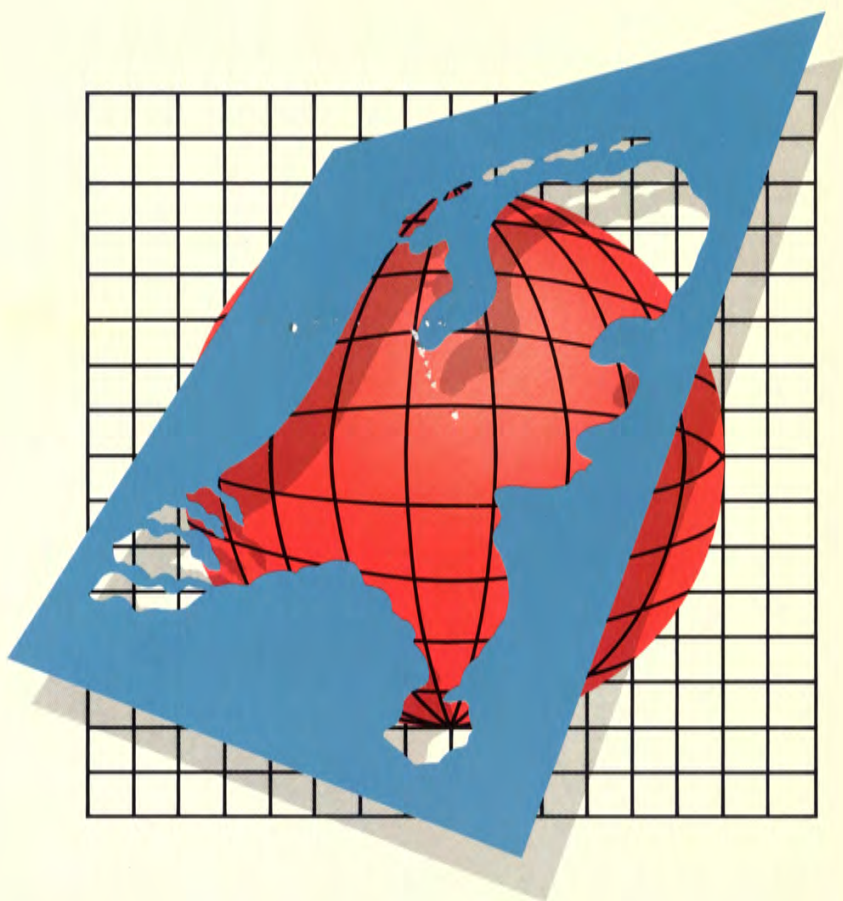


Zorgen voor morgen

NATIONALE MILIEUVERKENNING

1985-2010



rivm

onderzoek in dienst
van mens en milieu

RIJKSINSTITUUT VOOR VOLKSGEZONDHEID EN MILIEUHYGIENE

ERRATA

Behorende bij Zorgen voor morgen, Nationale milieuverkenning 1985-2010

ISBN 90 6092 406 1

blz. X:

bij Verantwoording auteurs bij binnenmilieu (regel 17) toevoegen: ir. W.K. van der Lingen

blz. 63, figuur:

scenario A, B en CD moet zijn: scenario A, BC en D

blz. 63 1e regel onder figuur:

'NO₂' moet zijn 'N₂O'

blz. 74 2e regel:

'ppbijvoorbeeld' moet zijn 'ppbv.'

blz. 91 onder figuur:

'bron: RIVM' moet zijn 'bron: Kley'

blz. 100 1e drie regels zijn:

voetnoot bij tabel van blz. 99

blz. 101 13e regel:

'met ruim 11% dalen' moet zijn 'met ruim 11% toenemen'

blz. 151 7e regel onder het kopje Antropogene beïnvloeding:

'van 74%' t/m 'haalbaar' vervangen door 'van ca 80% voor SO₂, 55-60% voor NO_x en 65-75% voor NH₃ haalbaar. Met deze maatregelen kan het gewenste depositie-niveau van 1400 mol/ha/jaar tot op 20% benaderd worden als het buitenland vergelijkbare maatregelen neemt.'

blz. 222 5e en 6e regel:

'Dit beeld is echter niet verder uitgewerkt' vervangen door 'Dan lijkt het mogelijk te voorkomen dat de huidige norm voor drinkwater in het bovenste grondwater niet meer wordt overschreden. Voor de streefwaarde is dit echter niet het geval.'

blz. 279 na 2e regel toevoegen:

Door het verwerken van alle dierlijke mest tot een kunstmest vervangend produkt te combineren met integraal stikstofmanagement kan worden voorkomen dat de huidige norm voor drinkwater in het bovenste grondwater wordt overschreden. Dit geldt niet voor de streefwaarde.

blz. 333 in figuur:

'huismijtallergeen & schimmel' moet zijn 'huisstofmijten-, schimmelallergenen'

blz. 339 kop tabel:

'200' moet zijn '2000'

blz. 406:

in tabel Z-episoden achter longfunctie/symptomen lezen \$ en \$

blz. 408 6e regel van onder tussen totale en kankerincidentie toevoegen:

aan straling toe te schrijven

blz. 428 13e regel van onder:

'74, 57 en 68%' vervangen door 'ca 80, 55-60 en 65-75%'

blz. 429 3e en 4e regel van boven vervangen door:

opzichte van 1980. Door technische maatregelen kan het gewenste depositie-niveau tot op 20% benaderd worden mits de in ons omringende landen gelijk-soortige maatregelen genomen worden. Waarschijnlijk zijn dus nog aanvullende maatregelen nodig.

blz. 442:

3e regel van boven: 'met name in' t/m 'meststoffenbesluit (Post, 1985)' vervalt;

9e regel van boven: 'Centrale verwerking' t/m 'bedragen' vervangen door 'Het is waarschijnlijk dat het doorvoeren van extra maatregelen structurele en volumebeperkende aanpassingen in de landbouw uitlokt. Een vermindering van de veestapel met bijvoorbeeld 20% heeft tot gevolg dat een daling van het inkomen in de veehouderijen en de daarmee samenhangende veevoer-, zuivel- en vleesindustrie bijna 2 miljard gulden kan bedragen.'

16e regel: achter 'veehouderij zelf' toevoegen '(Post e.a., 1985).'

16e regel 'Het nemen' t/m 19e regel 'uitlekt': vervalt.

Zorgen voor morgen

Zorgen voor morgen

Nationale milieuverkenning
1985-2010



onderzoek in dienst van mens en milieu

Eindredactie:
Ir. F. Langeweg

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Zorgen

Zorgen voor morgen : nationale milieuverkenning 1985-2010 / eindred.: F. Langeweg. - Alphen aan den Rijn : Samsom H.D. Tjeenk Willink. - Ill.

RIVM onderzoek in dienst van mens en milieu. - Met lit. opg.

ISBN 90-6092-406-1

SISO 614.61 UDC 502.35(492) "1985 / 2010" NUGI 825

Trefw.: milieubeleid ; Nederland ; 1985-2010.

ISBN 90 6092 406 1

NUGI 825

RIVM-project 758704

© 1988 RIVM, Bilthoven.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopiën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b Auteurswet 1912 jo het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351, zoals gewijzigd bij Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient u zich te richten tot: Samsom Uitgeverij bv, Postbus 4, 2400 MA Alphen aan den Rijn.

Inhoud

Voorwoord	VII
Verantwoording	IX
Samenvatting	XIII
1 Inleiding	1
2 Algemene maatschappelijke ontwikkelingen	11
2.1 Probleemschets	11
2.2 Demografische ontwikkelingen	14
2.3 Economische ontwikkelingen	17
2.4 Niet-vernieuwbare natuurlijke hulpbronnen	23
2.5 Vernieuwbare natuurlijke hulpbronnen	31
2.6 Ruimtelijke ordening en verkeer	42
3 Mondiale milieuproblemen	55
3.1 Probleemschets	55
3.2 Klimaatverandering	57
3.3 Aantasting van de ozonlaag	70
3.4 Duurzaamheid op mondiaal niveau	75
4 Continentale milieuproblemen in Europa	84
4.1 Probleemschets	84
4.2 Ozon op leefniveau	86
4.3 Verzuring	102
4.4 Verspreiding van aerosolen (stof)	127
4.5 Kernreactor-ongevallen	138
4.6 Duurzaamheid op continentaal niveau	147
5 Fluviale milieuproblemen Rijn en Maas	156
5.1 Probleemschets	156
5.2 Vermesting van zout en zoet oppervlaktewater	159
5.3 Verspreiding van stoffen in water en waterbodem	171
5.4 Duurzaamheid op fluviaal niveau	191

6	Regionale milieuproblemen in Nederland	198
6.1	Probleemschets	198
6.2	Verresting van bodem en grondwater	200
6.3	Verspreiding van stoffen in bodem en grondwater	225
6.4	Verdroging	243
6.5	Verwijdering van afvalstoffen	262
6.6	Duurzaamheid op regionaal niveau	275
7	Lokale milieuproblemen in Nederland	288
7.1	Probleemschets	288
7.2	Verstoring door geluidshinder	289
7.3	Verstoring door stank	306
7.4	Luchtverontreiniging in binnensteden	312
7.5	Binnenmilieu	323
7.6	Duurzaamheid op lokale schaal	339
8	Gebiedsgerichte integratie op regionale schaal	343
8.1	Probleemschets	343
8.2	Gevoeligheid van gebieden en kwaliteitseisen van functies	349
8.3	Gebiedsgewijze integratie	364
9	Effecten op de volksgezondheid	373
9.1	Probleemschets	373
9.2	Chemische agentia met (voornamelijk) orale blootstelling	377
9.3	Chemische agentia met inhalatoire blootstelling	384
9.4	Fysische agentia	395
9.5	Micro-organismen en parasieten	401
9.6	Samenvatting	406
9.7	Beschouwing van verschillende typen ziekten en aandoeningen	407
10	Kosten en baten van milieumaatregelen	420
10.1	Probleemschets	420
10.2	Ontwikkeling van de kosten en baten per milieuthema	424
10.3	Ontwikkeling van de kosten en baten per doelgroep	441

Voorwoord

Het rapport "Zorgen voor Morgen, nationale milieuverkenning 1985-2010" is opgesteld met het oog op de voorbereiding van het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP), waarin de koers voor het milieubeleid van de jaren negentig wordt uitgezet. Aan dit NMP zal een lange termijnvisie ten grondslag liggen, waarin het begrip "duurzame ontwikkeling" centraal staat. Een wetenschappelijk onderbouwde milieuverkenning is een onmisbare bouwsteen voor de formulering van een lange termijnvisie op het milieu. In Nederland is nu voor het eerst een integrale milieuverkenning voor de lange termijn gemaakt.

Uit het rapport blijkt dat, ondanks de grote inspanningen die worden verricht en ondanks de constatering dat op een aantal gebieden de milieukwaliteit in Nederland is verbeterd, een verdere verslechtering van de milieukwaliteit in algemene zin zal optreden als de huidige trends worden doorgetrokken. Daar zijn een aantal redenen voor. In de eerste plaats hebben milieuproblemen steeds meer een internationaal karakter. Internationale besluitvorming wordt helaas vaak niet gekenmerkt door grote snelheid. In de tweede plaats wordt de beperking van milieubelasting per individuele bron van verontreiniging in tal van sectoren teniet gedaan door de groei van het aantal bronnen. Een derde belangrijke factor is dat toegevoegde technologie vaak is toegepast voor de bestrijding van milieuproblemen. Dat is op korte termijn veelal effectief maar resulteert op lange termijn soms in verschuiving van problemen. Tenslotte is er sprake van een "naijl" effect. Ook al worden maatregelen genomen, soms duurt het tientallen jaren voordat die maatregelen in een verbetering van de milieukwaliteit te merken zijn.

Een duurzame ontwikkeling houdt een ontwikkeling in die voorziet in de behoeften van de huidige generaties zonder daarmee voor toekomstige generaties de mogelijkheden in gevaar te brengen om ook in hun behoeften te voorzien. Deze milieuverkenning leidt tot de conclusie dat een duurzame ontwikkeling van onze samenleving wordt ondermijnd door de wijze waarop wij omgaan met het milieu. Daarom dwingt dit rapport tot een bezinning op de

wijze waarop onze samenleving in haar behoeften voorziet. Die bezinning zal niet alleen een taak van de overheid zijn, ook burgers en bedrijfsleven zullen een bijdrage moeten leveren.

Een verkenning van de toekomst is omkleed met vele onzekerheden. Bij deze milieuverkenning zijn de belangrijkste onzekerheden verbonden aan de economische en sociaal-culturele ontwikkelingen enerzijds en de doorwerking van emissies van schadelijke stoffen en ingrepen in het milieu anderzijds. We zullen moeten streven naar vergroting van onze kennis en naar het uitbouwen van milieuverkenningen als instrument voor een toekomstgericht milieubeleid. Daartoe moeten wij de ontwikkeling van de kwaliteit van ons milieu nauwlettend volgen. Ik heb het RIVM verzocht elke twee jaar te rapporteren over de toestand waarin het milieu zich bevindt en over de toekomstige ontwikkelingen.

Ik ben op grond van het voorliggende rapport van mening dat een vergaande aanpassing van ons omgaan met het milieu geen uitstel kan velen, ook al hebben we te maken met tal van onzekerheden. Het rapport geeft overtuigend aan dat uitstel van acties inhoudt dat te grote risico's worden genomen met het milieu. En dat kan uiteindelijk ook ten koste gaan van de economische ontwikkeling.

Ik vind dan ook dat we nu, op basis van thans beschikbare kennis, onze zorgen voor morgen moeten omzetten in daden die kunnen voorkomen dat onze zorgen morgen de zorgen van onze kinderen zullen zijn.

De minister van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,


Drs. E.H.T.M. Nijpels

Verantwoording

Het RIVM heeft de onderhavige studie in de daarvoor beschikbare korte tijd, van ongeveer een jaar, in samenwerking met anderen verricht. Uiteraard is gebruik gemaakt van uit de literatuur beschikbare inzichten en gegevens. Aan het einde van elk hoofdstuk wordt een verantwoording gegeven van de voornaamste geraadpleegde literatuur. Daarnaast hebben tal van instituten en instellingen aan deze studie hun medewerking verleend. TNO heeft bijdragen geleverd aan het inventariseren van preventieve maatregelen en aan het verzamelen van informatie over stank en het binnenmilieu. Het ingenieursbureau DHV heeft voor het thema verspreiding informatie verzameld en een model opgesteld. Het raadgevend bureau RPC heeft gelijksoortig werk verricht voor het thema vermessing. Vanuit het nationale onderzoekprogramma verzuring, waarin vele instituten participeren, is veel informatie over dit thema ter beschikking gekomen. Door de Dienst Getijdewateren en de Dienst Binnenwateren/RIZA is informatie geleverd over de kwaliteit van het oppervlaktewater en de zuivering van afvalwater. Het Instituut voor Milieuvraagstukken van de Vrije Universiteit Amsterdam heeft een aantal preventieve maatregelen bezien, de schade van milieuverontreiniging bepaald en bijdragen geleverd aan de eindredactie van dit rapport. Het ingenieursbureau TEBODIN heeft berekeningen uitgevoerd naar de kosten van milieumaatregelen. Het Centrum voor Milieukunde van de Rijksuniversiteit te Leiden heeft een substantiële bijdrage geleverd aan de ontwikkeling van een indeling van Nederland op ecologische grondslag.

Deze lange termijnverkenning is derhalve het resultaat van het werk van velen zowel binnen als buiten het RIVM. De kritische beschouwing van verkregen resultaten door een interdepartementale begeleidingscommissie en een panel van deskundigen mag daarin niet onvermeld blijven.

Het panel van deskundige bestond uit prof.dr. J.B. Opschoor van het Instituut voor Milieuvraagstukken (IvM), prof.dr. L. Reijnders van de Stichting Natuur en Milieu en ir. T.F. Potma van het Centrum voor Energiebesparing. Door het Centraal Plan Bureau (CPB) en het KNMI en de onder de Ministeries van Landbouw en Visserij en Verkeer en Waterstaat


ressorterende onderzoekinstellingen zijn waardevolle suggesties gedaan. De totale verantwoordelijkheid voor "Zorgen voor Morgen" berust overigens volledig bij het RIVM.

De projectleiding en eindredactie van dit document berustte bij ir. F. Langeweg. Het hoofdstuk over maatschappelijke ontwikkelingen is samengesteld door drs. R.J.M. Maas. De mondiale milieuproblemen zijn beschreven door dr. H. de Boois. Het hoofdstuk over continentale milieuproblemen is samengesteld door ir. A.H.M. Bresser (verzuring), dr. F.A.A.M. de Leeuw (ozon en aerosolen) en dr.ir. D. van Lith (kernongevallen). De beschrijving van de fluviale problemen is van de hand van ir. W. van Duijvenbooden en ir. P.K. Koster (vermesting) en drs. A. Minderhoud (verspreiding). Het hoofdstuk over regionale problemen is samengesteld door ir. W. van Duijvenbooden en ir. P.K. Koster (vermesting), drs. A. Minderhoud (verspreiding), ir. G.J. Heij (verdroging) en drs. J.M. Joosten (verwijdering). De beschrijving van lokale milieuproblemen is van de hand van ir.M.v.d. Berg (geluid), drs.H.Vos en ir.J.I. Walpot (stank), drs. H.C. Eerens (binnensteden) en ir. H.J.W.J. v.d. Wiel (binnenmilieu). De gebiedsgerichte integratie is uitgevoerd door drs. R. Reiling en dr.H.de Boois. Het hoofdstuk over effecten op de volksgezondheid is samengesteld onder leiding van dr. P.G.N. Kramers en met medewerking van dr.ir.E. Lebret, ir.P.J.A. Rombout, A.Wijga, dr.G.de Groot, dr. F. van Knapen, dr.H. Slaper, dr.G.J.A. Speyers en drs. R. Theelen. De kosten en baten van milieumaatregelen zijn beschreven onder leiding van drs. R.J.M. Maas. Hieraan is een essentiële bijdrage geleverd door drs. J. Jantzen van TEBODIN met betrekking tot de kosten van milieumaatregelen. De scenarioberekeningen voor vermesting en verzuring zijn uitgevoerd door ir.T.N. Olsthoorn, ir. K.F.de Boer en dr.R. Thomas en die voor verspreiding door drs.T.Aldenberg en ir.J. Knoop. Naast de genoemde hebben vele andere RIVM-medewerkers een bijdrage geleverd aan het tot stand komen van dit document. Het interne werkproces is begeleid door een RIVM steungroep en een steungroep bij het Directoraat Generaal Milieubeheer (DGM). De interne RIVM steungroep bestond uit dr.ir.B.C.J. Zoeteman, dr.H.A.M. de Kruyf en ir.N.D.van Egmond. De DGM steungroep bestond uit drs.ir.J.J.van der Vaart, drs.W.F. Iestra, drs.M.van der Kamp en drs.M. Janssen en werd op incidentele basis aangevuld met vele DGM-medewerkers.

Voor allen was het een leerproces om zo'n veel omvattende studie in een korte periode van ongeveer een jaar te verrichten. Het RIVM beschouwt deze studie als een bevestiging van de kerntaak van het instituut periodiek de toestand van de gezondheid van het Nederlandse volk en van het Nederlandse milieu te beschrijven, alsmede inzicht te verschaffen in te verwachten

ontwikkelingen op korte en middellange termijn. Dit op basis van continue observatie en bestudering van de causale mechanismen. Het beheer van milieumeetnetten en de ontwikkeling van wiskundige modellen geven aan deze diagnose- en prognosetaak vorm.

De Directeur-Generaal van het RIVM



Ir.drs. R.B.J.C.van Noort

Samenvatting

1. Probleemstelling voor de lange termijnverkenning

1.1 In 1989 wordt door de regering een nationaal milieubeleidsplan (NMP) uitgebracht. Dit plan richt zich op de in de komende 8 tot 10 jaren te nemen strategische beslissingen. Veel milieuproblemen zoals bijvoorbeeld het broeikas-effect en de bodemverzuring hebben een lange termijnkarakter die de planperiode van het NMP ver kan overschrijden. Het is daarom van belang de in het NMP te nemen strategische beslissingen ook in het kader van de te verwachten ontwikkelingen op nog langere termijn te plaatsen. Het RIVM is gevraagd met medewerking van andere instituten, een achtergronddocument op te stellen gericht op de lange termijnverkenning omtrent de ontwikkeling van milieuproblemen. Als tijdsperiode is aangehouden 1985 tot in het algemeen het jaar 2010.

1.2 Bijna een eeuw lang was de Hinderwet van 1875, gericht op lokale milieuproblemen, de enige voor het milieubeheer beschikbare wet. Met name gedurende de laatste decennia is de schaalvergroting van milieuproblemen van de gebouwde omgeving en het landschap naar het rivierenstroomgebied, het continent en de planeet manifest geworden zoals blijkt uit de aantasting van de ozonlaag in de stratosfeer en de te verwachten klimaatverandering.

Deze problemen worden in toenemende mate veroorzaakt doordat slecht afbreekbare stoffen in de natuurlijke kringlopen en hun reservoirs ophopen.

1.3 Een analyse van de aard van de kringlopen laat zien dat een vijftal schaalniveau's kunnen worden onderscheiden waarbinnen kenmerkende stof- en energiestromen plaatsvinden. Het betreft de lokale, regionale, fluviale, continentale en mondiale schaal.

- 1.4 De lokale schaal omvat de gebouwde omgeving waarbinnen de mens zich een groot gedeelte van de tijd bevindt. Verstoring door stank en geluid, luchtverontreiniging in vooral de binnensteden en verontreiniging van het binnenmilieu vormen hier de kenmerkende milieuproblemen.
- 1.5 Op regionale schaal is de trage stofstroom in bodem en grondwater maatgevend. Door de zeer geringe transportsnelheden spelen op deze schaal vooral problemen door accumulatie van nutriënten en persistente stoffen zoals fosfaat, nitraat, zware metalen en pesticiden in dezelfde gebieden als waar zij in het milieu worden gebracht (vermesting en verspreiding). Door het onttrekken van water wordt op dit schaalniveau ook de hydrologische kringloop aangetast. De verwijdering van afvalstoffen leidt door het al dan niet legaal storten tot een bedreiging van bodem en grondwater.
- 1.6 Op fluviale schaal vormt het transport via oppervlaktewater de drager van twee soorten problemen voor de stroomgebieden en de aansluitende randzeeën. De ene soort vloeit voort uit de stelselmatige belasting van het water met persistente stoffen. Daartoe behoren ook incidentele lozingen van zeer toxische stoffen. De andere soort betreft de toevoer van nutriënten naar het oppervlaktewater waardoor aquatische ecosystemen worden aangetast. Beide soorten problemen kunnen leiden tot ophoping van stoffen in de waterbodems.
- 1.7 Op continentale schaal is de circulatie van lucht in de grenslaag (0-3 km hoogte) maatgevend voor de verspreiding van stoffen binnen enkele dagen tot hoogstens enkele weken. Het betreffen aerosolen, foto-oxidantia, verzurende stoffen en radionucliden. De feitelijke problemen behoeven zich niet in de atmosfeer zelf voor te doen maar kunnen, zoals bij verzuring het geval is, ook in de bodem of het water optreden.
- 1.8 Op mondiale schaal leidt de circulatie in de hogere delen van de atmosfeer in één à twee jaar tot vermenging van toevoegingen aan de atmosfeer over de gehele aarde. Een reeks stoffen met een levensduur van jaren of langer accumuleert thans in de hoge atmosfeer. Broeikasgassen en ozonlaag-aantastende stoffen zijn op mondiale schaal werkzaam (klimaatverandering, aantasting ozonlaag).

1.9 Bij de ontwikkeling van milieuproblemen speelt de factor tijd mee. Wanneer stoffen zich in reservoirs ophopen kan het lang duren voor een milieuprobleem zichtbaar wordt en vaak nog langer voor na beëindiging van de emissies het milieuprobleem is opgelost (na-ijling). In veel gevallen is er ook sprake van een eindige buffercapaciteit van reservoirs. Pas als de buffercapaciteit is overschreden manifesteert zich het milieuprobleem. Verzurende emissies door het gebruik van fossiele brandstoffen stijgen al decennia. Pas de laatste jaren zijn de effecten hiervan zichtbaar geworden. Na beëindiging van de emissies zal het ook nog lange tijd duren voor de oorspronkelijke situatie zich heeft hersteld, zo dit al mogelijk is. Eerder inzicht in dit soort processen is noodzakelijk.

1.10 Naast de huidige centrale milieuproblemen (verzuring, vermisting, verspreiding, verstoring en verwijdering) alsmede de recent gesignaleerde milieuproblemen (klimaatverandering, aantasting ozonlaag en binnenmilieu) kunnen zich in de komende decennia nog andere momenteel nog niet gesignaleerde nieuwe milieuproblemen gaan voordoen. Gedacht kan hierbij worden aan het risico verbonden aan het gebruik van genetisch gemodificeerde micro-organismen en invasie van schadelijke planten- of diersoorten alsmede virussen. Ook de gevolgen van de benutting van oceanen voor menselijke doeleinden, de gevolgen van de introductie van nieuwe energiesystemen en nieuwe materialen, kunnen problemen voor het milieu veroorzaken.

2. De huidige omvang van de beschouwde milieuproblemen

Mondiale milieuproblemen

2.1 Het broeikaseffect ontstaat door de emissies van CO₂ (energie, ontbossing), methaan (landbouw), distikstofoxiden (energie) CFK's (industriële produkten) en door ozon. Deze gassen leiden in de atmosfeer tot een verandering van de uitstraling van warmte van de aarde naar de ruimte. De troposfeer (tot 10 km hoogte) zal daardoor opwarmen, de zeespiegel zal stijgen en wereldwijd zullen klimaten veranderen. Thans is CO₂ voor de helft verantwoordelijk voor het broeikaseffect, methaan voor een kwart en de overige gassen voor de rest. Bij voortzetting van de huidige trend van de emissie van deze gassen zal de temperatuur in het jaar 2100 gemiddeld op aarde met ruim 8°C gestegen zijn. De zeespiegel kan dan met maximaal 70 cm gestegen zijn boven de autonome trend van 15-20 cm per eeuw. De Nederlandse

bijdrage aan de emissies is minder dan 1% in absolute zin doch in relatieve zin beduidend omvangrijker (bijvoorbeeld per inwoner). In Nederland zullen vooral effecten optreden ten aanzien van de kustveiligheid, de waterhuishouding, de voedselvoorziening en natuurlijke ecosystemen. Het geheel van de effecten is nog moeilijk te overzien doch deze zullen zeer ingrijpend zijn. Hoe de aarde zal reageren op een zo grote en snelle klimaatverandering binnen een eeuw die vroeger op veel grotere tijdschaal plaatsvond laat zich nog moeilijk voorspellen.

- 2.2 De ozonlaag in de stratosfeer (15-40 km hoogte) wordt aangetast door chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's) en halonen. De ozonlaag absorbeert de voor de mens en de natuur schadelijke UV-B straling. Toenemende UV-B straling kan leiden tot ernstige schade aan de volksgezondheid door huidkanker en aantasting van het immuunsysteem, waardoor infectieziekten kunnen ontstaan. Satelietwaarnemingen tonen aan dat de afname van ozon jaarlijks sterker wordt. In 1987 is lokaal en tijdelijk aan de Zuidpool een afname van 95% geconstateerd. Gaande vanaf de polen is de afname geringer en blijft beperkt tot ca. 2%. De produktie van CFK's heeft de afgelopen decennia een grote stijging ondergaan. Ze worden gebruikt als koelmiddel, drijfgas in spuitbussen en als schuimvormer bij de produktie van kunststoffen. Halonen worden toegepast als blusmiddel.

Continentale milieuproblemen

- 2.3 De depositie van verzurende stoffen in Nederland is sinds 1980 met ongeveer 20% gedaald doch bevindt zich nog steeds op een veel te hoog niveau. Hierdoor wordt de vitaliteit van de bossen aangetast, vergrast de heide en verzuren de vennen. De verzuring wordt veroorzaakt door SO_2 , NO_x en NH_3 . De SO_2 -emissies door de industrie, de nutsbedrijven en het verkeer zijn sinds 1980 met ongeveer 40% gedaald. De NO_x -emissies uit dezelfde bronnen zijn echter nauwelijks verminderd. De vooral uit de landbouw afkomstige NH_3 -emissies zijn zelfs licht gestegen.
- 2.4 De ozongehalten op leefniveau vertonen een stijgende tendens. Onderscheid moet daarbij gemaakt worden in de piekconcentraties die tijdens episoden optreden onder bepaalde weersomstandigheden en de gemiddelde achtergrondconcentratie. Piekconcentraties worden veroorzaakt door NO_x afkomstig van de reeds genoemde bronnen en door

vluchtige organische verbindingen afkomstig uit industriële processen (oplosmiddelen), raffinaderijen en het verkeer. De vorming van pieken in de ozonconcentratie vindt plaats in de nabij het aardoppervlak gelegen grenslaag. De achtergrondconcentratie ontstaat in de daarboven gelegen vrije troposfeer en bereikt het leefniveau door inmenging in de grenslaag. Hier spelen koolmonoxide (verbrandingsprocessen) en methaan (landbouw) een belangrijke rol. Dit probleem heeft zelfs een mondiale dimensie. De piekconcentraties van ozon vormen een bedreiging voor de volksgezondheid. De achtergrondconcentratie van ozon kan gedurende het groeiseizoen de natuurlijke vegetatie en de landbouwprodukten aantasten.

2.5 Aerosolen (stof) is de verzamelnaam van een veelheid van vaste deeltjes. De fijne fractie daarvan is in het algemeen van antropogene oorsprong. Aandacht wordt in signalerende zin geschonken aan metaalaerosolen (afkomstig van hoge temperatuurprocessen zoals verbranden van afvalstoffen, energie-opwekking en metaalproductie) en zure aerosolen samenhangend met het verzuringsprobleem. De omvang van het aerosolprobleem is nog niet goed te kwantificeren. De depositie van zware metalen via aerosolen is in veel gevallen een belastingsfactor van betekenis voor de fluviale en regionale systemen. Zure aerosolen en het in de atmosfeer aanwezige "vrije" zuur tijdens episoden van luchtverontreiniging lijken een niet te verwaarlozen effect op de volksgezondheid te hebben.

2.6 Kernongevallen kunnen leiden tot verspreiding van radionucliden op continentale schaal. In de ons omringende landen bevinden zich thans 115 kerncentrales. Het ongeval met de kerncentrale in Tsjernobyl heeft aangetoond dat ook veraf gelegen kerncentrales een risico voor ons land betekenen. Het ongeval te Tsjernobyl draagt thans 2,5% bij aan de gemiddelde stralingsbelasting van de Nederlandse bevolking van 2,4 mSv/jaar. Het totale risico voor ons land van alle kerncentrales in Europa is nog niet bekend. Hiervoor is derhalve geen lange termijnverkenning gemaakt.

Fluviale milieuproblemen

2.7 De belasting van de Nederlandse binnenwateren met nutriënten is nog steeds een factor 10-25 te hoog ten opzichte van de natuurlijke toestand. In een zone van enige tientallen kilometers breed langs de Nederlandse en Duitse Noordzeekust zijn de concentraties van

nutriënten nu drie tot vijf keer hoger dan 50 of meer jaar geleden. De te hoge nutriëntenbelastingen leiden tot een grotere dichtheid van plantaardige organismen (algenbloei). Hierdoor kunnen de aquatische ecosystemen destabiliseren leidend tot vermindering van het aantal soorten.

- 2.8 De kwaliteit van de zoute en zoete oppervlaktewateren ondergaat in het algemeen de laatste jaren een verbetering ten aanzien van persistente stoffen zoals metalen en bestrijdingsmiddelen, incidentele lozingen daar gelaten. In de waterbodem vindt ophoping van deze stoffen plaats, waarbij te stellen normen voor een multifunctionele bodem ver overschreden worden.

Persistente stoffen kunnen zich ook ophopen in de voedselketen en vooral effecten veroorzaken bij de zich aan het einde van deze keten bevindende vissen en zoogdieren. Het verdwijnen van de zalm en de steur in de Rijn en de vermindering van het aantal zeehonden kan hierdoor mede veroorzaakt zijn. Het voortzetten van de huidige belastingsniveau's door huishoudelijk en industrieel afvalwater biedt geen perspectief voor herstel van de aquatische ecosystemen.

Regionale milieuproblemen

- 2.9 Het grondwater, de bodem en het kleine oppervlaktewater in Nederland worden zwaar belast met de nutriënten stikstof, fosfor en kalium, vooral afkomstig uit de landbouw. Het gebruik van stikstofkunstmest in de landbouw is sinds 1920 bijna twintig maal zo groot geworden. Het gebruik van fosforkunstmest is ongeveer gelijk gebleven. De hoeveelheid dierlijke mest die op de bodem wordt gebracht is sinds 1900 meer dan verviervoudigd. Ook de depositie van stikstof vanuit de lucht is toegenomen. Het nitraatgehalte in het grondwater is daardoor gestegen in de zandgebieden in ons land. Dit is een bedreiging voor de drinkwatervoorziening en kan leiden tot destabilisatie van ecosystemen. Fosfaat accumuleert in de bodem. Wanneer het bodemreservoir gevuld is kan doorslag optreden waardoor het kleine oppervlaktewater bedreigd wordt. Dit vindt thans plaats of dreigt op korte termijn in gebieden in Noord-Brabant, Zuid-Limburg, Gelderland en Overijssel. Een groot aantal kleine oppervlaktewateren hebben thans een te hoge nutriëntenbelasting.

- 2.10 Persistente stoffen zoals metalen, pesticiden en andere organische verbindingen vormen eveneens een belangrijke bedreiging voor de kwaliteit van bodem en grondwater. Door meststoffen en depositie

vanuit de lucht wordt de bodem in toenemende mate belast met metalen. De cadmium- en kopergehalten in de bodem stijgen. Het bestrijdingsmiddelengebruik in de landbouw is gestegen tot ongeveer 25 miljoen kg actieve stof per jaar. Daardoor stijgen de gehalten van aan de bodem adsorberende bestrijdingsmiddelen, zoals lindaan en organotinverbindingen. Mobiele bestrijdingsmiddelen, zoals atrazine en dichloorpropeen, spoelen uit naar het grondwater. Zij vormen een bedreiging voor de drinkwatervoorziening.

Het voortzetten van de huidige belastingsniveau's van nutriënten en persistente stoffen bedreigt de drinkwatervoorziening en de produktie van gezond voedsel door de landbouw en kan leiden tot destabilisatie van ecosystemen doordat enkele soorten gaan overheersen.

2.11 Verdroging is in toenemende mate een probleem gaan vormen. Signalen van matige en ernstige verdroging zijn te constateren in grote delen van de hoger gelegen delen in ons land en in de duinen. Verdroging ontstaat door verlaging van de grondwaterstand door grondwaterwinningen en door peilbeheersingsmaatregelen bij landinrichtingsplannen en infrastructurele maatregelen. Verdroging draagt ook bij aan het vermestings- en verzuringsprobleem en aan de verarming van ecosystemen. Een negatief neveneffect van verdroging is, dat ter compensatie gebiedsvreemd water wordt ingelaten waaraan ook negatieve ecologische effecten verbonden zijn. De toekomstige omvang van de verdroging laat zich nog moeilijk voorspellen, zodat hiervoor geen lange termijnverkenning is gemaakt.

2.12 Het storten van afvalstoffen is een bedreiging voor de kwaliteit van bodem en grondwater. Legaal of illegaal zijn grote hoeveelheden afvalstoffen gestort. Dit heeft nu al geleid tot 1600 te saneren gevallen van bodemverontreiniging. Naar het zich laat aanzien is dit nog maar de top van de ijsberg. Een globale inventarisatie wijst op een beduidend groter aantal te saneren lokaties vooral bestaande uit bedrijfsterreinen.

Lokale milieuproblemen

2.13 Geluidshinder wordt veroorzaakt door het wegverkeer, het railverkeer, de luchtvaart en de industrie en andere bedrijfsmatige activiteiten. De huidige hinder door geluid is omvangrijk. In 38% van de woningen wordt hinder ondervonden van het wegverkeer, in 19% van de luchtvaart, in 14% van de industrie en in 6% van de woningen van het railverkeer. Ongeveer 300.000 ha is in Nederland aangewezen als stiltegebied.

- 2.14 In ongeveer 19% van de woningen treedt thans stankhinder op. Hiervoor is in het algemeen een groot aantal stoffen verantwoordelijk. De industrie (9%), de landbouw (3%) en het verkeer (7%) zijn de belangrijkste bronnen.
- 2.15 Door het verkeer in binnensteden worden op ongeveer 1000 km trottoir (~ 2500 straten) en nabij de gevels van ca. 250.000 woningen de referentiewaarden voor luchtverontreiniging door zwarte rook (roet), stikstofdioxide, benzeen, koolstofmonoxide, lood en in mindere mate door formaldehyde en benz(a)pyreen overschreden. Door de introductie van loodvrije benzine is het loodprobleem snel aan het afnemen.
- 2.16 In de woning zelf (het binnenmilieu) komen tal van stoffen voor die een bedreiging voor de volksgezondheid kunnen vormen. De belangrijkste agentia zijn stikstofdioxide afkomstig van geisers en kooktoestellen, lawaai veroorzaakt door burens, radon afkomstig uit de kruipruimte, zwevend stof door roken en allergenen en schimmels veroorzaakt door vocht in de woning. In vrijwel alle woningen worden referentiewaarden voor één of meerdere stoffen overschreden. Bepalende factoren hiervoor zijn de eigenschappen van de woning, de wijze van gebruik van de woning en verontreinigingen die van buiten de woning binnentreden.

3. Uitgangspunten voor de lange termijnverkenning

- 3.1 Het lange termijnkarakter van milieuproblemen noodzaakt tot een vroegtijdige signalering van ongewenste maatschappelijke ontwikkelingen. Lange termijnverkenningen geven voor het milieubeleid een indicatie van de mate waarin door bijsturing van maatschappelijke processen gestelde doelen kunnen worden gerealiseerd. Eerdere studies gingen in op toekomstscenario's zoals het "Rapport van de Club van Rome" (1971), de OECD-studie "Facing the Futures" (1979) en "Our Common Future" (Brundland-rapport, 1987). In de laatstgenoemde twee rapporten wordt in principe een duurzame economische ontwikkeling mogelijk geacht. Realisatie ervan trekt echter een forse wissel op de bereidheid van de huidige generatie om, mede via het milieubeleid, tot aanzetten voor zo'n ontwikkeling op langere termijn te komen.
- 3.2 Het bestrijden van milieubelasting na het ontstaan ervan door "end of pipe" maatregelen is uiterst kostbaar en behoort min of meer tot de huidige praktijk. Dergelijke emissiereducerende en effectgerichte maatregelen zijn in het algemeen ook in deze lange termijnverkenning gekozen om milieuproblemen op te lossen.

Een duurzaam alternatief zal gericht moeten zijn op verdergaande preventie, hergebruik, energiebesparing en ontwikkeling van de technologie die daarvoor nodig is. Dit leidt tot lagere bestrijdingskosten en minder snelle uitputting van natuurlijke hulpbronnen. In dit duurzame alternatief is zelfs sterkere economische groei mogelijk dan bij het voortzetten van de thans gangbare praktijk. Dergelijke structurele veranderingen komen in deze lange termijnverkenning vanwege het innovatieve karakter slechts in beperkte mate aan de orde.

- 3.3 Bij de presentatie van toekomstscenario's is uitgegaan van de midden variant indien er meerdere alternatieven beschikbaar waren. Voorts is onderscheid gemaakt in scenario's waarin de reeds vastgestelde dan wel extra, thans technisch mogelijk geachte, maatregelen worden genomen.
- 3.4 Bij een hoge economische groei wordt een stijging voorzien in het mondiale energieverbruik van 2-2,5% per jaar. Deze stijging zal vooral plaatsvinden in ontwikkelingslanden, waar groeicijfers van 5 à 6% worden verwacht. Het Nederlandse energieverbruik stijgt naar verwachting in het middenscenario met 1% per jaar in de periode 1985 tot 2010.
- 3.5 Door de groeiende vraag naar elektriciteit in Nederland zal, ondanks de energiebesparing, het in de centrales opgestelde vermogen moeten toenemen van 15.470 MW in 1985 naar 22.410 MW in 2010. Volgens de huidige plannen zullen extra kolencentrales en geen kerncentrales worden ingezet. In Europa bedraagt naar verwachting in 2000 de geplande uitbreiding van kerncentrales 80%.
- 3.6 Tot 2050 wordt rekening gehouden met een groei van de wereldbevolking tot maximaal 10 miljard mensen, waarvan 8,5 miljard in de Derde Wereld zullen wonen. In Nederland nadert de omvang van de bevolking de 15 miljoen.
- 3.7 Om de groeiende bevolking in ontwikkelingslanden te kunnen voeden moet het landbouwareaal in de wereld verder worden uitgebreid en de produktiviteit worden verhoogd. Beide maatregelen roepen milieuproblemen op zoals ontbossing, woestijnvorming en een sterk groeiend bestrijdingsmiddelengebruik. Wereldwijd groeit de toepassing van bestrijdingsmiddelen met 5 à 6% per jaar.

- 3.8 Nederland is één van de grootste exporteurs van voedsel- en landbouwprodukten ter wereld en hierdoor tevens een belangrijke importeur van veevoer, plantaardige oliën, cacao en hout. Naast de ruim 20.000 km² in eigen land wordt nog eens drie maal zoveel grond gebruikt voor de Nederlandse landbouw in andere landen, met name de Derde Wereld. De import uit de Derde Wereld gaat niet zelden gepaard met een uitputting van de bodem, gevolgd door erosie. Nederland zelf wordt door het aanzienlijke invoeroverschot geconfronteerd met het bekende mestprobleem.
- 3.9 De hoge produktiviteit van de Nederlandse landbouw is mede gebaseerd op grote (kunst)mestgiften en toepassing van bestrijdingsmiddelen die de hoogste ter wereld zijn. De intensieve veehouderij leidt regionaal tot grote overschotten van dierlijke mest. De totale veestapel is in Nederland tussen 1970 en 1985 bijna verdubbeld vooral door de toename van varkens en pluimvee. Het aantal runderen zal tot 2010 door autonome ontwikkelingen met bijna 30% dalen terwijl het aantal varkens en pluimvee licht zal stijgen. Het gebruik van meststoffen en de produktie van dierlijke mest zal tot 2010 ongeveer constant blijven tenzij ingrijpende maatregelen worden genomen.
- 3.10 De drink- en industriewatervoorziening wordt geconfronteerd met een toenemend watergebruik. Het huishoudelijke industriële en agrarische watergebruik zal tezamen tot 2010 met 40-50% stijgen.
- 3.11 De stijgende trend van verkeer en vervoer zal zich naar verwachting in de komende jaren verder voortzetten. Het aantal gereden autokilometers zal in 2010 met ongeveer 60% zijn gestegen. Nederland kent inmiddels de hoogste ruimtelijke autodichtheid ter wereld (128 auto's per km²). Als gevolg van de toename van het verkeer en vervoer en het zuiniger worden van auto's wordt voor 2010 een stijging van het brandstofverbruik verwacht van 40% ten opzichte van 1985.

4. Resultaten van de lange termijnverkenning

Mondiale milieuproblemen

- 4.1 Om klimaatverandering in de volgende eeuw tot een temperatuurstijging van minimaal $1,5^{\circ}\text{C}$ tot mogelijk $4,5^{\circ}\text{C}$ te beperken zal per wereldburger, niet meer dan 0,6 ton koolstof per jaar geëmitteerd mogen worden. Voor Nederland betekent dit een emissiereductie van ongeveer 80%. Het is nog niet duidelijk hoe deze reductie bereikt moet worden. Energiebesparing en de ontwikkeling van andere energiesystemen zouden als volume- en structurele maatregelen gestimuleerd moeten worden. Indien geen verregaande emissiebeperkende maatregelen worden genomen bestaat er kans op een grootschalige ontwrichting van de mondiale biosfeer. Dit kan op den duur gevolgen hebben voor het voortbestaan van de mensheid op aarde.
- 4.2 Bij uitvoering van het protocol van Montreal, leidend tot een potentiële emissiereductie van CFK's van 50% van het niveau van 1986, kan de ozonkolom gemiddeld over de wereld met 5-10% afnemen. Slechts beëindiging van de CFK-emissies, zoals in Nederland met de industrie is overeengekomen, leidt tot daling van de CFK-concentraties in de atmosfeer en een tientallen jaren trager verlopend herstel van de ozonlaag. In Nederland wordt thans per jaar nog 50.000 ton gehalogeneerde koolwaterstoffen geëmitteerd, waarvan CFK's ongeveer 20% uit maken. Ook andere gehalogeneerde koolwaterstoffen zoals dichloormethaan, worden ervan verdacht een bijdrage aan de aantasting van de ozonlaag te leveren.

Continentale milieuproblemen

- 4.3 De zuurbuftercapaciteit van 30% van de bodem in Centraal Europa zal ondanks maximale bestrijding van zuuremissies blijvend zijn aangetast. Om in Nederland de meest ernstige schade te voorkomen zullen in ons land en de ons omringende landen de emissies van SO_2 met 90% en van NO_x met 70% moeten dalen ten opzichte van 1980. De NO_x -emissies in Oost-Europa zullen dan met 30% moeten dalen. De NH_3 -emissies in Nederland moeten met 80% dalen en in de ons omringende landen met 60% ten opzichte van 1980. Met de beschikbare technische bestrijdingsmaatregelen zijn in Nederland reducties met ca. 80% voor SO_2 , 55-60% voor NO_x en 65-75% voor NH_3 haalbaar. Met deze technische maatregelen en vergelijkbare reducties in het buitenland kan het gewenste depositie-niveau van 1400 mol/ha/jaar tegen zeer hoge kosten tot op 20% worden benaderd.

4.4 Zelfs bij extra maatregelen zal de ozonconcentratie op leefniveau de referentiewaarde voor piekconcentraties 5-12 dagen per jaar overschrijden. De referentiewaarde voor de seizoengemiddelde ozonconcentratie op leefniveau wordt ongeveer bereikt. Om schade door ozon op leefniveau te voorkomen is, ten opzichte van verzuring, een nog verdergaande emissiereductie nodig van 70-90% in Europa voor NO_x en voor vluchtige organische stoffen (VOS) en van een gelijksoortige omvang voor CO en CH_4 op wereldschaal. Ongeveer 50% van de VOS-emissie is in Nederland met de beschikbare technische middelen te bestrijden.

Fluviale milieuproblemen

4.5 Ondanks uitvoering van het Rijnactieplan zal na 2000 de referentiewaarde voor fosfor in het benedenrivierengebied, het Ketelmeer en het Gooimeer en voor stikstof en fosfor in de Westerschelde en de Waddenzee overschreden worden. Om eutrofiëring in deze zoete en zoute oppervlaktewateren te vermijden is een reductie van de lozing van stikstof- en fosforverbindingen nodig van tenminste 75% in plaats van de in het Rijnactieplan opgenomen 50%.

4.6 Door het Rijnactieplan en vergelijkbare maatregelen voor de Maas zal de overschrijding van referentiewaarden voor enkele accumulerende stoffen (cadmium, koper, lindaan, benzo(a)pyreen) in zoete en zoute oppervlaktewateren vrijwel niet meer voorkomen. In enkele sedimentatiegebieden (Haringvliet, Hollands Diep, Rotterdams havengebied en Ketelmeer) zullen referentiewaarden voor de waterbodems nog overschreden worden ondanks een emissiereductie van 70-80%.

4.7 Onzeker is of de afdekking door toekomstig schoon sediment de 70 mln. m^3 sterk vervuild sediment in de zoete riviersedimentatiegebieden voldoende kan afschermen voor opname door biota. Hetzelfde geldt voor de sedimentatiegebieden in de Waddenzee. In de Noordzee zal waarschijnlijk pas na enige decennia het sediment een nieuwe beneden de referentieniveau's liggende evenwichtstoestand bereiken.

4.8 De capaciteit voor afvalwaterzuiveringsinrichtingen zal beperkt stijgen van 22 mln. i.e. tot 25 mln. i.e. in 2010 waarbij echter fosfaat- en nitraatverwijdering nodig is. In een duurzame ontwikkeling moet de zuivering op volledige terugwinning van grondstoffen en energie zijn gericht. Niet recirculeerbare en slecht afbreekbare stoffen zullen uit het afvalwater geweerd moeten worden.

Regionale milieuproblemen

- 4.9 De kringloop van stikstof in de landbouw kan in principe niet worden gesloten, doch de maatregelen zijn er op gericht het verschil tussen aan- en afvoer zo klein mogelijk te maken. Bij alle technisch mogelijk geachte extra maatregelen, waartoe zowel integraal stikstof management als volledige mestverwerking tot een kunstmestvervangend produkt behoren, kan de huidige drinkwaternorm voor nitraat worden bereikt. Dit is niet het geval voor de streefwaarde. Er worden 10-20 ondiep winnende grondwaterpompstations bedreigd welk aantal in de volgende eeuw weer kan dalen indien extra maatregelen worden genomen. Een te hoge belasting van het kleine oppervlaktewater kan dan worden voorkomen. Zelfs bij het volledig voorkomen van de uitspoeling van stikstof zal het tot ver in de volgende eeuw duren voor de vereiste kwaliteit van het voor de drinkwatervoorziening opgepompte grondwater wordt bereikt.
- 4.10 De kringloop van fosfor in de landbouw kan door de vastgestelde maatregelen min of meer worden gesloten. Hierdoor kan worden voorkomen dat verdere accumulatie van fosfaat in de bodem optreedt. Lokaal kan op beperkte schaal fosfaatdoorslag optreden. Door nalevering vanuit de waterbodem en afspoeling van fosfaat zal de kwaliteit van de kleine oppervlaktewateren voorlopig niet voldoende verbeteren.
- 4.11 De koper- en cadmiumemissies naar de bodem kunnen met 35% respectievelijk 50% gereduceerd worden hetgeen onvoldoende is. De referentiewaarden voor koper zullen op lange termijn op grote schaal worden overschreden in cultuurgronden. Voor cadmium zal in 2010 ongeveer 10% van het bouwland zich rond de referentiewaarde bewegen. Voor grasland stijgt dit percentage van 25% thans tot 40% in 2010. Overschrijding van de referentiewaarde voor cadmium zal op lange termijn plaatsvinden in enkele poldergebieden in het westen van Nederland. Depositie vanuit de lucht is daarin tevens een factor van belang.
- 4.12 Slecht afbreekbare bestrijdingsmiddelen vormen een bedreiging voor de drinkwatervoorziening door grondwaterwinning in zandgebieden. Het kan meer dan 100 jaar duren voor te hoge concentraties na beëindigen van het gebruik van bestrijdingsmiddelen uit het opgepompte water verdwenen zijn.

4.13 De verwijdering van afvalstoffen zou in preventieve zin gericht moeten zijn op terugwinning van grondstoffen en energie en beperking van de hoeveelheden. Hiertoe zullen niet recirculeerbare en slecht afbreekbare stoffen uit de afvalstoffen geweerd moeten worden. Deze doelen worden nog slechts ten dele bereikt. In 2010 kan 65% van de afvalstoffen worden hergebruikt of een nuttige toepassing vinden, 20% kan worden verbrand en 15% zal moeten worden gestort. Thans wordt ongeveer 40% van de afvalstoffen gestort. Er resteert nog een omvangrijke bodemsaneringsoperatie mede als gevolg van onzorgvuldig verwijderde afvalstoffen.

Lokale milieuproblemen

4.14 De geluidshinder voor grote delen van de bevolking zal bij de vastgestelde maatregelen door de groei van verkeer, luchtvaart en industrie niet afnemen. Extra maatregelen kunnen in 2010 leiden tot een reductie van het aantal geluidgehinderden met 40% voor verkeerslawaai, 90% voor lawaai door de civiele luchtvaart, terwijl voor industrielawaai en raillawaai de hinder ongeveer gelijk blijft aan de huidige omvang.

4.15 De vastgestelde maatregelen zullen het percentage stankbelaste woningen doen afnemen van 19% thans naar 16% in 2010. Door extra maatregelen is dit tot 8% te reduceren.

4.16 Extra maatregelen kunnen ertoe leiden dat de totale lengte trottoir in steden waar referentiewaarden voor luchtverontreiniging worden overschreden afneemt van 1000 km in 1985 tot 260 km in 2010. Bij de vastgestelde maatregelen is sprake van een lichte toename met ca. 10% door de groei van het verkeer. De extra technisch mogelijke emissiereducerende maatregelen leiden tot emissiereductie van 60-75%. Om overschrijdingen te voorkomen zijn volume- en structurele maatregelen nodig.

4.17 Thans vindt in vrijwel alle woningen overschrijding plaats van één of meer referentiewaarden voor agentia zoals NO_2 , radon (exclusief bouwmaterialen), burenlawaai en zwevend stof. Door extra maatregelen is dit tot 70% in 2010 terug te brengen. Voortzetting van dit beleid zal in de 21^e eeuw het percentage doen dalen tot 8 à 18%. Hierbij behoren reducties van de potentiële blootstelling per woning die kunnen oplopen tot meer dan 90%. Hiertoe zijn structurele maatregelen nodig in de woningbouw en -renovatie.

Volksgezondheid

- 4.18 De invloed van milieufactoren op de gezondheid is door ontoereikende kennis een onderbelicht en ook een onderschat probleem. Een complicerende factor hierbij is dat het om effecten gaat die het gevolg zijn van langdurige blootstelling aan relatief lage concentraties. Bovendien gaat het vaak om blootstelling aan vele factoren tegelijkertijd.
- 4.19 Vermindering van gezondheidsrisico's door milieubelasting is vooral te bereiken door vermindering van de luchtverontreiniging binnen en buiten de woning, verlaging van de blootstelling aan radon, vermijden van een verhoogde blootstelling aan UV-B, beperking van de blootstelling aan cadmium en beperking van de geluidshinder.

Gebieden

- 4.20 De hogere gebieden in Nederland zijn het meest gevoelig voor diverse vormen van milieuverontreiniging. In deze gebieden worden de maatschappelijke en ecologische functies nadelig beïnvloed door verzuring, vermisting, toxische stoffen en verdroging. Anderzijds treedt in de gebieden die kenmerkend zijn voor een deltalandschap de sterkste opeenhoping van verontreiniging op waardoor ook daar de kwaliteit van het milieu sterk bedreigd is. Zonder vermindering van de belasting zullen juist in de kwetsbare gebieden veel soorten verdwijnen. Dit leidt onder meer tot een verkleining van het genenreservoir. Het herstelvermogen in de regio's lijkt nog aanwezig. Indien de continentale en mondiale problemen niet opgelost worden, zal geen wezenlijke verbetering in de kwetsbare regio's optreden. Effecten op regionale schaal kunnen daarentegen de effecten, veroorzaakt door grootschaliger problemen, aanzienlijk en mogelijk ook onherstelbaar versterken.
- 4.21 De situatie, in thans ten opzichte van hun gevoeligheid zwaarbelaste gebieden op de zandgronden in Utrecht, Gelderland, Overijssel, Noord-Brabant en Limburg alsmede de lössgebieden in Limburg, de duingebieden, de hoogveen- en hoogveenontginningsgebieden en de geïsoleerde stuwwallen, kan aanzienlijk verbeterd worden. In de Peelhorst, het oude rivierterrassenlandschap, het lössgebied en het krijtlandschap in Limburg en de geïsoleerde stuwwallen worden, ondanks extra nationale en internationale maatregelen gevoelige functies nog matig bedreigd door verzuring, vermisting en verspreiding.

Kosten en baten

- 4.22 Bij de vastgestelde maatregelen blijft het aandeel van de milieukosten in het Bruto Nationaal Produkt (BNP) tot 2010 ongeveer constant op 2%. De meest stringente technisch, thans mogelijk geachte, maatregelen doen de milieukosten stijgen tot 3-3,5% van het BNP in 2010. Deze kostenomvang is een maximumraming omdat technologische ontwikkelingen waarschijnlijk goedkopere structurele maatregelen zullen uitlokken. Ongeveer 15% van de kosten is niet vermijdbaar omdat ze veroorzaakt worden door effectgerichte maatregelen die samenhangen met het opruimen of het verzachten van de effecten van reeds plaats gevonden milieuverontreiniging.
- 4.23 De baten van milieumaatregelen worden gevormd door het vermijden van schade in de toekomst. Deze baten zijn veelal niet direct in monetaire eenheden uit te drukken. Het gaat in feite om de vraag hoeveel de huidige generatie ervoor over heeft om een schoon milieu te kunnen overdragen aan toekomstige generaties. De milieukwaliteit moet zodanig zijn dat ook in de verre toekomst een duurzame economische ontwikkeling mogelijk is. Structurele op preventie en efficiëntie gerichte aanpassingen zijn daarvoor een voorwaarde zodat hoge saneringskosten en hoge kosten van toegevoegde maatregelen kunnen worden vermeden. Bovendien wordt daardoor zorgvuldiger omgegaan met uitputbare hulpbronnen.
- 4.24 Naarmate de milieuproblemen grootschaliger worden is een internationale en structurele preventieve aanpak dwingender noodzakelijk. Klimaatverandering en aantasting van de ozonlaag kunnen mondiaal gezien grote risico's opleveren voor milieu en volksgezondheid en zeer omvangrijke schade tot gevolg hebben. Dit betekent dat verwacht mag worden dat de huidige generatie de op lange termijn te verwachten baten van maatregelen zwaarder zal laten wegen dan de kosten die de komende decennia gemaakt zullen moeten worden.

1 Inleiding

In 1988 wordt door de regering een nationaal milieubeleidsplan (NMP) uitgebracht. Dit plan richt zich op te nemen strategische beslissingen voor de komende 8 tot 10 jaar (VROM 1987). Veel milieuproblemen zoals bijvoorbeeld het broeikas-effect en de bodemverzuring hebben een lange termijn karakter die de planperiode van het NMP ver kan overschrijden. Het is daarom van belang de in het NMP te nemen strategische beslissingen ook in het kader van de te verwachten ontwikkelingen op nog langere termijn te kunnen plaatsen. Het is om deze reden dat het RIVM, op verzoek van de Directeur-Generaal Milieubeheer, de onderhavige lange termijnverkenning voor milieuproblemen heeft opgesteld. Er wordt gekeken naar een tijdsperiode die tenminste reikt tot het jaar 2010 en soms nog verder.

Duurzaamheid

Zeer globaal kan het milieu worden opgevat als een stelsel van reservoirs en stromen die de reservoirs verbinden. Beiden worden voor menselijke activiteiten benut (NASA, 1988).

Het directe gebruik van reservoirs kan in de eerste plaats duurzaamheid aantasten. Het regeneratievermogen van reservoirs is daarvoor maatgevend. Fossiele brandstoffen kunnen slechts op geologische tijdschalen vernieuwd worden. Minerale grondstoffen als ertsen zijn niet vernieuwbaar doch worden na gebruik diffuus verspreid. Biologische reservoirs zijn regenererbaar mits bepaalde grenzen niet overschreden worden.

Stromen zijn gemakkelijker exploiteerbaar zolang exploitatie niet leidt tot het "opdrogen" van de stroom. Water, lucht en straling zijn de essentiële stromen. Stromingsbronnen zijn een duurzame vorm van energieopwekking. Beïnvloeding van stromen kan plaatsvinden door overexploitatie van reservoirs. Bijvoorbeeld te grote winningen van water uit het grondwaterreservoir leidt tot het opdrogen van waterlopen, te intensieve landbouw leidt tot bodemerosie, ontbossing resulteert in verandering van de hydrologie, etc. Met andere woorden, exploitatie van reservoirs die het regeneratievermogen overschrijdt is niet duurzaam en gebruik van niet

"opdrogende" stromen is dat wel. Dit alles gemeten op menselijke tijdschaal.

Deze directe exploitatie van reservoirs en stromen is echter niet de enige voor duurzaamheid bepalende factor. Ze worden ook op een indirecte manier beïnvloed door menselijk handelen. Met name door milieuverontreiniging kan het gedrag van reservoirs beïnvloed worden. Verzuring tast het bufferend vermogen van de bodem aan, niet of slechts afbreekbare stoffen hopen zich op in de bodem en waterbodem en in biotische reservoirs. Ook hier kan het regenererend vermogen van de reservoirs zodanig aangetast worden dat de duurzaamheid in het geding komt. Vergiftiging van landbouwgronden kan toekomstig gebruik weerhouden, verzuring belemmert een vitaal bosbestand. De biotische milieucomponenten bestaan uit vele soorten en eenheden die in ingewikkelde dynamische processen met elkaar samenhangen. Natuurlijke factoren zoals bodemgesteldheid, vochtigheid, temperatuur, en de wisselingen daarvan bepalen zowel op kleine schaal als op grote schaal de marges waarbinnen die systemen zich kunnen bewegen. De biotische systemen hebben een gelimiteerd vermogen (basis voor duurzaamheid) om op veranderingen in externe factoren adequaat en met behoud van eigen identiteit te reageren. De huidige anthropogene belasting zoals verzurende stoffen, milieugevaarlijke stoffen, structurele morfologische veranderingen op kleine en grote schaal en hydrologische veranderingen hebben het vermogen van populaties en biotische eenheden al dusdanig aangetast dat volledige regeneratie naar vroegere, natuurlijke systemen al niet meer mogelijk is. Het vermogen tot opvangen van veranderingen in de externe factoren is door de aanhoudende druk van anthropogene factoren beperkt. Ernstig gevaar bestaat dat geen antwoord meer gevonden kan worden op volgende (on)natuurlijke calamiteiten en het systeem dan onregeneerbaar veranderd. Zonder die anthropogene druk zou dit meestal niet het geval zijn.

De vraag welke gevolgen (nieuwe) milieuproblemen kunnen hebben voor biotische systemen, van zeer kleine eenheden tot biogeografische gebieden, moet dan ook bezien worden vanuit de vraagstelling in hoeverre het vermogen tot regeneratie nog aanwezig is. Een duurzame ontwikkeling vergt een dusdanige exploitatie en belasting van reservoirs (abiotisch en biotisch) dat het regeneratievermogen niet overschreden wordt en stromen niet onwenselijk beïnvloed worden. Hiertoe is het in principe nodig dat antropogene stofkringlopen zodanig gesloten worden dat geen uitputting of belasting van het milieu ontstaat.

De mens is voor voedselproductie, drinkwater en grondstoffen aangewezen op het milieu. Ook voor de gezondheid, de veiligheid en het welzijn speelt de kwaliteit van het milieu een dominerende rol. Tal van activiteiten zijn

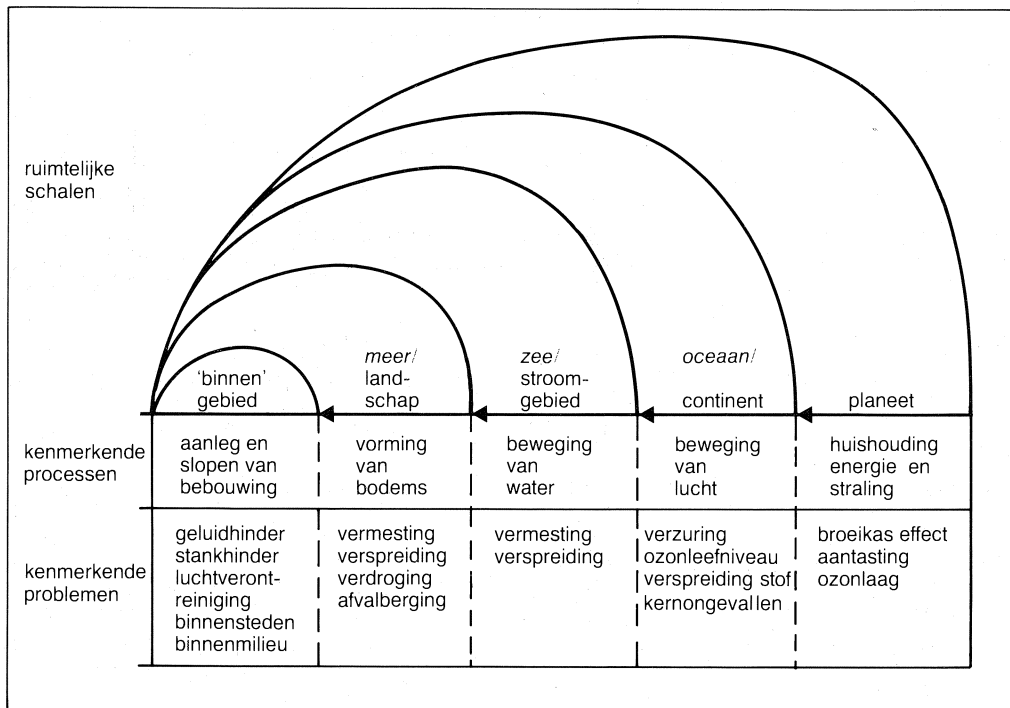
gericht op versterking van de functies die het milieu voor de mens en de maatschappij heeft door benutting van specifieke reservoirs, stof- en energiestromen. Daarnaast worden afvalstoffen toegevoegd aan de stofstromen in de lucht, in het water en in de bodem.

Ook voor toekomstige generaties moet het milieu als draagvlak dienen. De relatie tussen mensheid en milieu moet daartoe omgebogen worden naar een duurzame ontwikkeling, waarbij de kwaliteit van het milieu niet wordt aangetast door het gebruik dat de mens ervan maakt (Our Common Future, 1987).

Vijf ruimtelijke schaalniveaus

Oorspronkelijk waren milieuproblemen vooral van lokale aard. Besmettelijke ziekten zoals cholera en buiktyphus vormden in de vorige eeuw aanleiding om de steden van een openbare waterleiding te voorzien. Bijna een eeuw lang was de Hinderwet van 1875 de enige voor het milieubeheer beschikbare wet. Met name gedurende de laatste decennia is de schaalvergroting van milieuproblemen van de gebouwde omgeving en het landschap naar de schaal van het rivierstroomgebied, het continent en de planeet manifest geworden zoals blijkt uit de aantasting van de ozonlaag en de verwachte klimaatverandering.

Deze problemen worden in toenemende mate veroorzaakt doordat slecht afbreekbare stoffen in de natuurlijke kringlopen en hun reservoirs ophopen. Zo hopen cadmium en PCB's zich op in sediment, nitraat en herbiciden in grondwater en CFK's in de stratosfeer. Een analyse van de aard van de kringlopen laat zien dat een vijftal schaalniveau's kunnen worden onderscheiden, waarbinnen kenmerkende stof- en energiestromen plaatsvinden. Op het laagste niveau van de lokale gebouwde omgeving is sprake van een opbouw en afbraak van bouwwerken. Op het regionale niveau van het landschap of een meer speelt de circulatie van mineralen die in de planten worden opgenomen en via de afstervende bladeren of algen weer op de bodem worden afgezet. Op het niveau van het stroomgebied van de rivieren en de ontvangende zeeën circuleert het water. Bij hogere schaalniveau's worden de stromingen steeds ijler. De continent-oceaan systemen op aarde geven luchtcirculaties te zien terwijl op het mondiale niveau sprake is van een stralings- en warmtehuishouding. Doorgaans kent elk schaalniveau ook kenmerkende afvalstoffen: bouw- en sloopafval op lokaal niveau, organisch huishoudelijk en agrarisch afval op regionaal niveau, vloeibaar afval op fluviaal niveau en gasvormig afval op continentaal niveau. Verstoringen treden op als de kenmerkende afvalstromen het bijbehorende schaalniveau



Ruimtelijke schalen van milieuproblemen; de kenmerken en problemen spelend op mondiale, continentale, fluviale, regionale en lokale schaal. (bron: RIVM)

overschrijden, zoals export van chemisch vast afval naar ontwikkelingslanden of lozing van CFK's die aan de continentale troposfeer ontsnappen naar de mondiale stratosfeer. Daarnaast spreekt het vanzelf dat verstoringen op hogere schaalniveau's steeds doorwerken naar alle lagere schaalniveau's. Klimaatverandering werkt door op alle continenten en lozing van zout op de Rijn beïnvloedt alle stroomafwaartsgelegen Rijnwateronttrekkende waterleidingbedrijven.

De mondiale schaal

De snelle circulatie van de hogere delen van de atmosfeer leidt in één à twee jaar tot vermenging van toevoegingen aan de atmosfeer over de gehele aarde. Stoffen met een levensduur of verblijftijd in de orde van grootte van een jaar of meer kunnen dus op mondiale schaal effecten hebben. Een reeks stoffen met levensduur van tien jaar tot meer dan een eeuw accumuleert thans in de hoge atmosfeer. Broeikasgassen en ozonlaag-aantastende stoffen zijn op mondiale schaal werkzaam (klimaatverandering, aantasting ozonlaag).

Ook op mondiale schaal worden de oceanen beïnvloed. Door de zeer langzame circulatie en de grote massa van de oceanen manifesteren problemen zich hier niet zo gauw als bij accumulatie in de atmosfeer.

De continentale schaal

De circulatie van lucht in de grenslaag (0-3 km hoogte) is maatgevend voor de verspreiding van stoffen die enkele dagen tot hoogstens enkele weken in de atmosfeer verblijven, en daarmee op een continentale schaal problemen kunnen geven. Aerosolen, foto-oxidantia, verzurende stoffen en de verspreiding van radionucliden door kernongevallen geven op deze schaal problemen (verspreiding, verzuring). De feitelijke problemen behoeven zich niet in de atmosfeer zelf voor te doen, maar kunnen zoals bij verzuring het geval is ook in de bodem of elders optreden.

De fluviale schaal

Transport via oppervlaktewater vormt de kern van twee soorten problemen op het niveau van stroomgebieden en de aansluitende randzeeën. De ene soort vloeit voort uit de stelselmatige belasting van het water met persistente stoffen (fosfaat, PCB's), die leidt tot accumulatie in de benedendommse reservoirs zoals waterbodems, estuaria en randzeeën (vermesting, verspreiding). Anderzijds tasten incidentele lozingen van grote hoeveelheden en/of zeer toxische stoffen de waterkwaliteit en de ecologie in het stroomgebied zelf aan. Beïnvloeding van de snelheid en de hoeveelheid van het transport door fysieke ingrepen zoals kanalisatie beïnvloeden de ecosystemen in het stroomgebied.

De regionale schaal

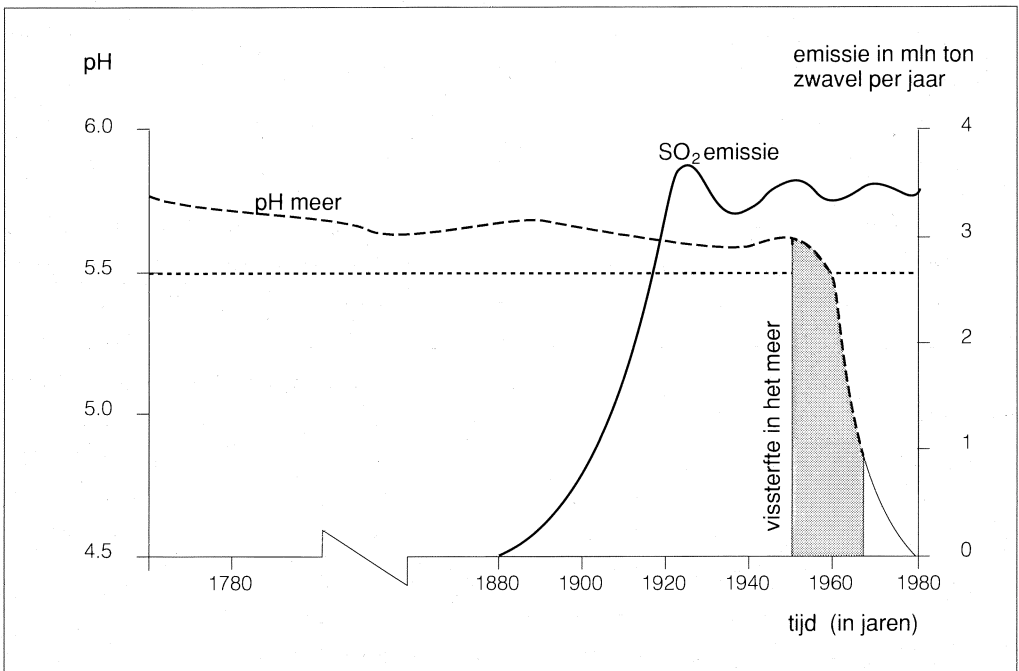
Voor de regionale schaal is de trage stofstroom in bodem en grondwater maatgevend. Door de zeer geringe transportsnelheden spelen op deze schaal vooral problemen met accumulatie van persistente stoffen, zoals fosfaat, nitraat, zware metalen in dezelfde gebieden als waar zij in het milieu worden gebracht (vermesting, verspreiding). Door het onttrekken van water wordt ook de hydrologische kringloop aangetast, leidend tot verdroging en het ter compensatie inlaten van gebiedsvreemd oppervlaktewater. De verwijdering van afvalstoffen leidt door het al dan niet legaal storten van afvalstoffen tot een potentiële bedreiging van de kwaliteit van bodem en grondwater.

De lokale schaal

De lokale schaal omvat de gebouwde omgeving, waarin de mens zich een groot gedeelte van de tijd bevindt. In het algemeen spelen hier kortdurende en omkeerbare processen. Verstoring door stank en geluid en luchtverontreiniging in vooral de binnensteden en in het binnenmilieu spelen hier een rol.

Tijdschalen van milieuproblemen

Bij de ontwikkeling van milieuproblemen door beïnvloeding van reservoirs en stofstromen speelt de factor tijd mee. Van belang is hierbij de aard van de reservoirs die worden beïnvloed en de omvang en de duur van de belasting van de reservoirs door menselijk handelen. In veel gevallen kan worden gesproken van een buffercapaciteit van de reservoirs die eindig is. Pas als de buffercapaciteit is overschreden, manifesteert zich het milieuprobleem. Verzurende emissies bijvoorbeeld zijn sinds het eind van de vorige eeuw door het gebruik van fossiele brandstoffen belangrijk gaan stijgen. Het verzurende effect daarvan werd echter lange tijd niet gemerkt, door de buffercapaciteit van de bodem. In het oppervlaktewater dat vanuit het grondwater gevoed wordt, manifesteren de effecten zich dan ook vertraagd. Stigliani (1988) geeft daarvan een voorbeeld voor een meer in de Verenigde Staten. Hieruit blijkt dat het ongeveer 70 jaar geduurd heeft voor de effecten van verzurende emissies zich in het meer manifesteren. Na beëindiging van de emissies zal het ook nog lange tijd duren voor de oorspronkelijke situatie zich heeft hersteld. Het nemen van dergelijke maatregelen zal ook tijd vergen.



Het verloop in de tijd van verzurende emissie en de zuurgraad van het vanuit het grondwater gevoede Big Moose Lake. (bron: IIASA)

Dit voorbeeld laat zien dat er drie kenmerkende tijdsfasen kunnen worden onderscheiden:

- de aanlooptijd, vanaf het moment dat een ingreep (in een stofstroom) groter is dan de natuurlijke ruis, tot het moment dat ongewenste effecten manifest worden;
- de reguleringstijd, vanaf de erkenning van een probleem tot het uitvoeren van maatregelen;
- de hersteltijd, te onderscheiden in een natuurlijke hersteltijd en de tijd die is gemoeid met sanering.

Tijdschalen van enkele milieuproblemen in jaren

Schaal	Agens	Aanloop	Regulering	Passief herstel	Aktief herstel
Mondiaal	CO ₂	150	50-100	500	-
	CH ₄	250	100-200	10	-
	CFK's	50	30	100-200	-
Continentaal	Ozon	20	30- 50	1	-
	SO ₂	50	30- 50	>1000	30- 50
Fluviaal	Fosfaat	50	30	10- 20	10-100
Regionaal	NO ₃	10-30	10- 20	100	10-100
	Koper	20	10	>1000	10-100
Lokaal	Geluid	20	5- 10	0	10- 20

Enige indicatieve voorbeelden op de verschillende ruimtelijke schaalniveau's leiden tot het volgende beeld. Naarmate het probleem grootschaliger is zal de aanlooptijd in het algemeen langer zijn. Dit hangt vaak samen met de grootte van de reservoirs die beïnvloed worden. Zijn slechts stromen in het geding dan is de aanlooptijd maximaal enige decennia. De reguleringstijd is eveneens sterk gekoppeld aan het ruimtelijke schaalniveau. De mate van verwevenheid met maatschappelijke processen en het aantal bestuurslagen dat bij de regulering betrokken is zijn hier de bepalende factoren voor de snelheid van regulering. Het spontane herstel na het nemen van regulerende maatregelen is wederom afhankelijk van reservoir eigenschappen. Bij stromen is het spontane herstel vrijwel instantaan. Actief herstel door sanering is praktisch slechts mogelijk bij water en bodem en belastingen op lokale schaal. Hiermede zijn vaak decennia gemoeid.

Nieuwe milieuproblemen

Naast de huidige centrale milieuproblemen (verzuring, vermessing, verspreiding, verstoring en verwijdering) en de gesignaleerde milieuproblemen (klimaat-verandering, aantasting ozonlaag en binnenmilieu) kunnen zich in de komende decennia nog andere, nog niet gesignaleerde milieuproblemen gaan voordoen. Theys (1988) noemt een 25-tal milieuproblemen die in de komende eeuw zouden kunnen optreden. De meeste daarvan zijn reeds een onderdeel van de vermelde milieuthema's. Nog niet behandelde mogelijke nieuwe milieuproblemen zijn:

- het risico verbonden aan het gebruik van genetische gemodificeerde micro-organismen in de landbouw, de farmaceutische industrie, de chemische industrie en de bestrijding van milieuverontreiniging
- plotselinge explosieve groei van micro-organismen in het water, waardoor onder meer de drinkwatervoorziening in gevaar kan komen
- plotselinge invasie van schadelijke plante- of diersoorten (al dan niet genetisch gemodificeerd)
- de gevolgen van de benutting van zeeën en oceanen voor menselijke doeleinden (visserij, afvaldumping, oliewinning, vervoer van gevaarlijke stoffen)
- de gevolgen van de introductie van nieuwe energiesystemen (methaan, biomassa, kernfusie, zonne-energie, etc.)
- de gevolgen van de introductie van nieuwe materialen (keramiek, composieten, etc.)

De Commissie Brundtland wijst in haar rapport "Our Common Future" ook nog op:

- de mogelijke rampzalige gevolgen voor het milieu van het gebruik van kernwapens
- de gevolgen van de benutting van de ruimte (afval van satellieten, ruimtewapens).

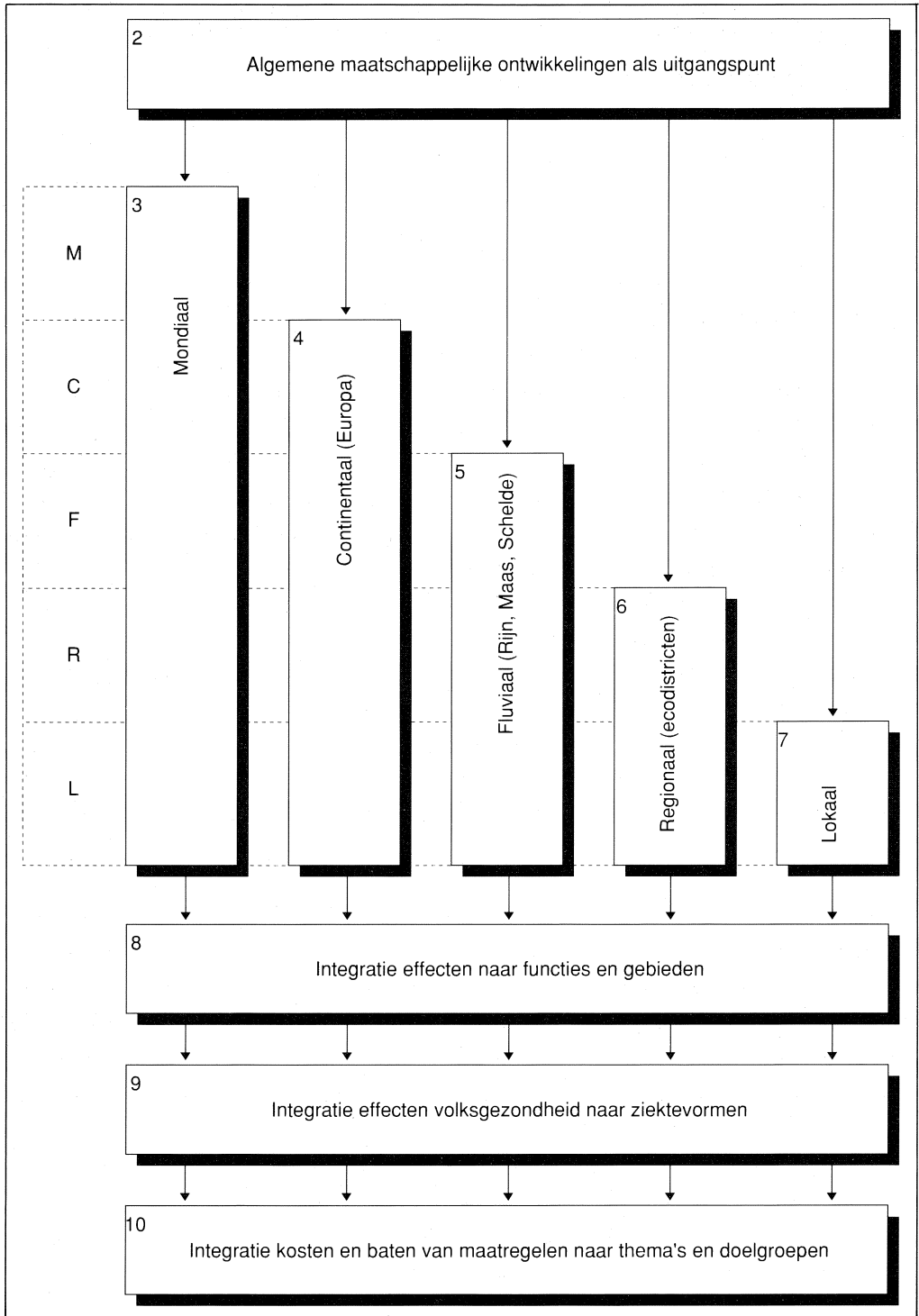
Deze problemen zullen niet verder uitgewerkt worden, omdat nog het nodige onderzoek verricht moet worden om een idee te krijgen van de ernst en omvang. Dit betekent echter allerm minst dat de ontwikkelingen niet zeer nauwlettend gevolgd moeten worden.

Structuur en kenmerken van de Nationale Milieuverkenning 1985-2010

De nationale milieuverkenning richt zich in het bijzonder op ontwikkelingen van het milieu in Nederland. Allereerst worden algemeen maatschappelijke ontwikkelingen geschetst. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in demografie, economie, ruimtelijke ordening en natuurlijke hulpbronnen. Voor zover

relevant worden deze ontwikkelingen gegeven voor elk van de vijf schaalniveau's. Een lager niveau vormt dan steeds een verbijzondering van een hoger niveau, waaruit blijkt dat milieuproblemen op verschillende schaalniveau's een gemeenschappelijke basis hebben. Vervolgens komen milieuproblemen behorend tot de vijf schaalniveau's aan de orde. In de context van de totale omvang van deze milieuproblemen wordt vooral aandacht geschonken aan de gevolgen binnen onze landsgrenzen. Dit leidt er toe dat op regionaal niveau binnen Nederland vanuit de hogere schaalniveau's verschillende vormen van aantasting van milieuwaarden bijeenkomen. Deze verschillende vormen worden in een afzonderlijk hoofdstuk geïntegreerd tot totaal effecten op milieuwaarden. Op een zelfde wijze manifesteren zich verschillende effecten op de volksgezondheid. Ook deze effecten worden in een afzonderlijk hoofdstuk geïntegreerd tot verschillende milieugerelateerde ziektevormen binnen de Nederlandse bevolking. Tot slot worden de kosten van milieumaatregelen en de daardoor vermeden schade in een samenhangende vorm besproken.

Deze nationale milieuverkenning is geen scenario-analyse in de ware zin van het woord. Er worden geen contrasterende ontwikkelingspaden geschetst. Slechts één mogelijk ontwikkelingspad wordt als uitgangspunt genomen, te weten het middenscenario van het CPB voor de economische ontwikkeling met extra inzet van kolen om in de toenemende vraag naar energie te voorzien. Naar het zich thans laat aanzien is dit een ongunstig uitgangspunt voor het milieu. Bij dit ontwikkelingspad wordt nagegaan welke gevolgen reeds vastgestelde milieumaatregelen en extra maatregelen zullen hebben. Deze maatregelen hebben in het algemeen een emissiereducerend karakter gebruik makend van toegevoegde technologie, of zijn gericht op het reduceren van de effecten. Maatregelen die erop gericht zijn de omvang van een bepaalde activiteit te beperken (volumemaatregelen) of de aard van een activiteit vooral door preventie structureel te veranderen (structurele brongerichte maatregelen) komen nauwelijks aan de orde. Ze zouden een onderdeel van contrasterende scenario's kunnen zijn. Het CPB en het RIVM zullen in een afzonderlijk rapport trachten de economische gevolgen van de vastgestelde en extra emissiereducerende en effect gerichte maatregelen aan te geven. Zo mogelijk zullen ook de economische- en milieu aspecten van alternatieve volume- en structurele brongerichte maatregelen worden belicht.



Structuur van de nationale milieuverkenning 1985-2010. (bron: RIVM)

2 Algemene maatschappelijke ontwikkelingen

2.1 Probleemschets

Veel milieuproblemen die nu aan het daglicht komen vinden hun oorzaak in maatschappelijke activiteiten die zich al sedert decennia hebben afgespeeld. Zelfs al zouden we nu van de ene op de andere dag maatregelen treffen dan duurt het vaak nog vele jaren voor de problematiek helemaal opgelost zal zijn. De maatschappelijke ontwikkelingen zoals die zich nu voordoen kunnen op lange termijn aanleiding geven tot nieuwe problemen, en zouden door vroegtijdige signalering en ombuiging voorkomen kunnen worden. Lange termijnverkenningen geven het milieubeleid een indicatie van de mate waarin, door het op relatief korte termijn bijsturen van maatschappelijke processen, milieudoelstellingen op lange termijn zijn te realiseren. Het streven is daarbij de maatschappij zo in te richten dat maatschappelijke waarden, zoals een hoog peil van volksgezondheid, natuurlijke rijkdom en materiële welvaart, ook voor toekomstige generaties duurzaam kunnen worden gegarandeerd.

Bij de meeste toekomstscenario's van de afgelopen tien jaar gaat men er van uit dat maatschappelijke processen bestuurbaar zijn en dat de mensheid in staat moet worden geacht om problemen als milieuverontreiniging en uitputting van natuurlijke hulpbronnen in de komende decennia voor een groot deel technisch op te lossen. In verschillende internationale toekomstverkenningen als "Facing the Futures" (OECD, 1979) en "Our Common Future" (VN, 1987) spreekt een dusdanig vertrouwen in de technologie en het maatschappelijk aanpassingsvermogen, dat een duurzame ontwikkeling in principe mogelijk wordt geacht. Wel zal de realisatie ervan een forse wissel trekken op de bereidheid van de huidige generatie om, mede door het versterken van het milieubeleid, tot duurzaamheid te komen.

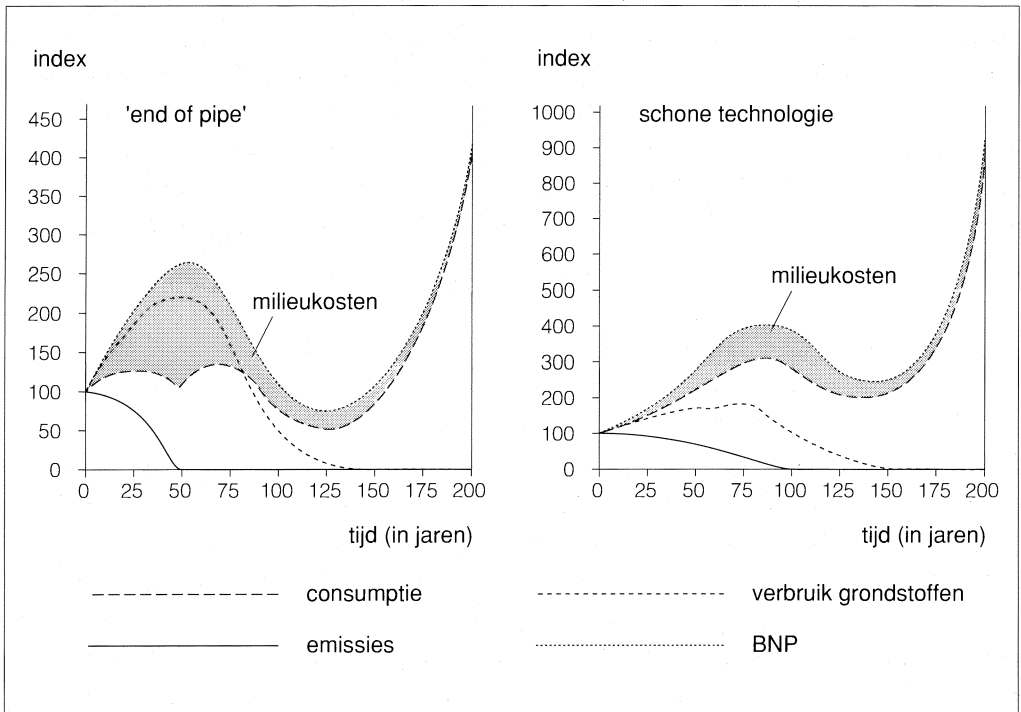
Een duurzame ontwikkeling vraagt om zorgvuldig handelen met vernieuwbare en niet-vernieuwbare natuurlijke hulpbronnen en het beperken van de belasting van het milieu. De maatschappij kan worden opgevat als een systeem van

transformatie van materie en energie, die onttrokken worden aan het fysisch milieu. Op dit moment gaan bij de onttrekking van hulpbronnen, de omzetting daarvan in produkten, en het gebruik van deze produkten, grote hoeveelheden materie en energie verloren in de vorm van afvalstoffen en emissies. Een duurzame ontwikkeling zou er op gericht moeten zijn het verlies van energie en materie zoveel mogelijk te beperken door er efficiënter gebruik van te maken en binnen het maatschappelijk systeem, door recycling en hergebruik, stofkringlopen te sluiten.

Globale berekeningen op wereldschaal geven aan dat efficiencyverbetering en hergebruik op langere termijn ook economisch aantrekkelijk zijn (Maas, 1988). Het bestrijden van milieuverontreiniging door het zuiveren en verwerken van afvalstromen nadat die zijn ontstaan, zal onherroepelijk leiden tot een sterke stijging van de milieukosten. Zo'n "end of pipe" aanpak vormt min of meer de huidige praktijk. Deze aanpak biedt geen oplossing voor de uitputting van de natuurlijke hulpbronnen die vroeg of laat te verwachten valt. De hoge milieukosten en het steeds schaarser worden van grondstoffen en fossiele energie kunnen op de duur tot een economische recessie leiden. Een duurzamere oplossing kan worden bereikt door in de komende decennia alles te richten op technologische en maatschappelijke efficiencyverbetering, preventie van het ontstaan van afvalstromen en het bevorderen van hergebruik. Hierbij zullen tegelijkertijd de milieukosten lager uitvallen en de natuurlijke hulpbronnen minder snel opraken. In dit duurzame scenario zou daardoor zelfs een sterkere economische groei mogelijk zijn dan bij het voortzetten van de thans gangbare "end of pipe" benadering. Bedrijfsstudies naar de mogelijke additionele en procesgeïntegreerde milieumaatregelen leiden vaak tot soortgelijke conclusies (Ros, 1987).

