de jaarlijkse economische baten voor Low* ten opzichte van de Baseline, voor Mid ten opzichte van Low* en van High* ten opzichte van Mid.

5.3 Fysieke effecten van strengere plafonds voor natuur

Bij de schade door luchtverontreiniging aan milieu en natuur gaat het om effecten van vermisting, verzuring en ozon. In deze studie zijn alleen de effecten van vermisting en verzuring in beeld gebracht. De effecten van ozon zijn kleiner. Deze effecten zijn overgenomen uit een eerdere studie en zijn alleen als PM-post opgenomen in de eindtabel.

Stikstofbelasting bedreigt de soortenrijkdom van de Nederlandse natuur

Hoewel vermisting en verzuring de afgelopen decennia (sinds 1980) zijn afgenomen, blijft de verontreiniging via de lucht in Nederland hoog. De verzuring verloopt trager, maar gaat nog wel door. Momenteel zorgt echter vooral

Stikstofdepositie en het Europese biodiversiteitsbeleid

Stikstof vormt in Nederland een belangrijke bedreiging voor de biodiversiteit. Daarmee is de link gelegd met de Europese regelgeving voor het behoud van biodiversiteit (het netwerk van beschermde Natura 2000-gebieden op grond van de Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn). Lidstaten moeten er namelijk voor zorgen dat de biodiversiteit in Natura 2000-gebieden niet verslechtert. Overmatige stikstofdepositie vormt daarbij in Nederland een van de belangrijkste belemmerende factoren om deze gebieden in een zogenoemde gunstige staat van instandhouding te brengen. Natura 2000 is het Europese netwerk van natuurgebieden. In Nederland zijn in het kader van Natura 2000 166 natuurgebieden aangewezen. Het netwerk bevat natuurgebieden die zijn aangewezen onder de Vogelrichtlijn (uit 1979) en/of Habitatrichtlijn (uit 1992).

De Europese regelgeving verplicht ertoe dat de ecologische vereisten – waaronder de stikstofdepositie – in Natura 2000-gebieden (op termijn) op orde worden gebracht. De Habitatrichtlijn stelt daarbij geen tijdslimiet voor het verwezenlijken van instandhoudingsdoelstellingen. Temporiseren kan, als zichtbaar wordt gemaakt dat op redelijke termijn wordt gewerkt aan realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen en hoe dat wordt gedaan. Lidstaten zijn wel verplicht om passende maatregelen te nemen om verdere verslechtering tegen te gaan ten opzichte van de situatie ten tijde van het ingaan van het beschermings-regime voor Natura 2000-gebieden. In de Europese biodiversiteitsstrategie is aangegeven dat de EU streeft naar een substantiële verbetering van de staat van instandhouding in 2020: in dat jaar zou 100 procent van de habitattypen en 50 procent van de soorten een verbetering in de staat van instandhouding moeten laten zien. Om aan de vereisten in de Europese biodiversiteits-regelgeving te kunnen voldoen, heeft Nederland gekozen voor een programmatische aanpak van de stikstofproblematiek in natuurgebieden. Het EU-beleid en de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) kennen geen absolute doelstellingen voor bepaalde zichtjaren. Uitgangspunt van het beleid is een dalende depositietrend voor stikstof (NH_3 en NO_x), die op termijn tot een duurzame instandhouding leidt van de Natura 2000-gebieden.

In de raming met bestaand beleid wordt al een afname van de stikstofdepositie voorzien; vooral dankzij de voorziene daling van de NO_x -emissies in Nederland en Europa. Uitvoering van de ambitie scenario's zal ertoe leiden dat de depositieafname sneller zal verlopen. Hierdoor zal de biodiversiteit in Natura 2000-gebieden zich sneller herstellen dan voorzien in de Baseline. De met het beleid nagestreefde situatie van een duurzame staat van instandhouding van Natura 2000 gebieden zal dan op een eerder tijdstip worden bereikt. In deze studie is niet specifiek ingezoomd op de Natura 2000-gebieden.

de stikstofdepositie voor acute problemen (Koelemeijer et al. 2010). Stikstofdepositie leidt tot een overmaat aan voedingsstoffen in de bodem, waardoor de natuurlijke vegetatie met karakteristieke planten- en diersoorten in de verdrinking komt en een eenzijdige vegetatie van snelgroeiende soorten, met veel grassen, overblijft. Vooral beschermde planten- en diersoorten zijn sterk gevoelig voor te hoge stikstofdepositie (Hinsberg et al. 2008). De biodiversiteit van de Nederlandse natuur staat hierdoor onder druk. Beschermde soorten kunnen alleen worden behouden in een gebied als aan de milieucondities wordt voldaan.

Nederland is gebonden aan Europese regelgeving voor behoud van biodiversiteit; zie het tekstkader 'Stikstofdepositie en het Europese biodiversiteitsbeleid' voor de relatie tussen de stikstofdepositie op natuur en het Europese beleid voor biodiversiteit.

In de hierna volgende kwantitatieve analyse kijken we naar de effecten en baten van de ambitie scenario's voor de gehele natuur in Nederland. We hebben geen

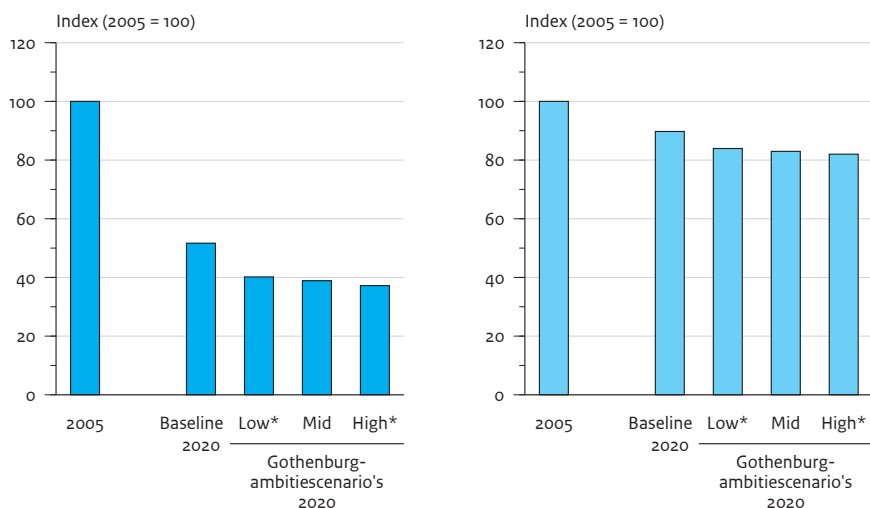
specifieke analyse uitgevoerd voor alleen de Natura 2000-gebieden.

De 'kritische depositie' is het depositieniveau van stikstof op natuur (in mol per hectare per jaar) waaronder geen noemenswaardige schade aan de natuur optreedt. De kritische stikstofdepositie wordt op meer dan de helft van de Nederlandse landnatuur nog overschreden. De kritische depositie is geen vaste waarde, maar varieert met het type ecosysteem of habitat. Bij de landnatuur vinden overschrijdingen vooral plaats in die delen van Nederland waar de natuur extra gevoelig is voor stikstof, namelijk op de zandgronden in het oosten en zuiden en de stuwwallen van de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug. Voor de waternatuur is de toevoer van vermestende stoffen via water belangrijker dan die van aanvoer via de lucht. De toevoer via het water wordt vooral beïnvloed door directe af- en uitspoeling van vermestende stoffen in landbouwgebieden.

In deze studie is de stikstofdepositie geanalyseerd voor een beschouwd areaal vermestingsgevoelige landnatuur van 4.380 vierkante kilometer, waarvan 2.670 vierkante

Figuur 5.4
Effecten van stikstofdepositie op natuurkwaliteit, 2020

Depositie boven kritische depositieniveaus stikstof Natuurareaal met overschrijding kritische depositieniveaus stikstof



Bron: PBL & RIVM

kilometer bos en 1.710 vierkante kilometer overige landnatuur. Alle landnatuur in Nederland met een mogelijke overschrijding van de kritische stikstofdepositie maakt deel uit van dit beschouwde areaal, waaronder de Natura 2000-gebieden. De zuurdepositie is geanalyseerd voor een groter areaal verzuringsgevoelige natuur van 7.350 vierkante kilometer, waarvan 5.640 vierkante kilometer bos en 1.710 vierkante kilometer overige landnatuur.

We gaan hier in op de mate van vervuiling van de natuur door de atmosferische depositie van vermestende en verzurende stoffen, en hoe deze afneemt door beleid. In paragraaf 5.4 lichten we de effecten op de natuurkwaliteit nader toe, en bespreken we de mogelijkheden om deze effecten economisch te waarderen.

Bij de kwantificering van de vervuiling is een-op-een aangesloten bij de milieu-indicatoren die de WGSR gebruikt bij de onderhandelingen over de herziening van het Gothenburg Protocol. De mate van stikstofvervuiling wordt hierbij uitgedrukt in twee fysieke effecten:

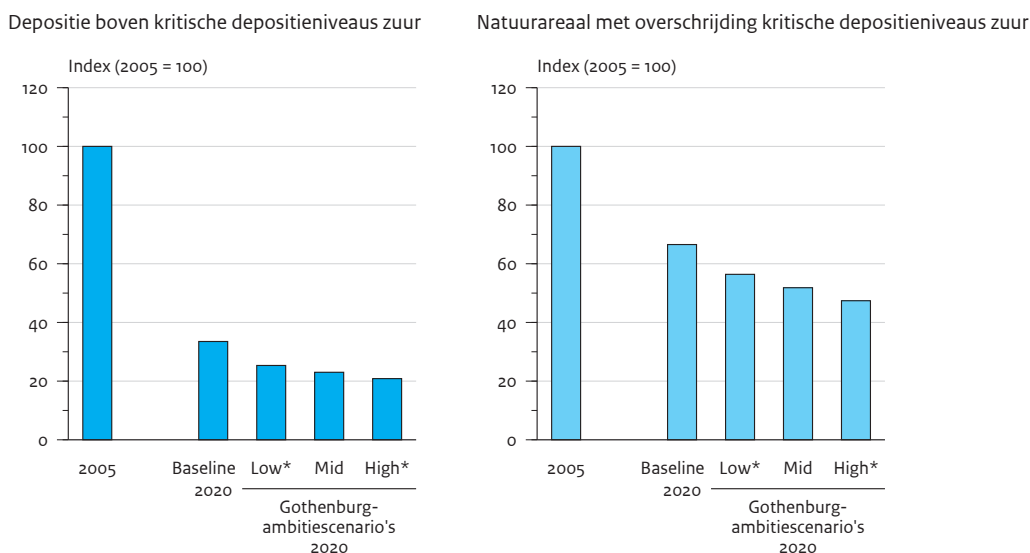
- de over het totale natuurareaal geaccumuleerde jaarlijkse overbelasting van de Nederlandse natuur met stikstof en zuur; en
- het areaal natuur waar de kritische stikstofdepositie of kritische zuurdepositie nog wordt overschreden. Dit wordt ook wel aangeduid als het areaal natuur dat nog niet volledig is beschermd tegen de nadelige gevolgen van stikstofdepositie en zuurdepositie.

De geaccumuleerde jaarlijkse belasting van natuur boven de kritische niveaus wordt vaak gedeeld door het totale beschouwde areaal vermistings- of zuurgevoelige natuur. Deze indicator wordt aangeduid als de *Average Accumulated Exceedance* (AAE) (mol stikstof per hectare per jaar). De depositieberekeningen zijn door het PBL en RIVM uitgevoerd met de Nederlandse versie van het GAINS-model (GAINS-NL). Deze versie mag niet worden verward met het Europese GAINS-model. Op onderdelen zijn beide modellen vergelijkbaar, maar op andere onderdelen bevat het GAINS-NL-model meer landspecifieke details. Verder mag de berekende 'stikstofdepositie boven kritische depositieniveaus' niet worden verward met de 'totale stikstofdepositie' op natuur. Bij de 'totale depositie' wordt namelijk ook de stikstofbelasting onder de kritische waarde meegeteld, waardoor deze indicator hoger uitkomt dan de hier berekende 'depositie boven kritische niveaus'.

Met het vastgestelde beleid daalt de overbelasting van stikstof op de Nederlandse natuur tussen 2005 en 2020 met ongeveer de helft, met positieve effecten op de soortenrijkdom

Met het vastgestelde beleid daalt de over het totale natuurareaal geaccumuleerde *stikstofoverbelasting* tussen 2005 en 2020 van circa 3,7 miljoen mol stikstof per jaar in 2005 naar circa 1,9 miljoen mol stikstof per jaar in 2020. De stikstofdepositie boven de kritische niveaus daalt daarmee in deze periode met bijna 50 procent (figuur 5.4). In termen van gemiddelde overschrijding per

Figuur 5.5
Effecten van zuurdepositie op natuurkwaliteit, 2020



Bron: PBL & RIVM

hectare per jaar (AAE), daalt de overbelasting met circa 400 mol stikstof per hectare per jaar; van circa 840 mol stikstof per hectare per jaar in 2005 naar circa 430 mol stikstof per hectare per jaar in 2020.

De daling in het *natuurareaal* met overschrijding van de kritische depositie gaat minder snel dan de daling in de totale geaccumuleerde stikstofoverbelasting (figuur 5.4). Het natuurareaal met overschrijding neemt tussen 2005 en 2020 af met circa 10 procent, van circa 3.870 vierkante kilometer in 2005 naar 3.480 vierkante kilometer in 2020. Dit verschil wordt verklaard doordat er nog een groot natuurareaal is waar de kritische depositieniveaus ruim worden overschreden. Een daling van de depositie leidt er hier niet direct toe dat de belasting onder de kritische depositiewaarde uitkomt. Een voorbeeld hiervan zijn gevoelige natuurtypen als heide en bossen op de hoge zandgronden en hoogvenen (Koelemeijer et al. 2010).

De ontwikkeling van de *geaccumuleerde zuurdepositie* laat tussen 2005 en 2020 een vergelijkbare trend zien als voor stikstof, met dit verschil dat de daling voor zuur sneller gaat dan voor stikstof (figuur 5.5). Tussen 2005 en 2020 daalt met het vastgestelde beleid de over het totale natuurareaal geaccumuleerde zuurbelasting boven de kritische niveaus met 60-70 procent, van circa 5,2 miljoen mol zuur per jaar in 2005 naar circa 1,7 miljoen mol zuur per jaar in 2020. Het *natuurareaal* met overschrijding neemt in deze periode af met circa 35 procent, van circa 4.500 vierkante kilometer in 2005 naar 3.060 vierkante kilometer in 2020.

De ambitie scenario's leiden tot een aanzienlijke extra daling van de stikstofoverbelasting op natuur met circa 100 mol stikstof per hectare per jaar

De ambitie scenario's leiden, boven op de daling met staand beleid, tot een extra daling in *stikstofoverbelasting* met circa 0,42 miljoen mol stikstof per jaar in Low*, oplopend naar 0,53 miljoen mol stikstof per jaar in High* (figuur 5.4). Ten opzichte van de Baseline (het nulalternatief) betekent dit een daling in stikstofoverbelasting met 12 procent voor Low* tot 23 procent voor High*. Uitgedrukt in mol stikstof per hectare per jaar, daalt de stikstofoverbelasting met 100 mol in Low*, tot 120 mol in High* (zie tabel 5.9).

Het *areaal natuur* dat niet is beschermd tegen atmosferische depositie van stikstof, neemt met de ambitie scenario's extra af met enkele honderden vierkante kilometer; met circa 100 (Low*) tot 120 vierkante kilometer (High*) (figuur 5.4). Ter vergelijking: het areaal onbeschermd natuur in 2020 bedraagt in de Baseline circa 3.500 vierkante kilometer. De daling in onbeschermd natuurareaal komt daarmee overeen met een verbetering ten opzichte van het nulalternatief van circa 6 procent (Low*) tot circa 9 procent (High*) (zie tabel 5.9).

De relatief grote verbetering in Low* wordt verklaard door de gekozen milieumambities voor vermessing. Uit analyses met het GAINS-model is gebleken dat de bestrijdingskosten het snelst stijgen bij het aanscherpen van milieudoelen voor ozon, en het minst bij het

Tabel 5.8

Fysieke natuureffecten door luchtverontreiniging in 2005 en 2020, Baseline en ambitie-scenario's

	Eenheid	Baseline		Low*	Mid	High*
		2005	2020	2020	2020	2020
Vermesting						
Onbeschermd areaal natuur voor vermisting	Km ²	3.872	3.475	3251	3.212	3176
Geaccumuleerde overschrijding kritische stikstofdepositie natuur ¹	Miljoen mol per jaar	3,67	1,90	1,48	1,43	1,37
Gemiddelde overschrijding kritische stikstofdepositie natuur ²	Mol per ha per jaar	838	433	337	326	312
Verzuring						
Onbeschermd areaal natuur voor verzuring	Km ²	5.483	3.649	3.093	2.843	2.599
Geaccumuleerde overschrijding kritische zuurdepositie natuur ¹	Miljoen mol per jaar	5,19	1,74	1,31	1,19	1,08
Gemiddelde overschrijding kritische zuurdepositie natuur ²	Mol per ha per jaar	706	237	179	163	147

Bron: PBL & RIVM

¹ De over het Nederlandse natuurareaal geaccumuleerde jaarlijkse depositie van stikstof (dan wel zuur) boven de kritische depositieniveaus.² Berekend door de geaccumuleerde depositie (zie 1) te delen door het natuurareaal.

