

RIVM report 408129 023 / 2001

Bouwstenen voor het NMP4

Bijlagen

redactie: A. Faber en O.J. van Gerwen

auteurs: H. Eerens, A. van Hinsberg, H. Nijland,
J. Jabben, A. van Pul, R. van den Wijngaart

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van VROM, Directie Strategie en Bestuur, in het kader van project 408129, Nationale Milieuverkenning 6, deelproject Ondersteuning NMP4.

RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, telefoon: 030 - 274 91 11; fax: 030 - 274 29 71

Voorwoord

In september 2001 verscheen bij het RIVM het boek *'Bouwstenen voor het NMP4' – aanvulling op de Nationale Milieuverkenning 5* (rapport nr. 408 129 022). Dit boek bevat het materiaal dat door het RIVM is geleverd ter ondersteuning van de totstandkoming van het Vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4), dat in juni verscheen. Dit materiaal kan nu bijvoorbeeld ook worden gebruikt door de politieke partijen in Nederland, in hun voorbereidingen op de verkiezingen van 2002.

Het boek *'Bouwstenen voor het NMP4'* is primair bedoeld voor politici en beleidsmakers. De wetenschappelijke achtergronden bij het materiaal zijn grotendeels terug te vinden in onderzoeksrapporten van het RIVM. In een aantal gevallen echter betreft het nieuw onderzoek of aanvullingen op bestaand onderzoek. Die achtergrondinformatie is in het voorliggende Bijlagen-rapport vastgelegd. Het betreft hier nadere informatie - inclusief gedetailleerd cijfermateriaal - over de onderwerpen verzuring, geluidhinder, synergie tussen klimaatverandering en verzuring, en ammoniak- en gebiedenbeleid.

Albert Faber en Olav-Jan van Gerwen
november 2001

Inhoudsopgave

VOORWOORD	3
SAMENVATTING ‘BOUWSTENEN VOOR HET NMP4’	7
INLEIDING	11
1. VERZURING	13
<i>H. Eerens en A. van Hinsberg</i>	
1.1 Percentages bescherming voor gecombineerde functies	13
1.2 Kosten emissiereducties van verzurende stoffen	16
1.3 Vergelijking van de data voor het huidige beleid uit RAINS met Vijfde Milieuverkenning	20
1.4 Haalbaarheid emissiedoelen in 2020	21
1.5 Modelvergelijking met betrekking tot zure depositie in Nederland	24
2. KOSTEN EN BATEN VAN GELUIDMAATREGELEN	27
<i>H. Nijland en J. Jabben</i>	
2.1 Batencriterium voor toepassing van geluidmaatregelen aan wegen	27
2.2 Reductie percentage woningen in verhouding tot het batencriterium	28
2.3 Het handhavingsgat, werkwijze en resultaten	29
2.4 Resultaten railverkeer	31
2.5 Geluidbelasting	33
2.6 Richtwaarden voor geluidsoverlast in specifieke omgevingen	34
3. SYNERGIE IN DE AANPAK VAN CO₂ EN NO_x	35
<i>R. van den Wijngaart</i>	
3.1 Inleiding	35
3.2 NO _x -reductie als meelifteffect van CO ₂	35
3.3 NO _x -(start)oplossing	38
3.4 Synergie in de aanpak van CO ₂ en NO _x	41
4. EFFECTEN VAN VERPLAATSING VAN AGRARISCHE AMMONIAKEMISSIONS: VERKENNING OP PROVINCIAAL NIVEAU	43
<i>A. van Pul</i>	
4.1 Achtergrond en vraagstelling	43
4.2 Werkwijze	44
4.3 Conclusies en discussie	45
LITERATUUR	48
BIJLAGE 1 VERZENDLIJST	50

Samenvatting ‘Bouwstenen voor het NMP4’

Het Nationaal Milieubeleidsplan 4 (NMP4) bevat de strategische beleidslijnen voor de lange termijn (2030). Het zet in op systeeminnovaties, transities en beleidsvernieuwingen om oplossingen te vinden voor de milieuproblemen die zich de komende decennia zullen blijven voordoen. De ambities voor het oplossen van de hardnekkige milieuproblemen zijn hoog. Zo is het doel dat de milieukwaliteit uiteindelijk zodanig is dat circa 95% van de natuur in Nederland duurzaam wordt beschermd. Daarnaast mogen er op termijn geen milieugerelateerde gezondheidseffecten meer zijn. Om deze vergaande beleidsambities te kunnen realiseren zullen de emissies van met name NO_x, VOS, ammoniak en fijn stof in Nederland met 70-90% moeten worden gereduceerd ten opzichte van 1990. Het NMP4 verwacht daarbij veel van technologische oplossingen (doorbraaktechnologieën). Met de huidige, bekende technologieën zijn dergelijke reductiepercentages in 2030 nauwelijks voorstelbaar. Om de effecten van klimaatverandering het hoofd te kunnen bieden zal de CO₂-emissie in West-Europa de komende decennia met 30-50% moeten afnemen, uitgaande van op termijn gelijke CO₂-emissies per hoofd van de bevolking op mondiale schaal. In vrijwel alle IPCC-scenario's wordt echter een verdere stijging van de CO₂-emissie voorzien. Desondanks lijken er voldoende technologische opties te zijn om een aanzienlijke reductie van de CO₂-emissie te kunnen bewerkstelligen. De kosten van deze opties zijn relatief gering. De voornaamste invoeringsproblemen liggen op het politieke, sociale en institutionele vlak. Het NMP4 bevat ook nieuwe korte-termijn doelstellingen (2010) voor verzuring en geluidhinder. Deze zijn minder vergaand dan de oorspronkelijke NMP3-doelen voor 2010. Realisatie van de 2010-doelen uit het NMP3 in 2020 is voor de emissie van SO₂ voorstelbaar, maar lijkt voor de emissie van VOS problematisch. Het doel voor de NO_x-emissie is met de nu voorstelbare technieken in 2020 niet realiseerbaar. Dit geldt ook voor de emissie van ammoniak.

Een aantal milieuproblemen is hardnekkig

Eén van de hoofdconclusies uit de 5e Nationale Milieuverkenning is dat met het vastgestelde milieubeleid op diverse terreinen weliswaar vermindering van de druk op het milieu kan worden bewerkstelligd, maar dat een aantal hardnekkige milieuproblemen overblijft, waarvan de belangrijkste een internationaal karakter hebben en een verre tijdshorizon (30 tot 100 jaar). Voorbeelden van dergelijke milieuproblemen op de verschillende schaalniveaus zijn:

- Wereldschaal: verlies van biodiversiteit, klimaatverandering, verstoring van de stikstofkringloop en lokale beschikbaarheid van voldoende en kwalitatief goed water.
- Europese schaal: achteruitgang van natuurgebieden en biodiversiteit, het relatief grote aandeel in de mondiale emissies van CO₂, grootschalige luchtverontreiniging door fijn stof en ozon en de effecten daarvan op de volksgezondheid.
- Nationale schaal: verlies aan biodiversiteit in het landelijk gebied (door onder andere het mestprobleem en verdroging van de natuur) en gezondheidsverliezen in het stedelijk gebied gerelateerd aan de kwaliteit van de leefomgeving (luchtkwaliteit, geluidhinder, beschikbaarheid van groene ruimte).

Nederland zal in de komende decennia natuur- en gezondheidseffecten blijven ondervinden van de milieuproblemen op internationale schaal, zoals klimaatverandering, verzuring en grootschalige luchtverontreiniging. Het bestrijden van hardnekkige milieuproblemen vraagt om vergaande maatschappelijke inspanningen. Om voldoende maatschappelijk draagvlak voor deze inspanningen te krijgen zullen diverse sociale, economische en institutionele barrières moeten worden overwonnen.

Transitie-denken als nieuwe benaderingswijze in het milieubeleid

Het NMP4 bevat de beleidsmatige reactie op de conclusies uit de 5e Milieuverkenning. Het beschrijft de ingrijpende (inter)nationale veranderingen en maatregelen die nodig zijn om de hardnekkige milieuproblemen aan te pakken. Een centrale rol daarbij spelen transities: structurele veranderingen in de maatschappij (of een deelsysteem daarvan), waarbij sprake is van op elkaar inwerkende en elkaar versterkende technologische, economische, sociaal-culturele en institutionele ontwikkelingen op verschillende schaalniveaus. Het NMP4 zet de komende decennia in op drie transities, namelijk naar een duurzame energiehuishouding, een duurzaam gebruik van de biodiversiteit en natuurlijke hulpbronnen, en naar een duurzame landbouw. Bij dergelijke doelgerichte transities kan de overheid invloed uitoefenen door bijvoorbeeld een actief investerings- en stimuleringsbeleid gericht op kennis en kennisontwikkeling (R&D). Het aandeel van het Nederlandse R&D-budget in de wereld is circa 2%. Het aandeel van de overheid in het nationale R&D-budget is minder dan de helft. Internationale samenwerking en afstemming, en publiek-private R&D-financiering zijn dan ook onontbeerlijk.

Een duurzame energievoorziening is technologisch en economisch voorstelbaar

Het (richtinggevende) emissiedoel van 30% CO₂-reductie in 2030 ten opzichte van 1990 is zeer ambitieus maar theoretisch gezien haalbaar. Technologisch is het voorstelbaar, maar het vergt zeer grote inspanningen, zowel vanuit de overheid om de randvoorwaarden te scheppen als vanuit de overige economische sectoren om de noodzakelijke maatregelen daadwerkelijk te treffen. Oplossingsrichtingen voor CO₂ reduceren ook andere energiegerelateerde emissies (NO_x, SO₂, fijn stof en VOS). Het meelift-effect (synergie) is echter onvoldoende om het NO_x-emissiedoel in 2030 te bereiken. Het realiseren van het NO_x-doel vereist naast vergaande CO₂-oplossingsrichtingen grootschalige toepassing van geavanceerde energiesystemen, zoals bijvoorbeeld de brandstofcel. Inzet van technologische opties kan tegen relatief geringe kosten voor een aanzienlijke reductie van de energiegerelateerde emissies zorgen. De kosten die in Nederland nodig zijn om de NMP4-beleidsdoelen voor klimaatverandering en verzuring te halen, worden geschat op 1,0-2,5% van het Bruto Nationaal Product in 2030.

Karakteristieke natuurgebieden zijn in Nederland planologisch goed beschermd, karakteristieke open landschappen niet

In 1994 heeft Nederland de Biodiversiteitsconventie uit 1992 (Rio de Janeiro) geratificeerd en vertaald in een Strategisch Plan van Aanpak Biodiversiteit. Uitgangspunt in deze conventie is de internationale verantwoordelijkheid van landen voor karakteristieke natuur, landschappen en soorten. Karakteristieke natuurgebieden in Nederland zijn, ondanks de hoge ruimte- en milieudruk, in vergelijking met omringende landen planologisch gezien goed beschermd. Karakteristieke ecosystemen (zoals de duinen, kustecosystemen en laagvenen) zijn vanuit internationaal perspectief heel kwetsbaar en hun bescherming hangt sterk samen met een effectief beleid in eigen land. Rivier- en heuvellandnatuur zou baat kunnen hebben bij internationale samenwerking en initiatieven buiten ons land. De karakteristieke open landschappen worden in Nederland planologisch gezien onvoldoende beschermd.

In achterstandswijken lijkt de kans op stapeling van ongunstige ruimtelijke, sociale en milieufactoren groter dan elders in Nederland

De kwaliteit van de leefomgeving wordt niet alleen bepaald door de mate van geluidhinder. Ook van belang zijn de kwaliteit van de woning, het uiterlijk en aanzien van de buurt, de

aanwezigheid van ruimte en groen, buren, veiligheid, niveau van voorzieningen (winkels, schouwburg, bibliotheek) en de milieukwaliteit (lucht en bodem). Lokale omstandigheden, met name hoge verkeersemisies, zijn van grote invloed op de gezondheid en veiligheid van bevolkingsgroepen. Er is reden tot zorg over waarden als sociale rechtvaardigheid of de billijkheid van de verdeling van de kwaliteit van de leefomgeving, zowel in ruimtelijk als sociaal opzicht. Er zijn indicaties dat met name in achterstandswijken de kans op stapeling van ongunstige ruimtelijke, sociale en milieufactoren aanzienlijk groter is dan elders.

Stillere autobanden zijn het meest kosteneffectief ter vermindering van de geluidhinder

Generieke, brongerichte maatregelen kunnen een duidelijke vermindering van de geluidproblematiek in Nederland bewerkstelligen. De meest kosteneffectieve maatregel is de invoering van stillere autobanden, aangezien de effecten aanzienlijk zijn en er nauwelijks extra kosten mee zijn gemoeid. Bij een knelpuntgerichte aanpak kan toepassing van dubbellaags ZOAB en plaatsing van nieuwe of verhoging van bestaande geluidschermen langs rijks- en spoorwegen, ervoor zorgen dat vrijwel geen woningen meer zullen bestaan die hogere geluidbelastingen hebben dan 70 dB(A) ten gevolge van rijksweg- en railverkeer. De kosten die hiermee samenhangen bedragen circa 1,5-2 miljard gulden. In vrijwel alle onderzochte gevallen zijn de maatschappelijke baten van generieke, brongerichte maatregelen (bijvoorbeeld stillere banden en stillere voertuigen) hoger dan de kosten. Bij een knelpuntgerichte aanpak (plaatsen van nieuwe of verhogen van bestaande geluidschermen, aanleg dubbellaags ZOAB) is dat niet altijd het geval.

Duurzame bescherming van de natuur in Nederland vraagt om een combinatie van generiek en gebiedsgericht milieubeleid

De ambitie in het NMP4 is om uiteindelijk 95% van de natuur in Nederland duurzaam te beschermen, door inzet van een combinatie van zowel generiek als gebiedsgericht beleid en waar nodig aangevuld met effectgerichte beheersmaatregelen. In 2000 was minder dan 10% van de natuur in Nederland duurzaam beschermd. Bij de realisatie van de Ecologische Hoofdstructuur zou voorrang gegeven kunnen worden aan de aankoop van landbouwencaves in en rond grote eenheden natuur. De milieucondities kunnen dan verbeteren in een gebied dat aanzienlijk groter is dan het aangekochte gebied. Verplaatsing van landbouwbedrijven uit een zone van 500 meter rond natuurgebieden kan leiden tot een vermindering van de lokale stikstofdepositie met maximaal 200 mol per ha per jaar. Daarmee kan het percentage (voor stikstof) beschermde grote eenheden natuur in 2010 worden verhoogd van circa 30% tot boven de 50%. Een meest kosteneffectieve invulling van de verhouding tussen generiek en gebiedsgericht beleid is nog niet goed te geven. Het effect van gebiedsgericht beleid is afhankelijk van de wijze waarop de generieke emissiereductie al heeft plaatsgevonden. Als op langere termijn op grote schaal emissievrije stallen beschikbaar komen wordt gebiedsgericht beleid minder effectief: de locatie van dergelijke stallen is dan immers niet relevant. Hoe sneller gebiedsgerichte maatregelen worden getroffen, hoe groter dus het potentiële effect. Ook zonder generieke verlaging van de achtergronddepositie heeft gebiedsgericht beleid doorgaans een gunstig effect op de natuurbescherming.

Ter bestrijding van verdroging kunnen grondwaterstanden worden verhoogd. Dat zal niet alleen in de natuurgebieden zelf effect hebben, maar ook in de directe omgeving van natuurgebieden. Op in totaal circa 500.000 ha areaal in Nederland kunnen dan vernattingseffecten optreden. Ongeveer de helft daarvan is landbouwgrond die buiten de Ecologische Hoofdstructuur ligt. Hier kan dan sprake zijn van vernattingsschade in de zin van verminderde landbouwopbrengsten.

De kans dat per ongeluk gevaarlijke nieuwe micro-organismen worden geïntroduceerd, lijkt zeer gering

Problemen op het terrein van 'gezond en veilig' hangen samen met milieugerelateerde gezondheidsrisico's, voedselkwaliteit, kwaliteit van drink- en zwembadwater en externe veiligheidsrisico's van maatschappelijke activiteiten (zoals transport over de weg, per rail en door de lucht, industriële bedrijvigheid en opslag van gevaarlijke stoffen). Het milieugerelateerde gezondheidsverlies, uitgedrukt als het aantal verloren gezonde levensjaren, is in Nederland ongeveer 2-5% van de totale gezondheidsverliezen. Vooral door de vergrijzing zal het gezondheidsverlies door luchtverontreiniging de komende decennia toenemen. Het transport van gevaarlijke stoffen over de weg en het luchtverkeer leveren een veel grotere bijdrage aan het rampenpotentieel in Nederland dan de bedrijven die verplicht zijn een externe veiligheidsrapport (EVR) uit te brengen.

Naast bewezen milieugerelateerde gezondheidsrisico's zijn er diverse nog onbewezen maar niet uit te sluiten risico's voor de volksgezondheid. Voorbeelden zijn de mogelijke gezondheidseffecten van micro-organismen, hormoonontregelende stoffen (oestrogenen), genetisch gemanipuleerde organismen, hoogspanningslijnen, en GSM-apparatuur en -zendmasten. De komende decennia zullen micro-organismen en infectieziekten (zoals AIDS, tuberculose en malaria) nog volop aandacht en inzet vragen van de gezondheidszorg, wetenschappers en politici. De steeds verdere ontsluiting van de wereld ('global village') zal nog vele acute bedreigingen opleveren in de vorm van plotselinge ziektegevallen op plekken waar ze niet worden verwacht. Ook zullen tot nu toe onbekende infectieziekten opduiken. De ervaring leert dat er goede mogelijkheden zijn om adequaat te reageren. De kans dat (biomedische) laboratoria per ongeluk gevaarlijke nieuwe micro-organismen zouden kunnen introduceren lijkt zeer gering; een grotere bedreiging lijkt uit te gaan van bioterrorisme. Het mogelijke aantal extra gevallen van leukemie bij kinderen als gevolg van het wonen in de nabijheid van hoogspanningslijnen, wordt geschat op 0,2 tot 1 per jaar op een totaal van circa 110 nieuwe gevallen per jaar.