Het Nederlandse milieubeleid is slechts in staat om de milieuproblemen die zich op lokale en regionale schaal afspelen volledig zelfstandig op te lossen. Problemen op fluviaal, continentaal en mondiaal niveau zijn in afnemende mate te beïnvloeden door het Nederlandse milieubeleid. De internationale dimensie in het te voeren beleid, dus de noodzaak tot onderhandelen en internationale overeenstemming, wordt naarmate de schaal waarop een milieuprobleem zich afspeelt groter. Door de Europese eenwording na 1992 wordt de binnenlandse beleidsruimte enigszins beknot en zal het des te belangrijker worden het buitenland te overreden maatregelen te treffen.

In de volgende paragrafen worden voor die maatschappelijke terreinen, die voor de toekomstige milieukwaliteit relevant zijn, toekomstverwachtingen



Mondiale economische ontwikkeling op langere termijn bij resp. een 'end of pipe' scenario en een 'schone technologie' scenario.

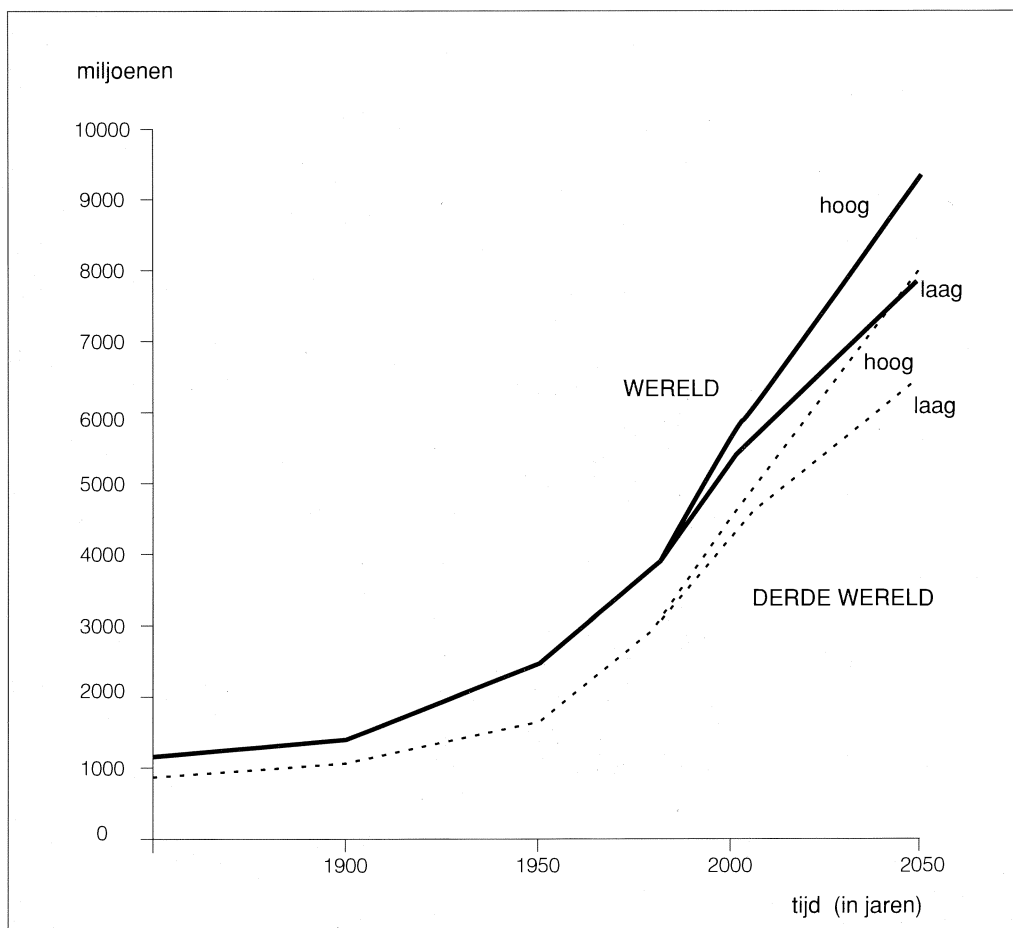
(bron: RIVM)

gepresenteerd. Deze vooruitzichten geven de beste inzichten weer van deskundigen en gespecialiseerde onderzoeksinstituten die op dit moment beschikbaar zijn. Vanzelfsprekend bestaan er bij elke toekomstverwachting onzekerheden. Op sommige terreinen is die onzekerheid groter dan op andere terreinen. Om de verwerking en presentatie van de scenario's hanteerbaar te houden is afgezien van de weergave van allerlei contrasterende scenario's. In plaats daarvan is slechts één meest waarschijnlijk "midden" scenario volledig uitgewerkt, alhoewel dit onverhoopt wellicht de indruk zou kunnen wekken dat de toekomst weinig onzekerheden meer zou bevatten. Voor deze schijnzekerheid moet ten zeerste worden gewaarschuwd! De uitspraken over de te verwachten milieukwaliteit in de toekomst zijn slechts waar als de veronderstelde maatschappelijke ontwikkelingen uitkomen. De veronderstelde maatschappelijke ontwikkelingen zijn "verrassingsvrij". Er zijn geen echt nieuwe doorbraken op technologisch gebied verondersteld en met onwaarschijnlijke (doch niet onmogelijke) gebeurtenissen, zoals een kernoorlog, het uiteenvallen van de Europese Gemeenschap en een grootschalige vergiftiging van Rijn of Noordzee, wordt geen rekening gehouden. Er is veeleer sprake van een extrapolatie van trends uit het verleden en het construeren van een zo consistent mogelijk toekomstbeeld op basis van de maatschappelijke samenhangen zoals we die nu kennen.

Per maatschappelijk deelgebied worden de te verwachten ontwikkelingen geschetst voor een aantal schaalniveau's, waarbij steeds begonnen wordt met de ontwikkelingen op mondiaal niveau. Er zal achtereenvolgens worden ingegaan op demografische ontwikkelingen, economische ontwikkelingen, ontwikkelingen in het gebruik van niet-vernieuwbare en vernieuwbare natuurlijke hulpbronnen en ontwikkelingen in het ruimtegebruik.

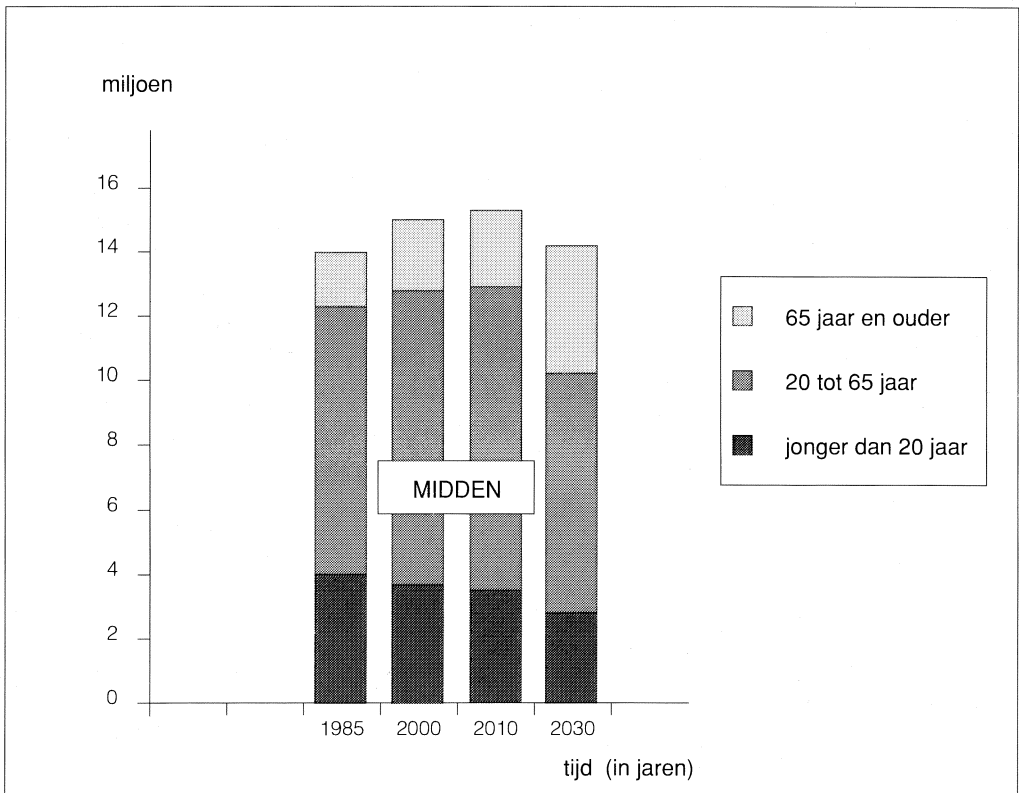
2.2 Demografische ontwikkelingen

Na de industriële revolutie is onder meer door de betere gezondheidszorg en hygiëne in de gefindustrialiseerde wereld een sterke daling opgetreden in het sterftecijfer. Doordat het geboortecijfer aanvankelijk op hetzelfde hoge peil bleef is de bevolkingsomvang in deze landen in de loop van de laatste eeuwen aanzienlijk toegenomen. Inmiddels is het geboortecijfer in industrielanden sterk afgenomen, zodat daar een overgang plaats vindt naar een stabiele of zelfs dalende bevolkingsomvang. Kenmerkend voor deze



Mondiale bevolkingsontwikkeling leidend tot een wereldbevolking van 8 - 10 miljard in 2050.

overgangsfase is de toename van het aandeel van ouderen in de bevolking. Er treedt vergrijzing op. In veel ontwikkelingslanden echter gaan een hoog geboortecijfer en een relatief laag sterftcijfer nog steeds samen. Tot 2050 wordt door de Wereldbank en de Verenigde Naties (VN, 1986 en Clark en Munn, 1986) rekening gehouden met een groei van de wereldbevolking tot maximaal 10 miljard mensen, waarvan er 8,5 miljard in de Derde wereld zullen wonen. Het aandeel van de Derde wereldbevolking, dat in steden woont is tussen 1950 en 1985 toegenomen van 17% tot 31%. Deze trend zal zich voortzetten waardoor miljoenensteden zoals Sao Paulo en Mexico-city verder zullen groeien tot meer dan 20 miljoen inwoners in het jaar 2000. In Nederland nadert de omvang van de bevolking de 15 miljoen. Het CBS verwacht nog een lichte toename tot omstreeks 2005, waarna een daling zal optreden (CBS, 1986). Door meer immigratie zou de bevolkingsomvang hoger kunnen uitvallen. De gemiddelde leeftijd zal toenemen. Door betere eetgewoonten en een kleiner aantal mensen dat rookt zal het aantal zieken, ondanks de vergrijzing, naar verwachting afnemen (WVC, 1984).



Bevolkingsontwikkeling van Nederland volgens het middenscenario van de CBS-prognose leidend tot een bevolkingsomvang van ongeveer 15,1 miljoen in 2010. (bron: CBS)

De bevolkingsdichtheid zal door de verwachte bevolkingsgroei toenemen tot maximaal 475 inwoners per vierkante kilometer. De bevolkingsgroei zal het grootst zijn in de verstedelijkte zone rond de randstad (RPD, 1987).

Het aantal huishoudens is in het verleden gestaag gegroeid en zal, ondanks de dalende bevolkingsomvang, verder toenemen (VROM, 1985 en TNO, 1987). De toename van het aantal huishoudens wordt veroorzaakt door het teruglopende kindertal en het ontstaan van meer één- en tweepersoons huishoudens. De gezinsverdunding gaat samen met veranderingen in rolpatronen tussen mannen en vrouwen. In 2010 zal naar schatting 45% van de gehuwde vrouwen een baan buiten het huishouden zoeken. Meer gezinnen zullen een dubbel inkomen hebben. In deze gezinnen zal de huishoudelijke arbeid vermoedelijk steeds verder worden gerationaliseerd. Elektrische apparaten zullen meer taken overnemen. Duurzame consumptiegoederen zullen sneller worden vervangen en er zal meer gebruik worden gemaakt van dienstverlening in de marktsector.

Als gevolg van de gestegen welvaart en de introductie van arbeidsbesparende technieken in bedrijven zal de arbeidstijd naar verwachting afnemen van de huidige 38 uur naar 32 uur in 2010 (CPB, 1985). Een zekere spreiding van de arbeidstijd over de kalenderweek moet niet uitgesloten worden geacht, waardoor zelfs bij arbeidstijdverkorting de bedrijfstijden van fabrieken, winkels en kantoren kunnen toenemen. De toenemende vrije tijd schept ruimte voor meer doe-het-zelf-activiteiten, hobbies en recreatie buitenshuis.

Demografische kengetallen 1960-2010 voor de wereld, Europa en Nederland

		1960	1985	2000	2010
<u>Mondiaal</u>					
- aantal inwoners	(mln)	3014	4842	5893-6109	6354-6833
- w.v. in derde wereld	(in %)	69	75	79	81
<u>Europa</u>					
- aantal inwoners	(mln)	425	492	513	520
<u>Nederland</u>					
- aantal inwoners	(mln)	11,5	14,5	15,2	15,1
- aantal huishoudens	(mln)	3,2	5,5	6,3	6,8
- personen per huishouden		3,6	2,6	2,4	2,2

bron: Clark en Munn (1986), CBS (1986), VROM (1985), TNO (1987)

Momenteel brengt de bevolking (van 12 jaar en ouder) gemiddeld naar schatting 60% van de tijd in huis door, 30% in andere ruimten, 5% in voertuigen en 5% in de buitenlucht (CBS, 1987). Onder invloed van de vergrijzing, de kortere arbeidsweek en van telematica-ontwikkelingen kan de tijd die thuis wordt doorgebracht toenemen.

Tot 2010 zullen er gemiddeld 70-75.000 woningen per jaar moeten worden gebouwd om, rekening houdend met een jaarlijkse onttrekking van 15-20.000, elk huishouden van een woning te kunnen voorzien. In 2010 zal bijna 25% van het woningbestand bestaan uit huizen die na 1985 zijn gebouwd. Daarnaast zal ruim 20% van de bestaande woningen voor het jaar 2010 zijn gerenoveerd (VROM,1988).

2.3 Economische ontwikkelingen

Ontwikkelingen op macroniveau

Na de ongeëvenaarde mondiale economische groei in de periode 1950-1973, met een gemiddelde produktiegroei in OECD-landen van bijna 5% per jaar, trad in de periode 1973-1982 een terugslag op. In OECD-landen groeide de economie toen met minder dan 2% per jaar. Hierin is in de afgelopen jaren enige verbetering gekomen, doch de vooruitzichten zijn nog steeds uiterst onzeker. Overheidstekorten en onevenwichtigheden op de betalingsbalans in ontwikkelde landen maken het stelsel van wisselkoersen onstabiel, terwijl de schuldenlast van de ontwikkelingslanden een financiële crisis niet uitsluit.

West-Europa wordt momenteel geconfronteerd met een sterk groeiende beroepsgeschikte bevolking, waardoor ook bij een hoge economische groei de werkloosheid tot het jaar 2000 vermoedelijk nauwelijks zal dalen. Pas later zou bij voortgaande vergrijzing en hoge economische groei een overgang kunnen optreden naar een krappere arbeidsmarkt. West-Europa dreigt, door onder meer institutionele verstarung en teruglopende R&D-investeringen, een achterstand op te lopen op het gebied van de technologische vernieuwing van het produktie-apparaat, ten opzichte van de Verenigde Staten en Japan. Daarnaast is sinds de zestiger jaren sprake van een verplaatsing van arbeidsintensieve industrieën naar de zogenaamde lage-lonen-landen in het Verre Oosten, onder meer op het gebied van textiel, leer, transportmiddelen en electronica. Vanaf de zeventiger jaren is ook een verschuiving waar te nemen van petrochemische activiteiten naar landen met lage energieprijzen en minder stringente milieu-eisen, met name in het Midden-Oosten en

Latijns-Amerika. De achterstand in scholing en training van de beroepsbevolking in nieuw geïndustrialiseerde landen vormt vooralsnog een belemmering voor een vérgaande internationale verschuiving van industriële processen.

Voor de lange termijnontwikkeling van de Nederlandse economie zijn door het CPB drie mogelijke scenario's opgesteld. De belangrijkste uitgangspunten van die scenario's zijn een lage, een middelmatige en een hoge groei van de wereldhandel op de voor Nederland relevante afzetmarkt (met name West-Europa). In het lage scenario bedraagt de economische groei tussen 1985 en 2010 iets minder dan 2% per jaar. In het middenscenario zal de economie met gemiddeld 3% per jaar groeien en in het hoge scenario met 4%. De scenario's hebben tot doel de bandbreedte in kaart te brengen, waarbinnen onze economie zich naar verwachting zal ontwikkelen, gegeven allerlei onzekerheden in niet beheersbare externe ontwikkelingen, zoals de wereldhandel, de dollarkoers en de brandstofprijzen. Momenteel wordt een uitkomst die ligt tussen het middenscenario en het lage scenario het meest waarschijnlijk geacht. De veronderstellingen en de resultaten van het middenscenario zijn als uitgangspunt gebruikt voor de in het onderhavige rapport uitgewerkte maatschappelijke ontwikkelingen en milieuscenario's. Door uit te gaan van het middenscenario zitten we voor wat de benodigde milieumaatregelen betreft aan de veilige kant.

Economische ontwikkeling in Nederland volgens het CPB-middenscenario
1985-2010

	1985-2000	2000-2010	2010 (1985=100)
<u>Uitgangspunten buitenland</u>			
volume wereldhandel (groei in % per jaar)	4	4	267
energieprijs in guldens (")	3,25	6	289
rente (gemiddeld %)	6,25	7,5	
<u>Resultaten</u>			
Consumptiewaarde (groei in % per jaar)	3,5	2,75	220
Produktiewaarde bedrijven (")	3,5	2,5	214
Produktiewaarde industrie (")	4,5	3,5	273
Werkloosheid (duizend personen)	750	600	
Collectieve lasten (aandeel BNP)	50,75	49	

Bron: CPB (1985)

De regionale verschillen in economische groei zullen binnen Nederland waarschijnlijk niet erg groot zijn. De groei van de zware industrie zal vermoedelijk geconcentreerd blijven op de zeehavengebieden in de Randstad, terwijl de provincies Gelderland, Overijssel en Noord-Brabant de beste mogelijkheden hebben voor het aantrekken van lichte industrieën. Het is nog onduidelijk of perifere regio's, zoals de noordelijke provincies en Zuid-Limburg, er in zullen slagen de vestigingsvoorwaarden voor nieuwe industrieën te verbeteren.

De produktie-ontwikkeling naar sectoren

De produktiesectoren in Nederland zullen ongetwijfeld een verschillend ontwikkelingspatroon te zien geven. Sommige produkten zijn immers nieuw en hebben veelbelovende marktvooruitzichten, terwijl de markt voor verschillende oudere produkten verzadigd raakt of zelfs inkrimpt. Deze paragraaf gaat vooral over de ontwikkeling van de industrie. Op de ontwikkeling van de landbouw, de delfstofwinning, de openbare nutsbedrijven en de verkeerssector, zal in latere paragrafen worden ingegaan.

Voor het opstellen van afval- en emissiescenario's is een toekomstverwachting nodig over de ontwikkeling van het produktievolume en/of het grondstofgebruik van de verschillende sectoren. Het CPB-middenscenario heeft echter betrekking op de ontwikkeling van de toegevoegde waarde (gecorrigeerd voor inflatie). De ontwikkeling van de toegevoegde waarde is opgebouwd uit een kwantitatieve en een kwalitatieve component. De kwantitatieve component betreft de ontwikkeling van het produktievolume in gewichtseenheden, welke is gerelateerd aan het grondstofgebruik. De kwalitatieve component behelst de stijging van de toegevoegde waarde per gewichtseenheid als gevolg van een toenemende incorporatie van kennis. Hierdoor worden grondstoffen steeds efficiënter gebruikt, wat leidt tot miniaturisatie en toenemende complexiteit van eindprodukten. Omdat de kwantitatieve component in de produktie- (en consumptie-) ontwikkeling maatgevend is voor de ontwikkeling van afvalstromen, is de toegevoegde waarde prognose van het CPB gecorrigeerd voor kwalitatieve groei. De uitgangspunten voor deze kwalitatieve groei zijn ontleend aan de studie "Duurzame Energie" (KWW, 1987). Het in deze studie ontwikkelde "Cirkel"-scenario vertoont de meeste overeenkomst met het CPB-middenscenario. In het cirkelscenario wordt uitgegaan van een dalende bevolkingsomvang, een open wereldhandel en een sterke ontwikkeling van de (milieu- en energie-)technologie. De jaarlijkse kwalitatieve groei in dit scenario leidt tot correctiefactoren op de CPB-indexcijfers voor de

toegevoegde waarde in 2000, respectievelijk 2010. De gehanteerde correctiefactoren impliceren dat in 2010 dezelfde toegevoegde waarde met ongeveer 20% minder grondstoffen behaald zal kunnen worden dan in 1985. Het CPB gaat er van uit dat in 2010 de energie-intensiteit van de toegevoegde waarde in het middenscenario met 48% zal zijn afgenomen, terwijl er 11% minder aan kapitaal nodig zal zijn en 44% minder arbeid (CPB, 1985, pag 47).

Ontwikkeling van de toegevoegde waarde volgens het CPB middenscenario en de daarbij veronderstelde ontwikkeling in het grondstofverbruik (1985 = 100)

	index toegevoegde grondstof- waarde CPB		index grondstof- intensiteit (KWW)		index grondstof- verbruik	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010
landbouw	156	199	96	93	149	185
voeding	163	198	90	83	146	165
chemie	185	288	83	73	154	211
metaal	220	326	91	86	201	279
overige industrie	194	248	86	78	167	194
totaal industrie	194	273	87	79	168	215
bouwnijverheid	125	152	93	88	116	134
transport	168	214	90	84	151	181
diensten	168	214	82	71	137	153
TOTAAL BEDRIJVEN	168	214	85	76	142	162

Bron: CPB (1986) en KWW (1987)

Er mag worden aangenomen dat de ontwikkeling van afvalhoeveelheden en procesemissies gelijk opgaat met de geschatte ontwikkeling in het grondstofgebruik c.q. het produktievolume in gewichtseenheden, tenzij er in de toekomst extra milieumaatregelen worden genomen. Het gebruik van hierbij gebruikte correctiefactoren leidt niet tot ernstige inconsistenties of dubbeltellingen ten opzichte van het oorspronkelijke CPB-scenario en de daarop gebaseerde energiscenario's. De bij verbrandingsprocessen vrijkomende afvalstoffen en emissies zijn gerelateerd aan de door het CPB geraamde energievraag en niet aan de ontwikkeling van het produktievolume in gewichtseenheden.

Naar verwachting van het CPB zullen de voedingsmiddelenindustrie en de

textiel- en kledingindustrie relatief langzaam groeien en stijgt de produktie in de (fijn-)chemie en de metaalindustrie relatief snel. De produktie van raffinaderijen zal tot 2010 met 1 à 2% per jaar stijgen (ESC, 1987). Het verbruik van ruwe olie zal door een grotere inzet van stookolie minder toenemen (ESC, 1986a). In de afgelopen jaren zijn omvangrijke investeringen gedaan om de raffinage van steeds zwaardere oliesoorten mogelijk te maken. ca. 85% van de nu nog resterende aardoliereserves bestaat uit zwaardere soorten.

De ontwikkeling van de chemische industrie verdient nadere aandacht omdat deze sector een belangrijke bijdrage levert aan de emissies van milieugevaarlijke stoffen. Binnen de chemie zorgt de basischemie voor de meeste verontreiniging. De basischemie zal echter trager groeien dan de wat schonere chemische eindproduktenindustrie. Voor de produktievooruitzichten van de verschillende onderdelen van de chemie wordt in het navolgende een beeld geschetst dat is gebaseerd op een raming van de levensfase waarin de verschillende chemische produkten zich bevinden (zie van de Woerd, 1987).

Voor de meeste basischemicaliën wordt in de toekomst slechts een geringe groei verwacht in de afzetmogelijkheden. De afzet van oplosmiddelen zal door rationalisatie van het verbruik verminderen. De produktie van freonen is sinds 1982 sterk toegenomen, maar zal volgens het Verdrag van Montreal voor 2000 moeten worden gehalveerd. De produktie van fosforzuur voor de wasmiddelenindustrie zal sterk dalen, maar fosforzuur en bewerkt fosfaat zullen wel (het cadmiumhoudende) fosfaaterts als grondstof voor kunstmest kunnen gaan vervangen. Tot de produkten die vermoedelijk sterk zullen groeien behoren "MTBE" en "ETBA", die in plaats van lood aan benzine zullen worden toegevoegd.

Na een sterke groei nadert de markt voor kunstmest in Europa een verzadigingspunt. Veel Derde wereldlanden voorzien in toenemende mate in hun eigen behoeften. Het marktaandeel van de Nederlandse produktie van kunstmest is binnenslands en in Europa gedaald, maar zal zich naar verwachting in de toekomst kunnen stabiliseren. De Nederlandse kunstmestindustrie zal een toonaangevende rol kunnen vervullen in het ontwikkelen van schonere (minder cadmium houdende) fosfaatkunstmest. De produktie van zogenaamde "natuurkunstmest" (bereidt uit dierlijke mest) zou eveneens nieuwe kansen kunnen bieden.

Het mondiale gebruik van bestrijdingsmiddelen groeit met 5 à 6% per jaar. De wereldproduktie bestaat voor 40% uit herbiciden, voor 30% uit

insecticiden en voor 20% uit middelen ter bestrijding van schimmels. Verwacht wordt dat de Nederlandse industrie het wereldmarktaandeel door tijdige innovaties kan vasthouden.

De Nederlandse kunstharsenindustrie zal naar verwachting het wereldmarktaandeel kunnen behouden. Indien kunststofverpakkingen zouden worden teruggedrongen en retourverpakkingen worden gestimuleerd, dan zou de binnenlandse afzet van kunststoffen met maximaal 30% kunnen afnemen.

De markt voor geneesmiddelen is internationaal georiënteerd en zeer heterogeen van aard. Door tijdige innovaties en toepassingen van nieuwe vindingen op het gebied van de biotechnologie moet de Nederlandse industrie, die zich vooral heeft gespecialiseerd in kinines, hormonen, penicilline en vitamines, in staat worden geacht om het wereldmarktaandeel te vergroten.

De afzet van verven en lakken is sterk afhankelijk van de stagnerende ontwikkeling in de bouwnijverheid. Doe-het-zelvers vormen een groeiende afzetmarkt. De Nederlandse verfindustrie heeft kans gezien haar aandeel in de verzadigde Europese markt te vergroten. Oplosmiddelarme verven zullen in de toekomst belangrijker worden.

Ontwikkeling van de toegevoegde waarde en het grondstofverbruik in de chemische industrie (1985 = 100)

	Index toegevoegde waarde CPB				Index grondstof- verbruik	
	1965	1975	2000	2010	2000	2010
Basischemicaliën	27	111	125	145	104	107
Kunstmest	20	82	125	145	104	107
Bestrijdingsmiddelen	14	57	208	339	173	249
Kunstharsen	19	78	168	236	139	173
Geneesmiddelen	13	52	208	339	173	249
Verf/kleurstoffen	14	58	168	236	139	173
Reuk- en smaakstoffen	14	58	208	339	173	249
Kunstvezels	40	165	125	145	104	107

Bron: CPB (1986) en KWW (1987)

De ontwikkeling van de consumptie

Het huishoudelijk consumptiepatroon heeft in het verleden enkele opvallende verschuivingen ondergaan, die zich naar verwachting ook in de toekomst zullen voortzetten. Mede onder invloed van het toenemende inkomen stijgt het aandeel van duurzame consumptiegoederen in het consumptiepakket. Daarnaast nemen vooral de uitgaven voor vervoer en wonen sterk toe. Het aandeel van de voedingsmiddelenconsumptie neemt verder af. Het stijgende gebruik van open haarden en allesbranders en de verwachte veranderingen in de samenstelling van verven, bouw- en woninginrichtingsmaterialen zijn ontwikkelingen die van belang kunnen worden voor de kwaliteit van het binnenmilieu.

Ontwikkeling van de consumptie in guldens van 1985 respectievelijk in gewichtseenheden (1985 = 100)

	<u>Consumptie in guldens</u>				<u>in kilogrammen</u>	
	1965	1975	2000	2010	2000	2010
totale consumptie	60	86	168	220	146	186
voedingsmiddelen	65	85	124	172	112	143
duurzame goederen	58	88	188	265	162	207

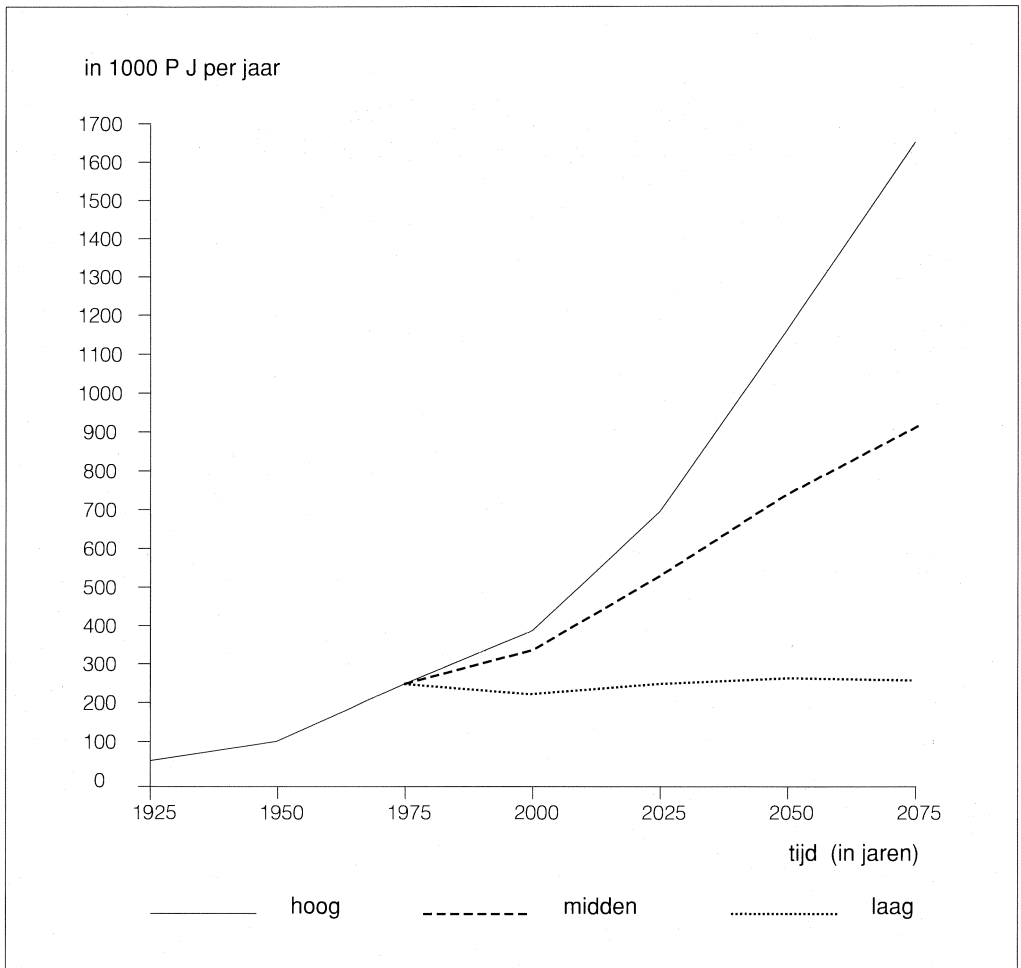
Bron: CPB (1985) en KWW (1987)

2.4 Niet-vernieuwbare natuurlijke hulpbronnen

Het vinden van een oplossing voor de onvermijdelijke uitputting van niet-vernieuwbare natuurlijke hulpbronnen is van cruciale betekenis voor een duurzame ontwikkeling. Sommige hulpbronnen dreigen al in de komende vijftig jaar op te raken, terwijl we bij andere hulpbronnen wat langer de tijd hebben om naar alternatieven te zoeken. In deze paragraaf zal achtereenvolgens worden ingegaan op de ontwikkeling in vraag en aanbod van fossiele energie en van minerale delfstoffen (zoals metalen, zand en kalksteen). Daarbij moet worden bedacht dat aan het verbruik van deze natuurlijke hulpbronnen niet alleen uitputtingsproblemen verbonden zijn, maar dat bij winning, verwerking en gebruik eveneens wordt bijgedragen aan het vrijkomen van allerlei afvalstoffen en emissies. De emissies van kooldioxide, zwaveldioxide en stikstofdioxide worden bijvoorbeeld overwegend door het verbruik van fossiele energie bepaald.

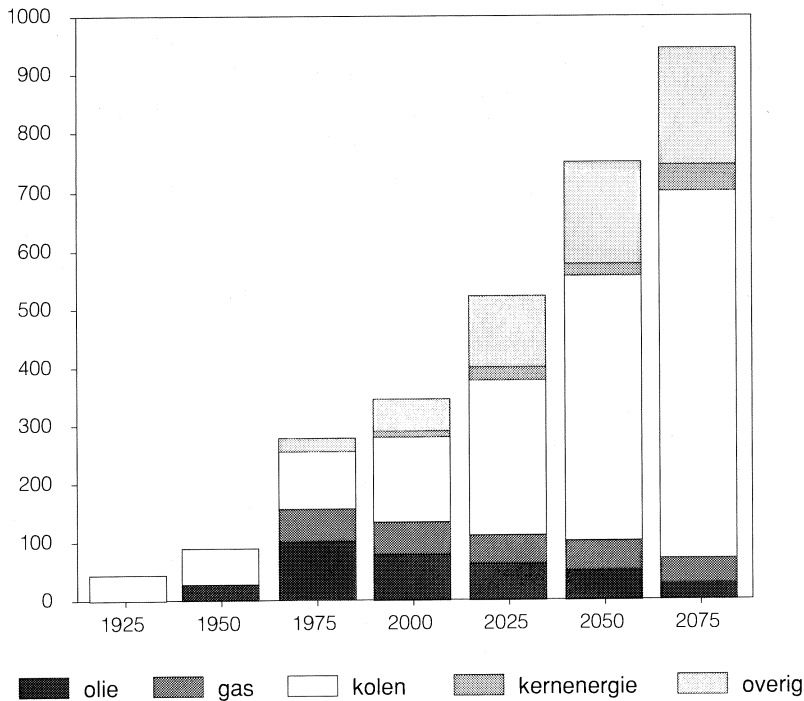
Fossiele energie

Het verbruik van energie in de wereld is na de Tweede Wereldoorlog aanzienlijk toegenomen. Gemiddeld bedroeg de groei tussen 1950 en 1973 bijna 5% per jaar (Darmstadter, 1979). Voor de toekomst lopen de voorspellingen over het mondiale energieverbruik sterk uiteen: van een lichte daling ten opzichte van het huidige niveau tot een verviervoudiging in de komende 50 jaar (zie Boswinkel, 1986, en Koumans, 1987). Bij hoge economische groei wordt een stijging voorzien in het mondiale energieverbruik van 2-2,5% per jaar (Mintzer, 1987). Deze stijging zal vooral plaatsvinden in ontwikkelingslanden, waar groeicijfers van 5 à 6% worden verwacht.



Mondiaal energieverbruik 1925 - 2075 volgens een laag, een hoog en een middenscenario.

in 1000 PJ per jaar



Inzet van energiedragers in het mondiale middenscenario van 1925-2075

Mondiaal energieverbruik (in 1000 PJ per jaar)

	1985	2000	2010	2050
Olie	103	82	76	56
Gas	50	63	61	57
Kolen	92	115	166	429
Nucleair	7	11	15	26
Overig	38	68	91	178
TOTAAL	290	339	409	746

bron: Mintzer (1987)

Bij een sterke groei van het mondiale energieverbruik zullen vooral meer kolen en kernenergie worden ingezet. Bij een lagere groei zullen olie en

gas voor langere tijden tegen concurrerende prijzen beschikbaar blijven. De mogelijkheden voor een grotere inzet van "stromingsbronnen", zoals waterkracht, zonne-energie, geothermische energie, afval, ethanol en hout worden niet groot geacht.

Na de bezorgdheid in het begin van de jaren zeventig over de op korte termijn te verwachten uitputting van olie, gas en kolen, zijn door verbeteringen in de exploratie- en exploitatietechnieken en de gestegen energieprijzen steeds meer economisch winbare voorraden aangetoond. Mede door de toename van de energie-efficiency en de minder hoge economische groeiverwachtingen is de termijn waarop de reserves aan fossiele energie uitgeput zouden raken verruimd. Er zal echter wel steeds meer gebruik gemaakt worden van 'vuilere" (hoogzwavelige) brandstoffen. Naar verwachting zal olie de eerste brandstof zijn waarbij uitputting een rol speelt.

Potentiële mondiale reserves van fossiele energiedragers (in mln PJ)

	geschatte voorraad	nu economisch winbaar	verwachtte uitputtingstermijn **
Kolen	420	24	250 jaar
Olie	40	3,5	30 jaar
Gas	110	2,6	50 jaar
Teerzanden	50	> 0	
Leisteenolie	2000	> 0	

Bron: B.J. Skinner (1986); WRI (1987)

** : Bij het Mintzerscenario

In de meeste landen van West-Europa wordt er van uitgegaan dat de toekomstige groei in de vraag naar energie geheel door de inzet van extra kernenergie moet worden opgevangen (Guilmot, et.al., 1986). Zelfs bij hoge economische groei zal in 2000 de inzet van kolen, olie en gas in Frankrijk, België, Groot-Brittannië ten opzichte van 1980 afnemen. Alleen in West-Duitsland zal een geringe uitbreiding plaatsvinden van de inzet van kolen (met ca. 15%).

Het aantal kerncentrales in de ons omringende landen zal met 40% toenemen van 115 in 1985 tot 161 in 2000 (Nuclear Engineering International, 1986). In heel Europa (incl. USSR) bedraagt de geplande uitbreiding 80% tot 354 kerncentrales in 2000. In Europa zal in 2000 ruim de helft van het totaal

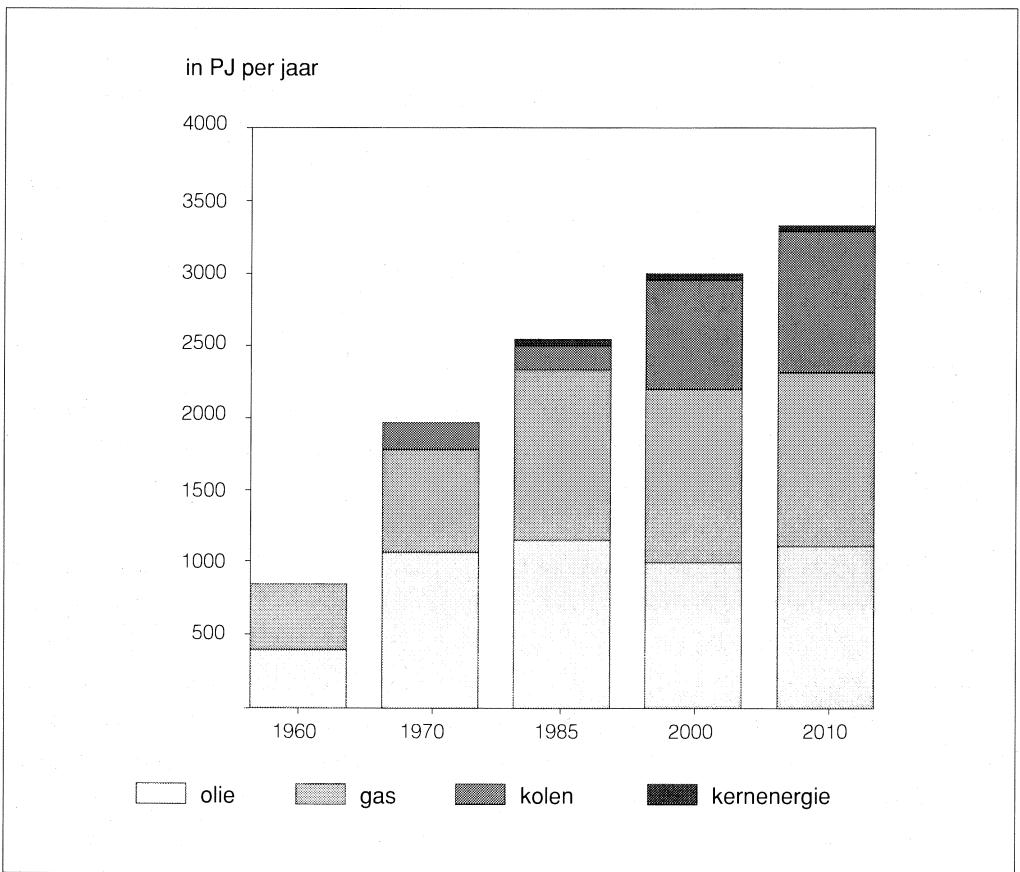
aantal kerncentrales op de wereld staan. Deze zullen dan voorzien in ruim 10% van de energiebehoefte in Europa (OECD, 1987). Bij het Europese "kernenergie-scenario" kunnen, vanwege de dreigende uitputting van de uraanvoorraden en vanwege de verschuiving in de publieke opinie na het reactorongeval in Tsjernobyl, de nodige vraagtekens worden gezet. Het is niet onmogelijk dat daardoor de kolen- en gasinzet hoger uitvalt dan tot nu toe werd aangenomen.

De economische ontwikkeling in Nederland leidt, ondanks een verwachte verbetering van de energie-efficiency van 30-50% tot een toenemende vraag naar energie. Het Nederlandse energieverbruik stijgt naar verwachting in het middenscenario jaarlijks met 1% in de periode van 1985 tot 2010.

De vraag naar elektriciteit zal in Nederland met bijna 1,5% per jaar groeien. Het produktievermogen van elektriciteitsbedrijven zal moeten stijgen van 15.500 MWe in 1985 tot 22.400 MWe in 2010. De noodzakelijke uitbreiding in het centrale opwekkingsvermogen zou maximaal 1600 MWe lager kunnen zijn door meer decentrale elektriciteitsopwekking, zoals warmtekrachtkoppeling (Bezinningsgroep Energiebeleid, 1988). In 1985 was er 1360 MWe aan decentraal vermogen opgesteld, maar dit dreigt in de toekomst terug te lopen indien er geen aantrekkelijke prijs wordt geboden voor de teruglevering aan het openbare net (ESC, 1987). De mogelijkheden om door verdergaande efficiencyverbetering de elektriciteitsbehoefte te verminderen zijn onzeker. In de CPB-middenvariant is al een aanzienlijke efficiencyverbetering verondersteld: 15% in de industrie; 15% in de dienstensector en 40% bij gezinnen. In de dienstensector zou de elektriciteitsbesparing wellicht kunnen toenemen tot 30 à 40%, met behulp van zuiniger armaturen en elektronische toerenregeling van pompen en ventilatoren (Bezinningsgroep Energiebeleid, 1988 en CE/SNM, 1988). Daarmee zou een investering van bijna 2,5 miljard gulden gemoeid zijn en in 2010 bijna 1500 MWe minder vermogen behoeven te worden opgesteld. Verdere efficiencyverbeteringsmogelijkheden bij industrie en gezinnen mogen zeker niet worden uitgesloten. Onderzoek in die richting is echter relatief nieuw, zodat de resultaten op dit moment nog onzeker zijn.

In de toekomstige energievraag kan op een aantal verschillende manieren worden voorzien. Door het ESC zijn per economisch scenario drie verschillende brandstofinzetsvarianten uitgewerkt, namelijk met respectievelijk extra kernenergie, extra gasinzet en extra koleninzet (ESC, 1987). In elke variant wordt op een andere manier voldaan aan de diversificatie-doelstelling, dat wil zeggen dat in elke variant de nadelige

gevolgen van een onverwachte brandstofprijsonwikkeling of aanvoeronderbreking zoveel mogelijk worden vermeden. In het onderhavige rapport is verondersteld dat voor de energievoorziening vooral extra kolen zal worden ingezet. Op dit moment lijkt de SEP voor de korte termijn te opteren voor meer gasinzet (via extra importen), maar wordt de mogelijkheid opgehouden om op langere termijn over te gaan op kolen of kolenvergassing. Aangenomen is dat het opgestelde kolenvermogen toeneemt van 2.244 MWe in 1985 tot 13.440 MWe in 2010. In de kolenvariant zijn geen nieuwe kerncentrales voorzien.



Energieverbruik in Nederland in de periode 1960–2010 bij het CPB-middenscenario en extra inzet van kolen. (bron: ESC)

De Nederlandse aardgasvoorraad bedraagt, voor zover thans is aangetoond, bijna 60.000 PJ. De niet aangetoonde voorraad wordt geschat op ca. 10.000 PJ. In 1985 werd ruim 2200 PJ aan aardgas gewonnen. Bijna 45% hiervan werd geëxporteerd. De export zal na 2000, na het aflopen van de leveringscontracten, geleidelijk afnemen, tot zij in 2010 geheel is ver-

dwenen (zie WRR, 1987). In de brandstofinzetvarianten wordt tot 2010 een stijging verwacht van het binnenlands verbruik van aardgas van 0 tot 50%, afhankelijk van het tempo van economische groei en het gekozen brandstofpakket. De geschatte Nederlandse aardgasvoorraad zou tot ongeveer 2025 in de aardgasbehoefte kunnen voorzien.

Energieverbruik in Nederland 1960-2010 bij de kolenvariant en het CPB-middenscenario (in PJ per jaar)

	1960	1970	1985	2000	2010
Olie	415	1090	1170	993	1129
Gas	15	710	1175	1209	1219
Kolen	470	200	155	775	988
Overig	0	0	50	54	47
TOTAAL	900	2000	2550	3031	3383

Bron: CBS, ESC (1987)

De aangetoonde Nederlandse aardolievoorraad bedraagt 3000 PJ. Hiermee kan de binnenlandse behoefte tot 2000 voor ca. 20 % worden gedekt. Er mag worden verwacht dat de aardolie- en aardgasreserves nog zullen stijgen door nieuwe vondsten op het continentaal plat.

In de midden-kolenvariant is aangenomen dat slechts 3% van de elektriciteit wordt opgewekt bij de verbranding van afvalstoffen en 3% met behulp van duurzame energiebronnen. Het gaat daarbij hoofdzakelijk om windmolens. Duurzame energiebronnen zullen volgens KWW (1988) in 2050 maximaal 20% van de energievoorziening voor hun rekening kunnen nemen (ca. 200 PJ). Veel duurzame technieken zoals windturbines, zonnecellen en geothermische energieopwekking zullen in 2050 economisch nog niet toepasbaar zijn voor grootschalige elektriciteitsopwekking. Alleen omvangrijke overheidssteun in de bouw van kostbare opslagfaciliteiten (bijv. het plan Lievense), dan wel een verdubbeling van de energieprijzen en een strenge inperking van het gebruik van fossiele energiebronnen, zou een grotere inzet van duurzame energie mogelijk kunnen maken.

Minerale delfstoffen

Het verbruik van minerale delfstoffen is de laatste decennia aanzienlijk

toegenomen. Bij de toepassing van metalen zijn grote verschuivingen opgetreden. Het verbruik van aluminium is bijvoorbeeld sinds 1970 verachtvoudigd. Het verbruik van koper en zink is met ongeveer een kwart toegenomen, terwijl lood en tin minder worden toegepast. Mede naar aanleiding van de pessimistische verwachtingen over de beschikbare reserves, zoals die rond 1970 bestonden, wordt er intensief naar substitutiemogelijkheden gezocht. De toepassingsmogelijkheden van keramische materialen in de industrie en van glasvezelkabels in de communicatietechniek zijn veelbelovend. "Zeldzame aarden" als lanthaan en cerium worden in toenemende mate in de optische en elektro-technische industrie toegepast. Daarnaast is de uitputtingsproblematiek wat verminderd door een efficiënter materiaalgebruik, een toenemend hergebruik en door nieuwe winningstechnieken en nieuwe vindplaatsen. In Nederland wordt inmiddels bijna 65% van het koper, 30% van het aluminium en 25% van het ijzer uit gerecycled materiaal geproduceerd. Bij de winning van delfstoffen doet zich het probleem voor dat de kwaliteit van de resterende voorraden achteruit gaat en dat vindplaatsen steeds verder weg moeten worden gezocht. Ertsen met lagere concentraties zullen meer afvalproblemen opleveren en de ontsluiting van nieuwe vindplaatsen kan leiden tot natuuraantasting. Zo kunnen bij de winning van delfstoffen uit de oceaانبodem (bijv. mangaanknollen) door het ontbreken van internationale milieurichtlijnen ecologische verstoringen optreden, en gaat de delfstofwinning in ontwikkelingslanden veelal gepaard met een voor Nederlandse begrippen onaanvaardbare verontreiniging en vernietiging van het milieu.

Ondanks het optimisme rond de winbare reserves zullen bij het huidige verbruiksniveau sommige metalen binnen 50 jaar uitgeput zijn. Te denken valt aan: kwik, zilver, goud, cadmium, lood en zink. De platinavoorraden zijn voldoende om nog zeker 400 jaar in de huidige behoefte te kunnen

Mondiaal verbruik van enkele schaarse metalen (x 1000 ton)

	1950	1970	1985	2010	uitputtingsjaar aangetoonde voorraad
o Aluminium	1510	10300	80000	285000	< 2080
o Tin	187	220	200	250	< 2060
o Koper	2520	6310	8000	20000	< 2040
o Lood	1850	4000	3500	7000	< 2015
o Zink	2060	5230	6500	10000 ?	< 2000

bron: Skinner (1986); US-Dpt. of Mines. (1985); Goeller en Zucker (1984)

voorzien. Bij een verveelvoudiging van het verbruik door het wereldwijd invoeren van driewegkatalysatoren zou de voorraad echter snel slinken en is een terugwinningssysteem noodzakelijk.

Bij een aantal delfstoffen neemt Nederland een belangrijke positie in op de wereldmarkt. Zo bedraagt het aandeel van het Nederlandse verbruik van molybdeen, tin, zink en jodium meer dan 3% van het mondiale verbruik. De milieuproblemen die aan de winning hiervan verbonden zijn kunnen wellicht mede door Nederlandse initiatieven worden opgelost. IVAM en IvM bevelen nader onderzoek aan naar de Nederlandse beleidsmogelijkheden bij de import van ijzererts uit Brazilië, titaanerts uit Sierra Leone en Sri Lanka en tinerts uit Zaïre, Maleisië en Birma (IVAM/IvM, 1987).

Binnen Nederland bestaan de milieuproblemen bij delfstofwinning onder meer uit bodemdaling door aardgaswinning en ontgroningen bij de winning van oppervlaktedelfstoffen. Op grond van ramingen van de behoefte aan bouwmaterialen tot 2010 en de vervangingsmogelijkheden door bulkafvalstoffen, zoals puin, vliegashoudend slakken en gips, is een taakstelling per provincie opgesteld (Rijkswaterstaat, 1987). Het beleid voorziet in een voortzetting van de grindwinning op het huidige niveau tot 2000. De winning van grind is alleen mogelijk in Midden-Limburg en de grens-Maas-regio. Voor 2010 wordt een geleidelijke vermindering met 25% noodzakelijk geacht. Kalksteenwinning is uitsluitend mogelijk in Zuid-Limburg. In het belang van de cementindustrie is door de regering bepaald dat in de komende 30 - 40 jaar kalksteenwinning mogelijk moet zijn. Indien mocht blijken dat de voorraden van de Sint Pietersberg en enkele kleinere locaties niet toereikend zijn, dan is kalksteenwinning op het landschappelijk en natuurwetenschappelijk waardevolle Plateau van Margraten niet uitgesloten. Bij de winning van beton- en metselzand wordt verwacht dat deze in de komende 25 jaar in Limburg zal afnemen en in Gelderland en Overijssel zal toenemen.

Het verbruik van (uit België geïmporteerd) zilverzand is in Nederland in de afgelopen tien jaar gedaald door de toename van het hergebruik van glas. Momenteel wordt bijna 50% van het particulier gebruikte glas hergebruikt. Dat is twee maal zo hoog als het gemiddelde van alle West-Europese landen tezamen.

2.5 Vernieuwbare natuurlijke hulpbronnen

Naast de fossiele brandstoffen en minerale delfstoffen die reeds miljoenen

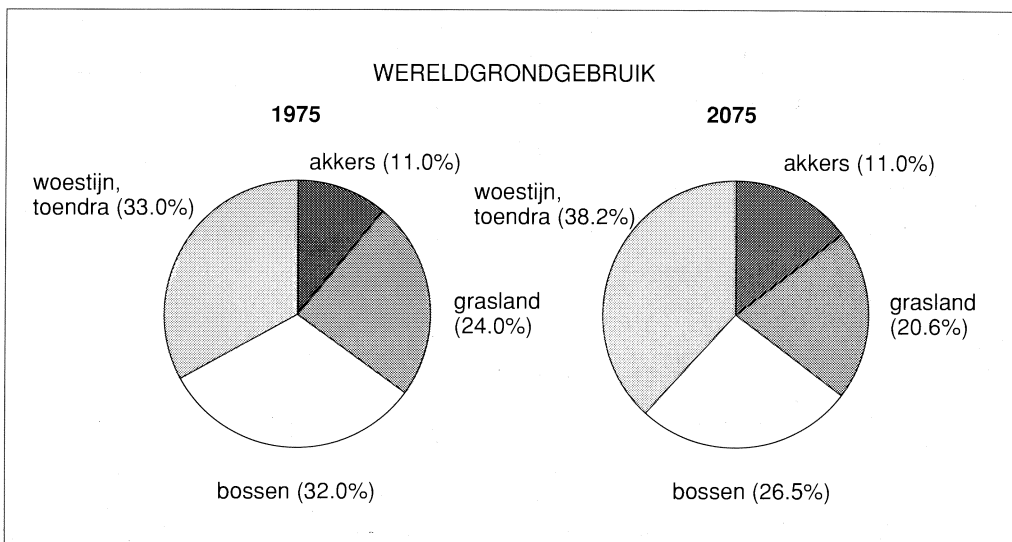
jaren geleden in de aardbodem zijn vastgelegd en binnen enkele tientallen generaties uitputbaar zijn, bestaat er een aantal natuurlijke hulpbronnen die in principe vernieuwbaar zijn, mits er op de juiste wijze mee wordt omgesprongen. Als voorbeeld kan de visvangst worden genoemd. Zolang er niet wordt overbevist zal de visstand door het ecosysteem zelf op peil worden gehouden. Zo zal ook vruchtbare aarde steeds voldoende voedingsstoffen blijven bevatten, zolang er niet teveel aan onttrokken wordt. Ecologische en geo-biochemische kringlopen zorgen ervoor dat de natuur zich kan herstellen van beperkte ingrepen door de mens. Erosie en woestijnvorming enerzijds en slibproblemen en eutroffering anderzijds geven aan dat het zelfregulerende vermogen van de natuur beperkt is. Te grote verstoringen kunnen onomkeerbare effecten hebben, met alle gevolgen van dien voor de voedselvoorziening en de voorziening in andere natuurprodukten, zoals hout, wol en water.

Landbouw en bosbouw

Om de groeiende bevolking in ontwikkelingslanden te kunnen voeden moet het landbouwareaal steeds verder worden uitgebreid en de produktiviteit worden verhoogd. Beide ontwikkelingen roepen milieuproblemen op. Areaalvergroting zal verdere ontbossing veroorzaken. Bovendien zijn de te ontginnen gronden arm, waardoor zij gevoelig zijn voor uitputting en erosie. De FAO verwacht daarom dat mondiaal gezien nog slechts een zeer geringe uitbreiding van het areaal mogelijk zal zijn, namelijk niet meer dan enkele procenten (FAO, 1986). Hierdoor zal de hoeveelheid landbouwgrond die per hoofd van de bevolking beschikbaar is in de toekomst gaan dalen, aangezien de verwachte bevolkingsgroei de groei van het landbouwareaal veruit overtreft. Dit maakt een stijging van de landbouwproduktiviteit noodzakelijk door schaalvergroting, mechanisatie, irrigatie, gebruik van kunstmest en pesticiden, en het kweken van produktievere gewassen. Hierbij doen zich economische, sociaal-culturele en ecologische problemen voor. Door de komst van monocultures zal de gevoeligheid van de oogst voor plagen en weersinvloeden nog verder toenemen.

In veel Derde wereldlanden moeten landbouw, veeteelt en bosbouw niet alleen voorzien in de behoeften van het land zelf, doch vormt de export van landbouwprodukten tevens de belangrijkste inkomstenbron. Door de eenzijdigheid van het exportpakket zijn deze landen bijzonder gevoelig voor de sterke fluctuaties in de prijzen van landbouwprodukten. Om de exportinkomsten op korte termijn te vergroten wordt de natuur vaak dusdanig

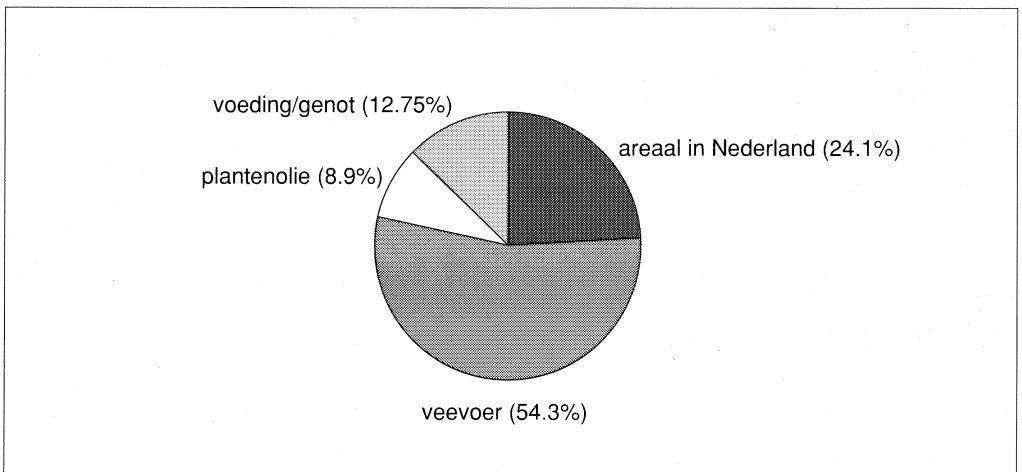
aangetast dat binnen enkele jaren sprake is van een onomkeerbare situatie. De export van tropisch hardhout, tapioca, palmolie en sojabonen vormen hiervan voorbeelden (van Amstel, 1987). Paradoxaal genoeg moet zelfs in geval van binnenlandse voedselschaarste de export van veevoer naar de industrielanden doorgaan, teneinde voedsel en energie te kunnen importeren en de schuldenlast te verlichten.



Verandering in het wereldgrondgebruik onder meer leidend tot een aanzienlijke afname van het bosareaal tot 2075.

De FAO gaat er van uit dat de aarde voldoende voedsel moet kunnen voortbrengen om in de behoefte van 10 miljard mensen te voorzien. De verdeling van voedsel over de aarde vormt echter een nog onopgelost vraagstuk. Door de sterke bevolkingsaanwas, de toenemende urbanisatie en de kwetsbaarheid van het milieu is het met de voedselvoorziening in de Derde Wereld zeer slecht gesteld. Tussen 1960 en 1980 is de voedselproductie per hoofd van de bevolking over de hele wereld met gemiddeld 10% gestegen. In India en Zuid-Oost Azië bleef de voedselproductie per hoofd echter constant en in Afrika daalde deze met 16%. In deze gebieden kan slechts in 90% van de benodigde calorieën worden voorzien. In 1980 was er bij 730 miljoen mensen sprake van een calorieëntekort van meer dan 10%, waarvan de helft zelfs een tekort van meer dan 20% had (World Resources Institute, 1987). De tekorten staan in schril contrast met de landbouwoverschotten in de geïndustrialiseerde wereld, waar de voeding bovendien 30% calorierijker is dan de door de FAO vastgestelde minimumnorm.

IIASA verwacht in de periode 1980- 2000 een gemiddelde stijging van de voedselproductie per hoofd met 10% (Parikh en Sims, 1987). Het aantal mensen dat honger lijdt zal met niet meer dan 20% dalen. Een verdere mondiale produktieverhoging, lagere prijzen voor landbouwprodukten en een sterk verminderde vleesconsumptie zullen slechts marginale verbeteringen in de voedselvoorziening in de Derde Wereld teweeg brengen. Een groter effect mag worden verwacht van een liberalisatie van de handel in agrarische produkten (afschaffen van onder meer de EG-landbouwprotectie), tezamen met extra financiële hulp aan ontwikkelingslanden en het opzetten van rurale werkprogramma's voor bewoners van sloppenwijken in grote steden (zogenaamde food-for-work-programs). Door deze maatregelen zou in 2000 een halvering ten opzichte van 1980 kunnen worden bereikt van het aantal mensen dat honger lijdt.



Arealen voor de Nederlandse landbouw binnen Nederland en de derde wereld.

Nederland is één van de grootste exporteurs van voedsel- en landbouwprodukten ter wereld, en tevens een belangrijke importeur, c.q. doorvoerder van veevoer, plantaardige oliën, cacao en hout. Hierdoor speelt ons land een belangrijke rol bij het transport van nutriënten over de aarde. Naast de ruim 20.000 km² in eigen land wordt nog eens vijf maal zoveel grond gebruikt voor de Nederlandse landbouw in andere landen, met name in de Derde Wereld (IUCN, 1986). Enerzijds wordt zo bijgedragen aan de uitputting van de bodem in herkomstlanden, terwijl Nederland zelf wordt geconfronteerd met de keerzijde van de medaille, namelijk een aanzienlijk invoeroverschot aan voedingsstoffen, hetgeen leidt tot de bekende mestproblematiek.

Import van landbouwprodukten in Nederland (inclusief doorvoer)

	import (mln. kg/jr)	in % van de wereldproductie	benodigd areaal (in 1000 ha)
VEEVOER			
kopra	400	40	1650
palmpitten	300	40	850
tapioca	2800	2	580
koolzaad	150	6	550
soja	440	5	320
lijnzaad	150	40	300
pindaschroot	100	5	50
PLANTAARDIGE OLIE			
palmolie	250	4	470
kokosolie	60	3	120
sojabonen	160	1	100
VOEDINGS- EN GENOTMIDDELEN			
cacao	200	15	690
koffie	130	2	240
vruchten	320	1	40
pinda's	40	10	40
thee	20	1	20
BOSBOUWPRODUKTEN			
rubber	15	1	40
hout(1000 m ³)	1600	< 1	> 20

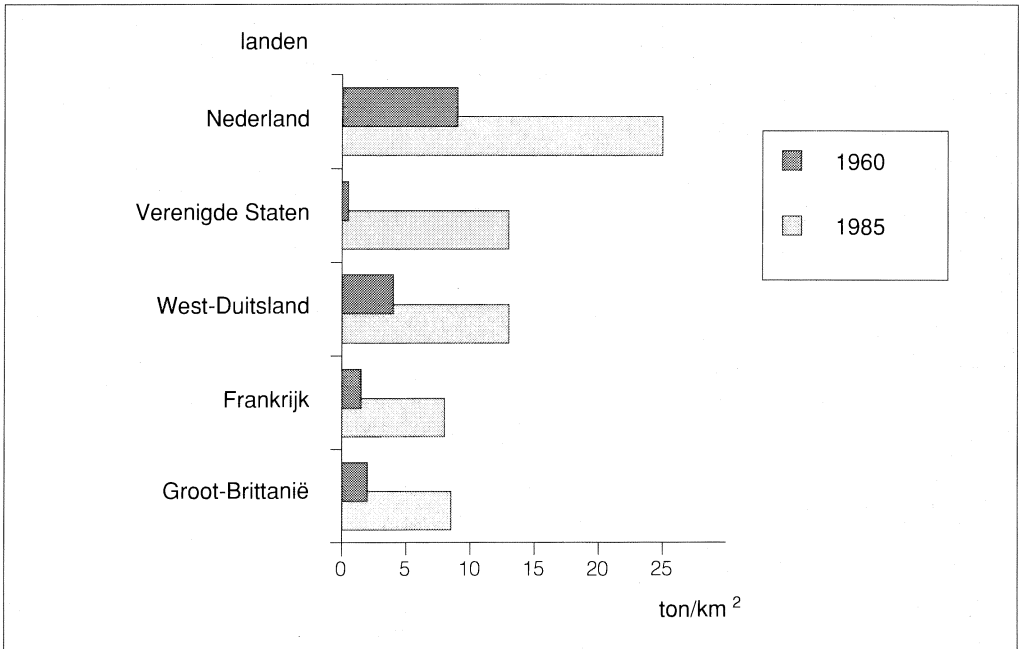
bron: IVAM/IVM (1987)

Met name door de groeiende behoefte aan landbouwgrond wordt jaarlijks ongeveer 200.000 km² aan tropisch regenwoud verstoord of vernietigd (Myers, 1984). Dat komt overeen met meer dan een voetbalveld per seconde of bijna zes maal het oppervlak van Nederland per jaar. Myers verwacht dat in 2025 bijna 85% van het tropisch regenwoud dat in 1980 aanwezig was, verdwenen zal zijn. Zonder ingrijpende maatregelen zouden de laaglandbossen van Zuid-Oost-Azië, Midden-Amerika en Afrika (met uitzondering van het Kongo-gebied) binnen 5 à 15 jaar volledig verdwenen zijn. Halverwege de volgende eeuw zou tropisch regenwoud alleen nog in het Amazone- en het Kongogebied voorkomen. De voortschrijdende ontbossing zal de genetische diversiteit aanzienlijk beperken en traditionele volkeren van hun leefgebied beroven. Daarnaast zijn er gevolgen voor het klimaat op regionale, continentale en zelfs

mondiale schaal te verwachten. Een belangrijke oorzaak van ontbossing is dat door de gestegen welvaart in een aantal ontwikkelingslanden de behoefte aan vlees en zuivelprodukten sterk is toegenomen. Dit leidt tot een relatief inefficiënt grondgebruik, waarbij armere boeren gedwongen worden hun heil te zoeken in het afbranden en ontginnen van bos. Vaak blijkt de grond niet geschikt voor het verbouwen van landbouwgewassen gedurende meerdere jaren achtereenvolgend doordat deze snel uitgeput raakt. Dit leidt ertoe dat boeren verder trekken en weer nieuwe stukken bos verbranden. De uitgeputte bodem wordt door de regenval weggespoeld en kan in sedimentatiegebieden leiden tot overstromingen. Door het verlies aan bossen dreigt in de toekomst ook een tekort aan brandhout, waardoor moet worden overgegaan op het verbranden van oogstresiduen en meststoffen, wat weer kan leiden tot een daling van de landbouwproduktiviteit. Volgens Myers gaat momenteel ongeveer 10% van het tropisch regenwoud verloren ten behoeve van de energievoorziening en 20% ten behoeve van de houtindustrie. De rest wordt vernietigd ten behoeve van (zwerf-)landbouw.

Om de landbouwproduktiviteit te verbeteren wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van allerlei bestrijdingsmiddelen. Zelfs het gebruik van persistente middelen als DDT groeit mondiaal gezien nog steeds. In de geïndustrialiseerde wereld is vooral het gebruik van grondontsmettingsmiddelen, onkruidbestrijdingsmiddelen en schimmelbestrijdingsmiddelen zeer snel toegenomen. In Nederland werd in 1985 bijna 50 miljoen kilo aan diverse soorten bestrijdingsmiddelen gebruikt, waarvan ongeveer de helft in de landbouw. Tussen 1976 en 1986 groeide het bestrijdingsmiddelengebruik in de Nederlandse landbouw met ongeveer 10%. In 1987 is voor het eerst een daling opgetreden.

In Europa heeft het landbouwbeleid in de afgelopen twintig jaar geleid tot aanzienlijke overschotten aan melk, boter, vlees en graan. De overproduktie in de melkveehouderij werd in 1985 geschat op ongeveer 15%. De Nederlandse landbouw speelt een belangrijke rol in de wereldproduktie van vlees, zuivel en bepaalde gewassen als tomaten en bloembollen. Zo draagt Nederland voor bijna 5% bij in de wereldproduktie van vlees en zuivel op nog geen vijf-honderdste procent van de wereldwijde grond. Onze landbouwproduktiviteit, uitgedrukt in kilogrammen gewas per hectare, behoort met die van Israël, Groot-Brittannië, België en Zwitserland, tot de hoogste ter wereld. Dit hangt samen met het mondiaal gezien extreem hoge gebruik van kunstmest in ons land. In het gebruik van stikstofkunstmest wordt tot 2010 nog een lichte stijging verwacht.

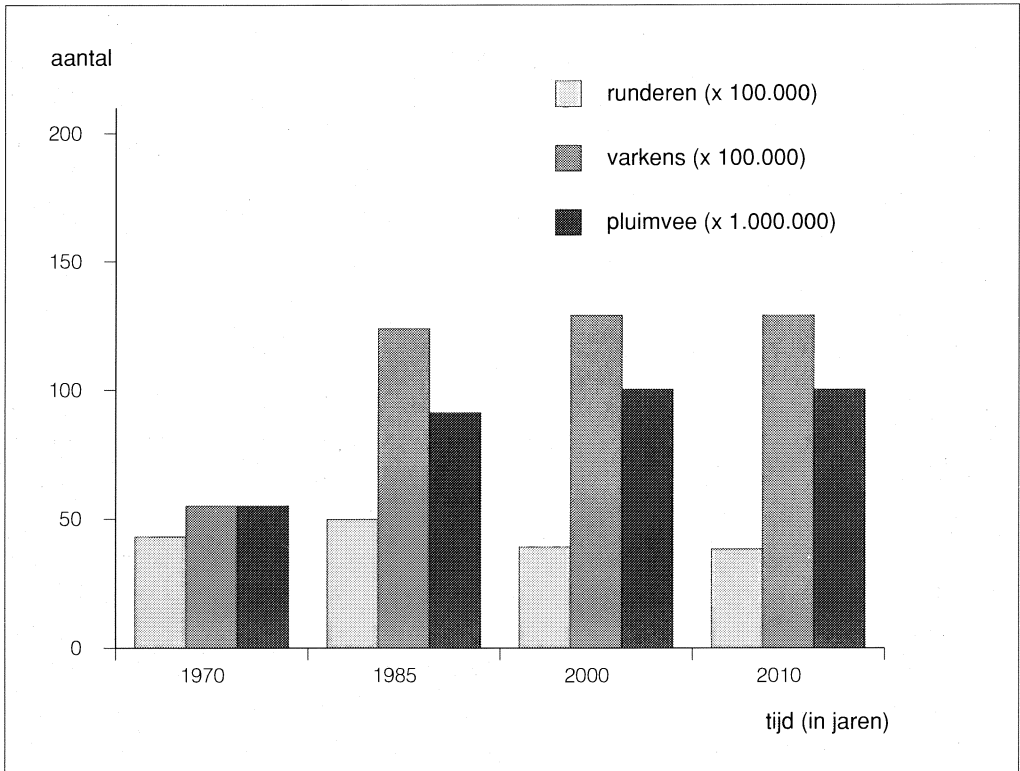


Stikstofkunstmestgebruik in 1960 en 1985 in een vijftal landen. (bron: RIVM)

Tussen 1970 en 1985 is in Nederland, ondanks de daling van het graslandareaal, de rundveestapel aanzienlijk toegenomen. Ten behoeve van de intensivering van de rundveehouderij steeg het verbouwen van mais sterk. Voor de intensieve varkens- en pluimveehouderijen had dit als voordeel dat zij gemakkelijker hun mest kwijt konden, aangezien maïs hoge giften dierlijke mest kan verdragen. Er is in de veeteelt sprake geweest van een toenemende concentratie en een afnemende grondgebondenheid. Krachtvoer wordt nu van veraf aangevoerd naar van oudsher voedselarme gebieden (zandgronden). Juist in deze gebieden, die het meest gevoelig zijn voor voedselverrijking, ontstaan de meeste mestoverschotten.

Door de aanpassing van het EG-beleid (onder andere de superheffing) lijken de zuiveloverschotten inmiddels grotendeels te zijn weggewerkt. In het onderhavige rapport is aangenomen dat de superheffing niet wordt verlaagd. Daardoor zal, bij een gelijkblijvende totale melkproduktie en een stijging van de melkproduktie per koe, naar verwachting van het Landbouw Economisch Instituut, het aantal runderen (melk- en slachtvee) in de komende jaren verder afnemen. Het aantal varkens zal volgens het LEI eveneens niet verder stijgen, doordat de markt verzadigd is en omdat door de Meststoffenwet en de Wet Bodembescherming de uitbreidingsmogelijkheden in concentratiegebieden aanzienlijk beperkt zijn. In 1986 bedroeg het aantal varkens 13,5 miljoen en in 1987 is voor het eerst een (tijdelijke) daling

opgetreden, als gevolg van de daling in de afzetprijs van varkensvlees. Het is nog niet duidelijk of een daling zich ook in de komende decennia zal voortzetten. In het onderhavige rapport wordt uitgegaan van afname van het aantal varkens met ruim 1 miljard tussen 1988 en 2000.



Ontwikkeling van de veestapel in Nederland in de periode 1970-2010.

bron: LEI-RIVM

Grondgebruik door de landbouw in Nederland 1970-2010 (in km²)

	1970	1985	2000	2010
grasland	13.340	11.420	11.000	10.960
mais	770	1.960	1.900	1.880
ov. bouwland	5.980	5.670	5.100	5.040

bron: CBS, LEI (1987)

Ontwikkeling van de Nederlandse veestapel (in duizendtallen)

	1970	1985	2000	2010
runderen	4300	5248	3900	3810
varkens	5500	12400	12910	12910
pluimvee	55000	91100	100200	100200

bron: CBS, LEI (1987)

Evenals bij de veeteelt is ook in de tuinbouw, door de toenemende substraatteelt sprake van een afnemende grondgebondenheid.

Water

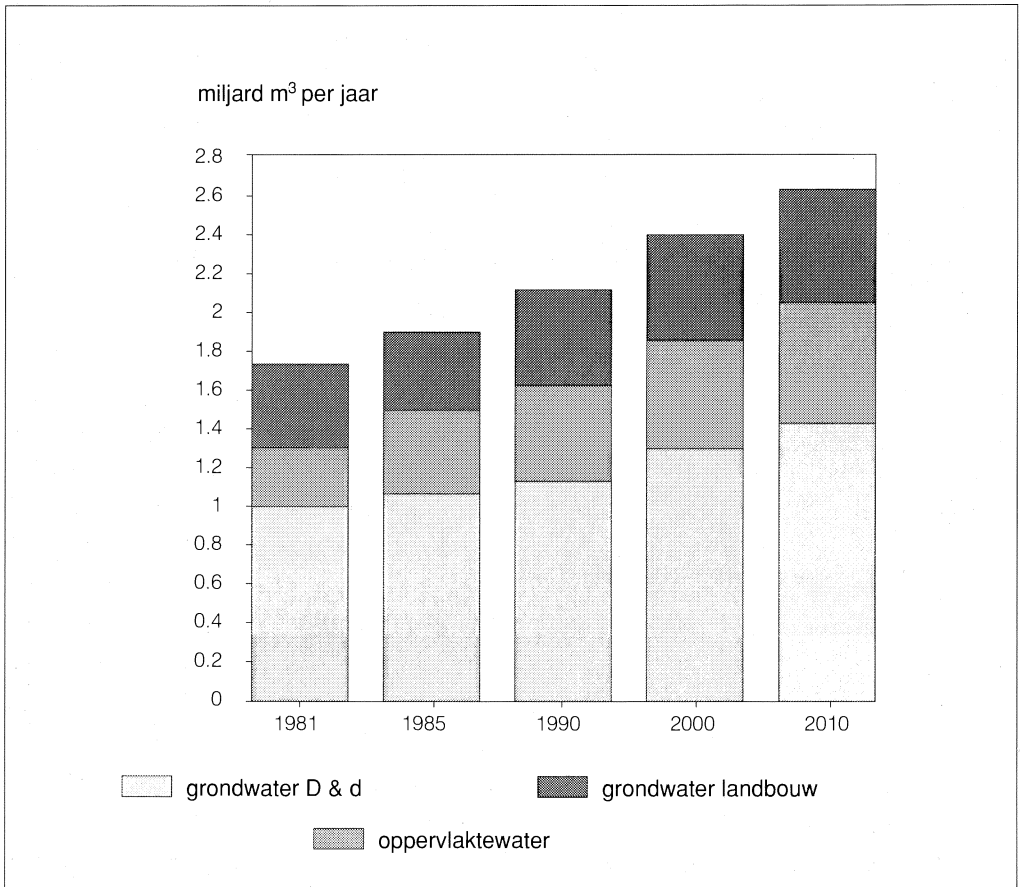
De periode 1980-1990 is door de VN uitgeroepen tot de waterdecade. In 1990 zou de hele wereldbevolking voorzien moeten zijn van schoon drinkwater en sanitair. In 1987 was dat nog slechts 40%. De kosten van de benodigde uitbreiding van de drinkwaterwinning en de afvoer van afvalwater worden geschat op 30-60 miljard dollar per jaar en zullen plaatselijk aanzienlijke veranderingen in de waterhuishouding teweeg brengen. Ook voor de watervoorziening voor de landbouw zijn ingrijpende wijzigingen in de waterhuishouding nodig, in de vorm van dammen, irrigatieprojecten en inpolderingen. Bijna 20% van de waterafvoer van rivieren wordt momenteel gereguleerd door stuwmeren en 15% van de landbouwgronden wordt geïrrigeerd.

Tot 2000 wordt een steeds grotere invloed van de mens op de waterhuishouding verwacht, in de vorm van nieuwe stuwmeren, kanalisaties, inpolderingen en rivieromleggingen. In tegenstelling tot het verleden is men zich hierbij steeds meer bewust van de mogelijke ecologische nadelen. Om deze reden zal een omkering van de stroomrichting van de Ob vermoedelijk niet worden uitgevoerd. Inpolderingen van 'wetlands' in ontwikkelingslanden zullen echter in de meeste gevallen ondanks het belang ervan voor trekvogels doorgaan, aangezien het hier gaat om een urgente behoefte aan vruchtbare landbouwgrond. In Afrika zal vermoedelijk voor 2000 ongeveer 30% van de wetlands verloren gaan, ondanks de internationale overeenkomst ter bescherming ervan (de zogenaamde Ramsarovereenkomst, 1971).

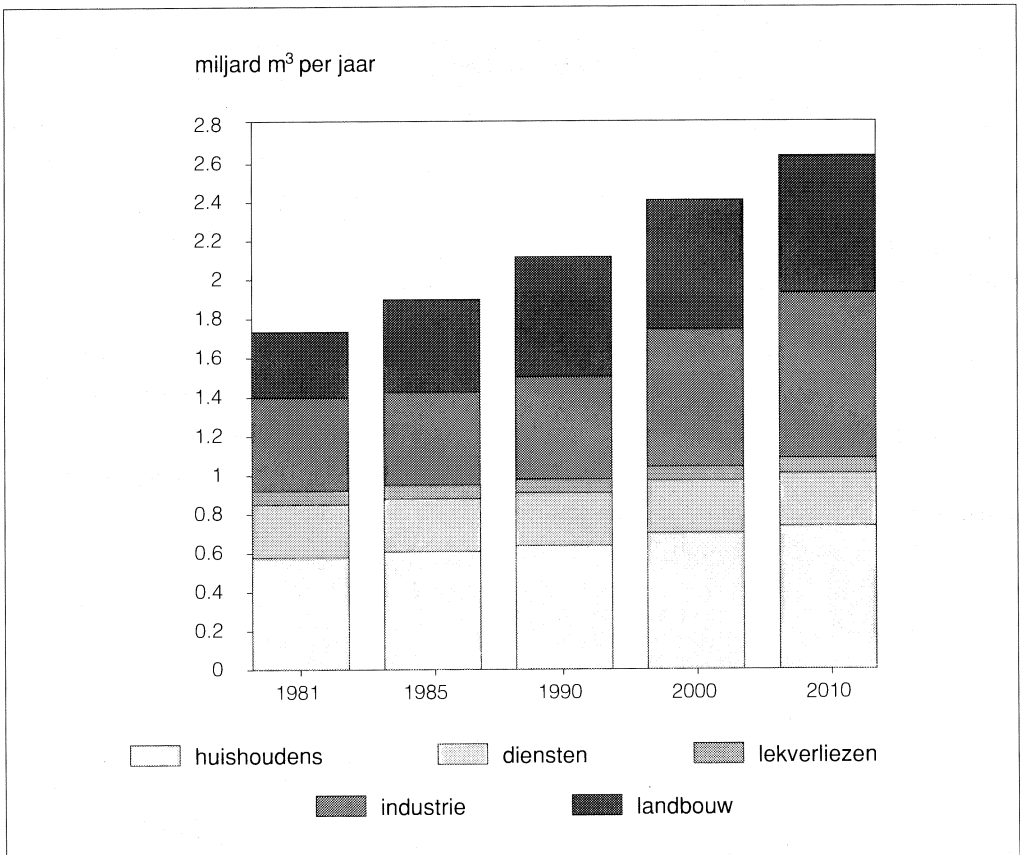
In Europa wordt ruim 15% van de afvoer van rivieren door de mens gereguleerd en 10% van de landbouwgronden geïrrigeerd. Daarnaast wordt een groot deel van de laaggelegen landbouwgebieden gedraineerd.

In Nederland is de invloed van de mens op waterhuishouding van oudsher het grootst. Bijna 50% van de landbouwgebieden kan (in de zomer) kunstmatig beregend worden en bij 65% van de landbouwgebieden wordt overtollig grondwater (in de winter) door bemaling afgevoerd. Het voor de landbouw optimale grondwaterpeil staat vaak op gespannen voet met die welke noodzakelijk is voor het behoud van de flora in natuurgebieden. Bij toekomstige landinrichtingsprojecten zullen deze natuurbeschermingsaspecten steeds meer meespelen in de besluitvorming.

Gemiddeld valt er in Nederland 30 miljard m^3 regen, waarvan potentieel ca. 20 miljard m^3 weer verdampt. Van het resterende deel wordt ca. 60% direct afgevoerd door de rivieren (6 mld. m^3) en verdwijnt 40% (4 mld. m^3) naar het grondwater. Dit water wordt na kortere of langere tijd door kwel of drainage afgevoerd. De rivieren voeren per jaar zo'n 80 miljard m^3 aan. Bij de huidige hoeveelheid neerslag, verdamping en bemaling wordt de maximaal



Watervoorziening in Nederland in de periode 1981–2010 onderscheiden naar grond- en oppervlaktewater. (bron: VROM)



Ontwikkeling van het waterverbruik in Nederland in de periode 1981–2010 onderscheiden naar verschillende sectoren. (bron: VROM)

(continu) winbare hoeveelheid grondwater geschat op 2 miljard m³ per jaar. Dat is 50% meer dan de hoeveelheid die in 1981 onttrokken werd. Bij een groeiende waterbehoefte en een toename van het aantal droge zomers zullen de beperkingen van het grondwater snel duidelijk worden. In de toekomst zou de gemiddelde vraag naar grondwater in de landbouw kunnen stijgen tot 0,5 à 0,6 miljard m³ (Pulles, 1985). Doch in een extreem droog jaar zou dit verder kunnen oplopen tot 1,5 miljard m³. Dit komt bovenop de verwachte behoefte aan grondwater voor de drink- en industrie-watervoorziening die zal oplopen tot 1 à 1,5 miljard m³ in 2010.

Gezien de toekomstige beperkingen aan de maximaal winbare hoeveelheden grondwater, en de afnemende kwaliteit daarvan, zal voor de drink- en industriewatervoorziening een steeds groter beroep moeten worden gedaan op oppervlaktewater. Daarmee wordt Nederland voor de watervoorziening steeds afhankelijker van ontwikkelingen in het buitenland die de waterkwaliteit

befnvloeden en wordt de potentiële invloed van calamiteiten in het buitenland steeds groter. De te verwachten uitbreiding van het aantal chemische bedrijven en kerncentrales langs Rijn en Maas baart in dit kader zorgen. Er bestaat een groeiende tendens om grondwatertekorten op zandgronden aan te vullen met gebiedsvreemd verontreinigd Rijnwater. Naast Drente, Overijssel en Gelderland zal in de toekomst ook Noord-Brabant bij aanleg van het Rijn-Schelde-kanaal Rijnwater gaan ontvangen. Friesland voert al veel Rijnwater aan voor het op peil houden van de waterstand in de vaarten.

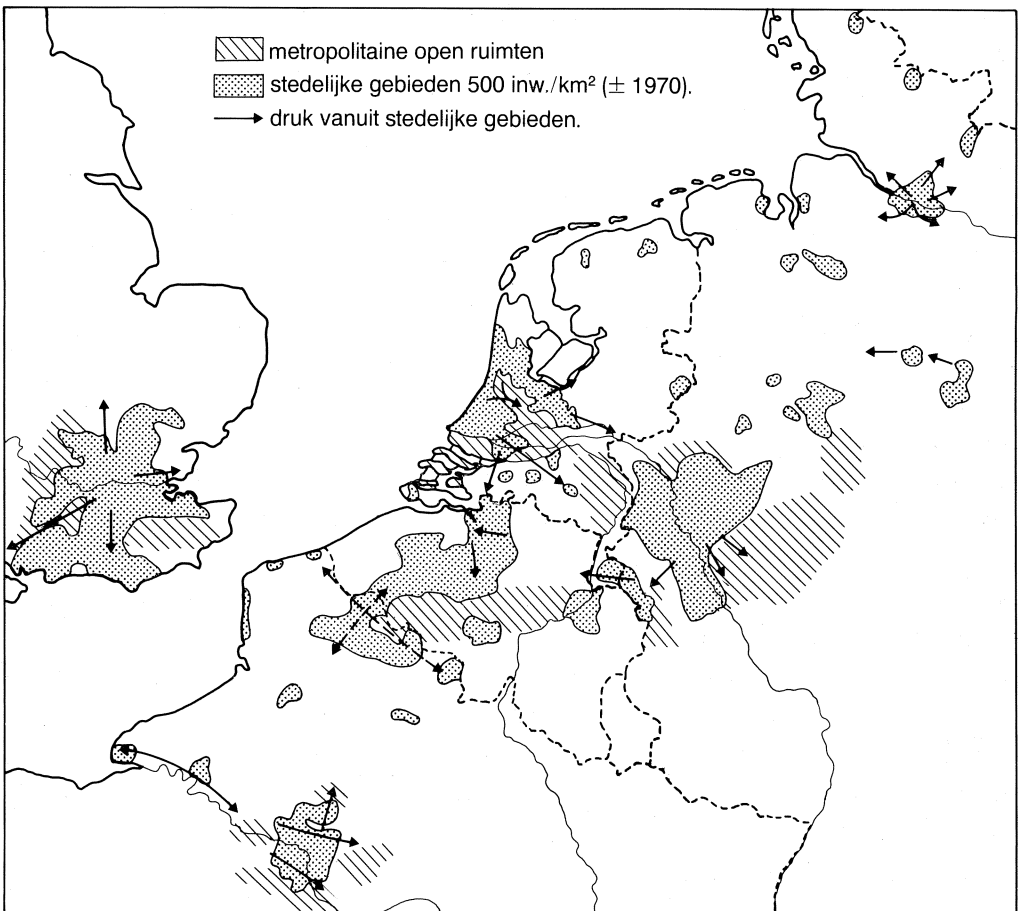
Ondanks toenemende aanbodproblemen zal de vraag naar drink- en industriewater in de toekomst verder stijgen. Het gemiddelde huishoudelijk waterverbruik per hoofd steeg van 104 liter per dag in 1975 tot 114 liter per dag in 1985. In 2010 zal gemiddeld 126 liter per dag worden gebruikt, een toename van ruim 10% (VROM, 1984). Het industriële waterverbruik zal tot 2010 met 65 à 150% toenemen, afhankelijk van de economische groei en de toepassing van waterbesparende produktietechnieken. De vraag naar water voor de beregning van landbouwgebieden, peilbeheer in vaarten en voor het tegengaan van verdroging van natuurgebieden zal eveneens drastisch stijgen.

2.6 Ruimtelijke ordening en verkeer

De driehoek Londen-Parijs-Ruhrgebied vormt de industriële en commerciële kern van Noord-West-Europa. De bevolkingsdichtheid binnen deze driehoek behoort tot één van de hoogste ter wereld. De druk op het natuurlijk milieu is in deze regio door de concentratie van verkeer, industrie en elektriciteitscentrales bijzonder groot. Binnen het gebied bestaat een sterke concurrentie tussen de verschillende vormen van ruimtegebruik, zoals landbouw, industrie, verkeer, wonen, recreatie, vuilstorten en natuur. Zonder een goede planning zullen economisch zwakke gebruiksfuncties, zoals natuur en recreatie, verdrongen worden. In de Noord-West-Europese Megalopolis zal de stedelijke druk op de open ruimten steeds groter worden. De groei van verkeersvoorzieningen, zoals wegen, zeehavens, vliegvelden en tracé's voor hoge snelheidstreinen zouden een toenemend ruimtebeslag en versnippering van het landschap met zich mee kunnen brengen.

In Nederland gaat het ruimtelijk beleid (VROM, 1988) er van uit dat ons land zijn in economisch opzicht centrale ligging in Europa moet zien te behouden en dat daarnaast de ruimtelijke verscheidenheid binnen onze grenzen moet worden versterkt. Dit betekent enerzijds het vormgeven aan een internationaal concurrerend stedelijk milieu, onder meer door uitbouw van de randstad tot een Stedenring Centraal Nederland (Amsterdam-Utrecht-

Arnhem-Nijmegen-Eindhoven-Breda-Rotterdam-Den Haag), en anderzijds de ontwikkeling van nieuwe natuurlijke milieu's, waarbij de aandacht vooral uitgaat naar de uitbouw van watergebonden vormen van natuurontwikkeling en recreatie. Hierbij kan gedacht worden aan het begeleiden van kustontwikkeling voor de kust van Zuidwest Nederland (Zeeuwse wadden), het open houden van grote wateren en het omvormen van uiterwaarden tot oevernatuurgebied. De zones Zuidwest-Friesland/Noordwest-Overijssel en IJsselmeer/Hollandse plassen/Biesbosch/Zoommeer worden genoemd als potentiële zoetwaternatuurgebieden met een nationale betekenis. Het groene hart van de stedenring heeft een belangrijke recreatieve functie en zal worden opgehouden. Voor het Noorden van het land is extra sociaal-economische ondersteuning nodig om de hoge werkloosheid terug te dringen en het jaarlijks vertrekoverschot tegen te gaan.