Tabel 5.9

Vermindering in fysieke natuureffecten door de ambitie-scenario's in 2020, ten opzichte van de Baseline in 2020

	Eenheid	Low*	Mid	High*
		tov Baseline 2020	tov Baseline 2020	tov Baseline 2020
Vermesting				
Onbeschermd areaal natuur voor vermisting	Km ²	224	263	299
	% (afname tov Baseline)	6%	8%	9%
Geaccumuleerde overschrijding kritische stikstofdepositie natuur ¹	Miljoen mol per jaar	0,42	0,47	0,53
Gemiddelde overschrijding kritische stikstofdepositie natuur ²	Mol per ha per jaar	96	107	121
	% (afname tov Baseline)	22%	25%	28%
Verzuring				
Onbeschermd areaal natuur voor verzuring	Km ²	556	806	1050
	% (afname tov Baseline)	15%	22%	29%
Geaccumuleerde overschrijding kritische zuurdepositie natuur ¹	Miljoen mol per jaar	0,42	0,54	0,66
Gemiddelde overschrijding kritische zuurdepositie natuur ²	Mol per ha per jaar	58	74	89
	% (afname tov Baseline)	24%	31%	38%

Bron: PBL & RIVM

¹ De over het Nederlandse natuurareaal geaccumuleerde jaarlijkse depositie van stikstof (dan wel zuur) boven de kritische depositieniveaus.² Berekend door de geaccumuleerde depositie (zie 1) te delen door het natuurareaal.

aanscherpen van de doelen voor vermisting (CIAM 2011). Vanwege deze relatief lage kosten is in Low* een relatief hoge ambitie voor het tegengaan van vermisting gekozen (zie tabel 3.2 in hoofdstuk 3).

De *overbelasting met zuur* neemt bij uitvoering van de ambitie-scenario's, ten opzichte van de Baseline, af met 0,42 miljoen mol zuur per jaar voor Low*, oplopend naar 0,66 miljoen mol zuur per jaar voor High* (zie figuur 5.5). Dit komt overeen met een daling van 25 procent (Low*) tot bijna 40 procent (High*). Het *areaal natuur* met een overschrijding van kritische waarden voor zuurdepositie verbetert ten opzichte van het nulalternatief met 550 vierkante kilometer (Low*) tot 1.050 vierkante kilometer (High*).

De resultaten van de berekeningen zijn gegeven in tabel 5.8 en 5.9.

- Tabel 5.8 geeft het totale fysieke effect van luchtverontreiniging op de natuur in 2020 voor de onderscheiden scenario's, uitgedrukt als (i) het areaal natuur – in vierkante kilometers – met een depositie hoger dan de kritische depositiewaarde, en (ii) de depositie op natuur boven de kritische depositieniveaus (AAE).
- Tabel 5.9 geeft de vermindering in (i) het areaal natuur met overschrijding (in vierkante kilometer) en (ii) de AAE bij uitvoering van de ambitie-scenario's ten opzichte van de Baseline.

5.4 Natuurbaten van emissiebeperkingen

In de vorige paragraaf is besproken hoe de depositie van stikstof op natuur afneemt bij een aanscherping van de emissieplafonds. Deze afname in depositie zal op termijn leiden tot minder voedselrijke omstandigheden, waardoor kenmerkende doelsoorten terugkeren en de biodiversiteit van de natuur weer toeneemt. Ook zal de afname in depositie leiden tot een verbetering van ecosysteemdiensten, onder andere door een verbetering van de waterkwaliteit vanwege de afname van uitspoeling van stikstof naar het grondwater. De verbeteringen in biodiversiteit en ecosysteemdiensten hebben een positief effect op de welvaart. In deze paragraaf gaan we wat verder in op deze veranderingen, en hoe deze al dan niet in geld zijn uit te drukken. Mogelijke veranderingen in biodiversiteit hebben we daarbij kwantitatief onderbouwd. Veranderingen in ecosysteemdiensten zijn uitsluitend kwalitatief beschreven.

Het gaat bij deze analyse uitdrukkelijk om een quickscan. De verbinding die we aanbrengen tussen

biodiversiteitsverandering en welvaartsbaten in euro's, is onzeker en indicatief. Deze is alleen bedoeld om een beeld te krijgen van de orde-grootte van de te verwachten natuurbaten van strengere emissieplafonds, en van de mate waarin dit de resultaten van de MKBA kan beïnvloeden. Algemeen geldt dat er weinig tot geen studies zijn die betrouwbare (onomstreden) schattingen geven voor de welvaartsbaten van verbeteringen in de biodiversiteit in monetaire termen (zie bijlage 2 voor een verdere uitwerking). We weten dus niet goed hoe de samenleving veranderingen in biodiversiteit economisch waardeert. Het in deze paragraaf gegeven bedrag aan natuurbaten is dus onzeker, en daarom ook niet meegenomen in de eindanalyse (zie hoofdstuk 6). Nieuwe studies zijn nodig om met meer zekerheid een uitspraak te kunnen doen over de natuurbaten van strengere emissieplafonds.

Het inzichtelijk maken van de welvaartseffecten van natuurveranderingen door strengere emissieplafonds vraagt om antwoorden op twee vragen:

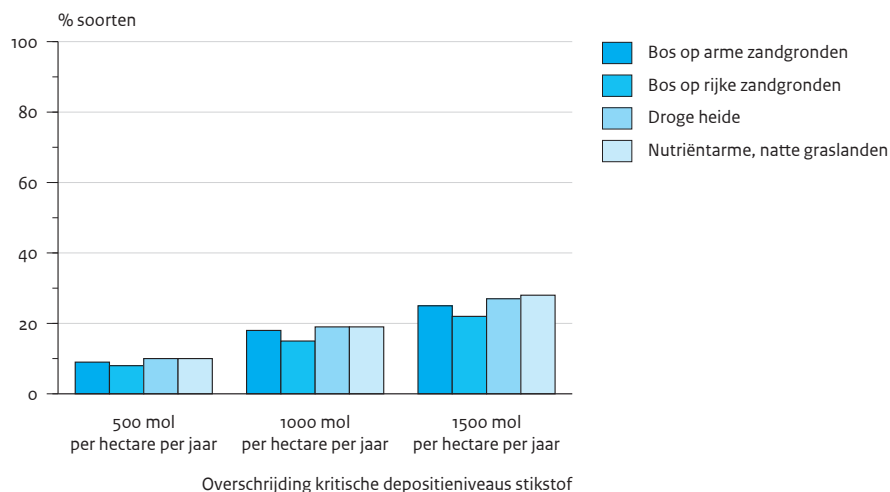
- Op welke wijze leidt een verbetering in de natuurkwaliteit door strengere emissieplafonds tot veranderingen in de biodiversiteit en ecosysteemdiensten?
- Hoe groot is in monetaire termen het welvaartseffect dat wordt veroorzaakt door deze veranderingen?

Effecten van strengere plafonds voor de biodiversiteit en ecosysteemdiensten

Een verbetering van de natuurkwaliteit door minder luchtvervuiling leidt tot een toename van de biodiversiteit van natuurgebieden. Het effect is van veel factoren afhankelijk, en resultaten voor een bepaalde situatie in een bepaald gebied zijn niet zonder meer te vertalen naar andere situaties en gebieden. Figuur 5.6 en tabel 5.10 geven een inschatting van het percentage doelsoorten dat uit natuurgebieden verdwijnt als gevolg van een overschrijding van de kritische depositieniveaus voor stikstof. De percentages in tabel 5.10 zijn gebaseerd op onderzoek van Van Hinsberg et al. (2008); vergelijkbare resultaten zijn verkregen door Ashmore et al. (2011). De tabel laat zien dat een overschrijding van de kritische depositieniveaus voor stikstof met 500 tot 1.500 mol stikstof per hectare per jaar (N/ha/jr) kan leiden tot een daling van de soortenrijkdom van circa 10 tot 30 procent. De tabel laat ook zien dat het effect verschilt per habitat en afhangt van de doelsoorten waarnaar wordt gekeken. Aangenomen dat het verlies aan biodiversiteit evenredig is met de verandering in stikstofdepositie boven de kritische waarde, dan bedraagt het percentage verlies aan soorten per 100 mol stikstof per hectare per jaar ruwweg 1,4 tot 1,8 procent, afhankelijk van het habitatype.

Figuur 5.6

Verlies aan soorten door overschrijding van kritische depositieniveaus stikstof



Bron: Van Hinsberg et al. (2008)

Tabel 5.10

Geschat percentage soorten dat verdwijnt bij een overschrijding van kritische depositienormen voor stikstof met 500/1.000/1.500 mol stikstof per hectare per jaar ten opzichte van een situatie zonder overschrijding

	Bos op arme zandgronden	Bos op rijke zandgronden	Droge heide	Natte heide	Hoogveen	Nutriëntarme, natte graslanden
Vlinders	Ns	Ns	-16/-29/-41	Ns	Ns	-35/-58/-73
Vogels	-8/-17/-25	-5/-10/-15	-5/-10/-14	-11/-22/-33	-9/-20/-32	-8/-15/-23
Planten	-17/-30/-42	-24/-43/-58	-14/-27/-38	ns	Ns	Ns
Totaal	-9/-18/-25	-8/-15/-22	-10/-19/-27	ns	Ns	-10/-19/-28

Bron: Van Hinsberg et al. (2008)

Ns = niet significant; 1.000 mol = 14 kilogram.

We hebben de onderzoeksgegevens van Ashmore et al. (2011) en Van Hinsberg et al. (2008) gerelateerd aan de in paragraaf 5.3 berekende depositieveranderingen per ambitiescenario. Met het vastgestelde beleid zal de overschrijding van kritische depositieniveaus voor vermessing dalen van gemiddeld 840 mol stikstof per hectare per jaar in 2005 tot circa 430 mol in 2020, een afname met circa 400 mol stikstof per hectare per jaar of 50 procent. Een aanscherping van het beleid in lijn met de ambitiescenario's zal ertoe leiden dat de gemiddelde stikstofoverbelasting verder zal dalen tot een niveau van 337 (Low*), 326 (Mid) en 312 (High*) mol stikstof per hectare per jaar. Dit betekent een extra daling van circa 100 mol.

Uitgaande van een directe lineaire omkeerbaarheid van de relatie tussen overschrijding en soortenverlies, kan worden afgeleid dat een deel van de doelsoorten die door

stikstofoverbelasting verloren zijn gegaan, bij uitvoering van het vastgestelde beleid weer terug zal keren. Tabel 5.10 laat zien dat het soortenverlies voor natuurgebieden (droge heide, bos op arme zandgronden, voedselarme graslanden) in 2005 circa 13-16 procent bedroeg, en dat dit verlies in 2020 zal zijn afgenomen naar circa 7-9 procent. Met een verdergaande aanscherping van het beleid, in lijn met de ambitiescenario's, kan het soortenverlies verder afnemen naar circa 6-7 procent in 2020. Met de ambitiescenario's zal het aandeel verlies aan doelsoorten in 2020 dus verminderen met een extra 1 tot 2 procentpunten.

In werkelijkheid is de relatie tussen overschrijding en soortenverlies uiteraard niet direct lineair omkeerbaar. Het is dus de vraag of de berekende biodiversiteitswinst al in 2020 kan worden gerealiseerd. Het herstel van

ecosystemen kost immers tijd. De via de lucht aangevoerde stikstof heeft zich gedurende vele jaren in de bodem opgehoopt. Deze ‘stikstofcrisis’ uit het verleden zal eerst moeten worden opgeruimd voordat de doelsoorten in een natuurgebied geleidelijk aan zullen terugkeren. In werkelijkheid zal een vermindering van de stikstofdepositie pas met een vertraging van vele jaren leiden tot een herstel van doelsoorten. Dit laat onverlet dat de vermindering in stikstofdepositie op termijn wel degelijk zal leiden tot meer soortenrijkdom in natuurgebieden.

Behalve biodiversiteitswinst kan aangescherpt beleid tot een verbetering van de ecosysteemdiensten leiden. Een verbetering in de natuurkwaliteit door minder depositie leidt tot een groter aanbod van ecosysteemdiensten, ofwel een groter aanbod van diensten die de natuur de mens biedt (zie bijvoorbeeld PBL 2010). Braat en Ten Brink (2008) geven in algemene termen een overzicht van de gevolgen van een afname van vermisting en verzuring voor ecosysteemdiensten (zie ook Van Grinsven et al. 2011). Mondiaal gezien bestaan de belangrijkste ecosysteemdiensten uit koolstofvastlegging en het in stand houden van kringlopen van voedingsstoffen en water. Een daling van de stikstofdepositie kan op lokaal niveau leiden tot:

- een afwisselender en aantrekkelijker landschap, zoals minder brandnetels in bossen en minder vergrassing van heidevelden; dit resulteert in een hogere toeristische en recreatieve waarde;
- minder uitspoeling van stikstof naar het grondwater, minder eutrofiëring van oppervlaktewater en daardoor lagere kosten om de waterkwaliteitsnormen te halen of om drinkwater te zuiveren; ook de uitvoering van de Europese nitraatrichtlijn draagt hieraan bij;
- gezondere insectenpopulaties, wat positief is voor bestuiving en natuurlijke plaagbestrijding.

Het bepalen van de effecten van een afname van de stikstofdepositie op het aanbod van ecosysteemdiensten staat nog in de kinderschoenen en wordt hier verder niet uitgebreid besproken (zie verder bijlage 2). Daarbij geldt dat veel aan stikstof gerelateerde grond- en oppervlaktewaterproblemen voor een belangrijk deel worden veroorzaakt door uitspoeling vanuit de landbouw en in mindere mate door stikstofdepositie.

Natuurbaten in relatie tot vermeden herstel- en beheerkosten

Zoals aangegeven, zijn er betrouwbare studies beschikbaar over de relatie tussen stikstofdepositie en soortenrijkdom. Er zijn echter nog weinig betrouwbare schattingen voor de welvaartsbaten van veranderingen in biodiversiteit in monetaire termen. Ook is er nog geen consensus over de meest geschikte methode.

Een veelgebruikte partiële benadering voor een welvaartsschatting is het bepalen van de herstellkosten (zie bijlage 2). Herstellkosten zijn de kosten die moeten worden gemaakt om een gebied dat is gedegradeerd te herstellen in zijn oorspronkelijke staat zodat de biodiversiteit in stand blijft. Bij de stikstofdepositie op natuur gaat het om de kosten van beheer- of herstelmaatregelen, zoals het extra maaibeheer van graslanden en het plaggen van heidevelden. Met dit extra beheer wordt ervoor gezorgd dat in deze natuurgebieden, ondanks de continue overbelasting van stikstof via de lucht, de voedselarme condities toch in stand worden gehouden, waardoor de kenmerkende soorten behouden blijven en daarmee de natuurwaarde. Bij een extra verlaging van de stikstofdepositie zijn minder beheer- en herstellkosten nodig, en deze vermeden kosten vormen dan de baten van extra luchtbeleid. Vermeden herstellkosten leveren in veel situaties echter wel een onderschatting op van de totale natuurbaten (zie ook hierna).

Beheer- en herstellkosten maken deel uit van de jaarlijkse uitgaven aan natuurbeheer in Nederland. Voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) wordt geschat dat de jaarlijkse kosten voor beheer- en herstelmaatregelen ter bestrijding van stikstofoverbelasting in Natura 2000-gebieden circa 85 miljoen euro bedragen (Dekker & Bruinsma 2011). Niet bekend is welk deel van deze kosten op termijn overbodig zal worden door strengere emissieplafonds. De kosten van deze beheer- en herstelmaatregelen zijn scheidbaar verdeeld. Het gaat om enkele goedkope maatregelen die worden toegepast op een groot natuurareaal en een enkele kostbare maatregel voor lokale probleemsituaties. Hierdoor is de omvang van de besparing afhankelijk van het soort maatregelen dat overbodig zal worden. Een ruwe schatting kan worden gemaakt door te veronderstellen dat met de halvering van de overschrijding van de stikstofdepositie tussen 2005 en 2020 op termijn ook een halvering van de jaarlijkse beheerkosten met circa 40 miljoen euro per jaar mogelijk is. De strengere emissieplafonds in de ambitie-scenario's kunnen dan tot een extra besparing van circa 10 miljoen euro per jaar leiden.