Inleiding

Dit rapport is bedoeld als bijlage bij het in september 2001 verschenen *'Bouwstenen voor het NMP4' – aanvulling op de Nationale Milieuverkenning 5* (rapport nr. 408 129 022). Dit boek bevat het materiaal dat door het RIVM is geleverd ter ondersteuning van de totstandkoming van het Vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4), dat in juni verscheen. Onderzoek waar in *'Bouwstenen voor het NMP4'* naar verwezen wordt maar wat nog niet eerder gepubliceerd was staat nu in dit Bijlagen-rapport. Het betreft hier nadere informatie - inclusief gedetailleerd cijfermateriaal - over de onderwerpen verzuring, geluidhinder, synergie tussen klimaatverandering en verzuring, en ammoniak- en gebiedenbeleid.

In het NMP3 is aangekondigd dat de 2010-doelstellingen voor zowel verzuring als geluidhinder zouden worden herijkt. Bij beide herijkingsprojecten is het RIVM nauw betrokken geweest en zijn kosteneffectiviteitsberekeningen van mogelijke aanvullende maatregelen voor het jaar 2010 gemaakt. De belangrijkste resultaten van deze berekeningen zijn in het Bouwstenen-rapport meegenomen, onder verwijzing naar de betreffende RIVM-rapporten. In **hoofdstuk 1** (H. Eerens en A. van Hinsberg) van dit rapport wordt achtergrondinformatie gegeven omtrent de bepaling van verzurende depositie. In **hoofdstuk 2** (H. Nijland en J. Jabben) wordt nader ingegaan op de kosten en baten van met name brongerichte geluidmaatregelen. **Hoofdstuk 3** (R. van den Wijngaart) biedt achtergronden bij de onderbouwing van de synergie in het beleid voor CO₂-reductie enerzijds en NO_x-reductie anderzijds. Deze stoffen kunnen met afzonderlijk beleid worden aangepakt, maar het blijkt dat een geïntegreerde aanpak een synergetisch effect biedt, wat kansen biedt voor beleidsmakers die zich op de doelstellingen voor beide stoffen richten. Het Natuurplanbureau (bestaande uit het RIVM in samenwerking met de Stichting DLO) heeft begin 2001 nadere achtergrondinformatie geboden aan het zogeheten Natuuroffensief van de Staatssecretaris Natuurbeheer van het ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij. De milieugerelateerde conclusies van die ondersteuning zijn in het Bouwstenen-rapport eveneens meegenomen, waarbij wordt verwezen naar de betreffende Natuurplanbureau-publicatie. In dit Bijlagen-rapport wordt in **hoofdstuk 4** (A. van Pul) dieper ingegaan op de effecten van verplaatsing van agrarische ammoniakemissies, ten einde natuurgebieden meerbescherming te bieden op weg naar een verwezenlijking van de natuurbeschermingsambities.

De tijdens het NMP4-proces ingebrachte informatie is niet evenwichtig over de verschillende milieuthema's verdeeld. De kennisbehoefte die bij de NMP-departementen gedurende het proces bleek te bestaan, was bepalend voor de aandacht voor een thema of aandachtsveld.

In mei 2002 (uiterlijk) zullen weer nationale verkiezingen plaatsvinden. De minister van VROM heeft aan de partijen uit de Tweede Kamer aangeboden om - net zoals in 1994 en 1998 is gebeurd - hun partijprogramma door het RIVM te laten doorrekenen op milieu-effecten en kosten. Met het uitbrengen van dit Bouwstenen-rapport maakt het RIVM het materiaal dat in het NMP4-proces is ingebracht ook toegankelijk voor de politieke partijen. Zij kunnen van dit materiaal gebruik maken bij het verder invullen van de milieuparagraaf uit hun verkiezingsprogramma. Dit RIVM-rapport *'Bouwstenen voor het NMP4: Bijlagen'* dient als verdere, veelal kwantitatieve, onderbouwing van de conclusies uit de hoofdpublicatie (zie hiervoor de samenvatting).

1. Verzuring

H. Eerens en A. van Hinsberg

1.1 Percentages bescherming voor gecombineerde functies

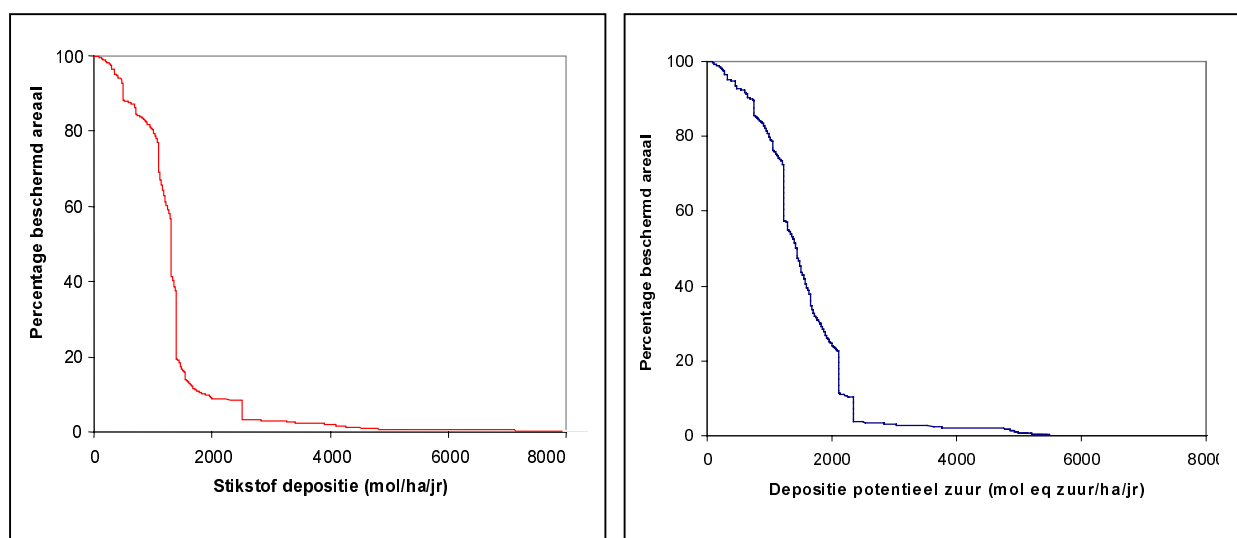
Bijlage bij de paragrafen 3.3 en 6.3 uit 'Bouwstenen voor het NMP4'

Achtergrond van de berekening van de percentages beschermde ecosystemen tegen potentieel zuur en stikstof.

Inleiding

In het kader van de evaluatie van de verzuringsdoelstellingen zijn schattingen gemaakt van het percentage van het areaal aan beschermde land-ecosystemen tegen depositie van stikstof en potentieel zuur (Albers *et al.*, 2001; Beck *et al.*, 2001; De Vries *et al.*, 2000). Zie voor de resultaten figuur 1.1.

De landecosystemen van Nederland zijn gekarakteriseerd op basis van informatie over o.a. bodem, hydrologie en vegetatie(structuur). Resultaat is een kaart van de kritische depositieniveaus voor gelijktijdige bescherming van bodemkwaliteit, grondwaterkwaliteit, wortelgroei, boomgroei en soortensamenstelling van ecosystemen, inclusief gevoelige systemen als vennen. Elk van deze elementen afzonderlijk heeft een eigen, specifieke kritische depositie. De gecombineerde kaart geeft voor elke 1 x 1 km locatie het minimum van de specifieke kritische deposities.



Figuur 1.1 Percentage beschermd areaal voor alle onderscheiden functies (bodemkwaliteit, grondwaterkwaliteit, wortelgroei, boomgroei en soortensamenstelling van ecosystemen (incl. vennen). De linker figuur geeft de kritische niveaus voor stikstofdepositie. De rechter figuur geeft de kritische niveaus voor de depositie van potentieel zuur.

De schatting van het percentage beschermd areaal, zoals weergegeven in figuur 1.1, is berekend als het percentage van het totaal aantal (land)ecosystemen op het niveau van 1 x 1 km cellen, waarin de minimale kritische depositie niet zou worden overschreden bij een bepaald depositieniveau bereikt over héél Nederland.

Interpretatie

De ambitie van het natuurbeschermingsbeleid is dat op termijn 95% van de natuur in Nederland duurzaam beschermd is. In de curves is te zien dat bij depositieniveaus van circa 300-500 mol N/ha/jaar en circa 300-600 mol zuur-equivalenten/ha/jaar de meest gevoelige ecosystemen beschermd zijn volgens deze ambitie. In verschillende onderzoeken worden vergelijkbare minimum niveaus genoemd (zie referenties in Posch *et al.*, 1995 en Bobbink *et al.*, 1996). Het areaal dat (procentueel) bij een bepaald depositieniveau beschermd wordt is afhankelijk van de gehanteerde natuurdoelstellingen en van de gebruikte berekeningsmethodieken. Uit de figuur kan worden afgelezen dat deze lokale depositieniveaus, uitgaande van de huidige natuur, betrekking hebben op ongeveer 5% van het areaal aan land-ecosystemen. Bij het afleiden van duurzame doelstellingen voor (i) het benodigde *landelijke* depositieniveau, uitgaande van een beoogd areaal beschermde natuur, of (ii) het areaal beschermde natuur bij een beoogd landelijk depositieniveau, moet met een aantal aspecten rekening worden gehouden:

- **De gehanteerde natuurdoelstelling.** De figuur verandert met de omvang, type en locatie van de in Nederland nagestreefde (natuur)doelstelling en met het deel daarvan wat (met de bestaande methodieken) in beschouwing kan worden genomen in de analyse. De curve in figuur 1.1 is gebaseerd op de thans in Nederland aanwezige land-ecosystemen, inclusief de gevoelige vennen. Een aantal van deze ecosystemen zal van nature geleidelijk veranderen, zoals bijvoorbeeld gebeurt bij het dichtgroeien van vennen en het verbossen van heide. Wanneer het behoud van die systemen een harde doelstelling is, zijn zeer lage depositieniveaus en/of effectgerichte maatregelen een vereiste. Momenteel wordt door de gezamenlijke provincies gewerkt aan het opstellen van een landelijke kaart van natuurdoelstellingen in termen van arealen van natuurdoeltypen. Een curve gebaseerd op deze natuurdoeltypekaart zal er anders uit komen te zien. Datzelfde geldt ook als bijvoorbeeld de aquatische natuurdoelen in beschouwing worden genomen.
- **De beschouwde variatie in lokale omgevingsfactoren.** Lokale omgevingsfactoren (zoals beheer, hydrologie, kationen-depositie, etc.) beïnvloeden de hoogte van de gevoeligheid (dus van de kritische depositieniveaus) van ecosystemen. De lokale omgevingsfactoren zijn niet altijd in de analyse betrokken, hetgeen van invloed is op de vorm van de curve. Zo is voor berekening van de kritische depositieniveaus voor soortensamenstelling van vegetaties uitgegaan van een landelijk gemiddelde waarde voor de depositie van basische kationen (Albers *et al.*, 2001). Doorrekenen van de toegestane kritische depositie, gebaseerd op de actuele ruimtelijke gedetailleerde depositie van basische kationen en rekening houdend met de dalende trend, zal de vorm van curve veranderen. Ook ruimtelijke variatie in grondwaterstand kan de kritische depositie van sommige ecosystemen beïnvloeden. Ruimtelijke variatie in de huidige situatie is, voor zover mogelijk, in de analyse betrokken. Verdrogingsbeleid en eventuele autonome ontwikkelingen in grondwaterstand zijn echter niet meegenomen. De invloeden van SO_x-, NH_x-, en NO_x-depositie zijn niet altijd onderling uitwisselbaar, in de afleiding van de figuur zijn echter vaste verhoudingen gebruikt (huidige situatie op basis van informatie over 1995). Een emissiebeleid waarmee de drie stoffen niet in gelijke

mate worden gereduceerd, heeft zijn weerslag op de berekende kritische belasting en daarmee op de vorm van de curve.¹

- **De gebruikte methodieken en data.** Bij gebruik van de figuren moet tevens rekening gehouden worden met onzekerheden in zowel de kritische depositieniveaus als in de areaal schattingen. Kritische depositie niveaus kennen onzekerheden als gevolg van data, methoden en beschermingscriteria (zie Albers *et al.*, 2001; De Vries *et al.*, 2000). Daarnaast wordt de nauwkeurigheid van de schatting van het areaal van (land)ecosystemen beperkt door de rekenmethodiek.²

Gezien bovenstaande kanttekeningen en het feit dat de relaties tussen het depositieniveau en het percentage bescherming soms erg steil is past enige voorzichtigheid bij de interpretatie van figuur 1.1 (enkele percentages bescherming verschil kunnen grote invloed hebben op het afgelezen depositieniveau en omgekeerd). Bij lokale depositieniveaus van circa 300-500 mol N /ha/jaar en circa 300-600 mol zuur-equivalenten /ha/jaar zijn met name de volgende ecosystemen (zonder aanvullend effectgericht beheer) niet meer volledig beschermd:³

- vennen
- open schrale gronden en graslanden
- levend hoogveen en natte heide
- zeer voedselarme bossen

Bij hogere lokale depositieniveaus (500-600 mol N /ha/jaar, en 600-800 mol zuur-equivalenten /ha/jaar, overeenkomend met een beschermingsniveau van ca. 90% in figuur) neemt het areaal onbeschermd in bovengenoemde ecosystemen toe en worden ook de volgende ecosystemen niet meer totaal beschermd:

- droge schraal graslanden op m.n. zandgronden
- rivierduin
- andere typen schraalgrasland
- droog duingrasland en open duin
- voedselarme duinvalleien

Bovenstaande ecosystemen bevatten veel (doel)soorten, waarvan bescherming ook in internationaal verband van belang is (Bal *et al.*, 1995). Kwalitatieve taakstellingen, betreffende beoogd arealen, zijn opgenomen in de nota 'Ecosystemen in Nederland' (LNV, 1995) en de nota 'Natuur, bos en landschap in de 21e eeuw' (LNV, 2000).

¹ Ter illustratie: uitvoering van het Gothenburg protocol voorziet een forsere afname van NO_x dan van NH₃. Ten opzichte van 1995 neemt de emissieratio af van 2,7 naar 2,1. Het emissieaandeel van NO_x en NH₃ ten opzichte van SO₂ neemt juist toe van circa 4,8 naar 8.

² Aangenomen is dat de berekende minimale kritische depositie representatief is voor de kritische depositie van de gehele 1 x 1 km-cellen met daarin een te beschouwen (land)ecosysteem. Opgemerkt moet worden dat het areaal aan natuur binnen veel 1 x 1 km-cellen echter geringer is dan 1 km².

³ Indien gekozen wordt voor een gemiddeld beschermingsniveau per ecosysteem dan komt de toegestane depositieniveau wat hoger uit. Circa 100 mol N /ha/jr voor de stikstofdepositie erbij en geen aanpassing voor de potentiële zuur depositie voor het 90% beschermingsniveau en circa 100 mol zuur-equivalenten /ha/jr erbij voor het 95% beschermingsniveau.

1.2 Kosten emissiereducties van verzurende stoffen

Bijlage bij paragraaf 3.3.2 uit 'Bouwstenen voor het NMP4'

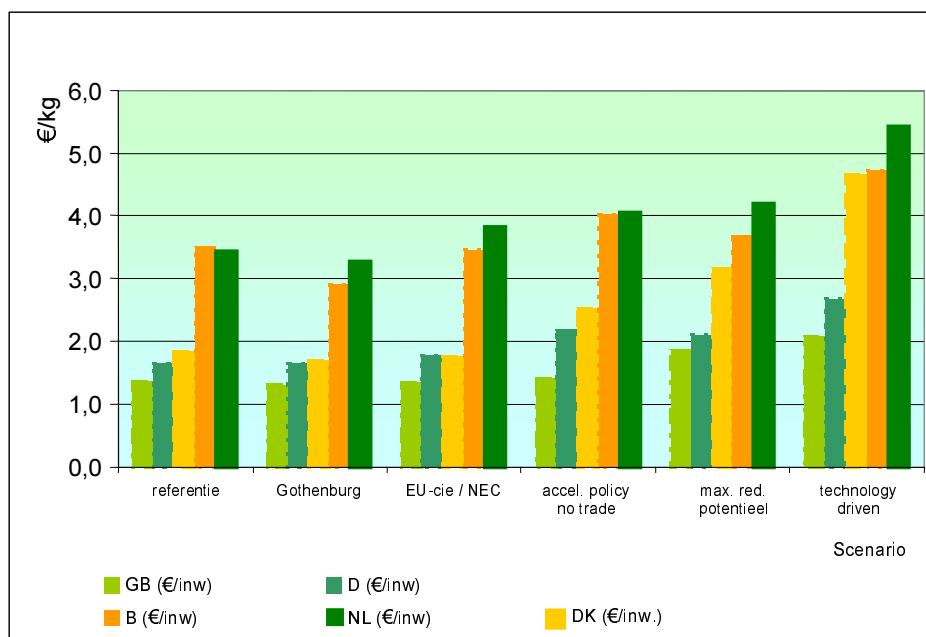
Overzicht marginale kosten van emissiereducties van verzurende stoffen in diverse scenario's voor Nederland en de omringende buitenlanden.

In deze paragraaf is voor Nederland en het omringende buitenland voor een aantal maatregelpakketten/scenario's een overzicht gegeven van de daarin te realiseren emissiereducties met de daarmee verbonden extra jaarlijkse kosten (in €/kg, meerkosten ten opzichte van 1990), zoals bepaald met het RAINS-model.