Schets van de ruimtelijke structuren van Noord-West Europa.

Ruimtegebruik in Nederland 1970-2010 (in procenten)

	1970	1985	2000	2010
Landbouw	70	65	60	59
Bos/natuurgebied	13	12	14	14
Steden/wegen	9	14	16	17
Water	8	9	10	10

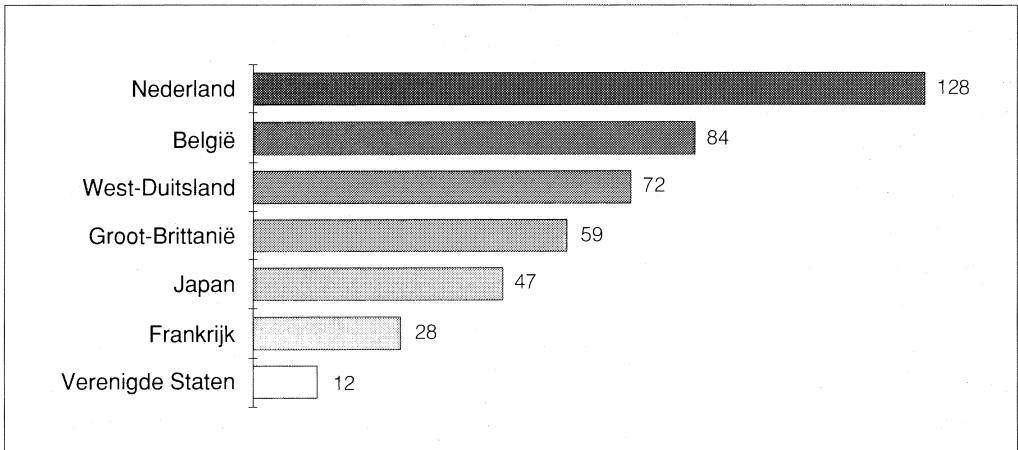
bron: CBS/RPD

De stijging van de landbouwproduktiviteit en de verzadiging van de afzetmarkt voor landbouwprodukten maakt het waarschijnlijk dat in de komende decennia het landbouwareaal verder zal afnemen. De vrijkomende grond zal deels worden benut voor stadsuitbreidingen en uitbreidingen van het wegennet en deels worden omgezet in bos of natuurgebied al dan niet in combinatie met de aanleg van meren en moerassen. De gebouwde omgeving zal zich in de komende vijftientig jaar met naar verwachting ruim 25% uitbreiden. Het bos- en natuurareaal zou met maximaal 20% kunnen uitbreiden.

De mobiliteit van de Nederlandse bevolking is de afgelopen 15 jaar onder invloed van de suburbanisatie en de hogere welvaart sterk toegenomen. Het bezit en gebruik van de personenauto is in deze periode ongeveer verdubbeld. In 1970 was het aantal auto's per huishouden 0,65. In 1985 was dit aantal gestegen naar 0,85. De stijgende trend zal zich naar verwachting in de komende jaren voortzetten, ondanks dat te verwachten valt dat de kosten van autorijden ten opzichte van de kosten van het openbaar vervoer sterker zullen stijgen en de verschillen in reistijden niet aanmerkelijk zullen veranderen. In 1970 werd 17% van het woon-werkverkeer per openbaar vervoer afgelegd. In 1985 was dat nog slechts 11%. Bij ongewijzigd beleid wordt een verdere daling verwacht (Verkeer en Waterstaat, 1988). Het rijbewijsbezit zal stijgen van 42% van de bevolking in 1985 tot 61% in 2010. Nederland kent inmiddels de hoogste ruimtelijke autodichtheid ter wereld, namelijk 128 auto's per km².

Sinds 1970 is het wegennet buiten de bebouwde kom met bijna 15% uitgebreid, terwijl de verkeersintensiteit op die wegen in dezelfde periode verdubbelde. De stijging van de verkeersintensiteit was het hoogst op de rijkswegen in het Westen van het land. Doordat alle delen van het land in hoge mate ontsloten zijn door autowegen, spoorwegen en vaarwegen is het

land sterk doorsneden en versnipperd. In de komende jaren worden verdere uitbreidingen van het hoofdwegennet voorzien, zodat het wegennet in kilometers tot 2000 met ca. 2,5% zal toenemen. Het wegennet binnen de bebouwde kom is sedert 1970 met ruim 40% uitgebreid. Uitbreiding van het wegennet valt vooral aan de stadsranden te verwachten.



Autodichtheden in enkele industrielanden in auto's per km²

Op dit moment bestaan er verschillende scenario's voor de ontwikkeling van het wegverkeer. De schattingen in dit rapport zijn gebaseerd op berekeningen met het verkeersmodel dat in het kader van het Reken- en Informatiesysteem Milieuhygiëne (RIM) door het NEI is ontwikkeld (Blok e.a. 1986). Deze schattingen voor het autobezit en autogebruik komen vrijwel overeen met de cijfers die door CPB en ESC zijn gebruikt bij het ramen van de vraag naar en de inzet van brandstof (zie ESC, 1987). Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat hanteert cijfers voor het autobezit en autogebruik die respectievelijk 10 en 20% hoger uitkomen in 2010 (Van de Broecke, 1987). Doordat daar bij de berekening van het brandstofverbruik en de emissies echter wordt uitgegaan van een veel grotere brandstofbesparing (BGC, 1987) en emissiereductie komen schattingen over het brandstofverbruik en de emissies lager uit dan de in dit rapport gebruikte cijfers.

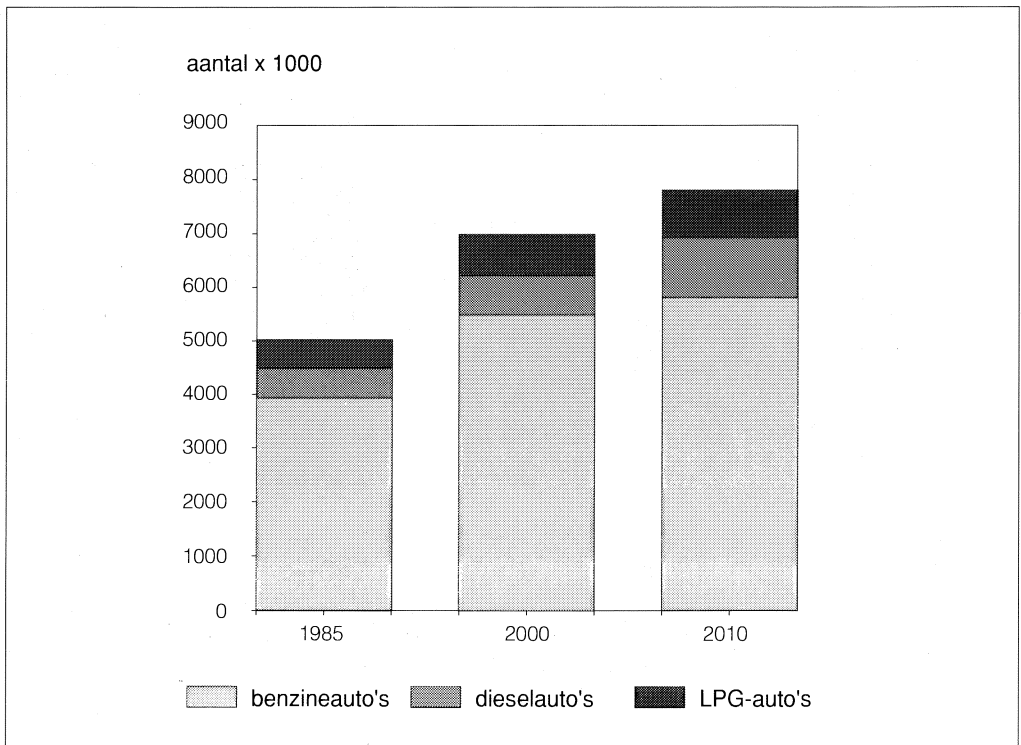
Verwacht wordt dat het totaal aantal voertuigen zal toenemen van ca. 5 miljoen in 1985 tot bijna 8 miljoen in 2010. Het aantal verreden kilometers zal stijgen van 78 miljard in 1985 tot bijna 120 miljard in 2010. De hiermee gepaard gaande emissies zijn afhankelijk van de snelheid waarmee gereden wordt, de verdeling over brandstofsoorten en de vraag welke emissiebeperkende voorzieningen in de toekomst genomen zullen worden. Het energieverbruik van voertuigen stijgt met ca. 35% tot ongeveer 370 PJ in

2010 (ESC, 1987). Door een optimalisatie van het brandstofverbruik zou echter ondanks de gestegen vervoerprestaties een gelijkblijvend brandstofverbruik niet onmogelijk zijn (BGC, 1987).

De gemiddelde snelheid van het autoverkeer vertoont een dalende trend omdat steeds meer binnen de bebouwde kom gereden wordt. Op rijkswegen stijgt de gemiddelde snelheid echter.

De verdeling over brandstofsoorten is sterk afhankelijk van het relatieve prijsverschil van de autotypen. Er valt een stijgende trend waar te nemen in het gebruik van diesel- en LPG-personenauto's. Als gevolg van het stijgende gezinsinkomen stijgt het aandeel van zwaardere autotypen. Mede doordat in 1988 financiële stimuleringsregelingen zijn getroffen stijgt het aandeel van nieuw verkochte schone auto's.

De mobiliteit van het vrachtverkeer zal mede als gevolg van de economische groei in het middenscenario met ca. 80% toenemen. Het gaat hier

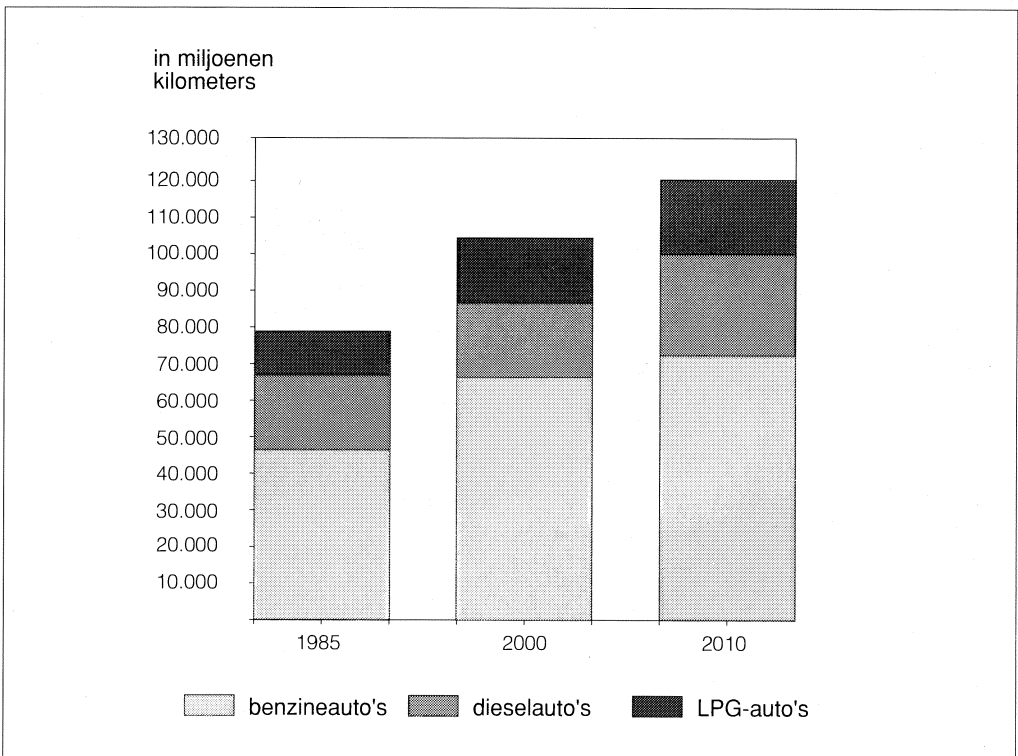


Ontwikkeling autopark naar brandstofsoort.

(bron: RIVM)

voornamelijk om dieselauto's. Aangezien hiervoor nog weinig technische oplossingen beschikbaar zijn ter vermindering van stikstofoxidenemissies, zal het aandeel van het vrachtverkeer in de totale verkeersemissie van deze stof aanzienlijk kunnen gaan stijgen.

De groeiende mogelijkheden die de telematica biedt voor telefonische informatie-uitwisseling, thuiswerken, thuiswinkelen en -bankieren, en vergaderen via het beeldscherm zal de personenmobiliteit met maximaal 10-15% kunnen verminderen. Een verdere mobiliteitsreductie met 10-25% zou kunnen worden bereikt door variabilisatie van de wegebelaasting, road-pricing, parkeerrestricties, verbetering van het openbaar vervoer, betere voorzieningen voor langzaam verkeer en een dusdanige ruimtelijke ordening dat een goede bereikbaarheid van verschillende voorzieningen met het openbaar vervoer mogelijk wordt. Voor een auto- mobiliteitsreductie van ca. 25% zouden de brandstofkosten (of andere variabele kosten) volgens het RIM-verkeersmodel met een factor 2 omhoog moeten. Bij een vertienvoudiging van de variabele kosten loopt de automobiliteit met 80% terug.



Ontwikkeling jaarkilometrages naar brandstofsoort.

(bron: RIVM)

Naast het autoverkeer zal ook het verkeer per spoor, te water en in de lucht toenemen. Bij het economisch middenscenario zal het vervoer van goederen per zeeschip en per binnenvaartschepen tot het jaar 2010 met respectievelijk ruim 20 en 40% toenemen (BGC, 1987). Het aantal luchtreizigers zal naar verwachting een sterke groei (5% per jaar) doormaken, hetgeen zal leiden tot een toename van het aantal vliegbewegingen.

Verkeer en vervoer in Nederland 1985-2010

	1985	2000	2010
personenauto's (x1000)	4600	6700	7250
jaarkilometrage (x mld)	68	90	105
brandstofverbruik (PJ)	184	208	241
vrachtwagens (x 1000)	125	180	215
jaarkilometrage (x mld)	5	6	8
brandstofverbruik (PJ)	65	89	101
bestelauto's (x1000)	280	300	335
jaarkilometrage (x mld)	5	6	7
brandstofverbruik (PJ)	20	24	27
zeescheepvaart (index)	100	113	122
binnenvaart (index)	100	124	141
luchtvaart (index)	100	208	341
spoorwegen (index)	100	106	111

bron: RIVM (verkeersprestaties voertuigen), ESC,1986b (energieverbruik voertuigen), BGC,1987 (verkeersprestaties overig verkeer)

De stijging van het aantal reizigers dat gebruik maakt van de trein zal naar verwachting in de komende jaren achterblijven bij de groei van het autoverkeer, doch veel zal afhangen van de relatieve verschillen in reistijden en kilometerprijzen tussen de verschillende verkeersvormen. De verwachte groei van 11% kan door de huidige capaciteit van het spoorwegnet worden opgevangen. Om de automobiliteit met ca. 25% terug te dringen zal echter een capaciteitsuitbreiding noodzakelijk zijn om een groei van het aantal reizigers met ca. 40% op te kunnen vangen. Belangrijke factoren in de keuze van de trein als vervoermiddel zijn de toenemende

verkeerscongestie, het introduceren van snellere wijzen van treinverkeer (bijv. hoge snelheidstreinen), de stijging van de variabele autokosten, en de mate van subsidiëring van het openbaar vervoer.

Bij het goederenvervoer is een beperkte verschuiving mogelijk tussen wegvervoer en railvervoer. Uitbreiding van de capaciteit van de spoorverbinding Rijnmond-Ruhrgebied is daarvoor een voorwaarde. Daarnaast bestaan er wellicht enige mogelijkheden voor vergroting van het transport via pijpleidingen en binnenschepen.

Literatuur algemene maatschappelijke ontwikkelingen

van Amstel A.R., e.a. (1987)

Exportlandbouw in de Derde Wereld en de effecten op natuur en milieu, Interfacultaire Vakgroep Milieukunde, Instituut voor Milieuvraagstukken, Amsterdam

BCG, (1987)

Energiebehoefte in de transportsector, fase 2a: het jaar 2010, Bureau Goudappel Coffeng, Deventer

Bezinningsgroep Energiebeleid (1988)

Licht op 2000

Blok, P.M., B.M. van Ineveld (1986)

De emissies bij het bezit en gebruik van personenauto's 1981-2000, Nederlands Economisch Instituut

Boswinkel, H.H. (1986)

Energie-onderzoekscenario's.

Energie Studie Centrum van de Broecke/Social Research (1987).

De mogelijke groei van het autobezit tot 2010

CBS (1985)

Bevolkingsprognose voor Nederland 1984-2035 (supplement 1986)

CBS (1987) Statistisch Zakboek,

Centraal Bureau voor de Statistiek

CE/SNM (1988)

Elektriciteitsbesparing in stroomversnelling, elektriciteitsbesparing door verruiming aanbod zuinige apparatuur en wijziging taakstelling energiedistributiebedrijven,

Centrum voor Energiebesparing, Sichting Natuur en Milieu

Clark, W.C., R.E. Munn (1986)

Sustainable development of the Biosphere,

IIASA, Cambridge University Press

CPB (1985)

De Nederlandse economie op langere termijn, drie scenario's voor de periode 1985-2010,

Centraal Planbureau, werkdocument no. 1

CPB (1986)

Een drietal scenario's voor het energieverbruik van Nederland tot 2010,

Centraal Planbureau, werkdocument no. 10

Darmstadter (1979)

Energy in the world economy since 1925,

Hopkins university press

Dover, M., L. Talbot (1987)

To feed the earth, agro-ecology for sustainable development,

World Resources Institute, Washington

ESC (1986a)

Analyse van de sector raffinaderijen voor de nationale energie verkenningen, ESC-WR-86-09,

Energie Studie Centrum

ESC (1986b)

Energieverbruik en emissies in de transportsector (mimeo)

ESC (1987)

Nationale energie verkenningen 1987, ESC-42,

Energie Studie Centrum

Freeman, C en M. Jahoda (1978)

World futures, the great debate,

Martin Robertson, Oxford

FAO (1986)

Commodity review and outlook 1985-1986,
Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome

Goeller, H.E. en A. Zucker, (1984)

Infinite resources, the ultimate strategy.
Science vol. 223, p.456-462

Goldemberg, J. e.a. (1987)

Energy for a sustainable world,
World Resources Institute

Guilmot, J.F., e.a. (1986)

Energy 2000, Commission of the European Communities,
Cambridge University Press

IVAM/IvM (1987)

Internationale handel en milieu, Interfacultaire Vakgroep Milieukunde,
Instituut voor Milieuvraagstukken, Amsterdam

IUCN (1986)

The Netherlands and the world ecology: towards a national conservation
strategy, Amsterdam

Koumans, W.A. (1987)

Toekomstige technologische ontwikkelingen in relatie tot natuur en milieu,
in: Natuur en milieu in de toekomst,
RMNO publikatie 20

KWW (1987)

Duurzame energie, een toekomstverkenning,
Krekel, van de Woerd en Wouterse

LEI (1987)

De Nederlandse landbouw na 2000, een verkenning,
Landbouw Economisch Instituut

Maas, R.J.M. (1988)

A choice of technological futures, paper presented at the VTT-symposium on
non-waste technology,
Espoo, Finland, june 20-23

Mintzer, I.M. (1987)

A matter of degrees,
World Resources Institute, research report 5

Myers, N. (1984)

The primary source.
Norton, New York

OECD (1979)

Facing the futures: mastering the probable and managing the unpredictable,
Interfutures

OECD (1987)

Energy policies and programmes of IEA-countries,
International Energy Agency

Parikh, K., W. Tims (1987)

Hunger amongst abundance - causes and cures,
IIASA, Laxenburg

Peeters, P.M. (1988)

Schoon op weg, - naar een trendbreuk in het personenverkeer,
Vereniging Milieudefensie en Initiatiefgroep Wijs op Weg

Pulles, J.W. (1985)

Beleidsanalyse van de waterhuishouding van Nederland
(PAWN)

RPD (1986)

Ruimtelijke perspectieven.
Rijksplanologische dienst

Rijkswaterstaat (1987)

Landelijke beleidsnota oppervlaktedelfstoffenvoorziening voor de lange termijn

Ros, J.P.M. (1987)

Modelling metal plating industry for integral pollution control strategies,
in :S.P. Kolaczowski en B.D. Crittenden.

Management of hazardous and toxic waste in the process industry.
Elsevier

SEP (1987)

Elektriciteitsplan 1987-1996.

Samenwerkende Elektriciteits Productiebedrijven, Arnhem

Skinner, B.J. (1986) Earth resources, Prentice Hall

Svedin, U., B. Aniansson (1987)

Surprising Futures, FRN-report 87:1, Stockholm, 1987

Thomas, R. e.a. (1988)

Scenario's for the emissions of acidifying compounds in the Netherlands and other European countries,

RIVM (in voorbereiding)

TNO (1987)

Berekeningsresultaten Primos-huishoudenmodel (mimeo)

US-department of Mines (1985)

Minerals Yearbook, Washington

VROM e.a. (1984)

Tweede structuurschema drink- en industriewater- voorziening, deel d, Staatsuitgeverij

VROM (1985)

Toetsing en actualisering trendrapport volkshuisvesting

VROM/V&W (1987)

Notitie Verkeer en Milieu

VROM (1988)

Vierde nota over de ruimtelijke ordening, Nederland op weg naar 2015, Staatsuitgeverij

VN (1986)

World population prospects, Dep. of International Economic and social Affairs, Population studies no. 98

VN

World commission on environment and development (commissie Brundtlandt) (1987) Our common future, Oxford university press

V & W (1988)

Verkeer en vervoer tot 2010, ministerie van Verkeer en Waterstaat (in voorbereiding)

WRI (1987)

World resources 1987, World Resources Institute

van de Woerd, K.F. (1987)

Overzicht van met MIOW-methode besproken bedrijfstakken, Instituut voor Milieuvraagstukken

World Bank (1984)

World population projections

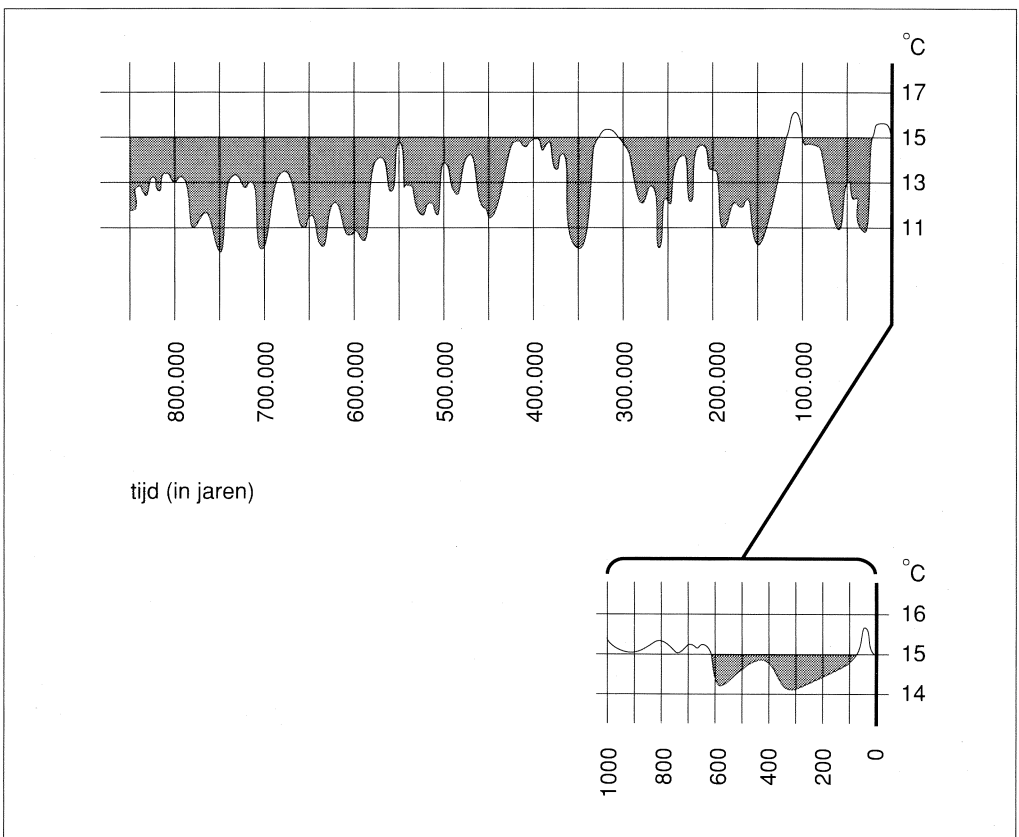
WVC (1984)

Gezondheid in het jaar 2000, ministerie van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur

3 Mondiale milieuproblemen

3.1 Probleemschets

Het milieu vertoont op wereldschaal een breed scala van variaties, van poolwoestijnen tot tropische regenwouden, koraalriffen en de diepzee. Ondanks de grote verschillen, bestaat er een dynamische samenhang tussen deze onderdelen van de biosfeer. Op een tijdschaal van vele tienduizenden jaren treden verschuivingen in deze relaties op, met drastische veranderingen in de toestand van het milieu. Zo was de gemiddelde



Schommelingen in de gemiddelde wereldtemperatuur in de afgelopen 800.000 jaar.

wereldtemperatuur gedurende de laatste ijstijd, 20.000-14.000 jaar geleden, ca. 4°C lager dan thans en lag de zeespiegel ca. 100 m onder het huidige niveau. Nadien zijn er ook perioden geweest met iets hogere temperaturen, terwijl de zeespiegel de laatste 2.000 jaar nog maar een meter steeg.

Deze veranderlijkheid van het milieu hangt samen met de natuurlijke verschuivingen in de mondiaal functionerende relaties tussen de instraling van energie van de zon, het transport van warmte door snelle luchtcirculatie en zeestromen en de stabiliserende werking van het water van de oceanen op de energiebalans. De samenhang tussen deze milieufactoren vormt het uitgangspunt van tal van andere fysische en chemische dynamische relaties. Op de tijdschaal gezien zijn daarin korte, lange en zeer lange kringlopen van stoffen te onderscheiden, gemeten in maanden en jaren, dan wel in eeuwen en miljoenen jaren (Gerritsen, 1987).

De levende natuur speelt in deze cycli op diverse punten een belangrijke rol, als een schakel in de systemen. De levende natuur reageert in deze dynamische relaties zelf echter niet steeds cyclisch, terugkerend naar eenzelfde toestand, maar veelal met een nieuwe combinatie van levensvormen. Dinosaurussen keren niet weer en mammoeten evenmin.

Tot enkele duizenden jaren geleden waren invloeden van de mens op het milieu beperkt tot de gebieden, waarin rechtstreeks ingrepen werden gedaan. De laatste eeuwen zijn de invloeden van de mensheid op de biosfeer steeds sterker geworden. In het perspectief van het mondiale systeem maakt de mensheid steeds meer gebruik van hulpbronnen uit lange cycli voor de vervulling van korte termijn behoeften. Met de ontbossing werden reservoirs van enkele eeuwen oud gebruikt; door bodemerosie en ontvening werden reservoirs van duizenden jaren oud uitgeput. De huidige winningen van fossiele brandstof en minerale grondstoffen grijpen terug op reservoirs van tientallen tot honderden miljoenen jaren ouderdom. De korte termijn cycli van de biosfeer worden kortgesloten met de lange en zeer lange termijn cycli (NASA, 1988).

Een aantal ingrepen van de mensheid in de biosfeer heeft gevolgen, die niet, dan wel pas op lange termijn weer afzwakken. Dergelijke gevolgen hebben daardoor veelal een mondiaal karakter. De duidelijkste voorbeelden daarvan zijn thans de emissies in de atmosfeer van grote hoeveelheden langlevende gassen. Deze veranderen de samenstelling van atmosfeer op essentiële punten, waardoor de regulerende invloed van de atmosfeer in het

gehele systeem verandert. Minder duidelijk is nog de invloed van gestage toevoer van tal van stoffen naar zeeën en oceanen, via lozingen in rivieren, door dumping en ongevallen op zee en via de atmosfeer. Ook het functioneren van de zeeën en de oceanen in mondiale stofkringlopen wordt daardoor veranderd, mogelijk eens leidend tot verstoring van de stabiliteit van de korte termijn cycli van stoffen en water tussen de oceanen, de atmosfeer en de continenten.

Een geheel ander karakter heeft de vernietiging op grote schaal van de levende natuur door massale ontbossing, door overbevissing en overbejaging. Naast het directe verlies van natuurlijke hulpbronnen, erosie, woestijnvorming, van belang op regionale schaal, sterven hierbij steeds meer soorten uit, die het erfgoed van de gehele wereld waren. Daarnaast is de belasting van het milieu met persistente toxische stoffen, waaronder bestrijdingsmiddelen, een toenemende bedreiging voor de levende natuur. Het rapport "Our Common Future" van de World Commission of Environment and Development maakt de samenhang duidelijk tussen economische ontwikkeling en de aantasting van het milieu op wereldschaal. De toekomstige ontwikkelingen dwingen ons ertoe deze samenhang nog nadrukkelijker als leidraad voor het handelen te hanteren.

3.2 Klimaatverandering

Probleemschets

Door menselijke activiteiten nemen de concentraties van een aantal sporegassen in de atmosfeer snel toe. Toenemende gehalten van CO₂ en enkele andere sporegassen, met name CH₄, N₂O, CFK-11, CFK-12 en O₃ veranderen de uitstraling van warmte uit de atmosfeer naar de ruimte. De onderste lagen van de atmosfeer zullen daardoor opwarmen en wereldwijd kunnen klimaten veranderen. Verwarming zal ook optreden in de oceaan, met thermische expansie en zeespiegelstijging als gevolgen. Ook zal grotere afsmelting van ijskappen bijdragen aan zeespiegelstijging. Verandering van klimaten zal betrekking hebben op ondermeer de wind, de neerslag, de gemiddelde en extreme temperaturen. Tal van maatschappelijke belangen, die veelal zijn afgestemd op huidige klimaten, worden daardoor beïnvloed, gunstig of ongunstig. Daarnaast heeft een verhoogd gehalte aan CO₂ rechtstreeks invloed op de plantengroei: landbouw, bosbouw en natuurlijke vegetaties. Deze keten van oorzaken en gevolgen kent vele onzekerheden. Er zijn combinaties van veronderstellingen te maken, die leiden tot de uitkomst

dat er niet veel zal veranderen. Ook zijn uitkomsten mogelijk dat binnen enkele decaden grote delen van de wereld, waaronder Noordwest-Europa aan grote veranderingen onderhevig zijn, die de huidige maatschappij in aanzienlijke mate ontregelen. Op dit veld van onzekerheden sluit de vraag aan, welke consequenties thans moeten worden verbonden aan de broeikasproblematiek: ingrijpen, afwachten of alvast aanpassen.

Bij prognoses over de broeikasproblematiek wordt meestal gerefereerd aan de invloed van verdubbeling van de concentratie CO_2 in de atmosfeer ($2 \times \text{CO}_2$). Deze bedraagt 1,5 - 4,5 °C stijging van de mondiaal gemiddelde evenwichtstemperatuur aan de oppervlakte. In de hier gepresenteerde cijfers wordt daarvoor 2 °C aangehouden. Voor invloed van andere broeikasgassen geldt een soortgelijke marge.

Door traagheid in de reactie van de oceanen loopt de reële temperatuurstijging enkele tientallen jaren achter op de berekende evenwichtstemperatuur.

De zeespiegelstijging wordt uitgedrukt in cm. Hierbij is reeds rekening gehouden met de vertraging in de reacties. De geconstateerde trend van zeespiegelstijging van 15-20 cm per eeuw is niet in de beschouwingen en in de cijfers betrokken.

Alle cijfers gaan uit van 1900 als referentiejaar.

Voorspellingsmethode

De ontwikkeling van het broeikasprobleem wordt berekend met het RIVM-model IMAGE, uitgaande van gegevens of ramingen van emissies van de betreffende sporegassen van 1900 tot 1986 en van vier scenario's voor het verdere verloop van de emissies tot 2100. De scenario's gaan uit van voor de betreffende sporegassen onderling min of meer consistente trends in maatschappelijke ontwikkelingen.

Aan de hand van emissies, de koolstof-cyclus en atmosferische processen berekent IMAGE concentraties van sporegassen in de atmosfeer en de daarmee samenhangende veranderingen van de mondiaal gemiddelde evenwichtstemperatuur. De berekende temperatuurstijging vormt de basis voor berekening van veranderingen in het volume van ijskappen en van uitzetting van oceaanaanwater. Bij de berekeningen wordt ondermeer gebruik gemaakt van vereenvoudigde uitkomsten van zeer gecompliceerde modellen die elders zijn ontwikkeld.

Huidige situatie

De oorzaken van de toename van thermisch actieve sporegassen in de atmosfeer zijn te herleiden op enkele algemene ontwikkelingen: bevolkingsgroei, toename van het gebruik van fossiele energiedragers, uitbreiding van de produktie in de landbouw en industriële technologie.

De emissies van CO_2 door verbranding van fossiele brandstoffen worden verantwoordelijk geacht voor de toename van het CO_2 -gehalte van ca. 290 ppm in de vorige eeuwen tot 345 ppm op het Noordelijk Halfrond in 1986. De toename in de atmosfeer op het Zuidelijk Halfrond loopt hier enkele jaren op achter. De toename bedraagt thans ca. 1,5 ppm per jaar met een 0,5% stijgende trend.

Methaan (CH_4) is in de broeikasproblematiek eveneens een belangrijk gas. Het gehalte methaan in de atmosfeer neemt al meer dan twee eeuwen exponentieel toe van ca. 1000 ppb tot ca. 1700 ppb in 1986. Als belangrijkste oorzaken van deze toename worden genoemd de uitbreiding van het areaal sawa's en de groei van de veestapel (runderen en schapen). De schattingen van de mondiale omvang van emissies van methaan lopen sterk uiteen, namelijk van ca. 300 tot ca. $1200 \cdot 10^{12}$ g CH_4 per jaar (1980).

In deze eeuw trad een exponentiële groei op van de emissies van N_2O van 8 à 9 TgN uit natuurlijke bronnen tot ca. 14 TgN. De toename is afkomstig uit de landbouw, met name kunstmest, en verkeer. Het gehalte in de atmosfeer liep hierdoor op van ca. 285 ppbv in 1900 tot ca. 300 ppbv in 1985 (fig. 5.2-6).

De betekenis van de emissie van CFK-11 en CFK-12 in de atmosfeer ligt vooral in de invloed van deze stoffen op de ozonlaag in de atmosfeer. Dit wordt elders behandeld (par.3.3). Daarnaast is de accumulatie van deze stoffen in de troposfeer van belang voor de stralingsbalans. De produktie en emissies vertonen sedert de introductie in 1940 respectievelijk 1930 een nagenoeg exponentieel verloop.

Ook ozon draagt bij aan de broeikasproblematiek. Dit betreft de hoeveelheid ozon in de troposfeer. De gehalten van ozon hierin nemen vooral toe onder invloed van luchtverontreiniging met NO_x en VOS. Ten opzichte van de natuurlijke niveaus is het ozongehalte in gebieden met aanmerkelijke luchtverontreiniging verdubbeld (zie paragraaf 4.2.).

De Nederlandse bijdrage aan de mondiale CO_2 , CH_4 , N_2O en CFK-emissies is minder dan 1%.

In Nederland werd in 1985 door de verbranding van vaste, vloeibare en gasvormige brandstoffen 138 mln ton C/jaar geëmitteerd overeenstemmend met ca. 0,7% van de wereldemissie. Aan CH_4 werd vooral door de veestapel 505

mln kg/jaar geëmitteerd hetgeen ca. 0,1% van de totale wereldemissie is, respectievelijk 0,2% van de antropogene emissie. De N₂O emissie van ca. 17 kton N/jaar afkomstig van in hoofdzaak kolen en stookolie is eveneens slechts 0,1% van de wereldemissie (respectievelijk 0,3%). De Nederlandse emissie van CFK-11 en GFK-12 van 7200 ton/jaar, vooral afkomstig van spuitbussen (incl. export) en schuimplastics, is ongeveer 1,2% van de wereldemissie.

De mondiaal gemiddelde evenwichtstemperatuurstijging van de bovengenoemde sporegassen (zonder ozon) samen bedraagt volgens de berekeningen ten opzichte van 1900 thans reeds 1,0 C. Een dergelijke stijging komt ruim boven de variatie in klimaten uit. Uitvoerige analyses van temperatuurgegevens geven in de loop van deze eeuw nog slechts een stijging van een 0,5 C aan. Vooral de laatste 10 jaren is echter een sterk stijgende trend opgetreden. De signalen zijn statistisch nog niet op te vatten als een bewijs van het optreden van het broeikas effect.

CO₂ is volgens de berekeningen met IMAGE tot nu toe voor ca. de helft van de temperatuurstijging verantwoordelijk en methaan voor meer dan een kwart.

Toekomstige ontwikkelingen

In het navolgende worden vier vooropgezette scenario's gepresenteerd voor de berekening van de ontwikkeling van de broeikasproblematiek. Deze zijn niet gebaseerd op prognoses; ze geven slechts een beeld van de consequenties van de trends en van wijzigingen daarin. De strekking van de vier scenario's in beleidstermen is aan te geven als:

A. Voortgezette trends

In dit scenario is de lijn van de huidige ontwikkelingen doorgetrokken. Daarbij past het volgende beeld van de ontwikkelingen:

Een bevolkingsgroei tot ruim 10 miljard in 2100, die ook in de andere scenario's wordt verondersteld;

Mondiale economische groei van 2% per jaar;

Economische ontwikkeling van de gehele wereldbevolking tot huidig Westers peil;

Ontwikkeling met behulp van fossiele energiebronnen, met name toenemende inzet van kolen;

Ontwikkeling van landbouw op intensief peil.

B: Omgebogen trends

Verondersteld wordt dat trends volgens scenario A door spontane of beleids-effecten worden afgebogen naar lagere emissies.

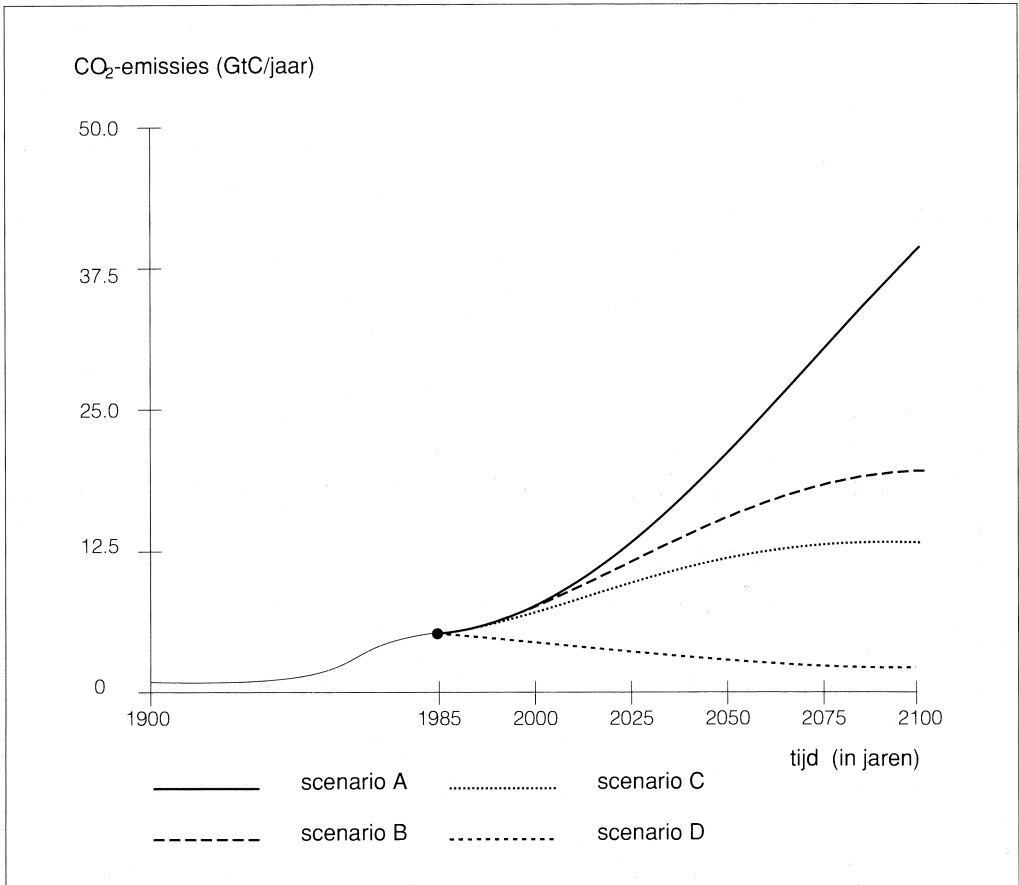
Het scenario B wordt meer plausibel geacht dan A.

C: Veranderde trends

Het scenario veronderstelt een drastische ombuiging van de huidige trends. Een mondiaal milieubeleid zou hieraan ten grondslag kunnen liggen. Om dit te realiseren is alom beleidsruimte nodig om economische ontwikkeling op lange termijn te richten, in plaats van korte termijn. Dit scenario lijkt een realistisch minimum van emissies te reflecteren.

D: Gedwongen reducties

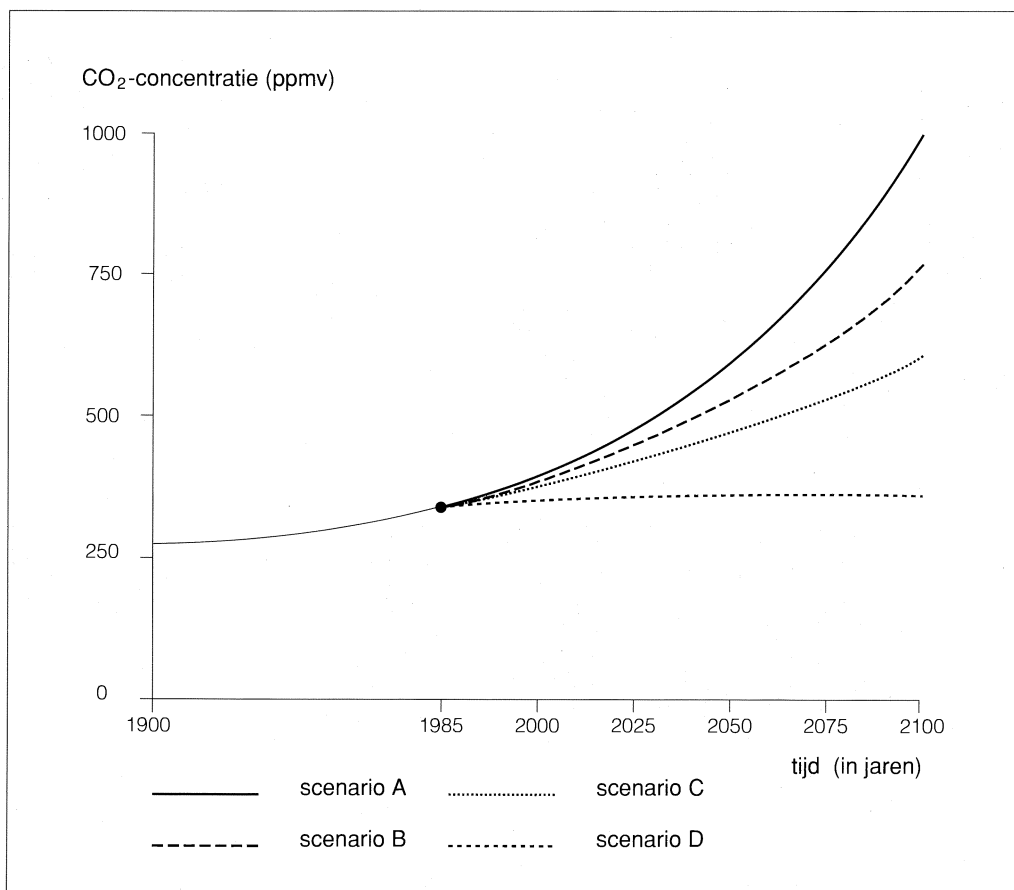
Dit scenario is een benadering van de duurzame ontwikkelingen, die nodig zijn om de dreiging van het broeikasprobleem af te wentelen. Het scenario heeft geringe realiteitswaarde. Enerzijds is het mogelijk als een zeer sterke economische ontwikkeling de toepassing van stringente milieumaatregelen mogelijk maakt. Anderzijds kan een dergelijk scenario passen bij een in het slop geraakte wereldeconomie.



CO₂-emissies uit fossiele brandstof in 10⁹ ton koolstof (GtC) per jaar bij de vier gekozen scenario's. (bron: RIVM)

Emissies en concentraties van sporegassen

Toekomstige emissies en concentraties van CO_2 hangen sterk af van de economische ontwikkelingen en de rol van fossiele brandstof daarin. Voor de toekomstige rol van fossiele brandstof bestaat een zeer breed scala van uiteenlopende scenario's. De vier gekozen scenario's laten de CO_2 emissies in het jaar 2100 variëren tussen een achtvoud en een halvering van het huidige niveau. De concentraties van CO_2 variëren daarbij tussen een verdriedubbeling en een lichte stijging.



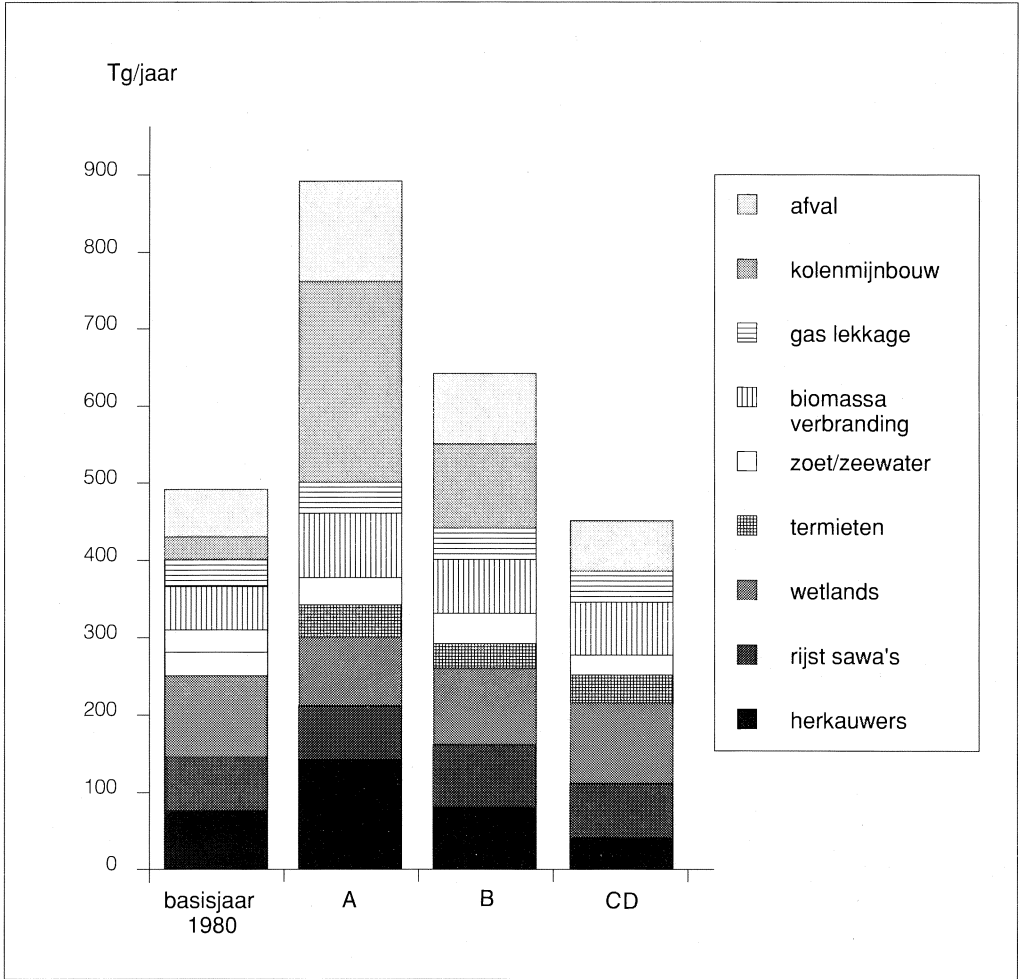
CO₂-concentratie in ppmv bij de vier gekozen scenario's. (bron: RIVM)

Een verdubbeling van de concentratie van methaan ten opzichte van 1900 wordt in alle scenario's al rond 2010 bereikt. Voor de ontwikkeling van emissies in de toekomst zijn de volgende punten van belang:

- het areaal, geschikt voor aanleg van sawah's, is bijna geheel in gebruik
- door winning van steenkool kan een sterke uitbreiding van de CH_4 -emissies plaatsvinden
- de ontwikkeling van de omvang van de veeteelt is van grote betekenis.

Daarnaast is van belang hoe sterk afbraak van methaan in de atmosfeer verder afneemt door de verminderende beschikbaarheid van OH-radicalen in de atmosfeer.

De concentraties van methaan verviervoudigen zich tot 2100 in het hoge scenario en dalen enigszins in het lager scenario ten opzichte van 1985.

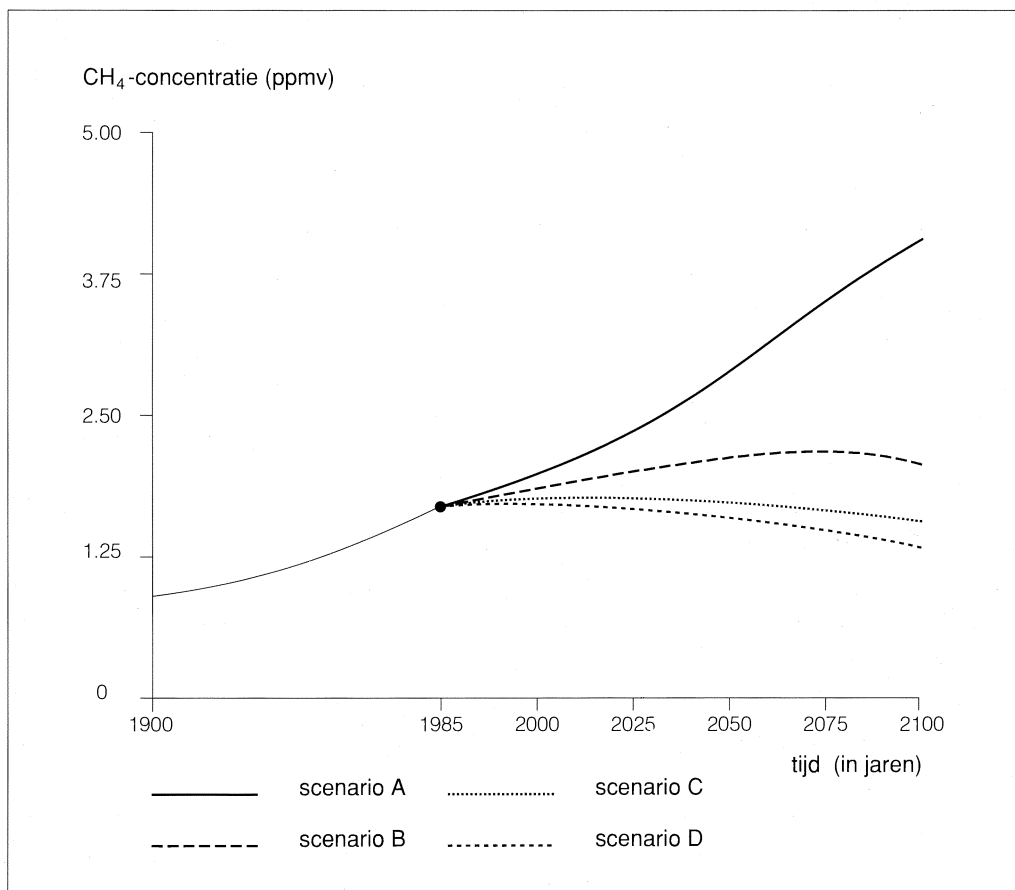


Emissies van methaan uit verschillende bronnen in 1980 en in 2050 voor de drie gekozen scenario's.

Bron: RIVM

Onzekerheid over het verdere verloop van de emissies van NO_2 leidt tot een brede range van mogelijkheden voor de concentraties. Verdubbeling van de concentratie ten opzichte van 1900 zou rond 2050 optreden als de exponentiële groei van de emissies wordt omgebogen naar een maximum van 50 TgN per jaar. Bij een constante 1% groei wordt verdubbeling rond 2100 bereikt. Bij handhaving van het huidige emissieniveau (0% groei) zal de concentratie nog toenemen tot een 400 ppbv in 2100.

Bij voortzetting van de groei naar productieplafonds van CFK's van 0,80 respectievelijk 1,00 Tg (3 maal het huidige niveau) worden atmosferische gehalten bereikt van ca. 1,5 ppbv in 2050 (CFK-11) en ca. 2 ppbv in 2030 (CFK-12). Hier wordt in het hogere scenario A echter slechts rekening gehouden met 0,8% groei per jaar, in plaats van 7 à 10%. Ook bij afname van de produktie volgens de doelen van het UNEP-protocol ter bescherming van de ozonlaag (scenario B) neemt de concentratie nog toe tot het dubbele van de huidige concentraties.



Atmosferische concentraties van methaan (ppmv) bij de vier gekozen scenario's. (bron: RIVM)

Temperatuur en zeespiegel

Het temperatuureffect van verdubbeling van het gehalte CO₂ wordt geschat op 1,5 tot 4,5 °C verhoging van de mondiaal gemiddelde evenwichtstemperatuur. Hier wordt 2 °C gehanteerd in de rekenvoorbeelden, waarin ook de invloed van de andere sporegassen is opgenomen (zonder ozon).

Bij de gehanteerde scenario's neemt het aandeel van CH_4 af tot ca. 15-25% in 2100 en blijft het aandeel van CO_2 beneden de 50%. De relatieve bijdrage van N_2O kan toenemen van 5% tot 15 à 30% in 2100.

CFK-11 en CFK-12 samen zouden bij afgezwakte trend van de emissies kunnen leiden tot $1,25^\circ\text{C}$ temperatuurstijging. Bij de hier gehanteerde scenario's blijft dat beperkt tot $0,30$ à $0,40^\circ\text{C}$ rond 2050.

Berekende evenwichts-temperatuurstijging en zeespiegelstijging. In verband met de keuze voor $2\times\text{CO}_2 \approx 2^\circ\text{C}$ binnen een marge van $1,5$ - $4,5^\circ\text{C}$ kunnen de veranderingen uiteenlopen van iets lager tot ruim tweemaal zo hoog als deze cijfers aangeven.

temp. toename $^\circ\text{C}$	1900	1987	2010	2050	2100
A voortgezette trend	0	1,0	2,0	4,2	$8,1^\circ\text{C}$
B omgebogen trend	0	1,0	1,8	3,2	$5,1^\circ\text{C}$
C veranderde trend	0	1,0	1,6	2,3	$3,2^\circ\text{C}$
D gedwongen reducties	0	1,0	1,4	1,5	$1,5^\circ\text{C}$
zeespiegelstijging	0	7	11-13	17-32	24-70 cm

De resultaten van het RIVM-model sluiten aan op de algemene opvatting dat tegen het midden van de volgende eeuw de concentratie van CO_2 is verdubbeld en dat de daarmee overeenkomende temperatuurstijging (hier gesteld op 2°C) door de toename van de andere broeikasgassen al rond 2030 kan worden verwacht.

Temperatuurstijging leidt door de uitzetting van zeewater en van afsmelting van landijs tot zeespiegelstijging. Dit effect zal vertraagd doorwerken door de grote volumina van de water- en ijsreservoirs.

Uit de hierboven gegeven scenario's voor de emissies van sporegassen volgen cijfers voor zeespiegelstijging inclusief vertraging (maar exclusief de reeds bestaande trend) van ca. 20-30 cm rond 2050 (vergeleken met 1900). Voor 2100 loopt de berekende stijging uiteen voor 24-70 cm, exclusief de bestaande trend van 15-20 cm/eeuw. De marge voor de temperatureffecten is in beginsel ook hierop van toepassing. Bij een grotere temperatuurstijging neemt het belang van onzekerheden in de vertraging en in het gedrag van landijs ook toe.

Evenals met de temperatuurstijging het geval is, kan ook in de geconstateerde zeespiegelstijging nog niet ondubbelzinnig een effect van de signaleerde broeikasproblematiek worden gezien.

Effecten op continentale, fluviale en regionale schaal

De klimaatmodellen geven geen betrouwbare informatie voor gebieden ter grootte van Europa. Er zijn aanwijzingen, dat in delen van het Mediterrane gebied de temperatuurstijging ca. 50% hoger ligt dan gemiddeld over de wereld. In de meest noordelijke delen kan dit zelfs 100-300% zijn door verminderde invloed van zee-ijs. Vooral in Zuidoost-Europa kan een uitbreiding van zomerdroogte verwacht worden.

De maatschappelijke consequenties lopen over Europa sterk uiteen: in Noord-Europa kan klimaatverandering gunstig zijn voor land- en bosbouw; in Zuid-Europa zal een temperatuurstijging problemen geven, met name in verband met watertekorten.

Bijzonder ingrijpend zal temperatuurverhoging ook zijn voor de berggebieden. In de loop van de volgende eeuw kunnen de meeste gletsjers nagenoeg geheel verdwijnen. Voor zover de invloed op de temperatuur ook in verticale richting doorwerkt, zullen vele wintersportgebieden in problemen geraken: de sneeuw-zekerheid van gebieden beneden 2000 m kan sterk verminderen.

Hetzelfde beeld ontstaat voor de gevolgen van zeespiegelstijging. In geheel Noord-Europa treedt een stijging van het land op als reactie op het verdwijnen van het landijs ca. 10.000 jaar geleden.

Zeespiegelstijging in de berekende omvang betekent dat de problemen van de bodemstijging voor bijvoorbeeld havens worden verminderd.

Elders in Europa zullen kustlaaglanden problemen krijgen door zeespiegelstijging: erosie, zoutintrusie, overstromingsrisico's. Dit geldt in beginsel alleen voor gebieden, waar nu ook al risico's bestaan. De risico's zullen groter worden.

Bij gebrek aan betrouwbare informatie van de wereld klimaatmodellen op de schaal van stroomgebieden van rivieren kan geen prognose worden gegeven van de gevolgen op fluviale schaal. Geconstateerd kan worden, dat fluviale processen sterk klimaatsafhankelijk zijn. Veranderingen in temperatuur, neerslag en verdamping hebben invloed op de afvoer van de Rijn en de Maas. Hoewel de toekomstige afvoeren nog niet geraamd kunnen worden, is het duidelijk, dat historische gegevens geen richtlijnen kunnen vormen voor plannen met betrekking tot dijkverhoging, waterbeheer en water-voorziening.

De Gezondheidsraad heeft een beoordeling opgesteld van de maatschappelijke effecten van de broeikasproblematiek in Nederland.

Relevantie van maatschappelijke effecten in Nederland

	korte termijn < 50 jaar	lange termijn < 100 jaar
kustveiligheid	**	***
waterhuishouding	**	***
voedselvoorziening	*	**
landbouw	*	**
natuurlijke ecosystemen	*	**
visserij	*	*
energievoorziening	o	*
volksgezondheid	o	o

o	niet relevant	**	relevant
*	weinig relevant	***	zeer relevant

In verband met de tijdsduur van de voltrekking van klimaatveranderingen en zeespiegelstijging verdienen vooral de maatschappelijke belangen de aandacht, die met duurzame voorzieningen gepaard gaan.

Maatregelen in Nederland

De kernpunten zijn in Nederland:

- de gevolgen van zeespiegelstijging voor de kustverdediging en de waterafvoer naar zee;
- veranderingen van rivierafvoeren door wijzigingen in de neerslag en verdamping in de stroomgebieden.

In dit verband zijn maatregelen te overwegen, die naast de aanpassing aan de veranderende aspecten ten behoeve van de betrokken belangen zelf, ook nevengevolgen hebben. Deze kunnen ingrijpen op het milieu.

Te noemen zijn bijvoorbeeld:

- afsluiting van de Nieuwe Waterweg
- verhoging van de IJsselmeerpeilen en vergroten van variatie voor buffercapaciteit
- aanpassing van de regulering van rivierafvoeren
- dijkverzwaringen
- verhoging waterpeilen in Zuidwest-Nederland

Maatregelen ter bestrijding van emissies van broeikasgassen zijn alleen effectief als deze op wereldschaal worden uitgevoerd. Door vertragingen in de temperatuurveranderingen zal preventief beleid pas na tientallen jaren zichtbaar effect kunnen hebben.

De belangrijkste maatregelen passend binnen de gekozen scenario's zijn:

- o voorkomen van de groei van het gebruik van fossiele brandstof, met name voorkomen van uitbreiding van het gebruik van kolen
- o vermindering van het gebruik van fossiele brandstof
- o beperking van de omvang van de veestapel
- o beperking van de groei van toepassing van kunstmest
- o staken van de ontbossing
- o staken van de produktie en toepassing van CFK-11 en CFK-12.

De mogelijke bijdrage van Nederland aan de beperking van emissies is relatief het grootst door het nemen van maatregelen in de energiesector.

De relatieve bijdrage en de toepasbaarheid van maatregelen gericht op beperking van de emissie van broeikasgassen in Nederland.

	relatieve* bijdrage	toepas- ** baarheid
o verhoging efficiëntie van energieverbruik in alle sectoren, incl. verkeer	+++	+++
o de ontwikkeling en toepassing van vernieuwbare energiebronnen	+++	+++
o toepassing van kernenergie	++	+
o winning van methaan uit afval	++	+
o beperking van de methaanemissie per koe	+	0
o inkrimping van de veestapel	++	+++
o ontwikkeling van alternatieven voor CFK's	++	++
o beperking CFK-verliezen, terugwinning uit koelsystemen.	++	+

*: +++ groot

++ aanzienlijk

+ enigszins

** : +++ goed

++ redelijk

+ aanvullend onderzoek nodig

0 onderzoek te beginnen

De gevoeligheid van infrastructurale voorzieningen in Nederland voor de broeikasproblematiek o = relevant, * = kwetsbaar

VOORZIENINGEN	Veranderend aspect:								
	zeespiegelstijging	stormbanen	stormfrequentie	neerslag	temperatuur	verdamping	rivierafvoer	zoute kwel	opp.waterkwaliteit
<u>Levensduur meer dan 50 jaar</u>									
stedelijke gebieden				o					
wegen									
spoorwegen									
vaarwegen							*		
duinen	*	*	*						
dijken	*	*	*						
inpolderingen				o		*		o	o
ontginningen				o		*			
havens	o						o		
waterlopen	*			o		o	*		
grondwater				*		*		o	o
natuurreservaten	*			*		*	*		*
<u>levensduur 30-50 jaar</u>									
kwalit. waterbeheer	o			o		*	o	o	o
kwant. waterbeheer en -gebruik	*		*	o		o	*		
drinkwatervoorziening	o			*		o	*		*
ruilverkaveling				o		o			
electriciteits centr.	o				*		*		

3.3 Aantasting van de ozonlaag

Probleemschets

In de atmosfeer bevindt zich tot ca. 60 km hoogte ozon. ca. 80% van de ozon wordt aangetroffen tussen ca. 20 en 40 km hoogte in de stratosfeer. De problemen met betrekking tot ozon in de troposfeer (tot ca. 12 km hoogte) worden behandeld in paragraaf 4.2. Ozon absorbeert in belangrijke mate ultraviolet-B straling (280-310 nm), afkomstig van de zon. Deze UV-B is in tal van opzichten schadelijk voor organismen.

Geconstateerd is, dat de concentraties van sporegassen die de vorming en de afbraak van ozon beïnvloeden, toenemen. Modelberekeningen indiceren dat bij voortgaande stijging van de concentraties van deze sporegassen halverwege de komende eeuw de totale hoeveelheid ozon (in verticale richting aangeduid als de ozonkolom) hierdoor 5 à 10% minder kan zijn dan nu. De omstandigheid, dat in de samenstelling van de stratosfeer en de troposfeer wereldwijd veranderingen optreden, houdt in dat naast ozon ook andere aspecten kunnen wijzigen, zoals bijvoorbeeld de temperatuur en straalstromen. Het ontbreken van inzicht hierin is een extra reden tot grote zorg.

Als de oorzaak van een snellere afbraak van stratosferisch ozon wordt de toename van Cl en Br beschouwd. De bronnen van Cl en Br zijn CFK's (chloorfluorkoolwaterstoffen) en halonen (broomfluorkoolwaterstoffen). Deze worden uitsluitend industrieel geproduceerd. Ook de gechloreerde koolwaterstoffen (tetra en dichloormethaan) vormen bronnen van Cl in de atmosfeer. CFK's komen vooral vrij bij toepassingen als drijfgas in spuitbussen, als koelmiddel, als schuimvormer bij de produktie van isolatie- en verpakkingsmateriaal en als schoonmaakmiddel. Halonen worden met name toegepast als blusmiddel.

De aantasting van de ozonlaag wordt doorgaans aangegeven in % van de concentratie van ozon en in % van de totale hoeveelheid ozon in verticale richting (ozonkolom) in een referentiejaar. Metingen van ozon worden aangegeven in Dobson-eenheden, een lineaire schaal voor de hoeveelheid in verticale richting.

Voorspellingsmethode

Voorspellingen van de veranderingen in de aanwezigheid van ozon in de stratosfeer en de toename van UV-B straling zijn gebaseerd op berekeningen met tweedimensionale atmosferisch-chemische modellen. De vorming en afbraak van ozon wordt in deze modellen bepaald aan de hand van een reeks onderling

samenhangende chemische processen, die worden beïnvloed door de concentraties van de betrokken gassen, met name CFK's.

De concentraties van de CFK's worden berekend aan de hand van emissie-scenario's. Voor de invloed van CFK's en halonen op de afbraak van ozon wordt de "ozone depleting potential" gehanteerd, welke afhangt van het aantal Cl en Br radicalen dat hieruit vrij kan komen en de snelheid waarmee dat gebeurt.

In de berekeningen wordt rekening gehouden met de invloeden van andere sporegassen op de vorming en afbraak van ozon, zoals via het broeikas-effect in de troposfeer, waardoor de temperatuur in de stratosfeer iets lager wordt.

De modellen waarmee de ozonconcentratie wordt berekend, berekenen zowel toename als afname waarvan de berekende ozonkolom de resultante is. Uitkomsten die met verschillende modellen worden bereikt vertonen aanzienlijke verschillen, maar stemmen wel overeen op een aantal belangrijke punten. De ozonconcentratie neemt af in de stratosfeer, vooral rond 40 km hoogte, door versnelde afbraak van ozon door Cl en Br. De ozonconcentratie in de stratosfeer neemt toe door stijging van de concentraties CH_4 en CO_2 . Door toename van N_2O en NO_x daalt de ozonconcentratie in de stratosfeer.

Vermindering van de totale hoeveelheid ozon zal op hogere breedtegraden enige malen sterker kunnen zijn dan op lage breedtegraden.

Onderzoek en modelontwikkeling zijn nog in volle gang.

De huidige toestand

De concentraties van ozonlaag aantastende CFK's, halonen en andere gechloroerde koolwaterstoffen zijn in de afgelopen decennia snel gestegen. De produktie van CFK's vertoont een tendens tot stabilisatie door afname van de toepassing in spuitbussen. Andere toepassingen nemen echter nog toe. Metingen hebben een algemene vermindering van de hoeveelheid ozon in de stratosfeer reeds aangetoond. De vermindering blijkt reeds sterker te zijn dan de modelberekeningen aangeven.

In maart 1988 heeft het Ozone Trends Panel van NASA de resultaten bekend gemaakt van een grondige analyse van de ozon meetgegevens van de afgelopen jaren. Metingen van de totale ozonkolom boven het Noordelijk Halfrond tonen een vermindering aan van 1,7 - 3,0% in de periode van 1969 tot 1986. In de wintermaanden bedroeg de afname zelfs 2,3 - 6,2%. Met behulp van satellietmetingen is over de periode 1979-1986 een afname geconstateerd van 2,5% (tussen 53° ZB en 53° NB). Deze afname wordt voor 0,7 - 2,0% verklaard

uit variatie in de zonne-activiteit en wordt voor het overige toegeschreven aan afbraak door Cl en Br.

Pas enkele jaren geleden bleek, dat boven de Zuidpool jaarlijks in de maand oktober een sterke vermindering van de hoeveelheid ozon optreedt. Satelliet waarnemingen tonen aan (voor de periode vanaf 1978) dat de afname van ozon jaarlijks sterker is en jaarlijks ook een groter gebied bestrijkt. In 1987 is op een hoogte van 15 - 20 km reeds tot 95% afname geconstateerd, terwijl het gebied waarin sterke afname optreedt zich al uitstrekt tot de zuidpunt van Zuid-Amerika en nabij Australië. De oorzaak van deze zeer grote veranderingen worden gezocht zowel in fotochemische reacties met Cl en Br als in de meteorologische dynamiek, die in bijzondere omstandigheden boven de Zuidpool bestaat.

Toekomstige ontwikkelingen

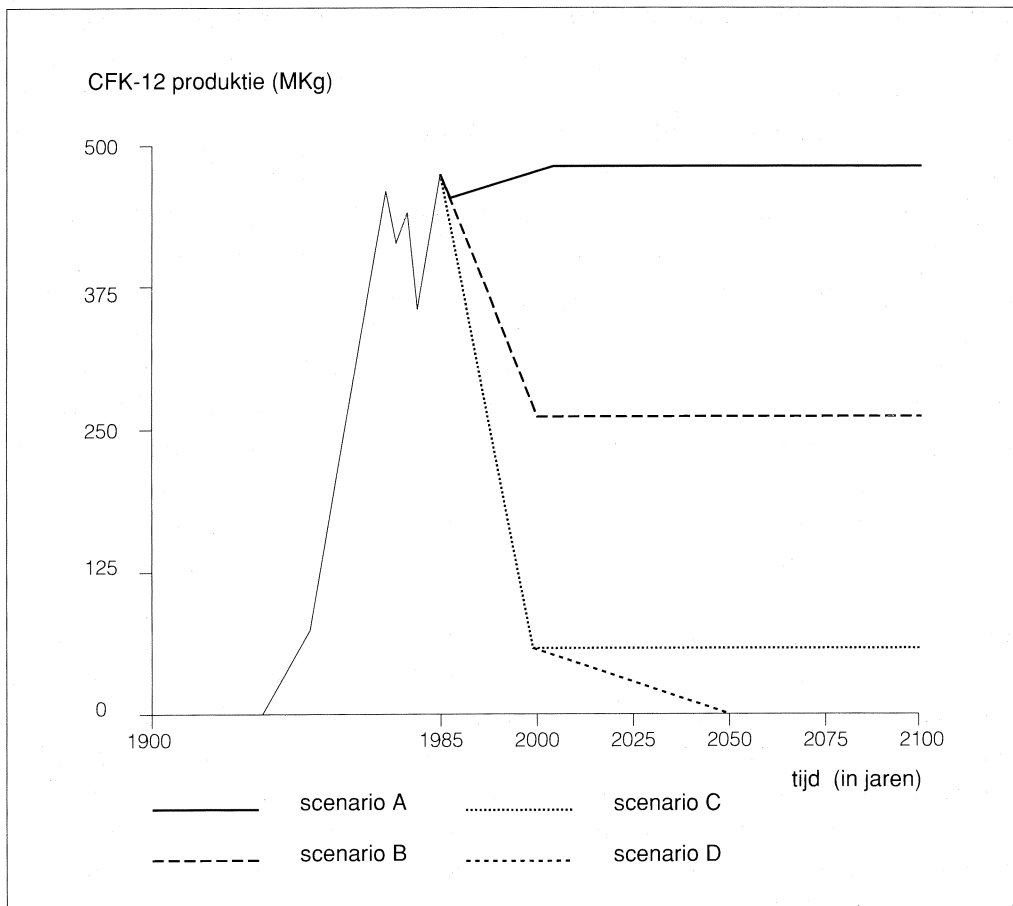
In september 1987 werd in UNEP-kader een protocol vastgesteld voor de reductie van de produktie van CFK's tot 50% van het produktieniveau van 1986. Dit niveau dient in twee fasen bereikt te worden: 20% vermindering in 1996 en 50% in 1999. Het protocol biedt daarnaast ruimte voor enige groei van de produktie ten behoeve van gebruik in Derde Wereldlanden, waardoor per saldo een produktie die ca. 75% bedraagt van het niveau in 1986 binnen de termen van het protocol valt. De produktie van halonen wordt bevroren op het niveau van 1986.

Het beleid in Nederland is gericht op een snellere en verdergaande beperking van de produktie en het gebruik van de betreffende stoffen.

Er zijn vier scenario's gekozen voor de berekening van effecten van verschillende produktie- en emissieniveaus op de concentratie van CFK-11 en CFK-12 in de atmosfeer. Deze CFK's worden in de grootste hoeveelheden geproduceerd.

Deze scenario's gaan uit van:

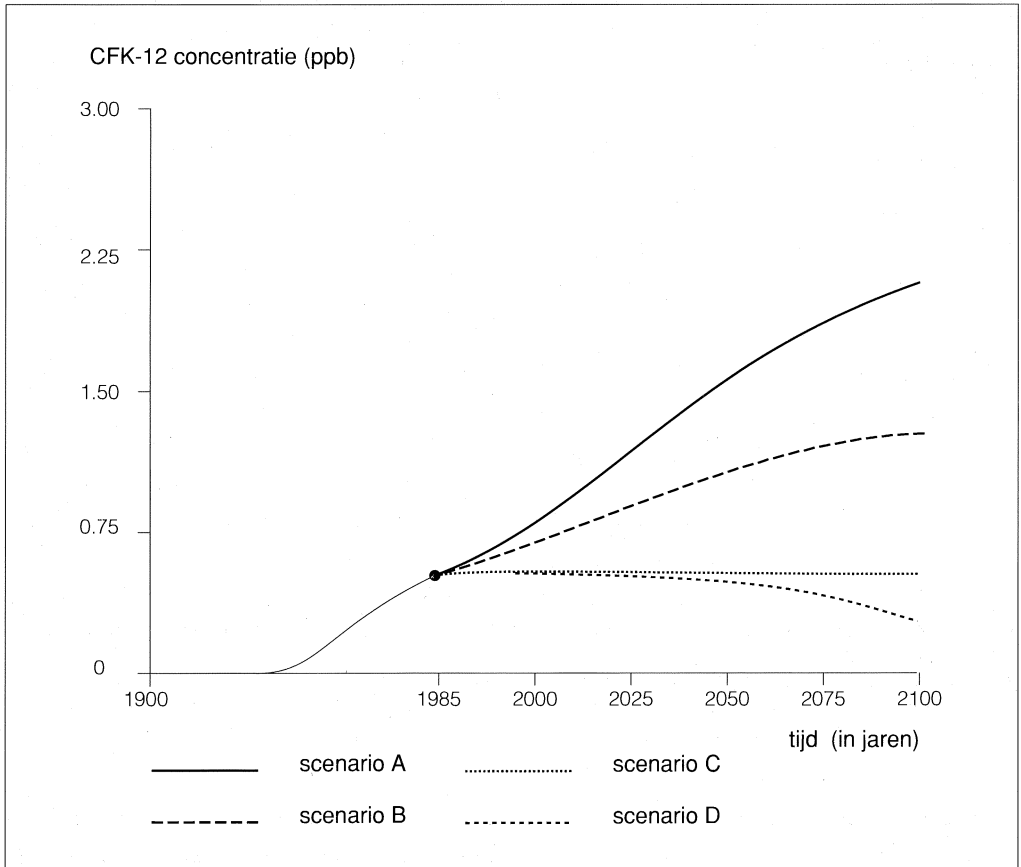
- A - Het protocol wordt niet volledig in de praktijk gebracht, hoewel de produktiegroei tot 2025 beperkt blijft tot 0,8% per jaar.
- B - Het protocol leidt tot een beperking van de uitwerpen tot de omvang van 75% van het niveau in 1986 (vastgestelde maatregelen).
- C - Het protocol wordt verscherpt toegepast, leidend tot een emissieniveau van 15% van 1986.
- D - De emissies van CFK-11 en CFK-12 worden na daling tot 15% in 1999 geleidelijk geheel naar nul gebracht in 2050 (extra maatregelen).



Jaarlijkse produktie van CFK-12 sinds 1900 en scenario's voor de jaarlijkse produktie tot 2100.
 (bron: RIVM, IMAGE)

Voor de ontwikkeling van de emissies van CFK-113, CFK-114 en CFK-115 en van andere gehalogeneerde koolwaterstoffen zijn nog geen scenario's geformuleerd. De emissies van deze stoffen nemen snel toe met 3-10% per jaar in de afgelopen jaren.

Geconstateerd moet worden, dat het CFK-protocol nog ruimte biedt voor verdubbeling van de concentratie van CFK's in de atmosfeer (scenario B). Scenario C (15% van 1986) zou leiden tot het nagenoeg constant blijven van de CFK-concentraties, en alleen scenario D geeft op termijn een duidelijke daling van de concentraties.

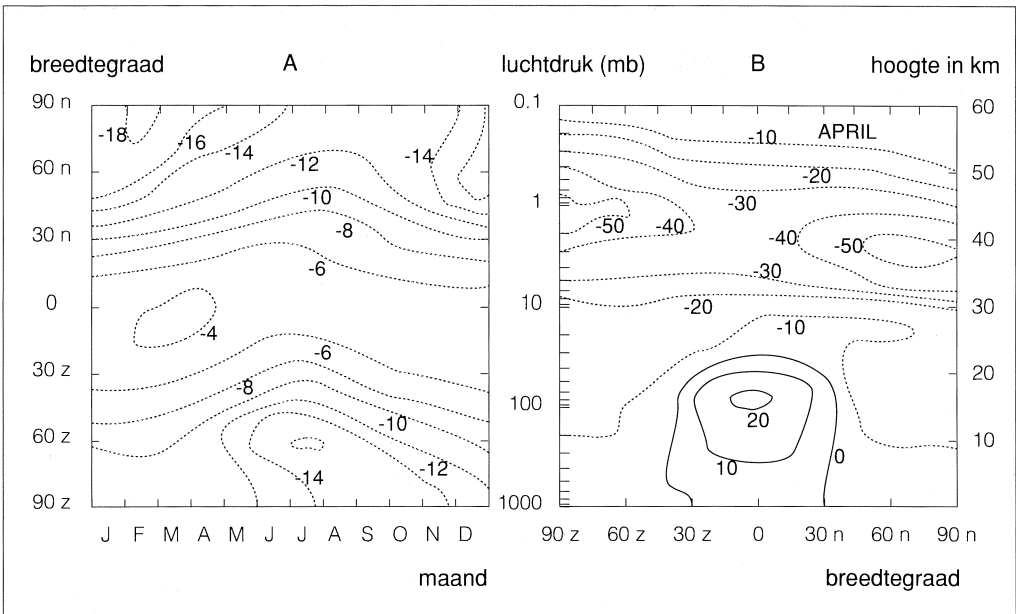


Concentratie van CFK-12 in de atmosfeer sinds 1900 en concentraties bij de gekozen scenario's. (bron: RIVM, IMAGE)

Bij continuering van het produktieniveau 1986 (vergelijkbaar met scenario B) wordt een toename van Cl_x verwacht van ca. 1 tot 8 ppb. Hieruit voortvloeiende vermindering van de ozonkolom ligt in de orde van grootte van 5 à 10% over de wereld gemiddeld. Verschillen treden op in de verdeling van ozon in verticale richting en naar breedtegraad en de verdeling in de tijd. Met name in het voorjaar worden grotere reducties berekend.

Afname van de ozonkolom heeft verhoogde straling van UV-B op leefniveau tot gevolg. Deze veroorzaakt ernstige schade aan de gezondheid van mensen:

- Huidkanker; 1 tot 5% toename per 1% ozonreductie
- Melanoma huidkanker (dodelijk); 0,8 tot 1,5% toename per 1% ozonreductie
- Onderdrukking van het immuun-systeem
- Cataract (leidend tot blindheid); 0,3 tot 0,6% per 1% ozonreductie



Berekende procentuele veranderingen van de concentratie van ozon in de atmosfeer bij een toename van de concentratie vrije Cl, vergelijkbaar met scenario B.

A: veranderingen van de totale ozonkolom, onderscheiden per maand en naar breedtegraad.

B: verandering van de concentraties in april, onderscheiden naar hoogte en naar breedtegraad.

Toenemende straling van UV-B leidt ook tot schade aan andere organismen. De gevoeligheid varieert echter per soort en zelfs per ras. Belangrijke effecten zijn mogelijk bij landbouwgewassen en (aquatische) ecosystemen.

Ten aanzien van organismen worden vooral juveniele stadia als kwetsbaar beschouwd.

Een overzicht over de mogelijke omvang van effecten is nog niet te geven. Wel kan worden opgemerkt, dat de risico's voor enkele groepen organismen in Antarctica (ook in de zee) zeer groot zijn geworden.

3.4 Duurzaamheid op mondiaal niveau

De uitwerp van sporegassen door menselijke activiteiten leidt tot verstoring van de stralingshuishouding van de aarde. Hierdoor wordt de atmosfeer verwarmd en treedt er een grotere instraling van UV-B op. Hierin spelen tal van processen een rol. In de lagere troposfeer, tot een hoogte van ca. 3 km, wordt ozon gevormd uit reactieve koolwaterstoffen (VOS) en stikstofoxiden onder invloed van zonlicht. In de vrije troposfeer ontstaat ozon door oxidatie van methaan en koolstofmonoxide. Op grotere hoogte in de stratosfeer bevindt zich de ozonlaag die uit zuurstof gevormd wordt door

zonlicht. In de stratosfeer vindt een versnelde afbraak van ozon plaats onder invloed van chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's) en halonen. De vermelde gasen en koolstofdioxide (CO_2) zorgen ook voor een veranderde uitstraling van warmte uit de atmosfeer naar de ruimte. Hierdoor ontstaat het zogenaamde broeikas effect. Dit effect wordt voor ca. 50% veroorzaakt door CO_2 en voor het overige door methaan, distikstofoxide, ozon in de troposfeer en CFK's.

Biogeochemische en hydrologische kringlopen

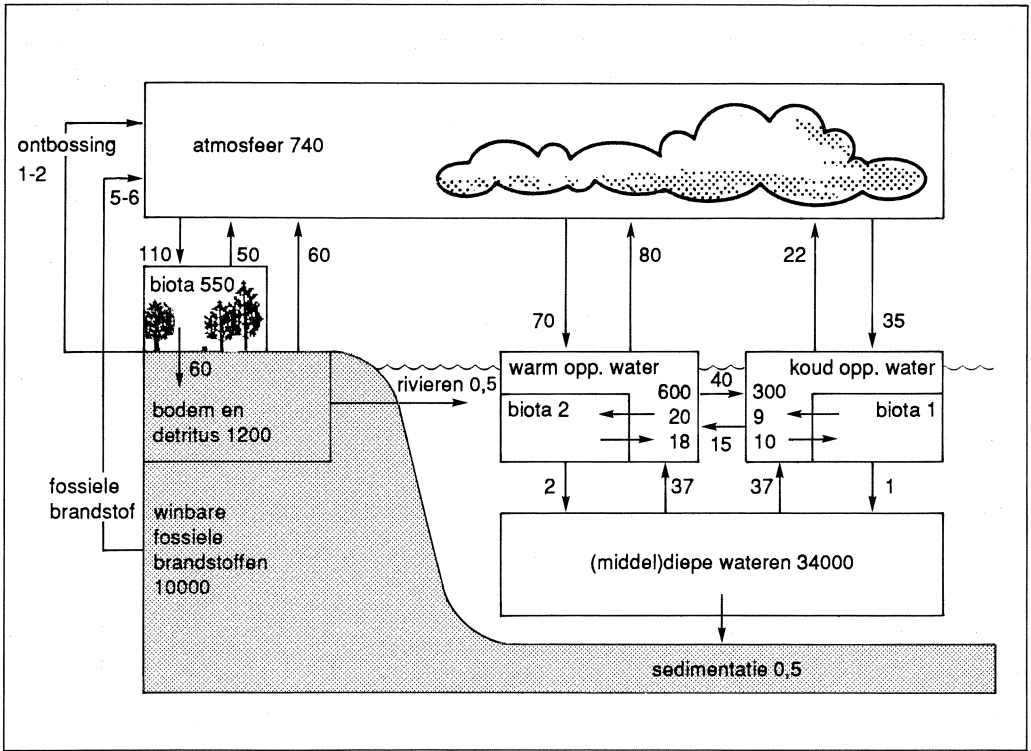
Het functioneren van het systeem aarde wordt op zeer lange tijdschaal bepaald door de uitwendige kracht van de zon en de inwendige krachten in de aarde. Op tijdschalen van tientallen tot honderden jaren zijn vooral de biogeochemische en hydrologische kringlopen van belang. De tot het fysische klimaatstelsel behorende hydrologische kringloop regelt onder meer de verdeling van temperatuur en neerslag over het aardoppervlak. De biogeochemische kringlopen bevatten de stromen van essentiële elementen zoals koolstof, stikstof, fosfor en zwavel. Hierin bevindt zich een biologische component, de levende natuur, die ook gekoppeld is aan het klimaatstelsel. Wanneer de aarde de condities voor leven wil blijven aanbieden dan moeten de biologische belangrijke elementen continu beschikbaar zijn op het juiste tijdstip, de juiste plaats en in de juiste hoeveelheid.

De biogeochemische cyclus van koolstof kan als een voorbeeld van zo'n benadering worden beschouwd, waardoor, zoals gebleken is, ook het klimaatstelsel en de daartoe behorende hydrologische kringloop beïnvloed kunnen worden.

De koolstofcyclus op mondiaal niveau kan een indicatie geven van de mate waarin duurzaamheid wordt aangetast. Deze koolstofcyclus bevat een lucht-, water- en een landgedeelte. In elk van deze onderdelen kunnen reservoirs onderscheiden worden waaraan koolstof onttrokken en toegevoegd wordt. Het luchtreservoir bevat 740 Gton koolstof waaraan jaarlijks netto zo'n 3 Gton wordt toegevoegd.

Het waterreservoir bevat 35.000 Gton koolstof waarvan het overgrote deel zich in de zeeën en oceanen bevindt. Slechts een zeer klein gedeelte daarvan neemt deel in biologische processen (ca. 30 Gton per jaar). Het waterreservoir neemt jaarlijks netto zo'n 3 Gton uit de lucht op en ongeveer 1 Gton vanaf het land.

Het landreservoir bevat zo'n 1.750 Gton koolstof. Het aandeel biomassa

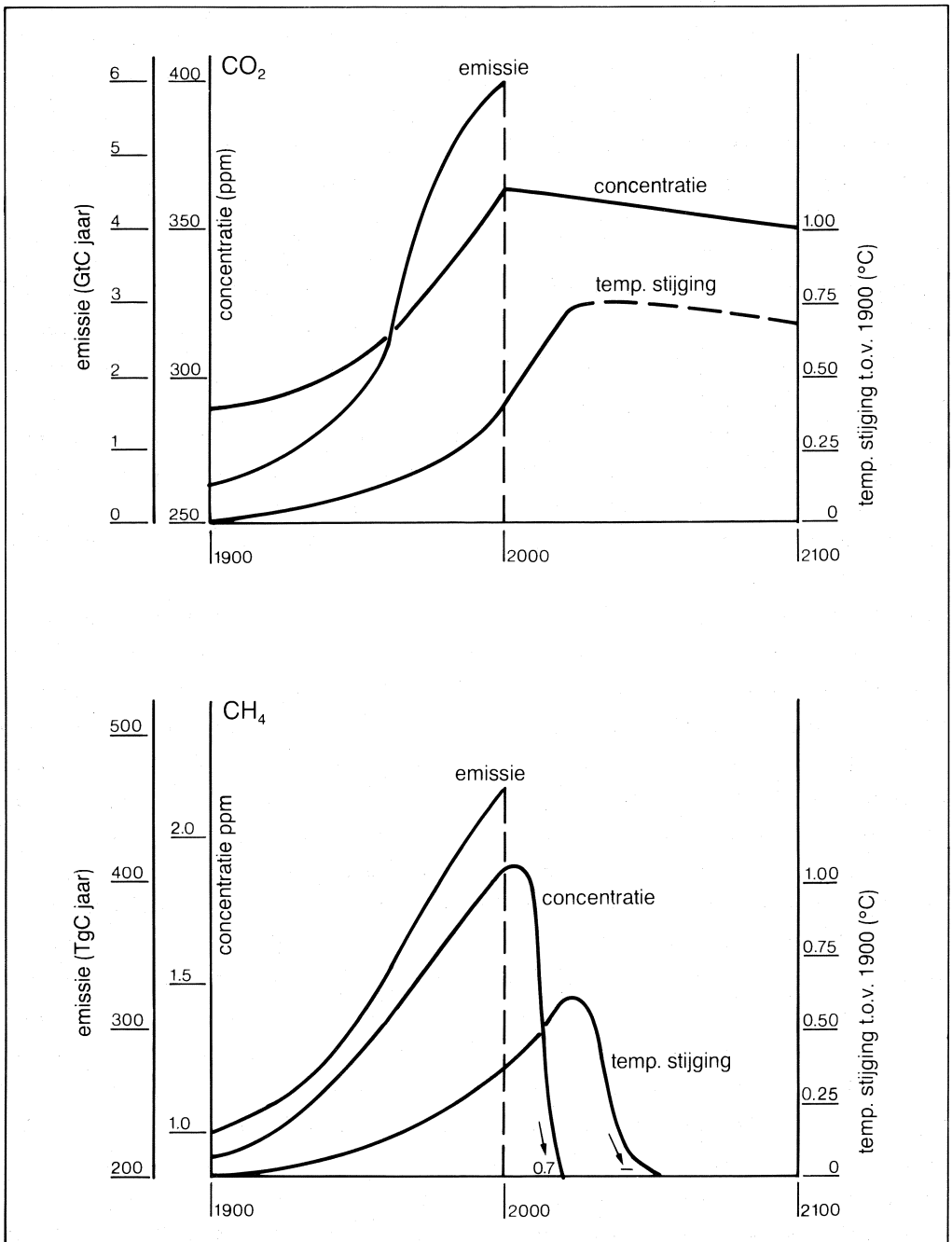


De mondiale reservoirs van koolstof in G-ton en de uitwisseling tussen de reservoirs in G-ton per jaar (bron: NASA).

daarin is 500-600 Gton dat wil zeggen beduidend meer dan in het water. Door ontbossing wordt 1-2 Gton per jaar afgevoerd naar de lucht. Dit wordt onttrokken aan het reservoir van de biota. Door verbranding van fossiele brandstoffen wordt per jaar ongeveer 5 Gton uit een reservoir met een winbare hoeveelheid van 10.000 Gton afgevoerd naar de lucht.