De hiervoor gegeven schattingen komen overeen met de schattingen in de Europese NEEDS-studie (zie ook Ott et al. 2006). Voor deze studie geldt wel dat kritiek kan worden geleverd op de gebruikte kengetallen en dat deze getallen redelijk oud zijn. We hebben deze schattingen hier echter toch opgenomen, omdat internationaal vaak aan deze resultaten wordt gerefereerd. In de NEEDS-studie wordt het negatieve effect van de stikstofdepositie gekwantificeerd op het aantal soorten. Aan dit effect is vervolgens een kostenplaatje gehangen, uitgaande van de kosten die moeten worden gemaakt om de veroorzaakte schade te herstellen. Kosten voor

verbetering van de biodiversiteit in Duitsland zijn daarbij als grondslag genomen. In de NEEDS-studie wordt daarbij uitgegaan van de laagste schatting uit een gegeven bandbreedte van mogelijke herstelkosten. Voor herstel in Nederlandse natuurgebieden komen we uitgaande van deze lage schatting op een schadepost van 0,21 euro per mol stikstof. Gegeven de berekende depositiedaling tussen 2005 en 2010 van 400 mol stikstof per hectare per jaar en het totale beschouwde oppervlak natuurareaal, komt dit overeen met een natuurbaat van 37 miljoen euro per jaar (0,21 euro per mol stikstof x 438.100 hectare areaal x 400 mol stikstof per hectare per jaar). Het stapsgewijs aanscherpen van de emissienormen naar de normen uit Low*, Mid en High* leiden tot extra baten van circa 10 miljoen euro per jaar. Deze schatting komt grotendeels overeen met de hiervoor geschatte baten die gebaseerd waren op de kosten voor herstel van Natura 2000-gebieden in de PAS.

Herstelkosten geven een onderschatting van de natuurbaten

Vermeden herstelkosten leveren in veel situaties een onderschatting op van de totale welvaartseffecten. Zo leiden beheermaatregelen tegen stikstof niet altijd tot een volledig behoud van natuurwaarden, omdat dit technisch niet haalbaar is, of omdat beheer ook weer nieuwe verstoringen geeft. Ook zijn er natuurgebieden waar geen beheer- en herstelmaatregelen worden genomen, terwijl de biodiversiteit wel onder druk staat als gevolg van overmatige stikstofdepositie. De (vermeden) schade aan dit soort gebieden komt dus niet goed tot uitdrukking in bovenbeschreven aanpak op basis van herstelkosten.

Verder moet worden aangetekend dat de dalende stikstofdepositie in de komende tien jaar nog niet echt zal leiden tot een daling in de kosten voor beheer- en herstelmaatregelen. Eerst zal de in de bodem geaccumuleerde stikstofdepositie uit het verleden moeten worden opgeruimd, wat wel tien jaar of meer kan duren. Pas daarna komt de verminderde depositie tot uiting in verminderde kosten van beheer; natuurgebieden met overschrijding zullen dan minder vaak hoeven te worden opgeknapt.

Extra maatregelen voor stikstof kunnen ook leiden tot extra ontwikkelingsruimte voor de economie

Hiervoor zijn we er steeds van uitgegaan dat verdergaande maatregelen zich doorvertalen in lagere depositieniveaus van stikstofverbindingen. Dit is juist in de context van deze studie, waarbij het gaat om bindende aangescherpte emissieplafonds. Verdergaande plafonds betekenen namelijk extra emissiereductieverplichtingen en dus extra maatregelen, en daarmee een lagere depositie.

Opgemerkt zij dat er, gezien vanuit het nationale perspectief, ook een andere manier is om aan te kijken tegen de baten van maatregelen voor stikstofverbindingen (NH_3 en NO_x). Dit vloeit voort uit de vormgeving van het nationale programma voor de aanpak van het stikstofprobleem, de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS). De PAS kent geen absolute doelstellingen voor bepaalde zichtjaren. Uitgangspunt van het beleid is een dalende depositietrend voor stikstof, die op termijn bijdraagt aan een duurzame instandhouding van de Natura 2000-gebieden. Volgens de ramingen bij bestaand beleid wordt deze dalende stikstofdepositie in Nederland ook verwacht. Daarnaast zijn extra maatregelen in de PAS voorzien die de ammoniakemissies nog verder reduceren. Zolang er wordt voldaan aan de internationaal afgesproken emissieplafonds en aan het uitgangspunt van een dalende depositietrend, kan de met deze PAS-maatregelen veroorzaakte extra depositiedaling op twee manieren worden aangewend. Enerzijds kan deze worden gebruikt om de natuurkwaliteit van natuurgebieden verder te verhogen. Anderzijds kan de ontstane ruimte ook worden gebruikt om nieuwe projecten (wegen, stallen) te vergunnen. Vanuit dit perspectief gezien kunnen depositiedalingen als gevolg van extra maatregelen dus ook worden gezien als ontwikkelingsruimte voor de economie.

Maatschappelijke kosten en baten van strengere emissieplafonds

In dit hoofdstuk bespreken we de resultaten van de maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) van de bestudeerde Gothenburg-ambitiescenario's in Europa voor 2020. Daarbij vergelijken we de kosten voor Nederland zoals gepresenteerd in hoofdstuk 4 met de monetaire baten in Nederland zoals gegeven in hoofdstuk 5. De kosten en baten van verdergaande ambitiescenario's zijn geanalyseerd tegen de achtergrond van de Baseline (het nulalternatief). Deze Baseline geeft een beschrijving van de situatie zoals deze zich voordoet in 2020 als uitsluitend het vastgestelde beleid wordt uitgevoerd.

In paragraaf 6.1 gaan we in op de resultaten van de MKBA. In paragraaf 6.2 vergelijken we deze resultaten met de uitkomsten van de in opdracht van de Europese Commissie parallel uitgevoerde Europese kosten-batenanalyse. In deze door het AEA uitgevoerde Europese zijn de kosten en baten berekend voor alle onder het verdrag vallende landen, waaronder Nederland (AEA 2011). Deze Europese analyse omvat een groter gebied en is minder gedetailleerd dan de nationale analyse.

6.1 Nationale kosten-batenanalyse

De resultaten van de MKBA zijn samengevat in figuur 6.1. Bij de presentatie van de resultaten hebben we de cijfers op twee manieren uitgedrukt. In de linker grafiek zijn de totale kosten en baten van de drie ambitiescenario's Low*, Mid en High* uitgedrukt ten opzichte van de Baseline; in de rechter grafiek zijn de kosten en baten

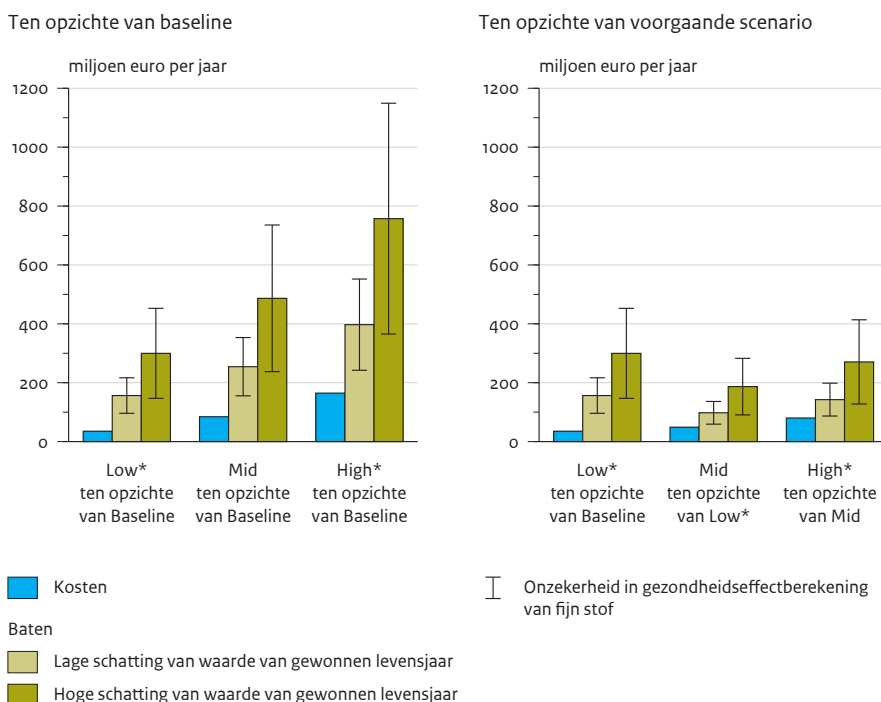
stapsgewijs geanalyseerd ten opzichte van het voorgaande ambitiescenario. In de rechtergrafiek is Low* dus vergeleken met de Baseline, Mid met Low* en High* met Mid. In figuur 6.1 zijn alleen de gezondheidsbaten meegenomen; de natuurbaten zijn zoals gezegd moeilijk te schatten en zijn daarom in de eindanalyse niet meegenomen.

In de nationale analyse hebben we de kosten in Nederland vergeleken met de baten die Nederland ontvangt van de emissiereducties in geheel Europa (binnen- en buitenland) (zie paragraaf 2.3.3).

De gezondheidsbaten van de ambitiescenario's zijn beduidend hoger dan de kosten

De vergelijking van de kosten en de gezondheidsbaten laat zien dat voor alle drie de geanalyseerde ambitiescenario's geldt dat de gezondheidsbaten duidelijk hoger zijn dan de kosten. De conclusie luidt dan ook dat een verdergaand Europees emissiebeleid in lijn met de Gothenburg-ambitiescenario's voor de Nederlandse samenleving welvaartswinst oplevert. De baten-kostenratio bedraagt een factor 4 tot 8 voor de stap van de Baseline naar Low*, afnemend naar 3 tot 6 voor de stap van de Baseline naar Mid en 2 tot 5 voor de stap van de Baseline naar High*. Voor het Low*-scenario betekent dit dat de baten vier- tot achtmaal hoger zijn dan de kosten. Anders gezegd: een jaarlijkse investering van 35 miljoen euro in extra luchtmaatregelen, levert voor de Nederlandse samenleving gezondheidsbaten op van ongeveer 160 tot 300 miljoen euro per jaar (zie figuur 6.1).

Figuur 6.1
Kosten en baten van Gothenburg-ambitiescenario's, 2020



Bron: PBL & RIVM

De gegeven spreiding komt overeen met de bandbreedte in de waardering van een verloren levensjaar.

Kijken we naar het saldo van de kosten en baten, dan zien we dat de Gothenburg-ambitiescenario's nettobaten opleveren van enkele honderden miljoenen euro's per jaar. In totaal, uitgedrukt ten opzichte van de Baseline, levert Low* *netto* baten op van 120-260 miljoen euro per jaar, oplopend naar 170-400 miljoen euro per jaar voor Mid en 230-590 miljoen euro per jaar voor High*.

Ook minder ziekteverzuim en vermeden ziektekosten dragen bij aan de gunstige kosten-batenverhouding

De gunstige baten-kostenverhouding wordt verklaard door de winst in levensverwachting die samengaat met een schonere lucht, maar ook door vermeden ziektekosten, zoals gemiste arbeidsdagen en vermeden kosten voor de behandeling van aandoeningen als chronische bronchitis. Dominant voor de uitkomst van de analyse zijn de baten van de winst in levensverwachting: ongeveer 75 procent van de baten wordt hierdoor verklaard. De overige 25 procent wordt verklaard door minder ziekteverzuim en minder kosten van de gezondheidszorg. Als we uitsluitend naar deze laatste 25 procent van de baten kijken, dan zijn de overgebleven

baten nog altijd van een vergelijkbare omvang als de kosten. De baten-kostenratio komt dan uit op circa 2 voor de stap van Baseline naar Low*, en 0,8-0,9 voor de stap van Mid naar High*.

Kosten-batenanalyses van luchtbeleid kennen onzekerheden

De uitkomsten van kosten-batenanalyses van luchtbeleid kennen onvermijdelijke onzekerheden; de cijfers en resultaten kunnen dan ook niet te absoluut worden geïnterpreteerd. In figuur 6.1 hebben we twee belangrijke onzekerheden inzichtelijk gemaakt. Dit zijn de onzekerheid in de waardering van een gewonnen levensjaar (VOLY) en in de gezondheidseffectberekening. De onzekerheid in de waardering bij de baten is in beeld gebracht met twee aparte kolommen. De linkerkolom geeft de baten voor een VOLY van 20.000 euro en de rechterkolom doet dit voor een VOLY van 54.000 euro. Ook de berekeningen van de gezondheidseffecten (vervroegde sterfte en verminderde gezondheid) kennen onzekerheden. Figuur 6.1 geeft de statistische variatie zoals we deze hebben berekend op basis van de variatie gegeven in de onderliggende epidemiologische studies (95 procent betrouwbaarheidsinterval) (Holland et al. 2008; Pope et al. 2005).

Tot slot is er nog de onzekerheid die verband houdt met de verschillen in schadelijkheid van de diverse fijnstoffracties, ofwel de heterogeniteit en complexiteit van het fijnstofmengsel. Deze onzekerheden hebben we niet kunnen kwantificeren, en zijn dus ook niet meegenomen in de bandbreedte van figuur 6.1. In lijn met de adviezen van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) gaan we er bij de kosten-batenberekeningen van uit dat alle fracties van het antropogene fijn stof ($PM_{2,5}$), onafhankelijk van de bron en de chemische samenstelling en grootte, even schadelijk voor de gezondheid zijn. Het was ook nog niet mogelijk om de concentraties van de afzonderlijke fracties betrouwbaar te modelleren. Deze modellering van afzonderlijke fracties is nodig om de baten te kunnen schatten. In het volgende hoofdstuk gaan we nader in op deze potentieel belangrijke bron van onzekerheid.

De directe kosten van maatregelen en de gezondheidsbaten domineren de uitkomst van de kosten-batenanalyse

In de gepresenteerde figuur zijn alleen de directe jaarlijkse kosten van technische maatregelen en de gezondheidsbaten van emissiereducties opgenomen. Uit een eerdere integrale kosten-batenvergelijking, die CE-Delft heeft uitgevoerd in samenwerking met het PBL, is gebleken dat deze beide posten de uitkomst van de kosten-batenvergelijking domineren (CE 2008). Bij aanvang van de studie is daarom besloten om de overige kosten- en batenposten verder niet uitgebreid te analyseren en alleen als PM-post op te nemen met een verwijzing naar de CE-studie uit 2008, dan wel nieuwe indicatieve schattingen van het PBL te geven (in het geval van de natuurbaten). Hierna gaan we nader in op deze overige kosten- en batenposten.

De overige PM-kostenposten zijn:

- een dalende consumptie en productie door stijgende prijzen;
- een tijdelijk werkgelegenheidsverlies doordat bedrijven minder produceren;
- het zogeheten buitenlandeffect;
- beleidskosten, dat wil zeggen kosten om het beleid vorm te geven en uit te voeren.

Door de maatregelen stijgen de productiekosten en daarmee ook de prijzen. Dat zal gepaard gaan met een daling van de consumptie en de productie (directe kosten). Voor de bepaling van deze directe welvaartseffecten maken we gebruik van de studie van CE (2008). We gebruiken deze resultaten hier om een beeld te krijgen van de omvang van de effecten voor de economie, en dus niet om deze effecten nauwkeurig in beeld te krijgen. Hiervoor zijn, als gezegd, aanvullende economische analyses nodig.

De verwachting is dat de directe effecten op de prijzen en de productie (op de langere termijn) beperkt van omvang zijn. De grootste effecten treden op in de landbouwsector, en wel in de intensieve veehouderij. Maatregelen zullen overigens niet op alle bedrijven binnen een branche dezelfde impact hebben; de uitwerking kan verschillen op basis van de grootte en de financiële positie van een bedrijf.

Als gevolg van de daling van de productie (op de korte termijn) kunnen er wel tijdelijke werkgelegenheidseffecten optreden. Het is onzeker hoe groot dit effect is; we houden op basis van de CE-studie een bandbreedte aan van 0-15 procent van de directe kosten van maatregelen. Hoe groot het effect zal zijn, hangt af van hoe snel mensen een nieuwe baan kunnen vinden, en daarmee van de krapte op de arbeidsmarkt. In een krappe arbeidsmarkt zal dit tijdelijke werkgelegenheidseffect beperkt van omvang zijn. In een goed werkende arbeidsmarkt zal door aanpassing van de lonen na verloop van tijd een nieuw evenwicht op de arbeidsmarkt ontstaan, maar in de praktijk kan dit enkele jaren duren. CE (2008) heeft dit arbeidsmarkteffect in beeld gebracht en gemonetariseerd door het effect op de overheidsuitgaven te berekenen. Op basis hiervan kan worden berekend dat het welvaartseffect van dit tijdelijke werkgelegenheidsverlies ongeveer 15 procent bedraagt van het welvaartsverlies door de stijging van de directe kosten.

Het tijdelijke arbeidsmarkteffect is berekend met een model waarin is verondersteld dat de aanpassing van de arbeidsmarkt vijf jaar zal bedragen. Hiermee is een nieuwe onzekerheid in de uitkomsten terechtgekomen: aanpassingen kunnen ook veel minder dan vijf jaar in beslag nemen. De geschatte 15 procent lijkt aan de hoge kant, omdat er geen rekening wordt gehouden met mogelijke toekomstige arbeidsmarkttekorten. De CE-studie laat als voorbeeld zien dat het tijdelijke werkgelegenheidsverlies kan halveren als wel rekening wordt gehouden met een krapte op de arbeidsmarkt. Het is zelfs mogelijk dat het effect nog kleiner is. Daarnaast wordt voor de monetarisering van dit werkgelegenheidsverlies gebruikgemaakt van een relatief hoge loonstijging (CE 2008). Om de onzekerheid in de omvang van het werkgelegenheidseffect duidelijk te maken, houden we in dit rapport een range aan van 0-15 procent van de directe kosten van maatregelen.