Twaalf scenario's zijn beschreven en gekoppeld met maatregelpakketten doorgerekend (EFTEC/RIVM, 2001):

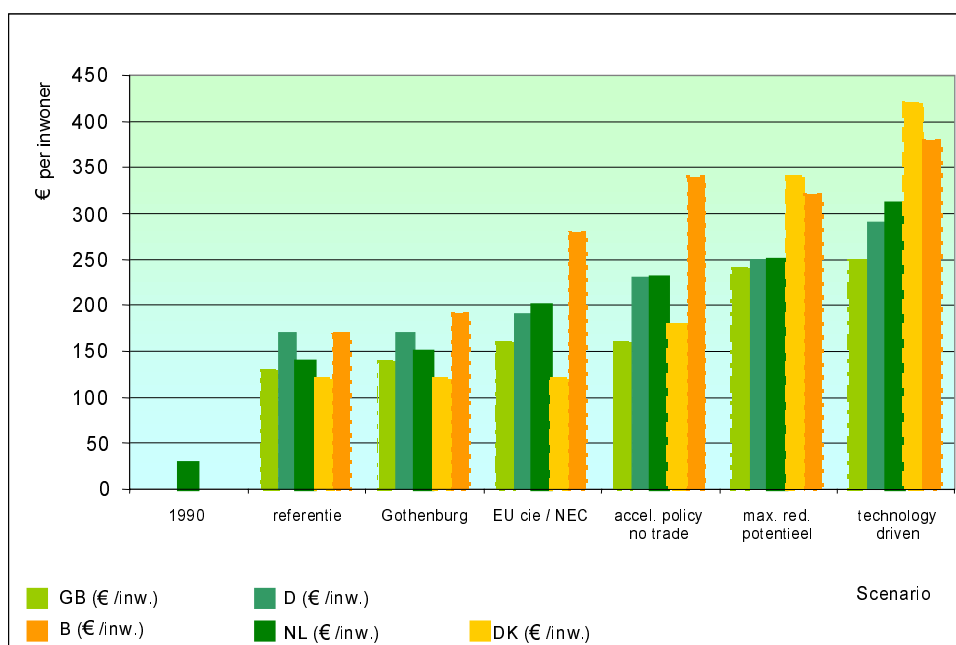
- **Ref:** de referentie situatie bij ongewijzigd beleid.
- **GC:** Global Competition, zoals beschreven in de vijfde milieuverkenning
- **EC:** European Coordination, zoals beschreven in de vijfde milieuverkenning.
- **BL:** Baseline scenario zoals toegepast in de Europese prioriteiten studie.
- **Gt:** de emissieplafonds zoals afgesproken bij ondertekening door de Europese ministers van het UN/ECE protocol in December 1999 in Gothenburg.
- **G5/2rev:** het meest kosten-effectief reductie scenario, zoals berekend door het RAINS model.
- **NECprop:** door de Europese commissie voorgestelde emissieplafonds (ref), afgeleid van het G5/2rev scenario.
- **AP.NC:** Accelerated Policies zonder extra klimaatbeleid zoals beschreven in de Europese prioriteiten studie.
- **AP.FT:** Accelerated Policies, realisatie Kyoto doelstelling waarbij is uitgegaan van verhandelbare emissierechten en implementatie van emissiereducties buiten de EU, zoals beschreven in de Europese prioriteiten studie.
- **AP.NT:** Accelerated Policies, realisatie Kyoto doelstelling waarbij is uitgegaan dat alle emissiereductie binnen de EU dienen te worden gerealiseerd, zoals beschreven in de Europese prioriteiten studie.
- **TD:** Technology Driven, scenario waarbij alle technisch mogelijke maatregelen worden ingezet, zoals beschreven in de Europese prioriteiten studie.
- **MFR:** Maximum Feasible Reduction, door EU landen opgegeven maximum redelijk geachte emissiereductie potentieel.

Nederland en het omringende buitenland hebben zich volgens het Gothenburg Protocol verplicht om tussen 1990 en 2010 bijna 60% van de mogelijk te maken kosten (gebaseerd op het maximum technisch potentieel, MFR, zoals aangemeld door de landen) uit te gaan geven om de emissiedoelstellingen te realiseren. Dit betekent dat Nederland per kg vermeden emissie hierbij meer kosten maakt (> 30%) dan de omringende buitenlanden (zie figuur 1.2). Wanneer de kosten per inwoner worden vergeleken, dan zijn de kosten voor Nederland juist lager dan gemiddeld (zie figuur 1.3). Vergeleken met 1990 investeren België en Duitsland het meeste geld per inwoner om het Gothenburg protocol te realiseren. Om vervolgens het maximaal technisch potentieel te realiseren komen per inwoner de hoogste kosten voor bij Denemarken en België. Voor het volledig realiseren van dit technisch potentieel nemen de gemiddelde kosten per kg vermeden emissie voor alle NW-Europese landen gemiddeld met bijna een factor 3 toe.



Figuur 1.2 Jaarlijkse extra kosten (t.o.v. 1990) per kg vermeden emissie voor diverse scenario's voor 2010.

De beleidsopgave zoals geformuleerd in het NMP4 gaat in termen van emissies verder dan hetgeen het omringende buitenland zich gesteld ziet, indien zij dezelfde effectdoelstellingen zouden nastreven. Uit de tabellen blijkt dat bij uitvoering van het maximaal reductiepotentieel scenario (MFR) de emissiedruk in kg/inwoner voor Nederland met het omringende buitenland vergelijkbare waarden oplevert. De emissiedruk uitgedrukt in kg per km² landoppervlak is voor Nederland een factor twee tot drie hoger dan het gemiddelde voor de in de tabel genoemde landen. Dit resultaat hangt samen met de fors hogere bevolkingsdichtheid in Nederland.



Figuur 1.3 Jaarlijkse extra kosten (t.o.v. 1990) per inwoner voor diverse scenario's voor 2010.

Tabel 1.1 Nederland 2010: 16,5 miljoen inwoners

scenario	NO _x	VOS	NO _x /VOS	kosten	SO ₂	SO ₂	kosten	NH ₃	NH ₃	kosten	totaal kosten	
	kton	kton	€/kg	milj. €	kton	€/kg	milj. €	kton	€/kg	milj. €	€ (10 ⁶)	€/inw.
1990	590	490	-	-	200	-	-	230	-	-	460	29
1999	410	280			100			170			830	52
2010-ref	280	230	3,0	1700	73	2,6	340	140	2,1	200	2700	170
2010-GC	290	220			72			140				
2010-EC	270	190			65			160				
2010-BL	270	250	4,0	2300	84	2,4	290	140	3,2	300	3300	200
2010-Gt	270	190	2,9	1800	50	2,4	360	130	2,8	290	2900	180
2010-G5/2rev	270	160	2,7	1800	50	2,4	360	110	6,9	870	3500	220
2010-NECprop	240	160	2,8	1900	50	2,4	360	100	7,4	940	3700	230
2010-AP.NC	240	160	4,0	2700	50	3,1	480	110	8,7	1100	4700	290
2010-AP.FT	230	160	3,9	2700	43	2,6	410	110	8,4	1050	4600	280
2010-AP.NT	190	150	3,2	2400	39	2,0	330	110	7,9	980	4200	250
2010-TD	170	160	4,5	3400	49	2,3	360	110	11,0	1400	5600	340
2010-MFR	130	140	3,3	2700	46	2,3	360	110	8,5	1050	4600	280
2030-GC	340	250			77			130				
2030-EC	280	210			60			140				
kosten t.o.v. 1990					kosten t.o.v. 1990			kosten t.o.v. 1990			kosten incl. 1990 situatie	

Tabel 1.2 Denemarken 2010: 5,3 miljoen inwoners

scenario	PM10	NO _x	VOS	NO _x /VOS	kosten	SO ₂	SO ₂	kosten	NH ₃	NH ₃	kosten	totaal kosten	
	kton	kton	kton	€/kg	milj. €	kton	€/kg	milj. €	kton	€/kg	milj. €	€ (10 ⁶)	€/inw.
1990	31	280	180	-	-	-	-	-	77	-	-		
1996	24	290	130						99				
2010-ref		130	85	2,0	480	1,5	140	140	72	0,0	0	620	120
2010-BL	21	160	95	3,7	760	1,9	170	170	72	0,0	0	930	180
2010-Gt/EC	16	130	85	2,0	480	1,2	160	160	69	0,3	2	640	120
2010-G5/2rev		110	85	1,9	490	1,2	150	150	69	0,3	2	650	120
2010-NECprop		130	85	2,0	480	1,4	140	140	71	0,0	0	630	120
2010-AP.NC	10	150	86	3,4	760	2,2	200	200	71	0,0	0	960	180
2010-AP.FT	21	140	86	3,2	720	1,8	170	170	71	0,0	0	860	170
2010-AP.NT	19	140	85	3,2	750	1,4	180	180	71	0,0	0	930	180
2010-TD	15	110	67	3,8	1050	1,8	280	280	40	24	880	2200	420
2010-MFR		49	49	2,3	810	1,7	280	280	40	19	690	1800	340
2030-GC	15	150	85						57				
2030-EC	15	130	84						58				
kosten t.o.v. 1990					kosten t.o.v. 1990			kosten t.o.v. 1990			kosten incl. 1990 situatie		

Tabel 1.3 België in 2010: 10,0 miljoen inwoners

scenario	PM10	NO _x	VOS	NO _x /VOS	kosten	SO ₂	SO ₂	kosten	NH ₃	NH ₃	kosten	totaal kosten	
	kton	kton	kton	€/kg	milj. €	kton	€/kg	milj. €	kton	€/kg	milj. €	€ (10 ⁶)	€/inw.
1990	70	350	374			340	-	-	97				
1996	66	330	304			240			97				
2010-ref		190	193	3,7	1300	190	3,0	430	96	0,0	0	1700	170
2010-BL	61	200	206	5,2	1600	84	1,9	470	96	0,0	0	2100	210
2010-Gt	49	180	144	3,3	1300	110	2,1	470	74	4,0	93	1900	190
2010-G5/2rev		130	103	3,5	1700	75	2,1	550	60	8,4	312	2600	260
2010-NECprop		130	102	3,5	1700	75	2,1	550	57	11,7	467	2800	280
2010-AP.NC	34	120	101	4,5	2300	75	2,2	590	60	10,7	396	3300	330
2010-AP.FT	48	110	100	4,5	2300	70	2,0	550	69	6,7	187	3000	300
2010-AP.NT	47	100	97	5,2	2800	60	1,5	420	69	6,7	187	3400	340
2010-TD	41	120	106	4,9	2400	75	2,6	680	57	15,8	632	3800	380
2010-MFR		80	85	3,8	2100	60	2,3	630	57	12,4	496	3200	320
2030-GC	50	200	141			130			63				
2030-EC	48	180	140			130			63				
				kosten t.o.v. 1990			kosten t.o.v. 1990			kosten t.o.v. 1990		kosten incl. 1990 situatie	

Tabel 1.4 Duitsland in 2010: 83,6 miljoen inwoners

scenario	PM10	NO _x	VOS	NO _x /VOS	kosten	SO ₂	SO ₂	kosten	NH ₃	NH ₃	kosten	totaal kosten	
	kton	kton	kton	€/kg	milj. €	kton	€/kg	milj. €	kton	€/kg	milj. €	€ (10 ⁶)	€/inw.
1990	1250	2700	3100	-	-	5300	-	-	760	-	-		
1996	450	1800	1800			1500			650				
2010-ref		1200	1100	3,2	11000	580	0,7	3300	570	0,0	0	14000	170
2010-BL	650	1400	1300	4,5	14000	740	0,6	2500	670	0,0	0	16000	190
2010-Gt	640	1080	1000	3,0	11000	550	0,7	3300	550	0,1	15	14000	170
2010-G5/2rev		1080	1000	3,0	11000	460	0,7	3500	410	2,4	840	15000	180
2010-NECprop		1050	920	3,1	12000	460	0,7	3500	410	2,4	850	16000	190
2010-AP.NC	180	1000	960	4,2	16000	410	1,0	4700	450	2,2	680	21000	250
2010-AP.FT	440	970	970	3,9	15000	370	0,9	4300	470	1,6	460	20000	240
2010-AP.NT	370	1000	970	3,9	15000	400	0,8	4100	470	1,4	400	20000	230
2010-TD	230	910	990	4,6	18000	450	0,8	3700	350	5,7	2300	24000	290
2010-MFR		620	640	3,3	15000	310	0,8	3800	350	4,4	1800	21000	250
2030-GC	510	1200	980			490			460				
2030-EC	580	1100	970			600			460				
				kosten t.o.v. 1990			kosten t.o.v. 1990			kosten t.o.v. 1990		kosten incl. 1990 situatie	

Tabel 1.5 Verenigd Koninkrijk in 2010: 60,2 miljoen inwoners

scenario	PM10	NO _x	VOS	NO _x /VOS	kosten	SO ₂	SO ₂	kosten	NH ₃	NH ₃	kosten	totaal kosten	
	kton	kton	kton	€/kg	milj. €	kton	€/kg	milj. €	kton	€/kg	milj. €	€ (10 ⁶)	€/inw.
1990	240	2800	2700	-	-	3800	-	-	330	-	-		
1996	200	1800	2000			1700			200				
2010-ref		1200	1400	2,3	6700	980	0,4	1300	300	0,0	0	8000	130
2010-BL	140	1200	1300	2,6	8000	980	0,5	1300	300	0,0	0	9300	160
2010-Gt	140	1200	1200	2,2	6900	630	0,4	1400	300	0,0	0	8300	140
2010-G5/2rev		1200	1100	2,2	7000	500	0,5	1600	260	0,4	23	8600	140
2010-NECprop		1050	920	2,2	7700	460	0,5	1600	260	0,4	23	9300	160
2010-AP.NC	71	1200	1000	2,7	8800	460	0,5	1600	260	0,4	29	10000	170
2010-AP.FT	120	1100	1000	2,6	9700	420	0,4	1400	270	0,3	15	10000	170
2010-AP.NT	110	1100	1100	2,5	8300	380	0,4	1300	270	0,3	15	9700	160
2010-TD	85	730	960	3,2	12000	380	0,6	2000	220	8,8	980	15000	250
2010-MFR		520	840	2,7	11000	280	0,8	27000	220	6,9	770	15000	240
2030-GC	140	1300	1200			550			140				
2030-EC	130	1200	1200			700			130				
				kosten t.o.v. 1990			kosten t.o.v. 1990			kosten t.o.v. 1990		kosten incl. 1990 situatie	

1.3 Vergelijking van de data voor het huidige beleid uit RAINS met Vijfde Milieuverkenning

Bijlage bij paragraaf 3.3 uit 'Bouwstenen voor het NMP4'

Vergelijking van kosteneffectiviteit van het verzuringsbeleid op basis van verschillende bronnen.

In de Vijfde Milieuverkenning (MV5) zijn voor Nederland kosteneffectiviteitscurves gemaakt voor het huidige verzuringsbeleid (gericht op NO_x, SO₂ en NH₃) voor 2020 ten opzichte van 1995 (RIVM, 2000). Voor NO_x bedragen de gemiddelde bestrijdingskosten van dit beleid in 2010 ten opzichte van 1995 dan circa fl. 8,50 per kilo, ofwel bijna € 4 per kg NO_x. Voor SO₂ bedragen de kosten dan circa € 0,5 per kg SO₂. Vanwege verschillen met de door het model RAINS gegenereerde cijfers (zie paragraaf 1.2) is er een vergelijking uitgevoerd tussen de RAINS-cijfers en de MV5-cijfers. In tabel 1.6 staat een overzicht van de kosteneffectiviteit van het huidige verzuringsbeleid zoals door de verschillende methoden wordt aangegeven. Bij deze vergelijking geldt als belangrijke complicerende factor dat in de MV5 de additionele kosten en effecten voor 2010 zijn bepaald ten opzichte van 1995 (het basisjaar van de gehanteerde lange termijn scenario's), terwijl in RAINS de additionele kosten en effecten in 2010 ten opzichte van 1990 worden bepaald.

Tabel 1.6 Kosteneffectiviteit van het huidige verzuringsbeleid in 2010 in Nederland volgens RAINS en Milieuverkenning 5 (MV5), in €/kg.

	NO _x /VOS	NO _x	SO ₂
RAINS 2010 ref. t.o.v. 1990	3,3		2,7
MV5 2010 t.o.v. 1995		3,9	0,5

Globale vergelijking van de data uit MV5 met de gepresenteerde uitkomsten van RAINS laat zien dat voor NO_x de kosten per kg om tot de referentiesituatie in 2010 te komen redelijk overeen komen. Dat de in MV5 geraamde gemiddelde kosten per kg NO_x wat hoger zijn dan de uitkomsten van RAINS voor NO_x en VOS samen, lijkt niet onlogisch. Enerzijds omdat de genomen maatregelen tussen 1990 en 1995 gemiddeld genomen relatief goedkoop zijn in vergelijking met de nog te nemen maatregelen, anderzijds omdat de gemiddelde kosten voor de bestrijding van één kg NO_x in 2010 naar verwachting wat hoger zijn dan voor één kg VOS.

Voor SO₂ liggen de geraamde kosten van het huidige beleid per kg om tot de referentiesituatie in 2010 te komen bij RAINS bijna een factor 6 hoger dan de in de MV5 berekende waarden. Een belangrijke verklaring voor dit verschil is het feit dat in RAINS bij de raffinaderijen wordt uitgegaan van het implementeren van rookgasreinigingsinstallaties in 2010 met een efficiency van 98%. In Nederland zal echter waarschijnlijk worden gekozen voor de meer kosteneffectieve optie om over te gaan naar laag zwavelige brandstoffen en gas in combinatie met het vergassen van de zware olie met een hoog zwavelgehalte. Aangezien dit in feite een wijziging betekent op het energiescenario dat gebruikt wordt in RAINS, is er voor gekozen dit niet aan te passen in RAINS. Overigens zijn de huidige bestrijdingskosten uit RAINS voor SO₂ ook fors hoger dan door de IIASA geraamd in 1998: bij toenmalige berekeningen bedroegen de geraamde kosten nog circa € 0,7 per kg SO₂ voor 2010, wat veel beter overeenkomt met de resultaten uit de MV5. Geconcludeerd mag dan ook worden dat de € 2,7 per kg SO₂ in 2010 uit RAINS voor Nederland een overschatting van de kosten is.

Op basis van de data uit de MV5 kunnen de gegevens in het RAINS model worden geactualiseerd.

1.4 Haalbaarheid emissiedoelen in 2020

Bijlage bij paragraaf 3.3.3 uit 'Bouwstenen voor het NMP4'

Mogelijkheden van emissiereductie voor enkele verzurende stoffen voor het jaar 2020, voorstelbaarheid van de doelen van het verzuringsbeleid.