De tijdschalen waarop deze verstoringen zich manifesteren zijn eveneens van groot belang. De gemiddelde levensduur van ozon in de troposfeer bedraagt enkele maanden. Voor methaan is dit ongeveer 10 jaar terwijl de gemiddelde levensduur van CFK's en NO_2 respectievelijk 100 en 170 jaar is. Deze levensduren worden bepaald door het tempo waarin afbraakprocessen verlopen. Koolstofdioxide wordt niet afgebroken maar wordt alleen zeer langzaam uitgewisseld met de oceanen en het landoppervlak. Dit betekent dat, door deze gassen en vooral CO_2 , veroorzaakte temperatuurveranderingen een zeer lange na-ijlgingstijd vertonen. Een directe beëindiging van de CO_2 emissies in het jaar 2000 leidt daarom slechts tot een langzame daling van de concentraties in de atmosfeer en vermindering van de temperatuurstijging. Voor methaan is na beëindiging van de emissies na ongeveer een halve eeuw

de daardoor veroorzaakte temperatuurstijging verdwenen. In welk tempo de aangetaste ozonlaag zich zal herstellen na beperking of beëindiging van de daarvoor verantwoordelijke emissies is thans moeilijk aan te geven.



Herstelsnelheden in de broeikasproblematiek: effecten van de beëindiging van de antropogene emissies van CO₂ en CH₄ in 2000 op de concentratie en de temperatuurstijging. (bron: RIVM)

Effecten op de biosfeer

De biosfeer - al het levende op aarde - kan niet beschouwd worden als louter een conglomeraat van kleinere en grotere eenheden van levende materie. Het vormt, gebaseerd op geografische karakteristieken, ingewikkelde patronen die op complexe wijze met elkaar samenhangen. Het patroon van de componenten wordt bepaald door de klimatologische en geomorfologische omstandigheden op aarde. De snelheid waarmee verschuivingen optreden van de componenten van de biosfeer ten opzichte van elkaar en van de geografische ligging, wordt vooral gestuurd door het tempo waarin zich de natuurlijke klimatologische verandering voltrekt. Deze geografische verschuivingen dwingen dan tot aanpassen van de soorten aan de nieuwe omstandigheden. Wanneer dit aanpassingsproces zich in een natuurlijk tempo voltrekt zullen de meest systemen in staat zijn deze veranderingen te doorstaan zonder verlies van soorten en met behoud van oorspronkelijke functies. Bij een te hoge snelheid van verandering zullen de evolutionaire processen voor structuur- en functieaanpassingen niet door alle soorten gevolgd kunnen worden. Het gevolg is dat soortverlies optreedt en daardoor structuur en functies in de systemen irreversibel zullen veranderen. Het aanpassings- en regeneratievermogen hangt direct af van de tijd die deze processen vragen.

Een van de meest wezenlijke verschillen van de klimaatveranderingen die door het menselijk handelen veroorzaakt worden, in vergelijking met de natuurlijke klimaatveranderingen, is de factor tijd. Waar dinosaurussen en mammoeten nog relatief een lange periode kregen (in de orde van millennia en miljoenen jaren) om zich aan te passen, moeten de componenten die nu tesamen de biosfeer vormen gigantisch veranderingen opvangen in een tijdsbestek dat slechts enkele tientallen jaren zal omvatten. Het is voorspelbaar dat dat niet zonder verlies van soorten en functies en misschien zelfs met verlies van volledige componenten zal plaats vinden. De trekvogelroutes zijn ontstaan in een langdurig evolutionair proces. De snelle wijziging van de gebieden, veroorzaakt door de klimaatveranderingen, die van belang zijn voor deze trekvogels vergen aanpassing van genetisch vastgelegde gedragspatronen in een periode van slechts enkele tientallen jaren. Het gevolg hiervan zal zijn dat het relatief zeer snel uitvallen van bijvoorbeeld pleisterplaatsen of overwinteringsgebieden tot verlies zal leiden van zeer grote populaties van trekvogels, niet alleen in aantallen per populatie maar ook in het aantal soorten. Dat heeft direct consequenties voor de systemen waar deze trekvogels deel van uit maken. Er zal zich uiteindelijk een nieuw evenwicht vormen met minder soorten, minder diversiteit van functies en dus meer kwetsbaar voor nieuwe calamiteiten.

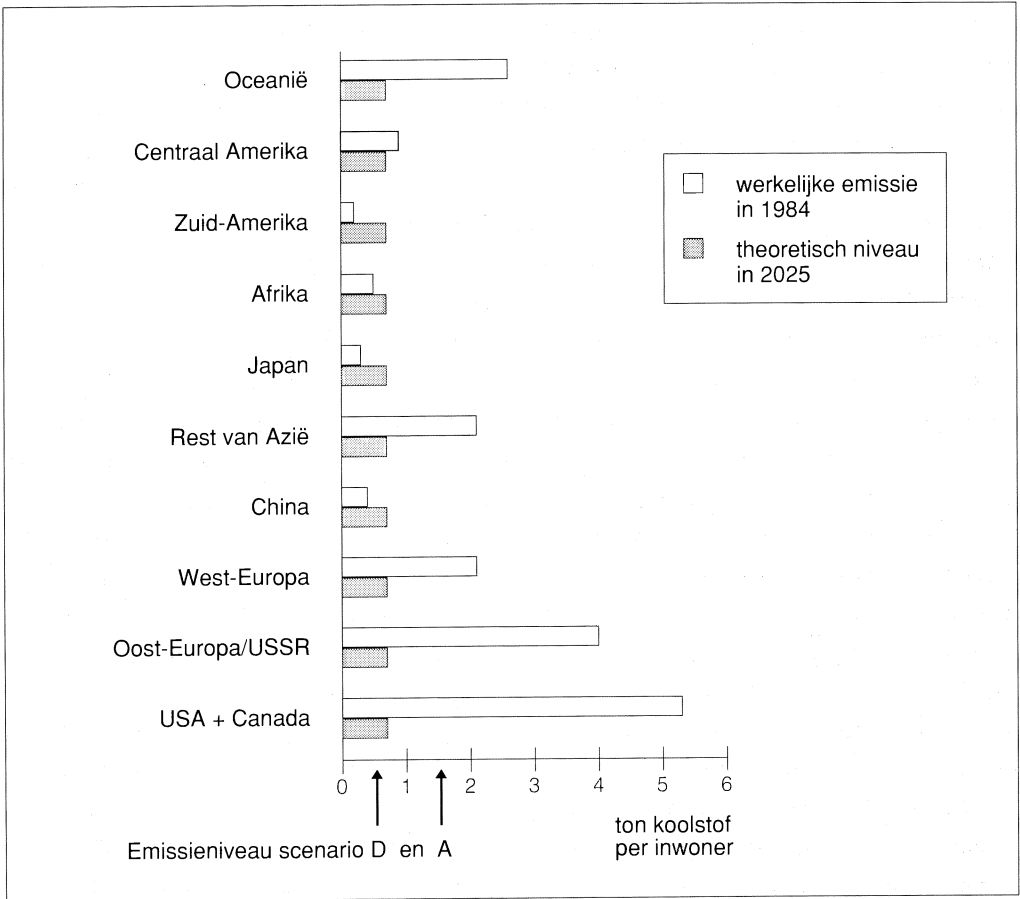
Het verlies van componenten van de biosfeer zoals bijvoorbeeld het verlies van wetlands en kustgebieden leidt tot ingrijpende en niet goed voorspelbare veranderingen in de daarvan afhankelijke biota. Het is echter duidelijk dat verarming zal optreden van de verscheidenheid aan componenten en de functies van de componenten. Daarnaast zal door de snelle wijzigingen in de componenten een groot verlies optreden aan soorten. De consequentie van deze verarming is het destabiliseren van de processen, zowel in mondiale zin tussen de componenten als in continentale en regionale zin binnen de componenten. Dit leidt tot grote onzekerheden in het functioneren van de componenten en de biotische elementen en een toenemende kwetsbaarheid van de systemen voor andere vormen van stress, zowel natuurlijke als antropogene. In de tweede plaats leidt het verlies van biotische elementen tot een verkleining van het genenreservoir. Dat betekent voor de gehele biosfeer een toenemende kwetsbaarheid voor veranderingen. Daarbij zullen die biotische elementen van de biosfeer het meest te lijden krijgen die afhankelijk zijn van meerdere van elkaar verschillende componenten van die biosfeer. Men denke aan trekvogels, migrerende vissen, walvissen en andere trekkende organismen. De systemen waar deze deel van uit maken zullen als gevolg daarvan eveneens destabiliseren en onherstelbaar veranderen.

De gevolgen van de veranderde stralingspatronen, (de toename van UV-B) zullen leiden tot beschadiging van organen (met name de ogen) en verhoogde frequentie van mutanten. Voorspelbaar is dat de beschadigingen indien zij zich op grote schaal zullen voordoen, in eerste instantie zullen leiden tot onmiddellijke veranderingen in de gedragpatronen van de getroffen organismen en in tweede instantie tot wijzigingen in voedselwebstructuren. Dit zal voorspelbaar leiden tot het verdwijnen van soorten en verarming van biotische elementen in de biosfeer. Hierdoor ontstaat een destabiliserend effect op de ecosystemen binnen de componenten en uiteindelijk op de functies van de componenten in het raamwerk van de biosfeer zelf. In een periode van enige tientallen jaren zullen dat tientallen soorten en functies zijn. Bovendien zullen het van de landdieren vooral de opvallende soorten zijn die het slachtoffer zullen zijn van deze milieuproblemen.

Antropogene beïnvloeding

Theoretisch kan een verdeling van emissies van koolstof over de wereld worden vastgesteld die leidt tot het realiseren van een scenario met een duurzamer karakter. De temperatuurstijging blijft in het jaar 2100 dan beperkt tot 1,5°C à 4,5°C. In zo'n geval mag per hoofd van de wereldbevolking 0,6 ton koolstof per jaar geëmitteerd worden. Dan zijn in

de geïndustrialiseerde wereld grote emissiereducties nodig. In Nederland is de huidige emissie 2,6 ton koolstof per inwoner per jaar hetgeen een emissiereductie van bijna 80% betekent. Zo'n reductie kan grote maatschappelijke gevolgen hebben, te meer daar nog allerm minst duidelijk is hoe deze te bereiken is.



Theoretische verdeling van de totale koolstofemissie van 5,2 GtC (niveau 1984) naar gelijke emissies per hoofd van de wereldbevolking in 2025. (bron: RIVM)

De bij het protocol van Montreal vastgestelde maatregelen moeten ertoe leiden dat de CFK-emissies in de wereld dalen tot 75% van het niveau in 1986. Extra maatregelen zouden uiteindelijk tot een volledige beëindiging van CFK-emissies in 2050 moet leiden via een reductie tot 15% in het jaar 2000. Ook andere vluchtige gehalogeneerde organische koolwaterstoffen kunnen bijdragen aan de aantasting van de ozonlaag zoals dichloormethaan. In Nederland worden per jaar ongeveer 1,3 mln. ton gehalogeneerde

koolwaterstoffen geproduceerd. Ongeveer 0,75 mln. ton daarvan zijn tussenprodukten voor de bereiding van andere gehalogeneerde koolwaterstoffen en wel in het bijzonder vinylchloride. Wanneer deze tussenprodukten buiten beschouwing blijven dan resteert een produktie van 550 ton per jaar. Het feitelijke verbruik in Nederland ligt in dezelfde orde van grootte. Hiervan wordt 90% omgezet in al dan niet gehalogeneerde polymeren of niet halogeenhoudende verbindingen. Ongeveer 50.000 ton per jaar vindt zijn weg in verbruikstoepassingen die rechtstreeks het milieu kunnen belasten. Hiervan behoort ca. 20% tot de CFK's.

De belangrijkste toepassingen zijn oplosmiddel in diverse gebruiksvormen, drijfgassen, blaasmiddel voor kunststoffen en bestrijdingsmiddelen. Wat betreft het gebruik van CFK's en dichloormethaan zijn in de EEG de volgende ontwikkelingen gaande. Het verbruik van CFK-11 en CFK-12 is sinds 1976 gedaald van 245.000 ton naar 218.000 ton. Het verbruik van CFK-113 en CFK-114 is daarentegen gestegen van 17.500 ton naar 39.000 ton. Het gebruik van CFK's als drijfgas voor spuitbussen bestemd voor de Nederlandse markt is de laatste jaren teruggebracht tot ongeveer 10% van de spuitbussen. Het belangrijkste drijfgas is thans propaan/butaan (ca. 75%) terwijl dimethylether in opkomst is (ca. 15%). Er wordt gewerkt aan de ontwikkeling van andere milieuvriendelijke drijfgassen die niet brandbaar zijn. Ook vindt onderzoek plaats naar vervangende blaasmiddelen voor het schuimen van kunststoffen en bestrijding van de emissies bij dit proces.

Dichloormethaan is reeds vervangen door het minder toxische ethylchloride in een mengsel met CFK's als blaasmiddel voor kunststofschuim en door een niet halogeenhoudend oplosmiddel bij de bereiding van smeerolie en paraffine.

In de textielindustrie is door intern hergebruik de emissie van dichloormethaan met 90-95% gereduceerd. Deze positieve ontwikkelingen zullen met kracht gestimuleerd moeten worden om de geformuleerde reducties te bereiken.

Literatuur mondiale milieuproblemen

Bolin, B., B.R.Døss, J.W.Jaeger and R.A.Warrick (eds.) 1986
The greenhouse effect, climate change and ecosystems. SCOPE 29.
Wiley and Sons, Shichester

Boois, H. de and J.Kwadijk, 1988
European Workshop on Interrelated Bioclimatic and Land Use Changes. Final report, including statement of findings and recommendations.
RIVM, Bilthoven.

Boois, H. de, J.Rotmans en R.J.Swart, 1988
Stand van zaken en perspectieven van de broeikasproblematiek.
RIVM, rapport 758471001, Bilthoven.

Chen R.S. and M.L.Parry (eds.), 1987
Climate impacts and public policy.
International Institute for Applied Systems Analysis. Laxenburg, Austria.

Coordinating Committee on the Ozone Layer, 1987
Report of the eight session.
UNEP, Nairobi.

Coordinating Committee on the Ozone Layer, 1987
Effects of stratospheric modification and climate change.
Draft report, November 19-21 1986.

Gerritsen A.J., 1987
De koolstofkringloop in de troposfeer.
SCMO-TNO.

Gezondheidsraad, 1983
Eerste advies inzake de CO₂-problematiek.
Staatsuitgeverij, Den Haag.

Gezondheidsraad, 1986
Tweede advies inzake de CO₂-problematiek.
Staatsuitgeverij, Den Haag.

Mintzer I.M., 1987
A matter of degrees: the potential for controlling the greenhouse effect.
World Resources Institute, Research Report 5.

NASA, 1988
From Pattern to Process; The Strategy of the Earth Observing System EOS
Science Steering Committee report; Volume II.

4 Continentale milieuproblemen in Europa

4.1 Probleemschets

Het Europese continent is de bakermat van de westerse beschaving. Het gematigde klimaat en de over het algemeen vruchtbare bodem vormden gunstige omstandigheden die een hoge bevolkingsconcentratie en het ontstaan van gespecialiseerde ambachten en handelssteden mogelijk maakten. Het betekent echter ook dat het milieu in Europa al vele eeuwen beïnvloed wordt door mensen. De relatief hoge bevolkingsdruk en de hoge veebezetting hebben in grote delen van ons continent geleid tot het verdwijnen van natuurlijke ecosystemen, tot uitputting van de bodem en tot erosie.

In Europa begon twee eeuwen geleden de industriële revolutie.

Vooraf na de tweede wereldoorlog heeft een aanzienlijke groei plaatsgevonden van zware industrieën, zoals de chemie en de metaalindustrie. Overal in Europa ontstonden rond steden industriecentra. Aanvankelijk werd alleen de plaatselijke hinder daarvan bestreden, bijvoorbeeld door hogere schoorstenen. Veel bijproducten hadden echter een dusdanig lange levensduur dat zij zich over het gehele continent konden verspreiden. Daarbij moet in de eerste plaats gedacht worden aan verspreiding via de lucht. Via de luchtstromingen kunnen sommige stoffen over duizenden kilometers worden meegevoerd, alvorens zij op de bodem terecht komen. Echter, niet alleen de bodem wordt belast door verontreinigingen. Via depositie vanuit de lucht en afvoer van (afval)water vanuit de diverse stroomgebieden raken ook de randzeeën, de Atlantische Oceaan en de Noordelijke Ijszee vervuild. De zee- en oceaانبodems vormen uiteindelijk een vergaarbak van niet of slecht afbreekbare afvalproducten van het Europese continent.

De vroege industrialisatie van Europa leidde er ook toe dat de Europese grondstofbronnen het eerst uitgeput raakten. Er is daardoor een toenemende afhankelijkheid ontstaan van de import vanuit andere werelddelen. Wat betreft de energievoorziening is na de energiecrisis en de olieboycot het exploiteren van minder toegankelijke energiebronnen (bijv. in diepere lagen en onder de zeebodem) geïntensiveerd. Ook wordt steeds meer overgeschakeld

op het gebruik van kernenergie en is men (zij het in beperkte mate) de mogelijkheden gaan onderzoeken voor het gebruik van duurzame energiebronnen, zoals waterkracht en getijdenwerking. De continentale risico's van het grote aantal kerncentrales in Europa kwamen tot uiting in Tsjernobyl in 1986.

In veel opzichten is de milieubelasting in Europa het hoogst in vergelijking met andere continenten.

Milieubelastingsfactoren van een aantal landen in dichtheid per km².

	Energieverbruik (ton olie- equivalent)	bevolking	transport (aantal auto's)	industriële productie (\$ 1000)	vee
U.S.A.	81	23	12	42	12
JAPAN	892	298	47	446	30
NW. ZEELAND	38	11	4	5	226
BELGIE	1348	321	84	593	248
FRANKRIJK	307	97	28	174	84
NEDERLAND	1595	334	92	568	334
U.K.	833	229	59	229	169
W.DUITSLAND	986	248	72	713	145

Bron: DGM

De hoge bevolkingsdruk wordt er gecombineerd met een aanzienlijke veestapel, een beperkt oppervlak aan natuurlijke ecosystemen, een hoog energieverbruik, een hoog autobezit en een hoge afvalproductie. Op het continent Europa zijn de concentraties van fotochemische stoffen en ozon in de lucht het hoogst. Op langere termijn wordt de algemene milieukwaliteit in Europa enerzijds bepaald door mogelijke klimaatveranderingen en anderzijds door de al dan niet voortgaande trend in de belasting met stoffen, die zich via de lucht over het gehele continent verspreiden. Dit zijn de bedreigingen voor een duurzame ontwikkeling op het Europese continent. Duurzame ontwikkeling zou er onder meer toe moeten leiden dat in Europa een vitaal bosbestand kan worden gerealiseerd, een normale visstand in de Noord-Europese meren en zeeën kan terugkeren, en algemene vormen van landbouw normaal kunnen worden bedreven.

De schade aan de Europese bossen wordt waarschijnlijk veroorzaakt door verschillende factoren. Luchtverontreiniging is er één van maar ook droogte, vorst, wind, tekort aan nutriënten en vergiftiging door metalen

veroorzaakt door verzuring en verzadiging met nutriënten, spelen een rol. De doorwerking van al deze factoren in de onderlinge samenhang op de vitaliteit van de bossen is nog nauwelijks bekend. Schade aan de bossen is reeds aan het einde van de vorige eeuw in Duitsland geconstateerd. Toen werd ook een relatie gelegd met de luchtverontreiniging. Het onderkennen van het verzuringsprobleem heeft ertoe geleid dat in veel Europese landen in de afgelopen jaren gegevens over bosschade zijn verzameld.

In het kader van de UN-ECE en de UNEP is een vergelijkend onderzoek gehouden naar de toestand van de Europese bossen. Dit onderzoek is gebaseerd op de resultaten van inventarisaties zoals die door de afzonderlijke landen worden uitgevoerd. De vergelijkbaarheid van de resultaten per land is niet erg groot. Dit komt door verschillen in methoden en doordat niet altijd representatieve steekproeven van het totale bosbestand zijn genomen. Desondanks kan geconstateerd worden dat Nederland bij de landen behoort met het hoogste percentage aangetaste naaldbomen. Het percentage nog vitale naaldbomen is ongeveer 40%. Voor loofbomen is de situatie gunstiger doch het beeld is minder duidelijk dan voor naaldbomen.

4.2 Ozon op leefniveau

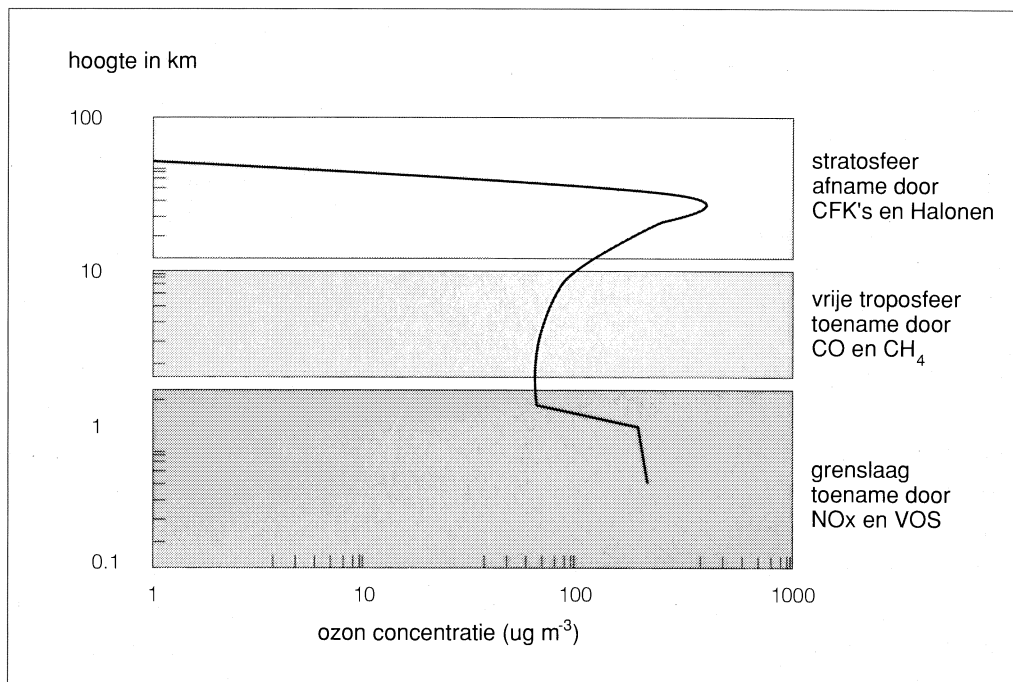
Probleemschets

Ozon (O_3) is een zeer reactief gas en wordt beschouwd als één van de krachtigste oxidatoren. Deze eigenschappen hebben tot gevolg dat ozon in bodem en water snel reageert en daar geen rol van betekenis speelt.

Primaire emissie van ozon, van natuurlijke of antropogene aard, vindt nauwelijks plaats. Ozon is een secundaire luchtverontreinigingscomponent die in de atmosfeer gevormd wordt. In de ozonproductie spelen, afhankelijk van de hoogte, verschillende processen een rol.

In de lagere troposfeer (de grenslaag, tot een hoogte van ca. 3 km) wordt ozon gevormd uit vluchtige organische stoffen (VOS) en stikstofdioxiden (NO_x) onder invloed van zonlicht. In deze grenslaag wordt ozon verwijderd door depositie op het aardoppervlak. In de vrije troposfeer (van 3 tot 11 km hoogte) ontstaat ozon bij de oxidatie van methaan (CH_4) en koolstofmonoxide (CO). Op grotere hoogte (stratosfeer, 20-40 km hoogte) bevindt zich de ozonlaag. Hier wordt ozon onder invloed van zonlicht gevormd uit zuurstof. In de stratosfeer vindt thans een versnelde afbraak van ozon plaats onder invloed van onder meer chloor-fluorkoolwaterstoffen en halonen. Dit probleem is reeds in hoofdstuk 3 behandeld. De vorming van ozon in de vrije troposfeer door oxidatie van koolstofmonoxide en methaan vindt plaats op

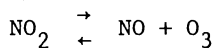
tijdschalen van maanden tot jaren. Meteorologische processen die leiden tot menging op de schaal van een halfrond hebben een tijdschaal in de orde van enkele weken. De vorming van ozon is sterk afhankelijk van de (antropogene) emissies van stikstofoxiden. In NO-rijke lucht leidt de oxidatie van methaan tot een produktie van ozon, hetgeen op grote delen van het noordelijk halfrond het geval. In NO-arme lucht vindt daarentegen afbraak van ozon plaats. De ozonconcentratie in de vrije troposfeer is sterk bepalend voor de groeiseizoen gemiddelde concentratie op leefniveau doordat inmenging naar dit niveau optreedt.



Schematische opbouw van de atmosfeer, de daarbij behorende verdeling van ozon en de vorming- en afbraakprocessen die een rol spelen. (bron: RIVM)

In de grenslaag zijn vluchtige organische stoffen en stikstofoxiden grotendeels afkomstig van antropogene emissies. De vorming van ozon door oxidatie van deze stoffen vindt plaats op een tijdschaal van uren tot een week.

De stikstofoxiden spelen een dubbelrol in de fotochemische oxidantvorming. In lage concentraties werkt NO_x versnellend, in hoge concentraties daarentegen vertragend op het fotochemische oxidatie proces. De ozonconcentratie is sterk gekoppeld met de NO_x-concentratie door het fotostationaire evenwicht:



Bij een toenemende NO-concentratie, bijvoorbeeld door emissie, zal de ozonconcentratie afnemen. Door fotolyse van het gevormde NO₂ kan echter opnieuw ozon gevormd worden. Naast de reactie met NO kan ozon in de grenslaag omgezet worden door diverse andere stoffen. Het belangrijkste verwijderingsproces in de grenslaag is droge depositie. Piekwaarden van ozon ontstaan tijdens episoden van enkele dagen over gebieden ter grootte van West Europa. De piekwaarden worden grotendeels bepaald door processen die zich afspelen in de grenslaag.

De mate waarin UV-B straling afkomstig van de zon geabsorbeerd wordt is afhankelijk van de totale hoeveelheid ozon in de atmosfeer. In de troposfeer, tot een hoogte van 12 km, bevindt zich minder dan 20% van de totale hoeveelheid atmosferisch ozon. Processen die zich in de stratosfeer afspelen zullen daarom sterk bepalend zijn voor de intensiteit van UV-B straling op grondniveau.

Voor de directe effecten aan levend en dood materiaal is de ozonconcentratie op leefniveau van belang. De processen die een rol spelen in de vorming van ozon in de troposfeer en grenslaag zijn hier de bepalende factor.

Met betrekking tot het risico voor de mens worden effecten op de ademhalingswegen (verminderde longfunctie, verhoogde gevoeligheid voor luchtweginfecties) het meest belangrijk geacht. Bij gewassen en enkele gevoelige natuurlijke vegetaties leidt blootstelling aan ozon tot bladbeschadiging en vermindering van produktie. Ten aanzien van materialen treedt bij de gebruiksartikelen veelal geen schade op. Voor veel materialen geldt dat door getroffen preventieve maatregelen (het toevoegen van anti-oxidantia) de materialen voldoende resistent zijn of dat de gebruiksduur relatief kort is ten gevolge van slijtage in onder andere het gebruik. De blootstellingstijd van kunstvoorwerpen is echter dusdanig lang dat beschadiging kan optreden.

Met betrekking tot de piekconcentraties van ozon wordt, overeenkomstig de ontwerp grenswaarde, een referentieniveau van 240 $\mu\text{g m}^{-3}$ gehanteerd. Het betreft hier uurgemiddelde niveaus die op niet meer dan 5 dagen per jaar mogen worden overschreden.

Met betrekking tot het risico voor de mens wordt het wenselijk geacht een advieswaarde met een langere middelingstijd (8 uur) te hanteren. Deze referentiewaarde voor piekconcentraties wordt geacht te liggen bij een maximale 8-uurs concentratie van 160 $\mu\text{g m}^{-3}$ zijnde het niveau waarop in epidemiologisch onderzoek effecten waarneembaar zijn. In het basisdocument ozon wordt, rekening houdend met een veiligheidsfactor 1,5, een advieswaarde van 110 $\mu\text{g m}^{-3}$ voorgesteld.

Met betrekking tot de directe blootstelling van natuurlijke vegetatie en cultuurgewassen geldt voor ozon dat de schade veroorzakende processen bij hoge piekconcentraties andere zijn dan bij langdurige lagere concentraties. Naar het zich laat aanzien kunnen de meest ernstige effecten van ozon op natuurlijke vegetatie worden voorkomen bij een groeiseizoen, overdag gemiddelde concentratie (mei tot en met september, 10-17 uur) van ca. $100 \mu\text{g m}^{-3}$. Effecten op gevoelige vegetatie kunnen vermeden worden bij een grenswaarde van $50 \mu\text{g m}^{-3}$ (Slooff et al, 1987).

Huidige situatie

De ozonconcentratie zoals die in Nederland wordt waargenomen, wordt in zeer belangrijke mate veroorzaakt door emissies in geheel Europa. Daarnaast zijn mondiale emissies medebepalend voor het niveau van de seizoensgemiddelde concentraties. De onzekerheden in antropogene en met name natuurlijke bijdragen is groot.

Mondiale emissies van ozonconcentraties bepalende gassen (Mton per jaar), de Europese antropogene emissies zijn tussen haakjes gegeven (Isaksen en Hov, 1987)

	antropogeen	natuurlijk	totaal
NO _x	20 (7)	11.8*	32
CO	640 (230)	800	1440
CH ₄	200 (70)	250	410
VOS	90 (32)	420**	510

* waarvan 2.8 Mton t.g.v. bliksem

** waarvan 340 Mton isopreen afkomstig van naald- en loofbossen

De bronnen van CO worden gevormd door de oxidatie van methaan en VOS in de atmosfeer, verbranding van fossiele brandstoffen en ontbossing. Methaan-emissies zijn afkomstig van fossiele brandstoffen, herkauwers, rijstvelden, moerassen en de verbranding van biomassa.

De belangrijkste antropogene bronnen van VOS in West-Europa vormen het verkeer en de industrie. NO_x wordt met name geëmitteerd door het verkeer en de grote vuurhaarden.

De jaarlijkse VOS-emissie in Nederland bedroeg 479 kton in 1985. Belangrijke bijdragen zijn afkomstig van het wegverkeer en de industrie.

Antropogene emissie van VOS en NO_x in 1980 in enige West-Europese landen (kton per jaar)

	VOS	NO _x
Nederland	509	549
Groot Brittannie	1625	1916
België	289	442
Luxemburg	-	35
West-Duitsland	1751	3100
Denemarken	132	253
Oostenrijk	118	130
Frankrijk	816	1867
Noorwegen	103	106
Zweden	254	265

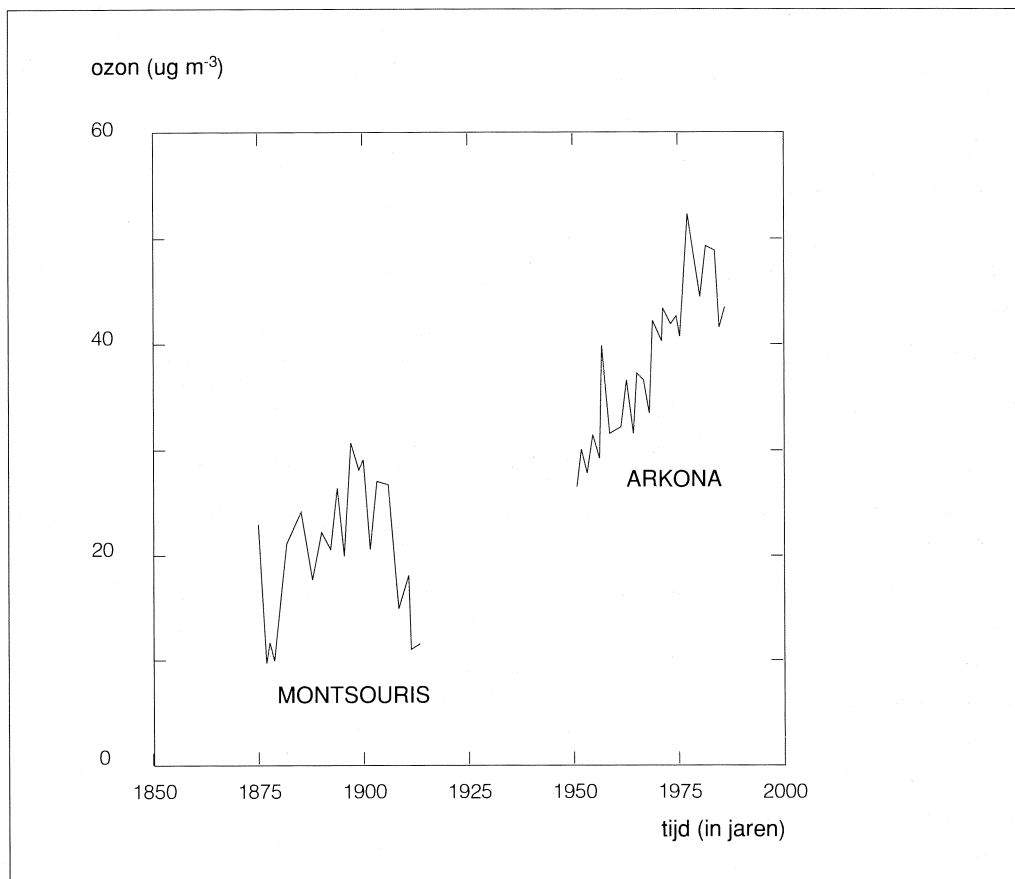
Emissie van VOS uit bronnen in Nederland in 1980 en 1985 (kton).

sector	1980	1985
wegverkeer	222	194
overig verkeer	8	8
grote industrie	130	118
kleine bedrijven	83	80
verbrandingsemissies	11	10
huishoudens	31	32
landbouw	24	24
natuur	14	14
totaal	523	480

Historische metingen van ozonconcentraties op leefniveau zijn beschikbaar voor het observatorium Montsouris bij Parijs voor de periode 1875-1908. De gemiddelde ozonconcentratie gedurende deze periode was $22 \mu\text{g m}^{-3}$ met een jaarlijkse variatie tussen 10 en $30 \mu\text{g m}^{-3}$.

Van recentere datum is de meetreeks in Arkona (DDR). De metingen vertonen tussen 1956 en 1979 een toename in ozon van ca. 2,2% per jaar. Het gemiddelde niveau in Arkona ligt gedurende de laatste 30 jaar rond $42 \mu\text{g}$

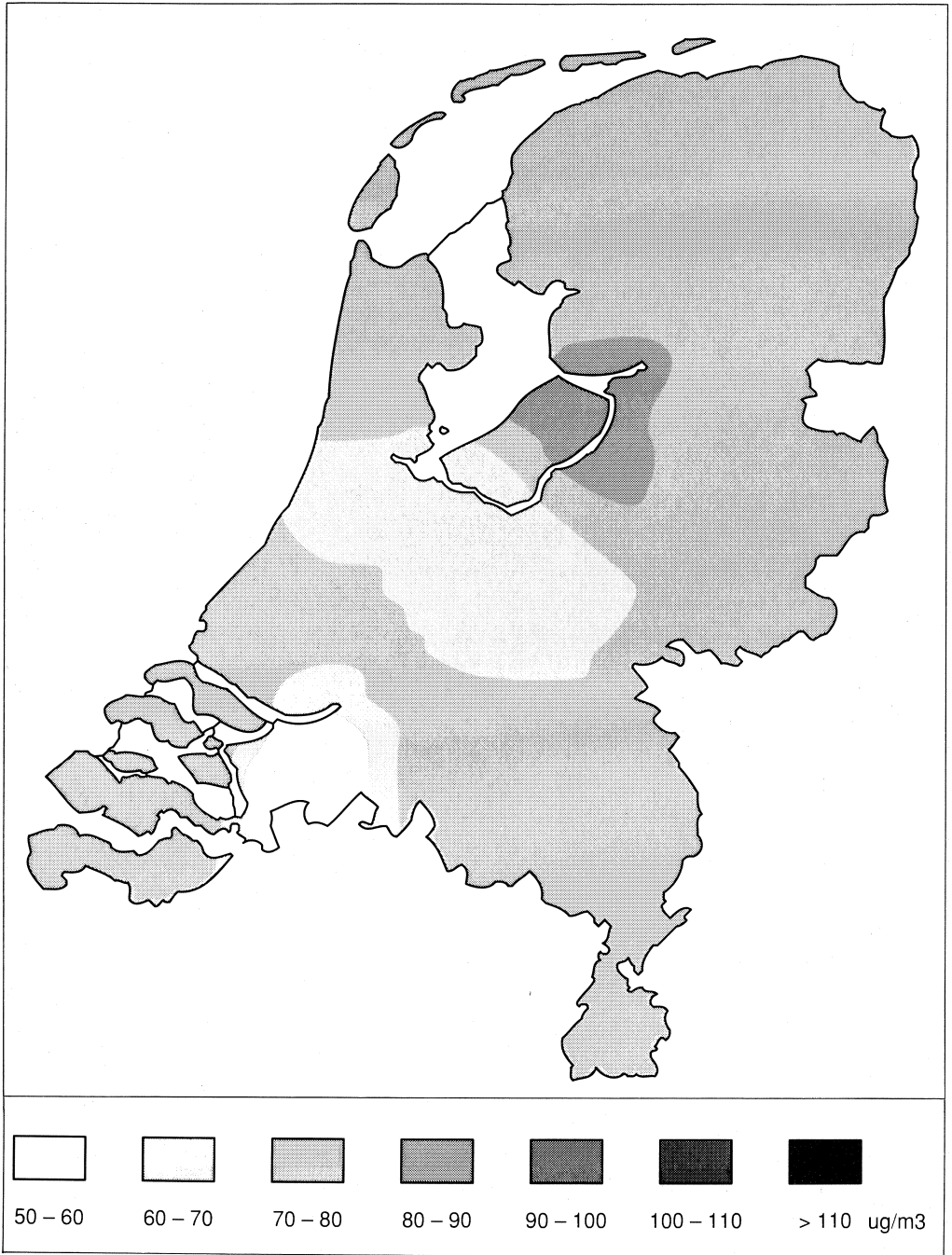
m^{-3} , dat wil zeggen ongeveer 100% hoger dan de waarnemingen in Montsouris, eind 19-de eeuw. De huidige metingen in Europa en Noord-Amerika zijn in overeenstemming met de metingen in Arkona. Hoewel conclusies slechts tentatief kunnen zijn gezien de verschillen in meetlocatie en meetmethoden, zijn er duidelijke aanwijzingen dat de ozonconcentratie op leefniveau de laatste honderd jaar verdubbeld is.



Ozonconcentraties in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ aan het eind van de vorige eeuw te Montsouris bij Parijs en sinds de vijftiger jaren te Arkona (DDR). (bron: RIVM)

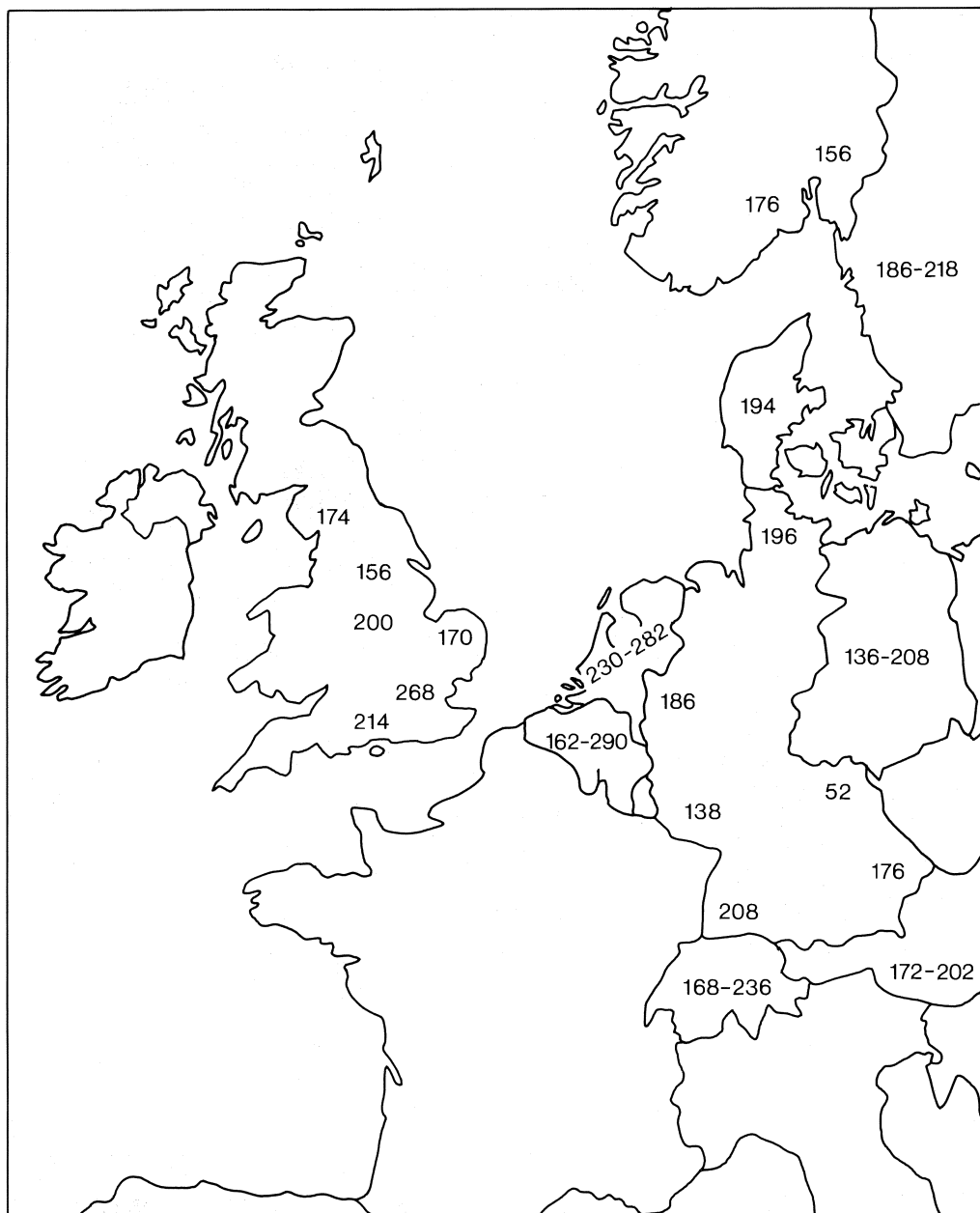
Op leefniveau vertoont de ozonconcentratie zowel een sterke seizoensafhankelijkheid (maximum in de zomer, lage waarden in de winter) als een sterk dagverloop (maximum waarden rond 15 uur). Daarnaast wordt een gering verloop van de ozonconcentratie over de week gevonden. Gedurende het weekend liggen de ozonconcentraties ca. 7% hoger dan tijdens de werkdagen. Dit effect moet worden toegeschreven aan verminderde NO_x -emissies tijdens het weekend waardoor er een verschuiving in het eerder beschreven fotostationaire evenwicht optreedt.

Het huidige overdag gemiddelde (10-17 uur) voor de concentratie van ozon in het groeiseizoen (mei-september) is $80\text{-}95 \mu\text{g m}^{-3}$.



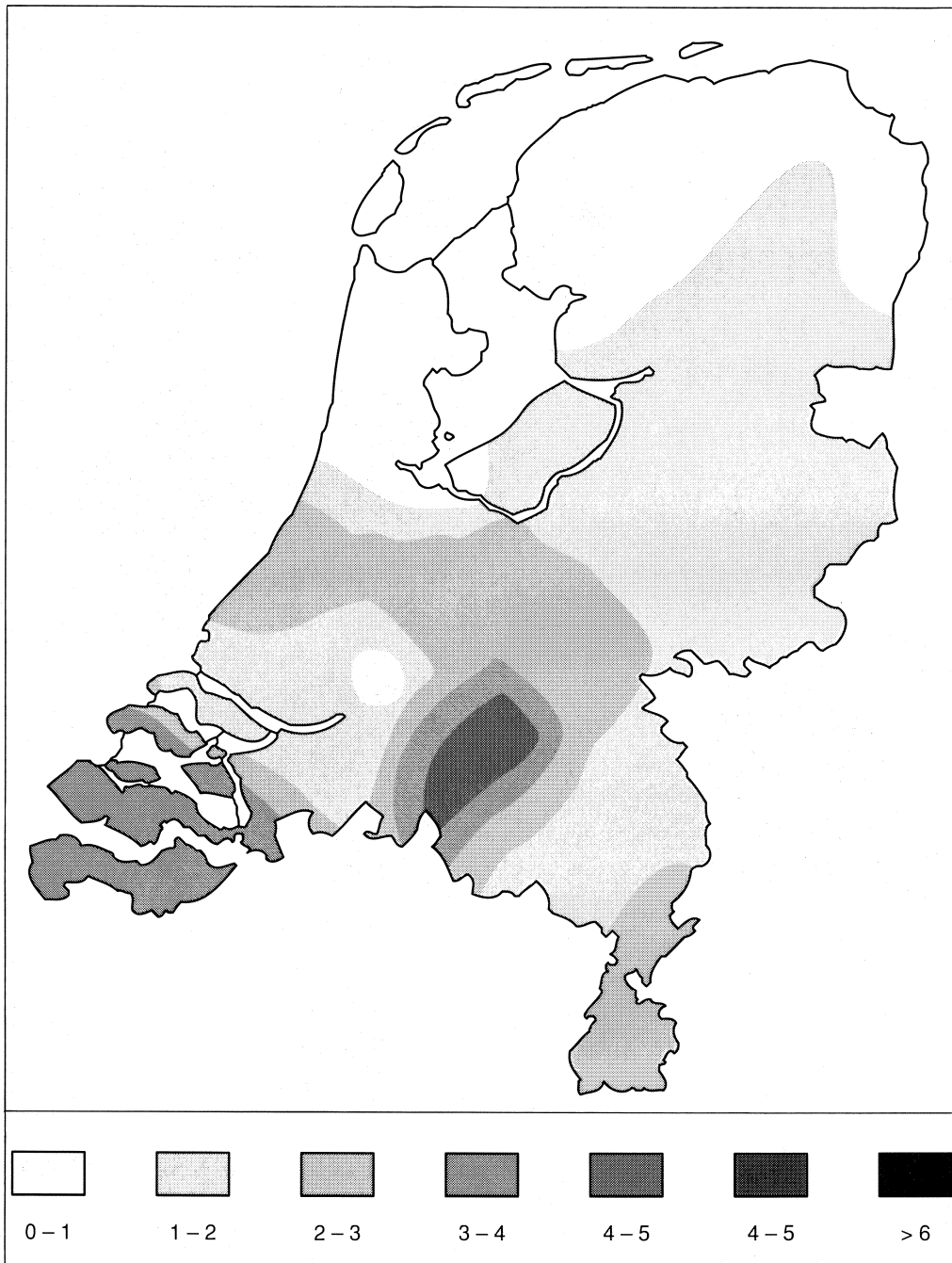
Groeiseizoengemiddelde ozonconcentraties overdag in 1986. (bron: RIVM)

's Zomers kan, onder bepaalde meteorologische omstandigheden, in grote delen van West-Europa een verhoogd niveau van fotochemische luchtverontreiniging voorkomen gedurende een periode van enkele dagen.



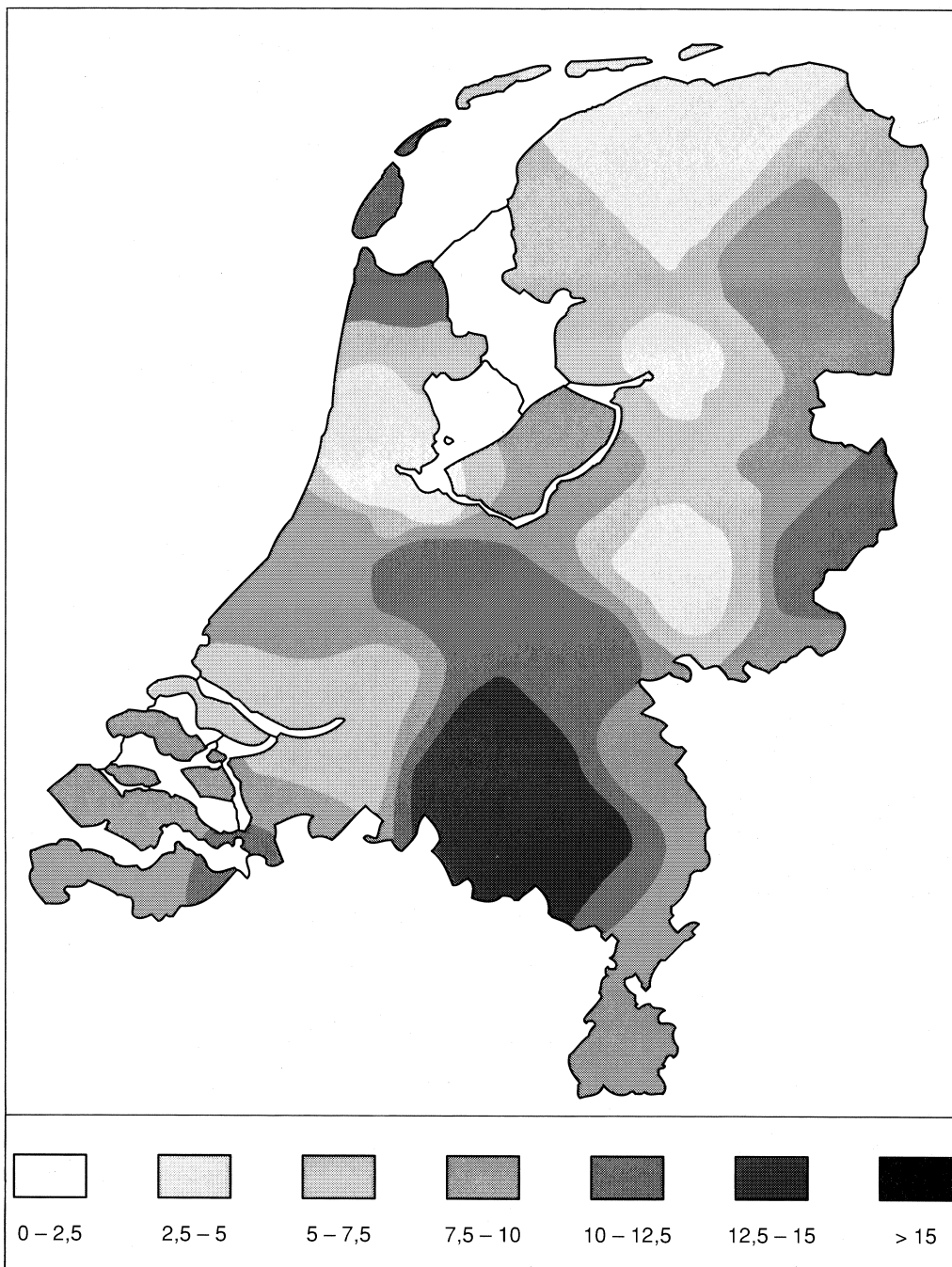
In Europa op 3 juni 1982 gemeten maximale uurgemiddelde ozon concentraties in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
(bron: RIVM)

Tijdens normale zomers wordt de ontwerpgrenswaarde van $240 \mu\text{g m}^{-3}$ op 0-2 stations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit op meer dan 5 dagen overschreden. Tijdens een zeer mooie zomer zoals 1982 wordt in vrijwel geheel Nederland de ontwerpgrenswaarde op meer dan 5 dagen overschreden. De huidige maximale uurgemiddelde concentratie is $230-430 \mu\text{g m}^{-3}$. De maximale 8-uurs concentratie is $180-260 \mu\text{g m}^{-3}$.



Aantal dagen met een 1-uurgemiddelde ozonconcentratie groter dan 240 µg/m³, gemiddeld per jaar (periode 1980-1985) (bron: RIVM)

De effecten van ozon op natuurlijke vegetatie zijn niet duidelijk te onderscheiden van de effecten veroorzaakt door zuurvormende stoffen. Door luchtverontreiniging worden de soortensamenstelling en de vitaliteit van natuurlijke ecosystemen bedreigd.



Aantal dagen met een 8-uurgemiddelde ozonconcentratie groter dan $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemiddeld per jaar (periode 1980-1985). (bron: RIVM)

Bij de teelten van peulvruchten, aardappelen, snijbloemen en voedergewassen is de oogstreductie ten gevolge van blootstelling aan ozon ongeveer 6%. Groenten en potplanten hebben in mindere mate van ozon te lijden. Voor deze

gewassen bedraagt de oogstreductie 3-5%. Het percentage oogstreductie is het hoogst in Zuid-Holland, hoofdzakelijk veroorzaakt door het hoge produktieaandeel dat geleverd wordt door de glastuinbouw en de volle grond-groenteteelten. Hoewel de ozonniveaus in kassen lager zijn dan in de buitenlucht is bij de schatting van oogstreducties hiervoor niet gecorrigeerd. Recent is namelijk gebleken dat de omgevingscondities in de kassen de planten gevoeliger voor ozon maken dan de condities buiten.

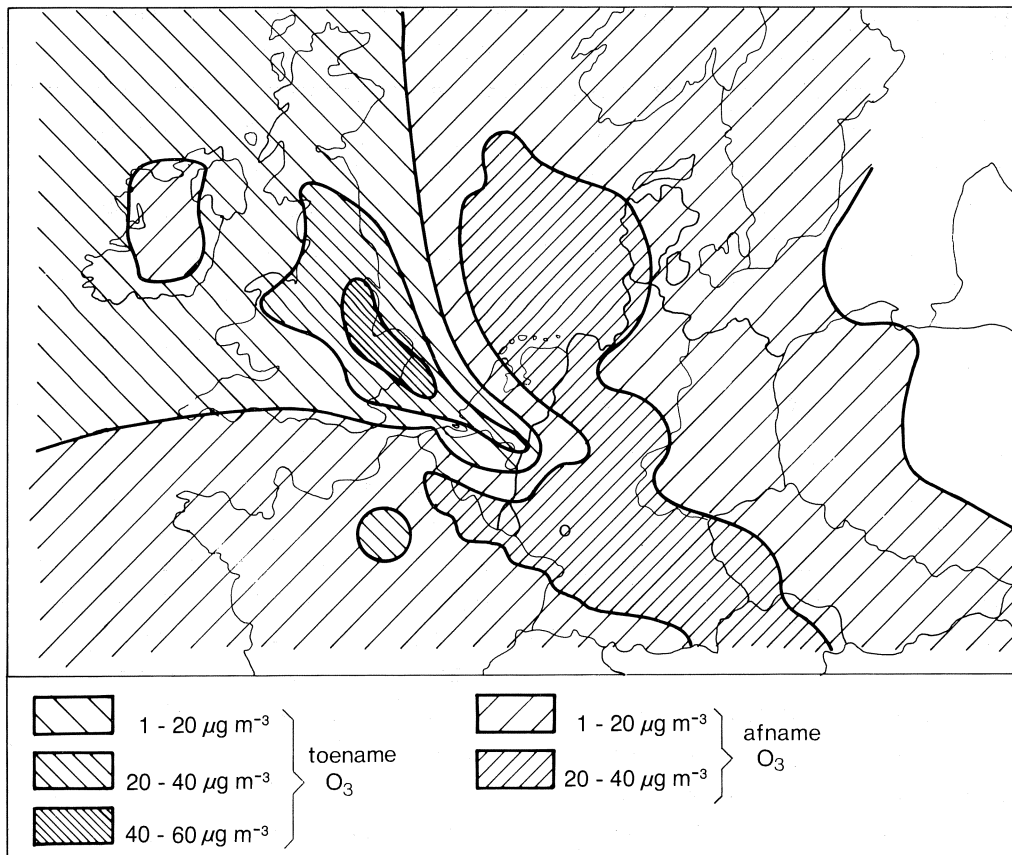
Gevoeligheidsanalyses voor toekomstige ontwikkelingen

De toekomstige ontwikkeling van de ozonconcentratie kan berekend worden met behulp van atmosferische transportmodellen. Emissie en meteorologische gegevens vormen de belangrijkste invoer voor deze modellen. In de modelstudies zijn, op een enkele uitzondering na, geen concrete emissie-scenario's doorberekend. De berekeningen zijn beperkt gebleven tot wat genoemd zou kunnen worden een gevoeligheidsanalyse waarbij in het gehele modelgebied de emissies met een vast percentage zijn veranderd. De relatieve verdeling van de emissie over de economische sectoren als ook over de geografische lokaties blijven dus hetzelfde. Op basis van de toekomstige ontwikkelingen in emissies kan nu een prognose van de ozonconcentratie gegeven worden door inter- of extrapolatie van de modelresultaten. Voor de berekening van groeiseizoen-gemiddelde concentraties en van piekconcentraties zijn verschillende typen modellen toegepast.

Piekconcentraties

Modelberekeningen van ozonconcentraties op Europese schaal zijn gerapporteerd door Bultjes et al. (1987). De gevoeligheid van het model voor emissieveranderingen is nagegaan voor een episode in juli 1980. Bij halvering van de uitworp van stikstofoxiden kan, afhankelijk van de afstand tot de brongebieden, de maximale O_3 -waarde zowel toe- als afnemen. Dichtbij bronnen vindt een toename plaats als gevolg van een verschuiving in het fotostationaire evenwicht. Op grotere afstanden wordt een afname berekend.

Halvering van koolwaterstofemissies leidt tot lagere maximale ozonconcentraties, echter ook nu varieert de reductie sterk van plaats tot plaats. Er is een aanzienlijke afname in Nederland en directe omgeving, doch vrijwel geen verandering in Scandinavië. Ook bij een gelijktijdige halvering van NO_x en koolwaterstofemissies zijn er gebieden waar een stijging in het niveau optreedt. Op Europese schaal lijkt een ondubbelzinnige verbetering er bij deze bestrijdingsvariant niet in te zitten.



Berekende veranderingen van de piek concentraties van ozon voor een episode in juli 1980 bij een halvering van de uitworp van stikstofoxiden. (bron: Bultjes)

Van den Hout et al. (1985) hebben de invloed van Europese en Nederlandse emissie op de piekconcentraties aan ozon in Nederland onderzocht. Uit dit onderzoek blijkt dat de emissieveranderingen op Nederlandse schaal slechts geringe veranderingen geven in de ozon-maxima (minder dan 10%). Dezelfde veranderingen op Europese schaal hebben een ongeveer vijfmaal zo groot effect op de ozon maxima. Wanneer alle antropogene emissies in Europa worden vermeden wordt een reductie van de ozon piekconcentraties met een factor drie berekend. Dit resultaat is echter weinig betrouwbaar, deels door onzekerheden in natuurlijke emissies, deels door onzekerheden in de atmosferisch-chemische processen.

Door verschillen in de gesimuleerde periode, receptorgebieden en emissie inventarisatie zijn de resultaten van de fotochemische modellen onderling moeilijk te vergelijken. Uit de episode-modellering komt wel het volgende, kwalitatieve, beeld naar voren:

- Episoden met verhoogde ozonconcentraties hebben een grootschalig karakter; lokale emissies geven slechts een geringe bijdrage aan de maximale ozonniveaus.
- Een reductie van Europese koolwaterstofemissies leidt in alle gevallen tot een verlaging van de maximale O₃-waarden. Op korte afstanden tot de bron-gebieden leidt een reductie van x% tot een verlaging van ozonmaxima van ca. 1/2 x%. Op grote afstanden is de verlaging sterk afhankelijk van de actuele meteorologie.
- Een reductie in NO_x-emissies kan zowel een toename als een afname in O₃-maxima tot gevolg hebben. Een reductie van de Europese NO_x-emissie van enkele tientallen procenten beïnvloedt de ozonpieken in Nederland nauwelijks en werkt dichtbij de bronnen verhogend op de ozonconcentratie. Bij een gelijktijdige reductie van koolwaterstofemissies kan deze toename in ozonconcentratie sterk beperkt worden.

Relatieve verandering (in %) in ozonconcentratie op 250 m en 3250 m hoogte, gemiddeld tussen 45° en 55° NB als gevolg van emissiereducties op mondiale en Europese schaal, berekend met een twee-dimensionaal troposferisch model (Isaksen-model).

scenario	jaargemiddeld	mei-sept.	mei-sept
	250 m	250 m	3250 m
basissituatie ($\mu\text{g m}^{-3}$)	91	104	159
<u>mondiale schaal</u>			
50% toename VOS	+5	+4	+1
50% reductie VOS	-16	-15	-8
50% reductie NO _x	-11	-12	-11
50% reductie NO _x , VOS	-16	-17	-13
70% reductie NO _x	-20	-22	-18
70% reductie NO _x , 50% VOS	-23	-25	-19
70% reductie NO _x en CO	-23	-26	-22
70% reductie NO _x en CO, 50% VOS	-28	-30	-23
geen antropogene emissies	-58	-61	-47
<u>Europese schaal</u>			
70% reductie VOS	-5	-5	-2
70% reductie NO _x	-5	-6	-6
70% reductie NO _x en CO	-7	-8	-7
70% reductie NO _x , CO en VOS	-11	-12	-8

Groeiseizoen gemiddelde concentraties

Om de invloed van mondiale emissies op het achtergrondniveau van ozon te bepalen zijn berekeningen uitgevoerd met een tweedimensionaal model van de troposfeer (Isaksen en Hov, 1987). Uitgaande van de mondiale antropogene en natuurlijke emissies wordt de ozonconcentratie berekend, gemiddeld over de gehele wereldomspannende breedtegordel van 10° tussen 45° en 55° NB. Deze zonaal gemiddelde ozonconcentraties zijn bepaald op een hoogte van 250 m, indicatief voor de waarde in de grenslaag, en op een hoogte van 3250 m, indicatief voor de waarde in de vrije troposfeer, bij een aantal emissiescenario's. De invloed van de emissies van NO_x en VOS zijn op mondiale schaal vergelijkbaar. Vrij grote emissiereducties leiden in alle gevallen tot een (zij het geringe) afname van de ozonconcentratie. Maatregelen met betrekking tot antropogeen CO zijn weinig effectief. Bij afwezigheid van mondiale antropogene emissies zouden volgens het model de ozonconcentraties ca. 60% lager liggen dan de huidige. De invloed van Europese emissies op de zonaal gemiddelde ozonconcentraties is een factor 3-4 kleiner dan de invloed van de mondiale emissies.

Bij een toename in mondiale emissies van 3% per jaar voor CO, NO_x en VOS en 0,5% per jaar voor CH_4 wordt een toename in troposferisch ozon van 1% per jaar verwacht.

In meer detail is de invloed van Europese emissies op de overdag gemiddelde groeiseizoen gemiddelde concentratie op leefniveau in Nederland berekend door de Leeuw et al. (1988). Verondersteld is dat de emissies in de overige werelddelen gelijk blijven.

Invloed van Europese antropogene emissies van VOS en NO_x op de groeiseizoen gemiddelde concentraties op grondniveau in Nederland, berekend voor Den Helder en Rijnmond.

reductie (%) van		relatieve verandering (%) in			
Europese emissies		concentraties ten opzichte van basissituatie			
NO_x	VOS	O_x		O_3	
		Den Helder	Rijnmond	Den Helder	Rijnmond
30	0	-2.8	-2.2	+3.0	+6.5
50	0	-6.4	-5.4	+2.0	+7.7
70	0	-12.4	-11.3	-2.2	+5.4
0	40	-5.7	-6.0	-8.6	-9.0
0	70	-10.8	-11.1	-16.4	-16.6
30	40	-7.5	-7.8	-3.6	-1.8
50	40	-10.1	-9.9	-2.9	+1.6
50	70	-12.9	-13.4	-6.7	-3.6

De oxidant-concentratie (Ox) is gedefinieerd als de som van O_3 en NO_2 concentraties. Het Ox-niveau is niet afhankelijk van de ligging van het fotostationaire evenwicht.

Reducties van emissies van NO_x in Europa leiden tot verlaging in de concentratie van oxidant maar ze kunnen, met name in gebieden met een hoge NO_x emissiedichtheid, leiden tot een verhoging van de ozon concentratie. De vrij geringe verlaging van het oxidantniveau weegt hier niet op tegen de ozontoenname als gevolg van een verschuiving in het fotostationair evenwicht.

Een vermindering van emissies van VOS in Europa leidt tot een verlaging van de groeiseizoen gemiddelde concentratie van ozon en oxidant in Nederland. De concentratie van NO_x en NO_2 neemt echter toe.

Bij een gelijktijdige reductie van NO_x en VOS emissies is een afname in de Ox-niveaus, en in mindere mate in O_3 -niveaus, te verwachten. De invloed van CO-emissies is klein. Een negatieve invloed in die zin dat de ozonconcentratie zal toenemen, is uit te sluiten.

In alle onderzochte scenario's wordt een afname in oxidantconcentraties berekend. Op grond hiervan mag verwacht worden dat zowel NO_x als VOS emissiereductie zal leiden tot een verlaging van de ozonniveaus in gebieden op grote afstanden tot de bronnen. Voor reducties met enkele tientallen procenten is het effect van een VOS emissiereductie sterker dan het effect van een NO_x emissiereductie. Bij een sterke verlaging van emissies (ca. 70%) zijn VOS en NO_x beide even effectief.

Effecten van vastgestelde en extra bestrijdingsmaatregelen in Nederland

De vastgestelde Nederlandse maatregelen leiden tot een emissiereductie van VOS in 2010 met ongeveer 20%. Bij extra maatregelen is een reductie met ongeveer 50% ten opzichte van 1980 mogelijk.

Het rapport "Koolwaterstoffen 2000" vermeldt de vastgestelde maatregelen. De vastgestelde maatregelen bestaan uit het aanleggen van inwendige drijvende daken in vastdak tanks en het aanbrengen van "seals" op tanks met drijvende daken in de chemie, raffinaderijen en op- en overslag. Voorts wordt in deze sectoren het onderhoud op pompen en kleppen geïntensiveerd en wordt condensatie en naverbranding geïntroduceerd bij de grootste puntbronnen.

Een ander belangrijk pakket van maatregelen is het stimuleren van oplosarme verven en ontvettingsmiddelen. Bij het verkeer wordt alleen voor de zwaardere personenauto's uitgegaan van zwaardere emissie-eisen zodat daar een driewegkatalysator nodig is.

De extra maatregelen voorzien in het plaatsen van biofilters of actief

koolfilters bij de kleinere puntbronnen en extra voorzieningen bij benzinedepots (drijvende daken). Bij benzinestations en alle andere overslag van benzine worden dampretoursystemen aangebracht. Bij personenauto's wordt uitgegaan van een geregelde driewegkatalysator op alle benzine- en LPG-auto's. Tenslotte wordt uitgegaan van verbeterde dieselmotoren en jaarlijkse milieu-autokeuring.

In de ons omringende landen worden de nodige inspanningen geleverd in de vorm van geplande of te nemen maatregelen ter bestrijding van VOS-emissies. Op basis van de beschikbare gegevens is bij de vastgestelde maatregelen slechts een beperkte Europese VOS-emissiereductie realiseerbaar. Bij extra maatregelen moet, zeker in West-Europa, een 50% reductie haalbaar zijn.

De NO_x -emissies in Nederland zullen in 2010 bij de vastgestelde maatregelen met ruim 11% dalen. Uit een overzicht van de Economische Commissie voor Europa (ECE) blijkt dat de NO_x -emissies op Europese schaal bij het huidige beleid afnemen met ongeveer 11%. Teneinde de depositiedoelstelling van $1400 \text{ mol ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ te bereiken is het noodzakelijk de NO_x -emissie in West-Europa te reduceren met 50-70%. Een nadere onderbouwing van de NO_x -emissiereducties wordt gegeven in paragraaf 4.3.

Reductie (in %) van Europese NO_x en VOS emissie vereist om overschrijding van de uurgemiddelde concentratie van $240 \mu\text{g m}^{-3}$ en 8-uurgemiddelde concentratie van $160 \mu\text{g m}^{-3}$ op maximaal n dagen ($n= 0,1,3$ of 5) per jaar in Nederland te voorkomen.

aantal dagen per jaar	$240 \mu\text{g m}^{-3}$ (1h)		$160 \mu\text{g m}^{-3}$ (8h)	
	normaal	ongunstig	normaal	ongunstig
0	*	*	*	*
1	80	80	*	*
3	40	60	75	95
5	20	50	70	90

* 100% emissiereductie onvoldoende

Uit de uitgevoerde modelberekening kan worden afgeleid dat voor overschrijding van de 1-uurgemiddelde piekwaarde gedurende 5 dagen een emissiereductie in Europa van 20-50% voor VOS en NO_x nodig is. Om eenzelfde resultaat voor de 8-uurgemiddelde waarde van $160 \mu\text{g/m}^3$ te bereiken is een emissiereductie van 70-90% nodig.

De verwachte ontwikkeling in Europese VOS en NO_x emissies zal er toe leiden dat de ozon-piekwaarden tijdens episoden enigszins zullen afnemen. Bij de vastgestelde maatregelen zal rond het jaar 2010 een uurgemiddelde ozonconcentratie van $240 \mu\text{g m}^{-3}$ tijdens een normale zomer op minder dan vier dagen overschreden worden. Tijdens een "ongunstige" zomer die gemiddeld eens in de 5-10 jaar voorkomt, is overschrijding op 5 dagen of meer te verwachten. Bij extra maatregelen zal overschrijding in een normale zomer op hoogstens twee dagen en in een ongunstige zomer op hoogstens vijf dagen plaatsvinden. Ten aanzien van de 8-uurgemiddelde concentratie van $160 \mu\text{g m}^{-3}$ wordt verwacht dat bij de vastgestelde maatregelen overschrijding zal plaatsvinden op minder dan 10 dagen in een normaal jaar en op ongeveer 15 dagen in een ongunstige zomer. Bij extra maatregelen wordt het aantal dagen waarop overschrijding plaatsvindt, teruggebracht tot vijf dagen en 10-12 dagen voor respectievelijk een normaal en ongunstig jaar.

Bij uitvoering van de vastgestelde maatregelen zal de groeiseizoen gemiddelde concentratie verder toenemen ten opzichte van het huidige niveau van ongeveer $80-95 \mu\text{g m}^{-3}$. De Europese maatregelen zijn niet toereikend om de stijgende trend in ozonconcentratie ten gevolge van de toenemende mondiale emissies om te buigen. Bij extra maatregelen op Europese schaal ter bestrijding van VOS en NO_x mag verwacht worden dat de groeiseizoen gemiddelde concentratie weinig zal veranderen. Dit betekent dat de referentiewaarde van $100 \mu\text{g m}^{-3}$ ongeveer bereikt wordt. Om een niveau van $50 \mu\text{g m}^{-3}$ te bereiken is ook op mondiaal niveau een aanzienlijke emissiereductie noodzakelijk.

4.3 Verzuring

Probleemschets

Onder het thema verzuring worden de gezamenlijke effecten beschouwd van zwavel- en stikstofverbindingen, die via de atmosfeer worden aangevoerd. Vaak zijn dit zowel verzurende als vermestende effecten. De effecten van sterke oxidantia zoals ozon, die reeds eerder zijn behandeld, zijn hiervan veelal niet goed te onderscheiden.

In dit hoofdstuk ligt de nadruk op de oorzaken en de effecten van verzuring. Voor stikstof ligt de nadruk op de effecten die samenhangen met verzuring van de bodem. De specifieke voedingsaspecten van stikstof komen in hoofdstuk 5.2 aan de orde. Er is gebruik gemaakt van informatie die beschikbaar was ten tijde van de tussentijdse evaluatie van het verzuringsonderzoek.

De oorzaken van verzuring in Nederland liggen in emissies van zwavel- en stikstofverbindingen uit een groot deel van het Europese continent. Voor met name de gereduceerde stikstofverbindingen liggen de bronnen voor een belangrijk deel veel dicht bij huis.

De effecten ontstaan doordat de planten enerzijds worden aangetast door blootstelling aan te hoge concentraties van gasvormige luchtverontreiniging zoals SO_2 en O_3 en anderzijds te lijden hebben van verzuurde bodems door depositie van zwavel- en stikstofverbindingen. De combinatie van deze directe en indirecte belasting zorgt voor het achteruitgaan van de gezondheid van de planten. Dit wordt versterkt als ook natuurlijke stressfactoren zoals droogte, vorst, insecten en schimmels de vegetatie belasten. De kwantificering van deze interacties is nog onvolledig.

Bomen, struiken, andere natuurlijke vegetatie en ook cultuurgewassen staan bloot aan directe beïnvloeding door gasvormige verontreiniging. Voor bescherming van ook de meest gevoelige objecten (wilde planten) zal de jaargemiddelde SO_2 -concentratie van $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ niet mogen worden overschreden. De meest ernstige effecten zullen bij een concentratie van $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ worden voorkómen. Voor NH_3 zijn deze waarden respectievelijk 25 en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Voor NO_2 wordt voor beide gevallen $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aangehouden als dit samen met SO_2 en/of O_3 voorkomt, hetgeen in veel situaties zo is. Voor de landbouw gelden als groeiseizoen-gemiddelde hogere referentiewaarden voor SO_2 en NH_3 van respectievelijk 30 en $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Behalve door directe blootstelling ondervinden planten ook schade van indirecte blootstelling door verandering van het bodemmilieu onder invloed van atmosferische depositie. Internationaal wordt de "critical load" voor bodems veelal vastgesteld op het niveau waarop de voorraad aan basische kationen (voornamelijk Ca en Mg) niet wordt aangetast. Dat betekent dat de verwerking van primaire mineralen plus de toevoer vanuit de atmosfeer net in evenwicht is met de afvoer van de kationen met sulfaat en nitraat. Als dit criterium voor de arme zandgronden in Nederland wordt gehanteerd, dan zijn de kritische waarden voor depositie van totaal potentieel zuur in de orde van 500 - 700 mol/ha/j. Daarmee wordt aangegeven, dat deze bodems ook bij een min of meer natuurlijke depositie al enigszins verzuren. Dit is een normaal bodemvormend proces.

In de tabel is een overzicht gegeven van de kritische waarden voor depositie van zuur en stikstofverbindingen voor Nederlandse omstandigheden (Schneider en Bresser, 1987). Kritische waarden zijn hier de niveaus, waarboven ernstige effecten worden verwacht op langere termijn. De waarden

gelden voor de betreffende vegetaties op arme (heide, naaldbos) of iets minder arme (loofbos) zandgronden. Het grootste deel van bos en heide komt in Nederland op deze gronden voor.

Kritische waarden voor depositie van potentieel zuur (in mol/ha/j)

criterium	stof	heide ¹⁾	naaldbos	loofbos	vennen
1. Ca/Al-ratio	$\text{NH}_x + \text{NO}_x + \text{SO}_x$	1400	1400	1800	700

2. opname en uit- spoeling (grensw.)	$\text{NH}_x + \text{NO}_x$	4200	1600	2800	n.v.t.
3. idem (streefw.)	$\text{NH}_x + \text{NO}_x$	2600	1000	1600	n.v.t.
4. NH_4/K -ratio	NH_x	1000 ²⁾	1000	1500	n.v.t.

1) bij heide is geen rekening gehouden met beweiding

2) heide gelijkgesteld aan naald- en loofbos

Het eerste criterium is het meest strikte verzuringscriterium. De zuurvormende bestanddelen worden uitgewisseld tegen Al^{3+} , terwijl sulfaten en nitraten, afkomstig van de depositie, vergezeld van Ca^{2+} , Mg^{2+} of andere kationen worden uitgespoeld naar diepere lagen. Daardoor wijzigt de verhouding tussen aluminium en andere ionen in het bodemvocht. Als maat wordt veelal de Ca/Al-ratio genomen. Als deze kleiner wordt dan ca. 1,0 dan wordt de opname van Ca geremd en gaan planten achteruit in vitaliteit.

De criteria 2 t/m 4 hebben betrekking op de totale hoeveelheid stikstof, al dan niet in relatie tot andere ionen. Het gedrag van de betreffende stoffen en de resulterende concentraties worden sterk bepaald door zuurvormende en neutraliserende processen in de bodem. Daarmee liggen deze criteria op het grensvlak van de thema's verzuring en vermessing.

Bij een depositie beneden de waarden aangegeven bij criterium 2 zal ook op lange termijn gezien het nitraatgehalte van het grondwater in de betreffende gebieden beneden de norm van 50 mg/l blijven. Bij criterium 3 is dit de streefwaarde van 25 mg/l. Criterium 4 geeft aan dat bij hogere deposities van gereduceerde stikstofverbindingen ook de verhouding in beschikbare voedingsstoffen verstoord wordt.

Om ook de kalkarme vennen te beschermen gelden maximale deposities van 400 à 700 mol per hectare per jaar totaal zuur. Voor een meer natuurlijke soortensamenstelling in naaldbos, heide op zandgronden en vennen is een maximale totale stikstofdepositie van 400 mol per hectare per jaar gewenst. De huidige voorlopige depositiedoelstelling is 1400 equivalenten zuur per

hectare per jaar, onder de veronderstelling dat 1600 equivalenten stikstof niet verzurend werken (Anonymus, 1988). In de huidige situatie betekent dit 3000 mol per hectare per jaar potentieel zuur.

Om de meest ernstige schade te voorkomen is deze doelstelling te hoog. Kritische waarden zijn 1400 mol/ha/j voor de naaldbossen en de heide op de arme zandgronden, 1800 mol/ha/j voor loofbossen op arme zandgronden en 2400 mol/ha/j voor de loofbossen op iets rijkere gronden. Een aanvullend criterium hierbij is, dat de depositie van totaal stikstof bij voorkeur niet hoger moet zijn dan 400 mol/ha/j op naaldbos en heide en 1000 mol/ha/j op loofbos om een zo natuurlijk mogelijke soortensamenstelling te krijgen.

Huidige situatie

De depositie van verzurende stoffen in Nederland wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door emissies in het ons omringende buitenland. Uit modelberekeningen (RIVM, EMEP, IIASA) blijkt dat naast Nederland vooral België, West-Duitsland, Frankrijk en Groot-Brittannië belangrijk zijn. In de periode 1980-1984 zijn de emissies van SO₂ met een kwart teruggebracht in de Bondsrepubliek en Groot-Brittannië, met ongeveer de helft in Frankrijk, en met 42% in België. De uitstoot van NO_x is in de periode 1980-1984 licht gedaald, terwijl over een eventuele verandering van de uitstoot van ammoniak geen gegevens bekend zijn.

Emissies van verzurende stoffen in landen welke de depositie in Nederland sterk beïnvloeden in 1980 en 1984/1985 in 1000 ton per jaar (bron ECE, 1987)

Land	SO ₂		NO _x		NH ₃			
	1980	1984/5 (%)	1980	1984/5 (%)	1980	1984/85		
België	799	467	42	442	385	13	120	?
West-Duitsland	3200	2400	25	3100	2900	6	535	?
Frankrijk	3558	1845	48	1867	1693	9	957	?
Groot-Brittannië	4670	3540	24	1916	1690	12	714	?
Nederland	464	274	41	549	539	2	250	258

De emissies in Nederland van verzurende stoffen vinden plaats in verschillende economische sectoren. Voor SO₂ blijkt dat in 1980 de elektriciteitscentrales en de raffinaderijen voor 68% bijdroegen aan de totale uitstoot. Deze bijdrage was in 1985 teruggebracht tot 59%. De totale

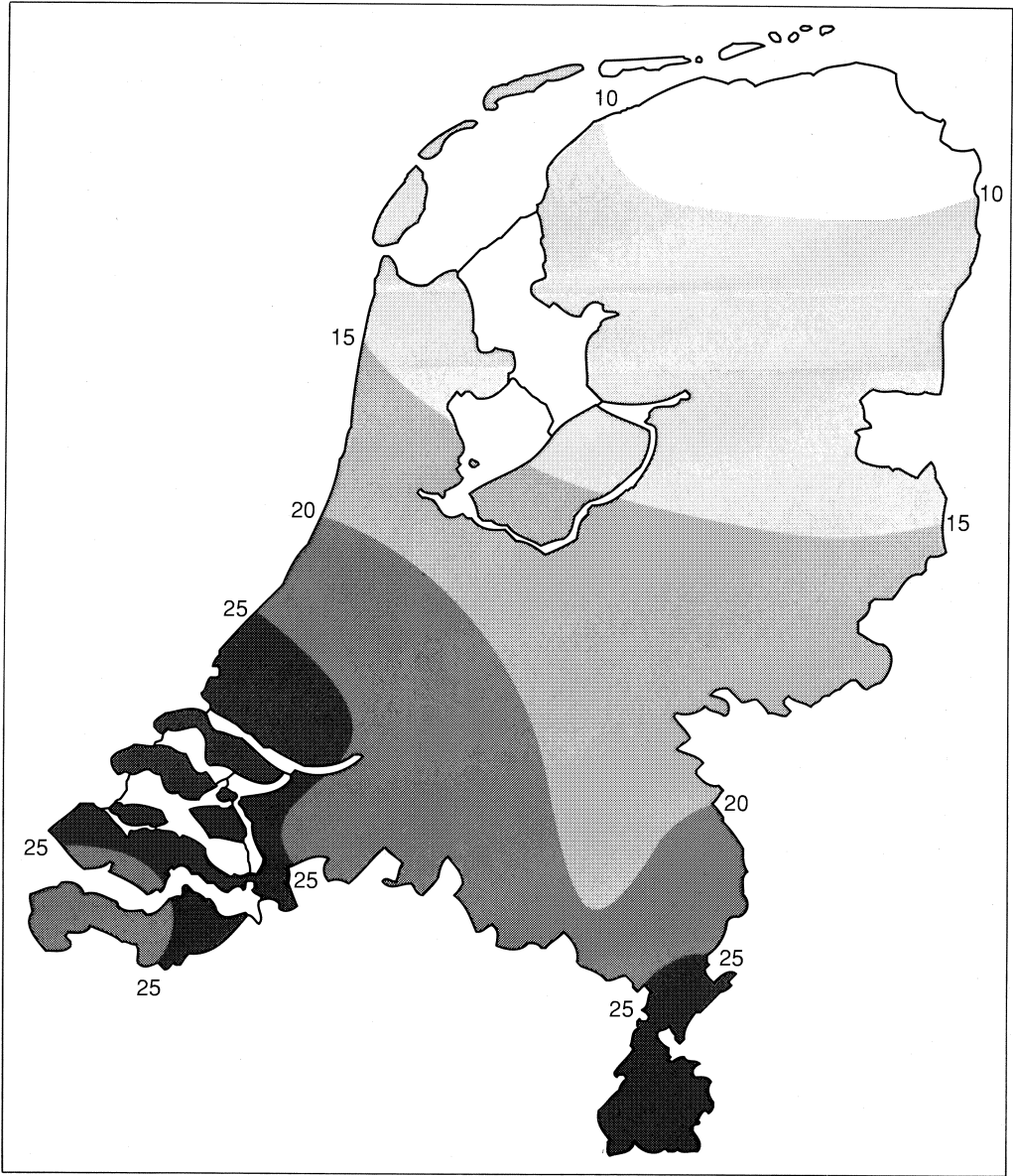
uitstoot aan SO₂ is in de periode 1980-1985 gereduceerd met 41%. Voor NO_x is er geen reductie in emissie geweest. De belangrijkste bron voor NO_x is het wegverkeer met een bijdrage van ongeveer 50% aan de totale uitstoot. De NO_x emissies van het wegverkeer zijn in de beschouwde vijfjaarsperiode nauwelijks gedaald. Ook de emissie van NH₃ is in deze vijf jaar gelijk gebleven. Deze emissies zijn voor ca. 85% afkomstig van dierlijke mest.

Emissies van verzurende stoffen in Nederland in 1980/81 en 1985/86 in 1000 ton per jaar

	SO ₂		NO _x		NH ₃	
	1980	1985	1980	1985	1980	1985
<u>Landbouw:</u>	5	1	8	6	233	243
runderen	-	-	-	-	140	133
varkens	-	-	-	-	52	67
pluimvee	-	-	-	-	28	29
kunstmest	-	-	-	-	10	10
ov.dieren					4	4
<u>Industrie:</u>						
raffinaderijen	121	96	19	17	-	-
chemische ind.	52	36	42	38	6	4
overige industrie	35	34	26	24	2	2
<u>Nutsbedr.(centrales+vuilv.)</u>	198	68	84	86	-	-
<u>Verkeer</u>						
wegverkeer	15	11	277	270	-	-
ov.verkeer	22	20	59	58	-	-
<u>Overige bronnen</u>	14	12	35	41	9	9
<u>Totaal</u>	464	275	549	538	250	258

De concentraties van SO₂ en NO₂ ten gevolge van deze emissies zijn niet zodanig, dat ernstige schade door alleen directe blootstelling kan worden verwacht.

Voor NH₃ geldt, dat de concentraties in hoge mate lokaal worden bepaald en dat regionaal gezien de concentraties vrijwel altijd ver onder het niveau blijven waarop directe schade kan worden verwacht.



Jaargemiddelde concentraties van SO₂ in µg/m³ in Nederland in 1986. (bron: RIVM)



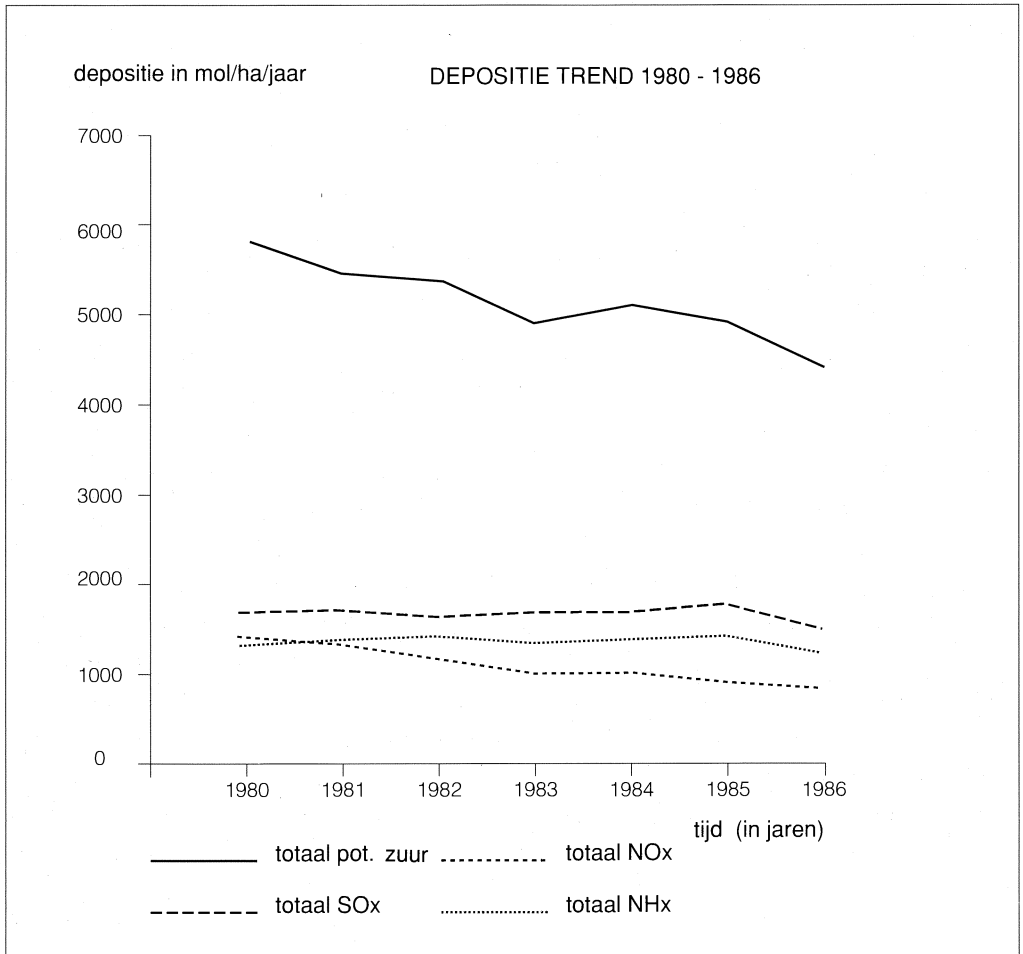
Jaargemiddelde concentraties van NO_2 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Nederland in 1986. (bron: RIVM)

De depositie van totaal potentieel zuur bedroeg in 1980 ca. 5800 mol per hectare per jaar. Ongeveer 49% daarvan werd veroorzaakt door zwavelverbindingen (SO_x), 28% door geoxideerde stikstofverbindingen (NO_x) en 23% door gereduceerde stikstofverbindingen (NH_x).

In 1986 was de totale depositie ca. 4900 mol zuur per hectare per jaar (40% SO_x , 32% NO_x , 28% NH_x). De vermindering is vooral veroorzaakt door de vermindering in SO_x -depositie (Erisman, 1987).



Deposities van potentieel verzurende stoffen in Nederland in 1986 in mol/ha/jaar. (bron: RIVM)



Depositie van totaal potentieel zuur en daaraan bijdragende stoffen 1980-1986 in mol per ha per jaar. (bron: RIVM)

De hiervoor geschetste ontwikkeling geldt voor Nederland als totaal. Het is echter belangrijk de aandacht te richten op die gebieden waar de gevoelige ecosystemen aanwezig zijn zoals op de Veluwe, in de provincie Utrecht en in de Peel en Noord-Limburg. Hier zijn de deposities hoger dan het landelijk gemiddelde. In deze gebieden is de NH_x-depositie voor 70 à 75% uit Nederland afkomstig, de NO_x depositie voor 25 à 45% en de SO_x depositie voor 15 à 35%.

Gebiedgemiddelde deposities van verzurende stoffen in 1986 in een aantal gevoelige gebieden in mol/ha/jaar

	$2 \times \text{SO}_x$	NO_x	NH_x	potentieel zuur
Veluwe	1800	1550	1600	5000
Utrecht	2220	1670	1450	5400
De Peel	2300	1620	1950	5900
Noord-Limburg	2080	1600	1890	5600

Plaatselijk en met name boven bos- en heideranden kan de depositie van NH_x aanzienlijk hoger zijn dan het landelijk gemiddelde. Berekend is, dat de zuurdepositie op bosranden tot meer dan 10.000 mol per hectare per jaar kan oplopen (35% SO_x , 25% NO_x , 40% NH_x). De totale stikstofdepositie op bosranden loopt op tot meer dan 6.500 mol per hectare per jaar (> 90 kg N per hectare per jaar). Hierbij is nog geen rekening gehouden met het lokale effect van dicht bij bosranden gelegen lage bronnen. De bovengenoemde depositiewaarden zijn bepaald als gemiddelden voor relatief grote gebieden. Op verschillende plaatsen in Nederland worden voldoende metingen verricht om deze berekende waarden te toetsen. Het verschil tussen metingen en berekeningen kan tot $\pm 40\%$ van de berekende waarde zijn. Daarbij spelen lokale factoren als structuur van de receptor en dichtbij gelegen bronnen een belangrijke rol.