Het 'buitenlandeffect' wil zeggen dat de kosten van extra luchtmaatregelen in Nederland voor een deel zullen worden doorberekend aan afnemers in het buitenland, terwijl ook een deel van de kosten van extra luchtmaatregelen in het buitenland zullen worden doorberekend aan Nederlandse consumenten. Het hangt van het export-importsaldo af hoe dit effect uitpakt. De netto-omvang van het buitenlandeffect kan op grond van de CE-studie niet worden geschat. Waarschijnlijk is het

Tabel 6.1

Jaarlijkse kosten en baten van de ambitie-scenario's ten opzichte van de Baseline met vastgesteld beleid, 2020 (in miljoen euro)

	Opgenomen in eindeffect	Low* tov Baseline	Mid tov Baseline	High* tov Baseline
Kosten		35	85	165
Directe kosten van maatregelen	Ja	35	85	165
Welvaartsverlies door minder consumptie	Nee		Verwaarloosbaar klein (CE 2008)	
Tijdelijk verlies werkgelegenheid	Nee		Circa 15-20% van de maatregelkosten (CE 2008)	
Kosten voor het voeren van beleid	Nee			Niet geschat
Baten		155-300	255-485	395-755
Gezondheid	Ja	155-300	255-485	395-755
Natuur	Nee	> 9 ¹	> 10 ¹	> 12 ¹
Landbouw, gebouwen en materialen	Nee	1,4 (AEA 2011)	4,8 (AEA 2011)	7,3 (AEA 2011)
Totaal welvaartseffect		120-265	170-400	230-590

Bron: PBL, CE (2008), AEA (2011)

¹ Natuurbaten van emissiereducties zijn erg onzeker en daarom niet meegenomen in het eindeffect. Schattingen zijn op basis van vermeden herstelkosten en geven een ondergrens voor de natuurbaten.

netto-effect voor Nederland beperkt en vallen de kosten voor Nederland hierdoor eerder lager uit dan hoger – vanwege de positieve export-importratio in Nederland. Overige kostenposten betreffen de kosten om het beleid vorm te geven en uit te voeren. De ‘beleidskosten’ zijn hier gedefinieerd als de kosten voor beleidsvoorbereiding en de uitgaven aan controle en handhaving (CE 2008). Het gaat hier dus *niet* om de kosten van een eventuele overheidssubsidiëring van maatregelen. Omdat de beleidsinstrumenten verder niet zijn ingevuld, is niet duidelijk wat de extra beleidskosten zijn. In vergelijking tot de berekende baten zijn deze kosten waarschijnlijk beperkt.

De overige PM-batenposten zijn:

- minder schade aan natuurlijke ecosystemen;
- meer gewasopbrengsten; en
- minder schade aan gebouwen en materialen.

De baten van minder gewasschade en minder schade aan gebouwen en materialen zijn gebaseerd op de Europese kosten-batenanalyse van het AEA (2011). Deze baten bedragen circa 1-2 procent van de gezondheidsbaten. Voor de onzekere post ‘natuurbaten’ hebben we voor deze studie een quickscan uitgevoerd van de mogelijk optredende welvaartseffecten. Allereerst zijn daarbij de mogelijk positieve effecten voor de biodiversiteit van de Nederlandse natuur geschat (zie paragraaf 5.4). Vervolgens hebben we geprobeerd de effecten op natuur

ook in euro's uit te drukken. De natuurbaten van emissiereducties zijn daarbij geschat op basis van vermeden beheer- en herstelkosten. Het gaat hierbij om een ruwe schatting, die alleen is bedoeld om enig beeld te geven van de omvang van de natuurbaten en in hoeverre dit de resultaten van de MKBA zou kunnen beïnvloeden. In de meeste situaties geven vermeden beheer- en herstelkosten een onderschatting van de werkelijke baten. De jaarlijkse natuurbaten zijn in de quickscan indicatief geschat op circa 9 miljoen euro voor Low*, oplopend tot 12 miljoen euro voor High* (natuurbaten ten opzichte van de Baseline).

In tabel 6.1 en 6.2 zijn alle kosten- en batenposten voor de drie Gothenburg-ambitiescenario's bij elkaar gebracht. In tabel 6.1 zijn de kosten en baten voor elk van de scenario's berekend ten opzichte van de Baseline. In tabel 6.2 zijn de maatregelkosten en gezondheidsbaten stapsgewijs berekend ten opzichte van het voorafgaande scenario.

Hoewel de schattingen van natuurbaten onzeker zijn, geven de resultaten wel aan dat de gezondheidsbaten van een aanscherping van plafonds (honderden miljoen euro's) fors hoger zijn dan de natuurbaten (indicatief 10 miljoen euro, als een ruwe onderschatting). Deze resultaten suggereren dat de gezondheidsbaten veel hoger zijn dan de natuurbaten (zie paragraaf 5.4). De gezondheidsbaten van emissiebeperkingen lijken dus dominant boven de natuurbaten.

Tabel 6.2

Jaarlijkse kosten en baten van de ambitie scenario's, stapsgewijs ten opzichte van het voorgaande scenario, 2020 (in miljoen euro)

	Opgenomen in eindeffect	Low* tov Baseline	Mid tov Baseline	High* tov Baseline
Kosten		35	49	80
Directe kosten van maatregelen	Ja	35	49	80
Welvaartsverlies door minder consumptie	Nee		Verwaarloosbaar klein (CE 2008)	
Tijdelijk verlies werkgelegenheid	Nee		Circa 15-20% van de maatregelkosten (CE 2008)	
Beleidskosten en -inefficiënties	Nee		Beperkt van omvang (CE 2008)	
Baten		155-300	100-185	145-270
Gezondheid	Ja	155-300	100-185	145-270
Natuur	Nee	> 9 ¹	> 1 ¹	> 1-2 ¹
Landbouw, gebouwen en materialen	Nee	1,4 (AEA 2011)	3,4 (AEA 2011)	2,5 (AEA 2011)
			Circa 1% van de gezondheidsbaten (CE 2008)	
Totaal welvaartseffect		120-265	50-140	60-190

Bron: PBL, CE (2008), AEA (2011)

¹ Natuurbaten van emissiereducties zijn onzeker en daarom niet meegenomen in het eindeffect. Schattingen zijn op basis van vermeden herstelkosten en geven een ondergrens voor de natuurbaten.

Voor de uitkomst van de kosten-batenanalyse is het niet zo belangrijk of de natuurbaten wel of niet worden meegenomen. Als alleen rekening wordt gehouden met de gezondheidsbaten zoals we in figuur 6.1 hebben gedaan, blijkt dat het welvaartseffect al sterk positief is. Positieve natuurbaten zullen dit effect alleen maar vergroten.

6.2 Vergelijking nationale en Europese kosten-batenanalyse

Deels parallel aan de uitvoering van deze nationale studie heeft de Europese Commissie een Europese kosten-batenanalyse laten opstellen van de voorgenomen aanscherping van emissieplafonds. Daarbij zijn de kosten en baten in beeld gebracht voor alle onder het verdrag vallende landen afzonderlijk. Deze Europese studie is uitgevoerd door het AEA, gebruikmakend van de met het Europese GAINS-model berekende daling in concentraties en deposities.

Tabel 6.3 geeft de kosten en baten voor Nederland volgens de nationale en Europese analyse. Geconcludeerd kan worden dat de baten in de Europese studie een factor 2 hoger zijn berekend dan in de nationale analyse. Ook worden de kosten van het Low*-scenario in de nationale analyse hoger ingeschat dan in de Europese analyse. Een

gedetailleerde analyse van deze verschillen, en onderliggende oorzaken, valt buiten de scope van deze kosten-batenanalyse. Wel kunnen we enkele bepalende factoren identificeren.

Als eerste blijkt dat in de studies met verschillende plafonds is gerekend. Dit heeft gevolgen voor de kosten- en batenberekening. De Europese studie dateert van augustus 2011 en gaat nog uit van oudere scenarioberekeningen die in maart 2011 door het IIASA zijn uitgewerkt en gerapporteerd (zie CIAM 2011a). In deze berekende plafonds is nog geen rekening gehouden met de wijzigingen die landen in de zomer van 2011 hebben kunnen doorvoeren in de GAINS-gegevensbasis (zie hoofdstuk 3). De nationale studie is later opgesteld, en gaat uit van de meest actuele door het IIASA berekende plafonds van augustus 2011 (zie CIAM 2011b). Tabel 6.4 geeft de verschillen in beleidsopgaven (emissiereducties) tussen de Europese en nationale studie.

Daarnaast verschilt de gebruikte gegevensbasis voor de kostenberekening. In de nationale analyse is de kostenberekening gebaseerd op het door het PBL en ECN ontwikkelde nationale Optiedocument. Hierin staan opties voor Nederland, met daarbij horende emissie-effecten en kosten. In de Europese analyse is gebruikgemaakt van een Europese, door het IIASA ontwikkelde database met meer generieke maatregelen

Tabel 6.3

Kosten en baten voor Nederland van een Europese aanscherping van plafonds volgens de nationale en Europese analyse (in kiloton)

	Low* tov Baseline	Mid tov Baseline	High* tov Baseline
Nationale analyse			
Kosten	35	85	165
Baten ¹	300	487	757
Europese analyse			
Kosten	9	82	180
Baten ²	608	994	1.496

PBL & RIVM¹; AEA (2011)²

¹ Berekende baten met een VOLY-waarde van 54.000 euro.

² Baten gerapporteerd door het AEA zijn aangepast en berekend uitgaande van een VOLY van 54.000 euro, zoals deze ook is gebruikt in de hoge schatting in de nationale analyse.

Tabel 6.4

Doorgerekende beleidsopgave in 2020 voor Nederland in de nationale en Europese kosten-batenanalyse (in kiloton)

	Beleidsopgave nationale kosten-batenanalyse ¹			Beleidsopgave Europese kosten-batenanalyse ²		
	Low*	Mid	High*	Low*	Mid	High*
	2020	2020	2020	2020	2020	2020
SO ₂	0	0	1	0	3	10
NO _x	0	1	2	1	2	6
NH ₃	6	7	11	6	9	9
VOS	4	14	21	6	13	18
PM _{2,5}	0	1	1	0,6	0,8	1,4

Bron: PBL & RIVM¹; AEA (2011)²

voor alle landen. Hoewel het IIASA de gegevensbasis van het IIASA-model zo goed mogelijk afstemt op de gegevens van landen, blijven er verschillen bestaan. Uitgebreide actualisaties worden eens in de zoveel jaren uitgevoerd. Hierbij is relevant dat de laatste uitgebreide actualisatie van de GAINS-database dateert van enkele jaren terug, waardoor de meest actuele nationale informatie niet volledig is verwerkt in de Europese database.

Tot slot zijn er verschillen in de batenberekening. In essentie correspondeert de nationale batenberekening met de Europese aanpak als het gaat om de gebruikte indicatoren, de gebruikte relatieve risico's voor vervroegde sterfte door PM_{2,5} en kentallen voor monetarisering. Wat echter wel verschilt, is het gebruikte modelinstrumentarium voor de berekening van concentraties en deposities. Voor de nationale studie maken we gebruik van de door het RIVM ontwikkelde atmosferisch-chemische transportmodellen. Deze modellen vormen de nationale rekenkundige basis voor wettelijke programma's als het NSL en de PAS. Deze modellen rekenen voor Nederland op een schaal

(rekening) van 1 bij 1 kilometer. Voor de Europese studie maakt de WGSR gebruik van het Europese modelinstrumentarium dat is gebaseerd op het Europese EMEP-model. Dit model rekent op een grovere schaal (rekening) van 50 bij 50 kilometer.

Onzekerheid over de schadelijkheid van verschillende fracties van fijn stof

In het luchtbeleid en bij de grenswaarden voor fijn stof wordt de totale massaconcentratie van PM_{10} of $PM_{2,5}$ als maat gehanteerd. De keuze hiervoor is gevoed door de resultaten van diverse, uitgebreide gezondheidsstudies waarbij een statistisch verband is aangetoond tussen de (potentiële) blootstelling aan massaconcentraties van fijn stof en het optreden van (een breed palet aan) gezondheidseffecten. De blootstellings- en gezondheids-schatting voor fijn stof en de (gezondheidskundige) beoordeling van (de kosten van) generiek of specifiek luchtbestrijdingsbeleid gaan daarom uit van de fijnstofmassa.

Fijn stof is echter een complex, heterogeen aerosolmengsel, variërend in deeltjesgrootte en chemische samenstelling, afhankelijk van weersomstandigheden en emissiebronnen. Vermoed wordt dat niet elke component uit het fijnstofmengsel gezondheidskundig even belangrijk is, en dat er meer en minder relevante fracties bestaan. Dit zou ook impliceren dat afzonderlijke maatregelen niet allemaal even effectief hoeven te zijn voor het verminderen van gezondheidseffecten.

Zo komt uit toxicologisch en epidemiologisch onderzoek het beeld naar voren dat aan primair verbrandingsaerosol – *black carbon* ofwel het roetachtige deel van fijn, of ultrafijn fijn stof – mogelijk een groter gezondheidskundig belang moet worden toegekend dan aan andere fijnstoffracties, zoals secundaire anorganische fijnstofdeeltjes die worden gevormd uit de stoffen SO_2 , NO_x en NH_3 . Primair verbrandingsaerosol is daarbij ook vanuit een mechanistisch oogpunt een relevante fractie

voor gezondheidseffecten van fijn stof, omdat juist deze fractie in staat is effecten als ontstekingen en oxidatieve stress op te wekken, effecten die nauw zijn verbonden aan de effecten zoals die in gezondheidsonderzoek (epidemiologie) worden waargenomen.

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) onderschrijft de aanwijzingen uit onderzoek dat verbrandingsaerosol is geassocieerd met serieuze gezondheidseffecten, maar concludeert daarbij dat het gegeven de huidige stand van kennis niet mogelijk is om de gezondheidsrisico's (relatieve risico's) van verschillende afzonderlijke fracties te kwantificeren en vervolgens te ranken (AEA 2011; WHO 2007). De WHO heeft deze conclusie herhaald in een recent rapport over de gezondheidseffecten van *black carbon* (WHO 2012). De WHO raadt aan om het totale fijnstofmengsel te blijven gebruiken als de primaire blootstellingsmaat bij het kwantificeren van de menselijke blootstelling aan fijn stof, en voor het voorspellen van de baten van emissiereductie-maatregelen. Daarnaast concludeert de WHO dat het gebruik van een aanvullende indicator, zoals *black carbon*, bruikbaar kan zijn bij de evaluatie van lokale luchtmaatregelen, bijvoorbeeld maatregelen gericht op het wegverkeer.

De WHO heeft ook bij de risicoanalyses in het kader van de herziening van het Gothenburg Protocol geadviseerd om geen onderscheid te maken in verschillende antropogene $PM_{2,5}$ -fracties, en dus om alle antropogene fracties (primair en secundair, verbranding gerelateerd en niet-verbranding gerelateerd) als even schadelijk aan te merken. De UNECE heeft dit advies overgenomen in de

Europese kosten-batenanalyse die het IIASA en AEA hebben uitgewerkt ten behoeve van de herziening van het Protocol (AEA 2011).

In de nationale studie is aangesloten bij dit advies van de WHO. Daarbij wijzen we wel op de onzekerheden die er nog zijn over de toxiciteit van verschillende fijnstofbestanddelen (vergelijk PBL 2009b; 2010b). Omdat we niet precies weten hoe schadelijk de verschillende fracties zijn, kan ook niet worden gegarandeerd dat alle maatregelen even effectief zullen zijn in het voorkomen van gezondheidsverlies. Bij de vormgeving van het emissiebeleid zullen overheden blijvend rekening moeten houden met deze onzekerheden. De wetenschap kan deze onzekerheid op dit moment niet wegnemen of verkleinen. Mocht het roetachtige deel van fijn stof belangrijker zijn dan andere fracties, dan betekent dit dat maatregelen gericht op (grote en kleine) vuurhaarden (kolen, olie, biomassaverbranding) en verkeer kosteneffectiever uitpakken dan nu is verondersteld. Maatregelen gericht op SO_2 , NO_x en NH_3 zouden dan minder kosteneffectief zijn, voor zover het gaat om de vermindering van gezondheidseffecten. De WHO geeft dan ook aan dat het voor overheden verstandig is om altijd speciale aandacht te besteden aan maatregelen die zijn gericht op de primaire verbrandingsfractie.