Voor het NMP4 is een berekening gemaakt van de gevolgen van het voorstel om de emissiedoelen voor verzurende stoffen uit het NMP3, die gelden voor 2010, pas in 2020 te realiseren. Realisatie van de 2010-doelen uit het NMP3 in 2020 is voor de emissie van SO₂ voorstelbaar, maar lijkt voor de emissie van VOS problematisch. Het doel voor de NO_x-emissie is met de nu voorstelbare technieken in 2020 niet realiseerbaar.

In het NMP3 zijn emissiedoelen voor 2010 opgenomen voor verzuring en grootschalige luchtverontreiniging: 40 kton SO₂, 120 kton NO_x, 54 kton NH₃ en 117 kton VOS. Deze doelen zullen ook bij uitvoering van het maximaal technisch potentieel (MFR) in 2010 niet haalbaar zijn. In de analyse is nagegaan in hoeverre realisatie van de NMP3-doelstellingen in 2020 technisch voorstelbaar en betaalbaar is. De inschatting hiervan kan worden gezien als een eerste indicatie van de voorstelbaarheid van de richtinggevende doelen voor 2030, zoals die uit de NMP4-ambities zijn afgeleid. Voor een toelichting op de voorstelbaarheid van de ammoniak-doelstelling wordt verwezen naar hoofdstuk 6 'Natuur en landbouw' in 'Bouwstenen voor het NMP4' (RIVM, 2001a). Onderstaande toelichting is hiervan een samenvatting. Zie tabel 1.7 voor een overzicht.

Zwavel dioxide (SO₂)

Voor SO₂ levert het realiseren van een emissieniveau van 40 kton in 2020 geen technische problemen op. Volledige vervanging van de inzet van kolen door aardgas en biomassa in elektriciteitscentrales en vervanging van olie door gas als brandstof in raffinaderijen vergt enkele tientallen miljoenen gulden, maar is voor een deel al in gang gezet. Verdere verlaging van het zwavelgehalte in dieselolie (in Europees verband), extra maatregelen in chemie en metaal en internationale maatregelen ter verlaging van het zwavelgehalte in bunkerolie voor schepen leveren voldoende emissiereductie op om een emissie van 40 kton te halen. De meerkosten bedragen ongeveer 100 miljoen gulden per jaar.

Stikstofoxiden (NO_x)

De emissie van NO_x zou in 2020 rond de 175-185 kton kunnen uitkomen met toepassing van bestaande technieken, zoals SCR (selectieve katalytische reductie) in binnenvaart en zeevaart, *ultra-low-NO_x*-branders dan wel SCR in industrie en centrales, efficiëntere en nog schonere verwarmingsketels en toepassing van de meest efficiënte technologie in auto's, brommers en overige mobiele werktuigen. De kosten hiervoor bedragen indicatief ruim 500 miljoen gulden per jaar. Vrijwel alle technische maatregelen vergen een Europese aanpak. Het NMP3-doel van 120 kton in 2010 lijkt dus ook in 2020 niet haalbaar. Technisch gezien is het voorstelbaar op de langere termijn, maar de implementatie in 2020 is onwaarschijnlijk, deels vanwege de noodzakelijke technologische doorbraken (zoals het overwinnen van technologische drempels bij de toepassing van brandstofcellen) en deels vanwege te voorziene bestuurlijke obstakels (onder andere de noodzakelijke gedragsveranderingen en de wil tot ombouwen van bestaande installaties).

Vluchtige Organische Stoffen (VOS)

In 2020 kan door middel van bestaande technologie theoretisch gezien een VOS-emissie van 130-140 kton worden bereikt. Een dergelijk emissieniveau vergt aanpassingen in de industrie, Europese productafspraken, een maatschappelijk draagvlak voor het louter gebruiken van watergedragen verfen voor tweewielers en personenauto's en een verbod op spuitbussen. Het doel van 120 kton in 2010 lijkt ook in 2020 niet gehaald te kunnen worden met de bestaande technologieën. Daartoe zou invoering nodig zijn van onzekere maatregelen als de (ook bij NO_x genoemde) toepassing van brandstofcellen of elektrische motoren bij 15% van de voer- en vaartuigen, en een voortvarend Europees innovatiebeleid ten aanzien van chemische producten.

Al met al lijken de voorstelbare maatregelen toereikend om in 2020 een depositie van circa 1500-1700 mol potentieel zuur en 1000-1200 mol stikstof te kunnen bereiken. Dit vormt een goed uitgangspunt om ná 2020 toe te werken naar een generiek depositieniveau van circa 900-1100 mol potentieel zuur en 700-900 mol stikstof. In aanvulling met gebieds- en effectgericht beleid (zoals bijvoorbeeld ammoniakvrije zones) is er dan een goed perspectief om de beleidsambitie van een beschermingsniveau van 90-95% voor de natuur in Nederland te bereiken.

Tabel 1.7 Mogelijkheden voor emissiereductie voor enkele verzurende stoffen; technologische opties voor het jaar 2020

SO ₂	emissierange in kton		kosten in mln. euro	
	EC	GC		
Bestaand beleid	65	75		
<i>aanvullende beleidsopties:</i>				
S-arme stookolie zeescheepvaart (tot 500 ppm)	5	5	4,5	4,5
S-arme diesel en benzine wegverkeer (tot 10 ppm)	5	5	6,8	6,8
vervangen olie door gas raffinaderijen	2	9	6,8	20,5
vervangen kolen door biomassa en gas centrales	9	6	<i>nvt</i>	<i>nvt</i>
maatregelen industrie (chemie, metaal)	11	14	11,4	15,0
<i>resteert in 2020</i>	33	36	29,5	46,8
NO _x	emissierange in kton		kosten in mln. euro	
	EC	GC		
Bestaand beleid (incl Euro-5 vrachtwagens)	260	270		
<i>aanvullende beleidsopties:</i>				
normstelling binnenvaart vanaf 2010 (niveau Euro-5 vracht-wagens) & 50% retrofit schepen met bouwjaar voor 2010	24	24	36,4	45,5
normstelling zeescheepvaart vanaf 2010 (niveau Euro-5 vrachtwagens)	10	11	<i>pm</i>	<i>pm</i>
Euro-5 personen- en bestelauto's vanaf 2010	12	13	<i>pm</i>	<i>pm</i>
normstelling mobiele werktuigen vanaf 2010 (niveau Euro-5 vrachtwagens)	6	7	<i>pm</i>	<i>pm</i>
SCR/ULN-branders stationaire bronnen (50%)	35	30	90,9	113,6
<i>resteert in 2020</i>	173	185	127,3	159,1
<i>onzekere maatregelen:</i>				
SCR/ULN-branders stationaire bronnen (90%)	30	25	90,9	127,3
15% brandstofcellen voertuigen	7	8	<i>pm</i>	<i>pm</i>
15% brandstofcellen vaartuigen	4	5	<i>pm</i>	<i>pm</i>
emissieloos energieaanbod (15% extra tov bestaand beleid)	5	6	<i>pm</i>	<i>pm</i>
dematerialisatie, gedragsverandering en efficiëntie-verbetering	8	9	<i>pm</i>	<i>pm</i>
NH ₃	emissierange in kton		kosten in mln. euro	
	WAC	VAC		
Bestaand beleid (incl. IAM-beleid)	130	150		
<i>aanvullende beleidsopties:</i>				
AmvB huisvesting & emissiearme aanwending mest	20	25	68,2	45,5
extra schone stallen en maatregelen beweiding	30	30	227,3	159,1
emissievrije stallen kippen/varkens	5	10	<i>pm</i>	<i>pm</i>
bewerken varkens/kippenmest tot korrels	10	15	<i>pm</i>	<i>pm</i>
<i>resteert in 2020</i>	65	70	295,4	204,5
<i>onzekere maatregelen:</i>				
bewerken rundveemest tot korrels	10	10	<i>pm</i>	<i>pm</i>
emissievrije rundveestallen	10	10	<i>pm</i>	<i>pm</i>
ofwel:				
25-30% emissiereductie door krimp veestapel	15	20	<i>pm</i>	<i>pm</i>

VOS	emissierange in kton		kosten in mln. euro	
	EC	GC		
Bestaand beleid	192	224		
<i>aanvullende beleidsopties:</i>				
olie/gaswinning/gasdistributie	4	4	31,8	31,8
(waar mogelijk) watergedragen verftechnieken	12	31	11,4	27,3
verbod spuitbussen haarsprays en deodorant	5	6	pm	pm
maatregelen aardolieketen & chemie	17	18	129,5	136,4
maatregelen overige industrie	10	10	pm	pm
Euro-5 personenauto's vanaf 2010 (incl. aanscherping verdampingseisen)	10	10	pm	pm
normstelling brom- en motorfietsen vanaf 2010 (niveau Euro-4 personenauto's)	5	5	pm	pm
resteert in 2020	129	140	172,7	195,5
<i>onzekere maatregelen:</i>				
<i>innovaties producten en processen</i>	15	20	pm	pm
<i>15% brandstofcellen voertuigen</i>	2	2	pm	pm
<i>15% brandstofcellen vaartuigen</i>	0,5	0,5	pm	pm

EC: European Coordination

GC: Global Competition

1.5 Modelvergelijking met betrekking tot zure depositie in Nederland

Bijlage bij paragraaf 3.3 uit 'Bouwstenen voor het NMP4'

Verschillen tussen Milieubalans 2000, 'Bouwstenen voor het NMP4' en trends in zure depositie.

In de 'Bouwstenen voor het NMP4' worden verspreidingsgegevens gepresenteerd van verschillende vluchtige stoffen en gassen. Deze zijn berekend met het op het RIVM ontwikkelde OPS model voor Nederland en met gegevens zoals bepaald met het EMEP model voor Europa. Daarnaast is gebruik gemaakt van gegevens uit het RAINS model, dat veelvuldig is gebruikt in de internationale onderhandelingen. Dit model bevat op zijn beurt weer gegevens die afgeleid zijn van het EMEP model. In deze paragraaf wordt ingegaan op de overeenkomsten en verschillen tussen de modelgegevens. Van belang is de vraag in hoeverre berekeningen op nationale schaal zich verhouden tot berekeningen uitgevoerd met internationale rekeninstrumenten zoals opgesteld in UN-ECE verband. Immers, internationale onderhandelingen over nationale emissieplafonds worden uitgevoerd op basis van het RAINS model dat op haar beurt weer voor wat betreft verspreidings- en depositiematrices is afgeleid van het EMEP model.

Verschillen in gegevens uit het EMEP model

EMEP heeft tot 1997 gerekend volgens een Lagrangiaanse model met een ruimtelijke resolutie van 150 x 150 km en slechts één verticale laag (welke overigens wel in hoogte varieerde). In de afgelopen jaren heeft men een driedimensionaal Euleriaans model ontwikkeld met een resolutie van 50 x 50 km en verticaal met 20 lagen. De berekeningen voor 1998 zijn uitgevoerd met deze laatste versie. EMEP geeft de depositie per land in de vorm van bijdragen van alle afzonderlijke landen in tonnen zwavel of stikstof. De gesommeerde bijdragen zijn omgerekend naar potentieel zuur ($\text{mol H}^+ \text{ ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$), uitgaande van een landoppervlak van 36 000 km^2 . In tabel 1.8 is de vergelijking gegeven voor 1995 en 1998.

Tabel 1.8 Vergelijking van de zure depositie op Nederland zoals berekend met EMEP in de twee verschillende versies en zoals gerapporteerd in de Milieubalans.

	EMEP receiver/emitter matrix		Milieubalans 2000		Verhouding EMEP / Mb 2000	
	1995	1998	1995	1998	1995	1998
	mol H ⁺ ha ⁻¹ jaar ⁻¹		mol H ⁺ ha ⁻¹ jaar ⁻¹		mol H ⁺ ha ⁻¹ jaar ⁻¹	
NO _x	647	944	740	800	0,87	1,18
SO _x	957	1039	1100	900	0,87	1,15
NH _x	1335	1770	2200	2100	0,61	0,84
Totaal zuur	2938	3753	4040	3800	0,73	0,99

1995: EMEP Lagrangiaans model 150 x 150 km (EMEP/MSC-W Report 1/98)

1998: EMEP Euleriaans model 50 x 50 km (EMEP/MSC-W Report 1/2000)

Uit de vergelijking blijkt dat het klassieke EMEP model voor 1995 een aanzienlijk lagere depositie geeft. Het sterkst geldt dit voor NH_x. Het beeld voor 1995 is min of meer ook representatief voor eerdere jaren. Het nieuwe EMEP model (1998) geeft aanzienlijk hogere deposities, waardoor het verschil met de MB2000 veel kleiner is. Alleen voor NH_x is het verschil nog negatief in vergelijking met de in OPS gehanteerde berekeningsmethode, nl. nog ongeveer 15%. Dit kan worden verklaard uit het feit dat het RIVM een 'ammoniak-gat'-schaling uitvoert op basis van metingen. Deze bijstelling bedraagt ongeveer 25%. De gesommeerde depositie biedt een verschil van nog slechts 1%.

Verschillen tussen EMEP en OPS

Er is ook gekeken in hoeverre de berekening van de Nederlandse bijdrage aan de eigen depositie in Nederland overeenstemt tussen verschillende de modellen. Dit is gegeven in tabel 1.9. Hier blijkt dat de lokale Nederlandse bijdrage zoals berekend met het klassieke 150 x 150 km EMEP model veel lager is dan berekeningen met het OPS model, dat voor Nederland rekent met een resolutie van 5 x 5 km. Het *nieuwe* EMEP model komt veel beter overeen met het OPS model. De oorzaak van de verschillen in de bijdragen moet vooral gezocht worden in de verschillen in horizontale en verticale detaillering van de modellen. Zo worden bijvoorbeeld in het oorspronkelijke EMEP model de Nederlandse emissies voor een flink deel uitgesmeerd over de Noordzee. In het nieuwe 50 x 50 km EMEP model is dit veel minder door de gedetailleerdere resolutie. Wel is de verticale resolutie in het nieuwe EMEP model waarschijnlijk nog steeds te gering voor een adequate beschrijving van lokale depositie in Nederland, omdat de onderste laag in het model 46 m hoog is, terwijl de bulk van de emissie voor NO_x en NH₃ op minder dan 5 m hoogte wordt uitgeworpen. De berekende verspreiding is dan waarschijnlijk ook te groot om lokale berekeningen mee te kunnen maken.

Tabel 1.9 Bijdrage van Nederlandse bronnen aan de depositie in Nederland (in %).

	EMEP 1995	EMEP 1998	MB97 1995	MC99 1998
NO _y	18,1	29,8	40,1	39,7
SO _x	16,0	23,4	23,4	25,1
NH _x	77,0	65,2	76,2	81,2

1995: EMEP Lagrangiaans model 150 x 150 km (EMEP/MSC-W Report 1/98)

1998: EMEP Euleriaans model 50 x 50 km (EMEP/MSC-W Report 1/2000)

Conclusies

- Het oude Lagrangiaans EMEP model onderschat de zure depositie in Nederland aanzienlijk, met name voor NH_x.
- De bijdrage van Nederlandse emissies aan de zure depositie in Nederland wordt door het oude Lagrangiaans EMEP model voor SO_x en NO_x veel lager ingeschat dan door het nieuwe Euleriaanse EMEP model.
- Het nieuwe Euleriaanse EMEP model geeft aanzienlijk hogere deposities voor Nederland en komt qua resultaten dichtbij de schattingen in de Milieubalansen.

Resultaten voor de zure depositie in Nederland zoals berekend met het RAINS model, maar ook voor wat betreft de herkomst van de emissies, geven een onderschatting van de Nederlandse bijdragen, omdat dit model gebaseerd is op het oude Lagrangiaanse EMEP model.

2. Kosten en baten van geluidmaatregelen

H. Nijland en J. Jabben

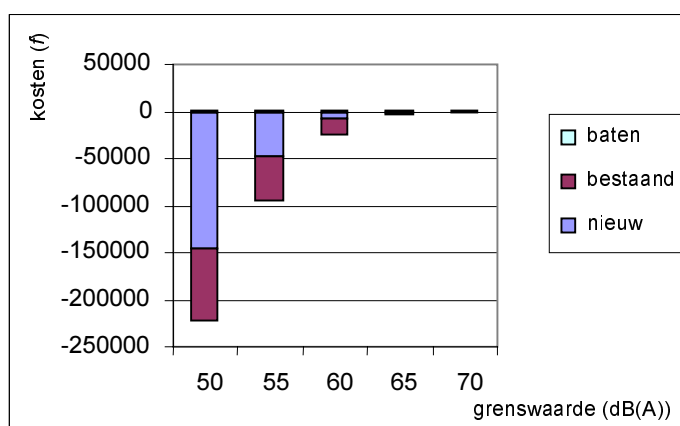
2.1 Batencriterium voor toepassing van geluidmaatregelen aan wegen

Bijlage bij paragraaf 5.3.4 uit 'Bouwstenen voor het NMP4'

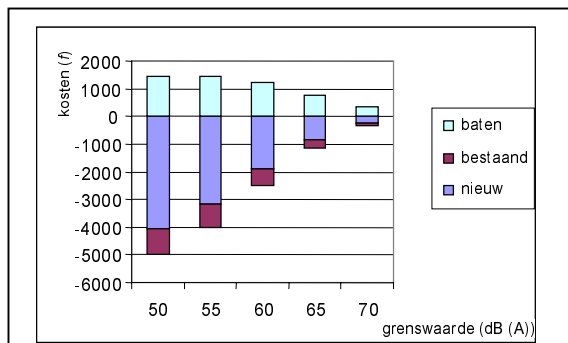
Inzicht in de methodiek van het batencriterium, verschillende berekeningen met een aantal mogelijke batencriteria als uitgangspunt.