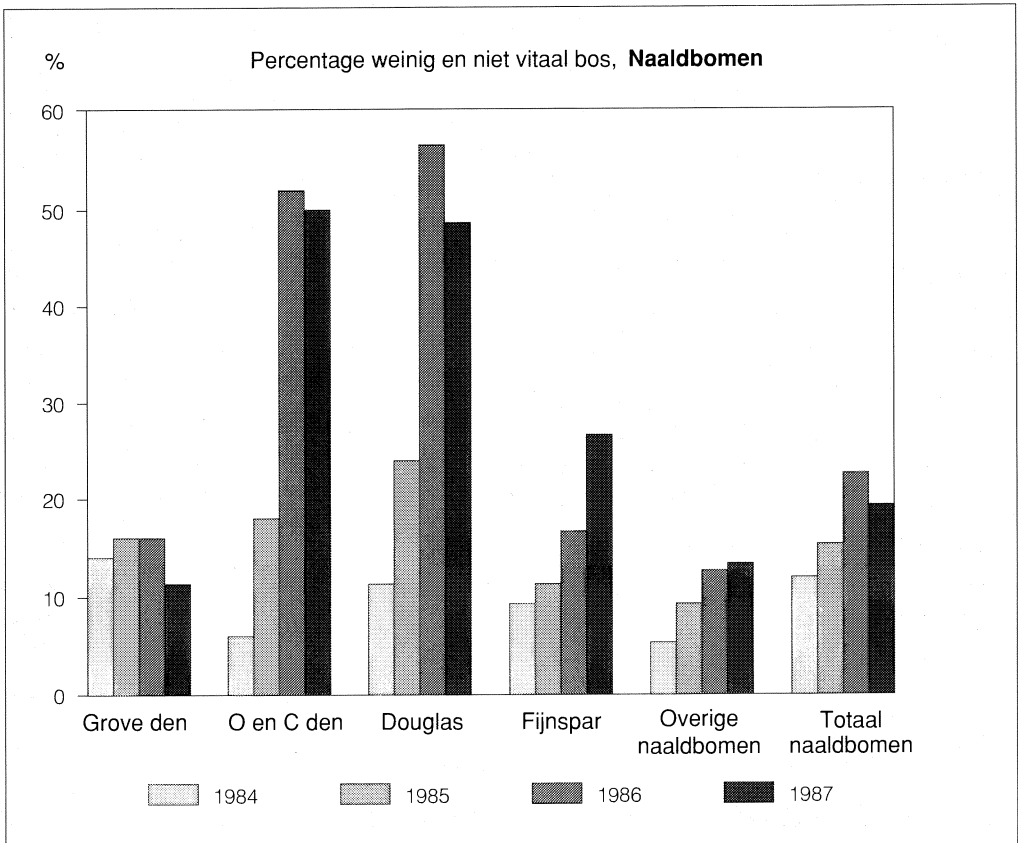
Worden de deposities in Nederland voor een belangrijk deel bepaald door de emissies in Europa, omgekeerd verdwijnt een groot deel van de emissies door Nederlandse bronnen naar het buitenland. Van de in Nederland geëmitteerde NO_x en SO_2 wordt 15 à 20 % in eigen land gedeponeerd en voor NH_3 is dit ongeveer 25%.

Emissie-depositie-balansen voor verzurende stoffen, 1985 in 1000 ton

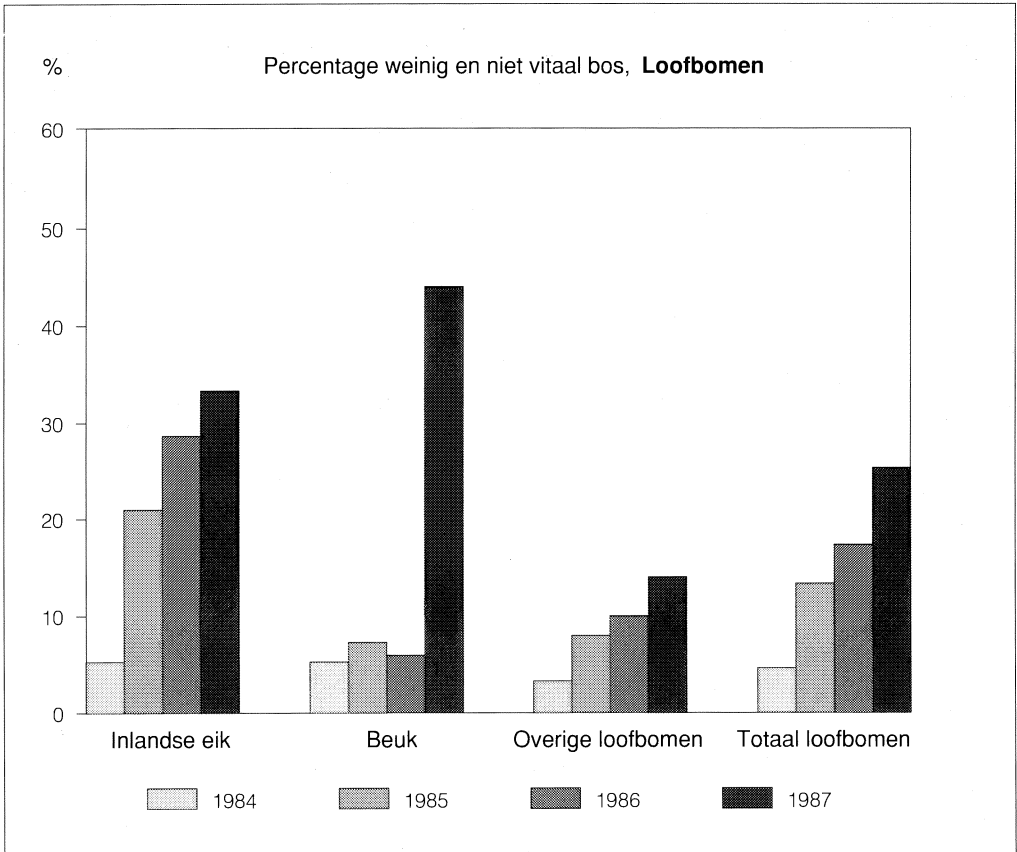
	SO_x	NO_x	NH_x
Emissie Nederland	274	539	258
Depositie op zee	60	60	
Depositie elders	170	385) 198
Depositie afkomst. uit eigen land	45	95	60
Depositie afkomst. uit buitenland	180	175	25
Totaal depositie op Nederland	225	270	85

In vrijwel alle bossen, heidevelden en vennen, alsmede bij de overige min of meer natuurlijke ecosystemen is een steeds verdergaande achteruitgang te constateren in soortenrijkdom en vitaliteit. Een deel van deze effecten is slechts te verklaren uit de beïnvloeding van deze ecosystemen door grootschalige luchtverontreiniging. Slechts bij korstmossen is enig herstel waar te nemen, waarschijnlijk door de alkalische werking van ammonium op de boomschors.

De vitaliteit van bossen was vanaf 1983/1984 tot en met 1986 steeds dalende (Anonymus, 1985-1987). Waarschijnlijk onder invloed van het natte weer is van 1986 op 1987 voor sommige boomsoorten enig herstel geconstateerd. Over de afgelopen vier jaren is de som van weinig en niet vitaal bos gestegen van 9,5% naar 21,3%. Deze verslechtering vindt zowel in naaldbossen als in loofbossen plaats. Meer dan de helft van het Nederlandse bos is niet meer vitaal.



Ontwikkelingen van de vitaliteit van enkele boomsoorten 1984-1987. (bron: SBB)



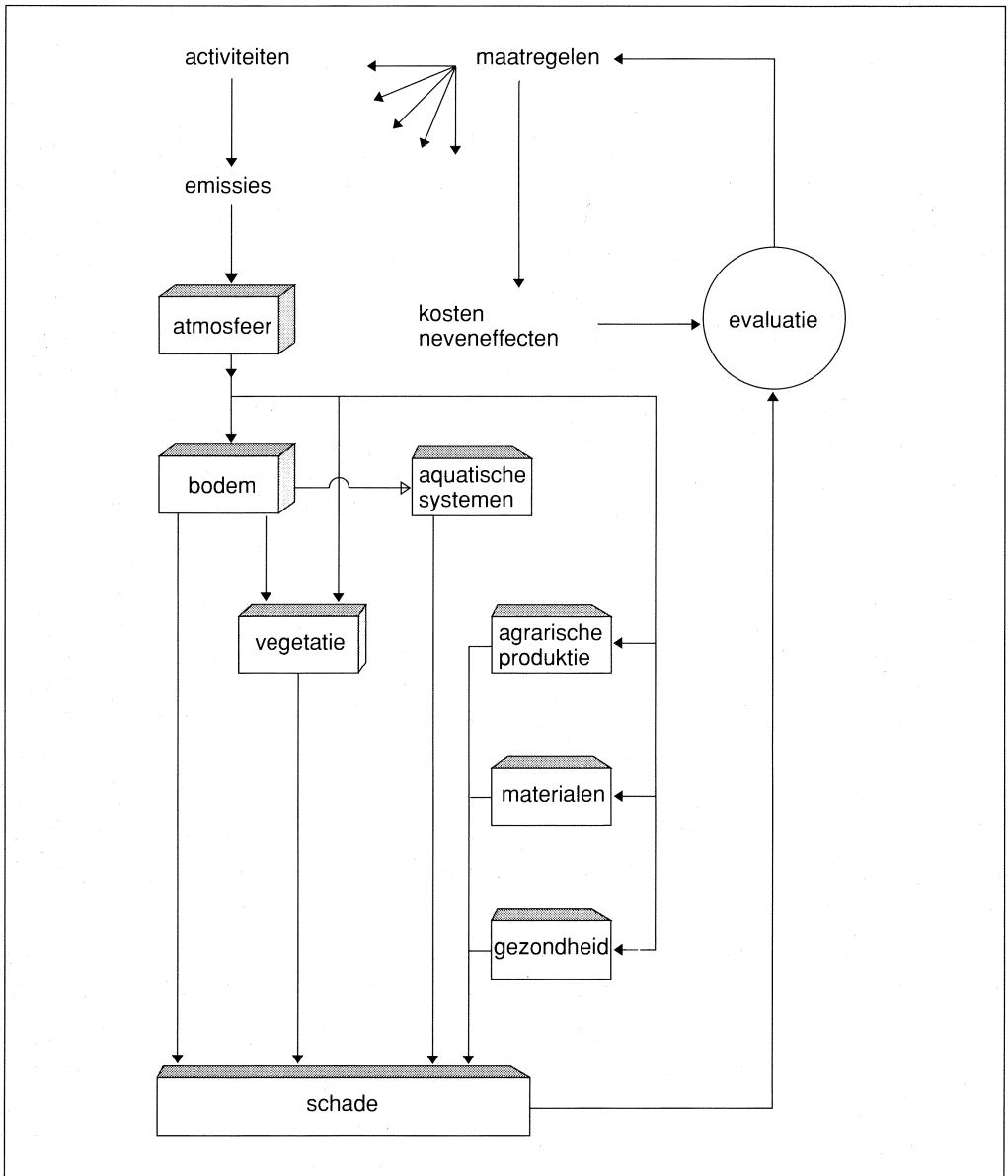
Ontwikkelingen van de vitaliteit van enkele boomsoorten 1984-1987. (bron: SBB)

De vergrassing van heide schrijdt snel voort. In Nederland is vrijwel geen heide zonder gras meer aanwezig. De verzuring en eutrofiëring van vennen heeft reeds geleid tot vrijwel volledig verlies van de oorspronkelijke vegetaties. De verzuring van natuurgebieden dringt ook door tot het grondwater. Op diverse plaatsen is de nitraatconcentratie tot op aanzienlijke diepte sterk verhoogd en stijgend, ook zonder dat er sprake is van directe beïnvloeding door landbouw of andere activiteiten. Dit wijst op stikstofverzadiging van het bovenliggende bos of heide. De dalende pH en toenemende concentraties van onder andere aluminium wijzen op een snel voortschrijdende verzuring in de gebieden met een gevoelige bodem (arme zandgronden).

Voorspellingsmethode

Voor het doorrekenen van de gevolgen van maatregelen voor de bestrijding van verzuring is bij het RIVM in samenwerking met andere

onderzoeksinstituten een simulatiemodel gebouwd. Het model is bekend onder de naam "Dutch Acidification Simulation" model, kortweg DAS-model (Bresser, 1987).



Schematische weergave van de verzuringsproblematiek in het DAS-model. (bron: RIVM)

Het DAS-model doorloopt de causaliteitsketen van de verzuring. Als invoer voor het model zijn emissiescenario's nodig, welke gegenereerd worden door het Reken- en Informatiesysteem Milieuhygiëne (RIM) en het energiemodel

SELPE van het Energie Studie Centrum van het ECN. De emissies van de relevante Europese landen worden gepubliceerd door de ECE. Voor het DAS model is het nodig dat deze emissies per deelgebied worden bepaald. Hiertoe is Nederland opgedeeld in 20 regio's, terwijl ook de Nederland omringende landen zijn onderverdeeld. Verder weg gelegen landen worden bij elkaar genomen, omdat de invloed van de emissies in die landen op Nederland relatief gering is. Verder worden de emissies onderverdeeld naar hoge en lage bronnen. Dit is nodig omdat de bronhoogte een significante invloed heeft op de verspreiding van de emissies. Het transport en de omzetting van de emissies door de lucht worden in DAS weergegeven door zogenaamde "transfer matrices", die de sterkte van het verband tussen de brongebieden en de receptorgebieden weergeven (Erisman, 1987). Met behulp van de transfermatrices worden de concentraties en de deposities van de verzurende stoffen berekend. Daarbij is verondersteld, dat de ruimtelijke verdeling van de bronnen dezelfde blijft als in 1985 en dat ook geen verschillen in bronhoogte zullen optreden ten opzichte van de 1985-situatie. In ontwikkeling zijn deelmodellen van DAS voor bodemverzuring, effecten op vegetatie en schade aan materialen.

Toekomstige ontwikkelingen bij vastgestelde maatregelen

In de Nota "Tussentijdse Evaluatie Verzuringsbeleid" is een opsomming te vinden van de in Nederland reeds geïntroduceerde maatregelen. Ook een aantal vastgestelde nog te nemen maatregelen zijn hierin opgenomen.

In de vastgestelde maatregelen gaat het voor NO_x vooral om eenvoudiger aanpassing van verbrandingscondities en de toepassing van de driewegkatalysator op zwaardere personenauto's. Er is geen rekening gehouden met een positief effect van een snellere penetratie van ongeregelde driewegkatalysatoren door de van kracht zijnde subsidieregeling. De NO_x emissie voor personenauto's per kilometer daalt door de vastgestelde maatregelen met 40% en voor vrachtauto's met 25%. Voor SO_2 wordt uitgegaan van een beperkte verlaging van het zwavelgehalte in olie, rookgasontzwaveling en een beperkte substitutie van zware stookolie door aardgas in raffinaderijen en beperking van procesemissie vooral door geïntegreerde procesverbetering bij raffinaderijen. Bij ammoniak vormen het verlagen van het mineraalgehalte in veevoer, aanpassing van de huisvestingssystemen en het onderwerken en injecteren van mest de belangrijkste maatregelen.

De emissies van SO_2 in het jaar 2000 en 2010 kunnen dan respectievelijk 58 en 49% lager zijn dan in 1980. Doordat de effecten van emissiereductie reeds in 2000 volledig zijn en de economie verwacht wordt verder te

groeien, treedt na 2000 weer een stijging op. In 2000 zullen de NO_x -emissies 14% lager zijn dan in 1980 en in 2010 11% lager. De NH_3 emissies dalen met ongeveer 33% en zullen tussen 2000 en 2010 nagenoeg constant blijven. Bij deze berekening zijn alleen gerealiseerde en voorziene maatregelen meegenomen.

Het is duidelijk dat deze reducties, zeker voor wat NO_x betreft, te laag zijn.

Van de belangrijke landen voor zure depositie in Nederland hebben België, Frankrijk en West-Duitsland het SO_2 -Protocol ondertekend bij het Verdrag betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging over lange afstand, dat in het kader van de Economische Commissie voor Europa (ECE) van de Verenigde Naties tot stand is gekomen. Het verdrag schrijft een 30% reductie van SO_2 emissie voor per land gerelateerd aan 1980 en te bereiken in 1996. Nederland, België en Frankrijk hebben reeds ruim aan deze verplichting voldaan. Groot-Brittannië en West-Duitsland hebben hun SO_2 emissies elk met een kwart teruggebracht. De plannen voor verdere reducties van emissies hebben de betrokken landen aan de Economische Commissie voor Europa (ECE) meegedeeld. Uit ECE gegevens blijkt dat België verwacht in 1995 32% minder SO_2 uit te stoten dan in 1980. Dit is een stijging ten opzichte van het niveau van 1985. Frankrijk wil in 1990 een vermindering van 50% ten opzichte van 1980 bereikt hebben, terwijl de BRD een reductie van 65% voorziet. Groot-Brittannië, dat het Protocol niet ondertekende, heeft als doelstelling voor het jaar 2000 een vermindering ten opzichte van 1980 van 25-45%.

De doelstellingen voor de vermindering van de uitstoot van stikstofoxiden zijn in de ons omringende landen minder ambitieus dan die voor zwaveldioxide. België voorziet een lichte teruggang (3%), Frankrijk streeft naar een 30% reductie, West-Duitsland wil 55% omlaag en Groot-Brittannië geeft een marge tussen +12% en -22%.

Plannen voor vermindering van de uitstoot van ammoniak in de betreffende buurlanden zijn nog niet bekend.

Bij de vastgestelde maatregelen zal de gemiddelde depositie totaal zuur dalen van 5800 mol per ha per jaar in 1980 tot ca. 4330 mol per ha per jaar in 2010. De situaties in 2000 en 2010 zijn vrijwel gelijk.

Dit is dus niet voldoende om de depositie zelfs voor gemiddelde situaties terug te brengen tot de aangegeven referentieniveaus.

Dit betekent dat de vitaliteit van de bossen niet zal verbeteren, de heide vrijwel geheel zal vergrassen, meer soorten mossen e.d. zullen verdwijnen en het gehalte aan nitraat in grondwater in veel gebieden (m.n.

zandgronden) tot boven de grenswaarde voor drinkwater zal stijgen. Dit laatste betreft ca. 1/3 van de huidige capaciteit voor grondwaterwinning.

Emissies bij het uitgangsscenario en bij vastgestelde maatregelen (1000 ton per jaar)

sector/gebied	1985			2010		
	SO ₂	NO _x	NH ₃	SO ₂	NO _x	NH ₃
<u>Land- en tuinbouw</u>	1	6	243	2	4	155
<u>Industrie:</u>						
raffinaderijen	96	17	-	54	8	-
overige industrie	70	62	6	73	47	4
<u>Nutsbedrijven</u>	68	86	-	67	66	-
Wegverkeer	11	270	-	18	311	-
Overig verkeer	20	58	-	10	47	-
<u>Overige bronnen</u>	9	40	9	3	12	9
Nederland totaal	274	539	258	227	497	168
België	467	385	120	612	407	130
West-Duitsland	2400	2900	535	1246	1955	580
Frankrijk	1845	1693	957	2223	1491	1030
Groot-Brittannië	3540	1690	714	3545	1920	770

Ook de concentraties van SO₂ en O₃ zullen bij de ontwikkelingen volgens het basisscenario niet beneden het niveau komen waarop geen effecten meer worden verwacht.

Deze niveaus zijn nog steeds zodanig, dat ook directe effecten van SO₂ op de groei van natuurlijke vegetaties kunnen worden verwacht. Deze extra bijdrage aan de totale stress zal zeker nadelige effecten hebben op de vitaliteit van deze vegetaties.



Berekende depositie van potentieel zuur in 2010 bij vastgestelde maatregelen in mol/ha/jaar.
 (bron: RIVM)



Jaargemiddelde concentratie van SO₂ in ug/m³ in 2010 bij vastgestelde maatregelen. (bron: RIVM)

Toekomstige ontwikkelingen bij extra maatregelen

In aanvulling op de vastgestelde maatregelen kunnen extra technische maatregelen worden genomen in Nederland om de noodzakelijk geachte emissiereducties voor SO_2 , NO_x en NH_3 te realiseren. Deze extra maatregelen zijn reeds voor een deel in de verzuringsnota aangekondigd.

Voor NO_x is als extra maatregel in de industrie vooral het in grotere mate toepassen van selectieve katalytische reductie van belang. In het verkeer wordt uitgegaan van een geregelde driewegkatalysator op alle personenauto's behalve diesels. Daardoor daalt de NO_x emissie per kilometer voor personenauto's met 73%. Deze maatregel beperkt ook de emissie van koolwaterstoffen en koolmonoxide. Bij dieselauto's (personen, bussen en vrachtauto's) wordt uitgegaan van verbeterde motoren, waardoor de NO_x emissie per kilometer met ca. 50% daalt. Hierbij wordt tegelijkertijd de emissie van koolwaterstoffen en roet (zwarte rook) gereduceerd. Door reductie van de personenautomobiliteit met bijvoorbeeld 25% kan de emissie van NO_x met 11 kton worden verminderd. Deze emissie-reductie is zo beperkt omdat de personenauto's reeds zijn uitgerust met geregelde driewegkatalysatoren.

Bij SO_2 wordt uitgegaan van een intensievere doorvoering van de reeds vastgestelde maatregelen. Voor ammoniak zijn biofiltratie op stallen en vooral het niet meer uitrijden van dierlijke mest belangrijke extra maatregelen.

Emissies in 1000 ton bij extra maatregelen in Nederland in 2010

Sector	SO_2	NO_x	NH_3
- Landbouw	1	3	67
- Industrie			
- raffinaderijen	12	2	-
- overige industrie	67	21	4
- Nutsbedrijven (centrales)	35	18	-
- Verkeer			
- Wegverkeer	13	138	-
- Overig verkeer	7	46	-
- Overige bronnen	2	9	9
TOTAAL	136	237	80

De emissies van SO_2 in Nederland zullen dan in 2010 71% lager liggen dan die in 1980. Voor NO_x is de reductie 57%. De emissies van NH_3 bedragen nog ongeveer 32% van die in 1980. Het reductiepercentage van 70% wordt vooral bereikt door het niet meer uitrijden van dierlijke mest. Zoals in het hoofdstuk vermisting van bodem- en grondwater uiteengezet zal worden, wordt verondersteld dat deze mest verwerkt wordt tot een kunstmestvervangend produkt. Door preventieve maatregelen is ongeveer eenzelfde reductie percentage te bereiken. De belangrijkste maatregelen zijn dan direct onderwerken van mest op bouwland en de introductie van nieuwe staltypen. Voor verdere details omtrent preventie in de landbouw wordt verwezen naar hoofdstuk 6.3.

In combinatie met de geplande maatregelen in het buitenland zal de gemiddelde zure depositie in Nederland hierdoor afnemen van gemiddeld ca. 5800 mol per ha per jaar in 1980 tot ca. 3460 in het jaar 2010.

Hierbij is nog geen rekening gehouden met een mogelijk na te streven beperking van de automobiliteit, energiebesparing (met uitzondering van raffinaderijen) of een vermindering van de veestapel.

Ook hier geldt, dat op zwaar belaste objecten in het zuidoosten van het land de depositie aanzienlijk hoger is dan dit gemiddelde. De kritische niveaus in bos en heide worden daardoor nog steeds ruim overschreden.

Voor wat betreft de effecten kan worden gesteld dat bij inzet, alleen in Nederland, van alle technisch haalbare bestrijdingsmaatregelen de zuurdepositie op rijkere gronden met veelal loofbos in de buurt van de gewenste waarde komt. Voor bos op arme zandgronden en heide wordt dit niet gehaald. Vitaliteitsverlies zal hiervan nog steeds het gevolg zijn. Voor stikstof wordt de depositie zodanig, dat iets gunstiger NH_4/K -verhoudingen mogen worden verwacht en dat de uitspoeling van nitraat tot onder de grenswaarde wordt gebracht, behalve in naaldbos op arme zandgronden. Door de nu enigszins beperkte stikstofdepositie zal het met aangepast beheer mogelijk moeten zijn om in grote delen van Nederland weer heide in plaats van gras te krijgen.

Om de depositie terug te brengen tot de gewenste niveaus zijn tevens tenminste ook verdergaande maatregelen nodig in Europees verband en/of maatregelen ter beperking van de emissieveroorzakende activiteiten. Uit het beeld van de herkomst van de depositie kan de richting van de oplossingen worden afgeleid. Een eenheidsemissie in Nederland levert de grootste bijdrage aan de depositie in Nederland waarin ammoniak domineert. Daarna volgen België en West-Duitsland. De relatie tussen emissie en depositie is vrijwel onafhankelijk van de omvang van de emissies.



Depositie van totaal potentieel zuur in 2010 bij extra technische bestrijdingsmaatregelen in Nederland in mol/ha/jaar. (bron: RIVM)

Bijdragen aan de depositie in Nederland van "eenheidsemissies"
 (eenheidsemissie 1000 ton/j, depositie in m mol/ha/j pot. zuur)

land	SO ₂	NO _x	NH ₃
Nederland	1400	1050	4500
België	700	420	740
West-Duitsland	220	170	210
Groot-Brittannië	80	100	140
Frankrijk	100	90	90

Er kan worden gekozen voor een benadering waarin wordt gestreefd naar emissiereducties in een deel van Europa met percentages die overeen komen met het beleid zoals dat in Nederland wordt voorgestaan. Er kan worden verwacht, dat de ons omringende landen tot op zekere hoogte parallelle belangen hebben bij de bestrijding van de verzuring, omdat de bos-bodemsystemen en andere natuurlijke systemen, afhankelijk van de groeiplaats, niet essentieel verschillen in gevoeligheid met die in Nederland.

Een dergelijk scenario veronderstelt overeenstemming over depositiedoelstellingen en de bereidheid om dit te vertalen naar dezelfde emissiedoelstellingen. Er is uitgegaan van het bereiken van een depositie van 2400 mol/ha/j in 2000 als interimwaarde en van de referentiewaarde van 1400 mol/ha/j in 2010.

In deze verkenning zijn aannamen gedaan over de reducties in antropogene emissies in verschillende landen die nodig zijn om de depositiedoelstellingen te halen. De hier vermelde reducties zijn een selectie uit de theoretische mogelijke combinaties van SO₂, NO_x en NH₃ gebaseerd op onder meer de mogelijkheden tot technische realisatie.

Voor de reductie van SO₂-emissies met gemiddeld 80% in 2000 ten opzichte van 1980 in Nederland, West-Duitsland, België en Frankrijk is een pakket technische maatregelen samen te stellen. Voor een reductiepercentage van 90% in 2010, wat nodig zal zijn om de doelstelling van 1400 mol/ha/j te bereiken, zijn behalve de denkbare technische maatregelen extra maatregelen nodig in de zin van energiebesparing.

Een reductie van de NO_x-emissies met 50% in Nederland en West-Duitsland in 2000 behoort tot de technische mogelijkheden. In de rest van Europa is een reductiepercentage van 30 eveneens technisch realiseerbaar. Voor het

verdergaande bestrijdingsscenario is een reductie nodig in de NO_x-emissies in West-Europa met 70% in 2010 ten opzichte van 1980 en in Oost-Europa met 30%. Dit is voor West-Europa ongeveer de grens van de technisch realiseerbare maatregelen.

De NH₃-emissies in Nederland dienen met 70 respectievelijk 80% te dalen ten opzichte van 1980 om de doelen in 2000 en 2010 te halen. Het is zeer onzeker of dit met technische maatregelen realiseerbaar is. Een reductie met 25% in de rest van Europa lijkt daarentegen technisch goed haalbaar. Voor het doel van 1400 mol/ha/j in 2010 zouden in de ons direct omringende landen de emissies met ca. 60% moeten dalen. Als wordt gekeken naar de technische mogelijkheden zoals die in Nederland aanwezig zijn, dan lijkt het mogelijk. In veel landen is echter geen sprake van overmatige toevoer van stikstof naar de natuurlijke ecosystemen. De depositie van stikstof is dan veelal niet als zuurdepositie te beschouwen. De aandrang om te reduceren in emissies van ammoniak is dan ook vaak niet aanwezig.

Mogelijke emissie-niveaus in Europa om een depositie doelstelling van 2400 mol/ha/j in 2000 en 1400 mol/ha/j in 2010 te bereiken in 1000 ton

jaar	1985			2000			2010		
	SO ₂	NO _x	NH ₃	SO ₂	NO _x	NH ₃	SO ₂	NO _x	NH ₃
<u>sector/gebied</u>									
Nederland	274	539	258	90	175	75	45	165	50
België	467	385	120	160	310	100	80	135	50
West-Duitsland	2400	2900	535	665	1535	430	335	920	230
Frankrijk	1845	1693	957	710	1300	770	355	560	410
Groot-Brittannië	3540	1690	714	2555	1365	575	465	585	305



Deposities van totaal potentieel zuur in 2000 bij een Europees bestrijdingsbeleid gericht op het bereiken van een depositie van 2400 mol/ha/jaar in 2000 en 1400 mol/ha/jaar in 2010. (bron: RIVM)

2010



< 1000



1000 - 1500



1500 - 2000



2000 - 3000



3000 - 4000



4000 - 5000



< 5000

Deposities van totaal potentieel zuur in 2010 bij een Europees bestrijdingsbeleid gericht op het bereiken van een depositie van 2400 mol/ha/jaar in 2000 en 1400 mol/ha/jaar in 2010. (bron: RIVM)

Het beeld dat uit deze scenario's naar voren komt geeft niet direct aanleiding tot optimistische verwachtingen voor de toekomstige ontwikkelingen met betrekking tot verzuring en de effecten daarvan. Veel van de geplande maatregelen hebben een relatief lange periode nodig voordat het rendement zichtbaar wordt. Voor enkele gebieden (de Peel, Noord-Limburg) zal het in ieder geval uiterst moeilijk zijn de depositie terug te brengen tot de kritische niveaus.

Er zal rekening moeten worden gehouden met zelfs bij strenge bestrijding nog geruime tijd verminderde vitaliteit van bossen. Mogelijk kan door gerichte beheersmaatregelen een kritische periode worden overbrugd totdat voldoende reductie in de depositie is bereikt. De vergrassing van heide kan door middel van plaggen of andere beheersmaatregelen vrij snel na vermindering van de depositie aanzienlijk worden beperkt.

De belasting van het grondwater onder naaldbossen met nitraat kan voor een deel pas op langere termijn worden hersteld, omdat een deel van deze belasting al onderweg is naar het diepere grondwater.

4.4 Verspreiding van aerosolen (stof)

Stof is een verzamelnaam voor een veelheid van vaste deeltjes, ook wel aerosolen genoemd. De fysische en chemische eigenschappen van het aerosol verschillen sterk van plaats tot plaats en van tijd tot tijd. De grootte van het aerosol kan uiteenlopen van minder dan 0.1 μm tot enige honderden μm . Onder "Fijn stof" verstaat men het gedeelte van het aerosol met een diameter kleiner dan 25 μm dat inhaleerbaar is. Het fijn stof kan verder onderscheiden worden in twee fracties met een grens bij een aerodynamische diameter van 2-3 μm . De fijne fractie is in het algemeen van antropogene oorsprong. Het bestaat deels uit aerosol dat in de atmosfeer gevormd wordt door chemische omzetting van primair geëmitteerde verontreiniging zoals zwaveldioxide, stikstofoxiden en ammoniak, en deels uit "zwarte rook" (koolstof-houdend aerosol). De grove fractie bestaat voor een groot gedeelte uit opgewaaid bodemstof. Van de aerosolen zijn deeltjes kleiner dan 10 μm hoofdzakelijk verantwoordelijk voor effecten op de ademhaling. Zichtvermindering door verstrooiing en absorptie van licht is één van de meest in het oog springende effecten van luchtverontreiniging. Voor het grootste gedeelte wordt zichtvermindering veroorzaakt door de aanwezigheid van de secundaire aerosolen ammoniumsulfaat en ammoniumnitraat. Deze aerosolen blijven hier verder buiten beschouwing.

De uitworp van fijn stof in Nederland (van der Meulen et al., 1987) bedroeg in 1981 ongeveer 102 kton waarvan ca. 48 kton van industriële en 54 kton van niet-industriële herkomst.

Emissie van fijn stof in Nederland in 1981 (kton jaar⁻¹)

Industrie	
-verbrandingsprocessen	19
-vuilverbranding	1.5
-procesindustrie	27.5
Wegverkeer	39.1
Overig verkeer	9.9
Ruimteverwarming	2.8
Sigarettenrook	1.4
Overige bronnen	0.7

Totaal	102
--------	-----

De jaargemiddelde concentratie van fijn stof ten gevolge van grootschalige verspreiding wordt geschat op $45 \mu\text{g m}^{-3}$. Het dagmaximum ligt op ongeveer $180 \mu\text{g m}^{-3}$. De jaargemiddelde waarden liggen dicht onder de toxicologische grenswaarde van $50\text{-}65 \mu\text{g m}^{-3}$. De dagmaxima liggen boven de grenswaarde voor 24-uurgemiddelden van $100\text{-}150 \mu\text{g m}^{-3}$. Op lokale schaal zijn in de omgeving van een industriecomplex en in de binnensteden verhogingen van jaargemiddelden en dagmaxima te verwachten. Daarnaast vindt blootstelling plaats via de binnenlucht.

Het secundair aerosol (sulfaat, nitraat en ammonium) speelt na depositie een rol in de verzuringsproblematiek. "Zwarte rook" vormt een belangrijk bestanddeel van auto-uitlaatgassen en wordt nader besproken bij de binnensteden. Zonder het oogmerk te hebben volledig te zijn wordt in dit hoofdstuk een tweetal andere specifieke componenten in het fijn stof (zuur aerosol en zware metalen) nader besproken.

Verspreiding van zuur aerosol

Probleemschets

De primair geëmitteerde luchtverontreinigende componenten stikstofdioxide (NO_x) en zwaveldioxide (SO_2) kunnen in de atmosfeer geoxideerd worden tot salpeter- en zwavelzuur. Oxidatie kan optreden in de gasfase, op het oppervlak van deeltjes (aerosolen) en in de waterfase (wolkenwater). De oxidatiesnelheid hangt zowel af van de concentraties aan andere luchtverontreinigende componenten als van de meteorologische condities.

Natte depositie is het belangrijkste mechanisme waardoor secundair aerosol

uit de atmosfeer verwijderd wordt. Droge depositie van sulfaat- en nitraataerosol is van ondergeschikt belang. Voor het gasvormige salpeterzuur daarentegen is droge depositie een belangrijk verwijderingsproces.

De dampspanning van zwavelzuur is dermate laag dat het vrijwel uitsluitend in de aerosolfase voorkomt. Het sulfaathoudendaerosol heeft een afmeting die in het algemeen kleiner is dan $2.5 \mu\text{m}$. Het bevindt zich dus in de respiratoire fractie, dat wil zeggen dat het aerosol klein genoeg is om na inademing diep in de luchtwegen en longen door te dringen.

In tegenstelling tot zwavelzuur heeft het salpeterzuur een dermate hoge dampspanning dat het uitsluitend in de gasfase voorkomt. De bijdrage van stikstofoxiden aan de zuurgraad van het aerosol is dan ook klein. Daarentegen kunnen stikstofoxiden, door het oplossen van het gasvormige salpeterzuur, in belangrijke mate bijdragen aan de zuurgraad van mist. De deeltjes-grootte van mistdruppeltjes ligt in de orde van $10 \mu\text{m}$. Bij inademing zal het vooral in de neus en de bovenste luchtwegen deponeren.

Salpeter- en zwavelzuur kunnen in de atmosfeer geheel of gedeeltelijk geneutraliseerd worden waarbij nitraat- en sulfaathoudend aerosol gevormd wordt. De belangrijkste neutraliserende component is ammoniak, daarnaast spelen calcium en magnesiumverbindingen een ondergeschikte rol.

Huidige situatie

Door hun lange atmosferische verblijftijd worden de sulfaat- en nitraatconcentraties in Nederland in belangrijke mate bepaald door emissies in het ons omringende buitenland. De emissies van een aantal precursors (NO_x , SO_2 en NH_3) zijn reeds eerder behandeld.

Metingen naar het voorkomen van zwavelzuur in de Nederlandse buitenlucht zijn onder andere door TNO verricht (Diederer, 1984). Als jaargemiddelde wordt een concentratie van ca. $2 \mu\text{g m}^{-3}$ gevonden. Tijdens episoden kan het niveau oplopen tot $20-50 \mu\text{g m}^{-3}$. Opgemerkt moet worden dat de betrouwbaarheid van de metingen gering is. Uit vergelijkingsmetingen is gebleken dat de resultaten van de verschillende bemonsteringsmethoden een orde van grootte uiteen kunnen liggen.

Als jaargemiddelde salpeterzuurconcentratie wordt voor Nederland een niveau van ca. $2 \mu\text{g m}^{-3}$ aangenomen (Erisman et al., 1987). De hoogste concentraties worden in de zomer waargenomen als gevolg van versnelde (fotochemische) vorming. Tijdens fotochemische episoden zijn concentraties

oplopend tot $60-70 \mu\text{g m}^{-3}$ waargenomen. Ook hier lopen de meetresultaten van verschillende bemonsteringsmethoden sterk uiteen.

Sulfaat- en nitraataerosolen worden op routinematige wijze bemonsterd in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Jaargemiddelde concentraties bedragen voor beide componenten ca. $8-9 \mu\text{g m}^{-3}$. In tegenstelling tot zwavelzuur en salpeterzuur bestaat er over de concentratieniveaus van deze aerosolcomponenten meer consensus. Op jaarbasis bedraagt de bijdrage van zwavelzuur aan het totaal aan sulfaat ca. 20%. Tijdens episoden kan de zwavelzuurbijdrage oplopen tot 30-70%.

Het zwavelzuuraerosol draagt een relatief klein deel bij aan de totale hoeveelheid atmosferisch zuur. Het overgrote deel van het atmosferisch zuur wordt gevormd door gasvormige componenten. Naast het eerder genoemde salpeterzuur vormen de lagere carbonzuren de belangrijkste groep zure componenten. De jaargemiddelde concentratie van mierzuur en azijnzuur is ca. $1,5 \mu\text{g m}^{-3}$. Het jaargemiddelde niveau van propionzuur is ca. $0,4 \mu\text{g m}^{-3}$. De niveaus liggen 's zomers gemiddeld een factor twee tot drie maal zo

Jaargemiddelde concentratie ruimtelijk gemiddeld over Nederland en concentratie tijdens episoden met verhoogde luchtverontreiniging in $\mu\text{g m}^{-3}$. Middelingstijd voor episodemetingen is tussen haakjes gegeven.

component	jaargemiddeld	episode
O_3	45	240-300 (1h)
NO_2	30	100-150 (1h)
SO_2	20	400-450 (1h)
sulfaat	9	50-100 (24h)
nitraat	8	30- 50 (24h)
zwavelzuur	2	30- 40 (3h)
		15- 25 (24h)
salpeterzuur	2	40- 60 (3h)
		22- 44 (24h)
mierzuur	1.5	12- 14 (24h)
azijnzuur	1.5	12- 14 (24h)
propionzuur	0.4	3- 4 (24h)

hoog als 's winters. Hoewel niet tijdens alle fotochemische episoden verhoogde niveaus zijn waargenomen is het toch waarschijnlijk dat de lagere carbonzuren ontstaan bij fotochemische processen. Tijdens episoden worden mierzuur- en azijnzuurconcentraties waargenomen van 12-14 $\mu\text{g m}^{-3}$. De propionzuurconcentraties bedragen dan 3-4 $\mu\text{g m}^{-3}$. De daggemiddelde concentraties van de lagere carbonzuren vertonen onderling een sterke correlatie.

De bijdrage aan het totaal zuur door zoutzuur en waterstoffluoride is klein. Slechts op lokale schaal (rondom verbrandingsinstallaties) kunnen deze componenten een belangrijke bijdrage vormen.

De concentraties zoals die nu tijdens luchtverontreinigingsepisoden gemeten worden zijn slechts weinig lager dan de niveaus waarbij in de blootstellings-experimenten effecten zijn waargenomen. Zure atmosferische componenten kunnen dan ook een potentieel risico vormen voor de volksgezondheid.

Toekomstige ontwikkelingen

De toekomstige ontwikkelingen op het gebied van de precursor-emissies in Nederland en omgeving zijn reeds eerder behandeld.

Gezien het grootschalige karakter is de ontwikkeling van de sulfaatniveaus in Nederland in sterke mate afhankelijk van de ontwikkeling van de emissie in het ons omringende buitenland. Tijdens episoden wordt de bijdrage van Nederlandse emissies tot de SO_4 -concentraties geschat op slechts 5-10%. Als gevolg van de hogere reactiviteit van NO_x is de eigen Nederlandse bijdrage tot de nitraat en salpeterzuur concentraties groter.

In de chemische en fysische processen die van belang zijn in de vorming, neutralisatie en verwijdering van atmosferisch zuur, spelen niet-lineaire interacties tussen een groot aantal componenten een belangrijke rol. In eerste benadering mag aangenomen worden dat de veranderingen in concentratie aan totaal sulfaat (som van zwavelzuur en sulfaataerosol) en aan totaal nitraat (som van salpeterzuur en nitraataerosol) evenredig zijn met de veranderingen in respectievelijk SO_2 - en NO_x -emissies. Voor de concentraties aan vrij zuur geldt deze evenredigheid echter niet. De lokatie waar emissiereductie plaats vindt en de onderlinge verhouding in SO_2 , NO_x en NH_3 emissiereducties bepalen de veranderingen in de concentraties aan vrij zuur. Momenteel is onvoldoende informatie beschikbaar om een kwantitatief beeld te schetsen voor de zeer nabije toekomst.

Zoals eerder beschreven is een 70-80% reductie in emissies aan SO_2 , NO_x en NH_3 noodzakelijk om de depositiedoelstelling van 1400 mol per ha⁻¹ per jaar⁻¹ te bereiken. Als deze situatie in 2010 gerealiseerd is, dan zullen de concentraties aan zuur aerosol aanzienlijk lager zijn dan momenteel.

Verspreiding van zware metalen gebonden aan aerosolen

Probleemschets

Luchtemissies van zware metalen, gebonden aan aerosolen, vinden onder andere plaats bij de verbranding van kolen, in de metaal-industrie en bij het verkeer. Verwijdering uit de atmosfeer vindt uitsluitend plaats door depositie. Het gedeponeerde materiaal kan door opname in gewassen terecht komen in de voedselketen en zo een bedreiging vormen voor het milieu en de gezondheid van mens en dier. Naast opname via het voedsel wordt de mens via inhalatie blootgesteld aan zware metalen.

De afstand waarover verspreiding van zware metalen plaats vindt is afhankelijk van de grootte van het geëmitteerde aerosol. Als vuistregel kan gesteld worden dat bij toenemende diameter van het aerosol de verspreiding een meer lokaal karakter heeft. Een voorbeeld op lokale schaal is de uitwerp van koper als gevolg van de slijtage van bovenleidingen van trein en tram. Koper afkomstig van tramleidingen komt in de stad vrij en wordt naar verwachting voor een belangrijk deel met het hemelwater afgevoerd naar het riool. Het belangrijke aandeel van het wegverkeer in de totale looduitwerp leidt er toe dat ook loodverontreiniging een lokaal karakter heeft. Voor andere metalen vindt verspreiding plaats op een continentale/regionale schaal. De concentraties en deposities in Nederland zijn voor 80% of meer afkomstig van bronnen in West-Europa.

Momenteel is in Nederland uitsluitend voor lood een luchtkwaliteitsnorm van kracht, n.l. $0,5 \mu\text{g m}^{-3}$ als jaargemiddelde. Voor het 98-percentiel van 24-uursgemiddelden geldt als grenswaarde $2 \mu\text{g m}^{-3}$.

Door de WHO (1987) zijn voor de buitenlucht de volgende richtwaarden gegeven:

cadmium (Cd) :	0.001 - 0.005 $\mu\text{g m}^{-3}$	jaargemiddeld (landelijk gebied)
	0.010 - 0.020	jaargemiddeld (stedelijk gebied)
lood (Pb) :	0.5 - 1.0	jaargemiddeld
mangaan (Mn) :	1.0	jaargemiddeld
vanadium (V) :	1.0	24-uursgemiddelde

Deze waarden worden voorhands als referentiewaarde aangehouden.

Huidige situatie

Emissieschattingen van zware metalen voor een aantal West-Europese landen zijn nog onzeker (Pacyna, 1984).

Totale antropogene emissies van zware metalen (ton per jaar) in een aantal West Europese landen in de referentie jaren 1980-1982.

	Nederl.	Belgie	W-Duitsl.	Frankrijk	Ver. Konink.
As	4.9	94	227	67	62
Be	0.3	1.1	3.0	1.1	3.1
Cd	5.4	22	77	40	22
Co	5.0	13	32	24	31
Cr	25	79	252	128	127
Cu	69	232	620	170	209
Hg	5.5	8.3	25	11	23
Mn	63	161	632	354	349
Mo	3.2	8.9	19	15	18
Ni	53	108	290	353	30
Pb	1535	2189	5427	6150	5886
Sb	13	62	61	38	29
Se	8.0	31	104	37	95
V	124	266	602	575	550
Zn	467	1020	6901	3606	2084

Verschillen voor de elementen As, Cd, Co, Cr, Ni, V en Zn moeten worden toegeschreven aan verschillen in emissiefactoren voor de metallurgische industrie en voor kolengestookte installaties. Daarnaast is voor vuurhaarden het stoffilter-rendement van belang.

De bijdrage aan de totale emissie door de verschillende typen van bronnen loopt per element sterk uiteen (v. Egmond, 1986; v. Jaarsveld en v. Aalst, 1988). Significante bijdragen (meer dan 20%) aan de totale emissie worden geleverd door:

kolenstook : Be, Hg, Se
oliestook : As, Co, Hg, Ni, V
non-ferro metaal : As, Cd, Cu, Sb, Zn
(ferro) metaal : Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn
huisvuilverbranding : As, Cd, Hg, Sb
verkeer : Cd, Pb, Ni

Zowel door modelberekeningen als door metingen zijn concentraties en deposities van zware metalen vastgesteld voor de periode 1982-1983. De hoogste concentraties en deposities worden gevonden voor lood en zink. Daarna volgen vanadium, koper en mangaan.

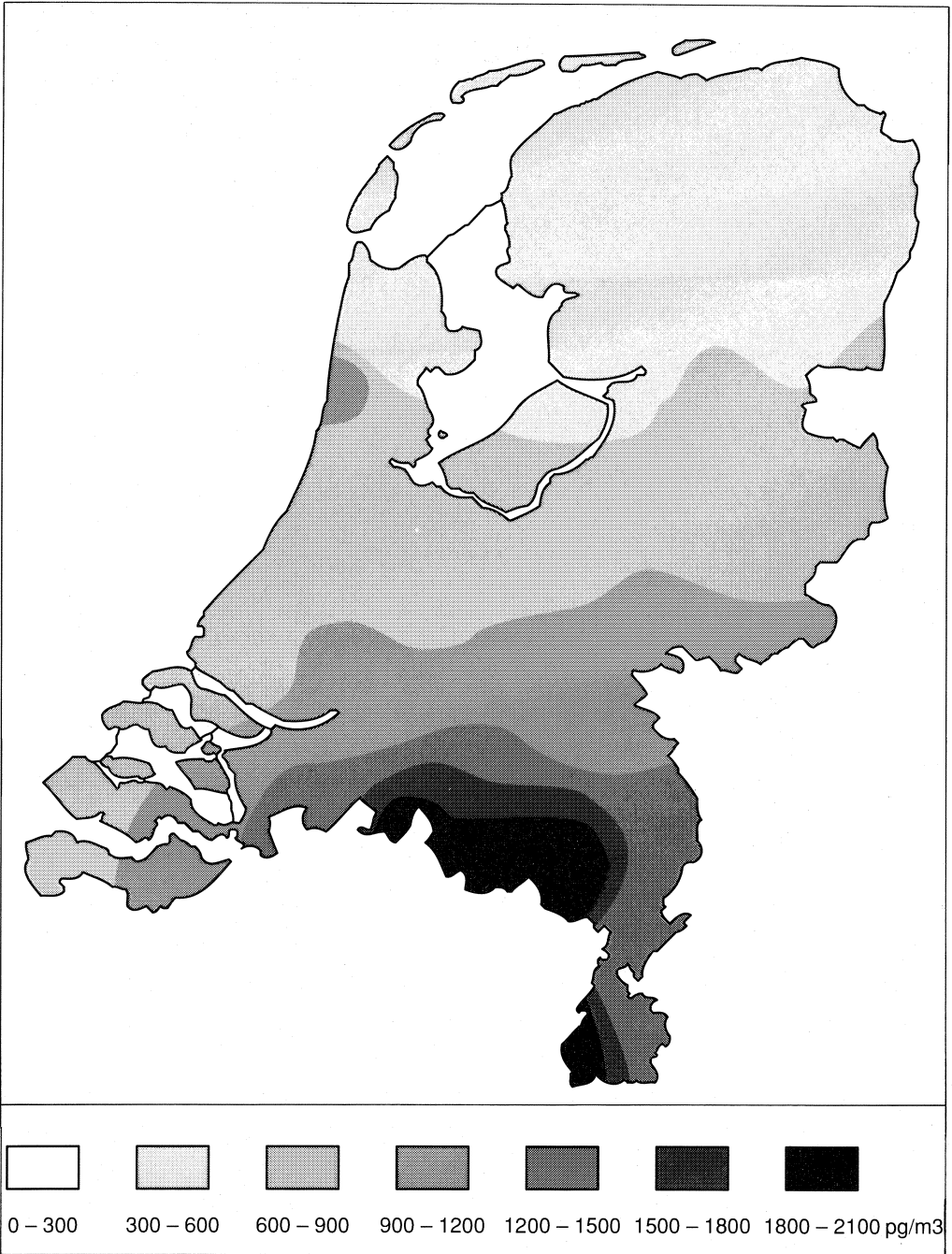
Concentratie en depositie in Nederland uit metingen (periode 1982-1983) en modelberekeningen*

	concentratie (ng m ⁻³)		depositie		totaal op NL model (ton j ⁻¹)
	meting	model	meting** (g ha ⁻¹ j ⁻¹)	model (g ha ⁻¹ j ⁻¹)	
As	3.6	2.7	< 7.5	3.7	14
Be	-	0.04	0.6	0.13	0.5
Cd	1.2	0.79	2.6	1.1	3.9
Co	0.3	0.45	< 5.0	1.5	5.7
Cr	3.0	2.7	3.0	6.0	22
Cu	19.5	8.7	22	12.7	47
Hg	0.3	0.27	< 1.4	0.9	3.3
Mn	11.1	5.5	32	12	45
Mo	-	0.25	-	0.7	2.5
Ni	5.8	7.7	14	2.9	11
Pb	126	155	100	224	830
Sb	2.4	2.1	1.9	3.4	13
Se	1.8	0.63***	< 1.6	1.6	5.8
V	12.5	12.2	14.8	20	73
Zn	82.7	77.4	156	106	390

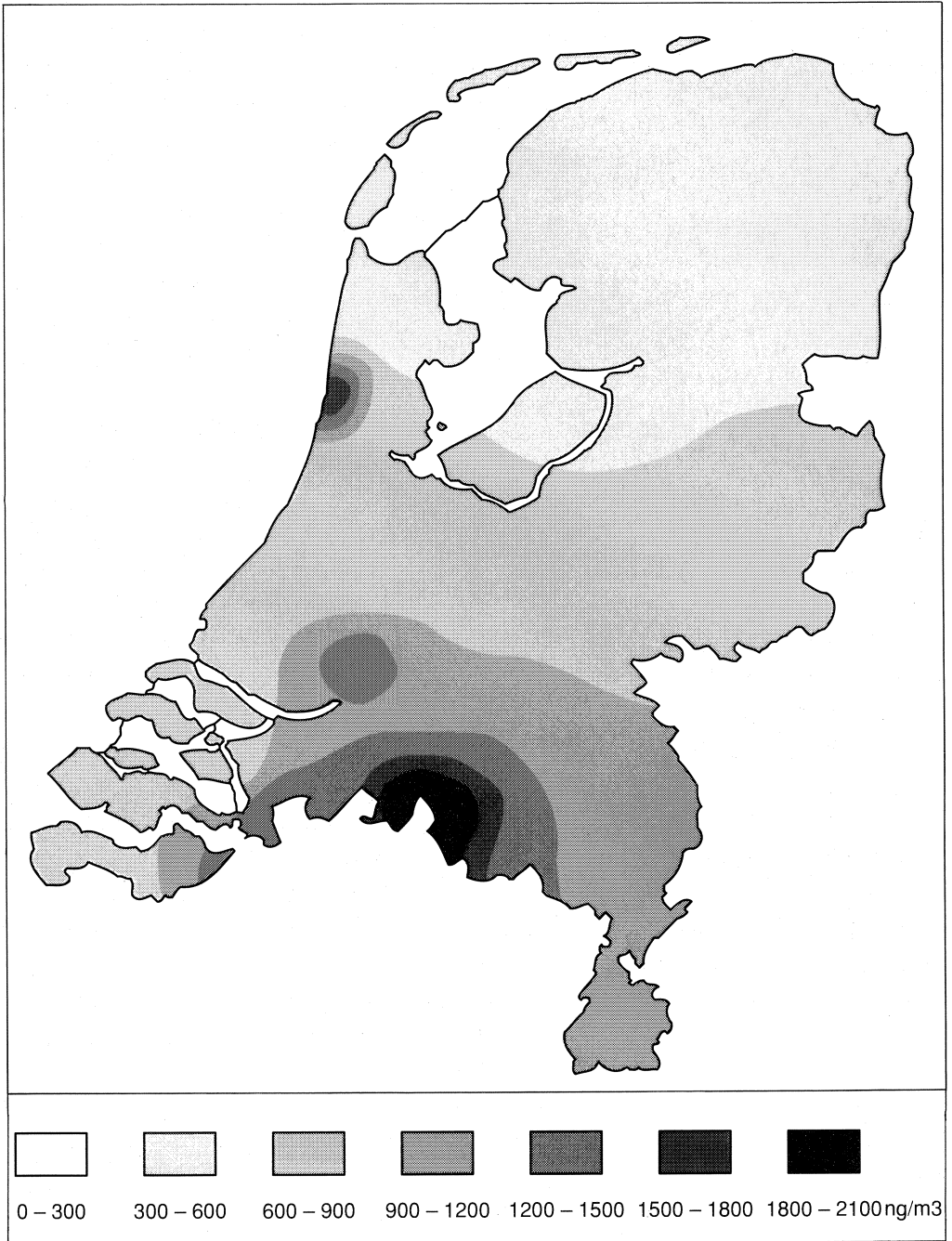
* voor meetresultaten geldt dat slechts op een beperkt aantal lokaties bemonsterd is, de modelresultaten zijn gemiddelden van een groot aantal punten over Nederland.

** droge depositie bijdrage is verkregen door de gemeten concentratie te vermenigvuldigen met een depositiesnelheid; de natte depositie bijdrage volgt rechtstreeks uit de neerslagmetingen.

*** op basis van stofgebonden emissies; de totale emissie is minstens een factor twee hoger.



Berekende jaargemiddelde concentratie in lucht voor cadmium in 1986. (bron: RIVM)



Berekende jaargemiddelde concentratie in lucht voor koper in 1986. (bron: RIVM)

De ruimtelijke verdeling van concentraties en deposities is van element tot element verschillend. Globaal komt als beeld naar voren dat de hoogste concentraties in Zuid Nederland worden gevonden. In noordelijke richting nemen de concentraties af. Lokale verhogingen worden waargenomen in Rijnmond (met name Co, Mo, Ni en V), in IJmond (met name Cu, Cr, Mn, Sb en Zn) of in de gehele randstad (met name Pb).

Overschrijding van de Nederlandse luchtkwaliteitsnormen voor lood vindt plaats in binnensteden.

De waargenomen Cd-concentraties in Rijnmond benaderen of overschrijden de WHO-richtwaarden. Voor 1986 bedroegen de jaargemiddelde Cd-concentraties in Hoek van Holland en Vlaardingen respectievelijk 0.007 en 0.010 $\mu\text{g m}^{-3}$.

De concentraties en deposities op de Noordzee zijn berekend met behulp van een atmosferisch transportmodel. De "gemeten" depositie is verkregen door extrapolatie van waarnemingen op kuststations. De onzekerheid in de "gemeten" depositie is groot. De concentratie-metingen op kuststations zijn mogelijk niet representatief voor de gehele Noordzee en de depositiekenmerken boven de Noordzee zijn slechts bij benadering bekend. Zowel de berekende als de "gemeten" depositiecijfers hebben uitsluitend betrekking op de directe depositie in de Noordzee. De indirecte bijdrage, via uitspoeling van gedeponerd materiaal in het stroomgebied van de toevoerende rivieren, is onbekend (v. Jaarsveld, 1986).

Geconcludeerd moet worden dat atmosferische depositie een significante bijdrage vormt van de totale belasting van de Noordzee.

Berekende jaargemiddelde luchtconcentratie, totale atmosferische depositie en niet-atmosferische toevoer naar de Noordzee.

	lucht concentratie in ng/m^3	atmosferische depositie in ton/ jaar berekend	"gemeten"	overige toevoer in ton/jaar
As	0.63	42	150-510	
Sb	0.28	20	65-225	
Cd	0.21	14	70-380	340
Cr	0.63	74	100-530	3700
Cu	1.9	130	380-1600	3900
Ni	2.0	150	360-3600	2000
Pb	33	2600	1800-6400	4900
Zn	17	1200	3900-12000	23000

Toekomstige ontwikkelingen

Gegevens omtrent de toekomstige ontwikkelingen van luchtmissies van zware metalen zijn slechts in geringe mate beschikbaar.

In het Nationaal Onderzoeksprogramma Kolen zijn de consequenties van de herintroductie van kolen voor de luchtverontreinigingsniveaus onderzocht. Hieruit blijkt dat de bijdrage van de Nederlandse kolengestookte centrales aan de landelijk gemiddelde concentraties in 2010 ten opzichte van het achtergrondniveau in 1983 voor Al, Be, Hg 3-5% is. Voor alle andere metalen geldt hetzelfde als voor de bijdrage aan de concentraties. In de directe omgeving van centrales kunnen deze bijdragen veel hoger zijn.

De Nederlandse luchtmissies van Cd kunnen verlaagd worden van 4,2 ton/jaar in 1985 tot 3,4 ton/jaar bij autonome ontwikkeling en 2,2 ton/jaar bij extra maatregelen (Ros, 1987).

De Cd-depositie en concentratie zal in 2000 bij de autonome ontwikkeling ca. 4% lager liggen dan momenteel. Indien extra maatregelen getroffen worden is een vermindering van ca. 10% te verwachten. Beide schattingen zijn gebaseerd op gelijkblijvende buitenlandse emissies. Indien de emissiereducties in het buitenland (met name in België en West-Duitsland) gelijke tred houden met de Nederlandse emissiereductie is een verlaging van 20%, respectievelijk 50% te verwachten.

Voor de overige zware metalen mag aangenomen worden dat een verdergaande toepassing van rookgasreiniging en stofafscidders zal leiden tot vermindering in luchtmissies en daarmee gepaard gaand eveneens een vermindering in concentratie en depositie. Een mogelijke uitzondering hierop vormt wellicht platina dat kan vrijkomen bij de invoering van de driewegkatalysator. Dit is echter vooral een lokaal probleem in zeer drukke straten.

4.5 Kernreactor-ongevallen

Probleemschets

Kernenergie kan langs een drietal wegen tot milieubelasting leiden: radioactief afval, reguliere lozingen en kernongevallen. De eerste twee komen aan de orde in de hoofdstukken over regionale en fluviale schaal en hebben voorsnog een te verwaarlozen effect op de volksgezondheid. Minder dan 0.01% van de gemiddelde stralingsbelasting in Nederland is een gevolg van reguliere lozingen (Blaauboer en Vaas, 1988). Indien een kernongeval

plaats vindt zal dit mogelijk een veel grotere stralingsbelasting voor de bevolking tot gevolg hebben.

Pogingen om op meer gegeneraliseerde wijze de ernst van een ongeval en de kans op dat betreffende ongeval te vertalen en te kwantificeren in termen van risico's voor milieu en volksgezondheid worden momenteel door de IAEA ondernomen onder de naam Unifying Approach. In hoeverre deze benadering ingang zal vinden en eventueel beleidsrelevante resultaten zal opleveren is nog moeilijk in te schatten.

De ernst van een ongeval wordt in eerste instantie bepaald door de bronterm, dat wil zeggen de hoeveelheid radioactieve stoffen die naar de omgeving wordt geloosd. De ernstigste ongevallen zijn die ongevallen waarbij de reactorkern beschadigd raakt, (gedeeltelijk) smelt en de insluitconstructie in een vroeg stadium faalt als gevolg waarvan een belangrijk deel van de reactorinhoud in het milieu terecht komt. Op dit moment bestaat onvoldoende inzicht in de kans op ongevallen en de daarbij behorende gevolgen voor de bevolking van de Europese kerncentrales. Het is daarom ook nog niet mogelijk een totale risicoschatting te maken van de toepassing van kernenergie voor de Nederlandse bevolking.

Gevolgen van kernongevallen voor de volksgezondheid zijn van tweeërlei aard: acute slachtoffers (niet-stochastische effecten) en slachtoffers die aan kanker sterven tien jaar of langer na het ongeval (stochastische effecten). Deze gevolgen zijn, gelet op het voorgaande, alleen bezien voor een mogelijke nieuw te bouwen kerncentrale in Nederland. Deze informatie is ontleend aan het project herbezinning kernenergie.

Voorspellingsmethode

De voorspellingsmethode die op grond van een ongeval aangeeft welke risico's dit ongeval voor mens en milieu inhoudt, kan opgesplitst worden in een aantal min of meer onafhankelijke stappen. In concreto betekent dit het vaststellen van de bronterm, de verspreiding, de belastingspaden, de stralingsbelasting en het uiteindelijke risico.

De bronterm is een complex van gegevens over met name de omvang, de samenstelling, het moment, de duur en de hoogte van de lozing. Bij het bepalen van de bronterm is een groot aantal factoren van belang, zoals de reacties die in de kern optreden, de invloed van het menselijk handelen, het gedrag van de noodsystemen en de omhulling. In het kader van het project Herbezinning Kernenergie is een drietal brontermen gedefinieerd, respectievelijk de bronterm-10%, 1% en 0,1%, benoemd naar het percentage vluchtige stoffen dat geloosd wordt. Het ongeval in Tsjernobyl is

vergelijkbaar met de bronterm-10%. De bronterm 10% is in het project Herbezinning Kernenergie niet in beschouwing aangezien de kans op het optreden hiervan kleiner dan 10^{-9} per reactorjaar is. De Gezondheidsraad moet zich nog uitspreken over de juistheid van deze aanname.

Percentage van de verschillende componenten van de reactorinhoud die geloosd worden voor de drie brontermen zoals gedefinieerd in het project Herbezinning Kernenergie.

	gassen		vluchtig			minder vluchtig		niet vluchtig
	Xe,Kr	I,Br	Cs,Rb	Te,Se	Ba	Ru*)	Sr,La*)	
Bronterm 10 %	100	10	10	10	10	10	1	
Bronterm 1 %	100	1	1	1	1	1	0,1	
Bronterm 0,1 %	100	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,01	
Ter vergelijking:								
Tsjernobyl	100	20	10	15	6	3	4	

*) nucliden representatief voor de groep edelmetalen respectievelijk zeldzame aarden.

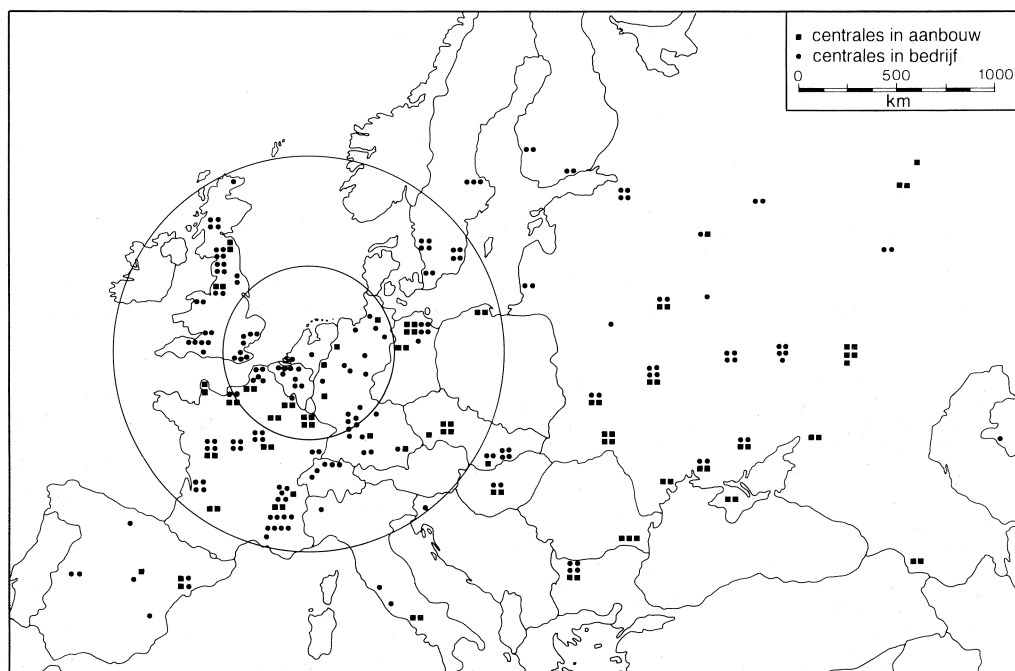
De verspreiding van de geloosde stoffen zal voor ernstige ongevallen in eerste instantie via de lucht plaats vinden. Hiervoor zijn dus parameters zoals de windsnelheid, de windrichting en de dikte van de menglaag van belang. Vervolgens zullen droge en vooral natte depositie tot gevolg hebben dat de radioactieve stoffen op de bodem en in het oppervlaktewater terecht komen en uiteindelijk de voedselketen bereiken. Voor de berekening van de verspreiding is niet alleen het percentage geloosde stoffen van belang, maar ook de vertragingstijd tussen afschakeling van de reactor en de aanvang van de lozing, de hoogte van de lozing en de afmetingen van de centrale in verband met de invloed van het gebouw op luchtstromingen. In het kader van de Herbezinning Kernenergie zijn ook voor deze parameters aannamen gedaan.

besmetting of uitwendige bestraling. De modellen resulteren in een grootheid genaamd het effectieve dosisequivalent waarin onder andere zijn verdisconteerd het soort straling, de halfwaardetijd, de gevoeligheid van de verschillende organen voor ioniserende straling en het gedrag van de stoffen in het menselijk lichaam. De stralingsbelasting wordt uitgedrukt in sievert.

Op grond van experimentele gegevens en de aanname van een lineaire dosis-effect-relatie kan het risico voor een bepaalde stralingsbelasting berekend worden uit de risicofactoren. In overeenstemming met het project Herbezinning Kernenergie (Zorn, 1988) wordt hier een risicofactor van 0.02 per sievert voor fatale tumoren gehanteerd. Voor genetische effecten geldt bij 100% kind verwachting, zoals voor jonge werkers en kinderen, een risicofactor van $0,4 \cdot 10^{-2}$ per sievert. Een dergelijke risicobeschouwing zou toegepast moeten worden op alle bestaande en eventueel nog te bouwen kerncentrales. Dit bleek in het kader van deze lange termijn verkenning nog niet mogelijk.

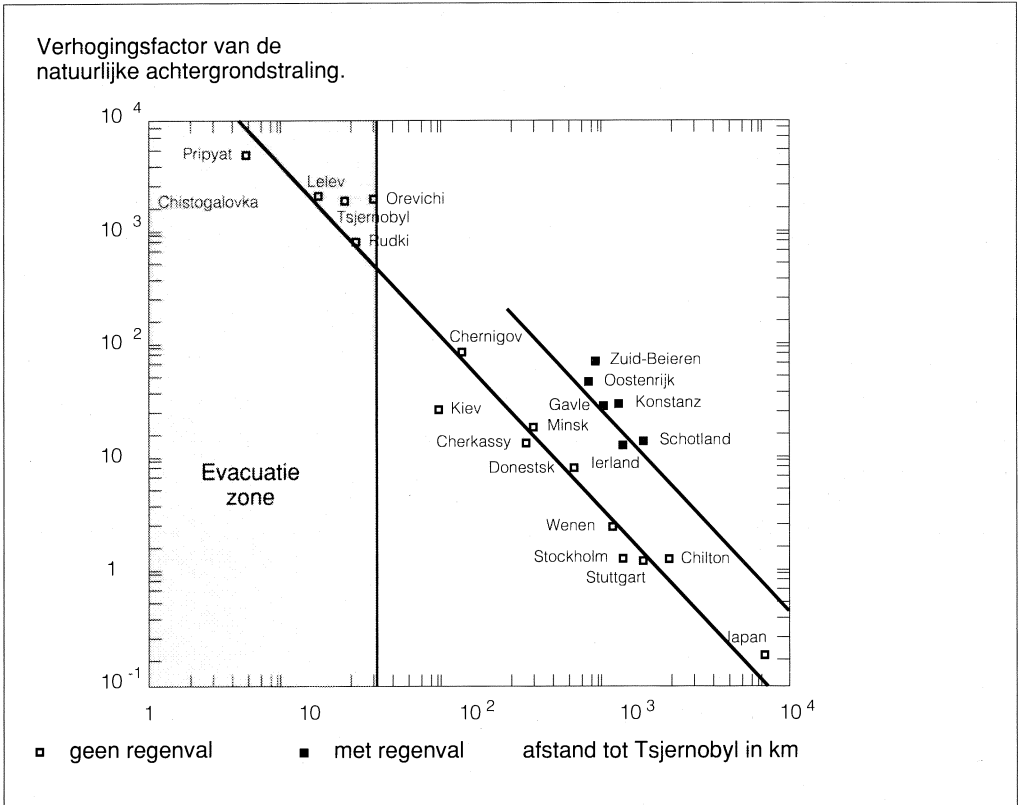
Huidige situatie

Kernenergie neemt in Europa een belangrijke plaats in in de energievoorziening.



Kernenergiecentrales in Europa. Aangegeven zijn de gebieden met stralen van 450 en 1000 km van Utrecht.

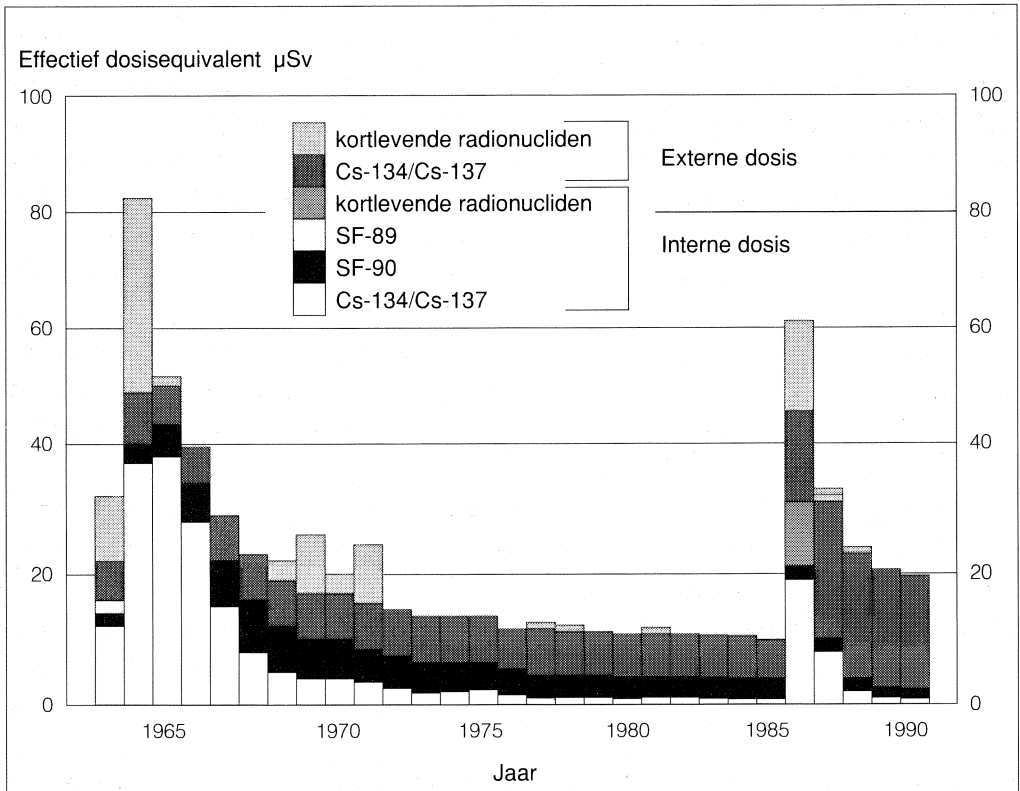
Op basis van gegevens van onder andere de IAEA kan worden becijferd dat zich binnen een straal van 450 en 2000 km respectievelijk 78 en 185 kerncentrales in bedrijf bevinden en respectievelijk 17 en 62 in aanbouw. Het ongeval in Tsjernobyl illustreert de rol die de afstand tot de bron voor de natte en de droge depositie speelt. Er blijkt een direct verband te bestaan tussen het stralingsveld (exposietempo) als gevolg van depositie en de afstand tot de plaats van het ongeval, waarbij regenval een grote rol speelt.



De factor waarmee het achtergrondexposietempo is verhoogd voor verschillende plaatsen als functie van de afstand tot Tsjernobyl.

Voor de huidige situatie met betrekking tot ongevallen en de gevolgen voor de volksgezondheid zijn de ervaringen met Three Miles Island (TMI) en Tsjernobyl van groot belang. TMI was een ernstig ongeval in die zin dat kernsmelting is opgetreden. De gevolgen voor de volksgezondheid blijken echter, als gevolg van het bestand blijven van de insluitingsconstructie, te verwaarlozen. Mede door de afwezigheid van een goede insluitingsconstructie heeft het ongeval in Tsjernobyl echter wel gevolgen voor milieu en volksgezondheid. Zowel door de aard van het ongeval als door

de heersende meteorologische omstandigheden is de besmetting verspreid over vrijwel het gehele noordelijk halfrond. Schattingen van het collectieve dosisequivalent dat hier het gevolg van is over de komende vijftig jaar variëren, maar schommelen rond de miljoen mentsievert (Hohenemser en Renn, 1988). Gebruik makend van de hierboven vermelde risicofactor voor fatale tumoren van 0,02 per sievert komt dit overeen met ongeveer twintigduizend slachtoffers op de lange termijn, waarvan ongeveer de helft in de USSR. Opgemerkt dient te worden dat de discussie over de risicofactoren vooral bij lage doses nog gaande is. Bij een niet lineaire dosis-effect-relatie of bij het bestaan van een drempeldosis kan de risicofactor bij lage doses verschillen van die voor de hogere dosesregimes waarop de waarde van 0,02 per sievert is gebaseerd. Afhankelijk van de gebruikte literatuur worden dan ook waarden gevonden die variëren van 0 tot 28.000 slachtoffers. Epidemiologische studies zullen de komende tientallen jaren uit moeten wijzen of de stochastische effecten in met name de USSR meetbaar zijn ten opzichte van de reeds onder normale omstandigheden voorkomende gevallen van kanker.



Gemiddelde stralingsbelasting van een individueel lid van de Nederlandse bevolking als functie van de tijd sinds het begin van de jaren zestig als gevolg van de kernwapenexplosies en het ongeval in Tsjernobyl. (bron: RIVM)

De gevolgen van Tsjernobyl in termen van stralingsbelasting voor Nederland zijn gerapporteerd door de Coördinatiecommissie Radioactieve en Xenobiotische Stoffen (CCRX). Hieruit blijkt dat in 1986 een individueel lid van de bevolking een dosisequivalent van gemiddeld 60 microsievert door Tsjernobyl heeft opgelopen.

Toekomstige ontwikkelingen

Er kan een redelijke schatting worden gemaakt van het verloop van de stralingsbelasting ten gevolge van Tsjernobyl in de komende jaren. Extrapolatie van de beschikbare gegevens wijst uit dat de bijdrage van Tsjernobyl rond 2010 vijf tot tien microsievert zal bedragen. Dit is minder dan 1% van de gemiddelde stralingsbelasting van de Nederlandse bevolking voor 1987.

Hoe het risico van toepassing van kernenergie zich verder in de toekomst zal ontwikkelen hangt af van een groot aantal factoren. Om te beginnen is de schaal waarop kernenergie als energiebron zal worden toegepast van belang. Schattingen voor Europa wijzen uit dat het aantal kerncentrales tussen nu en 2010 ongeveer zal verdubbelen. Aan de andere kant valt te verwachten dat de ontwerpen van de kernreactoren nog verder zullen verbeteren. In het project Herbezinning Kernenergie wordt er van uitgegaan dat het in principe mogelijk is om reactoren te bouwen en te bedrijven die een kans kleiner dan 10^{-9} hebben voor een ernstig ongeval (bronterm-10%). Kwaliteitsborging, automatisering en strengere veiligheidsvoorschriften kunnen bij de exploitatie van kerncentrales de kans op een ongeval verkleinen, terwijl een verbetering van het on-site en off-site ongevalsmanagement de gevolgen van een eventueel ongeval verder kunnen beperken. De mate waarin intrinsiek veilige centrales of kernfusie de veiligheid van de nucleaire energievoorziening in de toekomst verder zullen verhogen is moeilijk in te schatten.

In het kader van het project Herbezinning Kernenergie is een studie gedaan naar de gevolgen voor Nederland van een ongeval met bronterm 1% in een kernenergiecentrale in Nederland.

Belangrijk is dat de voor de verschillende bevolkingsgroepen geëigende maatregelen (i.e. evacuatie, schuilen en jodiumprofylaxe) zijn getroffen. Het resultaat van de analyse, zoals berekend door de auteurs, is als volgt samen te vatten.

Op korte termijn (d.w.z. in de eerste maand) vallen geen dodelijke slachtoffers. Bij ongunstige weersomstandigheden (die zich voordoen in 5% van de tijd) treden bij minder dan 1000 personen minder ernstige

stralingsziekten op. Bij overige weerscondities is dit minder dan 100.

Op de langere termijn (50 jaar) zal als gevolg van de stochastische effecten van de blootstelling aan straling de kans worden verhoogd om aan kanker te sterven. Voor personen die op een afstand kleiner dan 15 km van de centrale wonen zal deze kans maximaal 0,15% bedragen. Voor personen buiten deze cirkel is dit maximaal 0,05%. Hierbij is er van uitgegaan dat tijdelijke evacuatie en voedselcontrole plaats vinden.

Blijven maatregelen achterwege, dan zal bij meer dan 1000 personen een overschrijding van het effectieve dosisequivalent van 500 mSv optreden.

Momenteel wordt voor leden van de bevolking (onder niet-ongevalsomstandigheden) een dosislimiet van 5 mSv (eenmalig) gehanteerd. Voor langdurige blootstelling is dit 1 mSv.

Invloed van maatregelen op het verwachte aantal personen waarbij in 24 uur na een ongeval met bronterm-1% een effectief dosisequivalent van 500 mSv wordt overschreden.

Maatregel	Verwachtingswaarde 1)	
	RVP 2)	Moerdijk
Schulen en evacuatie	67	9
Schulen	350	200
Evacuatie	730	430
Geen maatregelen	1600	1200

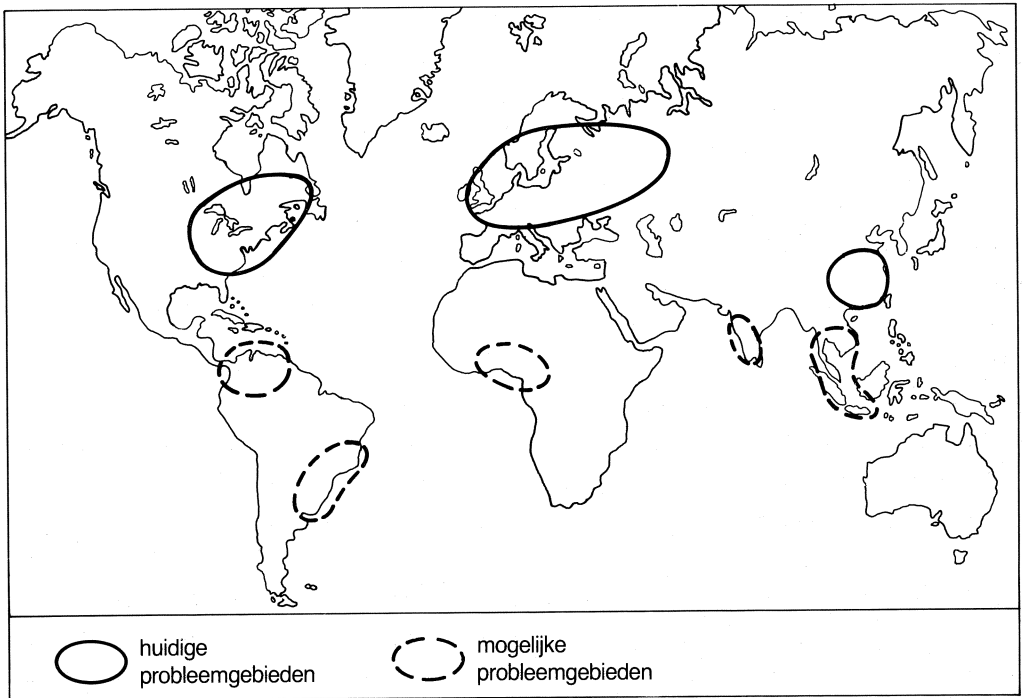
1) Verwachtingswaarde: over alle waarden gemiddeld, rekening houdend met de kans van voorkomen van die waarde

2) Referentie vestigingsplaats (zie voor details Zorn, 1988)

Behalve schade aan milieu en volksgezondheid kan er ook economische schade optreden. In het project Herbezinning Kernenergie worden resultaten gepresenteerd van berekeningen van deze schade op grond van kostenramingen voor de verschillende sectoren van de samenleving zoals de agrarische produktie, drinkwatervoorziening, de gezondheidszorg en de energievoorziening. Het blijkt dat voor twee gekozen vestigingsplaatsen geldt dat de schade in de meeste gevallen tien tot maximaal dertig miljard gulden bedraagt. Bovenstaande beschouwing geldt voor slechts een centrale in Nederland. Zoals eerder vermeld bleek het nog niet mogelijk de geaccumuleerde risico's en gevolgen voor alle centrales vast te stellen.

4.6 Duurzaamheid op continentaal niveau

Het grootschalige transport van verzurende stoffen en van foto-oxidantia door de lucht wordt als een essentieel continentaal probleem gezien. Dit doet zich overigens niet alleen voor in Europa maar ook op andere continenten. In Noord-Amerika en China is verzuring reeds een geconstateerd probleem. Verzuringgevoelige gebieden bevinden zich in Zuid-Amerika (Venezuela, Brazilië), Afrika (Nigeria) en Azië (India, Indonesië en Maleisië) doch daar treedt verzuring nog niet op. Het ozonprobleem in de tropen is waarschijnlijk ernstiger dan in Europa en Noord-Amerika. Het ontstaat door het verbranden van organisch materiaal in combinatie met de sterke zonnestraling. Boven Brazilië bevindt zich een ozonwolk met schadelijke concentraties voor mens en ecosysteem. Naar verwachting treedt dit verschijnsel ook in Afrika op. (Acid news, 1988).

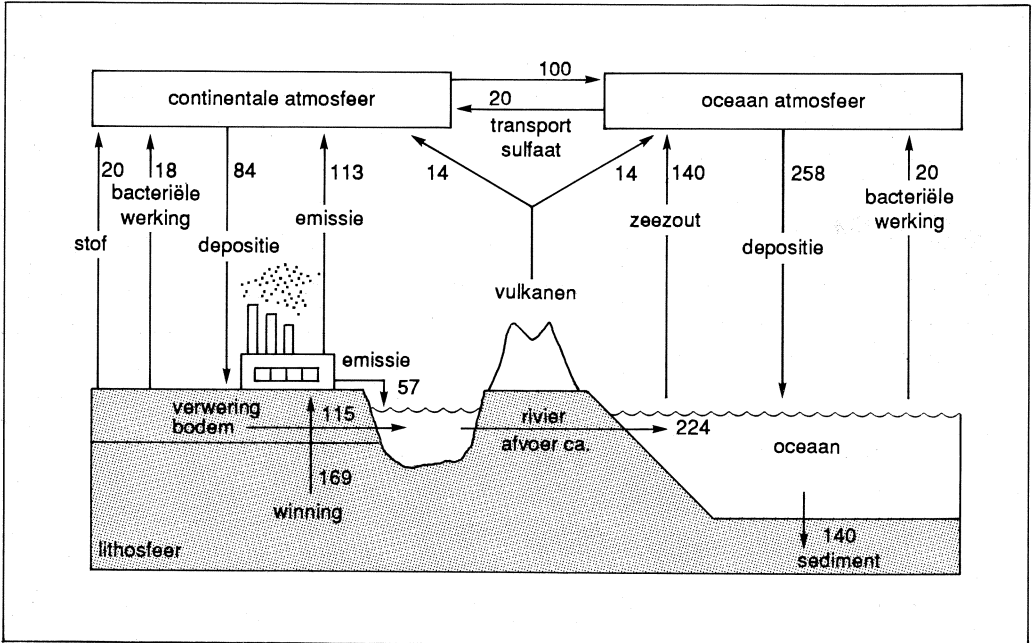


Gebieden waar verzuringsproblemen reeds optreden dan wel zouden kunnen optreden gelet op de gevoeligheid van de bodems en de omvang van de emissies.

Biogeochemische kringlopen

Zwavel speelt een belangrijke rol in de continentale milieuproblemen. De menselijke invloed op de natuurlijke kringloop van deze stof kan daarom als een maat gezien worden voor de mate waarin de aantasting van de duurzaamheid in het geding is. Ook de stikstofkringloop is van belang doch hiervoor is nog geen eenduidige informatie beschikbaar.

Het vervaardigen van dergelijke balansen is niet eenvoudig. Zo'n kringloop is alleen globaal op wereldschaal te schetsen (Ivanor en Freney, 1986). Door de korte verblijftijden van de meeste zwavelverbindingen is de hoeveelheid zwavel die in de atmosfeer achterblijft betrekkelijk gering (3-7 TgS) ten opzichte van de zwavelstromen naar water en bodem en omgekeerd. De emissies van zwavel vanaf het land bestaan voor het natuurlijke deel in ongeveer gelijke mate uit gereduceerde zwavelverbindingen, SO₂ en sulfaat.

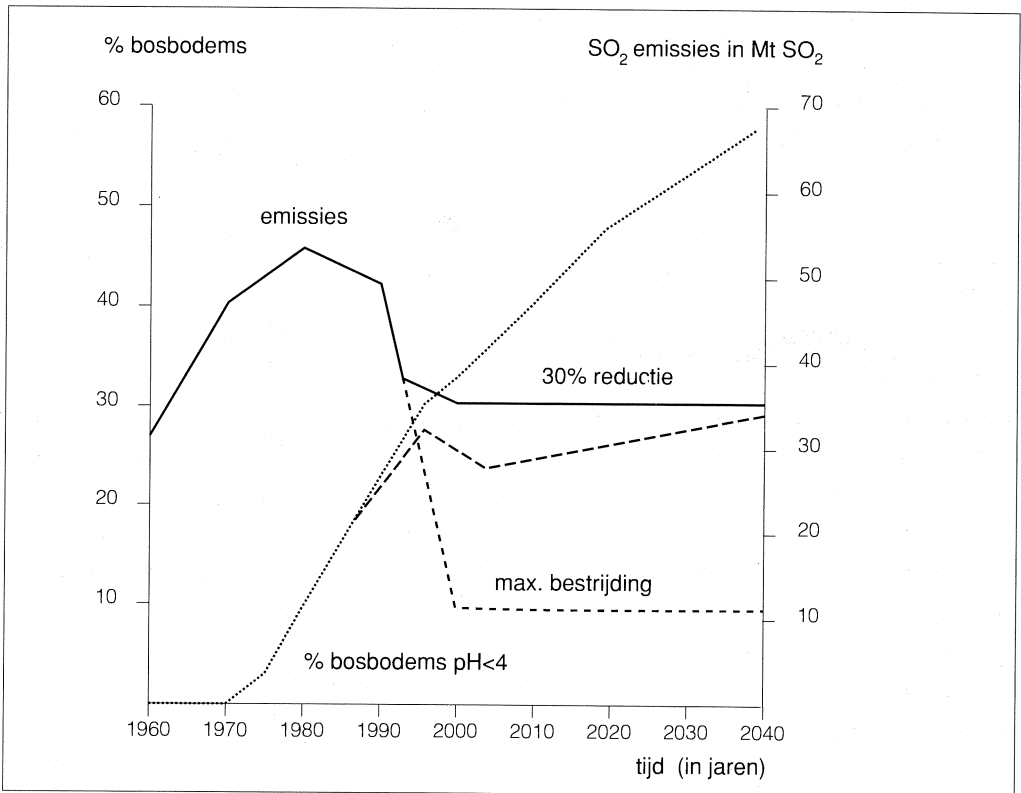


De zwavelkringloop tussen atmosfeer, water en land op mondiale schaal in TgS (= 10¹² gram zwavel) per jaar. (bron: NASA).

Vulkanen, verbranding van biomassa, bodems en planten zijn daarvan de bronnen. Grote onzekerheid bestaat over de emissie van H₂S door bodems en planten. Opwaaiend stof is een bron van sulfaat. In de zeeën en oceanen is het zeezoutaerosol dat grotendeels weer deponert op de oceanen de belangrijkste bron. Daarnaast worden in de oceanen door enkele algensoorten belangrijke hoeveelheden van de gereduceerde zwavelverbinding dimethylsulfide gevormd die naar de lucht ontwijken. De antropogene emissies van zwavel bestaan vrijwel uitsluitend uit SO₂. Ongeveer een kwart tot de helft daarvan is uit Europa afkomstig. Uit de gegeven marges blijkt dat er nog veel onzekerheid bestaat over de geschetste zwavelkringloop en de daarin van belang zijnde processen. Duidelijk is echter dat het menselijk handelen de natuurlijke zwavelkringloop op mondiale en in nog sterkere mate op Europese schaal heeft verstoord.

De verstoring van de zwavelbalans uit zich in vergrote deposities op water en land en als gevolg daarvan aantasting van het zuurbufferend vermogen van de bodem. Daarin speelt de factor tijd een belangrijke rol. Door IIASA zijn berekeningen uitgevoerd naar de invloed van SO₂ emissies sinds 1960 op de zuurgraad van bosbodems in centraal Europa. Voor de emissies na 1980 zijn twee scenario's aangenomen te weten 30% reductie in geheel Europa en maximale bestrijding leidend tot ongeveer 80% emissiereductie. De verzuring van de bodem blijkt ongeveer 30 jaar na te ijlen op de toename van de emissies van SO₂. Reductie van de emissies met 30% is onvoldoende om de verzuring van de bosbodems tegen te gaan. Ongeveer 60% van de bosbodems zal dan in 2040 een pH lager dan 4 hebben. Extra maatregelen brengen dit terug tot ongeveer 30%. In 1985 bezat ongeveer 20% van de bosbodems een pH lager dan 4 (Hordijk et al., 1987).