In lijn met de WHO-aanbevelingen benadrukken we het belang van verder onderzoek naar een mogelijk aanvullende gezondheidsindicator voor het primaire verbrandingsaerosol (vergelijk PBL 2009b). Deze aanvullende indicator kan vooral worden gebruikt bij (de beoordeling van) gezondheidseffectief lokaal beleid in verkeersrijke (stedelijke) situaties, waar de bijdrage van primair verbrandingsaerosol aan de fijnstofconcentratie relatief groot is en waar huidige indicatoren (voor $\text{PM}_{2,5}$ en PM_{10}) mogelijk minder geschikte indicatoren zijn. Het gezondheidseffect van primair verbrandingsaerosol speelt slechts in beperkte mate een rol in het luchtbeleid om aan de normen te voldoen. Bovendien blijkt uit PBL-analyses (2009b; 2010b) dat de (populatie) blootstellingsverdeling van primair verbrandingsaerosol veel contrastrijker is dan voor $\text{PM}_{2,5}$, met relatief (veel) hogere concentraties in de buurt van verbrandingsbronnen, zoals verkeer in stedelijke omgevingen. Gezien ook de toenemende aanwijzingen voor gezondheidseffecten rondom verkeersdrukke wegen en de mogelijkheid om met gericht verkeersbeleid de blootstelling en daarmee ook het gezondheidsrisico te verkleinen, wint de mogelijkheid van een aanvullende roet- of *black carbon*-indicator sterk aan belangstelling.

Literatuur

- Aben, J.M.M., J.-P. Hettelingh & W. Schöpp (2005), 'RAINS-NL. An integrated assessment model to support Dutch air quality policy making', pp. 513-517 in Proceedings 19th International Conference on Informatics for Environmental Protection, Brno.
- AEA (2011), *Cost benefit analysis for the revision of the National Emission Ceilings Directive. Policy options for revisions to the Gothenburg Protocol to the UNECE Convention on Long- Range Transboundary Air Pollution*, Report no. ED47788, Issue 2, 4th August 2011, Didcot (UK): AEA Technology plc.
- Ashmore, M., S. Belyazid, A. Bleeker, R. Bobbink, W. de Vries, J.W. Erisman, T. Spranger, C.J. Stevens & L. van den Berg (2011), 'Nitrogen as a threat to European terrestrial biodiversity', in M.A. Sutton et al., *The European Nitrogen Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Braat, L. & P. ten Brink (eds.) (2008), *The costs of policy inaction: the case of not meeting the 2010 biodiversity target*, Study for the European Commission, DG Environment, Contract ENV.G.1/ETU/2007/0044.
- Bruyn, S. de, M.H. Korteland, A.Z. Markowska, M.D. Davidson, F.L. de Jong, M. Bles & M.N. Sevenster (2010), *Handboek schaduwrijzen: waardering en weging van emissies en milieueffecten*, CE, Delft.
- CE (2007), *Leidraad MKBA in het milieubeleid*, Versie 1.0, CE-rapport 07.7350.14, CE, Delft.
- CE (2008), *Maatschappelijke effecten vermindering luchtverontreiniging. MKBA van mogelijke NEC-plafonds*, CE-rapport 08.7.642.34, CE, Delft.
- CIAM (2011a), *Cost-effective emission reductions to improve air quality in Europe in 2020. Scenarios for the negotiations on the revision of the Gothenburg protocol under the convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*, Background paper for the 48th session of the working group on strategies and review, version 2.0 of 28 March 2011, Geneva: Centre for Integrated Assessment Modelling (CIAM) and the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), UNECE.
- CIAM (2011b), *An updated set of scenarios of cost-effective emission reductions for the revision of the Gothenburg Protocol*, Report 4/2011, Version 1.0 of 26 August 2011, Geneva: Centre for Integrated Assessment Modelling (CIAM) and the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), UNECE.
- Dekker, M. & M. Bruinsma (2011), *De gebiedsfase van de Programmatische Aanpak Stikstof: een samenwerking van het Rijk en de Provincies*, Programmadirectie Natura 2000, Ministerie van EL&I.
- Dietz, F.J. (2000), *Meststoffenverliezen en economische politiek: over de bepaling van het maatschappelijk aanvaardbare niveau van meststoffenverliezen uit de Nederlandse landbouw*, Uitgeverij Coutinho, Bussum.
- EC (2010), *EU energy trends to 2030. Update 2009*, Europese Commissie, Brussel.
- EC (2011), *Report on the implementation and review of Directive 2004/42/EC of the European Parliament and of the Council on the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents in certain paints and varnishes and vehicle refinishing products and amending Directive 1999/13/EC*, COM(2011) 297 final, Europese Commissie, Brussel.
- ECN (2011), *Actualisatie Optiedocument 2010 RR2010-SV en NREAP*, ECN-E--11-023, Petten.
- ECN & PBL (2010), *Referentieraming energie en emissies 2010-2020*, Petten/Den Haag/Bilthoven: Energie Onderzoekscentrum Nederland/Planbureau voor de Leefomgeving.
- EEA (2009), *EMEP/EEA emission inventory guidebook 2009*, European Environmental Agency, Copenhagen.
- Grinsven, H. van, M. Gren, K. Hicks, R. Dickens, J. Willems, M. Termansen, G. Velthof, R. Alkemade & M. van Oorschot (2011), 'Costs and benefits of dealing with nitrogen in the environment', in M.A. Sutton et al. (2011), *The European Nitrogen Assessment*, Cambridge University Press. Cambridge.
- Hinsberg, H., R. Reijnen, P. Goedhart, B. de Knecht & M. van Esbroek (2008), 'Relation between critical load exceedance and loss of protected species', in J.P. Hettelingh, M. Posch & J. Slootweg (eds.), *Critical load, dynamic modelling and impact assessment in Europe: CCE status report*, Coordination Centre for Effects, PBL.
- Holland, M.R., S. Pye, G. Jones, A. Hunt & A. Markandya (2008), *Interim Report on Modelling Technology Benefits Assessment and Comparison of Costs and Benefits European Consortium for Modelling of Air Pollution and Climate Strategies – EC4MACS, Task 8: Benefits Assessment*, EMRC/AEAenergy and environment/Metroeconomica, VK.
- Hurley, F., A. Hunt, H. Cowie, H. Holland, B. Miller, S. Pye & P. Watkiss (2005), *Development of Methodology for the CBA of the Clean Air For Europe (CAFE) Programme, Volume 2: Health Impact Assessment*, http://www.cafe-cba.org/assets/volume_2_methodology_overview_02-05.pdf.

- Knol, A., K. van Velze, P. Fisher, E. Kunseler & L. van Bree (2009), *Interpretatie van vroegtijdige sterfte door luchtverontreiniging*, Milieu dossier 2009-1.
- Koelemeijer, R. et al. (2010), *Verkenning van aanvullende maatregelen in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof. Een verkenning van de gevolgen voor milieu en economie*, PBL-rapport 500215001; LEI-rapport LEI 10-075, Den Haag/Bilthoven, Planbureau voor de Leefomgeving.
- Ministerie van IenM (2012), *Brief van de minister van Infrastructuur en Milieu aan de Tweede Kamer betreffende Ontwikkelingen Internationaal luchtbeleid*, Kenmerk IENM/BSK-2012/15210, 6 maart 2012.
- Ministerie van LNV (2010), *Het Voorlopige Programma Stikstof. Natura 2000*, Den Haag: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- NEEDS (2007), *New Energy Externalities Developments for Sustainability, Final report on the monetary valuation of mortality and morbidity risks from air pollution*, Université Paris.
- NERI (2011), *Annual Danish informative inventory report to UNECE, Emission inventories from the base year of the protocols to 2009*, NERI technical report no 821, National Environmental Research Institute, Aarhus University, Denmark.
- NewExt?
- Ott, W., M. Baur, Y. Kaufmann, R. Frischknecht & R. Steiner (2006), *Assessment of Biodiversity Losses*, NEEDS project: Econcept AG, Zurich/ ESU-services Uster, 138.
- PBL (2008), *Milieubalans 2008*, PBL-rapport 500081007, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven.
- PBL (2009), *Attainability of PM_{2.5} air quality standards, situation for the Netherlands in a European context*, PBL-rapport 500099015, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven.
- PBL (2009b), *Milieubalans 2009*, PBL-rapport 500081015, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven.
- PBL (2010a), *Wat de natuur de mens biedt. Ecosysteemdiensten in Nederland*, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven.
- PBL (2010b), *Balans van de Leefomgeving*, PBL-rapport 500206001, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven.
- PBL & ECN (2011), *Effecten van het kabinetsbeleid voor milieu en klimaat. Verkenning van de Motie-Halsema*, Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag.
- Pope et al. (2002), 'Lung Cancer, cardiopulmonary mortality, and long term exposure to fine particulate air pollution', *Journal of the American medical association*, 287: 1132-1141.
- Ruijgrok, E., R. Brouwer & H. Verbruggen (2004), *Waardering van natuur, water en bodem in de maatschappelijke kosten-batenanalyse – aanvulling op de Leidraad OEI*, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- TEEB (2010), *The economics of ecosystems and biodiversity: ecological and economic foundations*, Earthscan Publishers, London.
- US Environmental Protection Agency (2009), *Valuing the protection of ecological systems and services*, EPA Scientific Advisory Board, Washington D.C.
- Velders, G.J.M., J.M.M. Aben, B.A. Jimmink, E. van der Swaluw & W.J. de Vries (2011), *Grootschalige concentratie- en depositiekaarten Nederland*, Rapportage 2011, RIVM-rapport 680362001/2011, RIVM, Bilthoven.
- WHO (2007), *Health relevance of particulate matter from various sources*, Report on a World Health Organisation Workshop in Bonn, Germany, 26-27 March 2007, http://www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0007/78658/E90672.pdfEEA.
- WHO (2012), *Health effects of black carbon*, WHO, Copenhagen.

Bijlagen

1 Verdergaande technische maatregelen tegen luchtverontreiniging

In deze bijlage geven we een overzicht van de in deze studie beschouwde maatregelen ter vermindering van de emissies van luchtverontreinigende stoffen. De maatregelen zijn gerangschikt naar kosteneffectiviteit (euro per vermeden kilogram ofwel miljoen euro per kiloton). Per tabel zijn achtereenvolgens de volgende gegevens opgenomen:

- de emissiereductie in 2020 van een maatregel (in kiloton);
- de kosteneffectiviteit van deze maatregel (miljoen euro per kiloton emissiereductie) en de jaarlijkse kosten van een maatregel (in miljoen euro);
- het resterende emissieniveau na doorvoering van de gegeven maatregel en alle voorgaande maatregelen (in kiloton);
- de totale cumulatieve emissiereductie (in kiloton);
- de totale cumulatieve kosten (in miljoen euro);
- de doelstof waartegen de maatregel primair is gericht.

De cijfers zijn overgenomen uit het Optiedocument. Voor een gedetailleerd overzicht van de geïnventariseerde maatregelen verwijzen we naar het door ECN en PBL beheerde Optiedocument 2020.¹

De opties zijn in een reviewronde beoordeeld door betrokken stakeholders. De opties en cijfers in dit rapport hebben betrekking op de versie van het Optiedocument van eind 2011/begin 2012. In deze versie zijn de reacties van stakeholders verwerkt die zijn gegeven voorafgaand aan en tijdens de stakeholderbijeenkomst van 19 september 2011.

Omdat het om veel verschillende opties gaat uit verschillende bronnen, is het niet altijd mogelijk gebleken om alle opties om te werken naar eenzelfde prijsjaar. De kosten hebben in het algemeen betrekking op het prijsjaar 2005 (en zijn daarmee vergelijkbaar met het prijsjaar voor de baten).

Kosten van opties zijn berekend uit het perspectief van de nationale overheid (nationale kosten). De nationale kosten vormen een indicatie van de maatschappelijke kosten van maatregelen en worden gebruikt bij kosten-

batenanalyses. Voor investeringen geldt hier een disconteringsvoet van 4 procent. De opbrengsten vanuit bespaarde energie of een toename in de kosten als gevolg van extra verbruik van energie worden berekend met internationale handelsprijzen van energie. Daarbij geldt dat de nationale kosten van maatregelen afwijken van de eindverbruikerskosten voor bedrijven. De disconteringsvoet varieert in dit laatste geval afhankelijk van de kosten van kapitaal voor de sector. Bij de berekening van eindverbruikerskosten worden rentevoeten gebruikt die variëren per sector; bijvoorbeeld 10 procent voor het bedrijfsleven. Eindverbruikerskosten worden in dit rapport niet gebruikt.

SO₂-bestrijdingsopties

Tabel B1.1

Maatregelen voor SO₂-emissiereductie: emissiereducties en kosten

	Reductie maatregel	Kosten-effectiviteit maatregel	Kosten maatregel	Resterende emissie	Kosten cumulatief	Emissiereductie cumulatief	Doelstof
	kiloton	euro/kg	miljoen euro	kiloton	miljoen euro	kiloton	
				46,1	0		
Overgang (resterende) olie- naar gasstook – (chemische) industrie	0,5	0,7	-1,5	45,6	-1,5	0,5	SO ₂
Rookgasreiniging – roetfabricage industrie ¹	1,2	1,3	1,6	44,4	0,1	1,7	SO ₂
Rookgasreiniging – overige industrie ²	0,4	1,5	0,6	44,1	0,7	2,1	SO ₂
Stookgasreiniging – chemie ³	0,4	1,7	0,6	43,7	1,2	2,4	SO ₂
Rookgasreiniging regenerator catcrackers – raffinaderijen ⁴	4,0	1,8	7,2	39,7	8,4	6,4	SO ₂
Optimalisatie stookgasreiniging – raffinaderijen ⁵	4,1	2,4	9,7	35,6	18,1	10,5	SO ₂
Optimalisatie rookgasreiniging – bestaande kolencentrales ⁶	5,0	2,9	14,5	30,6	32,6	15,5	SO ₂
Optimalisatie gaswasser – staalindustrie	0,8	6,8	5,4	29,8	38,0	16,3	SO ₂
Rookgasreiniging – aluminiumindustrie	3,1	7,1	22,0	26,7	60,0	19,4	SO ₂
Bijplaatsen wasvat – nieuwe kolencentrales ⁷	2,6	12,6	32,7	24,1	92,7	22,0	SO ₂

Bron: ECN & PBL

¹ Industriële productie van carbon black of roet.

² (Extra) gaswassing bij diverse industriële sectoren, o.a. glas-, cement- en steenwolindustrie.

³ (Extra) reiniging van laagcalorisch flexicokergas (LCG) dat als brandstof gebruikt wordt bij een chemisch bedrijf en afkomstig is van een raffinaderij.

⁴ Reiniging van de rookgassen die vrijkomen bij het periodiek schoonbranden van de katalysator van catcrackers (twee in Nederland) bij raffinaderijen, waarop zich zwavelhoudende cokes afzet.

⁵ (Extra) reiniging van raffinaderijgas en laagcalorisch flexicokergas (LCG) dat gebruikt wordt als brandstof bij raffinaderijen (stookgas).

⁶ Verbeteren van het ontzwavelingsrendement van vijf bestaande poederkolencentrales.

⁷ Om voor het Optiedocument een inschatting te maken van kosten en effecten van extra rookgasreiniging bij nieuwe kolencentrales is (theoretisch) verondersteld dat er een extra wasvat bij wordt geplaatst. Het gaat hier om een theoretische benadering. In de praktijk zijn er wellicht betere opties, in ieder geval als het gaat om een deel van de hier berekende emissiereductie te bereiken.

NO_x-bestrijdingsopties

Het beleidsinstrument NO_x-emissiehandel is leidend geweest bij het opstellen van NO_x-reductieopties voor de grote industrie (energiesector, raffinaderijen en industrie). Inmiddels is duidelijk geworden dat dit instrument wordt afgeschaft. Desondanks geven de in de tabel beschreven (NO_x-handel)opties voor de grote industrie een goed beeld van de verdere mogelijkheden voor emissiereducties in de industrie.