Algemene aanpak kosten en baten criteria

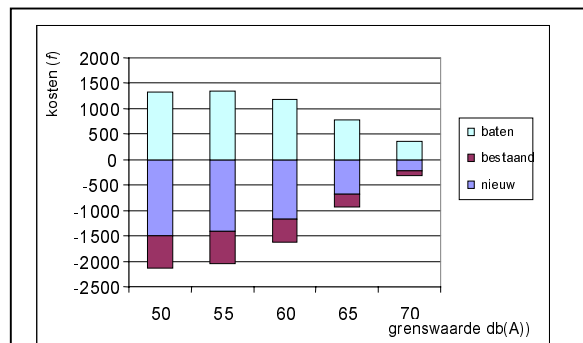
De brongerichte aanpak van geluidmaatregelen resulteert in een verbetering van de akoestische kwaliteit in heel Nederland. Een aantal knelpunten (i.e. woningen blootgesteld aan een geluidbelasting boven de beoogde grenswaarde) blijven daarbij echter bestaan. Een geheel andere aanpak is het gericht oplossen van knelpunten door het treffen van (veelal lokale) maatregelen. Voor rijkswegen en spoorwegen is een dergelijke aanpak doorgerekend. Behalve de beoogde grenswaarde die de te realiseren reductie bepaalt spelen bij het al of niet implementeren van een maatregel meestal ook efficiency-overwegingen een rol. Daarom wordt hier een batencriterium geïntroduceerd, waaronder de verhouding tussen baten en kosten wordt verstaan. Een viertal opties is hier verkend: 0; 0,1; 0,5 en 1. Uit figuur 2.1 blijkt dat een batencriterium van nul tot onrealistische kosten leidt. Dit wordt veroorzaakt doordat dan over een relatief groot aantal wegvakken tunnelbouw nodig is om de grenswaarde te realiseren. In het vervolg wordt daarom deze optie buiten beschouwing gelaten. Als zwaarste maatregel is het plaatsen van een 5 m hoog scherm in combinatie met een dubbellaags zoab wegdek aangehouden. De reductie hierbij bedraagt maximaal 17 dB(A). Het buiten beschouwing laten van tunnelbouw betekent dat de grenswaarde niet altijd gerealiseerd kan worden, ook niet bij een batencriterium van 0. De resultaten zijn weergegeven in de figuren 2.2 t/m 2.5. Indien gedeeltelijke overschrijding van de grenswaarde wordt geaccepteerd kunnen de kosten zodanig worden beperkt dat ze worden overtroffen door de baten.



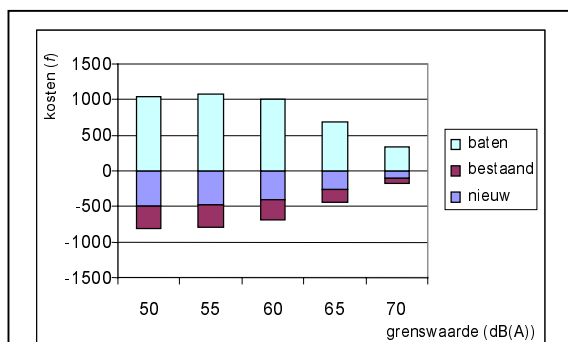
Figuur 2.1 Indicatie van kosten en baten per grenswaarde in dB(A); bestaande en nieuwe schermlocaties, baten volgens Hedonic Pricing 2000-2010 rijkswegen t.o.v. MV5-EC2010 in mln. guldens (ncw2000,disconto 4%), in schaduw kosten groter dan baten; aandachtsgebied 500 m



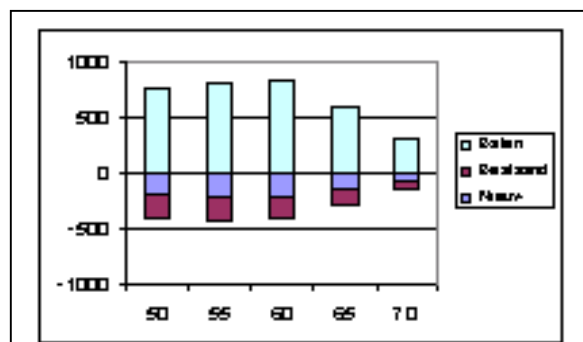
Figuur 2.2 Batencriterium 0, geen tunnelbouw, schermen en dubbellaagszoab, bestaande en nieuwe schermlokaties



Figuur 2.3 Batencriterium 0,1, geen tunnelbouw, schermen en dubbellaags zoab bestaande en nieuwe schermlokaties



Figuur 2.4 Batencriterium 0,5, geen tunnelbouw, schermen en dubbellaagszoab, bestaande en nieuwe schermlokaties



Figuur 2.5 Batencriterium 1,0, geen tunnelbouw, schermen en dubbellaagszoab, bestaande en nieuwe schermlokaties

2.2 Reductie percentage woningen in verhouding tot het batencriterium

In het algemeen zal het aantal te reduceren woningen boven een bepaalde grenswaarde dalen wanneer een soepeler batencriterium wordt toegepast. Daarnaast is tevens de verhouding tussen de baten en de maximaal haalbare baten (de geluidschade) van belang. Deze wordt door middel van een percentage gegeven. Voor de verschillende criteria en grenswaarden zijn deze gegevens in tabel 2.1 en in te vinden. Met betrekking tot effectiviteit lijkt er weinig verschil te zijn tussen het toepassen van dubbellaags zoab met of zonder geluidschermen. De toegevoegde waarde van zoab is dan ook beperkt.

Tabel 2.1 Procentuele reductie van het aantal woningen boven een grenswaarde na maatregelen bij verschillende opties; beleidsscenario met toepassing van dubbellaag zoab en schermen.

schade/ kosten criterium		grenswaarde in dB(A)				
		50	55	60	65	70
0,0	effectiviteit	81	93	98	100	100
	% schadereductie	95	94	81	52	24
≥ 0,1	effectiviteit	69	88	95	99	99
	% schadereductie	88	89	78	52	24
≥ 0,5	effectiviteit	47	72	82	89	93
	% schadereductie	69	71	66	46	22
≥ 1,0	effectiviteit	29	53	71	82	89
	% schadereductie	50	54	54	40	21

¹% schadereductie is het percentage aan baten ten opzichte van de maximaal haalbare baten, zijnde de waardevermindering van de woningenvoorafgaande aan toepassing van maatregelen

Tabel 2.2 Procentuele reductie van het aantal woningen boven een grenswaarde 2010 na maatregelen bij verschillende opties beleidsscenario met toepassing uitsluitend schermen.

schade/ kosten criterium		grenswaarde in dB(A)				
		50	55	60	65	70
0,0	effectiviteit	73	87	94	100	100
	% schadereductie	90	90	80	55	27
≥ 0,1	effectiviteit	63	82	91	98	99
	% schadereductie	84	84	77	54	26
≥ 0,5	effectiviteit	44	66	78	87	90
	% schadereductie	66	67	63	46	24
≥ 1,0	effectiviteit	27	48	67	78	85
	% schadereductie	48	50	51	38	21

¹% schadereductie is het percentage aan baten ten opzichte van de maximaal haalbare baten, zijnde de waardevermindering van de woningenvoorafgaande aan toepassing van maatregelen

2.3 Het handhavingsgat, werkwijze en resultaten

Het handhavingsgat

Het handhavingsgat heeft betrekking op de situaties waar lokaal een ontheffing van de voorkeursgrenswaarde uit de wet geluidhinder is verleend. Er is sprake van een handhavingsgat als hogere geluidbelastingen zijn ontstaan dan waarvoor ontheffing is verleend, doordat de verkeersgroei op de betreffende locaties hoger is geweest dan destijds werd voorzien. Voor een groot deel gaat het daarbij om locaties waar inmiddels schermen zijn geplaatst, maar voor een deel gaat het ook om locaties waar nog geen schermen staan.

Tabel 2.3 Schermen tot 5 m hoogte, inclusief aanleg dubbellaags zoab (DZOAB) als maatregel.

	reductiepercentage aantal woningen 2010 boven grenswaarde in dB(A)					indicatie benodigde maatregelen	kosten <i>f mln</i>	baten <i>f mln</i>	handha- vingsgat <i>opgelost voor:</i>
	50	55	60	65	70				
Alleen ophogen huidige schermen	-20	-33	-46	-59	-63	320 km scherm vervangen en 40 km dubbel zoab	700	620	56%
Alle wegvakken	-32	-49	-59	-68	-72	320 km scherm vervangen en 40 km dubbel zoab; 530 km nieuw scherm en 260 km dubbel zoab	1600	900	86%

Er is door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) van Rijkswaterstaat een inventarisatie gemaakt van de locaties, waarvoor in het kader van het oplossen van het handhavingsgat aanvullende maatregelen worden overwogen. Mogelijke maatregelen zijn het ophogen van bestaande schermen, plaatsing van schermen op saneringslocaties volgens de A-lijst van VROM en plaatsing van een aantal nog niet voorziene schermen.

Werkwijze

Het RIVM heeft geanalyseerd in hoeverre aanpak van het handhavingsgat ook effectief is om het aantal woningen boven een bepaalde grenswaarde te reduceren. Voor de berekeningen van het RIVM is gebruik gemaakt van gegevens van DWW over de geluidsreducties per wegvak. Deze gegevens zijn via de hectometrering gekoppeld aan de bestanden die als invoergegevens voor het LBV (Landelijk Beeld Verstoring) zijn gebruikt om een indicatie te krijgen van de mate waarin door oplossing van het handhavingsgat de verschillende normen op de woonbebouwing worden gerealiseerd. Op wegvakken waar langs bestaande schermen hoger dan 4 m meer dan 4 dB(A) reductie nodig is, is het de vraag in hoeverre deze te realiseren zijn, anders dan door rigoureuze maatregelen als de aanleg van een tunnel. Schermen kunnen uit praktische overweging niet onbeperkt hoger worden gebouwd. Daarnaast is er in dichtbevolkte stedelijke gebieden niet of nauwelijks ruimte voor 10 m hoge wallen. In eerste instantie is in de berekeningen daarom uitgegaan van een schermhoogte van maximaal 5 m. Het resultaat is gegeven in tabel 2.3.

Resultaten

De kosten ter realisatie van de door DWW aangegeven reducties komen op circa f 1,6 miljard uit (circa € 0,7 miljard), waarbij echter de benodigde reductie in verband met de beperkte schermhoogte niet overal gerealiseerd wordt (slechts voor 86% van door DWW aangegeven wegvakken wordt de weg te nemen reductie gehaald).

Indien schermhoogten tot 10 m worden aangehouden kan voor een groter aantal wegvakken de benodigde reductie worden gerealiseerd. In de praktijk zal dit echter lang niet altijd te realiseren zijn, met name in stedelijke gebieden. De resultaten zijn weergegeven in tabel 2.4. De kosten komen nu op ca. f 2,2 miljard (€ 1,0 miljard) bij het toepassen van maatregelen langs al de door DWW aangegeven wegvakken. De benodigde reductie kan dan bijna overal (op 96% van de locaties) worden gehaald.

Tabel 2.4 Uitsluitend schermen tot 10 m hoogte; zonder aanleg dubbellaags zoab

	reductiepercentage aantal woningen 2010 boven grenswaarde dB(A)					indicatie benodigde maatregelen	kosten <i>f mln</i>	baten <i>f mln</i>	handha- vingsgat opgelost voor:
	50	55	60	65	70				
Alleen bij schermen	-28	-39	-50	-61	-64	320 km scherm vervangen	1100	680	88%
Alle wegvakken	-42	-56	-64	-71	-73	320 scherm vervangen en 650 km nieuw scherm	2200	980	96%

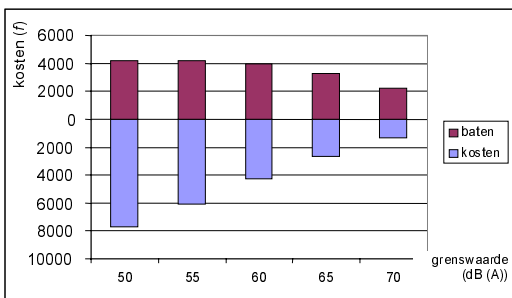
Er kan ook gerekend worden in *geluidbelast oppervlak*. Een toename in de geluidbelasting per oppervlakte treedt op als de maatregelen onvoldoende zijn om de volumegroei van het wegverkeer in de periode 2000-2010 te compenseren. Bij schermen tot 5 m hoogte is de toename in geluidbelast oppervlak in genoemde periode 1% (bij alleen ophogen van schermen) tot een afname van 7% (bij aanpak van alle wegvakken). Als schermen tot 10 m behandeld worden, is een toename in geluidbelast oppervlak te zien van 3% bij alleen het plaatsen van schermen; er is een afname van 8% als alle wegvakken aangepakt worden.

Bij toepassing van maatregelen langs alle wegvakken die door DWW zijn aangegeven komt het percentage reductie van het geluidbelast oppervlak in de periode 2000-2010 dus op circa 7 tot 8%. Indien alleen bij bestaande schermen maatregelen worden getroffen is het netto effect over het gehele rijkswegennet een kleine *toename* van het geluidbelast oppervlak, veroorzaakt door de verkeersgroei op de overige (niet-aangepakte) delen. In vergelijking met de procentuele reducties van woningen 2010 boven een bepaalde grenswaarde zijn deze percentages kleiner.

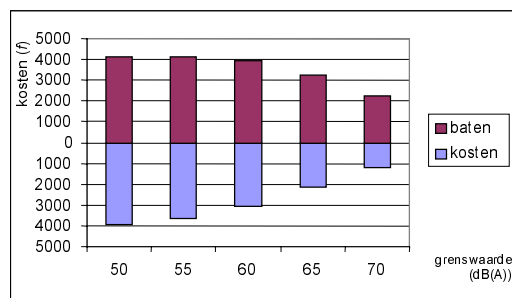
Door het aanbrengen van dubbellaags zoab in combinatie met schermen van 5 tot 10 meter hoogte kan ongeveer 90% van het handhavingsgat worden opgelost, tegen kosten van 1,6-2,2 miljard gulden (€ 0,7-1,0 miljard). De reductie van het totale aantal geluidbelaste woningen boven een bepaalde grenswaarde is echter lager dan bij een zuiver knelpuntgerichte aanpak. Dit komt doordat veel (geluidbelaste) woningen buiten het handhavingsgat liggen en bij deze benadering dus niet meegenomen worden.

2.4 Resultaten railverkeer

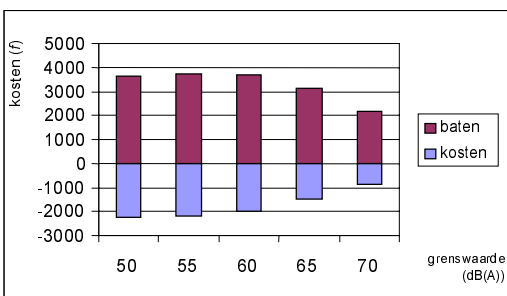
Analoog aan de methodologie gebruikt voor de berekening van de kosten en baten van geluidmaatregelen langs wegen, zijn er ook berekeningen worden gemaakt van de maatregelen met betrekking tot railverkeer. Zie de figuren 2.6 tot en met 2.9 en tabel 2.5 op de volgende bladzijde.



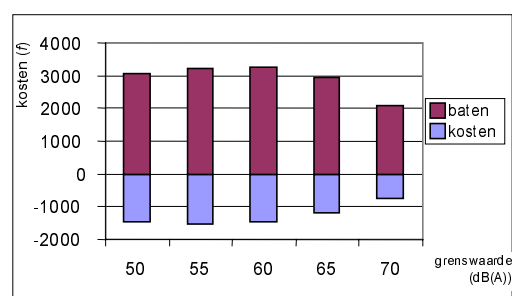
Figuur 2.6 Batencriterium 0; kosten en baten railverkeer, geen tunnels.



Figuur 2.7 Batencriterium 0,1; kosten en baten railverkeer, geen tunnels.



Figuur 2.8 Batencriterium 0,5; kosten en baten railverkeer, geen tunnels.



Figuur 2.9 Batencriterium 1,0; kosten en baten railverkeer, geen tunnels.

Tabel 2.5 Effectiviteit maatregelen voor spoorwegen, bij verschillende grenswaarden en batencriteria. Geen tunnels, aandachtsgebied 500 m.

schade/ kosten criterium	grenswaarde in dB(A)					
	50	55	60	65	70	
0,0	effectiviteit	97	100	100	100	100
	% schadereductie	99	99	94	77	52
≥ 0,1	effectiviteit	88	98	99	99	100
	% schadereductie	97	97	92	77	52
≥ 0,5	effectiviteit	74	90	94	96	97
	% schadereductie	86	88	86	74	51
≥ 1,0	effectiviteit	60	78	87	92	95
	% schadereductie	72	76	77	69	49

¹% schadereductie is het percentage aan baten ten opzichte van de maximaal haalbare baten, zijnde de waardevermindering van de woningen voorafgaande aan toepassing van maatregelen.

2.5 Geluidbelasting

Met betrekking tot ruimtebeslag van oppervlakten met meer dan 50 dB(A) aan geluidbelasting, geldt dat de toepassing van maatregelen gericht op gezondheid en welzijnseffecten hoofdzakelijk in stedelijk gebied zal plaatsvinden. Voor het gedeelte van het rijkswegennet in niet-stedelijk gebied zullen de maatregelen daarom geen geluidsarme ruimtewinst opleveren. In tabel 2.6 zijn de gevolgen voor het ruimtebeslag weergegeven, in oppervlakte met een geluidbelasting groter dan een bepaalde grenswaarde. Alleen bij een criterium van 0 wordt in 2010 ten opzichte van 2000 bij de grenswaarden 50 en 55 dB(A) 25% reductie van het geluidbelast oppervlak gerealiseerd.

Om in 2010 tot 25% reductie van het geluidbelast oppervlak te komen is het effectiever om het gehele rijkswegennet in de periode tot 2010 te voorzien van dubbellaags zoab. Naar schatting gaat het dan om 3200 km aan te leggen dubbellaags zoab. De kosten daarvan kunnen, onder de aanname dat het huidige wegennet in de periode tot 2010 volledig kan worden afgeschreven, indicatief worden geraamd op 0,5 miljard gulden, ofwel ruim € 0,2 miljard (NCW, 2000).