Deze berekeningen tonen aan dat aantasting van de buffercapaciteit van de bodem ten opzichte van de veroorzakende emissies vertraagd zichtbaar wordt en zelfs bij drastische beperking van de emissies vrijwel niet meer te herstellen is.



Emissies van SO₂ in Europa en het percentage bosbodems in centraal Europa dat daardoor een pH lager dan 4 heeft in de periode 1960-2040. (bron: IIASA)

Levende organismen zijn betrokken in vrijwel alle omzettingsprocessen van zwavel waardoor de zwavelkringloop gekoppeld is aan de koolstofkringloop. De zwavelkringloop is ook gekoppeld aan de kringloop van metalen doordat zwavelverbindingen metalen kunnen binden en mobiel maken. Door aantasting van de bossen en andere vegetaties kan ook de hydrologische kringloop beïnvloed worden. De problemen rond de te hoge ozonconcentratie op leefniveau dragen meer een stromingskarakter. Er is een koppeling met de koolstofcyclus (methaan en koolmonoxide) en de continentale stikstofcyclus (stikstofoxiden).

Effecten op biota

Kenmerkend voor continenten is de aanwezigheid van geomorfologische structuren, zowel van geologisch zeer oude als zeer jonge datum. Daaraan gekoppeld leiden de klimatologische karakteristieken tot vegetatiezones met eigen kenmerken, die samenhangen met aangrenzende geomorfologische eenheden. De milieuproblemen op mondiale schaal veranderen de condities op de continentale schaal al zodanig, dat veranderingen onvermijdbaar zijn. Zo zullen de klimaatveranderingen mogelijk leiden tot het verdwijnen van kust- en riviersystemen, het destabiliseren van natuurlijke systemen veroorzaakt door veranderingen in soorten-samenstelling en -interacties, en vermoedelijk ook tot verschuiving van de natuurlijke vegetatie zones. Deze veranderingen zullen gepaard gaan met het verlies van soorten en populaties die niet in staat zijn te adapteren of te ontsnappen aan de veranderingen in omgevingsfactoren. Op organisme- en soortniveau vertalen deze ontwikkelingen zich naar veranderingen in plantengroei, in groeireactie en opbrengst, in bladgrootte (schaduw), in waterbehoefte, in de lengte van groeiseizoenen, enz. Deze ontwikkelingen lijken al in gang en zich te voltrekken in een toenemend tempo. Als gevolg daarvan staan de systemen onder antropogene druk waardoor aan het aanpassingsvermogen hogere eisen gesteld worden en de herstelmogelijkheden beperkter zijn dan in ongestoorde toestand.

Als continentale milieuproblemen worden vooral de depositie van milieubelastende stoffen en de vorming van ozon beschouwd. Ozon veroorzaakt niet alleen schade aan organen in dierlijke organismen, maar ook vele planten vooral in de reproductieve fase zijn uiterst kwetsbaar. Dit leidt tot verlaging van de reproductie en de opbrengst en daarmee verandering in de relatiepatronen tussen de soorten onderling. De door depositie van verzurende stoffen veroorzaakte veranderingen van karakteristieke bodemkenmerken en de samenstelling van het grondwater, verminderen de herstelmogelijkheden van soorten en populaties. In combinatie met

vermestende stoffen kan eenzijdige groei optreden van soorten (vergelijkbaar met algengroei in geëutrofiëerde wateren) die door hun dominantie de diversiteit in structuur en functie op redelijk korte termijn ingrijpend en vaak nauwelijks herstelbaar zullen beïnvloeden.

Het herstelvermogen en de mogelijkheden tot adapteren aan nieuwe situaties is gelimiteerd voor alle biotische elementen. De factor tijd is daarbij van essentieel belang. Bovendien zijn alle biotische elementen onder druk van al reeds bestaande antropogene stressfactoren een, nog onbekend deel van hun herstelvermogen kwijtgeraakt. De additionele en toenemende vormen van stress zullen dan ook leiden tot het verdwijnen van gevoelige systemen, die uniek zijn voor het continent zoals de Waddenzee, duingebieden, zoute en brakke getijdengebieden, stuifzanden, en buiten Nederland bijvoorbeeld kwetsbare bossystemen en alpine vegetaties. Dit zal uiteindelijk resulteren in het verlies van componenten met een eigen functie op het continent en tot een minder grote variatie van biotische componenten vaak gedomineerd door slechts enkele soorten. Naast consequenties voor de produktie van de zones, het in gevaar brengen van biotische componenten elders, het verdwijnen van voldoende diversiteit zal dan ook leiden tot een aanmerkelijke vermindering van het genenreservoir. Dit laatste heeft met name zowel voor de landbouw als ook voor natuurlijke componenten onoverzienbare gevolgen.

Antropogene beïnvloeding

Om in Nederland de meest ernstige schade te voorkomen zullen in ons land en de ons omringende landen de emissies van SO_2 met 90% en van NO_x met 70% moeten dalen ten opzichte van 1980. De NO_x -emissies in Oost-Europa zullen dan met 30% moeten dalen. De NH_3 -emissies in Nederland moeten met 80% dalen en in de ons omringende landen met 60% ten opzichte van 1980. Met de beschikbare technische bestrijdingsmaatregelen zijn in Nederland reducties van 74% voor SO_2 , 57% voor NO_x en 68% voor NH_3 haalbaar. Om de meest ernstige schade door ozon op leefniveau te voorkomen is een emissiereductie van 70-90% in Europa nodig van VOS en NO_x voorzover het de piekconcentraties betreft. Voor de groeiseizoengemiddelde concentratie zijn gelijksoortige reducties op wereldschaal gewenst. In Nederland is een reductie van de VOS-emissie met 50% technisch haalbaar. Bij een toename in de mondiale emissies van 3% per jaar voor CO , NO_x en VOS en 0,5% per jaar voor CH_4 wordt een toename van de groeiseizoengemiddelde concentratie ozon van 1% per jaar verwacht.

Bij de genoemde reducties zullen zure aerosolen naar verwachting geen probleem meer vormen. Metaalaerosolen spelen vooral een rol door deposities

op fluviale en regionale schaal. Voor de Noordzee vormen deze deposities een belangrijke bron van belasting met zware metalen.

De gewenste reductie percentages liggen aan de grens van of overschrijden hetgeen mogelijk is met emissiereducerende maatregelen door het gebruik van toegevoegde technologie. Mede gelet op de vaak hoge kosten van deze emissiereducerende maatregelen zal meer aandacht nodig zijn voor volume- of structurele maatregelen in vooral de energiesector, de landbouw en het verkeer.

Literatuur Continentale Milieuproblemen

Algemeen

Acid News No. 2, May 1988

The problem of acidification looms

M.V. Ivanov, J.R. Freneij, 1986

The global biogeochemical sulphur cycle

Scope 19.

Hordijk et al, 1984

Verzuring Europa

Ozon op leefniveau

Isaksen I.S.A. en Hov O.

Calculations of trends in the tropospheric concentrations of O₃, OH, CO, CH₄ and NO_x

Tellus, 39B, 271-285

Slooff W., van Aalst R.M., Heyna-Markus E. en Thomas R. (redactie), 1987

Ontwerpbasisdocument Ozon

Rapport 758474002, RIVM, Bilthoven

De Leeuw F.A.A.M., van Rheinck Leyssius H.J. en Bultjes P.J.H.; 1988

Modelmatige beschrijving en voorlopige resultaten

Rapport in voorbereiding, RIVM, Bilthoven

Van den Hout K.D., van Aalst R.M., Besemer A.C., Builtjes P.J.H. en de Leeuw F.A.A.M.; 1985

Rekensysteem Luchtverontreiniging XLVIII: koolwaterstoffen in relatie tot de luchtkwaliteit

CMP-TNO, Delft, rapport CMP 85/03

Builtjes P.J.H., Stern R.M. en Reynolds S.D.; 1987

PHOXA: the use of a photochemical dispersion model for several episodes in Northwestern Europe

Proceedings 16th International Technical Meeting on Air Pollution Modeling and its Applications, Lindau (FRG)

Verzuring

Schneider T. en Bresser A.H.M.; 1987

Verzuringsonderzoek eerste fase; Tussentijdse Evaluatie

Publikatiereeks: Dutch Priority Programme on Acidification nr. 00-04

RIVM, Bilthoven

Anonymus; 1988

Luchtkwaliteit, jaarverslag 1986

RIVM, Laboratorium voor Luchtonderzoek, afdeling Luchtkwaliteit, Bilthoven

Erisman J.W. et al.; 1987

Depositie van voor verzuring in Nederland belangrijke componenten in de jaren 1980 t/m 1986

Rapportnummer 2284473001, RIVM, Laboratorium voor Luchtonderzoek, Bilthoven

Anonymus; 1983-1987

De vitaliteit van het Nederlandse Bos (delen 1 t/m 5)

Verslag van de landelijke inventarisatie (1983 t/m 1987)

Staatsbosbeheer, Sector Bosbouw, Afdeling Bosontwikkeling, Utrecht

Anonymus; 1987

Tussentijdse Evaluatie Verzuringbeleid

Ministerie van VROM, Ministerie van V&W, Ministerie van L&V, 's-Gravenhage

Kauppi P. et al.; 1985

Acidification of forest soils: a model for analyzing impacts of acid deposition in Europe; version II

IIASA, collaborative paper CP-85-27, Laxenburg, Austria

Aerosolen

Diederer H.S.M.A. en Jansen J.; 1983

Eindrapportage van het deelproject vergelijkingsmetingen van het project
Meetplan Aerosolen

Rapport G 1155, TNO, Delft

Erisman J.W., de Leeuw F.A.A.M. en van Aalst R.M.; 1987

Depositie van de voor verzuring in Nederland belangrijkste componenten in
de jaren 1980 t/m 1986

Rapport 228473001, RIVM, Bilthoven

Van Jaarsveld J.A., van Aalst R.M. en Onderdelinden D.; 1986

Deposition of metals from the atmosphere into the North Sea: mosel
calculations

Report 842015002, RIVM, Bilthoven

Van Jaarsveld J.A. en van Aalst R.M.; 1988

Luchtverontreiniging ten gevolge van uitworp van kolengestookte
installaties; aanvullende berekeningen

RIVM, Bilthoven

Van der Meulen A., Rombout P.J., Prins C.J., Kramers P.G.N., van Esch G.J.,
Heyna-Markus E., Besemer A.C., Huldy H.J., Mulder H.C.M. en Venselaar J.;
1987

Criteriadocument Fijn Stof

Rapport 738513006, RIVM, Bilthoven

Pacyna J.M.; 1984

Estimation of the atmospheric emissions of trace elements from
anthropogenic sources in Europe

Atmospheric Environment 18, 41-50

Ros J.P.M. en Slooff W.; 1987

Ontwerp basisdocument cadmium

Rapport 758476002, RIVM, Bilthoven

WHO; 1987

Air Quality Guidelines for Europe

WHO regional publications, European series no. 23, Copenhagen

Diederer H.S.M.A.; 1984

Eindrapportage fotochemische luchtverontreiniging en toxiciteit,
deelrapport 1

CMP-rapport 84/31, TNO, Delft

Kernreactorongevallen

Blaauboer R.O. en Vaas L.H.; 1988

De geschatte stralingsbelasting in Nederland in 1986

Rapport 248601001, RIVM, Bilthoven

Zorn G.W.H.; 1988

Samenvatting project Herbezinning Kernenergie

Rapport Herbezinning Kernenergie SPH-01-00 en de overige publicaties in het
Kader van dit project, 1988

Hohenemser C. en Renn O.; 1988

Environment 30-3, 5-45

5 Fluviale milieuproblemen Rijn en Maas

5.1 Probleemschets

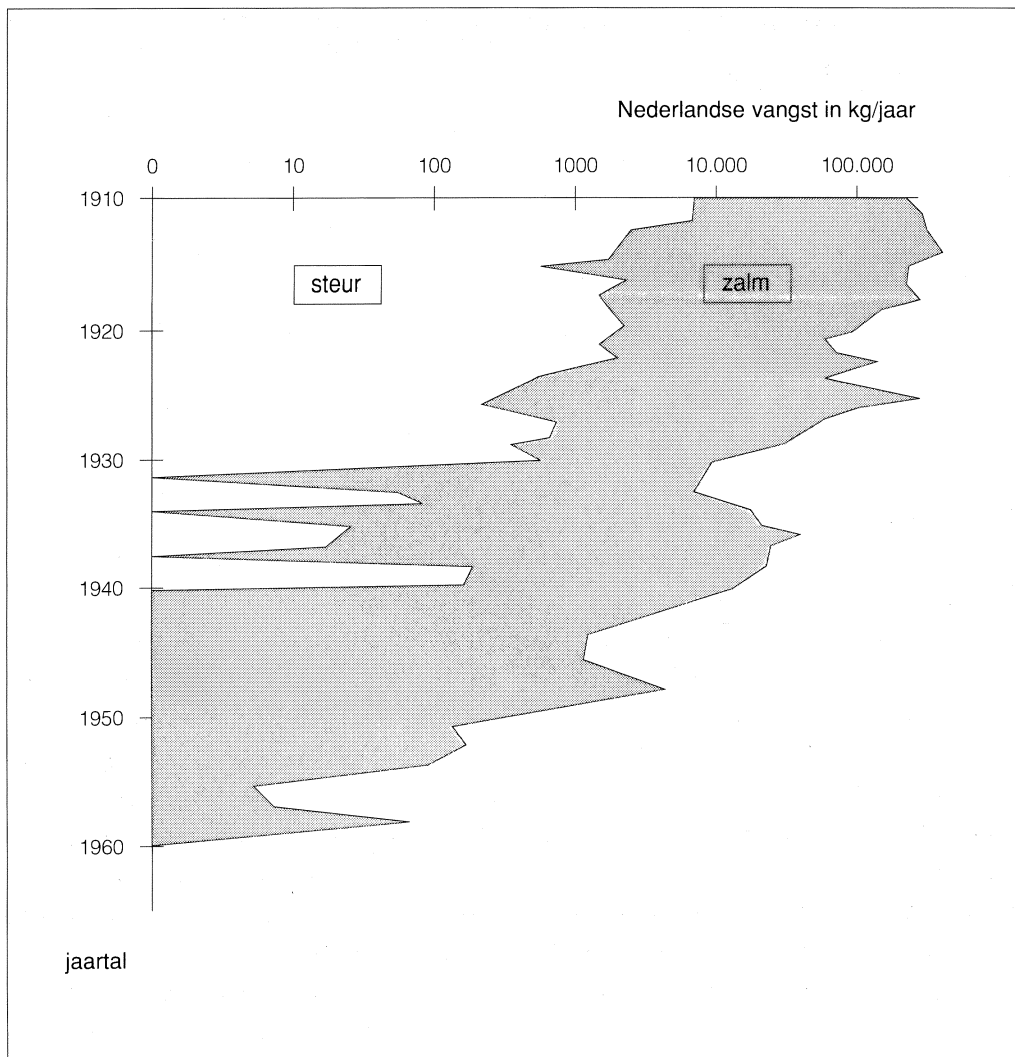
Fluviale systemen kunnen geografisch afgebakend worden als de stroomgebieden van rivieren. Het kenmerkende element van deze systemen is de afvoer van het water van de bergen en het hemelwater naar de laag gelegen gebieden en de randzeeën, als schakel in de waterkringlopen.

Met de afvoer kunnen in het water opgeloste en aan het slib gebonden verontreinigingen zich over grote afstanden verplaatsen. Afvalwaterlozingen, afspoeling van landbouwgebieden en deposities uit de lucht zijn de voornaamste bronnen van deze stoffen. Hun eindbestemmingen zijn sedimenten in de laag gelegen gebieden en mogelijk het grondwater, overstroemde oevergebieden, de zeeën en zeebodems. Bij calamiteiten in industriële bedrijven aan of nabij rivieren kunnen incidenteel grote hoeveelheden milieugevaarlijke stoffen over honderden of soms duizenden kilometers verlaatst worden en op grote schaal een bedreiging betekenen voor de volksgezondheid en het milieu.

Om grote en voor de scheepvaart ongewenste seizoenfluctuaties in de afvoer te beperken wordt de loop van het water voor een deel kunstmatig beheerst. Deze beheersing beïnvloedt de verspreiding en de snelheid van verplaatsing van het water en van de meegevoerde stoffen en bepaalt daarmee tevens de lokaties waar het slib neerslaat.

Maatschappelijke activiteiten beïnvloeden de riviersystemen. Ontbossing en erosie vergroten de hoeveelheid slib. Baggerwerken ten behoeve van de scheepvaart hebben het sediment en de daarin aanwezige stoffen ook op het land gebracht. De scheepvaart zelf is ook een risico-factor.

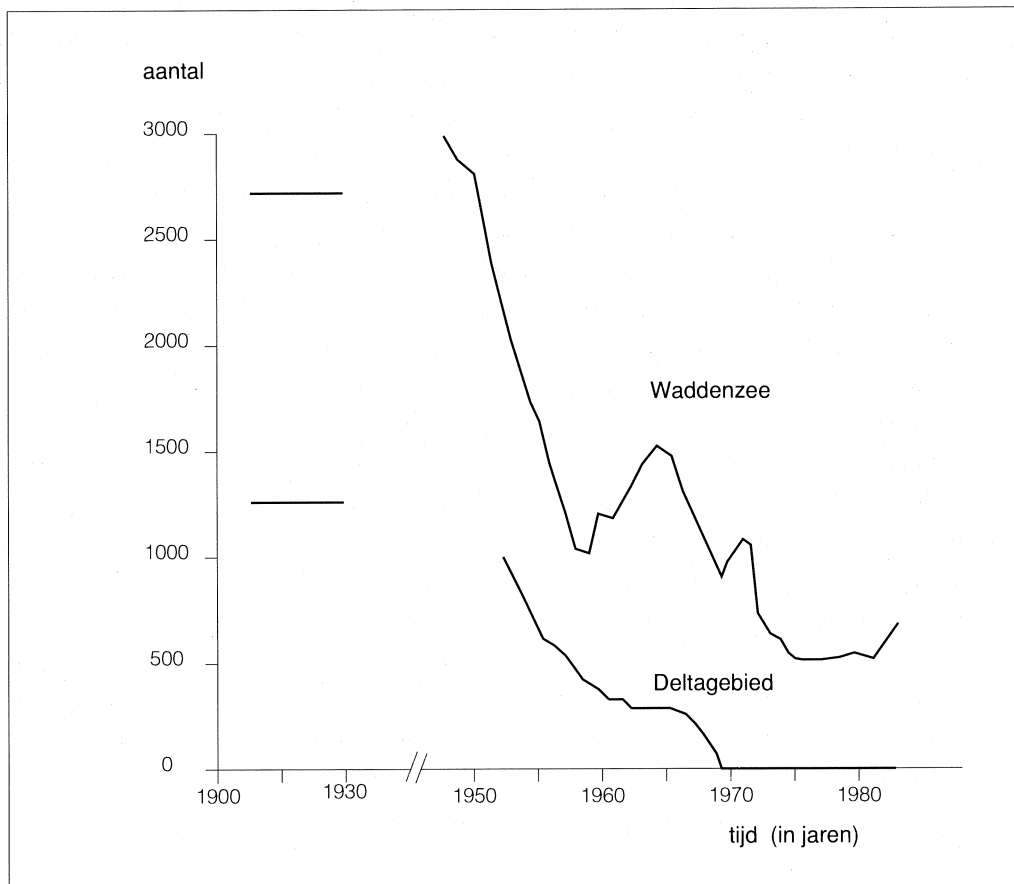
De met fluviale systemen samenhangende milieuproblemen betreffen met name de verspreiding en ophoping van vermestende stoffen, zware metalen en andere persistente verontreinigingen.



Vangst van steur en zalm in de Rijn sinds 1910 als maat voor de aantasting van het fluviale systeem. (bron: RIVM)

De afvoer van fosfaten en nitraten verrijkt het water met vermestende stoffen, die aquatische ecosystemen veranderen. De opslag van vermestende stoffen in het sediment heeft een buffer gevormd, die na stopzetten van de lozingen een bron van eutrofiëring zal zijn. Vermestende stoffen bevorderen de algengroei die de kwaliteit van het water als bestaansvoorwaarde voor aquatische organismen en als medium voor de recreatie doet verminderen. Verontreinigingen nopen drinkwatermaatschappijen tot het nemen van extra zuiveringsmaatregelen. Zware metalen en organische verontreinigingen in het oppervlaktewater dragen in belangrijke mate bij aan de cumulatie van

persistente stoffen via voedselketens. De PCB's die bovenstrooms in de Rijn geloosd werden zijn in het vetweefsel van zeehonden in de Waddenzee terug te vinden. Zowel verontreiniging als andere ingrepen in de fluviale ecosystemen zijn er oorzaak van dat het aantal dieren dat zich aan het einde van de voedselketen bevindt, de laatste decennia sterk daalt.



Het verloop van het aantal zeehonden in het Zuidelijk Deltagebied en de Waddenzee sinds 1900 als maat voor de aantasting van het fluviale systeem.

De binding van zware metalen en organische verontreinigingen aan het slib belemmeren in toenemende mate een normale verwijdering van het sediment en tasten daarmee maatschappelijke activiteiten zoals de scheepvaart en de winning van delfstoffen aan.

Een duurzame ontwikkeling zou er onder meer op gericht moeten zijn dat de fluviale ecosystemen zich kunnen herstellen, het rivierwater geschikt wordt of blijft voor de bereiding van drinkwater en de sedimenten niet opgeladen worden met slecht of niet afbreekbare stoffen.

5.2 Vermesting van zout en zoet oppervlaktewater

Probleemschets

In het verleden was eutrofiëring voornamelijk een probleem van het zoete water. Nutriëntverrijking van de zee en vooral de kustzeeën, is echter in belang toegenomen. De gehalten aan stikstofverbindingen en fosfaat in ons kustwater zijn tegenwoordig veel hoger dan vroeger. In een zone van enkele tientallen kilometers breed langs de Nederlandse en Duitse Noordzeekust zijn deze concentraties nu drie tot vijf keer zo hoog als 50 of meer jaar geleden (Postma, 1985). De Rijn, die verreweg de grootste invloed heeft, brengt thans ongeveer vijf keer zoveel stikstofverbindingen en tien keer zoveel fosfaat naar de Noordzee als onder natuurlijke omstandigheden. Er zouden echter gigantische hoeveelheden nodig zijn voor een belangrijke eutrofiëring van de hele Noordzee, gelet op de jaarlijkse verversing met water uit de Atlantische Oceaan. Het gaat dan om de orde grootte van honderd keer de huidige aanvoer van de rivieren (Beukema en Cadée, 1987). Eutrofiëring in de Noordzee is dus zeer waarschijnlijk een lokaal en kustgebonden verschijnsel, beperkt tot delen van de Britse kust, de hele Nederlandse en Duitse kust en thans ook delen van de Skandinavische kust. Voorzover nutriëntenconcentraties een beperkende factor zijn voor de primaire produktie zal een verhoging van de gehalten van deze voedingsstoffen resulteren in een grotere dichtheid van plantaardige organismen. Door de selectieve toename van een algensoort (flagellaten) heeft er zich in het kustwater van de Noordzee een belangrijke verschuiving voorgedaan in de samenstelling van de plantaardige organismen. Mede als gevolg daarvan is de bloeiperiode soms toegenomen tot ongeveer honderd dagen. Aanvankelijk duurde deze hooguit enkele tientallen dagen.

Hogere concentraties van algencellen, en dus hogere primaire produkties, in het water hebben tot gevolg dat er meer voedsel beschikbaar is voor herbivore dieren. Het overgrote deel van zowel het dierlijke plankton als de bodemfauna behoren hiertoe. Naar schatting is de produktie van organismen verdubbeld in bepaalde delen van de Waddenzee. De positieve effecten lijken nu overschaduw te worden door de negatieve.

Plaatselijk sterke opeenhoping van rottend algenmateriaal kan lokaal sterfte onder bodemdieren veroorzaken. De laatste jaren is dat in toenemende mate opgetreden in het oostelijk deel van de Duitse Bocht. Dit wordt niet alleen veroorzaakt door de verhoogde nutriëntenconcentraties, maar ook door de bijzondere hydrografische omstandigheden. Daardoor is in de Duitse Bocht de bodemfauna over vrij grote gebieden al ernstig verarmd.

In de Waddenzee, de Duitse Bocht en langs de Skandinavische kusten treedt steeds vaker rotting van algenmatten op, leidend tot vergiftigingsverschijnselen en vooral sterfte door zuurstofloosheid. Door de sterke toename van de duur en de intensiteit van perioden van flagellatenbloei langs onze kust nemen de risico's van zuurstofgebruik, bodemfaunaverarming en visstandveranderingen zeer toe.

De belasting met nutriënten van de Nederlandse binnenwateren is nog steeds zo hoog, dat voor fosfor de referentiewaarde in vrijwel alle grote zoete wateren met een factor 3 tot 10 wordt overschreden. Dit leidt jaarlijks tot algenbloei in plassen en meren. Het gevolg van deze eutrofiëringsverschijnselen is vermindering van het aantal soorten en tevens is er op vele plaatsen verbraseming opgetreden. Daarnaast is in het sediment een belangrijke hoeveelheid fosfaat opgeslagen. Door woelen in het sediment van juist de brasem kan deze hoeveelheid weer deelnemen in de cyclus. De recreant, zwemmer en hengelsporter, beschouwt doorzicht als de indicator bij uitstek voor een goed ecosysteem. Doorzicht wordt vooral bepaald door de aanwezigheid van algen en zwevend stof waarin de brasem ook een rol speelt.

Voor het stikstof- en fosforgehalte in zoet oppervlaktewater wordt als referentiewaarde gesteld 5,6 mg N/l en 0,15 mg P/l en in zout oppervlaktewater 0,5 mg N/l en 0,03 mg P/l. Als streefwaarden voor zoet en zout oppervlaktewater worden gehanteerd 1 mg N/l en 0,05 mg P/l resp. 0,1 mg N/l en 0,02 mg P/l.

Het bereiken van deze niveau's is nog geen garantie voor werkelijke vermindering van de algenbloei. Naast verwijdering van fosfaatrijk sediment zijn een aantal beheersmaatregelen nodig. Voor zoete wateren moet daartoe gedacht worden aan verwijdering van de brasem en toevoeging van roofvis in combinatie met lokale maatregelen zoals het bevorderen van de groei van waterplanten.

Voorspellingsmethode

Bij het opstellen van de gepresenteerde voorspellingen is gebruik gemaakt van het Nationaal Vermestingsmodel, in het bijzonder de watermodule. De watermodule bevat zowel de afvalwaterproduktie als de verspreiding van stikstof en fosfor door het zoete en zoute oppervlaktewatersysteem. De gebiedsindeling van Nederland is in de watermodule overeenkomstig het PAWN-model (Policy Analysis of Water Management in the Netherlands) van Rijkswaterstaat, waarbij Nederland verdeeld wordt in 77 districten. Het

zoete oppervlaktewatersysteem bevat rivier- en kanaaltrajecten ('links') en rivier/kanaalsplitsingen en -ontmoetingspunten ('knooppunten'), waaronder de uitwateringen naar de Noordzee.

De wateremissies zijn onderverdeeld in een huishoudelijk en een niet-huishoudelijk deel. Het eerste deel is onder meer afhankelijk van het aantal inwoners en van het wasmiddelengebruik. Het tweede deel is afhankelijk van industrieel afvalwater, kwel, surface runoff vanaf verharde oppervlakten, surface runoff vanuit de landbouw en van transporten via grensoverschrijdende rivieren. Met transport via grondwater en depositie vanuit de lucht is in de watermodule geen rekening gehouden.

Het vermistingsmodel is een stationair model, dat wil zeggen dat geen tijdsafhankelijke processen zijn opgenomen. De afname van stikstof en fosfor wordt verondersteld een eerste-ordeproces te zijn met landelijke gemiddelden voor de reductiefactoren.

Het model berekent niet alleen de stikstof- en fosforconcentraties in de zoetwaterknooppunten en in de uitwateringspunten, maar ook de Nederlandse bijdragen (inclusief de grensoverschrijdende transporten) aan die concentraties op een aantal Noordzee locaties.

Huidige situatie

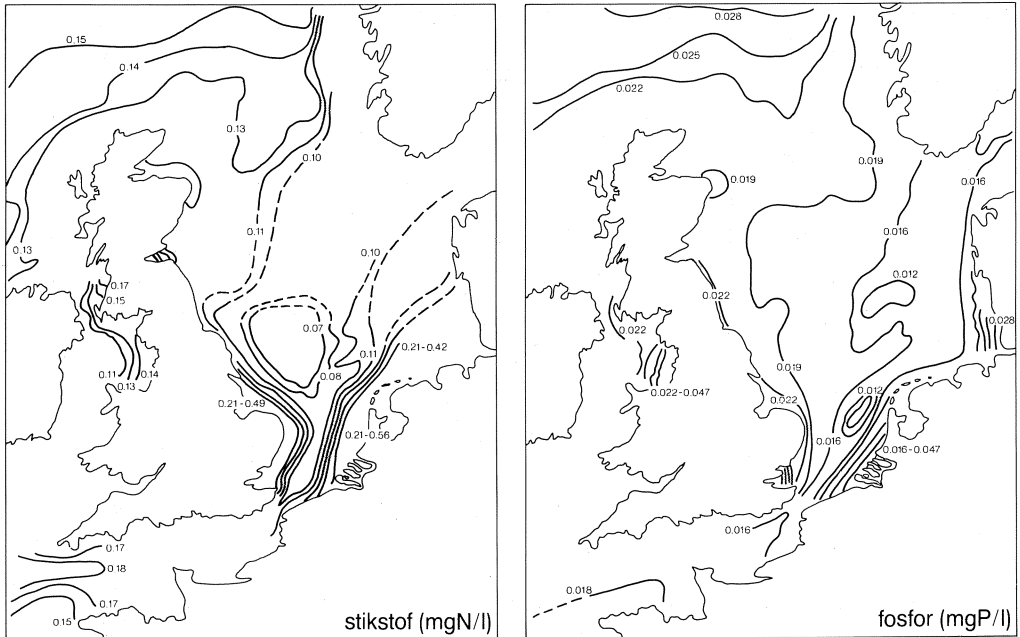
Het stikstofgehalte van de grote zoete wateren ligt onder de referentiewaarde van 5,6 mg N/l, maar de streefwaarde wordt niet bereikt.

De referentiewaarde voor het fosforgehalte van 0,15 mg P/l wordt in alle grote zoete wateren, met uitzondering van het IJmeer, overschreden. De overschrijding belooft een factor 3 tot 10.

De situatie in de kleine zoete oppervlaktewateren wordt in het hoofdstuk handelend over regionale milieuproblemen geschetst.

In de zoute kustwateren variëren de concentraties tussen 0,04 en 0,8 mg N/l en tussen 0,02 en 0,3 mg P/l. De hoogste concentraties komen voor langs de Nederlandse en Duitse kust en in de monding van de Theems. In deze gebieden vindt dan ook overschrijding van de referentiewaarden plaats. Alleen in de Centrale Noordzee komen concentraties voor die onder de streefwaarden liggen.

De bijdrage van in Nederland uitmondende rivieren aan de stikstof- en fosforgehalten in het zeewater langs de Nederlandse en de Duitse kust is aanzienlijk. De invloed is het grootst in de Waddenzee doch werkt door tot aan de Deense kust. In het bijzonder de bijdrage van de Rijn leidt in de Waddenzee tot een nitraatgehalte van 1,4 mg N/l en 0,14 mg P/l, hetgeen betekent dat de referentiewaarden daar bijna drie keer worden overschreden.



Stikstof- en fosforconcentraties in de Noordzee in de winterperiode. (bron: Mcintyre en Johnson 1975)

Verreweg de meeste stikstof- en fosforverbindingen worden door grensoverschrijdende rivieren ons land binnengevoerd. In 1986 bedroeg de import 564 kton N en 52 kton P. De emissies in ons land bedroegen in dat jaar 45 kton N en 11 kton P, dat wil zeggen ongeveer 8% respectievelijk 21% van de import.

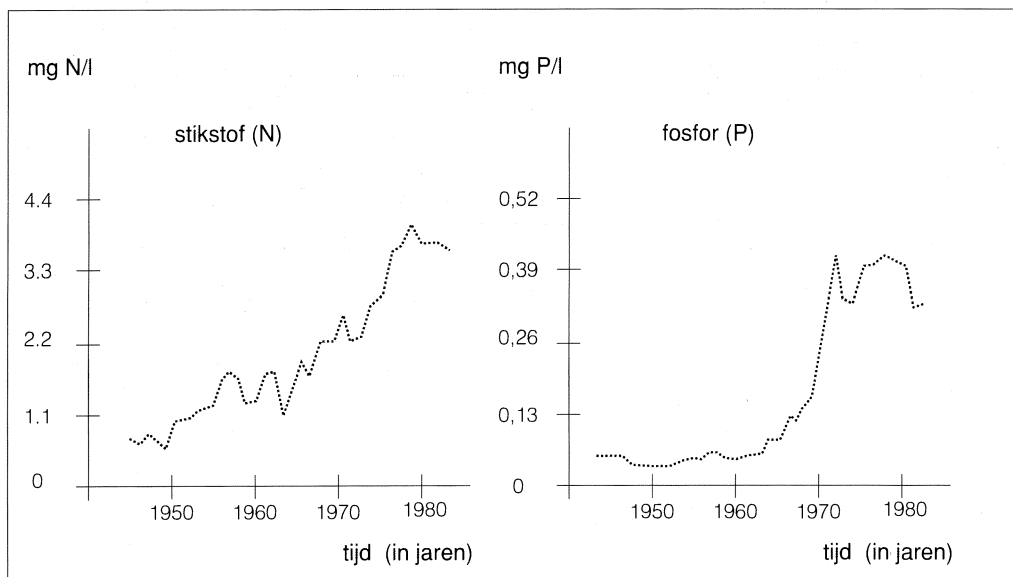
Het grootste deel wordt naar zee afgevoerd, te weten 531 kton N en 51 kton P. Het restant wordt deels in de Nederlandse waterbodems opgeslagen. Door denitrificatie ontwijkt een groot deel van de stikstof naar de lucht.

De stikstof- en fosforconcentraties in de Rijn hebben in de zestiger en zeventiger jaren een dramatische stijging ondergaan.

Toekomstige ontwikkelingen bij vastgestelde maatregelen

Het Rijnactieplan voorziet in een reductie in de emissies van stikstof en fosfor van 50% in 1995 in het gehele stroomgebied van de Rijn. In Nederland moet deze doelstelling bereikt worden door emissiereductie uit de huishoudens en de industrie en door defosfatering op rioolwaterzuiveringsinstallaties. De fosfaatimport van de Maas en Schelde wordt geacht met 30% te dalen en de nitraatimport met 10%.

De jaarlijkse emissie uit de huishoudens bedraagt thans 4,75 kg N en 0,84 kg P per inwoner. Het huidige gebruik aan wasmiddelen bedraagt 9 kg per inwoner per jaar waarin zich 5,2% P bevindt. De introductie van fosfaat-



Stikstof- en fosforconcentraties in de Rijn van 1946 tot 1982 (bron: RIWA)

vrije wasmiddelen kan de fosfaatemissie derhalve reduceren tot 0,37 kg P per inwoner per jaar. De industriële lozingen op rioolwaterzuiveringsinstallaties kunnen gereduceerd worden tot 1,5 mln kg P (80% reductie) in 2010. De industriële lozing van nitraat wordt geacht gelijk te blijven aan de huidige 5,9 mln kg N. Om de belasting verder te verlagen zal in 70% van de riool-waterzuiveringsinstallaties met een rendement van 95% worden gedefosfateerd. Op 60% van de installaties zal worden gedenitrificeerd met een rendement van 90%. Deze voor 2010 te realiseren maatregelen leiden ertoe dat de emissies in eigen land dalen van 45 kton N naar 24 kton N en van 11 kton P naar ongeveer 4 kton P. Het beoogde reductiepercentage wordt hiermede in grote lijnen bereikt.

Voorals de afname van de N- en P-import via de grensoverschrijdende rivieren (45% resp. 65%) blijkt bij te dragen aan de vermindering van de N- en P-belasting van de zoete wateren. De afvoer naar zee vermindert globaal met dezelfde percentages.

N-balans voor zoet oppervlaktewater bij vastgestelde maatregelen in kton

	1986	2010
diffuse bronnen	13	12
puntbronnen	32	12
grensoverschr. rivieren	564	312
	---	---
Som aanvoertermen	609	336
waterbodem/denitrificatie	78	43
naar zee	531	293
	---	---
Som afvoertermen	609	336

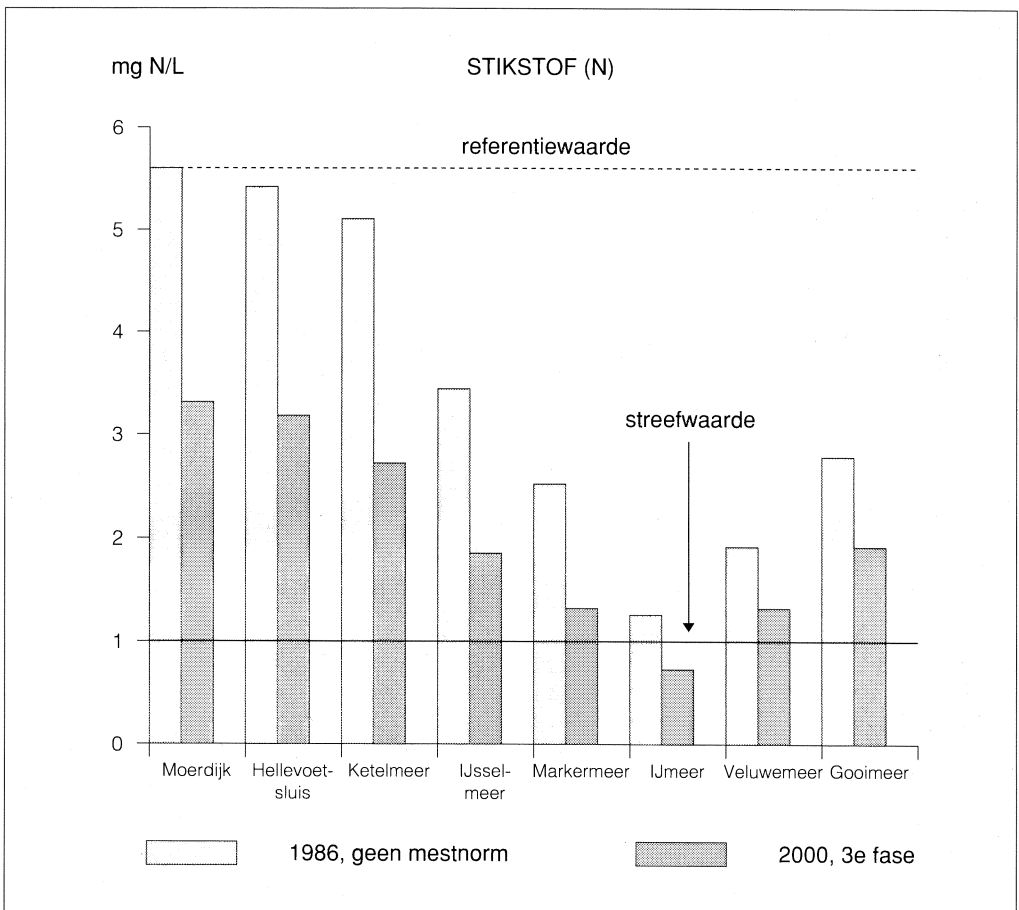
P-balans voor zoet oppervlaktewater bij vastgestelde maatregelen in kton

	1986	2010
diffuse bronnen	2,3	1,8
puntbronnen	9	0,4
grensoverschr. rivieren	52	18
	----	----
Som aanvoertermen	63	20
waterbodem/accumulatie	12	4
naar zee	51	16
	---	----
Som afvoertermen	63	20

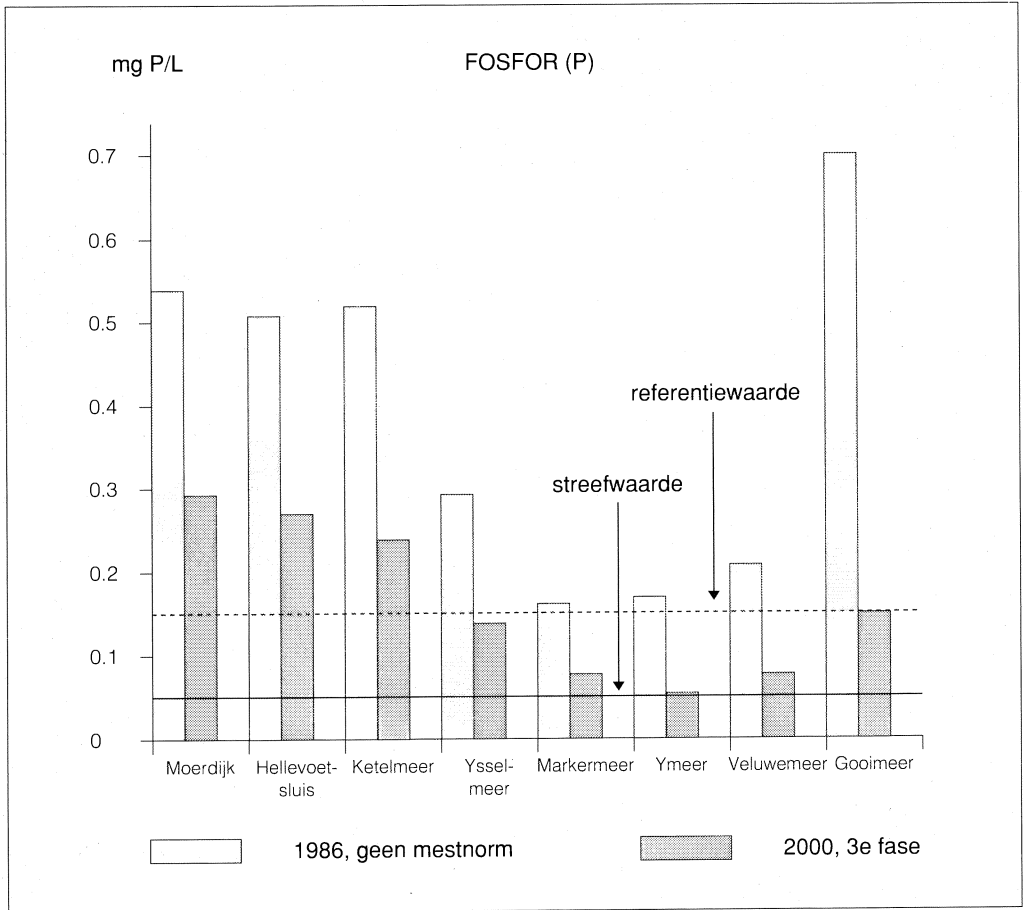
Zoete wateren

Voor alle beschouwde rijkswateren wordt in 2000, bij de vastgestelde maatregelen, voldaan aan de referentiewaarde van 5,6 mg N/l. In het IJmeer daalt de stikstofconcentraties tot onder de streefwaarde van 1 mg N/l.

Voor fosfor komen de concentraties in het IJsselmeer, Markermeer, IJmeer, Veluwemeer en Gooimeer in 2000 onder de referentiewaarde van 0,15 mg P/l. In het Ketelmeer wordt dit niveau in 2010 bereikt, maar de concentraties bij de Moerdijk en bij Hellevoetsluis blijven daar dan nog juist boven.



Stikstofconcentratie in zoete oppervlaktewateren in 2000 bij vastgestelde maatregelen. (bron: RIVM)



Fosforconcentratie in zoete oppervlaktewateren in 2000 bij vastgestelde maatregelen. (bron: RIVM)

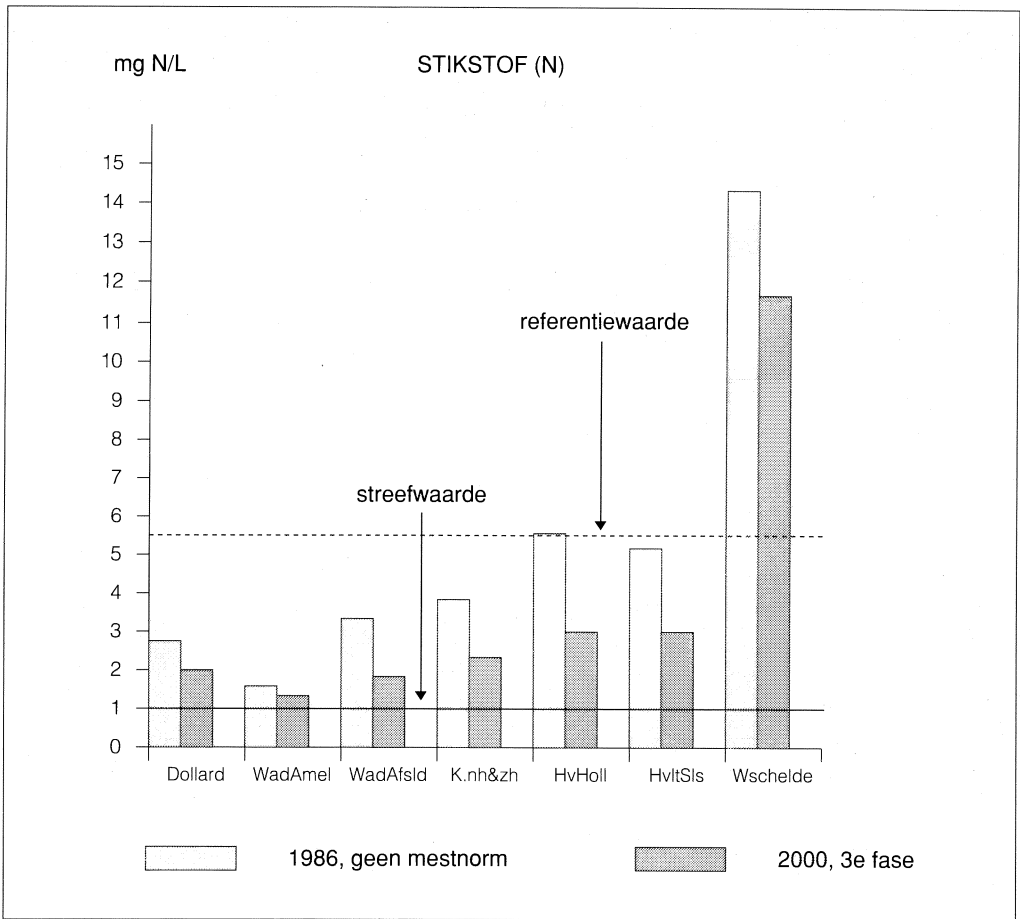
Uitwateringen (zoet)

De vastgestelde maatregelen resulteren in 2000 bij alle uitwateringen in een duidelijke daling van de N-concentratie. Alleen in de Westerschelde blijft de concentratie nog duidelijk boven de referentiewaarde als gevolg van de overheersende import via de Schelde. Diverse andere uitwateringen benaderen de streefwaarden.

Ook voor P is sprake van een duidelijke daling van de concentratie in de uitwateringen. De referentiewaarde wordt op enkele plaatsen (bij de Wadden en bij de kust van Noord- en Zuid-Holland) gehaald, maar de streefwaarde wordt nergens bereikt. De concentratie in de Westerschelde blijft nog veel te hoog (ca. 1,2 mg P/l).

Zoute wateren

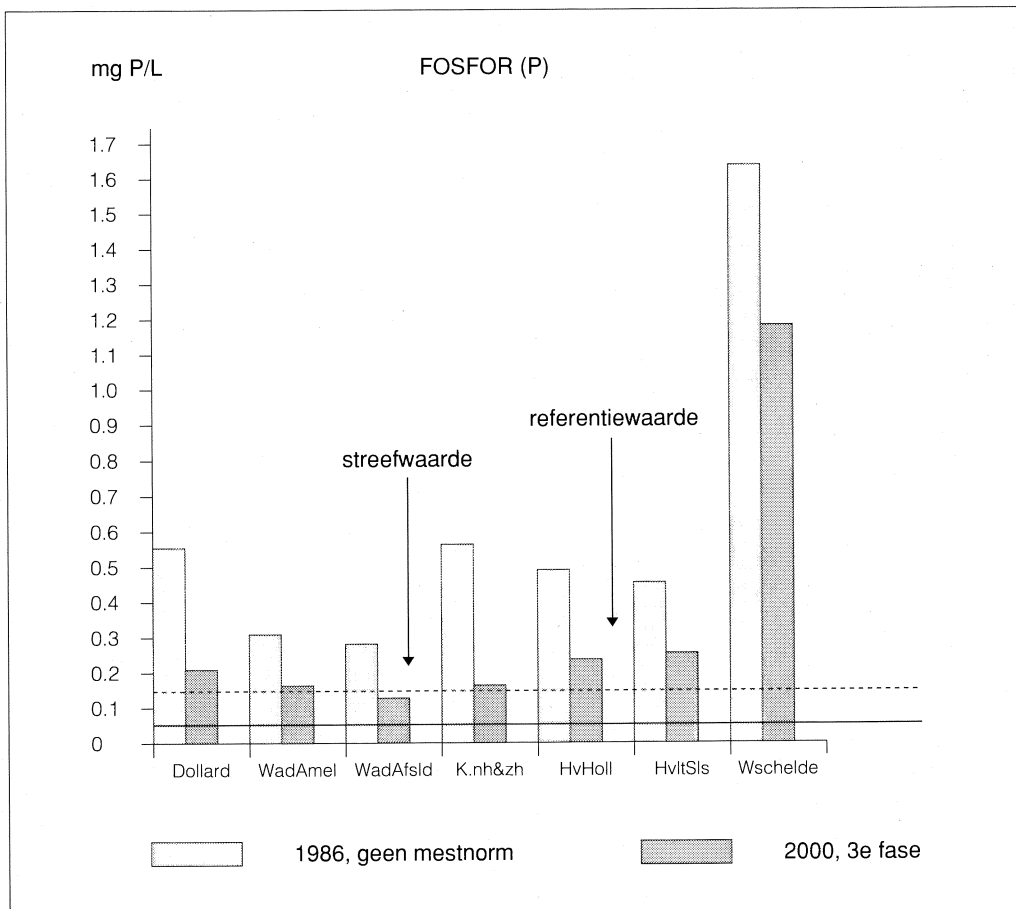
De bijdrage van de Rijn, de Maas en de Schelde en van de Nederlandse emissies aan de N- en P-concentraties in de zoute kustwateren daalt in alle



Stikstofconcentratie bij de uitwateringen(zoet) naar de zee in 2000 bij vastgestelde maatregelen. (bron: RIVM)

locaties. Benadrukt zij dat het hier om bijdragen aan de concentraties gaat en niet om de werkelijke concentraties, die immers ook op andere, hier niet beschouwde, wijzen kunnen worden beïnvloed, zoals bijv. in de Duitse Bocht en bij de Deense Noordzeekust het geval is.

Zeer duidelijk is in 2000 de daling van de N-concentratie in de Waddenzee en bij Texel. Toch blijft juist in de Waddenzee de bijdrage aan deze concentratie (ca. 0,75 mg N/l) nog steeds boven de referentiewaarde van 0,5 mg N/l, vrijwel uitsluitend veroorzaakt door de Rijn. Bij Texel wordt een bijdrage berekend van ca. 0,2 mg N/l. Verder wordt de bijdrage aan de concentraties langs de Deense en de Duitse kust ongeveer gehalveerd. De situatie in 2010 is vrijwel dezelfde als in 2000.

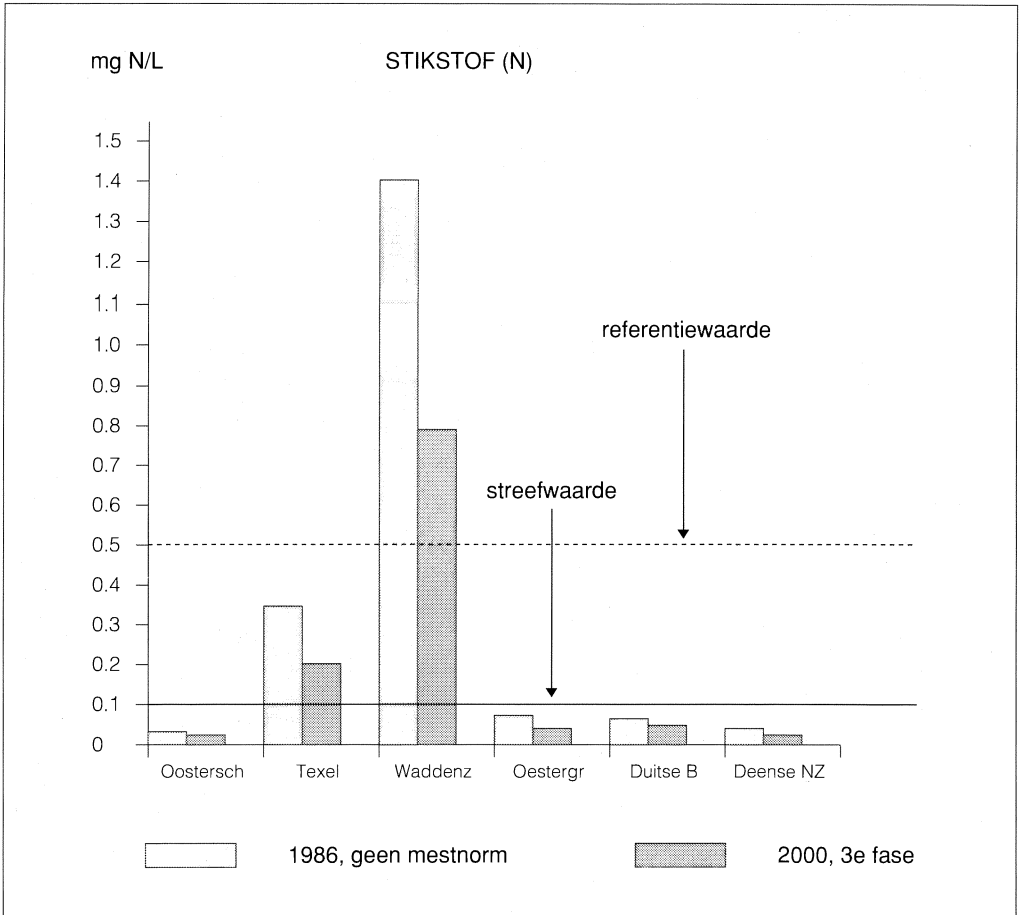


Fosforconcentratie bij de uitwateringen (zoet) naar de zee in 2000 bij vastgestelde maatregelen.
(bron: RIVM)

De bijdrage aan de P-concentratie in de Waddenzee blijft zowel in 2000 (0,06 mg P/l) als in 2010 (0,04 mg P/l) boven de referentiewaarde van 0,03 mg P/l, maar bij Texel daalt de bijdrage tot onder de streefwaarde van 0,02 mg P/l. Bij de andere beschouwde kustwateren lag de bijdrage aan de P-concentratie reeds in 1986 onder dit niveau.

Het totale landbouwaandeel van de Nederlandse N-belasting van de Noordzee via surface runoff blijkt volgens berekeningen met het nationaal vermistingsmodel minder dan 15% te bedragen.

De Nederlandse bijdrage van stikstof en fosfor aan de concentraties in de Centrale Noordzee bedraagt slechts enkele procenten van de totale belasting en is verder niet beschouwd.

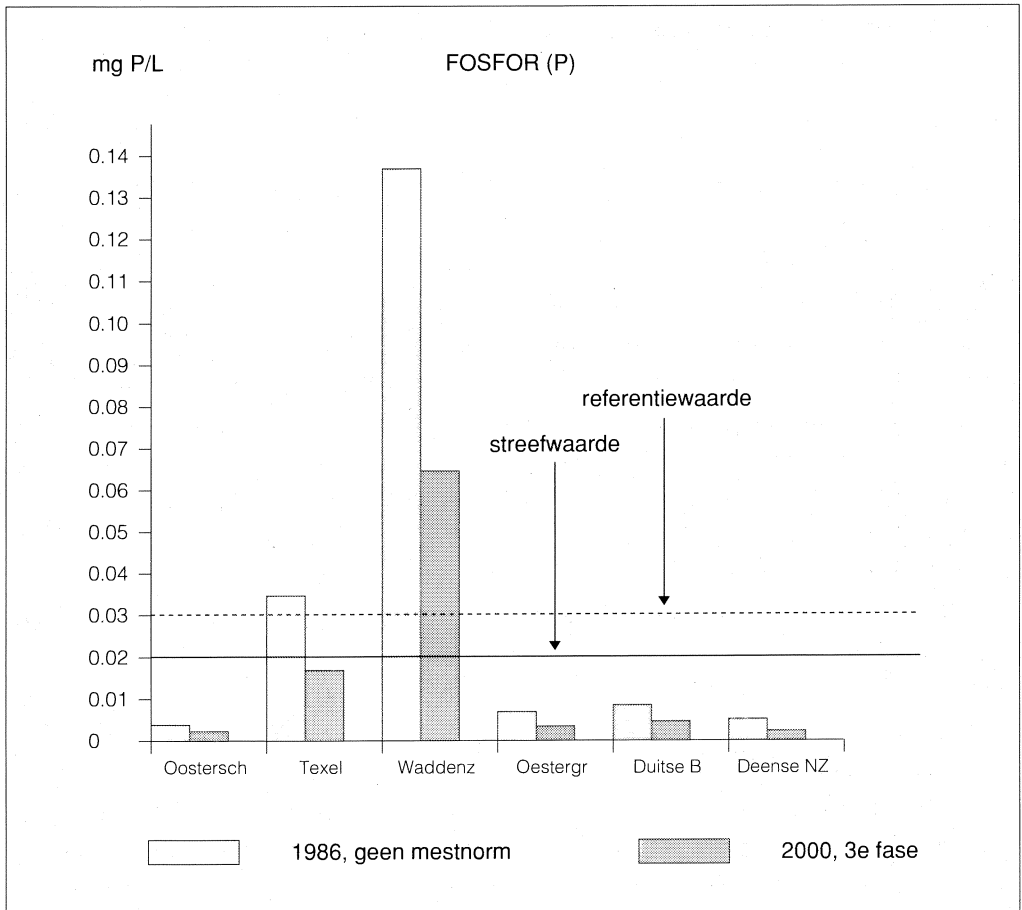


Bijdrage aan de stikstofconcentraties in de kustwateren in 2000 door import via de Rijn, Maas en Schelde en door Nederlandse emissies bij vastgestelde maatregelen. (bron: RIVM)

Ontwikkelingen bij extra bestrijdingsmaatregelen

Om voor de zoete en de zoute oppervlaktewateren overschrijding van de referentiewaarden te voorkomen zijn extra maatregelen nodig. Daartoe zullen de naar de zee af te voeren hoeveelheden stikstof en fosfor met ca. 75% gereduceerd moeten worden ten opzichte van de huidige situatie. Een nog verdere reductie zal nodig zijn als men overal de streefwaarden wil bereiken. Het zal duidelijk zijn dat Nederland bovenstaande situatie alleen niet kan bewerkstelligen, maar dat met name het buitenland maatregelen moet treffen om de afvoer van de stoffen via de grensoverschrijdende rivieren drastisch terug te brengen.

In Nederland is het gewenste reductiepercentage wat betreft fosfor haalbaar



Bijdrage aan de fosforconcentraties in de kustwateren in 2000 door import via de Rijn, (bron: RIVM) Maas en Schelde en door Nederlandse emissies bij vastgestelde maatregelen.

door defosfatering op vrijwel alle rioolwaterzuiveringsinstallaties door te voeren. Voor nitraat is dit doel moeilijker te bereiken. Het landbouwaandeel daarin wordt op minder dan 15% van de totale Nederlandse bijdrage geschat en dit aandeel zal niet veel dalen bij de stringentere maatregelen gericht op het tegengaan van de overbesteding. Dit betekent dat alle puntlozingen met ongeveer 95% moeten worden teruggebracht, hetgeen aan de grens van het technisch mogelijke ligt. Het gaat dan om maatregelen in de industriële lozingen op rioolwaterzuiveringsinstallaties en het daaraan toevoegen van een denitrificatiestap.

In het buitenland zullen met betrekking tot de Rijn, de Maas en de Schelde vergelijkbare maatregelen genomen moeten worden om het gestelde doel te bereiken.

5.3 Verspreiding van stoffen in water en waterbodem

Probleemschets

Verspreiding van stoffen via het water kan leiden tot langdurige blootstelling van mens en milieu aan te hoge concentraties van die stoffen. Meer dan bij de thema's verzuring en vermeting kunnen we voor onaangename verrassingen geplaagd worden. Het voorkomen van te hoge gehalten van bentazon in het Amsterdamse drinkwater tengevolge van een continue lozing in Ludwigshafen is daarvan een voorbeeld. Het is onzeker bij welke stoffen zich dat zal voordoen, en soms kennen we die stoffen nog niet eens. Het beleid is erop gericht, voor bestaande stoffen de kwaliteit van het milieu te beheersen en waar mogelijk te verbeteren en bij de introductie van nieuwe stoffen problemen te vermijden.

In dit verband is de waterbodem belangrijk omdat hier uiteindelijk ophoping van stoffen kan plaatsvinden. Uiteraard hangen de concentraties nauw samen met die in de waterfase.

Een extra probleem vormt de grote hoeveelheid sterk verontreinigd slib die op vele plaatsen aanwezig is en die om scheepvaartkundige redenen en soms ook om milieuhygiënische redenen verwijderd moet worden.

Problemen kunnen ook worden veroorzaakt door incidentele lozingen die de waterkwaliteit en daarmee het leven in het riviersysteem en de drinkwatervoorziening in moeilijkheden kunnen brengen.

De lozing van zuurstofbindende stoffen wordt door de beschikbare capaciteit voor de zuivering van afvalwater minder dan vroeger als een probleem beschouwd. Het inzamelsysteem van afvalwater (het rioolstelsel) levert echter wel problemen op verband houdend met de staat waarin dit stelsel verkeert. Bovendien blijven de zuurstofbindende stoffen die gemakkelijk aan slib worden geadsorbeerd en in het slib matig of slecht worden afgebroken, een bron van zorg.

Het grote aantal stoffen maakt het onmogelijk alle toekomstige risico's te schatten. Daarom is er voor gekozen de problematiek te illustreren aan de hand van enkele voorbeelden van prioritaire en aandachtsstoffen. In totaal zijn er 48 prioritaire stoffen en 18 aandachtsstoffen geselecteerd.

Op grond van beschikbaarheid van gegevens en representativiteit voor een categorie stoffen zijn de volgende zes stoffen nader beschouwd:

- koper (metaal; tevens bestrijdingsmiddel; basisdocument beschikbaar)
- cadmium (metaal; basisdocument beschikbaar)
- γ -hexachloorcyclohexaan (gechloreerde koolwaterstof; bestrijdingsmiddel; basisdocument beschikbaar)
- di-ethylhexylftalaat (in het vervolg aangeduid als DEHP; vrij goed

afbreekbare stof die in grote hoeveelheden wordt aangevoerd, relatief weinig gegevens bekend)

- benzo(a)pyreen (polycyclische aromatische koolwaterstof die uit diverse emissiebronnen in het milieu terechtkomt; basisdocument in voorbereiding)
- enkele organotinverbindingen (o.a in gebruik als bestrijdingsmiddelen; relatief schadelijk voor het milieu; gebruik vindt op grote schaal plaats; relatief weinig gegevens bekend).

Voor de gehalten in de waterfase (inclusief zwevend slib) geldt het Besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren van 1983, waarmee een aantal EG-richtlijnen in de Nederlandse wetgeving is opgenomen. Voor de hier beschouwde stoffen is in het bijzonder de kwaliteitseis voor oppervlaktewater bestemd voor de bereiding van drinkwater van belang. Bovendien zijn in het IMP Water normen voor de basiskwaliteit van oppervlaktewater geformuleerd. Deze worden in de in 1990 te verschijnen derde Nota Waterhuishouding herzien. Kwaliteitseisen ter bescherming van de ecologische functie van oppervlaktewater worden momenteel voorbereid. Enkele voorlopige voorstellen hiertoe zijn voor een aantal stoffen gegeven in de basisdocumenten.

Huidige en voorspelde toekomstige stofgehalten in de waterbodem zijn vergeleken met de referentiewaarden voor de bodemkwaliteit (Milieuprogramma 1988-1991), betrokken op de zogenaamde standaardbodem (lutumgehalte 25%, gehalte organische stof 10%). Bij deze gehalten kan de bodem in het algemeen als multifunctioneel worden beschouwd. Dit is ook het uitgangspunt geweest voor de voorgestelde referentiewaarden voor waterbodems. Voor berging van baggerspecie en eventuele sanering van sterk verontreinigde waterbodems is een toetsingskader in voorbereiding. Voorlopig wordt voor voorkomende gevallen een indeling in vier klassen gehanteerd, gebaseerd op de toestand in het Rotterdamse havengebied. De sterkst verontreinigde klasse vier valt in de categorie chemisch afval.

Referentieniveaus en grenswaarden voor water en waterbodem.

Stof	Grenswaarde bereiding drinkwater totaal in $\mu\text{g}/\text{l}$	Aanbevolen max. concentratie water. opgelost in $\mu\text{g}/\text{l}$	Referentiewaarde Bodemkwaliteit mg/kg drooggewicht
koper	50	3	36
cadmium	1,5	0,1	0,8
γ -HCH	0,05	0,1	0,001
benz(a)pyreen	-	-	0,1

Voor het totaal gehalte aan zes polycyclische aromatische verbindingen (de zogenaamde zes van Borneff) in oppervlaktewater bestemd voor de bereiding van drinkwater is een grenswaarde van 0,2 $\mu\text{g}/\text{l}$ vastgesteld.

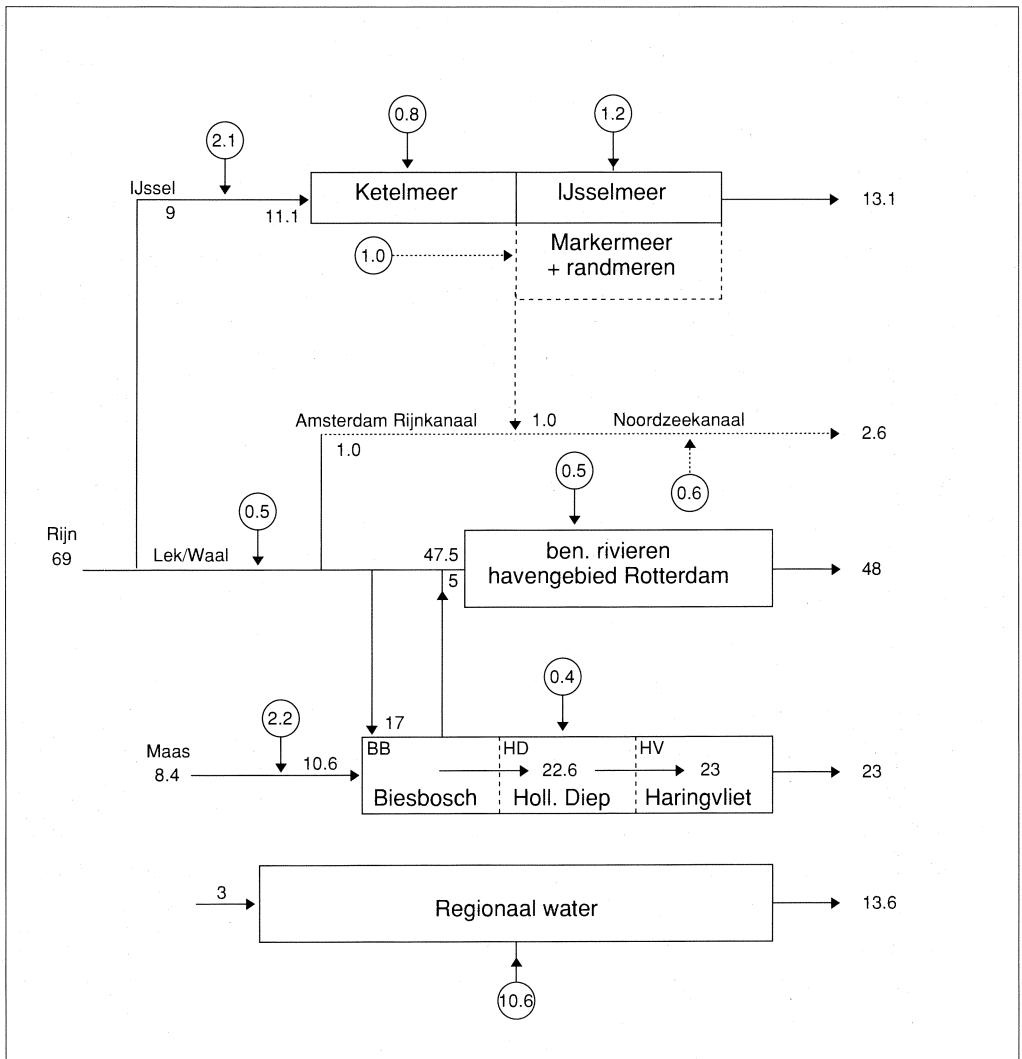
Voor organotinverbindingen en ftalaten zijn geen grenswaarden vastgesteld en zijn ook verder relatief weinig gegevens beschikbaar. Voor ftalaatesters is als voorlopig "veilig niveau voor het aquatische milieu" een waarde van 40 - 400 $\mu\text{g}/\text{l}$ voorgesteld en voor waterbodems een waarde van 10 mg/l (Van Apeldoorn et al. 1987). De organotinverbindingen hebben ieder een verschillende toxiciteit. In een recent rapport aan de E.G. wordt vermeld dat tributyltin en tributyltinoxide toxisch zijn voor een aantal micro-organismen algen en schelpdieren en dat het no effect level meestal ver onder 1 $\mu\text{g}/\text{l}$ ligt. (COST 641, 1988).

Hoewel de beperkte gegevens modelmatige voorspellingen slechts in beperkte mate mogelijk maken wordt toch aandacht aan deze stoffen besteed als voorbeeld van veel gebruikte stoffen waarvan de risico's niet goed genoeg bekend zijn.

Voorspellingsmethoden

Ongeveer 20% van het Nederlandse grondgebied, (exclusief de territoriale zee) staat permanent of periodiek onder water. Ongeveer de helft daarvan is zoet oppervlaktewater. Het resterende deel bestaat uit de zoute estuaria en de Waddenzee. Voor de binnenwateren is voor de voorbeeldstoffen met behulp van eenvoudige boxmodellen een prognose gemaakt van de op termijn te bereiken stationaire concentratie en het concentratieverloop in de tijd in water en waterbodem. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een viertal door de grote rivieren gevoede watersystemen:

- * Ketelmeer
- * IJsselmeer
- * Haringvliet/Hollands Diep
- * Rotterdamse havenbekkens



Schematisatie van het oppervlaktewatersysteem bij de uitgevoerde modelberekeningen en de omvang van de waterstromen in miljard m³ per jaar. (bron: DHV)

De hiervoor gebruikte modellen zijn vereenvoudigingen van de multicompartimentale boxmodellen van het zogenaamde "Mackay-type". Daarin worden de milieuc compartimenten (lucht, bodem, water, zwevend slib, aquatische organismen en sediment) ruimtelijk homogeen verondersteld. Slechts de compartimenten water, zwevend slib en sediment zijn in beschouwing genomen. Voor een beschrijving van de modelopzet wordt verwezen naar Van de Meent et.al. (1988a, 1988b).

Bij de berekening van de gehalten in de waterbodem is aangenomen dat een dunne toplaag (3 cm) van het sediment als gemengd mag worden beschouwd en dat geen vermenging met diepere sedimentlagen optreedt. Dit betekent dat de oude vervuilde sedimenten op termijn worden begraven onder schone vers afgezette sedimenten.

De snelheid van dit proces wordt bepaald door de sedimentatiesnelheid en de mengdiepte. De tijd die nodig is om een laag van 3 cm voor de helft te vervangen door nieuw slib bedraagt naar schatting 5-10 jaar voor Ketelmeer en Haringvliet/Hollands Diep, 50-100 jaar voor het IJsselmeer en 0,1-0,2 jaar voor het Rotterdamse havengebied.

Voor de prognose van de doorwerking van maatregelen op de waterkwaliteit van de Noordzee is gebruik gemaakt van de door Rijkswaterstaat en het Waterloopkundig Laboratorium gemaakte "Transportatlas Noordzee" (De Ruijter et al., 1987).

Dit model geldt alleen voor stoffen die zich conservatief gedragen.

De doorwerking van de kwaliteitsverbetering van het zeewater in de kwaliteit van de mariene sedimenten kan slechts in globale zin worden aangegeven, omdat te weinig bekend is over de verspreiding en sedimentatie van de met de rivieren aangevoerde slibdeeltjes in de Noordzee.

Huidige situatie

De gekozen voorbeeldstoffen worden voor een zeer belangrijk deel via de Rijn ons land binnengevoerd. In de periode 1980-1985 zijn deze importen in het algemeen belangrijk gedaald. Bij de metingen kunnen per jaar grote fluctuaties optreden door veranderingen in debiet en zwevend stofgehalte. Voor DEHP is bij gebrek aan gegevens van een constante vracht uitgegaan, gebaseerd op gehalten in sedimenten. De emissies in Nederland en de atmosferische depositie vormen in de meeste gevallen een beperkt gedeelte van het totaal. Een deel van de emissies in Nederland is afkomstig van rioolwaterzuiveringsinstallaties. Industrieel afvalwater wordt voor een deel door de bedrijven zelf gezuiverd. Dit is vooral het geval in de chemische industrie en takken van industrie die met organische grondstoffen werken, zoals suikerfabrieken, zetmeel en zetmeelderivaten fabrieken en papier- en kartonindustrie. De rest van het industriële afvalwater wordt door de communale inrichtingen behandeld dan wel ongezuiverd geloosd. De thans beschikbare zuiveringscapaciteit bedraagt 22 miljoen i.e. waarmede ruim 14 miljoen i.e. verwijderd wordt. Na enige groei tot 25 miljoen i.e. in 1990, verdeeld over bijna 500 biologische zuiveringsinrichtingen, wordt de beschikbare capaciteit voldoende geacht tot na het jaar 2000. Deze inrichtingen verwijderen slecht of niet afbreekbare stoffen slechts in beperkte mate. Het zuiveringsrendement voor metalen met uitzondering van nikkel bedraagt 60-80% die in het zuiverings-slib terecht komen. De restlozingen van cadmium bedraagt ruim 2 ton per jaar en van koper 73 ton per jaar. Er worden vooral grote hoeveelheden (ca. 300 ton per jaar) lood en zink geëmitteerd vooral afkomstig van diffuse bronnen.

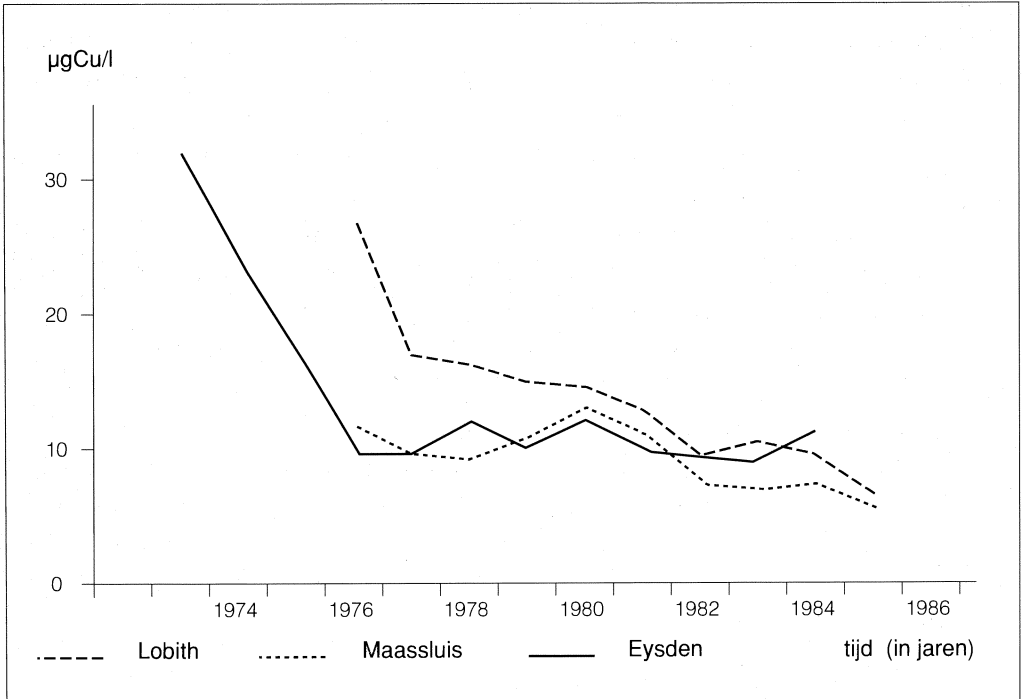
Emissies, import via de grote rivieren en de deposities vanuit de lucht van de zes gekozen voorbeeldstoffen in 1980-1985

Bronnen		1980	1985
Cadmium (ton/jr)	Rijn	117	10
	Maas	37	3
	Nederland		
	uitslagwater	9	9
	lozingen	20	19
	Atm depositie	0,8	0,8
Koper (ton/jr)	Rijn	1170	450
	Maas	110	45
	Nederland		
	uitslagwater	112	112
	lozingen	155	114
	Atm. depositie	8	8
γ -HCH (kg/jr)	Rijn	2100	1000
	Maas	400	400
	Nederland	340	320
	Atm. depositie	280	280
Benzo(a)pyreen (kg/jr)	Rijn	4900	1600
	Maas	1500	300
	Nederland	390	177
	Atm. depositie	130	130
DEH-ftalaat (ton/jr)	Rijn	480	480
	Maas	25	25
	Nederland	80	50
	Atm. depositie	10	10

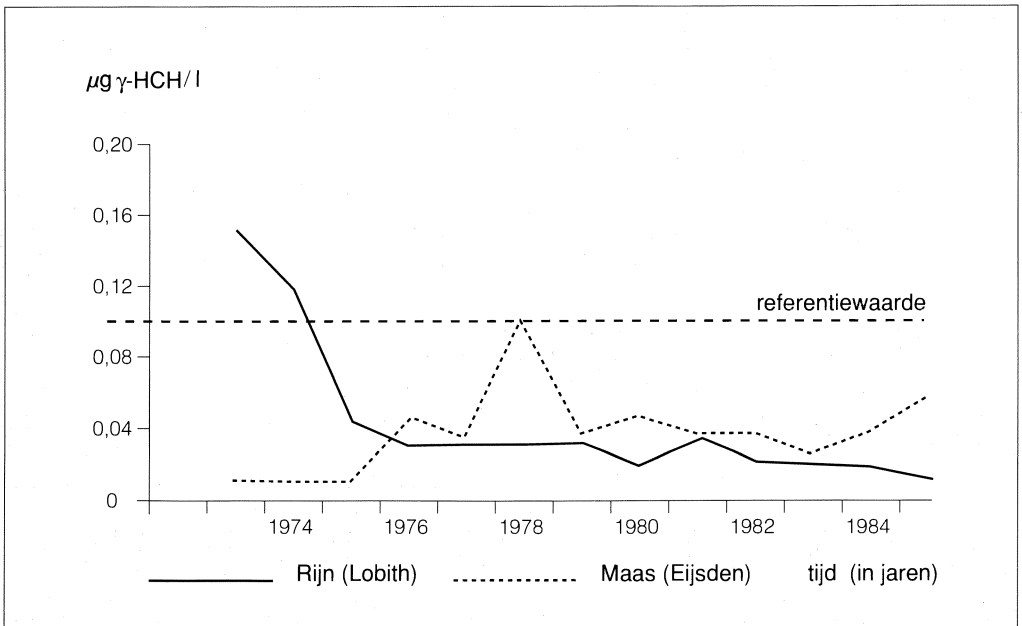
Voor cadmium en koper liggen de huidige sterk gedaalde concentraties duidelijk onder de grenswaarde voor de bereiding van drinkwater. De voorgestelde ecotoxicologische waarde (basisdocumenten) voor opgeloste stof wordt in Rijn en Maas soms overschreden. De concentraties van γ -HCH in Rijn en Maas bevinden zich onder de referentiewaarde.



De cadmiumgehalten in Rijn (Lobith, Maassluis) en Maas (Eysden, Keizersveer) over de periode 1972-1984. (bron: RWS)



De kopergehalten in Rijn (Lobith, Maassluis) en Maas (Eysden, Keizersveer) over de periode 1972-1984. (bron: RWS)

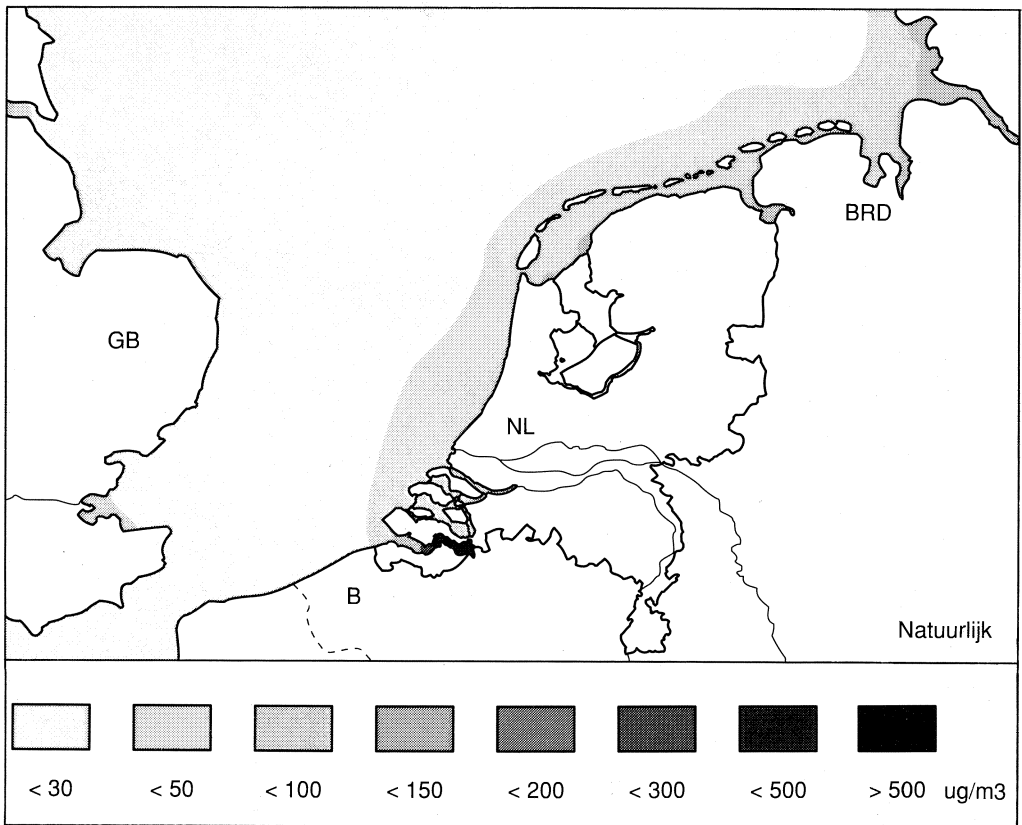


De lindaan (γ-HCH) gehalten in Rijn (Lobith) en Maas (Eijsden) over de periode 1973-1985. (bron: RWS)

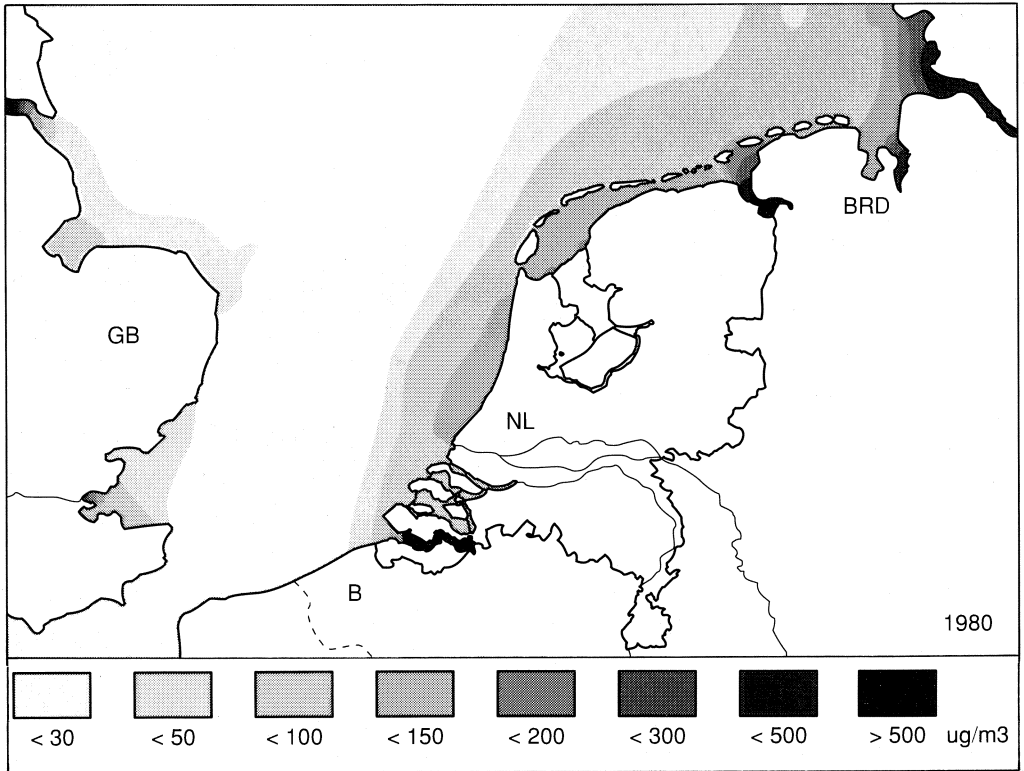
De polycyclische aromaten worden in het algemeen gerapporteerd als de som van zes verbindingen. De gehalten in de Rijn (Lobith) en de Maas (Eysden) lagen in de afgelopen jaren tussen 0,1 en 0,2 $\mu\text{g}/\text{l}$. Benzo(a)pyreen maakt hiervan 10-15% uit. Voor di-ethylhexyl-ftalaat zijn in oppervlaktewater van Rijn en Maas gehalten van 2-10 $\mu\text{g}/\text{l}$ gerapporteerd (1980). Betreffende organotinverbindingen zijn zeer weinig algemene Nederlandse gegevens beschikbaar. In oppervlaktewateren in Zwitserland en Denemarken zijn in het algemeen gehalten beneden 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ gevonden. In havengebieden worden echter concentraties van 30 $\mu\text{g}/\text{l}$ aangetroffen.

De situatie voor de beschouwde stoffen in de Westerschelde lijkt ongunstiger. De jaargemiddelde cadmiumgehalten bewogen zich de laatste 10 jaar tussen 1 en 3 $\mu\text{g}/\text{l}$ en de kopergehalten tussen 6 en 30 $\mu\text{g}/\text{l}$. De lindaangehalten bevinden zich op een niveau van 0,04 $\mu\text{g}/\text{l}$. Een duidelijke dalende trend in de verontreinigingsniveau's valt niet te onderkennen.

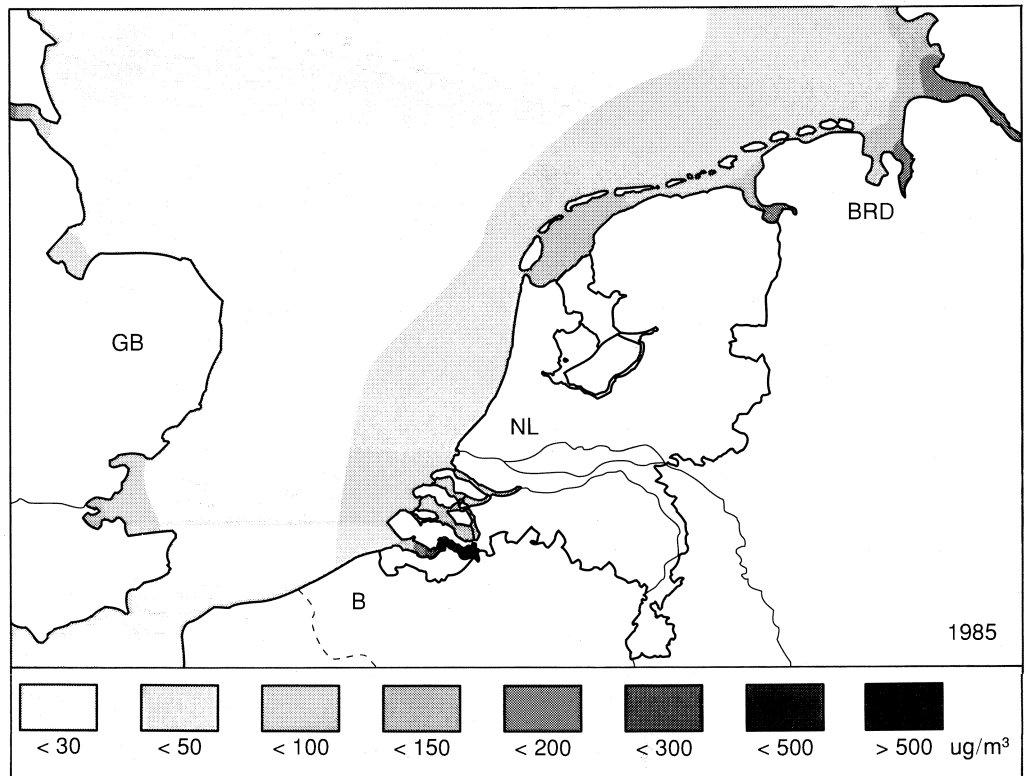
In de zuidelijke Noordzee bevinden de natuurlijke cadmiumgehalten zich beneden een niveau van 0,03 $\mu\text{g}/\text{l}$. In de kustzones zijn natuurlijke cadmiumgehalten lager dan 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$.



De natuurlijke cadmiumgehalten in de Noordzee. (bron: WL/RWS)



De cadmiumgehalten in de Noordzee in 1980. (bron: WL/RWS)



De cadmiumgehalten in de Noordzee in 1985. (bron: WL/RWS)

In 1980 waren de cadmiumgehalten in het Noordzeewater langs de Nederlandse, Duitse en Deense kust beduidend hoger dan de referentiewaarde, oplopend tot concentraties van meer dan vijf maal het referentieniveau. In 1985 is hierin een duidelijke verbetering te constateren.

Voor γ -HCH en DEHP zijn geen betrouwbare gegevens beschikbaar.