Tabel B1.2
Maatregelen voor NO_x-emissiereductie

	Reductie maatregel	Kosten-effectiviteit maatregel	Kosten maatregel	Resterende emissie	Kosten cumulatief	Emissiereductie cumulatief	Doelstof
	kiloton	euro/kg	miljoen euro	kiloton	miljoen euro	kiloton	
				183,6	0		
Aanscherping prestatienorm (34 g/GJ) NO _x -emissiehandel raffinaderijen	0,7	0,8	0,5	182,9	1	0,7	NO _x
Aanscherping prestatienorm (34 g/GJ) NO _x -emissiehandel elektriciteitsopwekking	3,2	0,9	2,8	179,7	3	3,9	NO _x
Aanscherping prestatienorm (34 g/GJ) NO _x -emissiehandel industrie	3,3	0,9	2,9	176,4	6	7,2	NO _x
NO _x -katalysator (SCR) binnenvaart – nieuwe Nederlandse schepen	1,7	2,2	3,7	174,7	10	8,9	NO _x
NO _x -katalysator (SCR) binnenvaart – bestaande Nederlandse schepen	4,5	2,7	12,2	170,3	22	13,3	NO _x
Aanscherping prestatienorm (28 g/GJ) NO _x -emissiehandel raffinaderijen	0,9	4,6	4,1	169,4	26	14,2	NO _x
Aanscherping prestatienorm (28 g/GJ) NO _x -emissiehandel industrie	3,4	5,9	19,9	166,0	46	17,6	NO _x
Aanscherping prestatienorm (28 g/GJ) NO _x -emissiehandel elektriciteitsopwekking	3,3	5,9	19,4	162,7	66	20,9	NO _x
NO _x -katalysator (SCR) bij stationaire biogasmotoren landbouw – eis voor nieuwe installaties naar 30 g/GJ ¹	0,0	7,6	0,3	162,6	66	21,0	NO _x
NO _x -katalysator (SCR) bij stationaire biogasmotoren landbouw – eis voor bestaande installaties naar 30 g/GJ ¹	0,1	9,1	1,0	162,5	67	21,1	NO _x
NO _x -katalysator (SCR) bij stationaire biogasmotoren industrie – eis voor nieuwe installaties naar 30 g/GJ ¹	0,0	9,5	0,4	162,5	67	21,1	NO _x
NO _x -katalysator (SCR) bij stationaire biogasmotoren Handel, Diensten, Overheid – eis voor nieuwe installaties naar 30 g/GJ ¹	0,1	9,8	0,5	162,4	68	21,2	NO _x
Aanscherping prestatienorm (20 g/GJ) NO _x -emissiehandel industrie	6,8	10,0	67,7	155,6	136	28,0	NO _x

	Reductie maatregel	Kosten-effectiviteit maatregel	Kosten maatregel	Resterende emissie	Kosten cumulatief	Emissiereductie cumulatief	Doelstof
	kiloton	euro/kg	miljoen euro	kiloton	miljoen euro	kiloton	
Aanscherping prestatienorm (20 g/GJ) NO _x -emissiehandel elektriciteitsopwekking	6,6	10,0	66,1	149,0	202	34,6	NO _x
Aanscherping prestatienorm (16 g/GJ) NO _x -emissiehandel raffinaderijen	0,3	11,1	3,3	148,7	205	34,9	NO _x
NO _x -katalysator (SCR) bij stationaire biogasmotoren industrie 2009 – eis voor bestaande installaties naar 30 g/GJ ¹	0,1	11,2	0,9	148,7	206	35,0	NO _x
Aanscherping prestatienorm (20 g/GJ) NO _x -emissiehandel raffinaderijen	1,1	12,5	13,7	147,6	220	36,1	NO _x
Aanscherping prestatienorm (16 g/GJ) NO _x -emissiehandel elektriciteitsopwekking	1,2	13,1	15,8	146,4	235	37,3	NO _x
NO _x -katalysator (SCR) bij stationaire biogasmotoren Handel Diensten Overheid – eis voor bestaande installaties naar 30 g/GJ ¹	0,1	13,1	1,2	146,3	237	37,3	NO _x
Aanscherping prestatienorm (16 g/GJ) NO _x -emissiehandel industrie	1,2	13,5	16,2	145,1	253	38,5	NO _x
Aanscherping NO _x -emissie-eis huishoudelijke cv-ketels	1,2	13,5	16,2	143,9	269	39,7	NO _x

Bron: ECN & PBL

¹ In deze sectoren gaat het om gasmotoren op biogas uit afvalwaterzuiveringinstallaties, stortgas en installaties die GFT (groente fruit en tuinafval) vergisten (en niet direct aan de landbouw of de industrie zijn gekoppeld). Gasmotoren hebben een relatieve hoge NO_x-uitstoot per hoeveelheid verbruikte brandstof. In deze optie zijn de mogelijkheden voor plaatsing van een rookgasreiniger voor plaatsing van een rookgasreiniger door selectieve katalytische reductie (SCR), een techniek die al grootschalig bij gasmotoren in de glastuinbouw wordt toegepast, maar nog weinig bij biogasmotoren.

NH₃-bestrijdingsopties

Tabel B1.3
Maatregelen voor NH₃-emissiereductie

	Reductie maatregel	Kosten-effectiviteit maatregel	Kosten maatregel	Resterende emissie	Kosten cumulatief	Emissiereductie cumulatief	Doelstof
	kiloton	euro/kg	miljoen euro	kiloton	miljoen euro	kiloton	
				118,6	0		
Alleen nog toestaan van mestinjecteur en zodenbemester bij mestaanwending op onbeteeld bouwland	2,5	0,4	1,0	116,1	1,0	2,5	NH ₃
Gebruik sleepvoetbemester bij mestaanwending op grasland vanaf 1 mei alleen nog na 18:00 uur	1,2	1,5	1,8	114,9	2,8	3,7	NH ₃
Gecombineerde luchtwassers op 'standaard' emissiearme varkensstallen	7,0	7,2	50,5	107,9	53,2	10,7	NH ₃
Biologische luchtwasser op stallen leghennen	1,4	16,6	22,8	106,5	76,0	12,1	NH ₃ (PM _{2,5}) ¹
Plaatsen van 'balansballen' in mestkelders bij melkveestallen	4,1	16,7	68,4	102,4	144,4	16,2	NH ₃
Biologische luchtwasser op stallen vleeskuikens	0,8	26,2	21,7	101,6	166,1	17,0	NH ₃ (PM _{2,5}) ¹

Bron: ECN & PBL

¹ De maatregel is primair gericht op de vermindering van de emissies van NH₃, maar verwijderd ook PM_{2,5}.

NMVOs-bestrijdingsopties

Tabel B1.4
Maatregelen voor NMVOs-emissiereductie

	Reductie maatregel	Kosten-effectiviteit maatregel	Kosten maatregel	Resterende emissie	Kosten cumulatief		Emissiereductie cumulatief	Doelstof
					euro/kg	miljoen euro		
	kton		miljoen euro	Kiloton	miljoen euro		kiloton	
				152,8	0			
Gebruik oplosmiddelen Industrie –vermindering oplosmiddelgebruik bij industriële verftoepassingen ¹	2,0	1,3	2,5	150,8	2,5	2,0		NMVOs
Gebruik oplosmiddelen Consumenten – aanpassing EU-productenrichtlijn 2004/42/EG (vervangen van deodorantspuitbussen door NMVOs-arme producten) ²	4,5	2,4	10,7	146,3	13,2	6,5		NMVOs
Vervanging bestaande houtkachels en open haarden in woningen door goedgekeurde (inbouw)kachels	1,4	3,3	4,6	144,8	17,8	7,9	fijn stof (NMVOs) ⁴	
Gebruik oplosmiddelen Handel, Diensten en Overheid – aanpassing EU-productenrichtlijn 2004/42/EG (strengere eisen verf en uitbreiding naar meer producten) ²	0,2	4,0	1,0	144,6	18,8	8,2		NMVOs
Gebruik oplosmiddelen Consumenten – aanpassing EU-productenrichtlijn 2004/42/EG (strengere eisen verf en uitbreiding naar meer producten) ²	2,9	4,0	11,6	141,7	30,4	11,1		NMVOs
Gebruik oplosmiddelen Industrie – vermindering oplosmiddelgebruik bij het industrieel reinigen en ontvetten ³	0,9	5,0	4,5	140,8	34,9	12,0		NMVOs

Bron: ECN en PBL

1. Verdere overschakeling in de industrie op watergedragen lakken, vervanging van oplosmiddelrijke door oplosmiddelarme verven en overgaan op poedercoaten.

2. In de EU-richtlijn 2004/42/CE worden voor verven en autolakken maximale oplosmiddelgehalten genoemd. Door aanpassing van deze richtlijn (strengere eisen en uitbreiding van het bereik van de richtlijn naar meer producten) zijn extra emissiereducties mogelijk. Het gaat om strengere eisen voor gebruik van verf bij binnentoepassing, uitbreiding naar vloerlijmen, uitbreiding van haarsprays; NMVOs-labelling van haarsprays en deodoranten en uitbreiding naar glascleaners (Ökopol 2009). Daarnaast kunnen deodorantspuitbussen ook geheel vervangen worden door NMVOs-arme producten (deosticks en deorollers) (Ökopol 2009). Deze laatste optie is apart vermeld.

3. Verder overgaan op watergedragen systemen bij industrieel reinigen en ontvetten, en een verdere vermindering van het open gebruik van de stoffen PER en TRI.

4. De maatregel is primair gericht op de vermindering van de emissies van fijn stof, maar verwijderd ook NMVOs.

PM_{2,5}-bestrijdingsopties

Tabel B1.5

Maatregelen voor PM_{2,5}-emissiereductie

	Reductie maatregel	Kosten-effectiviteit maatregel	Kosten maatregel	Resterende emissie	Kosten cumulatief	Emissiereductie cumulatief	Doelstof
	kiloton	euro/kg	miljoen euro	kiloton	miljoen euro	kiloton	
Vervanging bestaande houtkachels en open haarden in woningen door goedgekeurde (inbouw)kachels	0,38	12	4,6	12,3	4,6	0,4	PM _{2,5}
Roetfilter voor bestaande Nederlandse binnenvaartschepen – bij motorvervanging	0,14	60	8,5	12,2	13,1	0,5	PM _{2,5}
Roetfilter voor nieuwe Nederlandse binnenvaartschepen	0,04	63	2,5	12,1	15,6	0,6	PM _{2,5}
Negatieve ionisatie techniek bij stallen voor vleeskuikens	0,03	69	2,1	12,1	17,7	0,6	PM _{2,5}
Electrostatisch Filter (ESP) op houtkachels in woningen	0,25	78	19,7	11,9	37,4	0,8	PM _{2,5}
Uitvoering Actieplan voor fijnstofvermindering in de industrie	0,23	110	24,8	11,6	62,2	1,1	PM _{2,5}
Electrostatisch Filter (ESP) op houtkachels in woningen	0,25	174	43,8	11,4	106,0	1,3	PM _{2,5}
Electrostatisch Filter (ESP) op houtkachels in woningen	0,06	263	16,5	11,3	122,5	1,4	PM _{2,5}
Biologische luchtwasser op stallen voor leghennen ¹	0,07	312	21,7	11,3	144,2	1,4	NH ₃ (PM _{2,5}) ²
Gecombineerde luchtwassers op 'standaard' emissiearme varkensstallen	0,04	1278	49,2	11,2	193,4	1,5	NH ₃ (PM _{2,5}) ²

Bron: ECN en PBL

¹ Voor PM_{2,5} bij leghennen wordt onderzoek gedaan naar andere fijnstofbestrijdingstechnieken dan de biologische luchtwater, zoals een droogfilterwand en een ionisatiefilter. Deze opties zijn hier nog niet meegenomen, omdat nog niet bekend was hoeveel PM_{2,5}-emissiereductie deze opties opleveren (PM₁₀-emissies worden verminderd met een rendement van respectievelijk 40 en 60 procent). Verder is er nog een droogtunnel mogelijk (PM₁₀-reductie van 60 procent en PM_{2,5}-reductie van 40 procent).

² De maatregel is primair gericht op de vermindering van de emissies van NH₃, maar verwijderd ook PM_{2,5}.

2 Waardering van veranderingen in natuurkwaliteit

Over het bepalen van de welvaartseffecten van veranderingen in natuurkwaliteit wordt veel geschreven, maar dikwijls wordt niet duidelijk gemaakt wat er precies mee wordt bedoeld. Dit verstoort de discussie over de waardering van natuurveranderingen, omdat niet precies duidelijk is wat wordt verstaan onder welvaartseffecten, waardering of monetaarisering. Dit leidt tot spraakverwarringen en leidt er dikwijls ook toe dat schattingen van welvaartseffecten niet worden meegenomen in besluitvorming.

In deze bijlage lichten we toe wat het bepalen van welvaartseffecten en monetaire waardering van natuurveranderingen behelst, welke problemen er kleven aan de theorie, hoe er in de praktijk dikwijls mee wordt omgesprongen en welke ontwikkelingen er momenteel plaatsvinden.

Schatting van welvaartseffecten in twee stappen

Zoals in paragraaf 5.4 is aangegeven, vraagt de doorvertaling van de fysieke effecten van een afname van de stikstofdepositie naar welvaartseffecten om twee stappen:

1. Ten eerste wordt verduidelijkt op welke wijze de daling van stikstofdepositie gevolgen heeft voor die aspecten waaraan de bevolking direct materieel of immaterieel nut ontleent. In dit geval zijn dat de effecten op biodiversiteit en, waar recentelijk veel over wordt geschreven, ecosysteemdiensten (zie TEEB 2010). Deze veranderingen geven inzicht in de relatieve omvang van het effect van de afname van stikstofdepositie.
2. Ten tweede wordt de omvang van de welvaartseffecten van de veranderingen van biodiversiteit en ecosysteemdiensten bepaald in monetaire termen. Deze stap geeft als extra informatie het belang aan dat de bevolking hecht aan de verandering van biodiversiteit en ecosysteemdiensten. Door dit in monetaire termen weer te geven, kan dit belang worden afgewogen tegen andere financiële effecten, zoals de kosten die gemaakt moeten worden om de verandering tot stand te brengen.

In de economische theorie wordt de extra welvaart die consumenten halen uit een verbetering van de biodiversiteit (of het extra nut dat ze krijgen) gemeten aan de hand van de betalingsbereidheid van de samenleving om deze verbetering te realiseren. De betalingsbereidheid geeft de omvang van de welvaartsverandering in monetaire termen aan en is noodzakelijkerwijs begrensd door het inkomen. Zij is tevens afhankelijk van de relatieve schaarste aan biodiversiteit. Indien er geen relatieve schaarste is, is de

betalingsbereidheid voor een kleine toename ervan klein en is de welvaartswinst dus gering. Indien er wel relatieve schaarste is, kan de betalingsbereidheid om een kleine biodiversiteitsafname te voorkomen groot zijn en kan een biodiversiteitsafname dus leiden tot substantiële welvaartsveranderingen. In de praktijk blijkt het lastig te zijn deze betalingsbereidheid bij individuele consumenten te achterhalen (zie verderop) en worden marktprijzen gebruikt, indien beschikbaar. Mits er geen markten ontbreken, machtsconcentraties geen grote rol spelen en externe effecten afwezig zijn, geven marktprijzen een ondergrens aan voor de betalingsbereidheid, aangezien het consumentensurplus (en een eventueel producentensurplus) buiten beschouwing blijft.

Het schatten van de omvang van natuurbaten is moeilijk en omstreden

Het bepalen van de omvang van het welvaartseffect in monetaire termen wordt in de praktijk vaak beantwoord aan de hand van de verandering in gebruiks- en niet-gebruikswaarde van natuurgebieden (zie bijvoorbeeld Ruijgrok et al. 2004; literatuuroverzichten in TEEB 2010). Voor natuurgebieden onderscheiden we de volgende waardes:

- directe gebruikswaarde: toename van recreatieve en toeristische waardes en van productiediensten;
- indirecte gebruikswaarde: verbeterde nutriënten- en waterkringlopen leiden tot een verbetering van de bodem- en waterkwaliteit. Dit resulteert in een daling van herstel-, onderhouds- en zuiveringskosten en een toename van vastgoedwaardes door de verhoogde appreciatie van gebieden. Ook gaat het hier om meer koolstofvastlegging door ecosystemen. Deze kan worden vertaald in extra CO₂-emissieruimte;
- niet-gebruikswaarde: een verhoogde biodiversiteit en een verhoogd aanbod van ecosysteemdiensten leiden voor huidige en toekomstige generaties tot een verhoogde welvaart. Ook als diensten uit een gebied niet nu worden gebruikt door een consument, kan deze toch welvaart ontfangen aan de nabijheid van robuuste natuur of het bestaan van gebieden met een hoge biodiversiteit.

Het schatten van de totale welvaartseffecten, waarvan de niet-gebruikswaarde onderdeel is, is lastig. Een oorzaak hiervan is dat hiervoor enquêtetudies worden gedaan om de preferenties van de betrokkenen te achterhalen. In deze studies geven de betrokkenen een oordeel over hoe zij veranderingen in biodiversiteit en ecosysteemdiensten appreciëren. Indien de betrokkenen niet vertrouwd zijn met het bepalen van de gevolgen van de verandering voor henzelf, zoals vaak het geval is bij natuurveranderingen, hebben zij nog geen stabiele en uitgekristalliseerde preferenties. Extra informatie kan meningen hierover doen veranderen, waardoor

monetaire schattingen van dergelijke welvaartseffecten niet betrouwbaar zijn (Dietz 2000: 172).

De op geobserveerd gedrag gebaseerde waarderingsmethoden hebben dit probleem niet, maar zij schatten alleen gebruikswaardes en geven dus een onderschatting van de totale welvaartseffecten. Daarnaast zijn monetaire schattingen van welvaartsverandering die in een bepaalde context zijn gedaan, niet tot nauwelijks bruikbaar in een andere context. Doelen en methoden van dergelijke studies zijn vaak onvergelykbaar, soorten en kwaliteiten van biodiversiteit en ecosysteemdiensten komen niet met elkaar overeen, en geëvalueerde veranderingen verschillen. Daarnaast is er nog een slecht begrip over de mate waarin geschatte waardes van ecosysteemdiensten en biodiversiteit elkaar overlappen, waardoor aggregatie van schattingen gemakkelijk kan leiden tot dubbelstellingen.