Tabel 2.6 Vermindering (%) ruimtebeslag(opp. >50 dB(A) in 2010 t.o.v. 2000 bij verschillende grenswaarden⁴ op woonbebouwing.

criterium	grenswaarde				
	50	55	60	65	70
0	-29	-25	-16	-6	+1
0,1	-8	-9	-9	-5	+1
0,5	0	0	0	0	+2
1	+3	+2	+2	+2	+2

Een toename van het geluidbelast oppervlak treedt op als de maatregelen onvoldoende zijn om de volumegroei van 2000 naar 2010 te compenseren

⁴ Een van de aanvullende vragen t.b.v. het NMP4 luidde: in welke mate treedt er vermindering van het ruimtebeslag op, wanneer een 'gemengd' criterium wordt gebruikt:

65 dB(A) met 0,1 als criterium geeft 15 % reductie van het ruimtebeslag (oppervlak met meer dan 50 dB(A)) 50 dB(A) met 0,5 als criterium geeft 9% reductie van het ruimtebeslag. Combinatie van beide (wanneer aan een beide criteria voldaan wordt, dan worden maatregelen getroffen) geeft 18% reductie van het ruimtebeslag (i.e. meer dan 15%, maar minder dan 24%).

2.6 Richtwaarden voor geluidsoverlast in specifieke omgevingen

Bijlage bij paragraaf 5.3.1 uit 'Bouwstenen voor het NMP4'

Richtlijnen voor gezondheidseffecten als gevolg van omgevingsgeluid (WHO, 2000).

Tabel 2.7 Waarden richtlijnen voor omgevingsgeluid

	Critical health effect(s)	L _{Aeq} dB(A)	time base hours	L _{Amax} fast dB
Outdoor living area	Serious annoyance, daytime and evening	55	16	-
	Moderate annoyance, daytime and evening	50	16	-
Dwelling, indoors	Speech intelligibility & moderate annoyance, daytime & evening	35	16	45
Inside bedrooms	Sleep disturbance, night-time	30	8	
Outside bedrooms	Sleep disturbance, window open (outdoor values)	45	8	60
School class rooms & pre-schools, indoors	Speech intelligibility, disturbance of information extraction, message communication	35	during class	-
Pre-school bedrooms, indoor	Sleep disturbance	30	sleeping-time	45
School, playground outdoor	Annoyance (external source)	55	during play	-
Hospital, ward rooms, indoors	Sleep disturbance, night-time	30	8	40
	Sleep disturbance, daytime and evenings	30	16	-
Hospitals, treatment rooms, indoors	Interference with rest and recovery	1)		
Industrial, commercial shopping and traffic areas, indoors and outdoors	Hearing impairment	70	24	110
Ceremonies, festivals and entertainment events	Hearing impairment (patrons: <5 times/year)	100	4	110
Public addresses, indoors and outdoors	Hearing impairment	85	1	110
Music and other sounds through headphones/ earphones	Hearing impairment (free-field value)	85 ²⁾	1	110
Impulse sounds from toys, fireworks and firearms	Hearing impairment (adults)	-	-	140 ⁴⁾
	Hearing impairment (children)	-	-	120 ⁴⁾
Outdoors in parkland and conservation areas	Disruption of tranquillity	3)		

¹⁾ As low as possible.

²⁾ Under headphones, adapted to free-field values.

³⁾ Existing quiet outdoor areas should be preserved and the ratio of intruding noise to natural background sound should be kept low.

⁴⁾ Peak sound pressure (max) measured 100 mm from the ear.

3. Synergie in de aanpak van CO₂ en NO_x

R. van den Wijngaart

Bijlage bij paragraaf 3.4.2 uit 'Bouwstenen voor het NMP4'

Toelichting op de synergetische effecten van klimaatbeleid (CO₂) en verzuringsbeleid (NO_x).

3.1 Inleiding

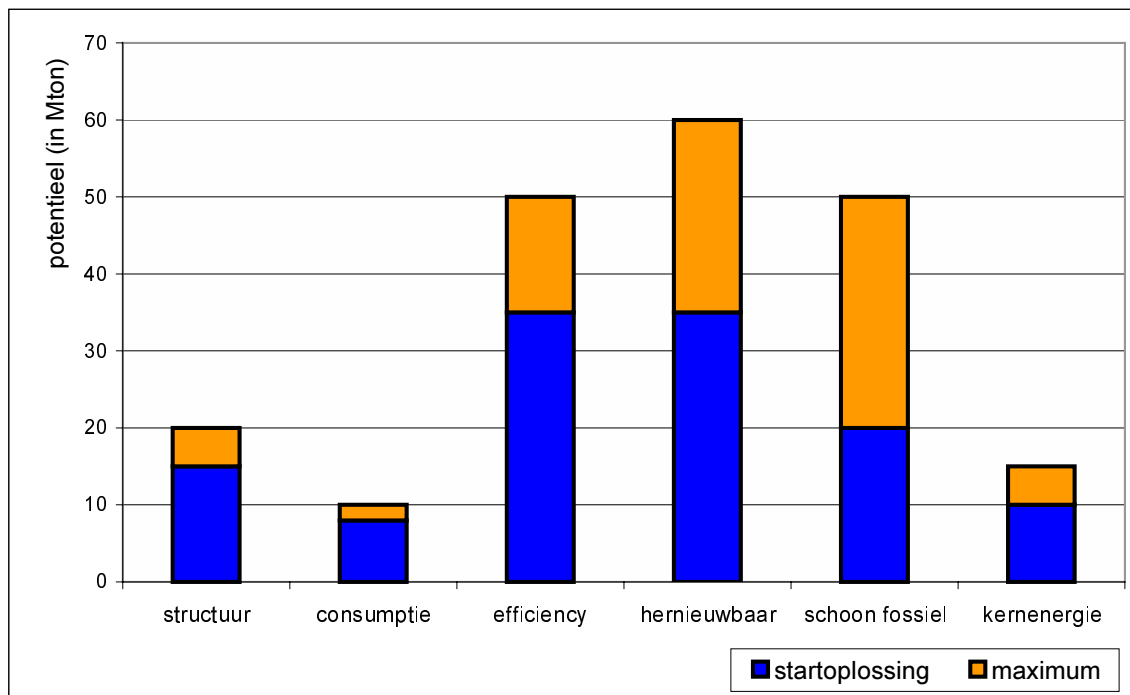
In het kader van de transitie naar een duurzame energiehuishouding richt de aandacht van het NMP4 zich met name op het terugdringen van de emissies van CO₂ en NO_x, omdat dit de meest hardnekkige energiegerelateerde emissies zijn (VROM, 2001). Door RIVM en ECN is in het rapport 'Synergie in de aanpak van klimaatverandering en verzuring' onderzocht of de ambities voor 2030 haalbaar zijn (ECN/RIVM, 2000). Er zijn zes oplossingsrichtingen verkend, waarin voor verschillende stoffen is berekend wat de bijdrage van het klimaatbeleid kan zijn aan de beoogde emissie-reductie. Met name is gekeken wat de synergie kan zijn in de aanpak van CO₂ en NO_x.

Dit hoofdstuk is in grote lijnen een samenvatting van het rapport van ECN en RIVM. Ter indicatie is in dit hoofdstuk aangegeven wat nodig is om het emissierichtpunt voor NO_x te bereiken. Hierbij is de volgorde gehanteerd om eerst een CO₂-startoplossing en CO₂-oplossingsvarianten in te zetten en vervolgens additionele (zoals verdergaande brandstofcellen) en NO_x-specifieke (zoals katalysatoren en ultra-low NO_x-branders) maatregelen in te zetten. Dit betekent dus dat eerst de maatregelen worden genomen om oplossingen te vinden in de reductie van CO₂-emissies, waarna vervolgens wordt gekeken in hoeverre NO_x meeprofiteert en wat voor extra maatregelen nog nodig zijn om ook de emissiedoelen voor NO_x te halen. De bevindingen worden in de volgende paragraaf nog eens op een rij gezet. Aanvullend worden de volgende vragen behandeld:

- Hoe ziet een NO_x-(start)oplossing eruit?
- Wat is de synergie in de aanpak van CO₂ en NO_x?

3.2 NO_x-reductie als meelifteffect van CO₂

In het ECN/RIVM-rapport 'Synergie in de aanpak van klimaatverandering en verzuring' zijn oplossingsrichtingen in kaart gebracht om emissies die samenhangen met het energiegebruik en mobiliteit vergaand te reduceren in 2030. Om dit te bereiken wordt een aanpak voorzien die bestaat uit een aantal opeenvolgende stappen. In een eerste stap is een verkenning uitgevoerd naar potentiële en kosten van oplossingsrichtingen voor CO₂. In een tweede stap is een startoplossing voor CO₂ geconstrueerd op basis van een evenredige inzet van de zes geïnventariseerde CO₂-oplossingsrichtingen. Rekening houdende met overlap e.d. resulteert dit in een benodigde inzet van circa 70 à 75% van iedere CO₂-oplossingsrichting.



Figuur 3.1 Oplossingsrichtingen en CO₂ reductiepotentieel

Naast de CO₂-startoplossing zijn enkele varianten beschouwd waarin één of meerdere CO₂-oplossingsrichtingen *niet* zijn meegenomen. Tevens is van de CO₂-startoplossing in één van de vervolganalyses het meelifteffect voor andere stoffen berekend. Zo liften de emissies die samen hangen met het gebruik van energie en mobiliteit in het algemeen mee met de CO₂-reductie. Dit gebeurt enerzijds vanwege een vermindering van het energiegebruik (de oplossingsrichtingen 'structuur', 'consumptie' en 'efficiency') en anderzijds vanwege een alternatief aanbod van energie (zoals zonnecellen, windenergie en kernenergie). Bij de opties 'schoon fossiel' en 'biomassa' liften de overige emissies niet automatisch mee. Dit is afhankelijk van de wijze waarop deze opties worden benut en of eventuele extra technieken zoals de brandstofcel worden ingezet. Om het meelifteffect voor NO_x zoveel mogelijk te benutten is een CO₂-oplossingsvariant 'NO_x-optimaal' geconstrueerd (zie tekstbox 'CO₂-Oplossingsvariant: NO_x-optimaal').

In tabel 3.1 is te zien in hoeverre het 'meelifteffect' optreedt. De variant 'CO₂-maximaal' geeft de emissies indien alle oplossingsrichtingen maximaal zouden kunnen worden ingezet. Het is echter onwaarschijnlijk dat alle oplossingsrichtingen voor 100% kunnen slagen. In 'CO₂-start' is zoals eerder genoemd ongeveer 70 à 75% van alle oplossingsrichtingen ingezet. Hiermee wordt het CO₂-richtpunt bereikt, maar is het onvoldoende om ook het NO_x-richtpunt te halen. In de variant 'NO_x-optimaal' wordt de CO₂-oplossing geoptimaliseerd naar NO_x-reductie maar wordt het NO_x-richtpunt nog niet gehaald. De variant 'NO_x-benodigd' laat daarom als illustratie zien wat de omvang van de maatregelen moet zijn om het NO_x-richtpunt wel te bereiken (zie tekstbox: 'Indicatie om NO_x-emissierichtpunt te bereiken: NO_x-benodigd'). Het is echter geen gewone variant omdat de haalbaarheid in 2030 (zeer) twijfelachtig is.

CO₂-oplossingsvariant: NO_x-optimaal

Om meer synergie te verkrijgen in de aanpak van CO₂ en NO_x is gezocht naar een pakket dat beide doelen dient. Daartoe zijn de CO₂-reductiemaatregelen die in de CO₂-startoplossing geen NO_x-meelifteffect hebben, in een variant 'NO_x-optimaal' vervangen door maatregelen die kunnen worden gecombineerd met de brandstofcel. Tevens worden hybride en elektrische transportmiddelen ingezet. Deze oplossingsrichting omvat de volgende elementen:

- **Hernieuwbaar:** biobrandstoffen in het verkeer worden ingezet in brandstofcellen in plaats van een verbrandingsmotor; in plaats van het bijmengen van groen gas en biomassa als grondstof in de industrie wordt groen gas ingezet via de brandstofcel voor de opwekking van elektriciteit en warmte. Tevens worden in het verkeer hybride en elektrische transportmiddelen ingezet. De extra elektriciteitsvraag wordt gedekt door schone elektriciteitsopwekking (PV, wind en brandstofcel in combinatie met biomassa en/of fossiel met CO₂-opslag).
- **Schoon fossiel:** de CO₂-afvang in de industrie en bij STEG-elektriciteitscentrales wordt vervangen door de opwekking van elektriciteitsproductie en warmte met de brandstofcel.

Na de inzet van deze synergie-oplossing rest nog een gat van ruim 100 kton NO_x om de emissiedoelen voor 2030 te halen.

Indicatie om NO_x-emissierichtpunt te bereiken: NO_x-benodigd

Om het emissierichtpunt te bereiken zijn verdergaande maatregelen noodzakelijk. Eerst zijn alle CO₂-oplossingsrichtingen maximaal ingezet en daar waar mogelijk gecombineerd met de brandstofcel. Er vinden dan vrijwel geen NO_x-emissies meer plaats bij het verkeer. De transportmiddelen zijn bijna geheel elektrisch (20% van het energieverbruik van alle transportmiddelen) of maken gebruik van brandstofcellen op biomassa en waterstof (80%). Dit betekent dat er vanaf ongeveer 2015 alleen nog schone transportmiddelen op de markt mogen zijn. De NO_x-emissies van de elektriciteitsproductie zijn ongeveer één vijfde van de oorspronkelijke emissie in GC 2030. De CO₂-emissie is dan circa 85 Mton d.w.z. ver onder het CO₂-emissierichtpunt. De NO_x-emissie is circa 75 kton NO_x, d.w.z. nog boven het NO_x-emissierichtpunt. Om het NO_x-richtpunt te halen is het vervolgens nodig om reductiemaatregelen specifiek voor NO_x te benutten.

Bij al deze varianten kunnen aanvullend maatregelen specifiek voor NO_x en SO₂ worden getroffen. Als specifieke reductiemaatregelen voor NO_x en SO₂ zijn in de verkenning beschouwd: bestaande en beschikbare technieken ('BAT=Best available technologies) met name nageschakelde technieken zoals SCR en katalysatoren; alsmede meer geavanceerde energiesystemen zoals met name ultra-low NO_x branders.

Voor NO_x en SO₂ zijn in de tabel emissieranges gepresenteerd. De bovengrens geeft de emissie als meelifteffect van de CO₂-reductiemaatregelen. De ondergrens geeft de emissie als additioneel specifieke reductiemaatregelen voor NO_x en SO₂ maximaal worden ingezet. Het verschil tussen boven- en ondergrens is de bijdrage van deze specifieke maatregelen. Voorbeelden:

- De NO_x-emissie in het referentiescenario GC in 2030 is 340 kton NO_x. Door de inzet van specifieke NO_x-reductiemaatregelen kan de emissie verminderen tot 190 kton NO_x.
- Door het meelifteffect vermindert de NO_x-emissie in de startoplossing tot 245 kton NO_x. Door additioneel NO_x-specifieke reductiemaatregelen in te zetten vermindert de emissie tot 115 kton NO_x.

Tabel 3.1 Emissies van diverse stoffen in 1990, volgens referentiescenario GC 2030 en in verschillende CO₂- en NO_x-oplossingsvarianten. Daarnaast zijn de richtpunten gegeven.

stof	emissies in 1990	GC 2030	CO ₂ maximaal	CO ₂ start	NO _x optimaal	NO _x benodigd	richtpunt
CO ₂	167	240	85	120	120	85	110-130
NO _x	580	190-340	90-190	115-245	60-150	25-75	20-40
SO ₂	202	60-80	30-45	30-55	25-45	20-35	20-40
VOS	500	220	200	200	185	175	20-40
Fijn stof	68	30	25	25	25	25	0-22

Resumé

Bij de CO₂-startoplossing lift de NO_x-reductie mee. Door binnen de CO₂-oplossingsrichtingen alleen opties te kiezen die gunstig zijn voor NO_x-reductie (*NO_x-optimaal*) kan een verdergaande NO_x-reductie worden bereikt, al zal het NO_x-emissierichtpunt niet worden gehaald. Om het NO_x-richtpunt te bereiken is in deze benadering 100% van de CO₂-oplossingsrichtingen nodig waarbij het transport voor 100% schoon wordt door de inzet van brandstofcel en elektrische transportmiddelen. Daarnaast dienen in de overige sectoren specifieke NO_x-reductiemaatregelen voor 100% te worden ingezet. De haalbaarheid van deze 'NO_x-benodigd' variant is echter (zeer) twijfelachtig.

3.3 NO_x-(start)oplossing

Om te beantwoorden hoe de NO_x-(start)oplossing er uit kan zien, hanteren we de benadering welke maatregelen het meest voor de hand liggen om de NO_x-emissie te reduceren. Ook vanuit deze benadering zal blijken dat uiteindelijk ook veel CO₂-maatregelen nodig zijn. In deze paragraaf worden een aantal stappen onderscheiden in een mogelijke aanpak, waartoe steeds duurdere en ingrijpender maatregelen worden genomen. De aanpak bestaat uit vijf verschillende stappen (zie tabel 3.2).

In de eerste stap worden effectieve (goedkope en BAT) maatregelen genomen, zoals de zogenaamde (en eerdergenoemde) NO_x-specifieke maatregelen. In de tweede stap wordt de elektromotor (met brandstofcel en accu) ingezet met een aandeel gelijk aan de CO₂-startoplossing. In de derde stap worden tevens vermindering van de energievraag en schoon energieaanbod (vergelijkbaar met de CO₂-startoplossing) ingezet. In de vierde stap worden technieken met een groot NO_x-reductiepotentieel (vergelijkbaar met de CO₂-oplossingsvariant 'NO_x-optimaal') ingezet (stap 4b). Als tussenstap (stap 4a) wordt het aandeel elektromotor in transport aanzienlijk vergroot. Tenslotte laat de vijfde stap zien wat benodigd is om het NO_x-richtpunt te bereiken. In deze stap penetreert de elektromotor in transport volledig en worden de CO₂-oplossingsrichtingen maximaal ingezet.

Redenerend vanuit de NO_x-(start)oplossing lift de CO₂-emissiereductie mee. De resterende CO₂-emissie wordt gegeven door de bovengrens in de laatste kolom van onderstaande tabel. Indien aanvullend CO₂-schone energieaanbod maatregelen worden genomen resteert een lagere CO₂-emissie. Dit wordt gegeven door de ondergrens. Een en ander is toegelicht voor transport in de tekstbox *Elektromotor in transport*.