De Noordzee, en in het bijzonder het Nederlandse continentale plat, wordt zeer zwaar belast niet alleen door de afvoer van de rivieren maar ook door de grote menselijke activiteit. Jaarlijks zijn er 420.000 scheepsbewegingen en wordt er 165 miljoen ton olie gewonnen en 85 miljard m³ aardgas. Dit betekent 160 boorplatforms en 8000 km olie- en gasleiding. Bovendien wordt er 3 miljoen ton vis gevangen. Naar schatting komt jaarlijks 100.000 ton olie in de Noordzee terecht uit diverse bronnen. In de afgelopen jaren zijn een aantal ongelukken met schepen en booreilanden gebeurd.

Overzicht belasting van de Noordzee ten zuiden van 56°NB 1980

Bronnen	Samengestelde bronnen		Directe bronnen							Totaal
	Atmosfeer	Rivieren	Lozingen vanaf de kust	Stortingen baggerspecie	Lozing industr. afval	Storten zuive-rings-slib	Verbranding	Scheepvaart	Mijnbouw-install.	
N*	220	1.000	96	3		15	0		0,02	1.300
P*	10	96	25	2	0,6	4	0		0,04	140
Cd	66	140	24	40	1,2	4,7	0,04		0,5	280
Hg	8,8	28	8,8	13	0,5	1,6	0,004		0,2	61
Pb	2.400	1.500	160	840	260	120	0,6		5	5.300
Cu	1.300	1.900	280	440	200	120	1,6		1,2	4.200
Cr	66	1.500	360	330	390	14	0,3		50	2.700
Zn	8.800	12.000	1.400	2.200	570	410	4		8	25.000
Ni	440	1.600	100	84	91	20	0,4			2.300
As	130	780	210		1,3	1	0,02		0,6	1.100
PCB	43	1,4	0,1			0,2				
olie*	4		14		0			40	3	

* 10³ ton/jaar

bron: RWS

Het beleid betreffende de Noordzee is neergelegd in het Waterkwaliteitsplan Noordzee en het actieprogramma Noordzeebeleid (Ministerie V en W 1986, 1987). In dit kader zijn voor een groot aantal actiepunten maatregelen

getroffen of in voorbereiding gericht op veiligheid van het scheepvaartverkeer, mijnbouwaangelegenheden, relatie scheepvaart-mijnbouw, visserij, operationele Noordzeetaken, milieu-aangelegenheden en het ruimtelijk gebruik van de Noordzee.

Voor de vaststelling van de resultaten van maatregelen en van de ecologische en andere effecten van de veelsoortige milieubelasting moet veel onderzoek worden verricht. Er zijn echter een aantal signalen, die laten zien dat de Noordzee het afval niet langer probleemloos kan verwerken:

- Toename van visziekten in de Duitse Bocht en ook voor onze kust.
- Zeehondenproblematiek.
- Verandering in soorten en aantallen van planktonpopulaties met soms massale bloei, die in verband worden gebracht met een overmaat aan voedingsstoffen in zee.

In de benedenloop van de Rijn heeft zich de laatste 15 jaar ca. 70 miljoen m³ sterk verontreinigd sediment afgezet. Het grootste deel hiervan bevindt zich in het Hollands Diep en het Haringvliet (ca. 50 miljoen m³) en in het Ketelmeer ca. 15 miljoen m³. Daarnaast bezinkt jaarlijks in het Rotterdamse havengebied ca. 5 miljoen m³ verontreinigd rivierslib dat regelmatig in het kader van het onderhoudsbaggerwerk wordt verwijderd. In het stroomgebied van de Maas heeft zich in dezelfde periode ca. 7 miljoen m³ eveneens sterk vervuild slib afgezet. Ook in de Westerschelde zijn er lokaties met dergelijk sterk verontreinigd slib signaleerd.

Hiernaast is er lokaal tot op heden ca. 5 miljoen m³ extra verontreinigd sediment aangetroffen ("klasse vier"). Ongeveer éénderde hiervan bevindt zich in de grote havengebieden van Rotterdam, Dordrecht, Noordzeekanaal en Delfzijl.

De rest is te vinden in de genoemde sedimentatiegebieden van Rijn en Maas en op diverse over heel Nederland verspreide lokaties.

Voor de waterbodem (Ketelmeer, Haringvliet/Hollands Diep, IJsselmeer) geldt dat de gehalten in 1980 in het algemeen aanzienlijk boven de nu geldende referentiewaarde lagen.

Concentraties van cadmium, koper, γ -HCH en benzo(a)pyreen in waterbodems, 1980

stof	Ketel- meer	IJssel- meer	Biesbosch/ Hollands Diep Haringvliet	Ben.rivieren Rotterdam
koper (mg.kg-1)	210	60	200	180
cadmium (mg.kg-1)	20	4,5	28	15
Lindaan ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	-	0,04	-	0,25
benzo(a)pyreen ($\mu\text{g.kg}^{-1}$)	0,5	0,2	0,75	-

Bron: DHV

Voor di-ethylhexyl-ftalaat zijn voor 1980 gehalten van 15-30 mg.kg-1 (Rijn) respectievelijk 1-15 mg.kg-1 (Maas) in de waterbodem gerapporteerd.

Systematische gegevens over organotinverbindingen in de waterbodem konden niet worden achterhaald.

Toekomstige ontwikkelingen bij vastgestelde maatregelen.

Het Rijnactieplan schrijft maatregelen voor die moeten leiden tot een daling van de lozingen van prioritaire stoffen met 50% van 1985 tot 1995. Afhankelijk van de resultaten van de eerste fase worden zonodig aanvullende maatregelen getroffen tot het jaar 2000.

Bij de prognoses wordt er van uitgegaan, dat niet alleen voor de Rijn, maar ook voor de andere rivieren de import van verontreinigingen gehalveerd zal worden. Rekening houdend met de diffuse bronnen zal dit niet in alle gevallen eenvoudig realiseerbaar zijn.

Voor cadmium is de voornaamste veronderstelling dat de emissie door de kunstmestfabrieken zal dalen van 14,4 tot 0,7 ton door een schoner fosforzuurproces. De totale lozing op de Nederlandse rijkswateren in 2000/2010 is dan 2,6 ton. Voor koper is verondersteld dat de emissie zal dalen van 114 tot 46 ton. Deze reductie wordt bereikt door ontharding van drinkwater (30 ton/jaar), invoering schoon fosforzuurproces (8,5 ton/jaar), maatregelen bij scheepswerven (13 ton/jaar) en intensieve rioolwaterzuivering (12 ton/jaar). Voor de andere stoffen is bij gebrek aan gegevens in het algemeen met halvering van de huidige belasting gewerkt.

Overzicht belastingsbronnen bij vastgestelde en extra maatregelen voor de rijkswateren.

		vastgesteld	extra
cadmium (ton/jr)	Rijn	5	2,5
	Maas	1,5	0,8
	Nederland		
	uitslagwater	6,2	4,8
	lozingen	3,0	3,0
	atm.depositie	0,4	0,4
koper (ton/jr)	Rijn	225	112
	Maas	22,5	11,5
	Nederland		
	uitslagwater	81	65
	lozingen	46	25
	atm.depositie	8	8
benz(a)pyreen (kg/jr)	Rijn	800	400
	Maas	150	75
	Nederland	97	97
	atm. depositie	130	130
γ -HCH (kg/jr)	Rijn	500	250
	Maas	200	100
	Nederland	305	-
	atm.depositie	140	70
DEHP (ton/jr)	Rijn	240	120
	Maas	12	6
	Nederland	20	10
	atm.depositie	10	5

Het resultaat van het Rijnactieplan en de beschreven reducties in Nederland is dat de kwaliteit van het zoete oppervlaktewater ruim voldoet aan de gekozen referentiewaarden. De kwaliteit van de waterbodem voor cadmium en koper bevindt zich in de orde van grootte op de referentiewaarde bodemkwaliteit. Voor γ -HCH wordt de, wel zeer laag gestelde referentiewaarde, bodemkwaliteit niet gehaald. DEHP en BaP blijven onder de gestelde waarden.

De belasting van het oppervlaktewater met organotinverbindingen is lokaal bepaald. De hoeveelheid, die jaarlijks via scheepvaart in het water komt wordt geschat op 83 ton. Aan bestrijdingsmiddelen wordt per jaar ca. 850 ton verbruikt, die slechts voor een gering deel in de grote wateren terecht komt. Op grond van de beschikbare gegevens schat DHV (1988) dat de gehalten in de sedimenten in het Rotterdamse havengebied in de orde van 10 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ zullen bedragen bij doorgaande belasting.

Voorspelde stationaire concentraties in water en waterbodem in de Rijkswateren bij vastgestelde maatregelen.

	Water	Sediment
Cadmium	($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	(mg/kg)
Rotterdam	0,04	0,7
Ketelmeer	0,05	1,0
Haringvliet/H.D.	0,10	3,1
Koper	($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	(mg/kg)
Rotterdam	1,9	57
Ketelmeer	1,6	49
Haringvliet/H.D.	1,9	56
Benzo(a)pyreen	(ng.l-1)	($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Rotterdam	1,7	136
Ketelmeer	1,0	56
Haringvliet/H.D.	0,9	39
γ -HCH	(ng.l-1)	($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Rotterdam	8	2,0
Ketelmeer	11	1,9
Haringvliet/H.D.	10	1,3
DEMP		($\mu\text{g}/\text{kg}$)
Rotterdam	2,1	0,83
Ketelmeer	1,7	0,2
Haringvliet/H.D.	1,2	0,05

Volgens het waterkwaliteitsplan Noordzee zullen de belastingen van de Nederlandse kustwateren in 1990 reeds belangrijk gedaald kunnen zijn.

Vooral een reductie van de toevoer via rivieren is hiervoor verantwoordelijk.

Belasting van de Nederlandse kustwateren in 1980 en 1990
in ton per jaar

Stoffen	1980	1990
N*	600	460-570
P*	74	53-66
Cd	140	65-81
Hg	21	9-10
Pb	1300	760-850
Cu	1200	640-810
Cr	1600	430-570
Zn	8000	4200-5300

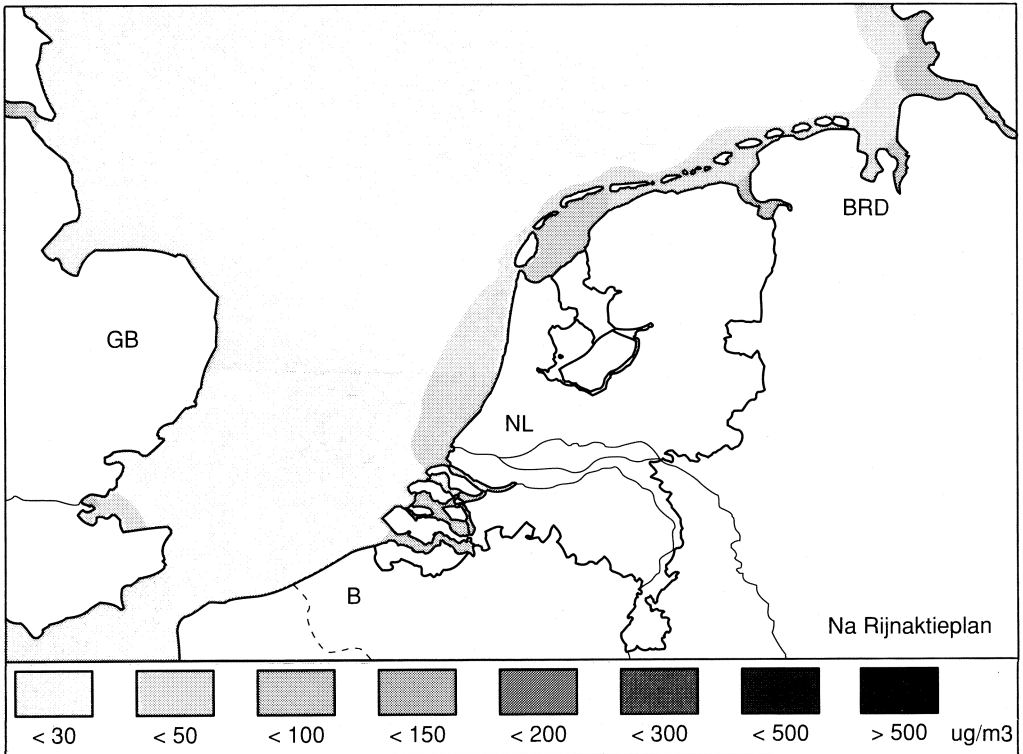
*Kton

De uitvoering van het Rijnactieplan leidt voor de zuidelijke Noordzee in het algemeen tot concentraties in het water beneden de referentiewaarden. (die niet specifiek voor zeewater bedoeld zijn).

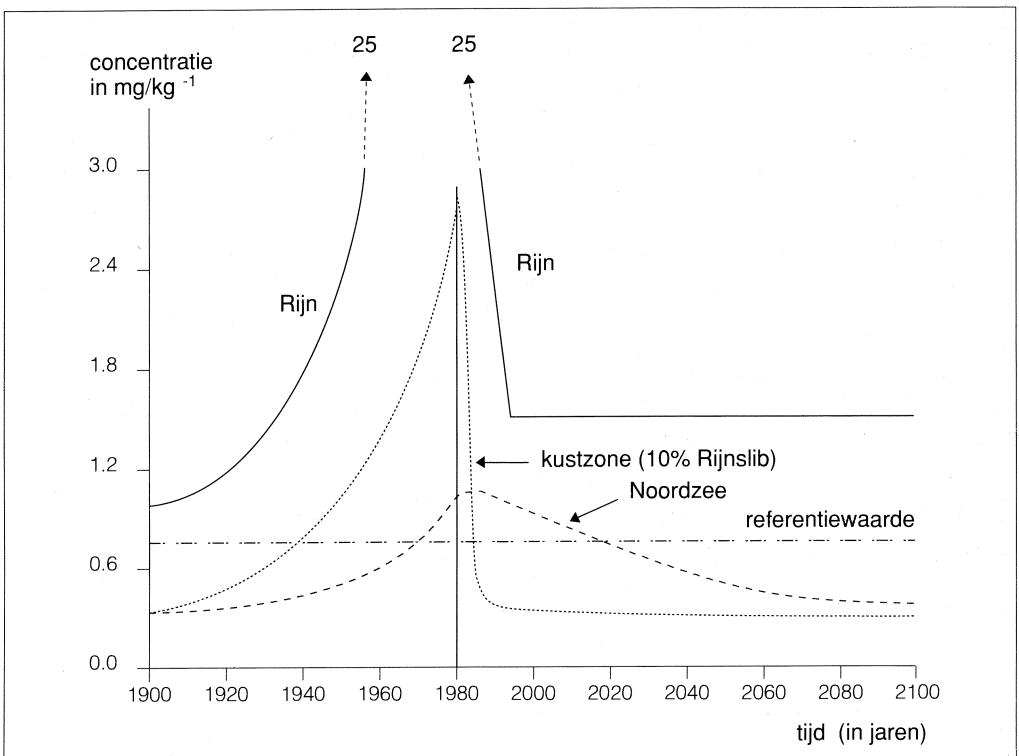
Voor γ -HCH en DEHP kan met de thans beschikbare gegevens en modellen geen betrouwbare prognose worden gemaakt. Een voor cadmium uitgevoerde berekening toont aan dat het gehalte in het water in de Noordzee de referentiewaarde niet meer overschrijdt.

Voor de sedimenten wordt zo'n situatie pas na enige decennia bereikt zoals gebleken is uit berekeningen voor een hypothetische Noordzeesediment.

Zou het cadmiumgehalte van Rijnslib gehandhaafd blijven op de waarde van 1985 (ca. 15 mg/kg), dan zou dit op termijn ruwweg een verdubbeling van de huidige gehalten tot gevolg hebben. Doorvoering van het Rijnactieplan zal naar verwachting leiden tot een stabilisatie van de cadmiumgehalten in Noordzeesedimenten op de huidige waarden van ongeveer 1 mg/kg. Dit niveau bevindt zich enigszins boven de referentiewaarde.



De cadmiumgehalten in het water van de Noordzee na uitvoering van het Rijnactieplan.
(bron: WL/RWS)

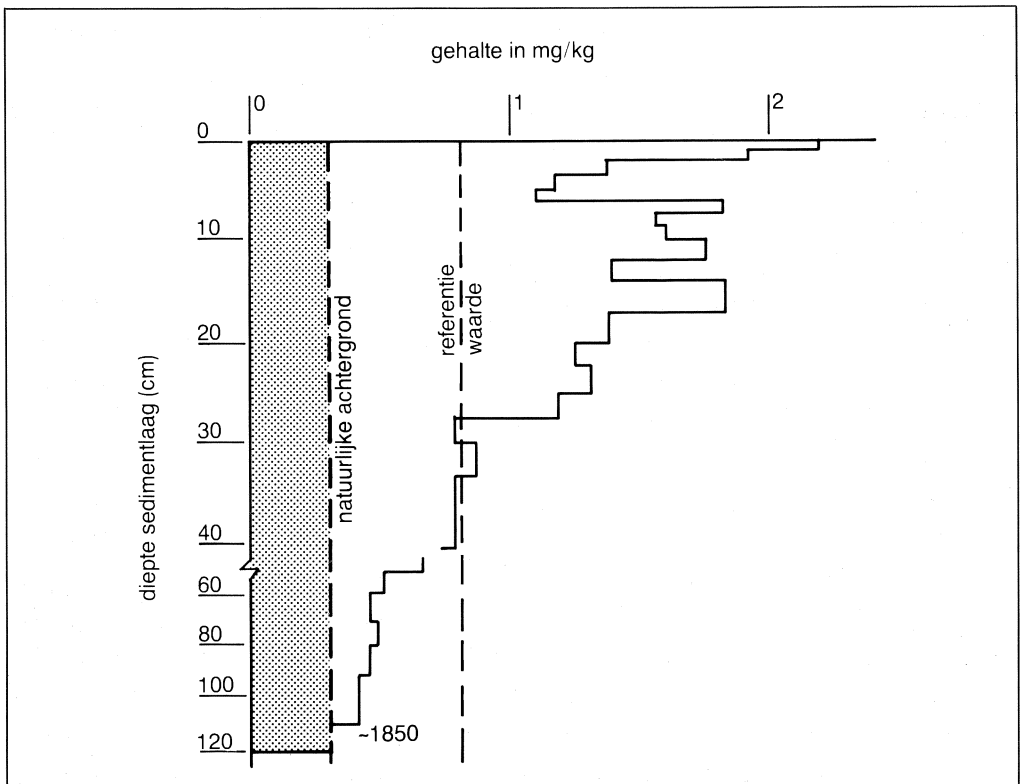


Cadmium gehalten in zwevend Rijn- en Noordzee sediment in de periode 1900-2100 rekening houdend met tot het jaar 2010 te treffen maatregelen.

Bron: RIVM

De onzekerheid in de voorspellingen is groot, met name voor wat betreft de tijdschaal. Dit is het gevolg van de onzekerheid in de te verwachten naleveringssnelheid van stoffen vanuit verontreinigd sediment. Deze nalevering is niet goed bekend door onzekerheden in de stofuitwisselingsnelheid tussen water en sediment en de doormenging van de bovenste laag van de waterbodem. De hier voor de waterbodem aangenomen effectieve mengdiepte van 3 cm geldt zeker niet altijd en overal. Met name het effect van externe beïnvloeding (bijvoorbeeld scheepvaart) is in dit opzicht een onzekere factor.

In het algemeen geldt dat de te verwachten verbetering van de kwaliteit van de waterbodem voor wat betreft de gehalten aan persistente verontreinigingen ontstaat door het afdekken van het oudere sterker verontreinigde sediment met nieuw minder verontreinigd sediment. Sinds de vorige eeuw is het gehalte van verontreiniging in sedimenten gestegen. In de Duitse Bocht bijvoorbeeld is het cadmiumgehalte een vijfvoud van de natuurlijke achtergrondconcentratie. Nieuwe afzettingen leiden derhalve tot schonere toplagen.



Cadmiumgehalten in de sedimenten in de Duitse Bocht in de sinds 1850 gesedimenteerde laag. (bron: IIASA)

Voor de niet-afbreekbare metalen Cd en Cu wordt de evenwichtswaarde bereikt in tientallen jaren. Voor γ -HCH wordt, als gevolg van de afbraak in sedimenten, een stationaire toestand in 1-2 jaar verwacht.

Baggeren om nautische redenen zal onvermijdelijk blijven waardoor ook het "begraven" oudere sediment wordt opgenomen. In welke mate baggeren om milieuhygiënische redenen nodig is valt door de vele onzekerheden thans nog niet te zeggen.

Voor wat betreft de concentraties van de voorbeeldstoffen in mariene sedimenten geldt een nog veel grotere onzekerheid dan voor de zoetwatersedimenten. Dit is, naast onzekerheden in mengingstoestand van de topsedimenten, het gevolg van de onzekerheid in de verspreiding en sedimentatie van het vanuit de Atlantische Oceaan en het door de rivieren aangevoerde slib in de zuidelijke Noordzee.

Niet alleen continue lozingen vormen een bedreiging voor de kwaliteit van het oppervlaktewater en de waterbodem. Op de Rijn en de Maas komen regelmatig incidentele lozingen voor. Het Sandoz-incident in 1986 is daarvan een voorbeeld. Om van een niet afbreekbare stof tijdens een incident een piekconcentratie van 1 $\mu\text{g}/\text{l}$ te Gorkum te bereiken moeten bovenstrooms afhankelijk van de plaats de volgende hoeveelheden geloosd worden.

- Basel : 59 kg
- Mannheim : 49 kg
- Duisburg : 32 kg
- Lobith : 25 kg

Een inventarisatie van Nederlandse bedrijven en opslagplaatsen (Tebodin 1987) laat zien dat de voorzorgsmaatregelen bij calamiteiten in een aantal gevallen nog onvoldoende zijn. Een schatting van de omvang van de problemen is nog niet te geven.

Toekomstige ontwikkelingen bij extra maatregelen

Door vastgestelde maatregelen in Nederland wordt de lozing van cadmium met 85% en die van koper met 60% gereduceerd. Verdergaande mogelijkheden voor de reductie van cadmium in Nederland zijn niet eenvoudig te realiseren. Voor koper is een reductie van de lozing met 21 ton mogelijk door aanpassing van de dokken van scheepswerven waardoor een reductie van ca. 75% bereikt wordt. Zo'n maatregel leidt in eerste instantie tot beperking van lokale verontreiniging. Met baggerslib zal het koper echter elders terecht kunnen komen.

Voor het buitenland is aangenomen dat, gelet op de mogelijkheden in ons land, nog eens een halvering van de lozingen mogelijk is. Voor de andere beschouwde stoffen is zowel voor Nederland als het buitenland een zelfde aanname gedaan zonder dat daarvoor concrete maatregelen zijn vastgesteld.

Evenals voor de reeds vastgestelde maatregelen geldt voor de extra maatregelen dat zij op meer stoffen inwerken dan de gekozen voorbeeldstoffen. Aan onderzoek van het Waterloopkundig Laboratorium zijn deze extra maatregelen ontleend. Ze hebben vooral betrekking op het terughouden van microverontreinigingen en zware metalen in rioolwaterzuiveringinstallaties, aanleg van rioleringen buiten de bebouwde kom en extra vervanging van bestaande rioolstelsels.

Deze globaal ingevulde vorm van extra bestrijding leidt ertoe dat een nog verdere verbetering van de kwaliteit van het zoete oppervlaktewater optreedt. De cadmiumgehalten in het Noordzee water benaderen de natuurlijke concentraties.

De gehalten in zoetwatersedimenten ondergaan eveneens een verbetering. De referentiewaarden voor cadmium in het Haringvliet/Hollandsch Diep en voor lindaan in het benedenrivierengebied en het Ketelmeer blijven echter overschreden worden. De cadmium gehalten in de zwevende Noordzeesedimenten bewegen zich wat sneller naar een beneden de referentiewaarde liggende evenwichtswaarde. Dit proces blijft echter decennia vergen.

De overschrijdingen van lindaan in de waterbodem zouden kunnen worden voorkomen door dit middel te verbieden. Door afbraak worden de referentieniveau's dan na enige jaren onderschreden.

Voorspelde stationaire concentraties in water en waterbodem in de Rijkswateren bij extra bestrijdingsmaatregelen.

	Water	Sediment
Cadmium	($\mu\text{g/l}$)	(mg/kg)
Rotterdam	0,03	0,5
Ketelmeer	0,05	0,7
Haringvliet/H.D.	0,07	1,4
Koper	($\mu\text{g/l}$)	(mg/kg)
Rotterdam	1,0	30
Ketelmeer	1,1	32
Haringvliet/H.D.	1,1	34
Benzo(a)pyreen	(ng/l)	($\mu\text{g/kg}$)
Rotterdam	0,9	71
Ketelmeer	0,6	33
Haringvliet/H.D.	0,5	21
γ-HCH	(ng/l)	($\mu\text{g/kg}$)
Rotterdam	4	1,1
Ketelmeer	8	1,4
Haringvliet/H.D.	6	0,8
DEHP	(ng/l)	($\mu\text{g/kg}$)
Rotterdam	1,1	0,45
Ketelmeer	1,0	0,1
Haringvliet/H.D.	0,7	0,03

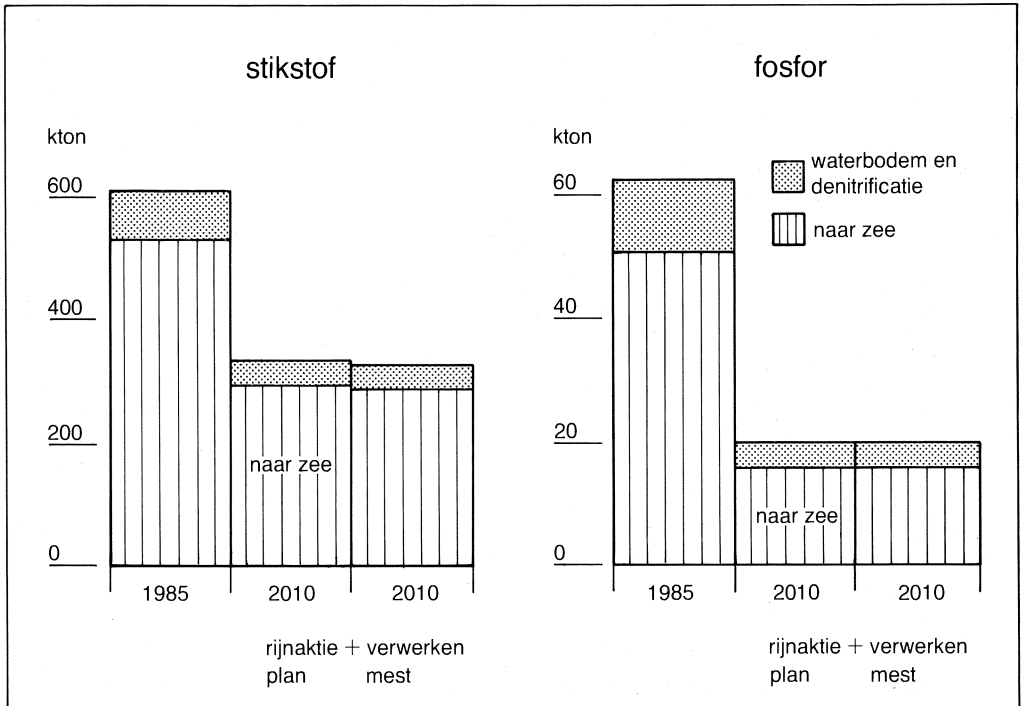
5.4 Duurzaamheid op fluviaal niveau

De belasting van het fluviale systeem met voedingsstoffen en persistente verbindingen leidt tot eutrofiëring van het oppervlaktewater en ophoping van stoffen in waterbodems en voedselketens. Deze stoffen worden voor het grootste deel geïmporteerd vanuit bovenstrooms gelegen landen in de stroomgebieden van Rijn en Maas. Het huidige transport van stikstof bedraagt ongeveer een vijfvoud en voor fosfor ongeveer een tienvoud van de

natuurlijke transporten. De fluviale balans voor voedingsstoffen is derhalve door menselijke invloed verstoord en wijkt sterk af van natuurlijke condities.

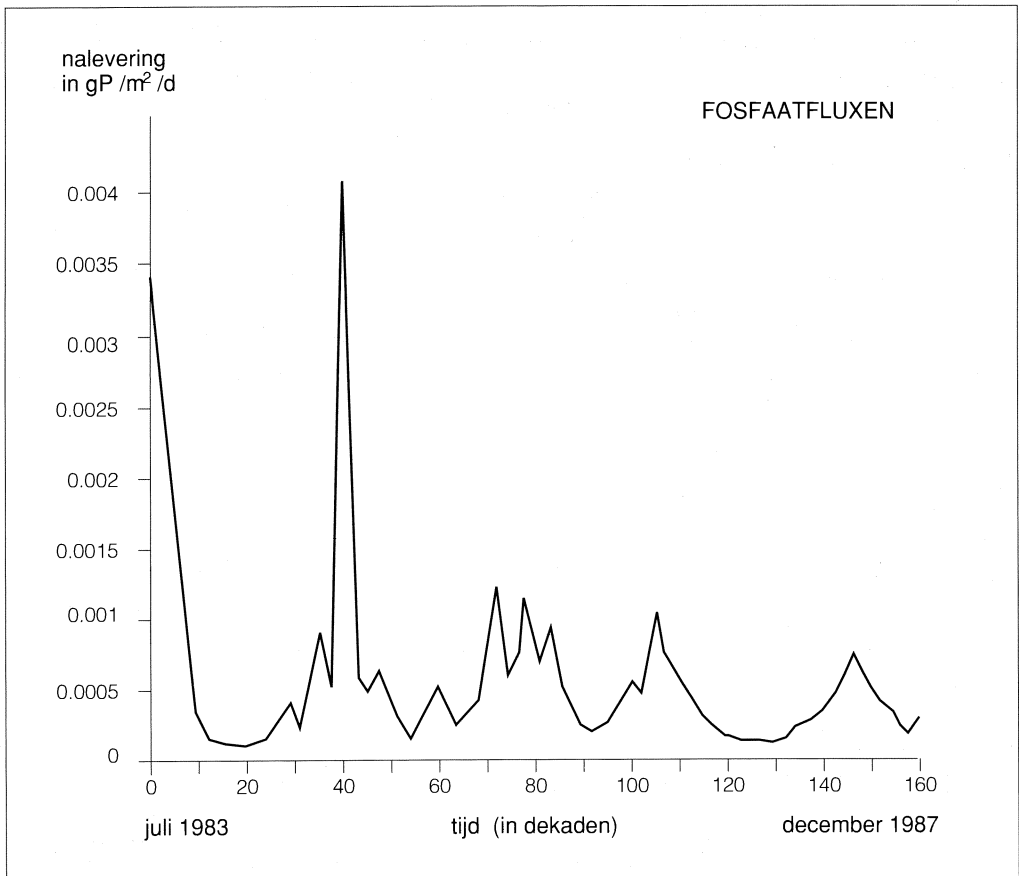
Biogeochemische kringlopen

De fluviale systemen vormen een onderdeel van de kringloop van stikstof en fosfor. De antropogene beïnvloeding ervan is groot waardoor de biotische systemen beïnvloed worden. Om deze beïnvloeding tot een aanvaardbaar niveau terug te dringen zijn grote reducties van de emissies nodig.



Stikstof- en fosforbalans op fluviale schaal voor Rijn en Maas nu en in 2010. (bron: RIVM)

Nutriënten kunnen accumuleren in de waterbodems. Nalevering van fosfaat is één van de problemen die dreigt. Voor het herstel van de waterkwaliteit is deze nalevering een beperkende factor terwijl ook het nog in het water aanwezige fosfaat door doorspoeling afgevoerd moet worden. Voor het laatste is ongeveer driemaal de verblijftijd van het water in het systeem nodig. Onderzoek in enkele Nederlandse meren heeft aangetoond dat slechts gedurende 1 à 2 jaar na het terugdringen van de belasting nog nalevering van betekenis optreedt waarna deze tot een laag niveau terugvalt. Het watersysteem kan trager reageren op de vermindering van de fosfaatbelasting door verschuivingen in de structuur en soortensamenstelling van de levensgemeenschap (dominantie van draadvormige algen, verbraseming).



Nalevering van fosfaat in gram per m² per dag in de Loosdrechtse Plassen in de periode juli 1983-december 1987.

Bron: RIVM

Naast nutriënten vindt ook lozing van persistente stoffen plaats. Ondanks de voorgenomen reducties in de lozingen blijven deze stoffen een bedreiging vormen voor het fluviale ecosysteem. Het cadmiumgehalte in het Rijnsediment is sinds 1900 bijvoorbeeld belangrijk gestegen. Als reactie hierop, is ook het gehalte in het zwevende Noordzeesediment gaan stijgen. Hierin zit een na-ijlingseffect dat thans is opgelopen tot ongeveer 30 jaar. Sinds 1980 is een belangrijke daling van het cadmiumgehalte in de Rijn opgetreden die nog versterkt zal worden door de uitvoering van het Rijnactieplan. Het zal echter meer dan een eeuw duren voor het gehalte van het zwevende Noordzeesediment dat van de Rijn heeft benadert.

Effecten op biota

De met de fluviale systemen samenhangende milieuproblemen betreffen met name de verspreiding en ophoping van vermestende stoffen, zware metalen en andere persistente verontreinigingen. Daarbij zal de distributie vooral

geschieden via het water dan wel rechtstreeks op de bodem. De fluviale systemen kunnen geografisch afgebakend worden als stroomgebieden. Kenmerkend zijn daarbij de morfologische eigenschappen van de waterlopen, de biotische en abiotische eigenschappen van de gebieden waar afstroom plaats vindt, en de veranderingen in de kwaliteit van het water, vaak samenhangend met de aard van de afstroomgebieden. Fluviale gebieden laten zich redelijk in onderscheidende componenten beschrijven, waarbij de gebeurtenissen in de bovenloop zich veelal sterk uiten in de lagere gedeelten. Excessieve erosie veroorzaakt door bijvoorbeeld toenemende regen in verband met klimaatveranderingen en bossterfte door verzuring of door overmatige bosexploitatie in de bovenloop heeft onmiddellijk consequenties voor de lagere gebieden waar sedimentatie plaats vindt. De deltagebieden zullen in dergelijke situaties versneld veranderen waarbij het zeer de vraag is of alle biotische systemen die daarvan afhankelijk zijn deze veranderingen zo snel kunnen volgen.

Boven op de al gesignaleerde mogelijke veranderingen onder invloed van mondiale en continentale problemen, zullen de vooral op deze schaal van belang zijnde milieuproblemen een grote invloed uitoefenen. De toename van nutriënten, die niet meer uit het aquatisch systeem worden verwijderd heeft al geleid tot eutrofiëringsverschijnselen in oppervlaktewateren. Daarbij zijn enkele soorten sterk dominerend geworden. Grote waterplanten die zichtbaar van afstand domineerden en ruimte boden aan een veelheid van soorten, werden vervangen door algen en brasems. De nutriënten leiden tot een eenzijdige samenstelling van de biota. De rol van de deltagebieden als broedkamer en als pleisterplaats voor trekkers, zal daardoor verminderen. De consequenties hiervan gaan ver uit boven het ecosysteem Nederland. Persistente verontreinigingen beïnvloeden vooral de individuele organismen. De aanwezigheid van relatief hoge concentraties in uitgestrekte gebieden leidt tot exposities van zeer grote populaties organismen. Gevoegd bij reeds geconstateerde stress door milieuproblemen van andere schaal en de vermessing heeft de druk al geleid tot vermindering van soorten, verandering in soorten en naar alle waarschijnlijkheid ook destabilisatie van de ecosysteemprocessen. Adaptatie aan nieuwe situaties zal daardoor voor een aantal soorten niet meer haalbaar blijken. Teveel energie is dan al besteed aan het opvangen van de druk door de persistente stoffen. In het deltagebied betekent dat het verdwijnen van gevoelige soorten, immers juist daar wordt een zeer belangrijk deel van de aanwezige biota gevormd door de meest gevoelige stadia van zeer veel soorten: het jongbroed en de juvenielen. De directe doorvertaling van dergelijke processen leidt tot de veronderstelling dat soorten afhankelijk van het broeden in deze gebieden en soorten die afhankelijk zijn van deze bron van voedsel ernstig worden

bedreigd. De functies van de getijdegebieden als deel van het fluviale systeem, maar ook als deel van een meer continentaal systeem worden daardoor ten zeerste bedreigd. Niet alleen de deltagebieden, maar ook de hoger gelegen plaatsen die essentieel zijn voor het voortbestaan van de soorten zoals zalm en forel worden bedreigd door de toenemende erosie, en door de belasting met persistente verontreinigingen, juist gezien de gevoeligheid van de jonge stadia.

Antropogene beïnvloeding

Een duurzame ontwikkeling vraagt om het terugbrengen van de nutriëntenstroom tot het natuurlijke niveau en het beëindigen van de lozing van persistente stoffen. Om de meest ernstige effecten te voorkomen is in de stroomgebieden een reductie van de nutriëntenemissie met ten minste 75% nodig. Dit is met de beschikbare emissiereducerende maatregelen juist haalbaar. Een emissiereductie van 70-80% van enkele persistente accumulerende verbindingen brengt zowel de kwaliteit van water als waterbodem veelal beneden de referentiewaarden. Uitzonderingen daarop zijn cadmium in de waterbodem van het Haringvliet-Hollands Diep en lindaan in de waterbodem van het benedenrivierstelsel en het Ketelmeer. Grotere reducties zijn met emissiereducerende maatregelen niet te bereiken zodat volume- en structurele maatregelen nodig zijn zoals bijvoorbeeld het verbieden van lindaan. Dan blijft echter een erfenis uit het verleden doordat deze stoffen zich in de waterbodems geaccumuleerd hebben. Het begraven van de aldus verontreinigde sedimenten op een natuurlijke wijze door schoon sediment kan hiervoor een oplossing zijn. Dan moet echter de zekerheid bestaan dat deze "begraven" sedimenten geen rol meer spelen in biologische processen.

Wanneer om nautische of andere redenen toch gebaggerd moet worden, dan moet de baggerspecie op zodanige wijze bewerkt en verwijderd worden dat daaraan geen risico's meer zijn verbonden. In het verlengde van het tot stand brengen van een schoon fluviaal systeem zal ook aandacht nodig zijn voor het vergroten van de natuurlijkheid van het stroomgebied. Daartoe kan onder meer gedacht worden aan de vorming van moerasgebieden. Dergelijke maatregelen werken in de richting van een duurzame ontwikkeling op het fluviale niveau.

Literatuur fluviale milieuproblemen

Verresting

Beukema JJ, Cadée GC, 1987

De eutrofiëring van ons kustwater: genoeg of al teveel.

Vakbl. Biol. 67(9), p.153-157

CUWVO, 1980

Ontwikkeling van grenswaarden voor doorzicht, chlorophyl, fosfaat en stikstof. Resultaten van de tweede eutrofiëringsenquête

(Rapp. S.H.Hosper). RIZA, Lelystad

Janse JH et al, 1987

Vergelijkend onderzoek naar de eutrofiëring in Nederlandse meren en plassen.

LU Wageningen concept-rapport

Postma H, 1985

Eutrophication of Dutch coastal waters.

Netherlands J. of Zoology (35), 1-2, p.348-359.

Verspreiding

DHV/RIVM, 1988

Stofbelasting en accumulatie in bodem en waterbodem; modelstudie t.b.v. het achtergronddocument NMP.

Ministerie van V&W en Ministerie van VROM, 1987

De vervuiling van de waterbodem

TK 1986.

Sloof W., Cleven R.F.M.J., Janus J.A. en Ros J.P.M. (eds), 1987

Basisdocument Koper,

Rapport 758474003, RIVM, Bilthoven.

Ros J.P.M. en Slooff W. (eds), 1987

Basisdocument Cadmium

Rapport 758476002, RIVM, Bilthoven.

Slooff W. en Matthijsen A.J.C.M. (eds), 1987
Basisdocument hexachloorcyclohexanen
Rapport 758473004, RIVM, Bilthoven.

Cost, 641, Commission of the European Communities, 1988
Tributyltin in the Environment; Sources, fate and determination Water
pollution report 8
Doc. EUR 11562, Brussel.

TEBODIN, 1987
Inventarisatie van Nederlandse inrichtingen die een risico kunnen opleveren
voor het oppervlaktewater
Staatstoezicht op de Volksgezondheid.

van de Meent D. en de Greef J., 1988
Diagnostic environmental modelling I. - SimpleBox, a spreadsheet-based box
modelling framework
RIVM, Bilthoven, in voorbereiding.

van de Meent D. en Greef J., 1988
Diagnostic environmental modelling II. - SimpleSal, a spreadsheet-based
level III/IV box model to evaluate the environmental behaviour of
micropollutants
RIVM, Bilthoven, in voorbereiding.

De Ruyter W.P.M, Postma L. en de Kok J.M., 1987
Transport Atlas of the Southern North Sea
Rijkswaterstaat-Tidal Waterd Division/Delft Hydraulics Laboratory.

van Apeldoorn M.E., Canton J.H. en Knaap A.G.A.C., 1987
Risico voor het aquatisch milieu en voor de mens t.g.v.
ftalaatverontreinigingen te Schoonebeek
Rapport 748704006, RIVM, Bilthoven.

Ministerie van V&W, 1986
Waterkwaliteitsplan Noordzee
TK 1986-1987, 17408 nr. 22.

Ministerie van V&W, 1987
Harmonisatie Noordzeebeleid
Voortgangsrapportage actieprogramma 1987
TK 1987-1988, 17408 nr. 33.

6 Regionale milieuproblemen in Nederland

6.1 Probleemschets

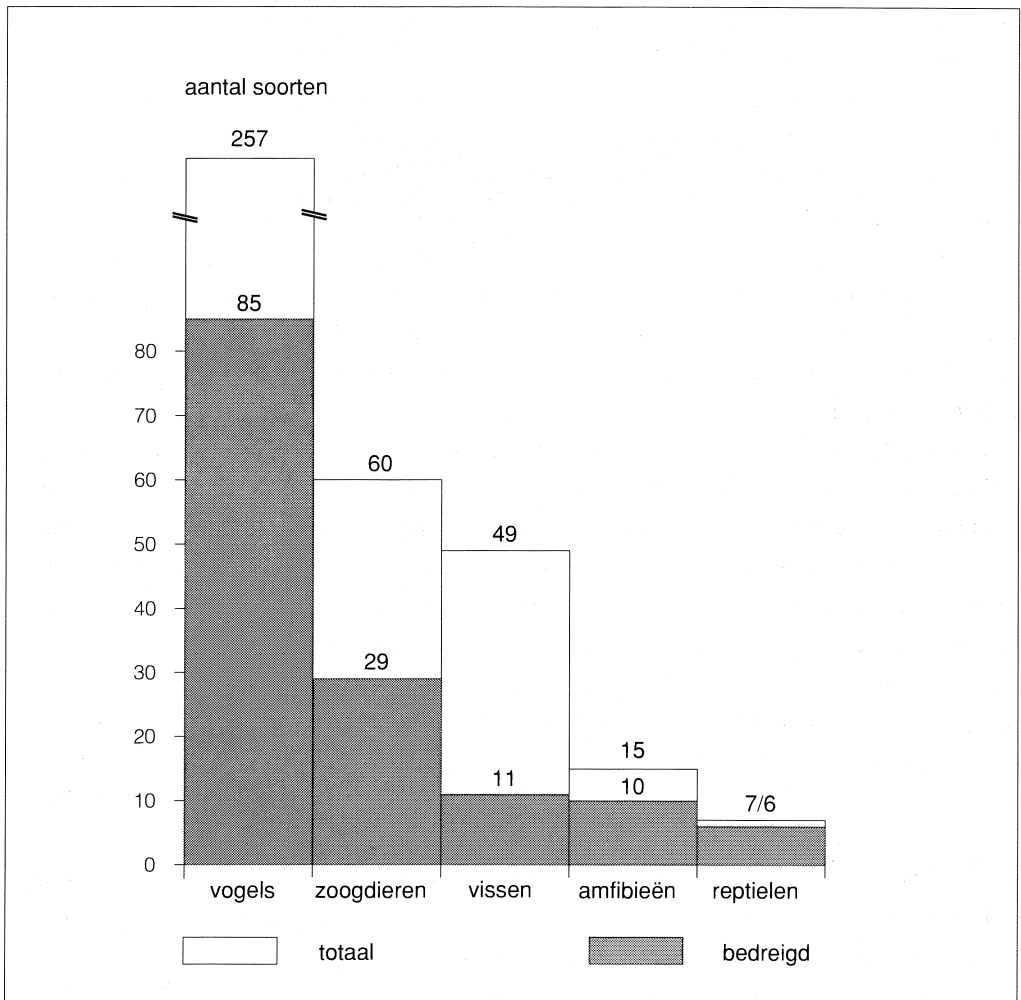
Regionale milieuproblemen hangen samen met de verspreiding van agentia binnen onze landsgrenzen. Een duurzame ontwikkeling van de kwaliteit van lucht, bodem, grondwater en klein oppervlaktewater, gericht op het ecologisch functioneren en op het voorzien in gezonde voeding en gezond drinkwater staat, daarbij centraal.

Op grond van geomorfologische en hydrologische kenmerken is Nederland verdeeld in ca. 40 regionale eenheden (de zogenaamde ecodistricten). Deze ecodistricten vormen de grondslag voor het beschouwen van de regionale milieuproblemen.

De regionale milieuproblemen worden veroorzaakt door de volgende vormen van milieubelasting en aantasting. Nutriënten (stikstof en fosfor) veroorzaken vermisting van bodem, grondwater en klein oppervlaktewater. De landbouw is een belangrijke veroorzaker van dit probleem doch er zijn ook bijdragen vanuit hogere schaalniveau's. Persistente stoffen zoals metalen, radionucliden en organische verbindingen, waaronder pesticiden, hopen zich op in bodem en grondwater en vormen daardoor een bedreiging voor een duurzame ontwikkeling. Het optreden van industriële ongevallen kan eveneens een bron zijn van belasting met persistente stoffen doch kwantificering van dit risico is thans nog niet mogelijk. Een aantal niet persistente stoffen vormen door de daarvan te verwachten effecten eveneens een probleem van regionale aard vooral met het oog op de volksgezondheid.

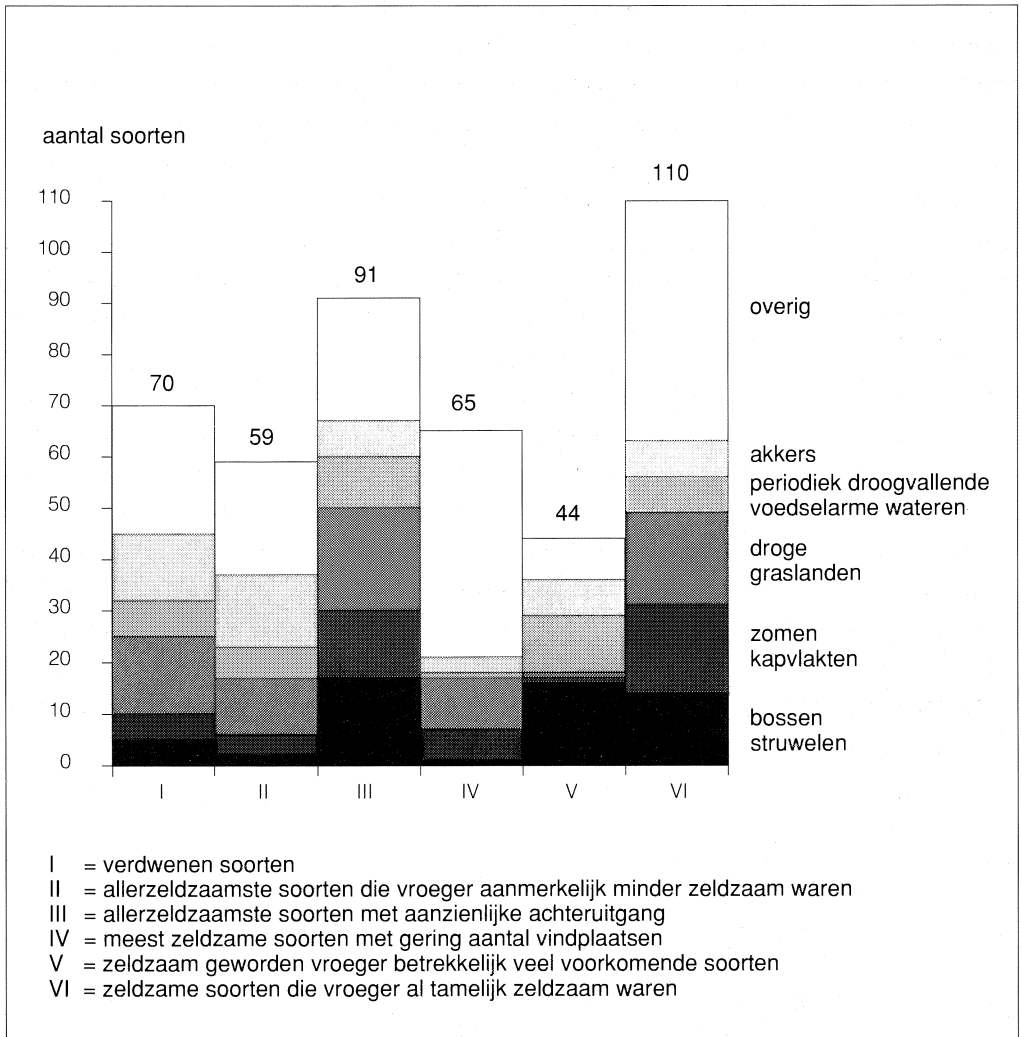
Door natuurlijke oorzaken en menselijke ingrepen kan langdurig onvoldoende water aanwezig zijn, leidend tot verdroging. Ook hierdoor wordt een duurzame ontwikkeling bedreigd. Een van de oorzaken van verdroging is de onttrekking van grondwater voor diverse gebruiksdoeleinden. De verwijdering van afval is een van de oorzaken van regionale milieuproblemen. Stortplaatsen belasten het milieu door hun percolatiewater, verbranden leidt tot luchtverontreiniging en het zuiveren van afvalwater gaat gepaard met de lozing van effluenten. Het "hergebruik" van de afvalstof dierlijke mest in de landbouw leidt tot een belangrijke milieubelasting. In deze

lange termijnverkenning wordt de aandacht geconcentreerd op de vermelde vormen van milieubelasting- en aantasting. Dit zijn echter niet de enige milieuproblemen die op regionale schaal spelen. Ook een aantal meer fysieke ingrepen in de regionale eenheden zijn van groot belang vooral ten aanzien van het ecologisch functioneren. Versnippering door het doorsnijden van gebieden met bijvoorbeeld wegen, vernietiging door bijvoorbeeld bebouwing en verstoring door geluid vormen belangrijke bedreigingen. Dat het ecologisch functioneren van gebieden op regionaal niveau bedreigd wordt blijkt uit de afname van de mate van voorkomen van bepaalde soorten planten en dieren (OECD, 1985 en Westhof, 1984).



Totale aantal en aantal bedreigde diersoorten in Nederland begin tachtiger jaren.

Bron: OECD



De achteruitgang van de flora in Nederland voor 440 soorten.

Bron: Westhof

Net als op de andere schaalniveau's vormen vooral de niet of moeilijk omkeerbare problemen een punt van zorg. Deze problemen worden in het navolgende in het bijzonder belicht. Het gaat dan om de vermessing van bodem en grondwater, de regionale verspreiding van agentia en de verdroging.

6.2 Vermesting van bodem en grondwater

Probleemschets

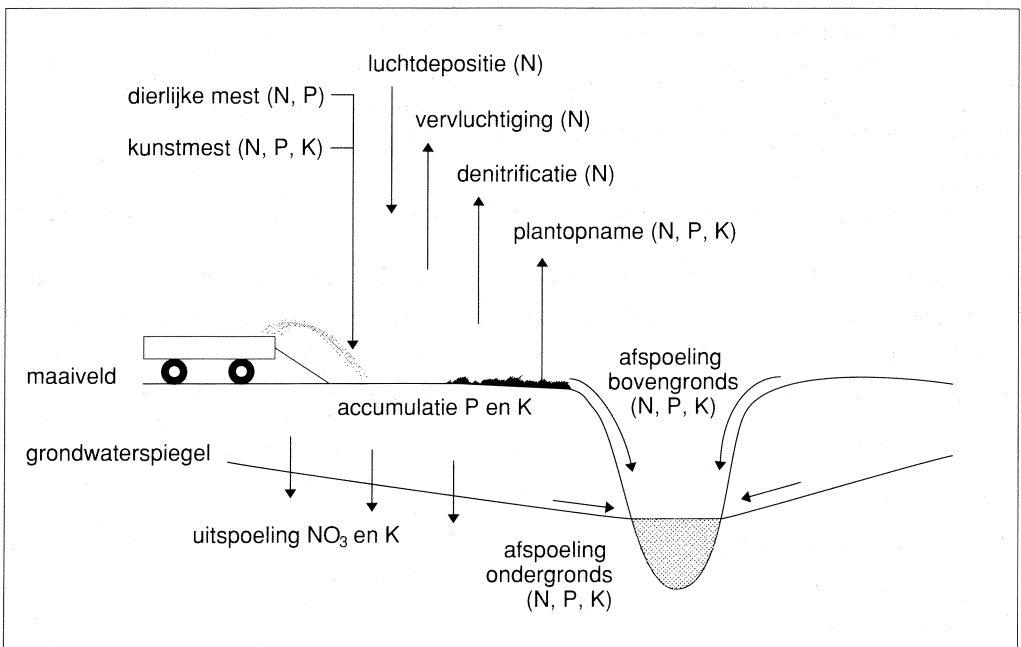
Vermesting is het gevolg van een onbalans van de plantevoedingsstoffen

stikstof (N), fosfor (P) en kalium (K). Hierbij is de toevoer naar bodem, grondwater en oppervlaktewater groter dan de afvoer. Via drinkwater en voedsel vormt vermisting een probleem voor de volksgezondheid, terwijl door eutrofiëring terrestrische en aquatische ecosystemen verslechteren.

In het navolgende wordt specifiek aandacht geschonken aan stikstof (primair in de vorm van nitraat) en fosfor (in de vorm van fosfaat). Dit laat onverlet dat ook kalium (in de vorm van kali) als gevolg van vermisting in aanmerkelijk hogere concentraties dan de natuurlijke waarden in grond- en oppervlaktewater voorkomt, waardoor zowel in dit water als in drinkwater de drinkwaternorm veelvuldig wordt overschreden.

Het gedrag van nitraat en fosfaat in bodem en grondwater is heel verschillend. Nitraat is zeer mobiel en spoelt gemakkelijk uit naar grond- en oppervlaktewater, terwijl fosfaat in aanleg in de bodem wordt opgeslagen. Als de buffercapaciteit van de bodem voor fosfaat wordt overschreden, treedt doorslag op naar het oppervlaktewater via het bovenste grondwater. Daarnaast treedt oppervlakkige afspoeling van N en P naar het oppervlaktewater op. Vooral het kleine oppervlaktewater wordt bedreigd door uit- en afspoeling van nitraat en fosfaat.

Kali wordt in de bodem gebonden aan kleideeltjes en humus, maar kan onder bepaalde omstandigheden ook uit- en afspoelen.



Schematische weergave van de processen die een rol spelen bij de vermisting van bodem, grondwater en klein oppervlakte water.

Bron: RIVM

Met betrekking tot de bodemkwaliteit wordt voor nitraat in grondwater een referentiewaarde gehanteerd van 5,6 mg N/l. Ter bescherming van voedselarme gebieden kunnen echter lagere waarden zijn vereist die gaan in de richting van 1 mg N/l. Deze laatste waarde kan als streefwaarde worden opgevat.

Voor fosfor in grondwater zijn referentiewaarde en streefwaarde aan elkaar gelijk, maar wel afhankelijk van het gebied. Voor zandgebieden wordt 0,4 mg P/l gehanteerd en voor kleiveengebieden 3 mg P/l. Referentiewaarden en streefwaarden voor zoet oppervlaktewater zijn reeds eerder behandeld.

De streefwaarden zijn gebaseerd op de natuurlijke achtergrondconcentraties. In kleiveengebieden kunnen overigens zowel in grond- als in oppervlaktewater fosfaatconcentraties voorkomen die hoger zijn dan de hier genoemde referentiewaarden zonder dat sprake is van antropogene beïnvloeding.

Voor de vaste bodem is het streven erop gericht doorslag van fosfaat naar bodem en grondwater te voorkomen. Deze doorslag is voor oligotrofe milieus maatgevend voor het aldaar niet voorkomen van P-gehalten hoger dan de referentiewaarde.

Met betrekking tot drinkwater en grondwater bestemd voor drinkwater gelden andere waarden. De streefwaarde voor nitraat in grondwater bestemd voor drinkwater is 5,6 mg N/l en komt overeen met de EG-streefwaarde voor drinkwater. De drinkwaternorm volgens het Waterleidingbesluit is 11,3 mg N/l. Het betreft hier een grenswaarde, die dus een factor twee hoger is dan de EG-streefwaarde. De norm heeft met betrekking tot optredende toxische effecten een lage veiligheidsfactor.

Voor fosfor en kalium in grondwater bestemd voor drinkwater bestaan geen streefwaarden. Volgens het Waterleidingbesluit geldt voor drinkwater een norm van 2,2 mg P/l en 12 mg K/l. De laatste norm is evenwel niet duidelijk onderbouwd.

Voorspellingsmethode

Bij het opstellen van de gepresenteerde voorspellingen is gebruik gemaakt van het Nationaal Vermestingsmodel, het Regionaal Mestuitspoelingsmodel (MUL), diverse eenvoudige schattingsmodellen en handreikingen vanuit de literatuur. Genoemde modellen zijn op empirische leest geschoeide balansmodellen, waarin naast dierlijke mest en kunstmest ook depositie vanuit de lucht wordt meegenomen. De uit- en afspoeling van stikstof is steeds gebaseerd op de door Kolenbrander ontwikkelde uitspoelingsrelatie (Kolenbrander, 1981).

Het nationaal model corrigeert de N-uitspoeling voor het bodemtype volgens een globale, maar bruikbare benadering van Stiboka (Breeuwsma et al, 1988). Het model voorspelt vervolgens de N-concentratie van het percolatiewater

uit de wortelzone in de onverzadigde zone als gemiddelde voor een geheel landbouwgebied (totaal 119 gebieden). Ten aanzien van fosfaat voorspelt het nationaal model het moment van P-doorslag voor het meest gevoelige bodemtype binnen een landbouwgebied. De reële situatie zal dan ook steeds gunstiger zijn dan het model aangeeft.

Het regionaal model voorspelt de N-uitspoeling in de zandgebieden met een correctiefactor voor de grondwaterstand uitgaande van een grid met een maaswijdte van 250 meter. De berekende N-concentraties hebben betrekking op het bovenste grondwater (de eerste meter van de verzadigde zone) bij bouwland, maïsland, grasland en natuurgebied (Van Drecht, 1986).

De volgens het regionaal model voorspelde en in de praktijk ook gemeten N-concentraties in het bovenste grondwater zijn globaal een factor 1,5 à 2 lager dan de concentraties die het landelijk model voorspelt voor het percolatiewater. Een verklaring hiervoor is het effect van de grondwaterstand op de denitrificatie. De met behulp van het nationaal model gevonden concentraties dienen dan ook met bovenstaande factor te worden verminderd voor een goede beschrijving van de kwaliteit van het bovenste grondwater.

Betreffende de ontwikkeling van het nitraatgehalte op de grondwaterpompstations is gebruik gemaakt van literatuurgegevens, gegevens over de huidige ontwikkelingen bij de pompstations en het door het RIVM ontwikkelde N-transportmodel van grondwater naar pompstations.

De ontwikkelingen ten aanzien van het kleine, stromend oppervlaktewater (beken en waterlopen) zijn via een eenvoudig schattingsmodel afgeleid uit de scenarioberekeningen volgens het nationaal vermistingsmodel.

Huidige situatie

De totale toevoer van stikstof en fosfor naar de Nederlandse bodem (cultuurgrond en alle overige grond) bedroeg in de afgelopen jaren zo'n 1100-1200 kton N en 140-160 kton P per jaar. De toevoer wordt gedomineerd door dierlijke mest en kunstmest die zorgdragen voor ca. 80% van de totale N-toevoer en ca. 90% van de totale P-toevoer.

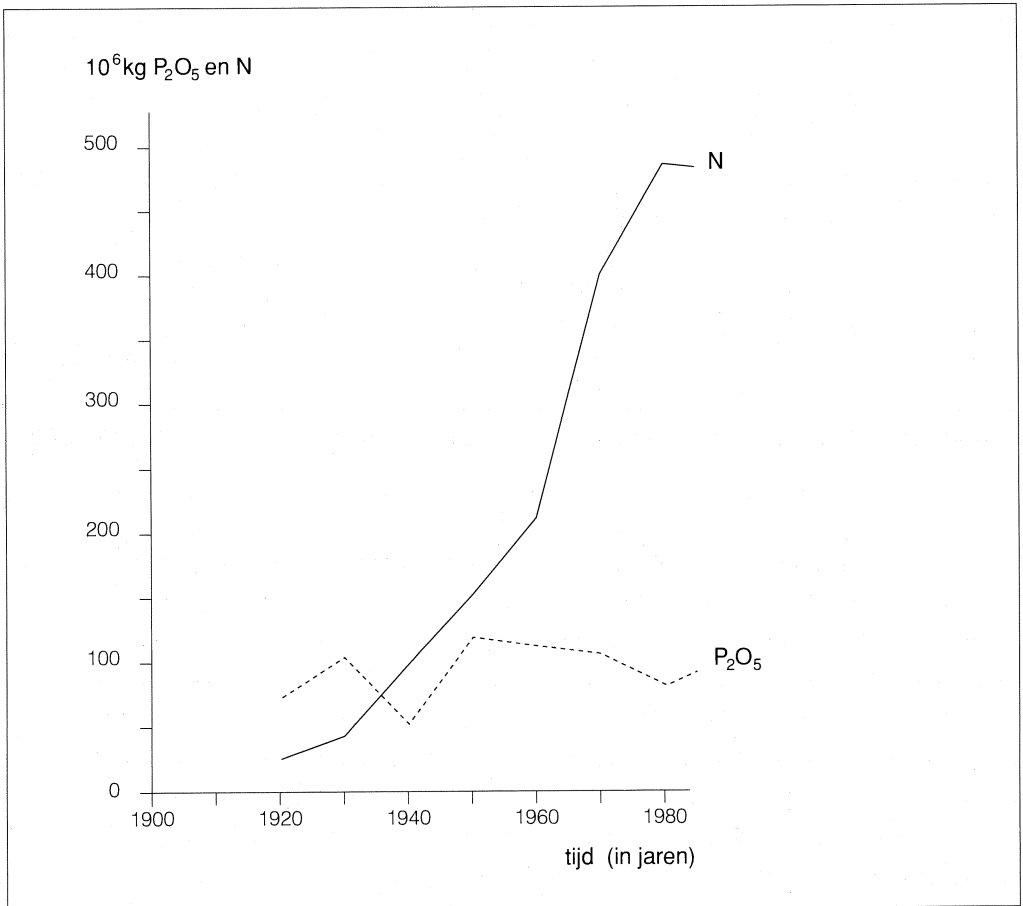
Het stikstofoverschot spoelt in principe in de vorm van nitraat uit naar het grondwater, terwijl het overschot aan fosfor (fosfaat) in eerste instantie accumuleert in de bodem. Bij fosfaatverzadiging vindt doorslag naar het oppervlaktewater plaats via het ondiepe grondwater.

Onder cultuurgrond wordt de uitspoeling van stikstof uit de wortelzone naar het grondwater in 1985 geschat op 150-180 kton N. Dit is de resultante van de toevoer via dierlijke mest, kunstmest en depositie vanuit de lucht (NO_x en NH_x) en de afvoer via vervluchtiging, denitrificatie, gewasonttrekking

en accumulatie in de bouwvoor (wortel- en bladresten). De accumulatie van P in de bodem van cultuurgronden wordt in 1985 geschat op 60-80 kton.

Wat kalium betreft is de toevoer via dierlijke mest en kunstmest ook dominerend. Deze toevoer lag in de afgelopen jaren rond de 550 kton K per jaar. De accumulatie c.q. uit- en afspoeling bedroeg ruim 400 kton K per jaar.

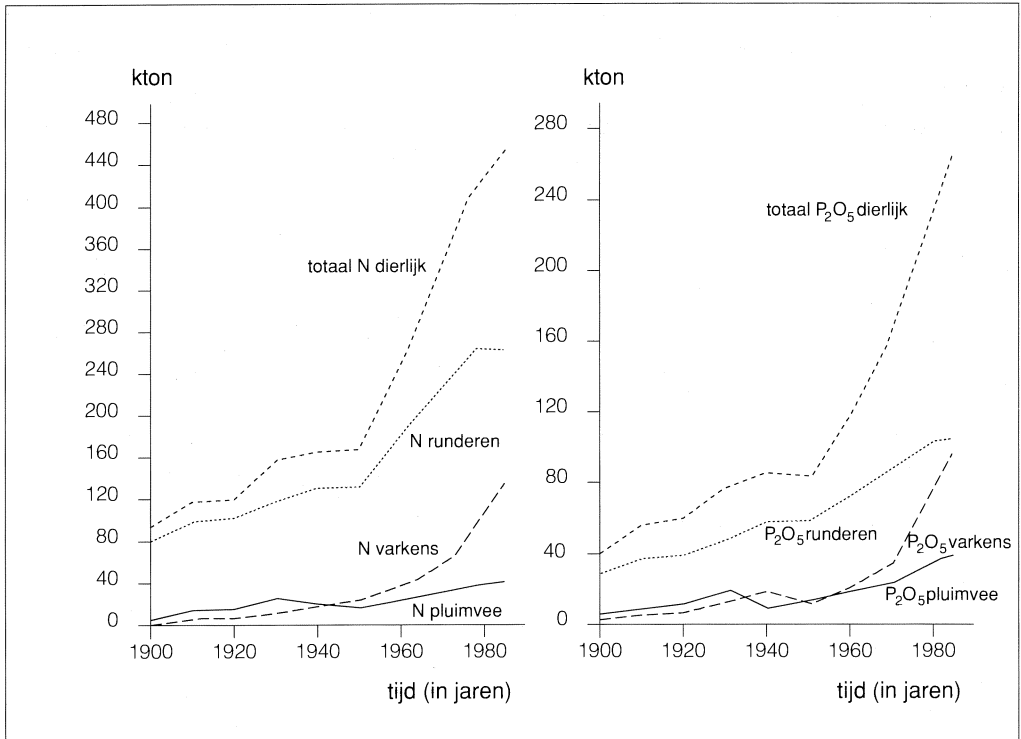
Kunstmest vormt samen met dierlijke mest de belangrijkste N-bron in de landbouw. Het gebruik van kunstmest is wat betreft stikstof de afgelopen decennia vooral op grasland zeer fors gestegen van 25 kton N in 1920 tot bijna 500 kton N in 1985. Het fosforgebruik is ongeveer constant gebleven op een niveau van 36 kton P per jaar.



De jaarlijkse gift van kunstmest sinds 1900 resulterend in een vertwintigvoudiging van de N-gift en het ongeveer constant blijven van de P₂O₅-gift.

Bron: RIVM

De hoeveelheid stikstof in dierlijke mest (excl. vervluchtiging uit de stal en opslag) bedroeg omstreeks 1900 ongeveer 90 kton N per jaar. Na de tweede wereldoorlog is deze hoeveelheid sterk toegenomen tot ongeveer 450 kton N in 1985. Voor fosfor lopen de hoeveelheden in die periode op van 18 kton P tot 106 kton P.



Hoeveelheden stikstof en fosfor in dierlijke mest per diersoort vanaf 1900.

Bron: RIVM

Door de toenemende belasting van de bodem zijn de nitraatgehalten in het grondwater sterk gestegen. De depositie van stikstofverbindingen in de lucht, zoals behandeld bij het thema verzuring, speelt daarin ook een rol. Deze depositie is voor natuurgebieden de belangrijkste belastingsbron. Vooral op zandgebieden zijn de nitraatgehalten in het bovenste grondwater hoog, evenals onder bouwland op klei. De referentiewaarde wordt hier vele malen overschreden. In zandgebieden met bouwland wordt ook de referentiewaarde in het diepere grondwater overschreden. Voor fosfaat in het grondwater spelen deze problemen niet of nauwelijks.

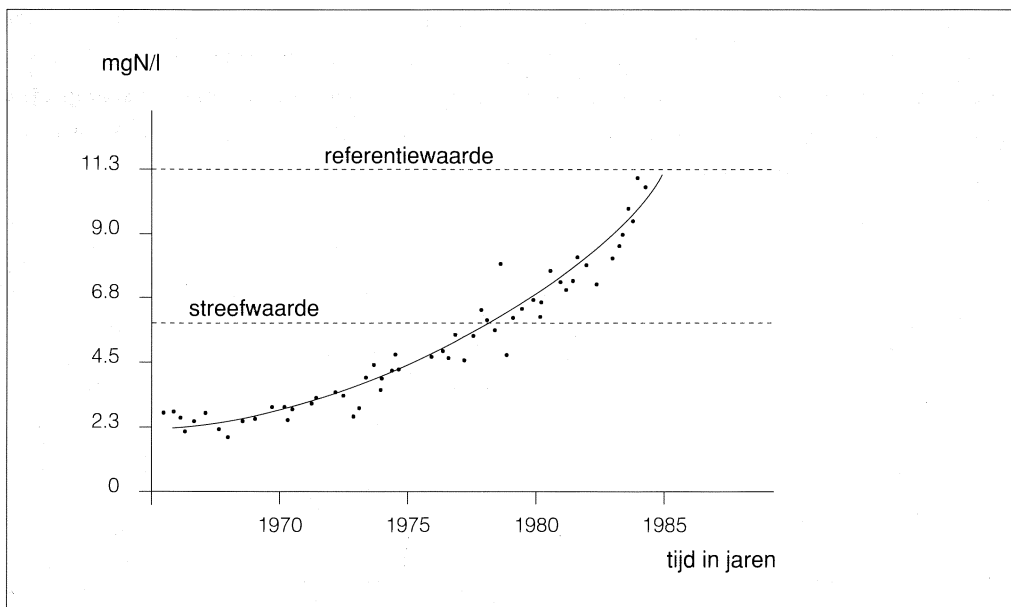
Wat kalium betreft worden de hoogste concentraties in het grondwater gemeten onder bouwland op zandgrond.

Gemiddelde nitraat-N- en P-concentraties in het bovenste grondwater (bron: De Wit, 1987) en in grondwater op 10 m beneden maaiveld (bron: RIVM-grondwaterkwaliteitsmeetnet) in mg/l

	bovenste grondwater		10 m - maaiveld	
	N	P	N	P
klei bouwland	22	0,1	2,8	0,8
grasland	3	0,1	0,5	0,9
natuur	3	0,03	2,5	0,9
veen grasland	0,6	0,3	0,3	0,3
natuur	0,8	0,9	0,3	0,3
zand bouwland	63	0,2	23	0,1
grasland	24	0,4	2,6	0,2
natuur	2	0,1	2,2	0,1

De mate van nitraatuitspoeling is afhankelijk van de grondwaterstand. Bij een hoge grondwaterstand kan de nitraatconcentratie een factor 10 à 20 lager zijn dan bij een diepgelegen grondwaterstand. De oorzaak hiervan is dat denitrificatie optreedt in de zuurstofloze omgeving behorend bij een hoge grondwaterstand.

Met name nitraat is een bedreiging voor de drinkwatervoorziening. Bij 62 van de ongeveer 80 freatisch winnende grondwaterpompstations stijgen de nitraatconcentraties. Bij het pompstation Montferland bijvoorbeeld is de nitraatconcentratie in het reine water gestegen van ca. 2,3 mg N/l in 1970



Stikstofconcentratie in het reine water van het pompstation Montferland in de periode 1970-1985.

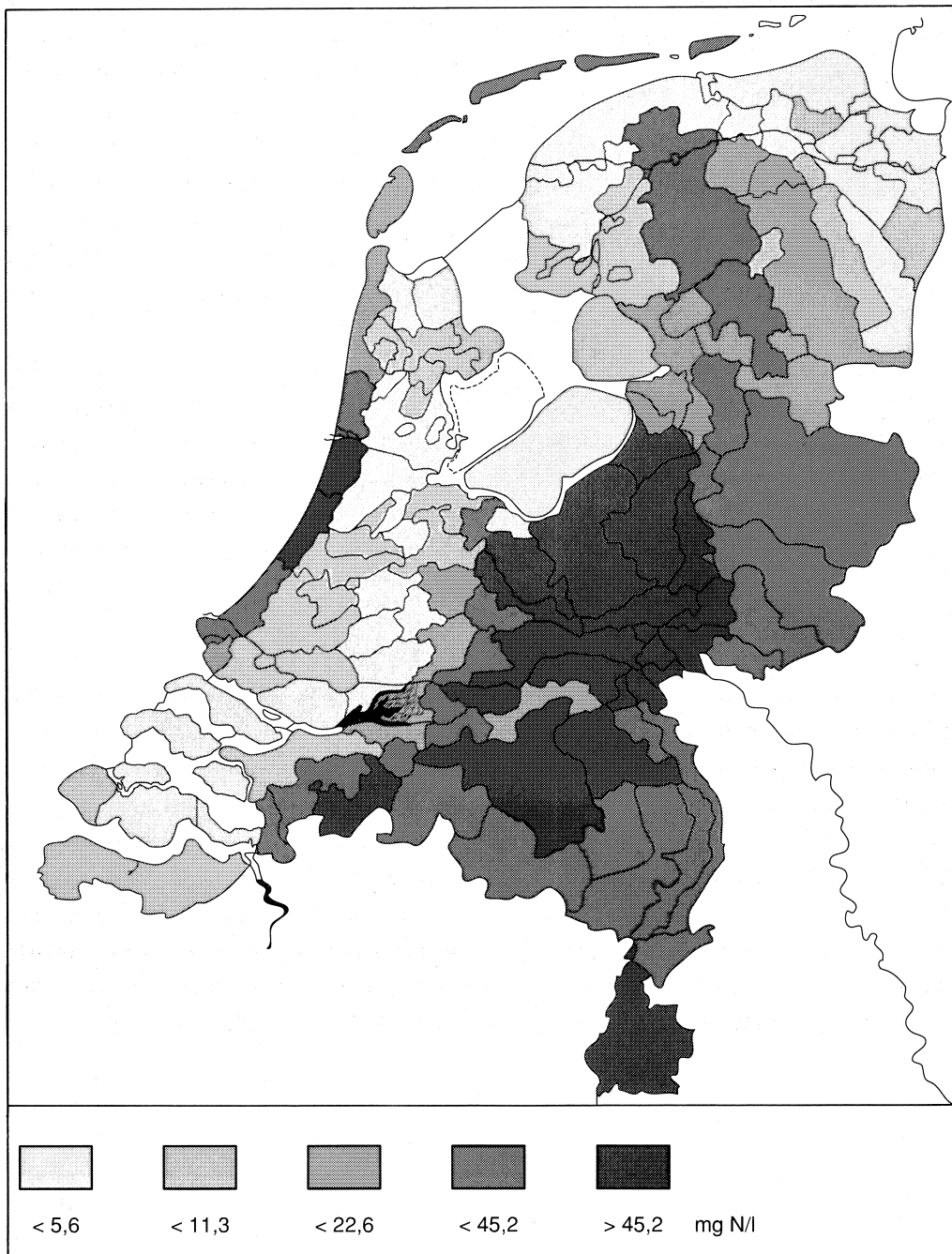
tot ca. 11,3 mg N/l in 1985, zodat daar de drinkwaternorm is bereikt. Ook bij het pompstation Reuver is de drinkwaternorm reeds bereikt. Bij particuliere winningen wordt de drinkwaternorm nu reeds veelvuldig overschreden.

Door de grote variatie in grondwaterstand, bodemtype en bodemgebruik (belasting) vertoont ook het landelijk nitraatbeeld in het bovenste grondwater een sterk gevarieerd patroon. Tussen nitraatuitspoeling en genoemde factoren bestaat een sterke relatie. Gemiddelde waarden van bijvoorbeeld een landbouwgebied zijn dan ook gebaseerd op meetgegevens die onderling een grote spreiding te zien geven.

Onder aerobe condities treedt in het grondwater niet of nauwelijks denitrificatie op. Aerobie komt vooral voor in het grondwater onder hoger gelegen zandgronden. Bij toenemende diepte neemt de mate van aerobie af. Eventueel in de ondergrond aanwezige veenlaagjes verbruiken de zuurstof in het er doorheen stromende grondwater. Alhoewel weinig bekend is over de totale denitrificatiecapaciteit van de ondergrond onder aerobe omstandigheden, is deze waarschijnlijk aanzienlijk.

In geval van anaerobe omstandigheden is de denitrificatiesnelheid dusdanig groot, dat voor nitraatverontreiniging niet gevreesd hoeft te worden.

Met behulp van het nationaal vermestingsmodel kan een globaal beeld worden geschetst van de huidige kwaliteit van het naar het grondwater percolerende water. De modeluitkomsten tonen, rekening houdend met de eerdergenoemde reductiefactor van 1,5 à 2 tussen de nitraatconcentraties van het percolatiewater uit de wortelzone en het bovenste grondwater, omvangrijke overschrijdingen van de referentiewaarden voor stikstof (nitraat) in de zandgebieden van Nederland.



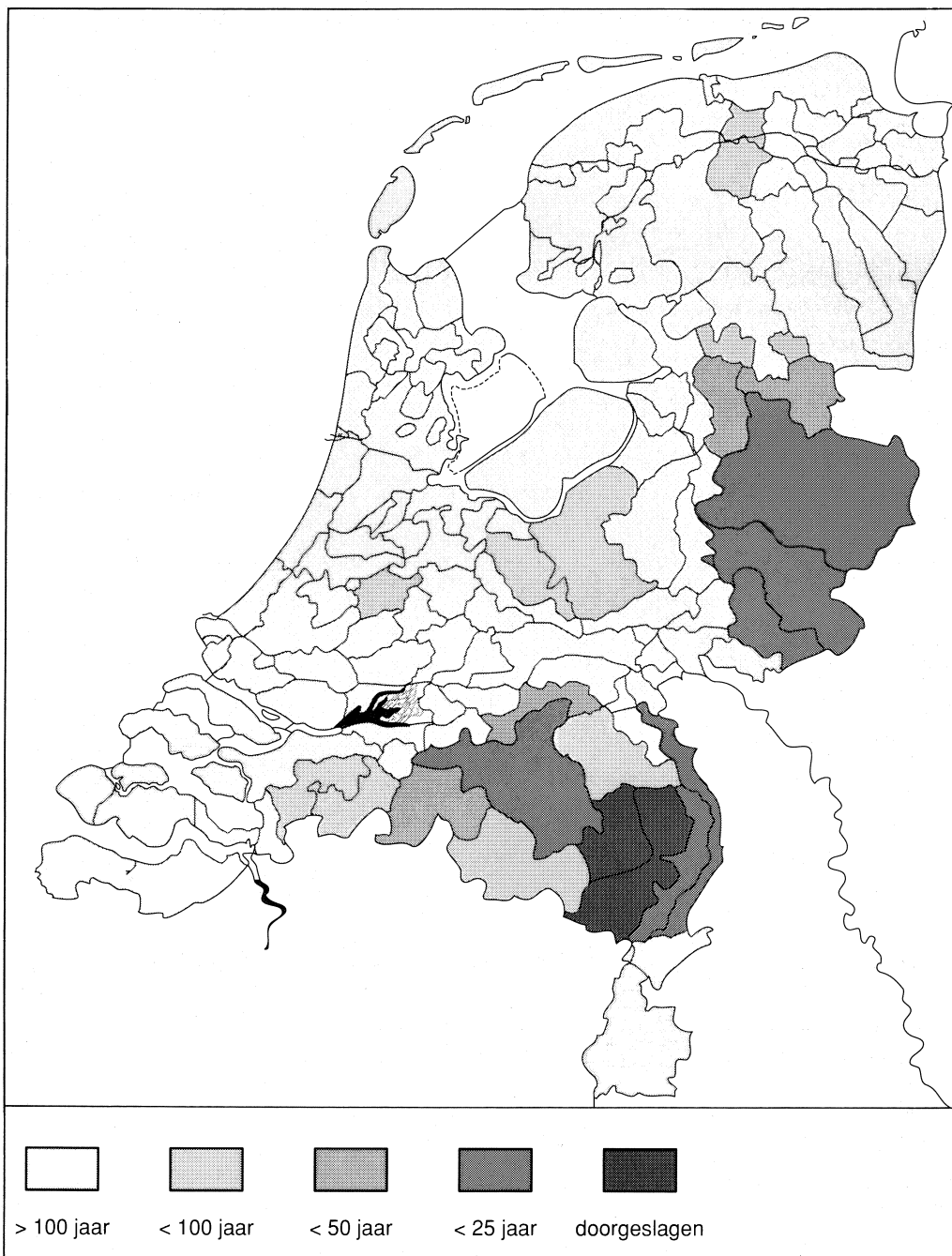
Berekende gemiddelde stikstofconcentraties in het percolatiewater per landbouwgebied in 1986.
 (bron: RIVM)

Uit het regionale model blijkt ook de zeer grote variatie in het nitraatgehalte van het bovenste grondwater gerelateerd aan N-belasting, grondwaterstand en bodemtypen op gemeentelijk niveau. Deze variatie komt niet tot uitdrukking in het nationaal model, dat gemiddelde waarden per landbouwgebied berekent.

Het sulfaat- en zuurgehalte van het grondwater kunnen stijgen door oxidatie van gereduceerde verbindingen die in de bodem aanwezig zijn. Oxidatie is het gevolg van daling van de grondwaterstand of van nitraatuitspoeling. In beide gevallen worden gereduceerde verbindingen (sulfiden) die in de vaste fase van de bodem voorkomen zoals pyriet, geoxideerd door respectievelijk vrije zuurstof en nitraat-zuurstof. Het zuurgehalte van het grondwater neemt toe. De pH is in 35% van de zandgebieden lager dan 5,5. In deze gebieden is in de periode 1981-1986 de pH gemiddeld met 0,2 eenheden per jaar gezakt. De pH-daling is het duidelijkst in natuurgebieden op 10 meter beneden maaiveld.

De laagste pH's en sterkste pH-daling is beter gecorreleerd aan chloride dan aan sulfaat en nitraat. Op grond van fysisch-chemische overwegingen is verzuring van het grondwater door atmosferisch zuur onwaarschijnlijk. Naast de door verdroging en vermesting versterkte oxidatieprocessen zal door het toenemende zoutgehalte het zuur dat aan de vaste fase van de bodem zit in het grondwater terecht komen. Het zuurder worden van het grondwater is dus vooral een gecombineerd effect van verdroging, vermesting en verzouting, o.a. door gebruik van meststoffen.

Fosfaatdoorslag is nog slechts zeer lokaal, met name in Oost-Brabant, opgetreden. Bij het belastingsniveau direct voor het in werking treden van het Besluit gebruik dierlijke meststoffen in 1987 dreigde echter doorslag in een aantal zandgebieden. Berekeningen met het nationaal vermestingsmodel doen vermoeden dat doorslag binnen 25 jaar kan optreden in het midden en oosten van Noord-Brabant, in het noordelijk deel van Limburg en in Twente en de Achterhoek. Opgemerkt zij dat bij de berekeningen steeds is uitgegaan van het meest gevoelige bodemtype per landbouwgebied en dat door lokale omstandigheden de tijdsperiode tot fosfaatdoorslag sterk kan variëren. Ook buiten de genoemde gebieden is derhalve doorslag van fosfaat mogelijk.



Berekende tijden tot fosfaatdoorslag voor het meest gevoelige bodemtype per landbouwgebied bij belastingsniveau van 1986. (bron: RIVM)

De N- en P-belasting van beken en waterlopen wordt zowel bepaald door incidentele puntlozingen (huishoudens) en als door min of meer diffuse belastingen vanuit de landbouwgebieden. In de kleiveengebieden in het westen en noorden speelt de natuurlijke bodemgesteldheid een overwegende

rol. Het fosfaat bereikt vanuit de landbouw het oppervlaktewater primair door afspoeling van het landoppervlak. In geval van fosfaatverzadigde gronden speelt ook uitspoeling via het ondiepe grondwater, ook wel ondergrondse afspoeling genoemd, een belangrijke rol. Transport via het diepere grondwater is nog niet relevant.

Voor nitraat zijn beide vormen van afspoeling van betekenis. De bijdrage via het diepere grondwater is veelal beperkt van omvang. In zwaarbelaste zandgebieden worden in beken en waterlopen nitraatconcentraties aangetroffen variërend tussen de 1 en 30 mg N/l. De fosforconcentraties variëren tussen de 0,1 en 3,2 mg P/l. Dit betekent dat de referentiewaarden voor zoet oppervlaktewater van 5,6 mg N/l en 0,15 mg P/l veelvuldig worden overschreden.

Gemiddelde nitraatconcentratie van in enkele zandgebieden voorkomende beken en waterlopen in 1986 in mg N/l

	zomer	winter
Drents keileemgebied	21	21
Drente overig gebied	1	5
Salland	4	10
Twente	22	25
Achterhoek midden	9	11
Oosthoek Gelderland	22	28
Veluwe heuvels	1	1
Gelderse vallei	14	11
Meijerei	29	22
West-Noord-Brabant	9	16

Fosforconcentraties in enkele beken en waterlopen in zandgebieden in 1986 in mg P/l

Nattegatsloot	2
Laak	2
Lunsterse Beek	1,7 - 3,2
Sleen	0,3
Dommel	2
Bronbeken Zuid-Limburg	0,1

Bij stagnante wateren zoals vennen speelt primair de verzuringsproblematiek en kan de vermistingsproblematiek als een afgeleide daarvan worden beschouwd.

Toekomstige ontwikkelingen bij vastgestelde maatregelen

Het basisscenario vermessing bestaat uit een aantal autonome ontwikkelingen en uit vastgestelde maatregelen. Als voorbeelden van autonome ontwikkelingen kunnen worden genoemd de arealen cultuurgrond, de aantallen dieren en de mest- en mineralenproductie per dier. Als voorbeelden van maatregelen kunnen worden genoemd de dierlijke mestnormen en de geadviseerde gift aan mineralen in relatie tot de gewasonttrekking.

In de tabel met scenario's aan het slot van dit hoofdstuk zijn de belangrijkste scenariovariabelen opgenomen. De daarin vermelde gegevens en uitgangspunten zijn voornamelijk gebaseerd op verkenningen van het LEI ten behoeve van de Vierde Nota Ruimtelijke Ordening en op de Verzuringsnota. Verder is gebruik gemaakt van informatie van diverse landbouwkundige instellingen. In de tabel zijn naast het basisscenario voor 2010 nog twee andere scenario's voor 2010 vermeld. Deze scenario's, die zijn gericht op extra bestrijding en preventie, worden later besproken.

Het basisscenario wordt gekenschetst door de volgende uitgangspunten.

- Het areaal landbouwgrond zal verder dalen.
- De produktiviteitsgroei van de landbouwgronden zal verder stijgen.
- Het aantal melkkoeien daalt voornamelijk als gevolg van de Superheffing.
- In de mineralenproductie zit impliciet een reductie van de mineralen in het veevoer, met name bij varkens en pluimvee.
- Bij varkens wordt een toename verwacht van het aantal halfroostervloeren en bij pluimvee een toename van het aantal mestbanden met geforceerde droging.
- De ammoniakvervluchtiging uit de stal neemt iets af, maar er wordt nog niet van grootschalige emissiebestrijding, bijvoorbeeld door middel van biofilters, uitgegaan.
- Er wordt bij bouw- en maïsland gerekend met het onderwerken van de mest en bij grasland van beperkte mestinjectie.
- De dierlijke mest wordt in principe binnen het eigen bedrijf afgezet. Eventuele mestoverschotten worden zoveel mogelijk elders afgezet, hetzij in het eigen landbouwgebied, hetzij in een ander landbouwgebied. Daartoe worden twee acceptatiegraden aangehouden.
- Dierlijke mest die niet kan worden afgezet wordt verwerkt tot zogenaamde natuurkunstmest, een kunstmestvervangend produkt (korrels) met dezelfde eigenschappen als gewone kunstmest.
- De geadviseerde gift aan mineralen betreft de totale hoeveelheid mineralen in dierlijke mest, kunstmest en natuurkunstmest, die uit landbouw-economisch oogpunt wenselijk worden geacht en waarbij de gewas-

opbrengst min of meer optimaal is. In het algemeen is de advieswaarde groter dan de gewasonttrekking, zeker wat betreft stikstof.

- Bij het scenario voor 1986 is de eerste fase van de dierlijke mestnormering opgenomen om de situatie in recentere jaren beter te kunnen beschrijven.

Het basisscenario is voor 1986 en 2010 doorgerekend met behulp van het nationaal vermistingsmodel. De belangrijkste resultaten zijn in enkele tabellen samengevat. In deze tabellen zijn ook de resultaten van de twee scenario's gericht op extra bestrijding en preventie opgenomen.

De Nederlandse NO_x-emissies lopen terug van 165 kton N in 1986 tot 148 kton N in 2010, de NH₃-emissies lopen terug van 194 tot 138 kton N. De depositie op de Nederlandse bodem loopt inclusief de bijdragen vanuit het buitenland, terug van 152 naar 113 kton N. Voor cultuurgrond is dit van 84 naar 57 kton N. Overigens blijft Nederland via de lucht een netto-exporteur van stikstof. Door een iets andere berekeningswijze en doordat in 1986 rekening is gehouden met de eerste fase van het besluit gebruik dierlijke meststoffen wijken voornoemde cijfers licht af van de bij verzuring genoemde cijfers.

Nederlandse emissies en deposities (incl. bijdrage vanuit het buitenland) bij verschillende scenario's in kton N

	<u>vastgestelde maatregelen</u>		<u>extra maatregelen</u>	
	1986	2010-Basis	2010-Extra I	2010-Extra II
<u>Emissie</u>				
NOx - totaal	165	148	73	73
NH3 - industrie/huish.	25	20	20	20
- uit de stal	51	43	18	12
- vervluchtiging	118	75	28	36
	---	---	---	---
Totaal	359	286	139	141
<u>Depositie</u>				
op cultuurgrond	84	57	48	48
op overige grond	68	56	46	46
	---	---	---	---
Totaal	152	113	94	94

Hoeveelheden mest en nutriënten in de landbouw bij verschillende scenario's

	vastgestelde maatregelen		extra maatregelen	
	1986	2010-Basis	2010-Extra I	2010-Extra II
Mest (in mln ton)				
produktie	94,6	92,2	92,2	87,4
- wei	24,6	23,3	23,3	7,7
- stal	70,0	68,9	68,9	79,7
stalreiniging	4,3	3,9	3,9	5,0
te verwijderen	74,3	72,8	72,8	84,7
- uitrijden	74,3	54,0	0,0	70,0
- verwerken	0,0	18,8	72,8	14,7
N (in kton)				
produktie	522	499	487	451
- wei	119	113	113	35
- stal	403	386	374	416
stalemissie	51	43	18	12
te verwijderen	352	343	356	404
- uitrijden	352	236	0	306
- verwerken	0	107	356	98
P (in kton)				
produktie	109	102	95	89
- wei	20	19	19	6
- stal	89	83	76	83
te verwijderen	89	83	76	83
- uitrijden	74	47	0	25
- verwerken	15 *	35	76	58

* niet-plaatsbaar overschot volgens de 1e fase van de mestnormering

De mestproduktie daalt in het basisscenario van 94,6 mln ton in 1986 tot 92,2 mln ton in 2010 (-2,5%). De mineralenproduktie daalt iets meer, van 522 tot 499 kton N (-4,5%) en van 109 tot 102 kton P (-6,5%). De reductie is voornamelijk toe te schrijven aan de vermindering van het mineraalgehalte in veevoer van varkens en pluimvee.