Herstelkosten als partiële benadering voor natuurbaten

Vanwege de moeilijkheid om veranderingen in gebruiksen niet-gebruikswaardes van biodiversiteit en ecosysteemdiensten te evalueren, is een veelgebruikte partiële benadering voor een welvaartschatting het bepalen van de herstelkosten. Herstelkosten zijn de kosten die gemaakt moeten worden om een gebied dat is gedegradeerd te herstellen in zijn oorspronkelijke staat, zodat biodiversiteit en ecosysteemdiensten in stand blijven. Herstelkosten zijn slechts een proxy voor welvaartschatting en geven in veel situaties een onderschatting van de totale welvaartseffecten. De bruikbaarheid van herstelkosten als proxy van de welvaartseffecten van een daling van stikstofdepositie is daarbij van een aantal aspecten afhankelijk:

1. Indien in een gebied beheer- en herstelkosten daadwerkelijk worden gemaakt en daarbij ook nog eens leiden tot een volledig behoud van de natuurwaarden, kan worden beargumenteerd dat de welvaartseffecten van emissiebeperkende maatregelen gelijk zijn aan de vermeden herstelkosten. Het betreft in dit geval een daling van de kosten die de overheid moet maken, en geen inschatting van de preferenties van de betrokkenen.
2. Indien beheersmaatregelen worden genomen en niet leiden tot volledig behoud van natuurwaarden – omdat het fysiek niet mogelijk is of omdat beheer ook weer tot nieuwe verstoringen leidt – zorgen emissiebeperkende maatregelen met eenzelfde effect als dat van beheersmaatregelen voor een totaal welvaartseffect dat groter is dan de daling van de herstelkosten. Immers, enerzijds dalen de herstelkosten, maar anderzijds daalt de verstoring van de natuurkwaliteit, aangezien herstel nooit volledig

kan zijn. In deze situatie vormen de herstelkosten een onderschatting van de welvaartsverandering. Om een volledig beeld van de totale welvaartseffecten te krijgen, zou daarnaast het welvaartseffect van de afgenomen natuurverstoring apart geschat dienen te worden.

3. Indien in een gebied geen herstelmaatregelen plaatsvinden, is het niet duidelijk of herstelkosten een over- of onderschatting van het welvaartseffect geven. In deze gebieden leidt emissiereductie wel tot een welvaartsverbetering, maar is de door de beleidsmaker gepercipieerde waarde van deze verbetering lager dan de herstelkosten, waardoor onvoldoende bereidheid bestaat om de benodigde herstelkosten te maken. De gepercipieerde waarde van de beslisser kan echter afwijken van de preferenties van de betrokken burgers vanwege een gebrek aan informatie bij de bestuurders over de effecten van natuurdegradatie en/of over de waardering van de betrokken burgers en bedrijven. Of deze waarde hoger of lager ligt dan de herstelkosten, is niet in het algemeen te bepalen.

Indicatieve ruwe schatting van natuurbaten op basis van vermeden herstelkosten

Beheer- en herstelkosten maken deel uit van de jaarlijkse uitgaven aan natuurbeheer in Nederland. Voor de Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) wordt geschat dat de jaarlijkse kosten voor beheer- en herstelmaatregelen om stikstofoverbelasting tegen te gaan in Natura 2000-gebieden zo'n 85 miljoen euro bedragen (Dekker & Bruinsma 2011). Onduidelijk is welk deel van deze kosten op termijn overbodig zal worden door strengere emissieplafonds. Aangezien de kosten van de maatregelen scheef verdeeld zijn, met enkele goedkope maatregelen die toegepast worden op een groot natuurareaal en een enkele kostbare maatregel voor lokale probleemsituaties, is de omvang van de besparing afhankelijk van het soort maatregelen dat overbodig zal worden. Een ruwe schatting kan worden gemaakt door het gehele bedrag van 85 miljoen euro te relateren aan de jaarlijkse gemiddelde overschrijding van de kritische depositiewaarden van 850 mol N/ha/jr voor 2005. Een halvering van de overschrijding van de stikstofdepositie tussen 2005 en 2020 kan dan op termijn leiden tot een halvering van de jaarlijkse beheerkosten met circa 40 miljoen euro per jaar. De strengere emissieplafonds, zoals beschreven in de ambitiescenario's van het Gothenburg Protocol, kunnen tot een extra besparing met circa 10 miljoen euro per jaar leiden.

Naast deze schatting is een vergelijkbare schatting gemaakt aan de hand van schattingen uit de NEEDS-studie (zie Ott et al. 2006; zie ook Bruijn et al. 2010). Ook hier gaat het om een aanpak op basis van vermeden herstelkosten. De in NEEDS gebruikte kengetallen zijn

inmiddels verouderd, en de wijze waarop ze zijn geschat is ook aan kritiek onderhevig. We hebben deze schattingen hier toch opgenomen, omdat internationaal vaak aan deze resultaten wordt gerefereerd. In de NEEDS-studie is beargumenteerd dat een kilogram stikstofdepositie een kostenpost representeert van 2,40 euro. Per mol stikstofdepositie is de schade 0,034 euro. Voor Nederland worden de kosten hoger geschat, en wel op 0,053 euro per mol stikstof. Deze schattingen zijn ontwikkeld voor een berekende depositie op het totale landoppervlak (natuur en niet-natuur). Bij gebruik van specifieke depositiecijfers voor alleen natuur zouden de Nederlandse schadekosten gelijk zijn aan circa 0,21 euro per mol stikstof. Kosten voor verbetering van biodiversiteit in Duitsland zijn daarbij als grondslag genomen. Deze schattingen zijn onder andere gebaseerd op schattingen van het negatieve effect van depositie op het aantal soorten en op een inschatting van de herstelkosten om dit effect teniet te doen. Voor deze herstelkosten gebruikt NEEDS de laagste schatting uit een gegeven bandbreedte van mogelijke herstelkosten. De hierna genoemde bedragen zijn dus waarschijnlijk opnieuw een onderschatting van de daadwerkelijke welvaartseffecten. Een evaluatie van de welvaartseffecten van de daling van de depositie tussen 2005 en 2020 aan de hand van deze herstelkosten laat zien dat de afname van vermisting leidt tot een baat van circa 37 miljoen euro per jaar (0,21 euro per mol stikstof x 438.100 hectare x 400 mol/ha/jr). Het stapsgewijs aanscherpen van de emissienormen naar de normen uit het Low^{*}-, Mid- en High^{*}-ambitiescenario leiden tot extra baten van eveneens circa 10 miljoen euro per jaar. Deze schatting komt grotendeels overeen met de hiervoor geschatte baten die gebaseerd waren op de kosten voor herstel van Natura 2000-gebieden in de PAS.

Directe schatting van natuurbaten op basis van veranderingen in ecosysteemdiensten

De hiervoor genoemde werkwijze via herstelkosten geeft slechts een proxy van de daadwerkelijke welvaartseffecten van een verhoogde natuurwaarde. Idealiter worden de welvaartseffecten van biodiversiteit en ecosysteemdiensten direct geschat. Dit onderwerp krijgt momenteel veel internationale aandacht. In 2010 zijn aanbevelingen gegeven over hoe om te gaan met *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (zie TEEB 2010). Een conclusie van TEEB is dat economische waardering bijdraagt aan transparantie van besluitvorming, maar dat het maken van goede schattingen moeilijk is en dat er nog een groot gebrek is aan goede waarderingstudies en goede kwantitatieve informatie over fysieke veranderingen. Bepaling van welvaartseffecten aan de hand van veranderingen van individuele ecosysteemdiensten geeft een meer integraal beeld van de verschillende effecten van

natuurveranderingen voor de mens dan een evaluatie van alleen de herstelkosten. Aanvullend dient een beeld geschetst te worden van de verandering in de niet-gebruikswaarde van natuur en biodiversiteit, omdat deze niet goed kan worden weergegeven aan de hand van ecosysteemdiensten. Juist deze niet-gebruikswaarde van biodiversiteit is belangrijk om goed te analyseren, omdat deze voor natuurgebieden mogelijk groter is dan de gebruikswaarde van de ecosysteemdiensten. Kijken we specifiek naar de welvaartseffecten van stikstofdepositie, dan kunnen deze inzichtelijk gemaakt worden door systematisch de volgende ecosysteemdiensten te analyseren, naast de niet-gebruikswaarde van biodiversiteit. Met de beschikbare informatie is dit niet mogelijk. Nieuw onderzoek is nodig om via deze route tot een meer betrouwbare schatting te komen van de welvaartseffecten van stikstofdepositie op natuur.

Ecosysteemdiensten

- Effecten op toerisme en recreatie in minder geëutrofeerde natuurgebieden kunnen worden bepaald met de reiskostenmethode. Daarbij wordt verondersteld dat meer diverse en minder geëutrofeerde gebieden meer bezoekers trekken die daar meer plezier beleven, waardoor de maatschappelijke welvaart toeneemt.
- Verbeterde bodemprocessen leiden tot lagere kosten van natuurherstel. De hiervoor besproken herstelkostenmethode kan hiervoor als basis dienen, hoewel werkelijke kostenreducties zullen verschillen per gebied. Derhalve wordt het niet aanbevolen om kengetallen te hanteren.
- Effecten op de waterkwaliteit kunnen worden gewaardeerd aan de hand van effecten op uitgaven voor waterzuivering en voor de Kaderrichtlijn Water.
- Voor de waardering van bestuiving en natuurlijke plaagbestrijding door gezondere insectenpopulaties, kan met behulp van de productiefunctiemethode worden bepaald in welke mate de landbouwproductie afhangt van bestuiving en natuurlijke plaagbestrijding.
- Voor de waardering van ondersteunende diensten, zoals instandhouding van kringlopen, kan de herstelkostenbenadering worden gebruikt.

Biodiversiteit

Voor de bepaling van de niet-gebruikswaarde van biodiversiteit moet gebruik worden gemaakt van zogenoemde *stated preference*-waarderingmethoden, waarbij de betalingsbereidheid van betrokkenen voor biodiversiteitveranderingen wordt onderzocht als proxy voor het welvaartseffect. Hiervoor worden enquêtetudies gebruikt om meer inzicht te krijgen in de preferenties van betrokken burgers rondom veranderingen in de natuurkwaliteit. Betrouwbare

uitvoerige studies zijn op dit moment niet beschikbaar. Een probleem hierbij is, zoals besproken, dat betrokkenen vaak niet vertrouwd zijn met het bepalen van de effecten van natuurverandering, en dus ook nog geen stabiele en uitgekristalliseerde preferenties hebben. Bij de uitwerking van de onderzoeksopzet moet aan dit aspect aandacht worden besteed.

Al deze waarden samen kunnen in de toekomst een vollediger beeld geven van de welvaartseffecten van veranderingen in natuurkwaliteit dan alleen een evaluatie van de herstelkosten. Het optellen van de individuele effecten dient daarbij voorzichtig te gebeuren om dubbelstellingen te voorkomen. Voor een overzicht van de verschillende methoden die gebruikt kunnen worden om individuele ecosysteemdiensten of biodiversiteit te waarderen, verwijzen we naar TEEB (2010) en US Environmental Protection Agency (2009).

3 Emissies van wegverkeer op basis van brandstofafzet en brandstofverbruik

Inleiding

Bij de onderhandelingen over de herziening van het Gothenburg Protocol is besloten om de rekensystematiek voor de emissies van het wegverkeer voor alle landen zo veel mogelijk gelijk te trekken. Op basis van de huidige richtlijnen zijn landen verplicht om de emissies van het wegverkeer in ieder geval te rapporteren op basis van de hoeveelheid brandstof die binnen hun landsgrenzen aan het wegverkeer is verkocht. Deze methode wordt aangeduid als *fuel sold* (FS). De richtlijnen bieden daarnaast de mogelijkheid om de emissies te berekenen en rapporteren op basis van het brandstofverbruik door het wegverkeer binnen de landsgrenzen. Deze methode wordt aangeduid als *fuel used* (FU).

Nederland gebruikt momenteel beide methoden om de emissies van het wegverkeer te berekenen en rapporteert ook beide cijfers. Hiervoor is ook een reden: het doelbereik voor de huidige Nederlandse emissieplafonds, die vanaf 2010 gelden, wordt namelijk bepaald aan de hand van de FU-emissies, omdat de huidige emissieplafonds destijds zijn vastgesteld op basis van emissieprognoses die ook gebaseerd waren op de FU-benadering. Het merendeel van de EU-landen rapporteert zijn emissies momenteel enkel op basis van de FS-benadering. Ook het doelbereik onder de huidige emissieplafonds wordt voor bijna alle landen bepaald op basis van de FS-emissies. Nederland neemt momenteel dus een uitzonderingspositie in. Om de consistentie tussen de landen verder te vergroten, is bij de onderhandelingen besloten om voor de nieuwe emissieplafonds voor 2020 zo veel mogelijk de FS-benadering te gebruiken. Dit betekent dat de nieuwe Nederlandse plafonds voor 2020 en daarna nu ook gebaseerd zijn op de FS-benadering. Het doelbereik van de 2020-plafonds zal dus ook voor Nederland worden bepaald op basis van de FS-benadering. Het doelbereik van de huidige 2010-plafonds blijft bepaald worden op basis van de FU-benadering.

In deze bijlage lichten we de belangrijkste voor- en nadelen van beide benaderingen eerst kort toe. Vervolgens beschrijven we hoe de (historische) FS-emissies op dit moment in Nederland worden berekend, en geven we een schatting van de Nederlandse emissies van luchtvervuilende stoffen in 2020 conform de FS-benadering en bij uitvoering van het bestaande beleid. Tot op heden waren er nog geen emissieprognoses beschikbaar op basis van de FS-benadering. De huidige referentieramingen van ECN en PBL (2010) geven alleen emissieprognoses conform de FU-benadering.

Verschil tussen de FU- en de FS-benadering voor het wegverkeer

De FU-benadering heeft betrekking op alle emissies van het wegverkeer op het nationale grondgebied. Het maakt daarbij niet uit waar de brandstof is getankt die door het wegverkeer wordt gebruikt. De FS-benadering heeft betrekking op alle emissies die voortkomen uit de brandstof die binnen de landsgrenzen is verkocht, ongeacht waar de emissies zelf plaatsvinden. Het verschil tussen beide benaderingen is vooral relevant voor landen waar relatief veel nettoimport dan wel -export plaatsvindt van getankte brandstof in het wegverkeer. Dit geldt vooral voor landen met relatief hoge of lage brandstofprijzen in vergelijking met omliggende landen en voor kleine landen met relatief veel internationaal transport. De afzet van brandstof aan het wegverkeer is in Luxemburg bijvoorbeeld aanzienlijk groter dan het daadwerkelijke brandstofverbruik op het nationale weggennet. Dit komt vooral door de lage brandstofprijzen. De FU-emissies van Luxemburg liggen hierdoor aanzienlijk lager dan de FS-emissies.

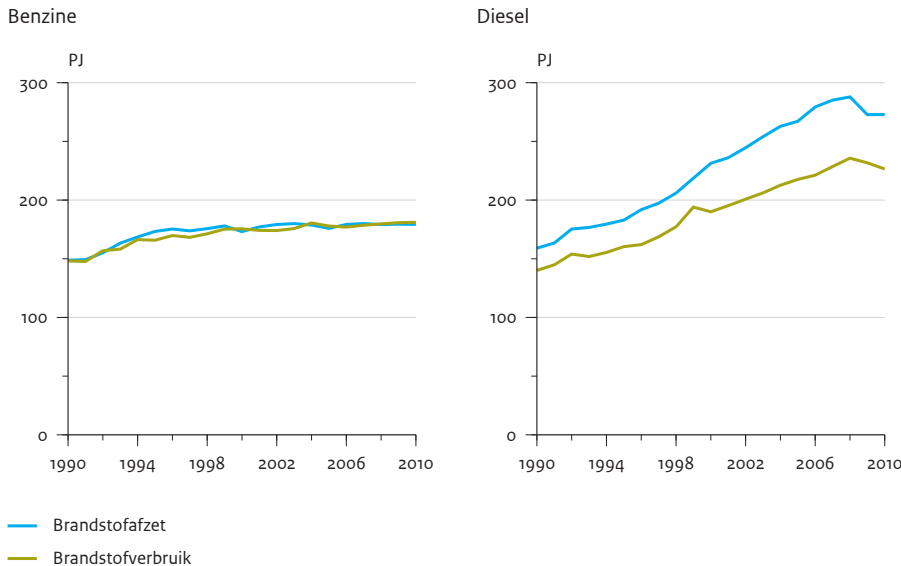
De rekensystematiek voor beide benaderingen is op hoofdlijnen gelijk. De uitstoot van de meeste luchtverontreinigende stoffen als NO_x en PM_{10} kan namelijk niet nauwkeurig worden bepaald op basis van enkel de brandstofverkopen. De emissie per liter brandstof varieert sterk per voertuig. Een benzineauto met een geregelde driewegkatalysator kan tot wel 100 keer minder NO_x uitstoten per voertuigkilometer (of per liter benzine) dan een benzineauto zonder uitlaatgasbehandeling. Ook het gebruik van het voertuig is sterk van invloed op de emissies: veelvuldig optrekken en afremmen leidt al snel tot fors hogere emissies dan bij gelijkmatig rijgedrag. Om de luchtverontreinigende emissies van het wegverkeer te kunnen berekenen, moeten landen dus (enige) kennis hebben van de jaarkilometrages van verschillende soorten wegvoertuigen. Een bottom-up benadering op basis van voertuigkilometers van verschillende typen voertuigen is dus noodzakelijk. Dit wordt ook aanbevolen in het Europese *Emission Inventory Guidebook* (EEA 2009), waarin de richtlijnen staan voor het berekenen van luchtverontreinigende emissies. Het resultaat van de bottom-up berekening op basis van voertuigkilometrages geeft inzicht in de emissies op nationaal grondgebied (FU). Om tot FS-emissies te komen, moet vervolgens een correctie plaatsvinden voor verschillen tussen het bottom-up berekende brandstofverbruik en de brandstofverkopen.