Tabel 3.2 Emissie van NO_x en CO₂ in GC 2030 bij verschillende stappen in de NO_x-(start)oplossing.

stap	reductiemaatregel		NO _x -emissie (in kton)			CO ₂ -emissie (in Mton)
	transport	overige sectoren	transport	overige sectoren	totaal	totaal
GC	referentie	referentie	245	95	340	240
1	100% katalysator	SCR/ULN branders	145	45	190	240
2	75% katalysator 25% elektromotor	stap 1	105	45	150	225-235
3	stap 2 + mobiliteits-reductie en efficiency (70%)	stap 1 + CO ₂ -oplossingen (70 à 75%)	85	30	115	120-165
4a	25% katalysator 75% elektromotor	stap 1 + 5 à 15% brandstofcel	35	40	75	215-230
4b	stap 4a + mobiliteits-reductie en efficiency (70%)	stap 4a + CO ₂ -oplossingen (70 à 75%)	30	30	60	120-165
5	100% elektromotor + mobiliteits-reductie (100%)	stap 4a + CO ₂ -oplossingen (100%)	0	25	25	85-120

Beoordeling van aanpak

Stap 1 is haalbaar tegen relatief lage kosten via onder andere aanscherping EU-richtlijnen voor transport en aanscherping na 2010 van de momenteel in voorbereiding zijnde NO_x-verhandelbaarheid bij industrie, raffinaderijen en elektriciteitsproductie.

Stap 2 is haalbaar tegen hoge kosten, met name in de introductiefase en overgangperiode naar brede toepassing van deze technologie. Deze stap betekent een aanzienlijke NO_x-reductie in transport. Dit vereist verdere aanscherping van emissierichtlijnen voor transport door actief internationaal en nationaal overheidsbeleid, bijvoorbeeld door het zoeken en creëren van marktniches (zie ook de case transitie van de brandstofcel in transport). Vanwege de hoge efficiency van de brandstofcel kan tevens een aanzienlijke CO₂ winst worden behaald, met name in combinatie met CO₂-neutrale energiedragers (biobrandstof, waterstof en elektriciteit). Deze stap heeft dan ook een grotere slaagkans indien ook CO₂-reductie wordt nagestreefd en vanuit een synergie-oogpunt naar toepassingen wordt gestreefd.

Stap 3 vereist verdergaande maatregelen in het terugdringen van het energiegebruik in alle sectoren van de samenleving. Het resterende gebruik dient voor een groot deel te worden voorzien door (NO_x-)schone energiedragers, opgewekt met hernieuwbare bronnen, kernenergie en schoon fossiel. Deze maatregelen reduceren ook de CO₂-emissie. De haalbaarheid wordt in belangrijke mate bepaald door een beleid dat mede gericht is op reductie van CO₂-emissies. Deze stap komt overeen met de situatie van de CO₂-startoplossing (indien het energieaanbod CO₂-neutraal is).

Stap 4a vereist een zeer snelle en grootschalige introductie van elektromotoren in transport. Gezien de omvang van deze ingreep en de hoge kosten op de korte termijn is het beleid met alleen NO_x-reductie als drijfveer naar verwachting te beperkt om deze stap te realiseren. Om deze stap wel te kunnen realiseren is in ieder geval ook beleid gericht op CO₂-emissiereductie nodig.

Elektromotor in transport

Eén van de belangrijkste elementen van NO_x-reductie in transport is de vervanging van de verbrandingsmotor door de elektromotor. De elektromotor wordt gevoed door elektriciteit die in het transportmiddel wordt geleverd door de brandstofcel en/of door accu's. Er zijn diverse typen brandstofcel in ontwikkeling, die gebruik maken van verschillende energiedragers als brandstof: conventionele benzine/diesel, biobrandstof en waterstof. Voor de accu geldt dat deze moet worden gevoed met elektriciteit die buiten het transportmiddel wordt opgewekt en via het elektriciteitsnet beschikbaar komt. Dit zou duurzaam opgewekte energie kunnen zijn.

In stap 2 van de in de tekst geschetste aanpak is een penetratiegraad van de elektromotor in transport verondersteld die redelijk haalbaar wordt geacht: 20 à 25%. Hiertoe is een aanpak gekozen gelijk aan die in de CO₂-startoplossing. In stap 4a is de penetratiegraad van de elektromotor veel groter verondersteld. In dit scenario wordt in totaal 75% van de verbrandingsmotoren vervangen door een elektromotor. Deze vervanging komt overeen met die in de CO₂-oplossingsvariant 'NO_x-optimaal'. Het eindbeeld voor transport zou kunnen zijn:

motor techniek	verbrandingsmotor	elektromotor	
		brandstofcel	accu
stap 2	75 à 80%	20 à 25%	0%
stap 4a	25%	60%	15%

In hoeverre CO₂ meelift met de NO_x-reductie is afhankelijk van de inzet van CO₂-schone energiedragers. Het CO₂-voordeel zal bij NO_x-beleid dat niet tevens gericht is op CO₂-reductie relatief bescheiden zijn. In dat geval zullen uit kosten oogpunt de brandstofcellen vrijwel alleen op benzine/diesel worden ingezet en de accu's worden gevoed met (extra benodigde) elektriciteit uit conventionele centrales. Het CO₂-voordeel wordt in dit geval veroorzaakt door een hogere efficiency van de elektromotor (inclusief de brandstofcel en de centrale elektriciteitsopwekking). Het CO₂-voordeel kan veel groter zijn bij een gezamenlijk NO_x en CO₂ beleid. In dat geval kan tevens gebruik worden gemaakt van CO₂-schone energiedragers: biobrandstoffen, waterstof geproduceerd uit schoon fossiel en elektriciteit geproduceerd uit hernieuwbare duurzame energiebronnen, schoon fossiel en kernenergie. In de CO₂-startoplossing (met 60% CO₂-schoon transport) en de CO₂-oplossingsvariant 'NO_x-optimaal' (met 75% CO₂-schoon transport) is uitgegaan van deze inzet van CO₂-schone energiedragers. Het eindbeeld voor transport is dan als volgt:

motor techniek	verbrandingsmotor		elektromotor			accu elektriciteit
	benzine / diesel	bio-brandstof	bio-brandstof	waterstof	totaal	
energie-drager						
stap 2 CO ₂ -startoplossing	40%	38%	7%	15%	22%	0%
Stap 4a NO _x -optimaal	25%	0%	45%	15%	60%	15%

De tabel geeft - gegeven de geïnventariseerde oplossingsrichtingen - de orde van grootte voor de verdeling van type motor en energiedrager. Andere verdelingen zijn uiteraard mogelijk met name indien andere uitgangspunten voor de oplossingsrichtingen worden gehanteerd.

Stap 4b geeft een bovengrens voor de meest optimistische visie van wat haalbaar geacht kan worden. Een noodzakelijke voorwaarde is een zeer krachtig beleid gericht op NO_x-reductie en het bereiken van het CO₂-richtpunt. Deze stap komt overeen met de CO₂-oplossingsvariant '*NO_x-optimaal*' (indien het energieaanbod CO₂-neutraal is).

Stap 5 geeft aan wat in totaal nodig is. De haalbaarheid is echter (zeer) twijfelachtig op de beschouwde termijn.

3.4 Synergie in de aanpak van CO₂ en NO_x

In de aanpak van klimaatverandering en verzuring is sprake van een grote mate van synergie. De emissierichtpunten vereisen namelijk voor een groot deel maatregelen die op beide aspecten gunstig scoren. Hierbij zijn twee hoofdlijnen te onderscheiden:

1. Een groot deel van de maatregelen is gericht op de vermindering van het energiegebruik en een schoon aanbod van het resterende energiegebruik.⁵ Voor energiebesparing en een schoon energieaanbod geldt dat de emissies van CO₂ en NO_x één op één afnemen (wat betekent dat bij iedere PJ besparing of schone energie ook de overige emissie die vrij zou komen bij het conventionele energiegebruik/aanbod vermeden wordt).
2. Vanuit verschillende invalshoeken met betrekking tot het milieu, schaalniveaus en groepen in de samenleving zijn emissiereducties van belang. Energiegerelateerde milieuproblemen uiteten zich op verschillende schaalniveaus en kunnen ook als zodanig worden aangepakt:
 - *mondiaal*: klimaatverandering op lange termijn (CO₂);
 - *regionaal*: verzuring op middellange termijn (NO_x en SO₂);
 - *lokaal*: gezondheid op korte termijn (NO_x (via ozon), VOS en fijn stof).

Dit betekent tevens dat het belang van groepen in de samenleving verschillend is voor deze stoffen, zoals:

- bij gemeentelijke, provinciale, landelijke, Europese en mondiale groeperingen
- bij overheid, milieugroepen en bedrijfsleven.

Een groot deel van de maatregelen maakt een grotere kans indien het kan rekenen op een draagvlak in de samenleving op meerdere schaalniveaus en aspecten tegelijkertijd.

De brandstofcel in transport als voorbeeld van synergie

Bij beleid gericht op zowel CO₂ als NO_x maakt een grootschalige doorbraak van de brandstofcel meer kans vanwege spreiding in kosten, een groter gemeenschappelijk draagvlak en flexibiliteit in energiedrager en -conversietechniek:

Kosten kunnen worden gespreid over beide aspecten van de reductiepolitiek (voordeel door synergie-effect). Dit kan bijvoorbeeld in het voordeel zijn van de brandstofcel ten opzichte van de katalysator. Deze laatste heeft immers geen CO₂-voordeel, maar de brandstofcel wel.

⁵ Het schone energieaanbod bestaat uit hernieuwbare bronnen (PV, wind en biomassa), kernenergie en schoon fossiel. Hierbij is wel een vereiste dat biomassa en schoon fossiel NO_x-arm worden ingezet.

Een ander voorbeeld is de brandstofcel op waterstof. Zowel deze brandstofcel als de waterstofproductie hebben hoge investeringskosten. Bij beleid gericht op alleen NO_x-reductie maakt deze optie daarom weinig kans. Als het beleid zich echter ook richt op CO₂-reductie kan het zijn dat deze techniek eerder beschikbaar komt, omdat de investeringskosten zich op meerdere vlakken terug kunnen verdienen.

Draagvlak: op meerdere schaalniveaus (lokaal, nationaal, internationaal) is het belang van de brandstofcel groot. De aansturing en het draagvlak in de gehele keten van productie en distributie van energiedragers en transportmiddelen krijgt daarmee een veel groter gemeenschappelijk einddoel.

Flexibiliteit in energiedrager en type brandstofcel is van groot belang. Een belangrijk voordeel kan zijn dat door het CO₂-beleid meerdere energiedragers (waterstof, biobrandstoffen en schone elektriciteit) beschikbaar komen waardoor een grotere variatie aan type brandstofcellen een kans kan maken om technologisch verder te ontwikkelen en op de markt door te breken.

Overwegingen en kanttekeningen

Bij beleid gericht op reductie van slechts één van de twee componenten is de kans dat de brandstofcel grootschalig doorbreekt veel minder groot dan in het synergievoorbeeld.

Bij *beleid alleen gericht op CO₂* is het minder waarschijnlijk dat de brandstofcel in transport doorbreekt. Door mobiliteitsreductie en efficiency-verbetering van bestaande transportmiddelen kan de energievraag in beperkte mate worden verminderd. In de resterende energievraag kan in principe vrijwel geheel worden voorzien door CO₂-schone energiedragers. Deze energiedragers kunnen worden ingezet in de bestaande verbrandingsmotor. De overgang naar de elektromotor met brandstofcel (of accu) is daarbij dan niet nodig. Een grootschalige doorbraak van deze laatste is dan ook onwaarschijnlijk, vanwege het in dit geval ontbreken van draagvlak voor NO_x-maatregelen, door de hogere kosten in de introductiefase en door de grote omvang *an sich* voor de gehele sector. De elektromotor heeft weliswaar een extra voordeel van energie-efficiency, maar dit is te gering ten opzichte van de mogelijke energie-efficiëntere ontwikkeling van bestaande transportmiddelen (verbrandingsmotoren in combinatie met een energiezuiniger ontwerp van het transportmiddel). Het eindresultaat is in dit scenario dat het CO₂-doel wel wordt gehaald, maar aanzienlijke NO_x-emissies resteren.

Ook bij *beleid alleen gericht op NO_x* is het minder waarschijnlijk dat de brandstofcel in transport grootschalig doorbreekt. Alternatieven zoals mobiliteitsreductie en energiezuiniger transportmiddelen met katalysator zijn relatief goedkope maatregelen waarmee een aanzienlijke reductie kan worden bereikt. Ook de elektromotor met accu (of brandstofcel) kan mogelijk op lokale maar beperkte schaal doorbreken (hoewel hierbij gewaakt moet worden voor een verplaatsing van NO_x-emissies naar de elektriciteitssector). Het eindresultaat is dat een redelijk aanzienlijke NO_x-reductie in transport kan worden bereikt, maar het gestelde NO_x-emissierichtpunt niet binnen bereik komt. Aanzienlijke CO₂-emissies resteren in dit scenario.

4. Effecten van verplaatsing van agrarische ammoniakemissies: verkenning op provinciaal niveau

W. van Pul

Bijlage bij paragraaf 6.4 uit 'Bouwstenen voor het NMP4'

Effecten van verplaatsing van agrarische bedrijven op natuurgebieden in Nederland; verkenning naar gebiedsgericht beleid op provinciaal niveau (voor meer achtergrond zie het rapport door van Dam et al., 2001)

4.1 Achtergrond en vraagstelling

De atmosferische depositie van stikstof vormt een belangrijke bedreiging voor de Nederlandse natuur. Op ruime schaal wordt in Nederland de kritische waarde voor depositie van stikstof op natuur overschreden en dit zal bij het huidige beleid ook in de komende decennia het geval zijn (Natuurbalans 2000; RIVM, 2000b). De ammoniakemissie door de landbouw in Nederland levert een grote bijdrage (ruim 50%) aan de atmosferische stikstofdepositie in Nederland. Het RIVM heeft onderzocht wat de optimale verdeling is van de ammoniakemissies over Nederland voor 2010, uitgaande van de geringst mogelijke ammoniakbelasting voor de natuur.

Het Interprovinciaal Overleg (IPO) heeft behoefte aan het ontwikkelen van instrumentarium om de ammoniakemissies uit de landbouw integraal te volgen en zo mogelijk te sturen. In deze studie is naar het vermistende aspect van ammoniak gekeken. Centrale vragen in het RIVM-onderzoek:

1. Hoe is de optimale verdeling van de ammoniakemissies (uitgaande van een Nederlands emissieplafond van 93 kton) voor 2010 per provincie waarbij de natuur zoveel mogelijk beschermd wordt, of met andere woorden waarbij de kritische stikstofdepositiewaarden voor de natuur per provincie zo weinig mogelijk overschreden worden?
2. Wat is de bescherming van de natuur voor stikstofdepositie bij verdergaande generieke emissiereducties voor 2030 en wat is de invloed van verplaatsingen op de bescherming?

Aan de laatste vraag is invulling gegeven door bij een stapsgewijze verlaging van de ammoniakemissie uit de landbouw de overschrijdingen van de kritische depositieniveaus voor en na een optimale verplaatsing van de ammoniakemissies te berekenen. Op deze manier kan bij benadering een beeld verkregen worden van het effect van verplaatsing van emissie bij diverse niveaus van generiek beleid (verlaging van het emissieplafond) voor de bescherming van natuur. De ammoniakemissies lopen van 93 kton naar 60 kton met tussenstappen van 10 kton naar 20 kton. Voor de stikstofdepositie ten gevolge van andere bronnen wordt uitgegaan van de emissievariant voor 2030 uit het rapport *Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen: de emissievarianten* (Beck et al., 2001). Verondersteld is dat de Nederlandse stikstofoxidenemissies omlaag gaan tot 70 kton en dat in het buitenland een evenredige reductie plaatsvindt. De buitenlandse ammoniakemissies zijn evenredig geschaald met de reductie in Nederland.

4.2 Werkwijze

De optimale ruimtelijke verdeling van de ammoniakemissie per provincie is berekend zodanig dat de natuur zo veel mogelijk beschermd wordt. Dit houdt in dat de overschrijding van de kritische stikstofdepositie wordt geminimaliseerd. De gebruikte kritische depositiewaarden zijn een combinatie van zes beschermingscriteria: soortenrijkdom (natuurwaarde), bosvitaliteit, wortelaantasting, bodemkwaliteit, grondwaterkwaliteit en vennen (Albers *et al.*, 2001). Kleine eenheden natuur (1 x 1 km gridcellen met minder dan 25% natuur) zijn in deze studie niet meegenomen. Het gebruikte natuurareaal omvat circa 7000 km² en geeft globaal de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) weer. Bij de optimalisaties is als voorwaarde opgelegd dat de ammoniakemissies van de landbouw uit het natuurareaal worden verwijderd. Op deze manier is op een impliciete manier een ammoniakemissievrij gebied rond natuurgebied in de optimalisatie meegenomen dat varieert van 0 tot 1000 m. De optimalisatie is uitgevoerd per provincie dan wel het deel van het concentratiegebied in de provincie.

De uitplaatsingen uit natuurareaal gaan veel verder dan de zonering voorgesteld in de nieuwe ammoniakwet. De grootste verschillen zijn ten eerste dat in de ammoniakwet alleen aan de emissies van de intensieve veehouderij beperkingen opgelegd worden en ten tweede dat dit gebeurt in een zone rond de EHS die kleiner is (250 of 500 m afhankelijk van de definitieve wet) dan waarmee hier (effectief) gerekend is.

Een belangrijke vraag bij de optimalisaties is in welke mate emissies verplaatst kunnen worden omdat ze grondgebonden zijn (weide- en aanwendingsemissies) of in welke mate emissies geclusterd kunnen worden. Dit hangt af van de ontwikkeling die de landbouw doormaakt. Voor 2010 is gekozen voor een variant die dicht bij de huidige situatie zit en waarbij het effect van de zogenaamde Integrale Aanpak Mestproblematiek (IAM) ingeschat is overeenkomstig de vijfde Milieuverkenning (MV5). Voor 2030 zijn twee varianten doorgerekend: een variant die overeenkomt met de landbouwpraktijk zoals verondersteld voor 2010, waarbij een beperkte hoeveelheid grondgebonden emissie aanwezig blijft, en een (maximale) variant waarin het maximale effect van verplaatsingen van ammoniakemissies is verkend.