Veel landen maken geen expliciet onderscheid in FU- en FS-emissies

Het ontbreekt landen veelal aan (betrouwbare) gegevens over de voertuigkilometrages van verschillende typen

Figuur B3.1

Brandstofafzet en brandstofverbruik door wegverkeer op Nederlands grondgebied



Bron: PBL

voertuigen op hun nationale grondgebied. Deze landen kiezen er dan voor om emissies uitsluitend volgens de FS-benadering te rapporteren. Deze landen gebruiken daarbij wel de gegevens over voertuigkilometrages voor de (bottom-up) emissieberekeningen, maar stemmen de basisgegevens voor die berekening standaard af op de brandstofverkoop. Er wordt in deze landen dus geen onderscheid gemaakt in FU- en FS-emissieberekeningen. Als het op basis van jaarkilometrages berekende brandstofverbruik afwijkt van de brandstofverkoopcijfers, worden de uitgangspunten voor de berekening zodanig aangepast dat beide cijfers wel in lijn liggen. Dit gebeurt in het algemeen door de (onzekere) kilometrages van het wegverkeer te corrigeren. Deze gecorrigeerde kilometrages worden vervolgens gebruikt om de emissies van luchtverontreinigende stoffen te berekenen. Het resultaat van de emissieberekening (na correctie) wordt gerapporteerd als een FS-berekening.

In Nederland is de situatie anders en is er meer kennis van de op Nederlands grondgebied verreden voertuigkilometers. Dit maakt dat Nederland in de emissierapportages wel expliciet onderscheid maakt in emissies volgens de FU- en FS-benadering.

Verskil tussen brandstofafzet en brandstofverbruik in Nederland

In de Nederlandse emissieregistratie wordt zowel de brandstofafzet als het op basis van kilometrages en verbruiksfactoren berekende brandstofverbruik van het

wegverkeer gerapporteerd voor de periode van 1990 tot heden. Figuur B3.1 geeft beide reeksen voor benzine (links) en diesel (rechts). De figuur laat zien dat de afzet en het verbruik van benzine goed in lijn liggen. De verschillen tussen beide reeksen zijn gering. Dit geldt niet voor diesel: de afzet van diesel aan het wegverkeer in Nederland, zoals gerapporteerd door het CBS, ligt hoger dan het op basis van voertuigkilometers berekende dieselverbruik door het wegverkeer in Nederland. Het verschil tussen beide reeksen neemt toe in de tijd: in eerdere jaren van de tijdreeks was dit circa 12-14 procent, maar in recente jaren bedraagt het verschil ongeveer 20-25 procent. De tijdreeksen voor LPG laten een soortgelijk beeld zien als die voor diesel: de afzet ligt in Nederland stelselmatig hoger dan het (berekende) verbruik. Het verschil tussen beide reeksen is bovendien groter dan bij diesel en bedraagt gemiddeld over de tijdreeks zo'n 30 procent, met uitschieters tot 50 procent.

Het relatief grote verschil tussen afzet en verbruik van diesel in Nederland kan deels worden verklaard door 'grenstanken'. Een deel van de in Nederland afgezette brandstof wordt in het buitenland verstoekt. Moderne vrachtauto's hebben bijvoorbeeld dusdanig grote brandstoftanks dat ze met een volle tank enkele duizenden kilometers kunnen rijden. De diesel die in Nederland wordt afgezet aan het internationale wegvervoer wordt dus voor een groot deel in het buitenland verstoekt. Omgekeerd geldt dat een deel van de (buitenlandse) vrachtauto's die Nederland aandoen,

Tabel B3.1

Emissies van het wegverkeer voor historische jaren (in kiloton)

		1990	1995	2000	2005	2010
NO _x	Fuel used	275	216	187	162	134
	Fuel sold	295	239	211	186	152
	Vershil	7%	11%	13%	15%	14%
PM ₁₀	Fuel used	16,9	13,7	11,8	10,0	7,9
	Fuel sold	18,5	15,1	13,4	11,3	8,8
	Vershil	10%	10%	13%	13%	10%

Bron: PBL

hier wellicht niet altijd tankt. Omdat Nederland een relatief klein land is met relatief veel internationaal wegvervoer, is de verwachting dat er door het wegvervoer per saldo meer diesel wordt getankt in Nederland dan dat er in Nederland wordt verstoekt. Het is echter de vraag in hoeverre daarmee het verschil tussen beide reeksen voor diesel kan worden verklaard. Dit is nooit goed onderzocht.

Een andere mogelijke oorzaak van de verschillen in afzet en verbruik is dat een deel van de brandstofafzet aan het wegverkeer in Nederland wordt gebruikt in andere typen voertuigen, zoals in de pleziervaart of in mobiele machines. Mobiele machines in bijvoorbeeld de landbouwsector (tractoren) of de bouwsector (graafmachines) mogen (lager belaste) rode diesel gebruiken. Het lijkt daarom niet waarschijnlijk dat daar grote hoeveelheden (hoger belaste) blanke diesel worden ingezet. Desalniettemin kan niet worden uitgesloten dat een deel van de dieselafzet aan het wegverkeer niet door wegvoertuigen wordt verbruikt. Hetzelfde geldt voor benzine en LPG: benzine wordt wellicht ook deels voor pleziervaartuigen gebruikt en LPG voor vorkheftrucks. Ook dit is nooit goed onderzocht.

Ook zijn de verbruiksfactoren per kilometer die worden gebruikt voor de bottom-up berekening van het brandstofverbruik recentelijk niet geactualiseerd. De onnauwkeurigheid van het bottom-up berekende brandstofverbruik in Nederland is daarom toegenomen in latere jaren van de tijdreeks. Dit zou het steeds groter wordende verschil tussen afzet en verbruik van diesel mede kunnen verklaren.

Emissies van het wegverkeer in Nederland op basis van brandstofverkoop voor historische jaren

In Nederland wordt momenteel een bottom-up benadering op basis van voertuigkilometrages gebruikt voor het berekenen van het brandstofverbruik en de emissies van luchtverontreinigende stoffen door het wegverkeer. Het resultaat van deze berekening wordt (ongecorrigeerd) gerapporteerd aan de EU en wordt gebruikt voor het evalueren van het doelbereik voor de huidige emissieplafonds die vanaf 2010 gelden. Daarnaast

worden momenteel ook FS-emissies van het wegverkeer gerapporteerd aan de EU. Tabel B3.1 geeft voor een aantal steekjaren de FU- en FS-emissies van de sector verkeer en vervoer zoals eind 2011 aan de EU zijn gerapporteerd.

De FS-emissies van het Nederlandse wegverkeer worden berekend door de FU-emissies op te hogen op basis van het verschil tussen het bottom-up berekende brandstofverbruik en de brandstofverkoop in Nederland. Als de afzet van diesel aan het wegverkeer 10 procent hoger ligt dan het bottom-up berekende brandstofverbruik door dieselveertuigen in Nederland, dan worden de emissies van dieselveertuigen generiek met 10 procent verhoogd.

Met het gebruik van een generieke correctiefactor voor alle (in dit geval) dieselveertuigen wordt aangenomen dat het verschil tussen afzet en verbruik van diesel voor alle typen wegvoertuigen gelijk is: de correctie van (in het voorbeeld) 10 procent wordt toegepast voor alle personenauto's, bestelauto's, vrachtauto's, autobussen en andere typen dieselveertuigen. Daarbij zijn er meerdere manieren om te corrigeren. De berekeningswijze van deze correctie is niet eenduidig. Zo past ook Denemarken slechts een correctiefactor toe (NERI 2011). In Duitsland daarentegen, wordt het verschil tussen afzet en verbruik van diesel door personenauto's en bestelauto's gelijk verondersteld aan het verschil tussen afzet en verbruik van benzine (praktisch alle benzine wordt in personenauto's verstoekt). Het resterende deel van het verschil tussen afzet en verbruik van diesel wordt volledig aan vrachtauto's en autobussen toegeschreven. Deze aanpak leidt tot andere emissietotalen dan wanneer voor alle voertuigcategorieën dezelfde correctie wordt toegepast. De NO_x-emissie van alle wegverkeer op diesel in Nederland wordt (volgens de FU-benadering) voor 2005 bijvoorbeeld berekend op 100 kiloton. Het verschil tussen het bottom-up berekende dieselverbruik en de afzet van diesel aan het wegverkeer bedroeg in 2005 bijna 23 procent. Als dit verschil wordt gebruikt om de NO_x-emissie van alle dieselverkeer gelijkmatig te verhogen, valt de totale NO_x-emissie van dieselverkeer in 2005 circa

Tabel B3.2

Toename in emissies van het wegverkeer (in kiloton) bij gebruik van de FS-methodiek in vergelijking tot de FU-methodiek

	2005		2015		2020	
SO ₂	0,02	8,4%	0,03	14%	0,03	14%
NO _x	24	18%	15	20%	8,5	20%
NH ₃	0,2	7,6%	0,1	4,4%	0,1	4,0%
NMVOS	2,2	5,3%	0,6	2,8%	0,5	2,5%
PM _{2,5}	1,3	20%	0,5	23%	0,4	23%

Bron: PBL

23 kiloton hoger uit. Als echter dezelfde aanpak wordt toegepast als in Duitsland, dan bedraagt de extra NO_x-emissie circa 37 kiloton. Nemen we alle genoemde onzekere factoren in historische emissies in beschouwing, dan concluderen we dat bij het berekenen van de FS-emissies een extra onzekerheid in de emissieberekening wordt geïntroduceerd. Daarbij is de wijze waarop de verschillen tussen brandstofafzet en -verbruik worden geduid van invloed op het eindresultaat van de FS-berekening. In de huidige Nederlandse aanpak wordt impliciet verondersteld dat het verschil tussen afzet en verbruik volledig te wijten is aan grenseffecten en dat het verschil gelijk is voor alle typen voertuigen. Beide aannames zijn onzeker en verdienen nader onderzoek. Omdat de FS-emissiecijfers momenteel geen rol spelen in het bepalen van het doelbereik rond de luchtverontreinigende stoffen, hebben deze aannames nooit veel aandacht gekregen in het onderzoek. Door het toegenomen belang van de FS-emissiecijfers voor het wegverkeer verdient het aanbeveling hier op korte termijn nader onderzoek naar te doen.

Emissieprognoses voor 2020 op basis van brandstofverkopen

Om een eerste indicatie te geven van het effect van een FS-benadering voor de prognoses van de emissies van het wegverkeer is de toename van de Nederlandse emissies in 2020 globaal geschat. Daarbij spelen enkele complicerende factoren een rol:

1. Voor de emissieprognoses wordt het noodzakelijk om voor elke brandstofsoort een inschatting te doen van het toekomstige verschil tussen afzet en verbruik in Nederland. Dit verschil dient immers als uitgangspunt voor de correctie van de FU-emissietotalen. Uit figuur B3.1 blijkt dat dit verschil van jaar tot jaar fluctueert. Bij diesel leek het verschil steeds groter te worden in de tijdreeks, maar in recente jaren is het verschil weer kleiner geworden. De vraag is of hier sprake is van een trend en wat de consequenties daarvan zijn voor de prognoses.

2. Het verschil tussen brandstofafzet en -verbruik door het wegverkeer kan wellicht deels worden verklaard door het gebruik van brandstof in andere sectoren. Door de huidige verschillen als uitgangspunt te hanteren en volledig toe te rekenen aan het wegverkeer, wordt de geschatte toename in emissies bij gebruik van een FS-methodiek mogelijk overschat.
3. De brandstofverbruiksfactoren die worden gebruikt voor de bottom-up berekening van het brandstofverbruik zijn recentelijk niet geactualiseerd. Het bottom-up berekende brandstofverbruik door het wegverkeer is daarom relatief onzeker. Dit maakt ook de daarop gebaseerde correctiefactoren onzeker.

Om een eerste inschatting te geven van de extra emissies van wegverkeer bij toepassing van de FS-aanpak, is voor de prognoses dezelfde correctiefactor gebruikt als in 2005. Gekozen is voor 2005 omdat in het kader van het Gothenburg Protocol afspraken worden gemaakt in termen van relatieve emissiereducties in 2020 ten opzichte van 2005. Het verschil tussen afzet en verbruik van benzine bedroeg in 2005 circa 1 procent. Voor diesel was dit 23 procent en voor LPG 31 procent. Deze percentages zijn gebruikt om de NEC-emissies van wegverkeer in 2020 uit de referentieramingen voor 2010-2020 (ECN & PBL 2010) op te hogen. In tabel B3.2 zijn de consequenties weergegeven voor de emissies van luchtverontreinigende stoffen door het wegverkeer in 2005 en in de zichtjaren 2015 en 2020.

De emissietoename bij gebruik van de FS-methodiek varieert per stof en per jaar, afhankelijk van de bijdrage van de verschillende brandstoffen in de totale emissies. De NMVOS-emissies door wegverkeer zijn bijvoorbeeld grotendeels afkomstig van benzineauto's. Door de lage correctiefactor voor benzine (+1 procent) is de totale stijging van de NMVOS-emissies ook beperkt. Voor NO_x en PM_{2,5} geldt echter dat dieselloertuigen dominant zijn, waardoor de (procentuele) toename van de emissies voor die stoffen veel groter is. Bij deze tabel moet worden opgemerkt dat het eerste globale inschattingen betreft, gebaseerd op de huidige

(onzekere) rekensystematiek voor het brandstofverbruik in Nederland. Door het mogelijke gebruik van brandstof in andere sectoren wordt de geschatte toename van de emissies bij gebruik van een FS-aanpak wellicht overschat. Daar staat tegenover dat er geen trend wordt verondersteld in het verschil tussen afzet en verbruik. Als de trend bij diesel zich voortzet en het verschil tussen afzet en verbruik groter wordt, wordt de toename in emissies in de zichtjaren wellicht juist onderschat. FS-emissieschattingen zijn dus nog relatief onzeker. Onderzoek naar de oorzaken van de verschillen tussen brandstofafzet en -verbruik in Nederland, vooral voor diesel en LPG, is nodig om deze onzekerheid te verkleinen.

Onzekerheid in de emissietotalen bij de FS-methodiek is groter dan bij de FU-methodiek

De FS-benadering heeft voordelen, zoals ook aangegeven in paragraaf 2.1.2. Het belangrijkste voordeel is dat de onderlinge consistentie in de emissieberekeningen van de landen wordt vergroot: er kan geen dubbeltelling van emissies plaatsvinden en er kunnen geen emissies worden gemist. Bovendien zijn de brandstofverkopen per land in het algemeen vrij nauwkeurig bekend. Ten slotte worden de emissieberekeningen voor verzurende stoffen en fijn stof hiermee consistent met de wijze waarop de broeikasgassen worden berekend.

Een nadeel van de FS-emissieberekening is wel dat in de emissieberekening een extra onzekere factor wordt geïntroduceerd. De emissies van verzurende stoffen en fijn stof worden nog steeds berekend op basis van kilometrages en emissiefactoren van verschillende typen voertuigen. De onzekerheden in dat deel van de berekening blijven hetzelfde. Daarbovenop komt de onzekerheid in het berekende verschil tussen het brandstofverbruik en de brandstofafzet. Deze onzekerheid is vooral relevant als er afspraken worden gemaakt in termen van absolute plafonds. Als de afspraken worden geformuleerd als procentuele emissiereducties, zoals is besloten, dan is het belang van deze onzekerheid minder groot. Maar ook dan blijft de vraag of er structurele trends zijn in het verschil tussen afzet en verbruik en wat dat betekent voor de prognoses en daarmee voor de haalbaarheid van (relatieve) plafonds. Indien er sprake is van een structurele trend in het verschil tussen afzet en verbruik van diesel (het verschil wordt steeds groter), dan wordt hierdoor een deel van de bottom-up berekende emissiereductie als gevolg van beleidsmaatregelen in de toekomst ongedaan gemaakt. Dit geeft nogmaals het belang aan van nieuw onderzoek waarbij de trends goed worden gevolgd.

Noot

- 1 Zie: <http://www.ecn.nl/nl/units/ps/themas/nationaal-energie-en-klimaatbeleid/optiedocument/>.



Planbureau voor de Leefomgeving



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

Planbureau voor de Leefomgeving

Postadres
Postbus 30314
2500 GH Den Haag

Bezoekadres
Oranjevuitensingel 6
2511 VE Den Haag
T +31 (0)70 3288700

www.pbl.nl

Juli 2012