Per provincie zijn berekend: de gesommeerde overschrijding van de kritische waarden en de beschermingsgraad die aangeeft welk deel van het natuurareaal (in procenten) onder de kritische waarde ligt. Beide indicatoren zijn afhankelijk van het beschouwde natuurareaal. Met name de beschermingsgraad heeft een beperkte waarde om het effect van emissiereducties en -optimalisaties te illustreren. Dit wordt in principe beter weergegeven met de gesommeerde overschrijding waarin de mate van overschrijding meegenomen is.

4.3 Conclusies en discussie

Als voor 2010 de ammoniakemissies (uit de landbouw) uit het natuurareaal gehaald worden en ruimtelijk optimaal herplaatst worden in dezelfde provincie,⁶ neemt op Nederlandse schaal de gesommeerde en gemiddelde overschrijding van de kritische stikstofdepositie voor natuur ten opzichte van de situatie vóór de ruimtelijke optimalisatie af met ruim 30% respectievelijk 20% (zie *tabel 5.1*). Het beschermde areaal natuur (het percentage natuur met een depositie beneden de kritische depositie) neemt toe van ongeveer 29% tot 41%.

Tabel 4.1 Het effect van de ruimtelijke optimalisatie van ammoniakemissies uit de landbouw.

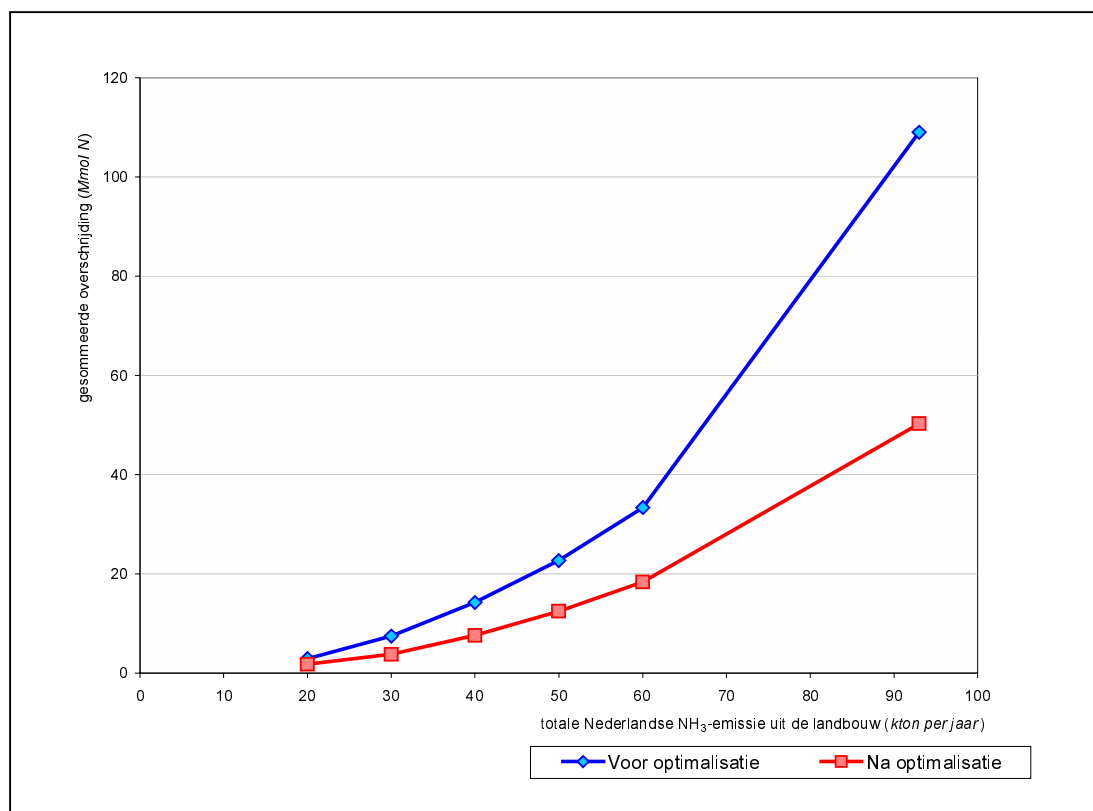
provincie	NH ₃ -emissie	gesommeerde overschrijding	beschermingsgraad	afname gesommeerde overschrijding	beschermingsgraad
	<i>kton</i>	<i>Mmol</i>	<i>percentage</i>	<i>percentage</i>	<i>percentage</i>
Groningen	6	2	75	24	80
Friesland	12	9	64	34	77
Drenthe	6	14	49	30	67
Overijssel	11	32	21	40	38
Gelderland	14	55	16	33	33
Utrecht	3	13	17	25	28
Noord-Holland	5	9	61	14	63
Zuid-Holland	7	8	47	16	52
Zeeland	3	1	87	16	92
Noord-Brabant	18	68	6	38	16
Limburg	6	28	5	29	10
Flevoland	2	2	70	30	81
Nederland	93	241	29	33	41

- Niveau 2010, 1 x 1 km schaal; effect van optimalisatie op de gesommeerde overschrijding van de kritische waarden voor stikstof voor landecosystemen en het percentage landecosystemen dat onder de kritische waarde ligt (beschermingsgraad). Alleen de landbouwemissies zijn uit natuurareaal verplaatst en ruimtelijk optimaal herplaatst.
- Ammoniakemissieplafond en verdeling over de provincies zijn opgegeven door DGM.
- De gemiddelde overschrijdingen hebben alleen betrekking op de 1 x 1 km cellen natuur waar een overschrijding plaatsvindt. Aangezien de reductie in de gesommeerde overschrijding en het aantal cellen dat een overschrijding heeft niet een op een is, kan het voorkomen dat in enkele provincies de gemiddelde overschrijding toeneemt.
- Let op: de berekeningen hebben betrekking op een deel van de natuur. De berekende overschrijdingen en beschermingspercentages zijn slechts indicaties voor de daadwerkelijke overschrijdingen voor de gehele natuur.

⁶ De optimalisaties zijn uitgevoerd per provincie met als randvoorwaarde dat de belasting van alle andere provincies gelijk blijft aan de situatie vóór de optimalisatie. De indicatoren die betrekking hebben op Nederland zijn een sommatie van of een middeling over de 12 provincies. Het gezamenlijke effect van de optimalisatie van alle provincies op de indicatoren voor Nederland is om rekentechnische redenen (nog) niet mogelijk.

Als ook de ammoniakemissies buiten het natuurareaal verplaatst worden, levert dit resultaten op die slechts een aantal procentpunten hoger liggen. De hoeveelheid verplaatste emissie bij een totale optimalisatie is ruwweg twee keer zo groot als de hoeveelheid uitgeplaatste emissie uit de gridcellen met natuur. Het merendeel van de reductie in de overschrijdingen wordt dus bereikt door alleen de landbouwammoniakemissies uit natuurcellen te verwijderen en ruimtelijk optimaal te verplaatsen. Als in de optimalisaties, waar alle ammoniakemissies verplaatst kunnen worden, verondersteld is dat meer grondgebonden emissies verplaatst mogen worden (ruwweg twee keer zoveel) dan is de reductie in de gesommeerde overschrijding ruim 40% en het natuurareaal dat beschermt wordt ruim 50%.

Er zijn duidelijke verschillen tussen de provincies: met name de provincies waarin landbouw en natuur dicht bij elkaar liggen (bijvoorbeeld: Zuid-Oost Friesland, Overijssel, Gelderland en Noord-Brabant) laten in het algemeen een hogere reductie in de gesommeerde overschrijding zien dan de kleiprovincies in het westen van Nederland (Noord- en Zuid-Holland, Zeeland).



Figuur 4.1 Ruimtelijke optimalisatie voor 2030: relatie tussen effectiviteit van verplaatsing en het emissieplafond. Optimalisaties zijn uitgevoerd onder de aanname dat de landbouwpraktijk overeenkomt met die van 2010 echter met minder grondgebonden emissies.

Als de ammoniakemissies uit de landbouw ruimtelijk geoptimaliseerd worden onder de aanname dat de landbouwpraktijk niet ingrijpend verandert, neemt de gesommeerde overschrijding van de kritische stikstofdepositie van de natuur in 2030 af met ongeveer 40 à 50%, afhankelijk van het emissieplafond (figuur 4.1 en tabel 4.2). Bij de lagere emissieplafonds van ammoniak wordt het effect van een optimale verplaatsing van emissies kleiner. Dit is het gevolg van het feit dat aangenomen is dat een beperkte mate van grondgebonden-emissies aanwezig blijft en er niet meer nóg verder van natuur verplaatst kan worden. Dit vinden we ook terug in het effect van verplaatsingen op het beschermingsniveau. Bij 93 kton is het effect van de optimalisatie groot, de bescherming neemt toe van 60 naar 80%. Bij lagere emissieplafonds neemt de beschermingsgraad na optimalisatie nauwelijks toe (slechts één tot twee procent). Belangrijke reden hiervoor is dat de kritische stikstofdepositiewaarden van de zeer gevoelige natuur (met de laagste kritische waarden) altijd overschreden worden. Daarnaast zijn uiteraard de andere stikstofbronnen en de achtergronddepositie medeverantwoordelijk voor de blijvende overschrijdingen.

De berekeningen voor 2030 (figuur 4.1) kunnen gebruikt worden om een indicatie te krijgen van de effectiviteit van generieke maatregelen versus gebiedsgericht beleid in relatie tot de bescherming van de natuur (door de snijpunten door een horizontale lijn met de beide curves te bepalen). De grootste reductie in de overschrijdingen wordt bereikt door de verlaging van het ammoniakemissieplafond door generieke maatregelen. Het optimaal verplaatsen van ammoniakemissies kan daarop een aanzienlijk extra reductie geven of kan betekenen dat het emissieplafond minder ver omlaag hoeft.

Tabel 4.2 Het effect van de ruimtelijke optimalisatie van ammoniakemissies uit de landbouw (niveau 2030, 1 x 1 km schaal) op de gesommeerde overschrijding van de kritische waarden voor stikstof voor landecosystemen en het percentage landecosystemen dat onder de kritische waarde ligt

emissieplafond	Voor optimalisatie		Na optimalisatie	
	gesommeerde overschrijding	beschermingsgraad	afname gesommeerde overschrijding	beschermingsgraad
<i>kton</i>	<i>Mmol</i>	<i>percentage</i>	<i>percentage</i>	<i>percentage</i>
93	109,0	60%	54%	80%
60	33,4	86%	45%	90%
50	22,7	89%	45%	91%
40	14,2	91%	47%	93%
30	7,4	93%	49%	95%
20	2,9	97%	39%	98%

Literatuur

- Albers, R., J. Beck, A. Bleeker, L. van Bree, J. van Dam, L. van der Eerden, J. Freijer, A. van Hinsberg, M. Marra, C. van der Salm, A. Tonneijck, W. de Vries, L. Wesselink en F. Wortelboer (2001). Evaluatie van de Verzuringdoelstellingen: de onderbouwing. RIVM (rapportnr. 725 501 001), Bilthoven.
- Bal, D., H.M. Beije, Y.R. Hoogeveen, S.R.J. Jansen en P.J. van der Reest (1995). Handboek natuurdoeltypen in Nederland. IKC-N, Wageningen.
- Beck, J., L. van Bree, M. van Esbroek, J. Freijer, A. van Hinsberg, M. Marra, K. van Velze, H.A. Vissenberg en W.A.J. van Pul (2001). Evaluatie van de Verzuringdoelstellingen: de emissievarianten. RIVM (rapportnr. 725 501 002), Bilthoven.
- Bobbink, R., M. Hornung and J.G.M. Roelofs (1996). Empirical nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystems. Manual on methodologies and criteria for mapping critical levels/loads and geographical areas where they are exceeded. UN ECE Convention On Long-range Transboundary Air pollution, Federal Environmental Agency, Berlin.
- Dam, J.D. (ed.), P.S.C. Heuberger, J.M.M. Aben en W.A.J. van Pul (2001). Effecten van verplaatsing van agrarische ammoniakemissies: Verkenning op provinciaal niveau. RIVM (rapportnr. 725501003), Bilthoven.
- ECN/RIVM (2000). Synergie in de aanpak van klimaatverandering en verzuring. Oplossingsrichtingen voor energie en mobiliteit in 2030. Achtergrondrapport bij de vijfde Nationale Milieuverkenning ter voorbereiding op het vierde Nationaal Milieubeleidsplan. ECN (rapportnr. ECN-C-00-074) / RIVM (rapportnr. 773 001 015), Petten/Bilthoven.
- EFTEC/RIVM (2001). European Environmental Priorities; an integrated economic and environmental assessment. Report by RIVM, EFTEC, NTUA and IIASA (ass. with TNO and TME). RIVM (rapportnr. 481 505 010), Bilthoven.
- Hinsberg, A. van, M.L.P. van Esbroek, A.M. Hendriks, G.P. Beugelink, W.A.J. van Pul, M.J.H. Pastoors en J.M.M. Aben (2001). Knelpuntanalyse van milieudruk in relatie tot de provinciale natuurdoelen. RIVM (rapportnr. 408 663 002), Bilthoven.
- LNV (1995). Ecosystemen in Nederland. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- LNV (2000). Natuur voor mensen mensen voor natuur. Nota natuur, bos en landschap in de 21e eeuw. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- Nijland, H., E.E.E.M. van Kempen, J. Jabben and J.A. Annema (2000). Noise abatement measures; costs and benefits. RIVM (rapportnr. 715 120 005), Bilthoven.
- Posch, M., P.A.M. de Smet, J-P. Hettelingh and R.J. Downing (1995). Calculation and mapping of critical thresholds in Europe. RIVM (rapportnr. 259 101 004), Bilthoven
- RIVM (2000). Nationale Milieuverkenning 5, 2000-2030. Samson bv, Alphen aan de Rijn.
- RIVM (2001a). Bouwstenen voor het NMP4, aanvulling op de Nationale Milieuverkenning 5. RIVM, Bilthoven.
- RIVM (2001b). Milieubalans 2001. Kluwer, Alphen aan de Rijn.
- RIVM/DLO (2001). Natuurbalans 2001. Kluwer, Alphen aan de Rijn.

Vries, W. de, C. van der Salm, A. Hinsberg en J. Kros (2000). Gebiedspecifieke kritische depositie niveaus voor stikstof en zuur voor verschillende effecten op terrestrische ecosystemen. Milieu. no. 3: pp. 144-158.

VROM (1997). Nationaal Milieubeleidsplan 3. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.

VROM (2001). Nationaal Milieubeleidsplan 4. Een wereld en een wil, werken aan duurzaamheid. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.

Bijlage 1

Verzendlijst

RIVM

dhr. K. van Egmond
dhr. F. Langeweg
dhr. R. Maas
dhr. L. Braat
dhr. D. van der Meent
mw. J. Hoekstra
dhr. R. van den Berg
dhr. D. van Lith
dhr. T. Bressers
dhr. B.J. Heij
dhr. H. Westhoek
dhr. H. van Zeijts
dhr. W. Smeets
dhr. J. Oude Lohuis
mw. M. Kuijpers-Linde
dhr. R. Albers
mw. J. Beck
dhr. J. van Dam
dhr. A. van Hinsberg
dhr. R. Alkemade
dhr. R. Wortelboer
dhr. G.P. van Wee
dhr. L. van Bree
dhr. J. Jabben
dhr. T. Dassen
dhr. G. Beugelink
dhr. W. Lammers
dhr. G. Eggink
dhr. J. Wiertz
auteurs
MNV-MVB

Ministerie VROM

dhr. J. van der Vlist
dhr. C.J. Vriesman
dhr. B.C.J. Zoeteman
dhr. J.P.A. Gruijters
dhr. L.H. Kokhuijs
dhr. C. M. Moons
mw. E. Dobbinga
dhr. C. Hoppener
dhr. R.L.F. Brieskorn
mw. J. Lamé
dhr. J. Dekker
mw. M.R. Meijer
dhr. R. Schoonman
dhr. D. Hardy

dhr. A. van der Meij
mw. J.M.A. Uijtdewilligen
dhr. J. Sliggers
dhr. H. Herremans
dhr. E. Dame
dhr. W. Iestra
dhr. K. Sanders
dhr. M. van den Berg
dhr. D. de Gruijter
dhr. D. Welkers

Ministerie Verkeer en Waterstaat

dhr. R. Brakenburg
dhr. B. Witmond
dhr. R. Geels
dhr. H. Prins
dhr. H. Leeftang
dhr. C. Patmos
dhr. W. Albers
dhr. K. de Groot
AVV: dhr. P. Polak

Ministerie van Algemene Zaken

mw. M. van Empel
mw. M. Buijs
mw. H. Uit de Haag

Ministerie Financiën

dhr. P.R. Koutstaal
dhr. F. uit den Boogaard
dhr. G.W. Huiskamp
dhr. H.J. Hamer

Ministerie van LNV

dhr. R. van der Laan
mw. M. Vroom
dhr. J.F. de Leeuw

Ministerie van Economische Zaken

dhr. P. Tops
dhr. M. Witvliet
dhr. R. Bemer

Ministerie van Buitenlandse Zaken

dhr. A.P.M. van der Zon
mw. A. Wevers
dhr. M.I. van der Zee

Ministerie van VWS

mw. M.A. van Vugt

dhr. P.H.B. Pennekamp

Alterra

dhr. Wim de Vries

dhr. H. Kros

Vaste Kamercommissie VROM

Vaste Kamercommissie LNV

Vaste Kamercommissie V & W

politieke partijen

secretariaten, partijbureaus

Depot Nederlandse Publicaties en

Nederlandse Bibliografie

SBD/ Voorlichting & Public Relations RIVM

Bureau Rapportenregistratie RIVM

Bibliotheek RIVM

Bureau Rapportenbeheer RIVM