Men zou, gelet op de vermindering van de melkveestapel met 25%, verwachten dat de mest- en mineralenproduktie veel lager zou uitvallen. De grotere daling blijft echter uit als gevolg van de hier gevolgde aanname dat de koeien meer melk en daardoor ook meer mest en mineralen zullen produceren.

Door van de invoering van dierlijke mestnormen is de mineralenbelasting van bouw-, gras- en maïsland via dierlijke mest aan maxima gebonden. Als gevolg hiervan kunnen excessen in de vorm van mestdumping niet meer voorkomen. De mestnormering leidt, zeker in de eerste fasen, niet tot een lagere belasting van de totale Nederlandse cultuurgrond, omdat er mogelijkheden zijn voor mesttransport naar niet-overschotgebieden en aanvulling met (natuur)kunstmest zal plaatsvinden.

Rekening houdend met de dierlijke mestnormen en de samenstelling van de dierlijke mest kan er in 2010 ca. 54 mln ton mest worden uitgereden tegen ca. 74 mln ton in 1986. Doordat de hoeveelheid uit de stal te verwijderen mest met ca. 1 mln ton daalt blijft in 2010 ongeveer 19 mln ton mest te verwerken tot natuurkunstmest.

N-balans voor cultuurgrond bij verschillende scenario's in kton

	<u>vastgestelde maatregelen</u>		<u>extra maatregelen</u>	
	1986	2010-Basis	2010-Extra I	2010-Extra II
mest - wei	119	113	113	35
- uitrijden	352	236	0	306
depositie	84	57	48	48
kunstmest - startgift	91	84	84	84
- aanvullend	342	357	190	209
natuurkunstmest	0	107	356	98
	---	---	---	---
Som aanvoertermen	988	954	791	780
run-off	9	9	7	7
vervluchting	118	75	28	36
gewasonttrekking	524	588	588	457
denitrificatie	214	183	110	181
uitspoeling	123	99	57	99
	---	---	---	---
Som afvoertermen	988	954	791	780

P-balans voor cultuurgrond bij verschillende scenario's in kton

	<u>vastgestelde maatregelen</u>		<u>extra maatregelen</u>	
	1986	2010-Basis	2010-Extra I	2010-Extra II
mest - wei	20	19	19	6
- uitrijden	89	48	0	58
kunstmest - startgift	10	9	9	9
- aanvullend	0	0	0	0
natuurkunstmest	2	12	60	14
	---	---	---	---
Som aanvoertermen	121	88	88	87
run-off	1	1	1	1
gewasonttrekking	80	87	87	86
accumulatie/uitspoeling	40	0	0	0
	---	---	---	---
Som afvoertermen	121	88	88	87

Naarmate er in de toekomst minder mineralen met de dierlijke mest op het land mogen worden gebracht, mag men verwachten dat het gebruik van kunstmest zal toenemen om zodoende de noodzakelijke c.q. gewenste toevoer van voedingsstoffen naar de landbouwgewassen op peil te houden (de geadviseerde

gift). Bovenstaande geldt overigens niet in gevallen waarbij nu reeds een overdosis aan dierlijke mest wordt gegeven of in gevallen van mestdumping. Opgemerkt zij dat er thans slechts regelgeving bestaat met betrekking tot dierlijke mest en niet voor kunstmest of natuurkunstmest.

In het basisscenario blijft de berekende hoeveelheid kunstmest-N in de periode 1986-2010 ongeveer gelijk (433 tegen 441 kton), maar de hoeveelheid natuurkunstmest-N stijgt van 0 tot 107 kton. Wat P betreft neemt de berekende hoeveelheid kunstmest in dezelfde periode af van 12 tot 0 kton, terwijl de hoeveelheid natuurkunstmest toeneemt van 0 tot 21 kton.

De met behulp van het model berekende hoeveelheden kunstmest voor 1986 wijken af van de feitelijke situatie. Volgens CBS-gegevens bedraagt het verbruik aan kunstmest in dat jaar 478 kton N en 38 kton P. Een aannemelijke verklaring hiervoor lijkt dat de landbouwers de advieswaarden voor mineraalgiften hanteren zonder voldoende rekening te houden met de N en P in de dierlijke mest.

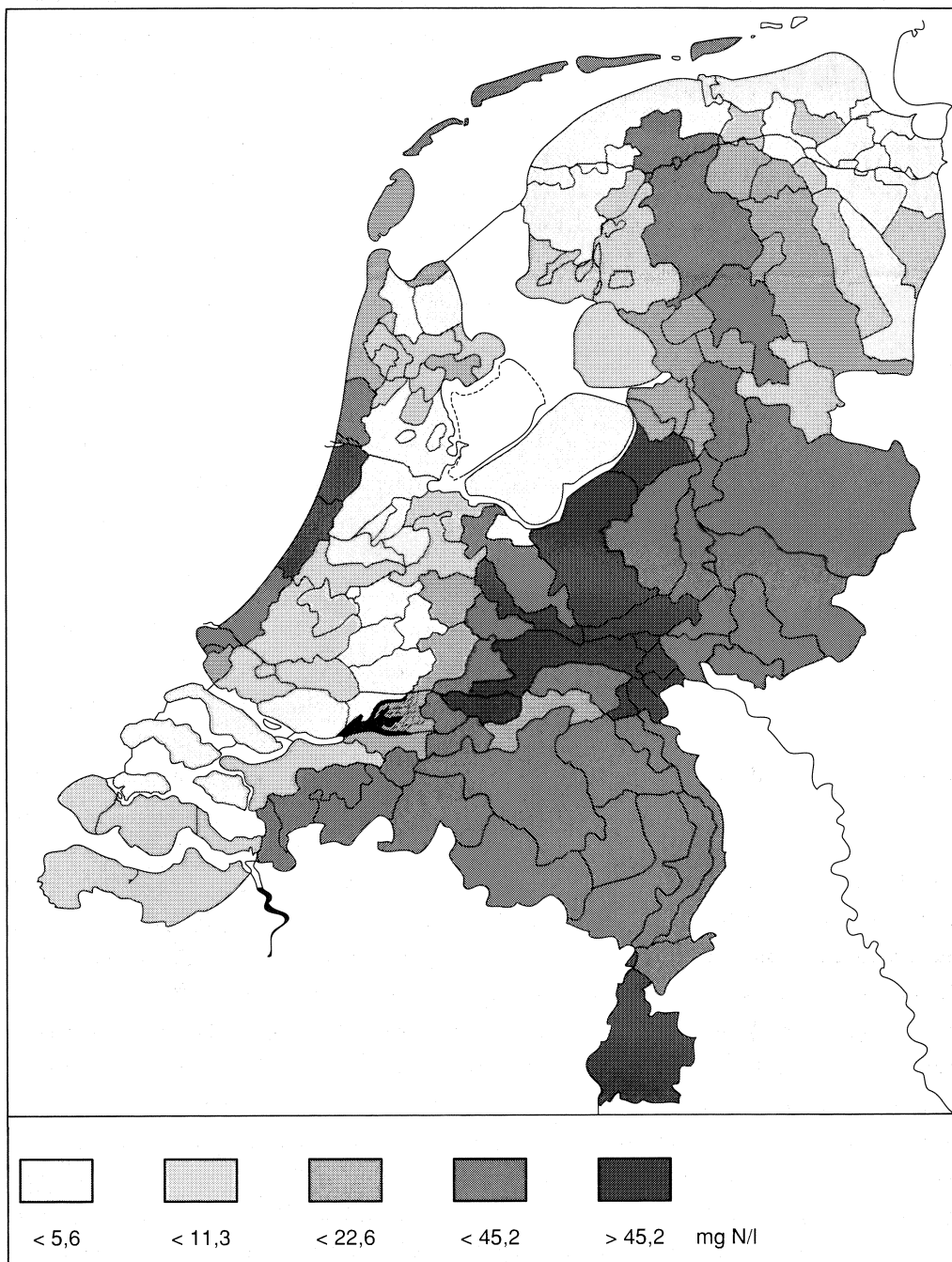
Kwaliteit van bodem en grondwater

Als gevolg van het Besluit gebruik dierlijke meststoffen zal vanuit de overschotgebieden mest worden afgezet in de niet-overschotgebieden. Dit zal ter plaatse leiden tot verslechtering van de grondwaterkwaliteit. Resultaten van berekeningen met het nationaal model vermessing laten voor de Nederlandse cultuurgrond een afname van de nitraatuitspoeling zien van 123 kton N in 1986 tot 99 kton in 2010. Overigens moet worden opgemerkt dat de berekende uitspoeling in 1986 waarschijnlijk te gunstig (te laag) is. Als verklaring kan enerzijds weer het gedrag van de landbouwers met betrekking tot het gebruik van kunstmest worden genoemd, anderzijds is het ook mogelijk dat de gewasonttrekking of de denitrificatie in de praktijk minder groot is dan de met het model berekende waarden.

De vastgestelde maatregelen leiden tot verbeteringen in de nitraatconcentraties in het percolatiewater, maar nog niet voldoende. Rekening houdend met de reductiefactor 1,5 tot 2 voor de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater wordt in de zandgronden de referentiewaarde van 11,3 mg N/l nog duidelijk overschreden (een factor 2 of meer).

De nitraatconcentraties in het bovenste grondwater in de zandgebieden variëren sterk, gerelateerd aan bodemgebruik (N-belasting) en grondwaterstand. Verhoging van de grondwaterstand zal aanmerkelijk bij kunnen dragen aan een afname van de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Een dergelijk scenario is echter niet beschouwd.

In de klei- en kleiveengebieden bestaan er voor het grondwater geen serieuze nitraatproblemen.



Berekende gemiddelde stikstofconcentratie in het percolatiewater per landbouwgebied in 2010 bij vastgestelde maatregelen. (bron: RIVM)

De vastgestelde maatregelen zijn gunstig voor het tegengaan van de kans op fosfaatdoorslag. Het model berekent voor 1986 op basis van de eerste fase van de mestnormering een niet-plaatsbare hoeveelheid van 15 kton P. De

berekende accumulatie van fosfaat in de bodem neemt in het basisscenario af van 40 kton P in 1986 tot 0 in 2010. Dat houdt in dat het, uitzonderingen daargelaten, mogelijk is de fosfaataccumulatie een halt toe te roepen via evenwichtsbemesting, dat wil zeggen via een fosfaatbemesting conform de advieswaarden die gelijk zijn aan de fosfaatonttrekkingen door het gewas. Maar ook hier geldt dat de berekende situatie voor 1986 waarschijnlijk te gunstig (te laag) is met een soortgelijke verklaring als hiervoor gegeven bij nitraat. Desalniettemin is er in veel zandgebieden sprake van een aanzienlijke verbetering ten opzichte van de huidige situatie en dreigt er nog plaatselijk in oostelijk Noord-Brabant en noordelijk Limburg doorslag binnen 25 à 50 jaar.

Met het vermestingsmodel kunnen geen situaties op perceelsniveau worden doorgerekend, zodat geen rekening kon worden gehouden met de Regeling fosfaatverzadigde gronden, die in 1989 van kracht zal worden.

Oppervlaktewater

Door de verminderde uitspoeling van N en P zal ook de concentratie in beken en waterlopen dalen. De stikstofconcentraties zullen ongeveer met 30% dalen, hetgeen betekent dat de referentiewaarden in de beken en waterlopen in de hogere zandgronden nog steeds overschreden worden. Hoewel de P-belasting van de gronden belangrijk daalt zal de P-concentratie in het oppervlaktewater niet naar verhouding dalen. Dit houdt verband met uitwisseling vanuit bodemslib en afspoeling van verzadigde gronden. De referentiewaarde van 0,15 mg P/l zal in veel gevallen dan ook niet bereikt worden.

Drinkwater

Voor wat betreft drinkwater zal bij de ca. 170 pompstations die winnen uit diep gelegen watervoerende pakketten nu en in de toekomst niet of nauwelijks nitraat worden aangetroffen. Bij de freatisch winnende pompstations zal dit in toenemende mate het geval zijn.

Gelet op de lange verblijftijden van het grondwater zullen maatregelen pas op lange termijn effect sorteren. Rond het jaar 2000 moet er rekening mee worden gehouden dat ongeveer 10 grondwaterpompstations water zullen leveren met een nitraatconcentratie van 11,3 mg N/l of hoger. Op langere termijn kan dit aantal stijgen tot 20.

Toekomstige ontwikkelingen bij extra maatregelen

Naast het basisscenario zijn er voor 2010 nog een tweetal scenario's gericht op extra bestijding en preventie opgesteld en doorgerekend met het nationaal vermestingsmodel. Het eerste scenario (2010-Extra I) wordt

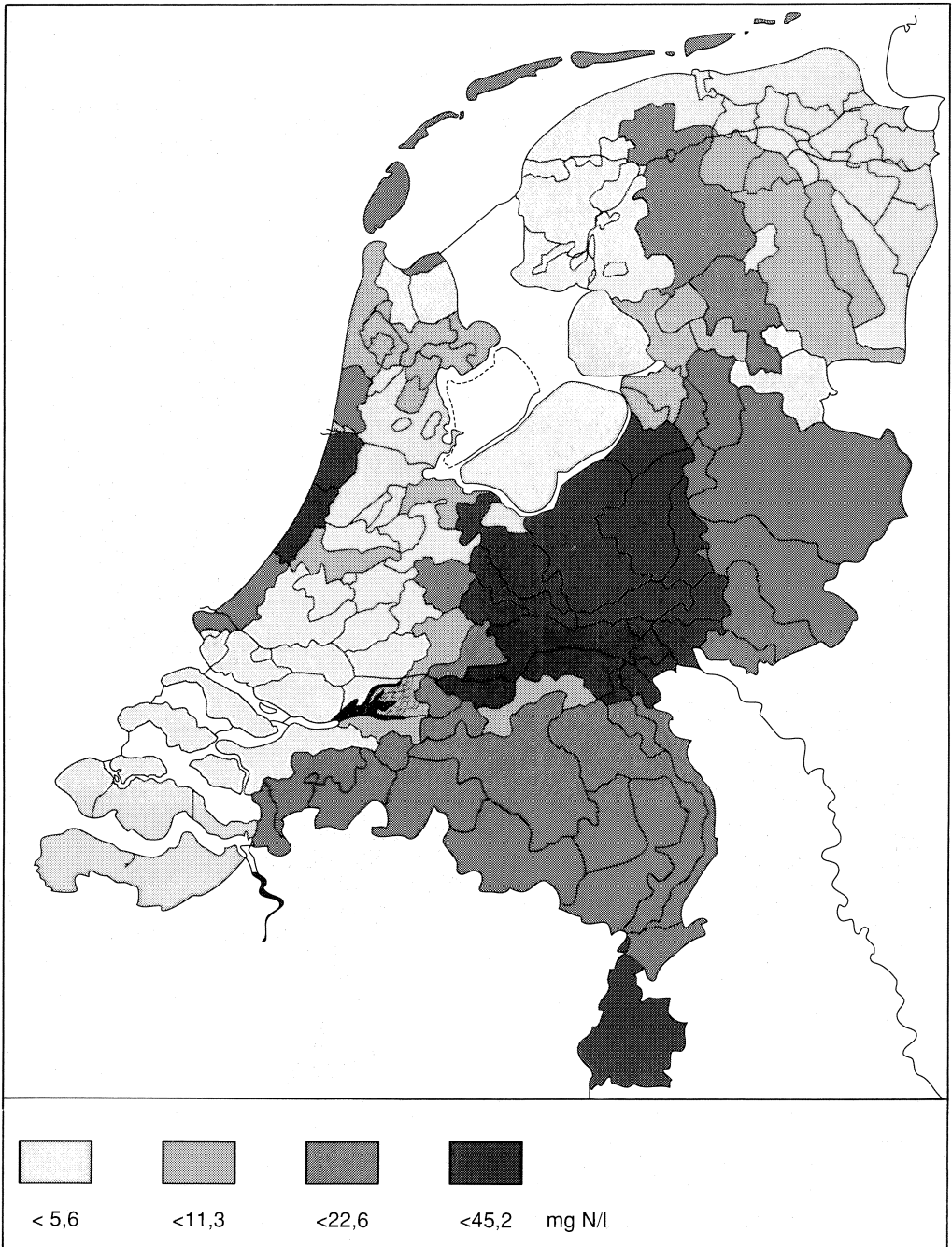
gekaracteriseerd door een volledig verbod op het uitrijden van dierlijke mest en het verwerken van alle stalmest tot een natuurkunstmest met vergelijkbare eigenschappen als gewone kunstmest. Verder wordt uitgegaan van sterke emissiebestrijding uit de stal door toepassing van biofilters en extra maatregelen in het kader van de verzuring zoals die in Nederland genomen kunnen worden. Daarnaast zullen als preventieve maatregel de N- en P-gehalten in veevoer voor varkens en pluimvee nog iets verder dalen.

Het tweede scenario (2010-Extra II), waarin de toekomstverwachtingen vanuit landbouwkundige kring zijn opgenomen, wordt gekarakteriseerd door een integraal N/P-management, waardoor de totale N- en P-toevoer naar de bedrijven kan verminderen. Daartoe wordt onder meer gedacht aan het tegengaan van beweidingsverliezen door de koeien 's nachts op stal te zetten, bijvoederen van rundvee met maïs, verdere verlaging van het N-gehalte in veevoer, toepassen van geïntegreerde teeltsystemen bij bouwland, verlagen van de adviesgift voor grasland, het geven van meer gedifferentieerde bemestingsadviezen, direct onderwerken van mest op bouw- en maïsland, injectie en inregenen van mest op grasland danwel het toepassen van zodebemesting. Verder wordt ook gedacht aan sterke emissiebestrijding, evenwel niet door toepassing van biofilters maar door constructie van andere staltypen en door mestbehandeling (bijv. aanzuren). De extra maatregelen in het kader van de verzuring hebben alleen betrekking op Nederland. De overige uitgangspunten zijn voor beide scenario's vrijwel gelijk.

De resultaten van de modelberekeningen laten zien dat bij extra maatregelen gericht op onder meer grootschalige mestverwerking de stikstofuitspoeling uit de wortelzone in 2010 aanzienlijk zal afnemen, namelijk tot 57 kton N tegen 99 kton N bij de vastgestelde maatregelen. Ook nemen de emissies uit de stal, de vervluchtiging vanaf de bodem en de deposities vanuit de lucht aanzienlijk af. Als gevolg hiervan zijn voor de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater aanzienlijke verbeteringen te verwachten. Slechts in gedeelten van Gelderland en Utrecht en in de binnenduigebieden in Noord- en Zuid-Holland wordt de referentiewaarde voor de bodemkwaliteit en de streefwaarde voor grondwater bestemd voor drinkwater nog overschreden. In de rest van Nederland is dit globaal niet meer het geval. Het aantal grondwaterpompstations waar overschrijding van de drinkwaternorm zal gaan optreden, kan hierdoor na 2010 weer afnemen.

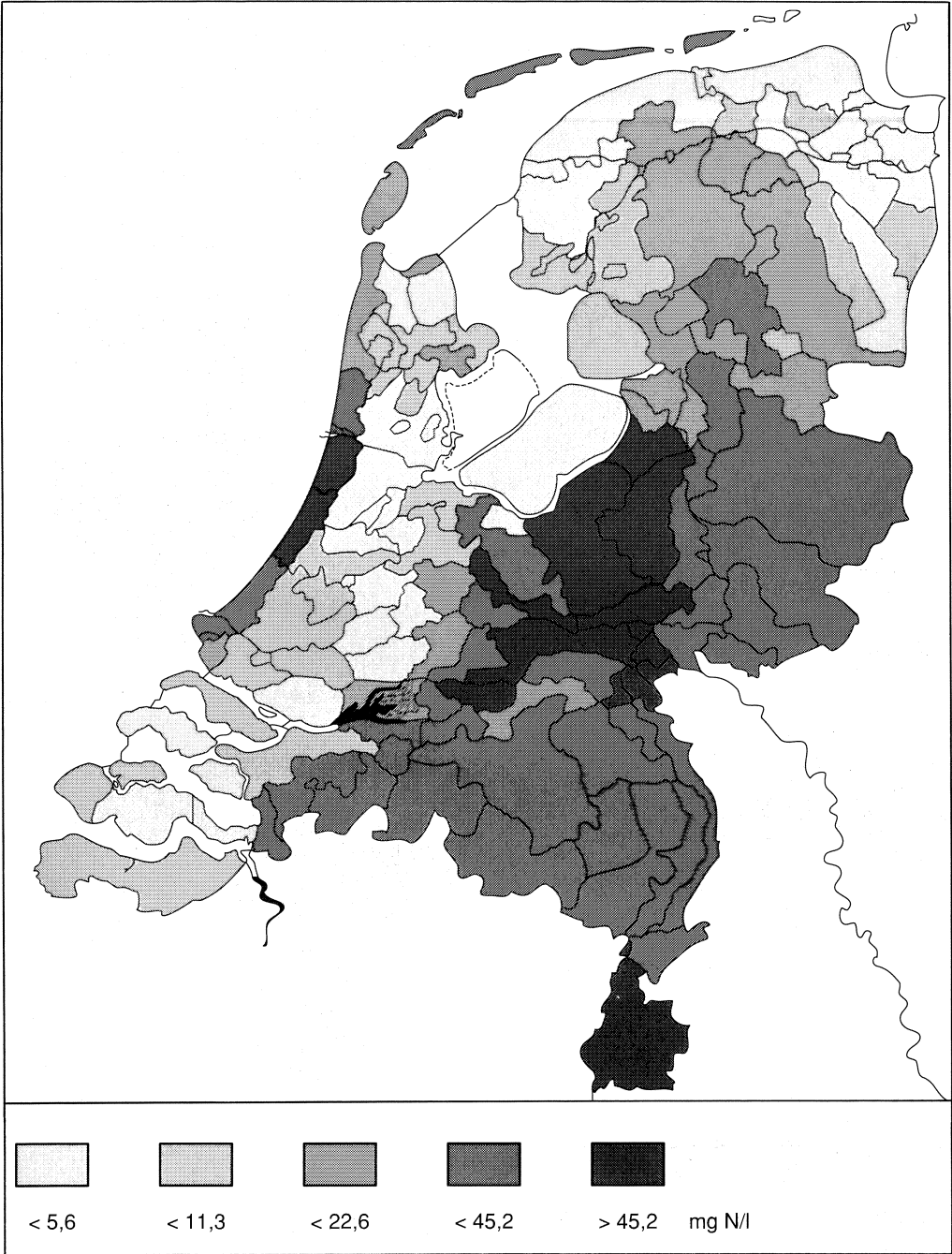
Overigens moet bij bovenstaande uitkomsten een kanttekening worden geplaatst. De berekende uitspoeling is waarschijnlijk wat te gunstig (te laag) uitgevallen door de aanname dat natuurkunstmest dezelfde eigenschappen (efficiëncy) heeft als gewone kunstmest.

Wat P betreft zijn de resultaten gelijk aan het basisscenario. Het is min of meer mogelijk de fosfaataccumulatie tot nul te reduceren via evenwichts-bemesting, waarbij de bemesting dus gelijk is aan de gewasonttrekking.



Berekende gemiddelde stikstofconcentraties in het percolatiewater per landbouwgebied in 2010 bij extra bestrijdingsmaatregelen. (bron: RIVM)

De berekeningsresultaten van het scenario gericht op integraal N/P-management tonen in 2010 een nitraatuitspoeling uit de wortelzone van 99 kton N. Wat uitspoeling betreft is dit scenario dus te vergelijken met het



Berekende gemiddelde stikstofconcentraties in het percolatiewater per landbouwgebied in 2010 bij de uitvoering van extra maatregelen gericht op integraal N-management. (bron: RIVM)

basisscenario, maar wat betreft de emissies uit de stal en de vervluchtiging vanaf de bodem is het te vergelijken met het scenario gericht op grootschalige mestverwerking. Een voor de hand liggende gedachte is de verschillende preventieve - en bestrijdingsmaatregelen van de genoemde scenario's te combineren met het basisscenario. Dit beeld is echter niet verder uitgewerkt.

De nitraatconcentraties in het kleine oppervlaktewater zullen bij de extra bestrijdingsmaatregelen met ongeveer 70% dalen, waardoor de referentiewaarde wordt bereikt of daaronder komt. De referentiewaarde voor fosfaat zal zonder aanvullende beheersmaatregelen in de meeste gevallen niet worden bereikt. Weliswaar treedt een verdergaande reductie op van gebieden met kans op fosfaatdoorslag, doch de reeds eerder gemelde processen als uitwisseling vanuit bodemslib en afspoeling van verzadigde gronden leiden ertoe dat deze verbetering niet ten volle doorwerkt in de kwaliteit van beken en waterlopen.

Scenario's

		1986	2010-Basis	2010-Extra I	2010-Extra II
<u>Areaal</u> (x 1000 ha)					
	Bouwland (excl. tuinbouw)	567	490 (-14%)	idem	idem
	Grasland	1142	1085 (- 5%)	idem	idem
	Maisland	196	185 (- 6%)	idem	idem
	Alle overig landgebruik	1489	1634 (+10%)	idem	idem
<u>Productiviteitsgroei landbouwgronden</u>					
	Bouwland	100%	120%	idem	idem
	Grasland	100%	120%	idem	idem
	Maisland	100%	120%	idem	idem
<u>Aantal dieren</u> (x mln)					
	Rundvee	4,43	3,34 (-25%)	idem	idem
	Varkens	13,48	12,91 (- 4%)	idem	idem
	Pluimvee	92,30	98,98 (+ 7%)	idem	idem
	Kalveren	0,69	0,46 (-33%)	idem	idem
<u>Mestproduktie per dier</u> (x ton)					
	Rundvee	15,86	19,98 (+26%)	idem	18,56 (+17%)
	Varkens	1,46	1,65 (+13%)	idem	idem
	Pluimvee	0,026	0,029 (+13%)	idem	idem
	Kalveren	3,2	3,2 (+ 0%)	idem	idem
<u>N/P-produktie per dier</u> (x kg)					
<u>N:</u>	Rundvee	76,8	96,8 (+26%)	idem	85,4 (+11%)
	Varkens	9,7	9,8 (+ 1%)	9,1 (- 6%)	9,2 (- 5%)
	Pluimvee	0,47	0,46 (- 2%)	0,43 (- 8%)	0,44 (- 6%)
	Kalveren	10,7	10,7 (- 0%)	idem	idem
<u>P205:</u>	Rundvee	28,7	36,2 (+26%)	idem	31,9 (+11%)
	Varkens	6,2	6,0 (- 4%)	5,1 (-18%)	idem
	Pluimvee	0,36	0,33 (- 8%)	0,27 (-24%)	0,28 (-22%)
	Kalveren	5,2	5,2 (- 0%)	idem	idem
<u>Staltypen</u>					
	Rundvee	huidige type	100%	idem	idem
	Varkens	halfrooster	31%	53%	idem
		voll. rooster	22%	0%	idem
		overig	47%	idem	idem
	Pluimvee	legbatterij	47%	28%	idem
		mestdroging	7%	17%	idem
		grondhuisv.	46%	55%	idem
	Kalveren	huidige type	100%	idem	idem
<u>Vervluchtiging uit de stal</u> (% van N-produktie in de stal)					
	Rundvee	huidige type	7,4%	idem	idem
	Varkens	halfrooster	7,1%	7,3%	0,7%
		voll. rooster	14,5%	idem	1,5%
		overig	22,5%	idem	2,3%
	Pluimvee	legbatterij	22,0%	5,5%	0,6%
		mestdroging	7,0%	5,0%	0,5%
		grondhuisv.	40,6%	31,9%	3,2%
	Kalveren	huidige type	12,0%	idem	1,2%

	1986	2010-Basis	2010-Extra I	2010-Extra II
--	------	------------	--------------	---------------

Dierlijke-mestnormen (milieuhygiënisch) (x kg P205/ha)

	le fase	eindnorm	eindnorm	eindnorm
Bouwland	125	85	idem	80
Grasland	250	130	idem	idem
Maisland	350	95	idem	idem

Opm. le fase vanaf 1987; de eindnorm is gelijk gesteld aan de gewasonttrekking.

Acceptatiegraad dierlijke mest

Uit eigen landbouwgebied	nvt	90%	idem	idem
Uit andere gebieden	nvt	25%	25%	25%

Mesttoediening

Bouwland onderwerken	nvt	<36 uur 100%	<12 uur 100%	direct	100%
Grasland inj.+inregenen	nvt	20%	60%		60%
Maisland onderwerken	nvt	<36 uur 100%	<12 uur 100%	direct	100%

Opm. Bij scenario Extra I wordt geen dierlijke mest uitgereden.

Mestverwerkingscapaciteit (x mln ton)

In het basisscenario en scenario Extra II wordt de dierlijke mest die niet in het eigen of in een ander landbouwgebied kan worden afgezet, verwerkt tot natuurkunstmest. In het scenario Extra I wordt alle stalresten verwerkt.

Geadviseerde N/P205-gift (x kg/ha)

<u>N:</u> Bouwland	180	215	idem	175
Grasland	400	480	idem	360
Maisland	200	240	idem	240
<u>P205:</u> Bouwland	70	85	idem	80
Grasland	110	130	idem	130
Maisland	80	95	idem	95

De geadviseerde gift betreft het totaal aan mineralen in dierlijke mest, kunstmest en natuurkunstmest. De advieswaarden zijn aangepast aan de produktiviteitsgroei landbouwgronden.

Kunstmest (startgift) (x kg/ha)

<u>N:</u> Bouwland	50	idem	idem	idem
Grasland	50	idem	idem	idem
Maisland	30	idem	idem	idem
<u>P205:</u> Bouwland	30	idem	idem	idem
Grasland	0	idem	idem	idem
Maisland	30	idem	idem	idem

(Natuur)kunstmest (x kg/ha)

De benodigde hoeveelheid mineralen via kunstmest of natuurkunstmest wordt berekend als het verschil tussen de geadviseerde gift aan mineralen enerzijds en de som van de effectieve belasting aan mineralen in dierlijke mest en (natuur) kunstmest anderzijds. De beschikbare hoeveelheid natuurkunstmest is afhankelijk van de hoeveelheid verwerkte dierlijke mest.

Gewasonttrekking (x kg/ha)

<u>N:</u> Bouwland	150	180	idem	145
Grasland	350	420	idem	315
Maisland	200	240	idem	idem
<u>P205:</u> Bouwland	70	85	idem	80
Grasland	110	130	idem	idem
Maisland	80	95	idem	idem

Bij de gewasonttrekking is rekening gehouden met de produktiviteitsgroei landbouwgronden.

6.3 Verspreiding van stoffen in bodem en grondwater

Probleemschets

Voor de Nederlandse bodem en het bijbehorende grondwater geldt dat voor de verspreiding van alle stoffen gestreefd moet worden naar het bereiken van stationaire stofbalansen op het gewenste concentratieniveau, door te zorgen dat de aanvoer niet groter is dan de afvoer. Hierdoor wordt de multifunctionaliteit van de bodem niet aangetast. Door opname uit de bodem kan via de voedselketen accumulatie in organismen optreden. Het grondwater moet (uiteraard binnen de van nature aanwezige beperkingen) geschikt blijven voor bereiding van drinkwater zonder ingrijpende zuivering. Depositie van stoffen vanuit de lucht is een diffuse bron van verontreiniging voor de bodem. De bodem wordt door de mens bovendien direct belast met bestrijdingsmiddelen en met contaminanten uit meststoffen. Het belangrijkste kenmerk van de verontreiniging van de bodem en het diepe grondwater is de lange tijd die vaak gemeoid is met het opheffen van een te hoge belasting. Wanneer bodem en grondwater eenmaal verontreinigd zijn is het vaak nauwelijks mogelijk, de toestand te herstellen.

In het volgende wordt speciaal aandacht besteed aan de verontreiniging van de toplaag van de bodem (landbouwgrond; grasland) en de uitspoeling van bestrijdingsmiddelen naar grondwater en de bedreiging van het drinkwater daardoor.

Voor verontreiniging van de terrestrische bodem zijn dezelfde stoffen beschouwd als voor de waterbodem, namelijk koper, cadmium, diethylhexylftalaat en benzo(a)pyreen en een tweetal bestrijdingsmiddelen te weten γ HCH (lindaan) en organotinverbindingen. Dit zijn stoffen die in de bodem kunnen accumuleren en daardoor de multifunctionaliteit van de bodem kunnen bedreigen. De in de bodem mobiele bestrijdingsmiddelen atrazine en dichloorpropeen (grondontsmettingsmiddelen) staan model voor een vrij groot aantal andere bestrijdingsmiddelen met vergelijkbaar gedrag in de bodem. De Commissie Toelating Bestrijdingsmiddelen heeft een zwarte lijst opgesteld van 35 bestrijdingsmiddelen welke niet mogen worden toegepast binnen waterwingebieden en de bijbehorende beschermingszones. Stoffen worden op deze lijst geplaatst als naar verwachting uitspoeling van residuen, inclusief omzettingsprodukten, niet verwaarloosbaar klein is. Daarnaast zijn 15 stoffen met zekere beperkingen toegelaten binnen de beschermingszones.

De referentiewaarden voor de bodem zijn ontleend aan het Milieuprogramma 1988-1991 (VROM) en die voor het grondwater aan het Waterleidingbesluit. De

VROM-referentiewaarden voor de bodem kunnen voor verschillende bodemtypen worden berekend met een formule die rekening houdt met de specifieke eigenschappen van de betreffende stof. In deze formule wordt de referentiewaarde voor metalen afhankelijk gesteld van het lutum- en/of het organische stofgehalte omdat de adsorptie en de opnamecapaciteit daardoor sterk wordt beïnvloed. Het lutumgehalte is het percentage minerale bestanddelen kleiner dan 2μ .

De referentiewaarden voor organische verbindingen zijn afhankelijk van het gehalte organische stof. Hiervoor is een standaardbodem gekozen met een organisch stofgehalte van 10%.

Voor diethylhexylftalaat en voor organotinverbindingen ontbreekt een dergelijke beoordelingsmaatstaf.

Referentiewaarden bodem- en grondwaterkwaliteit

Stof	Bodem				Grondwater in $\mu\text{g/l}$
	humusarm zand	humeus zand	klei	veen	
	Koper ²	16	19	40	50
Cadmium ²	0.43	0.53	0.75	1.5	1,5
BaP ³	20	60	40	300	0,2 ¹
γ -HCH ³	0.2	0.6	0.4	3	0,1

¹ geldend voor totaal polycyclische aromaten

² koper en cadmium in de bodem in mg/kg

³ BaP en λ -HCH in de bodem in $\mu\text{g/kg}$

Het waterleidingbesluit hanteert als referentiewaarde voor afzonderlijke bestrijdingsmiddelen een waarde van $0,1 \mu\text{g/l}$, en voor de som van de concentraties een waarde van $0,5 \mu\text{g/l}$. Daar door middel van een eenvoudige zuivering drinkwater moet kunnen worden bereid wordt bij het toelatingsbeleid ook van deze waarden uitgegaan voor grondwater. Ook voor voedingsgewassen gelden kwaliteitseisen. De referentiewaarde voor het cadmiumgehalte in aardappelen in $100 \mu\text{g/kg}$ versgewicht (normering Warenwet).

Voorspellingsmethoden

Van de in de bodem accumulerende stoffen zijn de op termijn te bereiken evenwichtsconcentratie en het verloop van de concentratie in de tijd in de

bodem berekend met boxmodellen (DHV, 1988). De berekeningen zijn uitgevoerd voor een aantal combinaties van bodemtype en bodemgebruik.

Het betreft de volgende deelsystemen:

- grasland op humeus zand, klei, en veen.
- mais op humusarm zand.
- overige akker- en tuinbouw op humeus zand en klei.
- natuurterrein op humusarm zand en veen.



Indeling van Nederland in samengevoegde ecodistricten voor de berekening verspreiding van cadmium. (bron: RIVM)

In de versie van het boxmodel voor de bodem wordt alleen het compartiment bodem met invoer vanuit en uitvoer naar de "buitenwereld" beschouwd. Als bodem is een dunne toplaag beschouwd. In verband met het bewerken van het land (ploegen etc.) is als laagdikte voor agrarisch land 20 cm gekozen en voor natuurgebieden is 3 cm gehanteerd. De keuze van de laagdikte beïnvloedt de modeluitkomsten in belangrijke mate. In het verlengde hiervan is een gebiedsgerichte benadering gevolgd waarbij Nederland verdeeld is in 15 "ecodistricten", waarbij nauw is aangesloten aan het vermessingsmodel en de ecodistricten die in de gebiedsgerichte integratie worden gebruikt. Met dit model zijn concentraties in bodem, in gewassen en in percolatiewater geschat. Dit model is alleen toegepast voor cadmium.

Bodemgebruik in de samengevoegde ecodistricten onderscheiden naar bouwland, grasland en maïsland in %.

naam	bodemgebruik			
	Bouwland	grasland	maïsland	overige
Klei				
1 K-Noord	27	40	0	33
2 K-ZuidWest	49	10	2	40
3 K-IJsselmeerpolders	55	9	1	35
4 K-Rivier	7	46	6	41
5 K-West	28	23	1	48
Veen				
6 V-Noord	1	66	3	31
7 V-West	1	53	0	45
Dal				
8 D-Noord	59	10	4	28
Zand				
9 Z-Noord	17	43	5	36
10 Z-Oost	4	45	14	37
11 Z-Centraal	1	25	4	70
12 Z-Zuid	7	28	14	51
13 Z-NoordWest	8	22	1	69
14 Z-Zuidwest	1	12	0	87
Löss				
15 L-Zuid	19	22	7	52

Met behulp van modelberekeningen zijn voor de twee mobiele bestrijdingsmiddelen, atrazine en 1,3-dichloorpropeen schattingen gemaakt van de concentratie van de actieve stof (dus exclusief metabolieten) in het bovenste grondwater en ruw water van de openbare drinkwatervoorziening. Hiertoe is achtereenvolgens gebruik gemaakt van een één-dimensionaal model voor uitspoeling uit de onverzadigde zone en een sterk geschematiseerd model voor radiaal transport van stoffen in het grondwater naar een grondwateronttrekkingspunt. (Loch et al., 1988)

Huidige situatie

Metalen en organische verbindingen

De belangrijkste bron van cadmium en koper is de kunstmest en de dierlijke mest terwijl ook nog depositie vanuit de lucht plaats vindt. De huidige belasting in geheel Nederland bedraagt 968 ton koper per jaar en 10,8 ton cadmium per jaar (DHV, 1988).

Totale belasting van de bodem in Nederland in 1985 door koper en cadmium in ton/jaar.

	koper	cadmium
Dierlijke mest	911	4.5
Kunstmest	10	2.4
Depositie	47	3,9
Totaal	968	10.8

In natuurgebieden bestaat de belasting vrijwel uitsluitend uit depositie vanuit de lucht. In cultuurgebieden overheerst de belasting door mest en kunstmest. Graslanden ontvangen thans 3-5 gram cadmium en 300-400 gram koper per hectare per jaar. Maïsland ontvangt 5-10 gram cadmium en ca. 1900 gram koper per ha per jaar. Het overige bouwland wordt belast met 7-11 gram cadmium en 20-140 gram koper per ha per jaar. Voor cadmium is de jaarlijkse belasting voor de eerder omschreven ecodistricten berekend.

Ecodistrict	Depositie	Dierlijke mest en kunstmest		
		bouwland	grasland	maisland
1 Klei-Noord	0,9	3.5	2,6	4.1
2 Klei-ZuidWest	1,9	3.7	3,1	4.3
3 Klei-IJsselmeerp.	1,2	3.8	3,1	3.9
4 Klei-rivier	2,1	3.6	3,0	6.2
5 Klei-West	1,7	3.6	2,9	4.5
6 Veen-Noord	1,2	3.3	2,5	5.4
7 Veen-West	1,9	3.5	2,7	5.5
8 Dal-Noord	1,0	3.3	2,6	4.3
9 Zand-Noord	1,0	3.3	2,5	4.9
10 Zand-Oost	1,6	4.0	3,8	7.2
11 Zand-Centraal	1,7	3.9	3,8	7.4
12 Zand-Zuid	2,8	4.3	4,2	8.0
13 Zand-NoordWest	0,9	3.4	3,1	4.3
14 Zand-ZuidWest	1,7	3.2	2,7	4.5
15 Löss-Zuid	1,4	3.4	2,6	5.1

Huidige cadmium belasting van de bodem per ecodistrict in g/ha/jaar.

De belasting van cadmium en koper leidt tot concentraties in de bodem die thans de referentiewaarden in cultuurgronden nog niet overschrijden. In natuurterreinen op zand en veen komen incidentele overschrijdingen voor die dan vaak het gevolg zijn van lokale belastingen zoals in de Kempen.

Huidige koper- en cadmiumgehalte in de bodem in mg/kg drooggewicht.

bodemtype	cultuurgrond		natuurterrein	
	Cu	Cd	Cu	Cd
zand	11	0,3	0,8- 9,4	0,05-0,74
klei	23	0,4	18 -31	0,27-0,55
veen	28	0,9	5,2-29	1,0 -1,8

De belasting van de bodem door depositie van diethylhexylftalaat wordt gemiddeld voor geheel Nederland geschat op 28 g/ha/jaar en voor benz(a)pyreen op 0,37 g/ha/jaar. Als zuiveringsslib in de landbouw wordt toegepast dan kan de belasting met benz(a)pyreen een factor 5 à 10 hoger zijn. Voor diethylhexylftalaat worden gehalten in bodem gevonden van 200-800 µg/kg hetgeen niet voor Nederland specifieke waarden zijn. Door de CCRX

wordt als gemiddeld gehalte in de bodem van benz(a)pyreen een range van 6-60 µg/kg gegeven. Dit betekent dat overschrijding van de referentiewaarden kan optreden.

Bestrijdingsmiddelen

In Nederland wordt jaarlijks 50 mln kg (actieve stof) aan bestrijdingsmiddelen gebruikt waarvan ongeveer de helft in de landbouw.

Gebruik in Nederland van enige bestrijdingsmiddelen ten behoeve van landbouwkundig gebruik in ton actieve stof.

	1976	1984	1985
Insecticiden/acariciden	554	653	634
Fungiciden	2235	3958	4363
Herbiciden/Doodspuitmiddelen	4509	3985	3977
Grondontsmettingsmiddelen	11330	10923*	10784*

* exclusief methylbromide

De belangrijkste groep van landbouwbestrijdingsmiddelen wordt gevormd door de grondontsmettingsmiddelen. Dichloorpropeen en metamnatrium worden daarvoor het meest gebruikt. Grondontsmettingsmiddelen en bodemherbiciden zijn de belangrijkste categorie van stoffen die een risico vormen voor de kwaliteit van de bodem en het grondwater.

In de huidige situatie worden van de gekozen voorbeeld-bestrijdingsmiddelen de volgende hoeveelheden gebruikt, gerekend in actieve stof:

- organotinverbindingen: 388 ton/jaar
- lindaan : 28 ton/jaar
- atrazine : 200 ton/jaar
- dichloorpropeen : 5700 ton/jaar

Dichloorpropeen vindt vooral toepassing bij de teelt van aardappelen en suikerbieten. Zo'n 20.000-28.000 ha van een totaal areaal van 305.000 ha wordt hiermede behandeld.

Atrazine vindt hoofdzakelijk toepassing in de maisteelt. Geschat wordt dat vrijwel het volledige areaal maïsland van bijna 200.000 ha ermee behandeld wordt. Daarnaast wordt het ook toegepast op akkerranden en niet beteelde terreinen.

Lindaan wordt, naast andere middelen, op graslanden toegepast in een gemiddelde dosering van ongeveer 0,8 g/ha/jaar en op maïsland met doseringen oplopend tot 700 g/ha/jaar.

Organotinverbindingen kennen diverse toepassingen in de landbouw doch vooral als fungicide. De hoogste doseringen van ca. 1500 g/ha/jaar vinden plaats bij vruchtbomen. De overige toepassingen kennen een dosering lager dan 500 g/ha/jaar.

Over de concentraties van lindaan en organotinverbindingen in de bodem zijn weinig meetgegevens bekend. In natuurterreinen worden lindaanconcentraties van 1-76 µg/kg aangetroffen waarbij in 80% van de waarnemingen het gehalte lager is dan 10 µg/kg. De referentiewaarde voor lindaan wordt overschreden. Mobiele bestrijdingsmiddelen worden aangetroffen in het grondwater bij voor uitspoeling gevoelige grondsoorten (humusarm en humeus zand). Verwacht wordt dat tenminste 0,1% van de dosering van uitspoelbare bestrijdingsmiddelen het grondwater bereikt. Bij de voorgeschreven doseringen kan hierdoor de referentiewaarde van 0,1 µg/l in het bovenste grondwater onder behandelde percelen worden overschreden. Dit blijkt ook uit sinds 1985 verrichte metingen waarbij concentraties van boven de 100 µg/l worden aangetroffen.

Concentraties van bestrijdingsmiddelen aangetroffen in het Nederlands grondwater door gebruik in de landbouw, gemeten door RIVM en KIWA.

Bestrijdings- middel	Concentratie in µg/l	Plaats	Diepte in m onder maaiveld	Soort teelt
1,3 dichloorpropeen	<0,1 - 80	Ter Apel	0,6- 2,1	aardappel
1,2 dichloorpropaan*	<0,1 -160	Noord Bargeres	6 -22	aardappel
aldicarb	4,5 -130	Ter Apel	0,6- 2,1	aardappel
atrazine	<0,02- 0,8	Bergeijk	0,8- 2,1	mais

* Verontreiniging in 1,3 dichloorpropeen

Regionale wateren

Er bestaat nog geen voldoende representatief beeld van de aard en omvang van de waterbodemonverontreiniging in regionale wateren. Een inventarisatie (Min. van V en W 1987) in samenwerking met regionale waterbeheerders zal tot stand komen, waarna over eventuele saneringen beslissingen kunnen worden genomen.

Belasting van kleine wateren in landbouwgebieden met bestrijdingsmiddelen kan aanzienlijk zijn. In een aantal gevallen zijn de gehalten tijdelijk zo hoog, dat ecologische schade duidelijk aantoonbaar is. De norm betreffende oppervlaktewater bestemd voor drinkwater wordt veelvuldig overschreden, soms ook in water dat daadwerkelijk voor drinkwaterwinning gebruikt wordt

(Hrubec 1988). Het toelatingsbeleid voor bestrijdingsmiddelen zal ook met deze directe milieubeïnvloeding rekening kunnen houden (Canton et al., 1987).

Toekomstige ontwikkelingen bij vastgestelde maatregelen

Metalen en organische verbindingen

Een vermindering van de belasting van de bodem is grotendeels het gevolg van maatregelen die genomen worden in het kader van de bestrijding van de vermisting en de verspreiding in het oppervlaktewater (Meststoffenbesluit en Rijnactieplan). Daarnaast wordt een reductie van het kopergehalte in varkensvoer voorzien en een beperking van de deposities van uit de lucht.

Totale belasting van de bodem van Nederland in 2010 bij vastgestelde maatregelen door cadmium en koper in ton jaar.

	koper	cadmium
Dierlijke mest	368	2,7
Natuurkunstmest	226	0,6
Kunstmest	6	0,2
Depositie	47	3,1
Totaal	681	6,6

Deze belastingsniveau's leiden ertoe dat behalve in natuurgebieden de referentiewaarden voor koper op grote schaal overschreden zullen gaan worden. Voor cadmium is dit in mindere mate het geval. In zandgebieden kunnen de referentiewaarden ongeveer bereikt worden. In klei- en veengebieden kunnen echter overschrijdingen van de referentiewaarden gaan optreden. Zo'n situatie zal zich op termijn gaan ontwikkelen waarbij gedacht moet worden aan een periode van duizenden jaren. In het jaar 2010 is nog geen sprake van een substantiële toename van de omvang van de overschrijding van de referentiewaarden.

De toekomstige zuurgraad van de bodem is van belang voor de te verwachten ontwikkeling. De landbouw corrigeert de zuurgraad door bekalking. In natuurgebieden kan daling van de zuurgraad tot een grotere uitspoeling van metalen naar het grondwater leiden.

Toekomstige evenwichtsconcentraties voor koper en cadmium bij vastgestelde maatregelen te bereiken na enige duizenden jaren; de berekeningen kennen een onzekerheidsmarge van 50%.

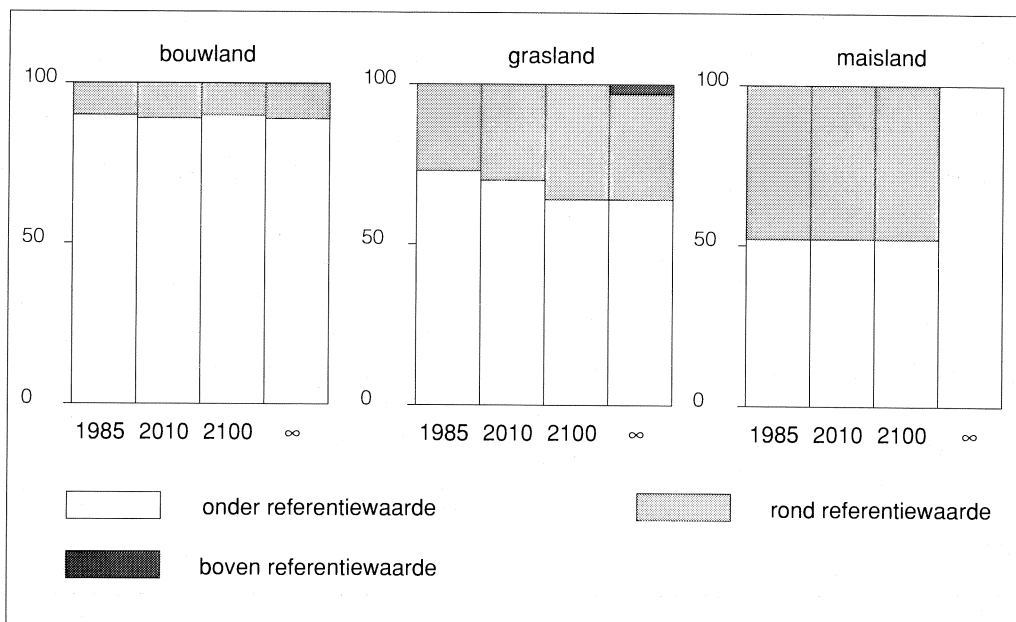
		koper (mg/kg)		cadmium (mg/kg)	
		1985	evenwicht	1985	evenwicht
Gras	Zand	10	45	0,3	0,4
	Klei	20	255	0,4	1,6
	Veen	20	210	1,0	2,3
Maïs	Zand	10	30	0,3	0,5
Overig	Zand	10	30	0,3	0,5
	Klei	10	10	0,4	2,3
Natuur	Zand	15	1- 3	0,1	0,01-0,4
	Veen	10	20-35	1,0	1,5 -2,5

Voor cadmium is een meer gedetailleerde berekening uitgevoerd voor de onderscheiden ecodistricten. De belasting vanuit de lucht is daarbij gehalveerd terwijl door het minder uitrijden van dierlijke mest eveneens belangrijke belastingreducties zijn ontstaan.

Belasting van de ecodistricten door cadmium in 2010 bij vastgestelde maatregelen in g/ha/jaar.

Ecodistrict	Depositie	<u>Dierlijke mest en kunstmest</u>		
		bouwland	grasland	maïsland
1 Klei-Noord	0,5	1,4	2,4	1,5
2 Klei-ZuidWest	1,2	1,3	2,3	1,6
3 Klei-IJsselmeerp.	0,8	1,4	2,3	1,5
4 Klei-rivier	1,3	1,6	2,4	1,9
5 Klei-West	1,1	1,4	2,3	1,5
6 Veen-Noord	0,8	1,6	2,4	1,8
7 Veen-West	1,2	1,7	2,4	1,9
8 Dal-Noord	0,7	1,3	2,3	1,5
9 Zand-Noord	0,7	1,4	2,4	1,7
10 Zand-Oost	1,0	1,8	2,5	2,0
11 Zand-Centraal	1,1	1,7	2,4	1,9
12 Zand-Zuid	1,7	1,8	2,5	2,0
13 Zand-NoordWest	0,5	1,4	2,4	1,6
14 Zand-ZuidWest	1,1	1,4	2,4	1,6
15 Loss-Zuid	0,9	1,6	2,4	1,7

Uit deze berekeningen blijkt dat ongeveer 10% van het bouwland zich in 2010 en daarna rond de referentiewaarde zal bewegen. Voor grasland stijgt dit percentage van 25 tot 40 waarbij in enige procenten van het grasland de referentiewaarde wordt overschreden. Voor maïsland zal uiteindelijk geen overschrijding van de referentiewaarde meer plaatsvinden. De referentiewaarde voor aardappelen wordt niet overschreden. Datzelfde geldt voor het cadmiumgehalte van naar het grondwater percolerend water.

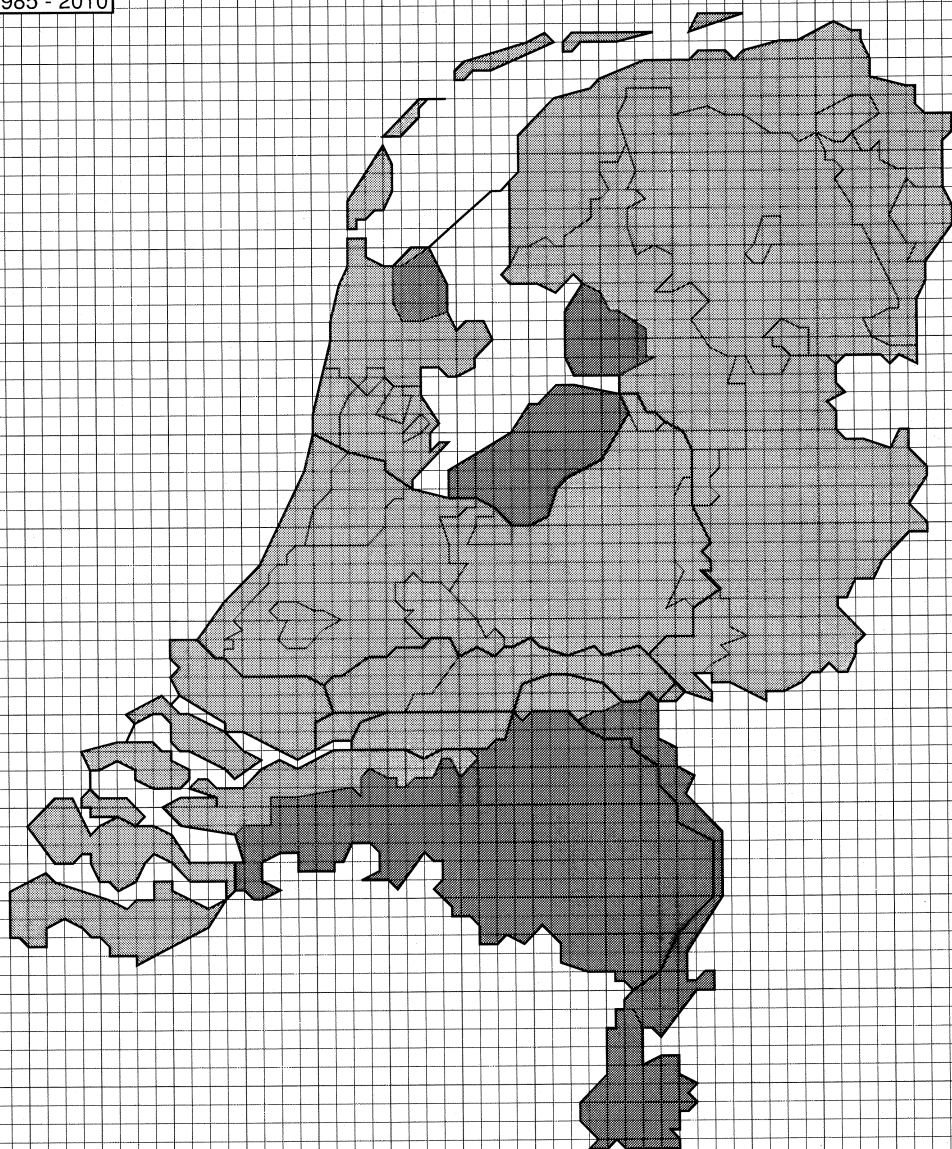


Percentage van het areaal cultuurgrond waar de referentiewaarde voor cadmium onderschreden, bereikt en overschreden wordt in 1985, 2010 en 2100 en in de evenwichtstoestand bij vastgestelde maatregelen.

Bron: RIVM

Overschrijding van de referentiewaarde voor cadmium zal op langere termijn plaatsvinden in enkele kleine gebieden in het westen van het land. De binnenduinranden, de Wieringermeer- en IJsselmeerpolders en zuidelijk Limburg kunnen zich dan rond de referentiewaarde bewegen afhankelijk van het type gewas.

1985 - 2010



< 0,5



0,5 - 0,75



0,75 - 1,25

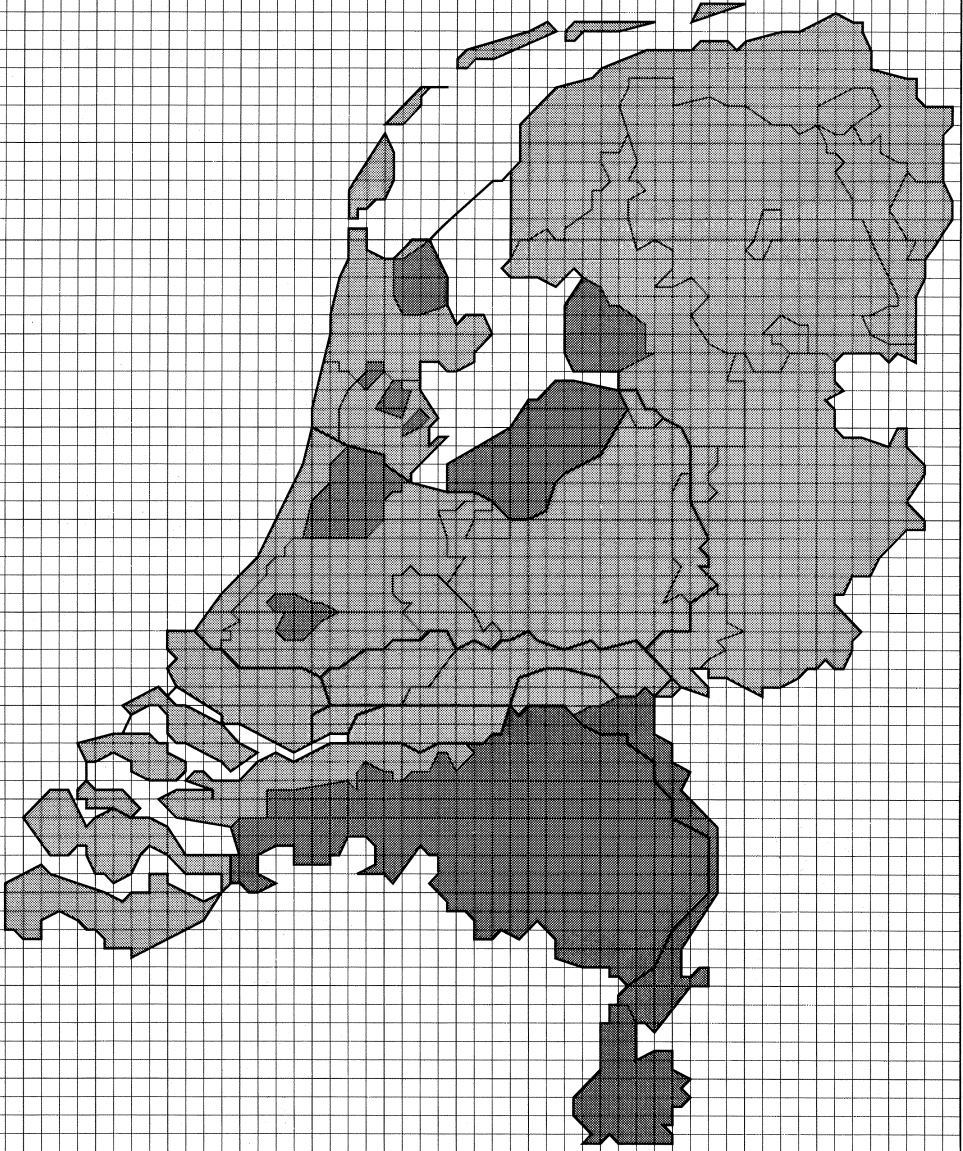


> 1,25

*referentiewaarde

Ontwikkeling in de tijd van het cadmiumgehalte in de bodem per ecodistrict waarbij de slechtste situatie per gewastype maatgevend is gesteld, toestand in 1985 en 2010. (bron: RIVM)

2100



< 0,5



0,5 – 0,75



0,75 – 1,25

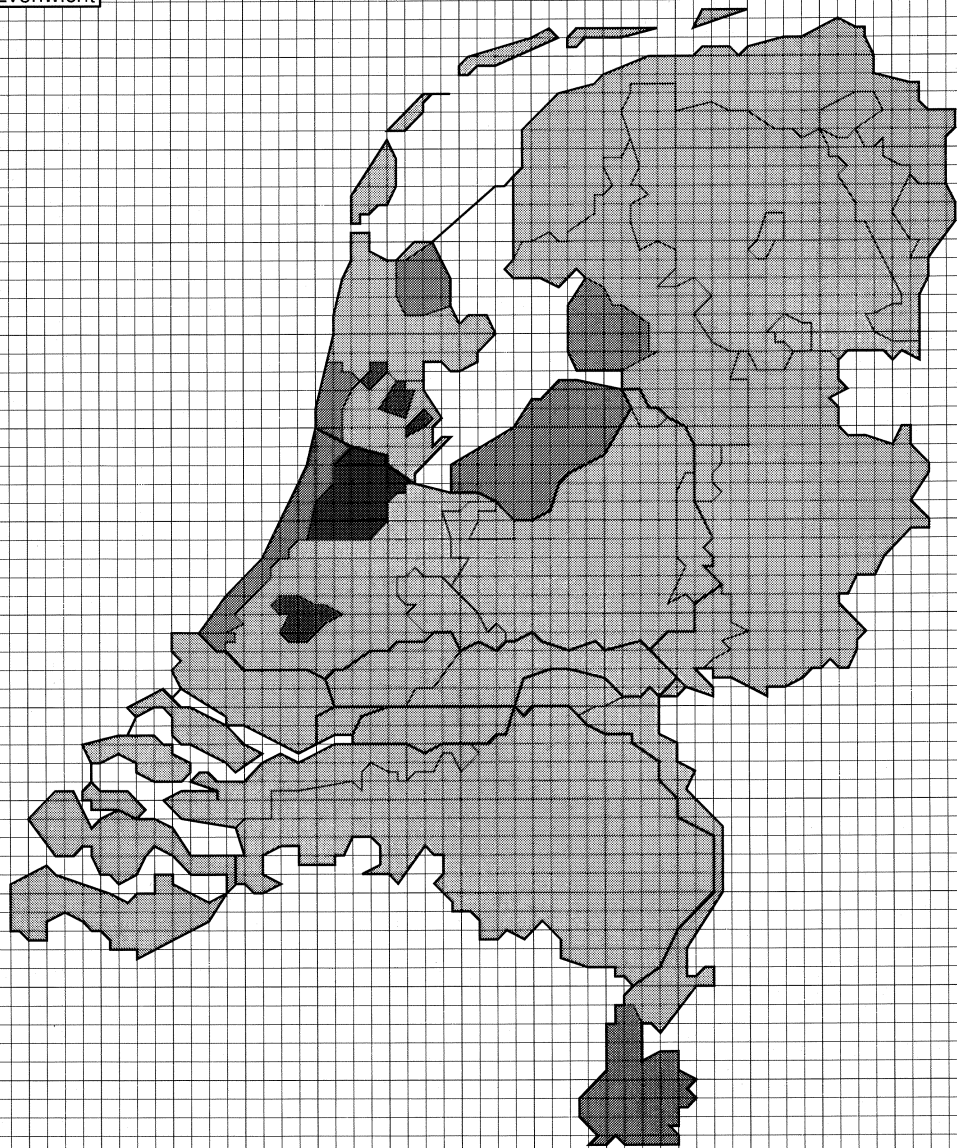


> 1,25

* referentiewaarde

Ontwikkeling in de tijd van het cadmiumgehalte in de bodem per ecodistrict waarbij de slechtste situatie per gewastype maatgevend is gesteld bij vastgestelde maatregelen in 2100. (bron: RIVM)

Evenwicht



< 0,5



0,5 - 0,75



0,75 - 1,25



> 1,25

* referentiewaarde

Ontwikkeling in de tijd van het cadmiumgehalte in de bodem per ecodistrict waarbij de slechtste situatie per gewastype maatgevend is gesteld bij vastgestelde maatregelen; evenwichtstoestand op zeer lange termijn. (bron: RIVM)

Doordat de toepassing van zuiveringsslib in de landbouw vrijwel onmogelijk wordt zal depositie de belangrijkste bron blijven van diethylhexylftalaat en benz(a)pyreen. Bij onveranderde deposities zullen de concentraties in natuurgebieden het hoogste worden. Hier zal ook overschrijding van de referentiewaarde voor benz(a)pyreen kunnen optreden. Beëindiging van de deposities kan dit probleem snel oplossen omdat een nieuwe evenwichtsituatie binnen 2-3 jaar bereikt wordt. De afbraak van deze stoffen in de bodem is hiervan de oorzaak.

Berekende evenwichtsconcentraties in de bodem van diethylhexylftalaat en benz(a)pyreen bij voortdurende van de huidige depositie uit de lucht in $\mu\text{g}/\text{kg}$; de berekeningen kennen een onzekerheidsmarge van 50%.

		di-ethyl-hexylftalaat	benz(a)pyreen
Gras	Zand	5,0	0,09
	Klei	6,1	0,12
	Veen	13,7	0,26
Mais	Zand	2,6	0,05
Overig	Zand	3,3	0,06
	Klei	4,1	0,08
Natuur	Zand	25,5	0,49
	Veen	91,3	1,70

Bestrijdingsmiddelen

De ontwikkeling van de bestrijdingsmiddelengehaltes in de bodem hangt in hoge mate af van het toelatingsbeleid voor bestrijdingsmiddelen. Voor alle toegelaten middelen loopt een herwaarderingsprocedure (inhaalmanoeuvre).

Lindaan en organotinverbindingen hopen zich op in de bodem. De voortgaande toepassing van lindaan op grasland kan tot concentraties in de bodem leiden van 1-2 $\mu\text{g}/\text{kg}$. In de overige cultuurgronden kunnen concentraties bereikt worden van 50-500 $\mu\text{g}/\text{kg}$. In natuurgebieden op zand kunnen door deposities concentraties optreden van ongeveer 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$. In natuurgebieden op veen kan dit een factor vijf hoger zijn. De termijn die verloopt tot het bereiken van de evenwichtsconcentraties is ongeveer 10 jaar.

Toepassing van de organotinverbindingen fentinhydroxide en cyhexatin kan leiden tot ophoping van organisch tin met een snelheid van ongeveer 0,5 $\text{mg}/\text{kg}/\text{jaar}$. Over bereikte stationaire concentraties van organotin is nog weinig bekend.

Met behulp van modelberekeningen zijn voor de twee mobiele bestrijdingsmiddelen atrazine en 1,3-dichloorpropeen schattingen gemaakt van de concentratie van de actieve stof, dus exclusief metabolieten in het bovenste grondwater en het ruw water voor openbare drinkwatervoorziening. Deze schattingen zijn gemaakt voor de stationaire situatie met toepassingen in het gehele intrekgebied en met alleen toepassing buiten de 25 jaars beschermingszone. De beide middelen staan op de zwarte lijst: 1,3-dichloorpropeen al meer dan 10 jaar en atrazine sinds 1 maart 1988.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor een matig humusarme zandgrond met 2% organische stof in de bouwvoor en een humeuze zandgrond met 5% organische stof die representatief zijn voor grote arealen landbouwgebied in de zandgebieden van Nederland. Voor beide middelen is met afbraak in de bovenlaag van de grond rekening gehouden. Voor zowel atrazine als dichloorpropeen is aangenomen dat beneden de gemiddelde grondwaterstand geen sorptie en afbraak meer optreden. Dit is gedaan omdat afbraak in deze zone van verreweg de meeste bestrijdingsmiddelen niet bekend is en het toelatingsbeleid met afbraak in de grondwaterzone geen rekening houdt. Deze aanname is mogelijk niet juist voor dichloorpropeen.

Als invoergegevens zijn de neerslag- en verdampingsgegevens van 1984 gebruikt. Voor atrazine is opname door het gewas gesimuleerd (efficiency 50%), voor dichloorpropeen niet. Dit in verband met de normale toepassing van de stoffen: atrazine vlak na opkomst van het gewas (gesimuleerd 1 mei), dichloorpropeen na rooien van het gewas (gesimuleerd 1 oktober).

Schatting van de uitspoeling van atrazine en dichloorpropeen in humusarm en humeus zand.

stof	grondsoort	dosering kg/ha	max.conc. mg/m ³	tijd d (*)	fractie uit- spoeling
atrazine	humusarm zand	3	17	300	0.02
atrazine	humeus zand	3	1.6	330	0.002
dichloorpropeen	humusarm zand	200	6700	170	0.014
dichloorpropeen	humeus zand	200	4600	180	0.005

(*) Tijd in dagen, verstreken na de laatste dosering, tot maximale concentratie in het bovenste grondwater wordt gevonden.

In humeus zand is de berekende concentratie in het bovenste grondwater

belangrijk lager dan in humusarm zand. Vooral voor dichloorpropeen zijn de concentraties in het bovenste grondwater zeer hoog.

Schatting van de concentratie ($\mu\text{g/l}$) atrazine en dichloorpropeen in opgepompt water van een drinkwaterpompstation bij toepassing binnen en buiten de beschermingszone.

stof	grondsoort	toepassing	toepassing alleen
		binnen en buiten beschermingszone	buiten beschermingszone
atrazine	humusarm zand	10	4,4
atrazine	humeus zand	1	0,44
dichloorpropeen	humusarm zand	117	51
dichloorpropeen	humeus zand	42	18

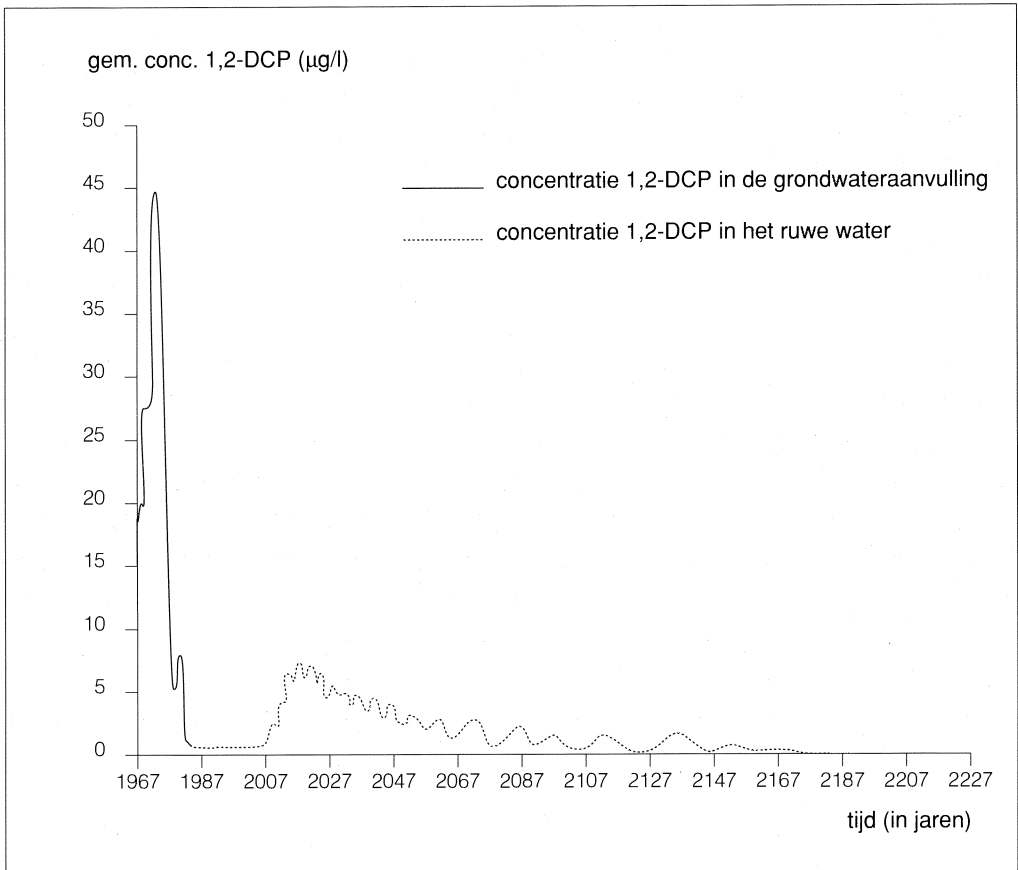
Het is aannemelijk dat drinkwaterputten in kwetsbare gebieden verontreinigd kunnen worden door uitspoeling van bestrijdingsmiddelen, zelfs bij gebruik uitsluitend buiten de beschermingszone. Bij verwaarlozing van afbraak zullen de concentraties in het opgepompte drinkwater tot niveau's kunnen oplopen die de referentiewaarde vele malen overschrijden. Dit is vooral het geval voor dichloorpropeen. Een verbod van toepassing binnen de beschermingsgebieden voorkomt dergelijke overschrijdingen niet.

Indien aangenomen wordt dat dichloorpropeen in het grondwater wordt afgebroken dan blijven de concentraties in het opgepompte water beneden de drinkwaternorm van $0,1 \text{ mg.m}^{-3}$.

Met de gebruikte modellen kan niet worden vastgesteld hoe lang de verontreiniging van het grondwater zal aanhouden na stoppen van de toepassing van het bestrijdingsmiddel. Onderzoek naar dichloorpropaan in Drente kan hiervoor echter een indicatie geven.

De in 1,3 dichloorpropeen aanwezige verontreiniging 1,2 dichloorpropaan is de afgelopen 20 jaar in belangrijke hoeveelheden op de bodem gebracht. Het 1,2 dichloorpropaangehalte in het bestrijdingsmiddel was oorspronkelijk 25% en is vanaf 1981 gedaald tot 2,5% en vanaf 1985 tot 0,3%. Sinds 1975 is er een sterke vermindering van het gebruik van 1,3 dichloorpropeen opgetreden tot 11% van het totale gebruik van bestrijdingsmiddelen in 1979. In de periode 1980-1984 is sprake van een stijging van het gebruik tot 55% van het totale gebruik. Aangenomen is dat het gebruik van dit middel in de toekomst verboden wordt. Het grondwater is hierdoor in een periode van 20 jaar belast met een soort pieklozing van chloorpropaan. De concentraties in het naar het grondwater percolerend water zijn daarbij opgelopen tot 45

$\mu\text{g/l}$. Deze pieklozing wordt na het jaar 2000, dat wil zeggen met een vertraging van ongeveer 30 jaar, zichtbaar in het opgepompte ruwe water. Het duurt daarna meer dan 100 jaar voordat de concentraties in het ruwe water dalen beneden de referentiewaarde. De maximale concentratie bedraagt $8 \mu\text{g/l}$ in het ruwe water hetgeen een overschrijding van de referentiewaarde met een factor 80 betekent. Dit voorbeeld laat zien dat de drinkwatervoorziening in gevoelige zandgebieden langdurig bedreigd kan worden door gebruik van persistente bestrijdingsmiddelen.



Concentratieverloop van de persistente verontreiniging 1,2 dichloorpropanaan in het opgepompte water van het pompstation Noordbargeres (Drente) bij voortgezet gebruik en verbod van toepassing in de 25 jaars beschermingszone in 1984 en het gehele intrekgebied in 1990.

Bron: RIVM

Ontwikkelingen bij extra maatregelen

Metalen en organische verbindingen

De extra maatregelen zijn wederom gekoppeld aan het gebruik van meststoffen in de landbouw. De verwerking van dierlijke mest tot een kunstmest

vervangend produkt staat daarin centraal. Als resultaat hiervan daalt de koper- en cadmiumbelasting van de bodem licht ten opzichte van de vastgestelde maatregelen. Maatregelen gericht op integraal stikstof management in het kader van de bemesting leveren vrijwel hetzelfde resultaat. Hierdoor zullen de cadmium- en kopergehalten in de bodem ten opzichte van de vastgestelde maatregelen nog enigszins dalen.

Totale belasting van de bodem van Nederland in 2010 bij extra maatregelen door cadmium en koper in ton per jaar.

	mestverwerking		int. N. management	
	koper	cadmium	koper	cadmium
dierlijke mest	79	0,8	367	2,5
kunstmest (incl. "natuur"- kunstmest)	490	2,4	215	0,7
depositie	4	0,1	4	0,1
	47	1,9	47	1,9
totaal	620	5,2	633	5,2

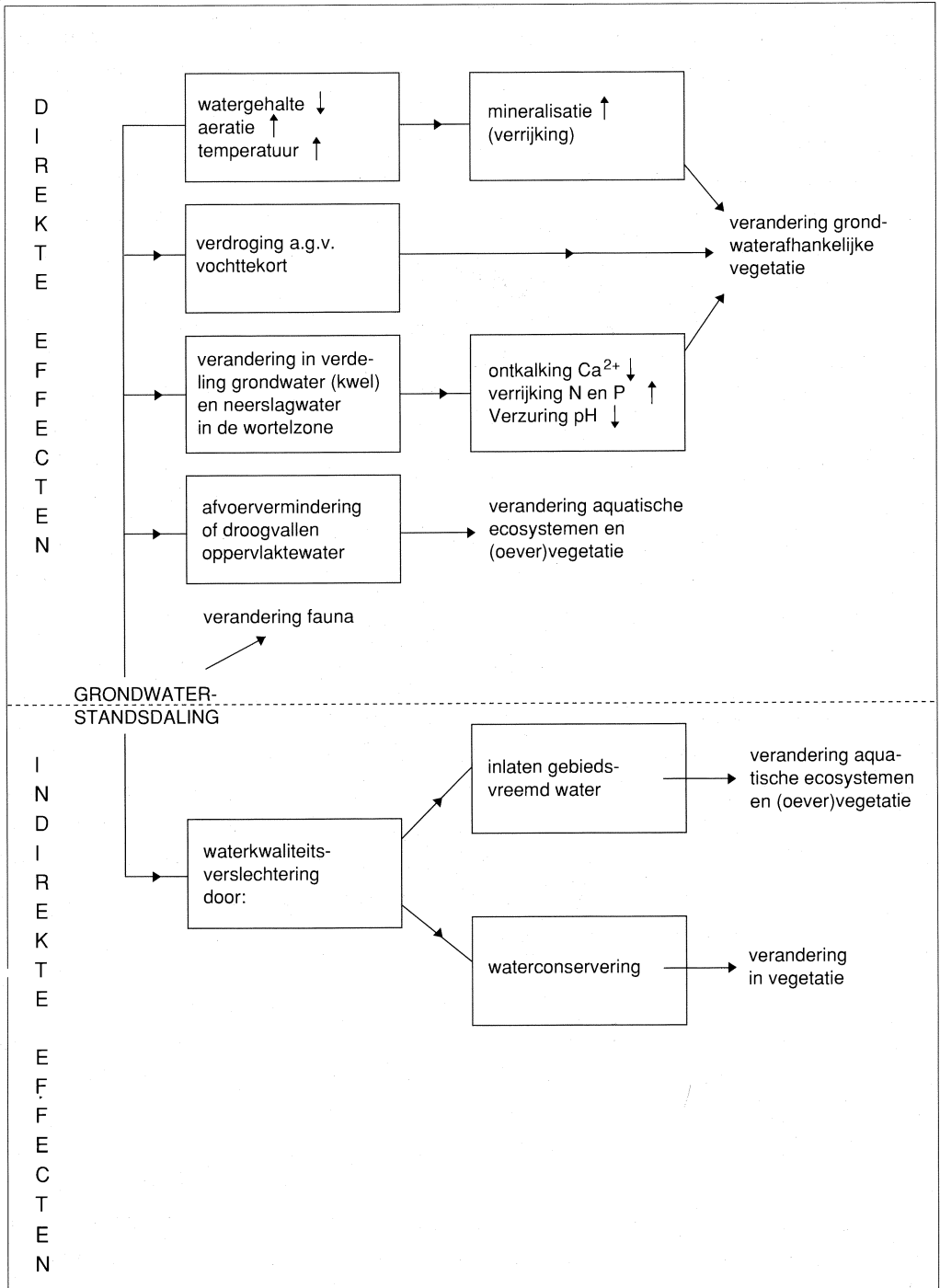
Bestrijdingsmiddelen

Extra maatregelen voor bestrijdingsmiddelengebruik bestaan uit het verminderen of beëindigen van de toepassing van persistente en/of mobiele pesticiden. Verdere belastingvermindering kan worden bereikt door selectiever gebruik en dusdanige toediening dat minder verlies optreedt. Ook de toepassing van andere gewasbeschermingsmethoden kan worden overwogen. De concentratie in de bovenlaag van de bodem zal dan vrij snel teruglopen. De concentraties in grondwater blijven veel langer aanwezig.

6.4 Verdroging

Probleemschets

Onder verdroging wordt verstaan alle effecten als gevolg van (grond)waterstanddaling, zowel als gevolg van vochttekort als van mineralisatie en veranderingen in de invloed van kwel en neerslag. Via een aantal processen werken deze factoren door in de vegetatie en de fauna.



Een schets van het verdrogingsprobleem in de vorm van een relatieschema van de gevolgen van grondwaterstanddaling.

(bron: RIVM)

Daling van de grondwaterstand kan in gebieden waar de vegetatie voor de vochtvoorziening afhankelijk is van het grondwater, vochttekorten veroorzaken met negatieve gevolgen voor de ontwikkeling van de vegetatie. Verder verandert door afname van de beschikbaarheid van vocht het voedingsstoffenregime in de bodem. Verlaging van het grondwaterpeil maakt het vochtregime optimaal voor de mineralisatie van organisch materiaal. Verhoging van de temperatuur en betere doorluchting van de bodem spelen hierin ook een rol. Versterkte mineralisatie speelt vooral daar waar het gehalte aan organisch materiaal in de bovengrond hoog is (veengronden) en de mineralisatie voorheen beperkt werd door hoge grondwaterstanden. Door mineralisatie komt onder meer stikstof als voedingsstof vrij, waarbij in de eerste jaren na grondwaterstanddaling soms waarden worden bereikt (op veengrond) van enige honderden kg stikstof per ha per jaar (Grootjans, 1979). Op deze wijze levert verdroging ook een bijdrage aan het ontstaan van het vermistingsprobleem. Omgekeerd kan verhoging van de grondwaterstand een bijdrage leveren aan de oplossing van dit probleem doordat in een anaerobe omgeving de denitrificatie versterkt wordt. Hierdoor wordt nitraat omgezet in stikstof die naar de lucht ontwijkt. Bij grondwaterstanddaling zal de invloed van regenwater in de wortelzone toenemen, waardoor verdroging tevens een bijdrage levert aan het verzuringsprobleem. Verdroging heeft ook een aantal indirecte gevolgen, samenhangend met het inlaten van gebiedsvreemd water of met waterconservering in droge perioden. Het inlaten van gebiedsvreemd water vindt plaats om de grondwaterstand op het voor landbouwkundig gebruik gewenste peil te handhaven. Waterconservering in een gebied is er op gericht het regenwater in het gebied vast te houden. Hierdoor kan kwelvermindering optreden, hetgeen consequenties heeft voor de grondwaterkwaliteit.

De effecten van verdroging op de vegetatie en fauna zijn zeer divers. Aquatische ecosystemen kunnen geheel verdwijnen indien sprake is van (tijdelijk) droogvallen van stagnante wateren die oorspronkelijk gevoed werden door grondwater. Stromende systemen zullen beïnvloed worden door het verdwijnen van aan hogere stroomsnelheden gebonden organismen bij het dalen van de stroomsnelheid. Vooral als er sprake is van kwelreductie zal de produktie van algen toenemen waardoor het water een meer eutroof karakter krijgt. De verlanding van sloten door dichtgroeiën zal sneller plaatsvinden (Van Gijzen, 1979).

Plantensoorten die voor hun vochtvoorziening afhankelijk zijn van het grondwater zijn gevoelig voor verdroging. Dit betreft ongeveer 30% van de Nederlandse plantensoorten. Het is nog niet duidelijk hoe het geheel van

standplaatsfactoren doorwerkt in de beïnvloeding van de vegetatie en welke factor onder bepaalde condities doorslaggevend is voor het vóórkomen van plantensoorten. Het is daarom ook erg moeilijk om er achter te komen hoe groot de daling van de grondwaterstand mag zijn, wil een bepaalde soort zich kunnen handhaven op een standplaats. Dit hangt mede af van door de grondwaterstands daling beïnvloede processen in de bodem. Als gevolg van de wisselwerking tussen plantensoorten zal ook de soortensamenstelling wijzigen. In voedselarme gebieden zullen de laag produktieve, vaak zeldzame soorten, plaats maken voor de hoog produktieve dominante soorten.

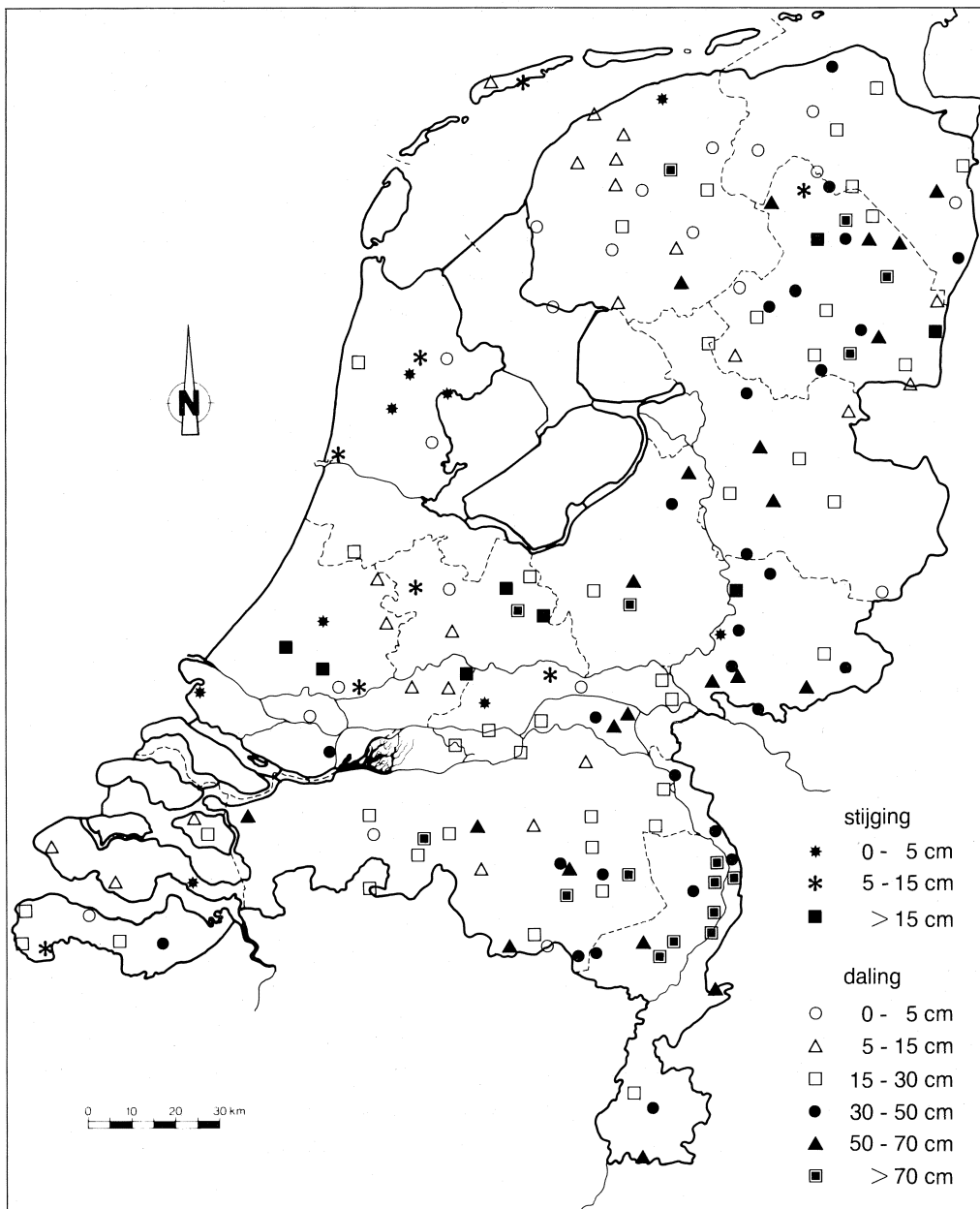
Door het inlaten van, vaak uit de Rijn afkomstig, gebiedsvreemd water zal nivellering van standplaatscondities optreden. Daarnaast zal de biomassa produktie toenemen door een verhoging van het aanbod van voedingsstoffen waardoor de soortenrijkdom zal afnemen. Waterconservering kan belangrijke veranderingen tot gevolg hebben voor de grondwaterkwaliteit, met als gevolg verandering in de soortensamenstelling van waterafhankelijke vegetatie.

Vooraf weidevogels zoals kievit, grutto, tureluur, watersnip en kemphaan worden beïnvloed door verdroging. Deze vogelsoorten geven de voorkeur aan slecht ontwaterd en relatief extensief gebruikt grasland (Beintema en Van der Berg, 1976 en 1977). Door daling van de grondwaterstand wordt hun voorkeursbiotoop verkleind hetgeen leidt tot een afnemende dichtheid aan broedvogels.

Verdroging zou bij voorkeur uitgedrukt moeten worden in biotische eenheden. Door het ontbreken van voldoende effectkennis is dat echter nog niet mogelijk. Daarom wordt op dit moment volstaan met het aangeven van gebieden waar signalen geconstateerd worden van ernstige en matige verdroging. Van ernstige verdroging is sprake wanneer de oorspronkelijke vochtgradiënt vrijwel volledig is verdwenen of de natuurlijke waterhuishouding volledig is verstoord. Wanneer de vochtgradiënt of de waterhuishouding slechts ten dele is aangetast wordt van matige verdroging gesproken.

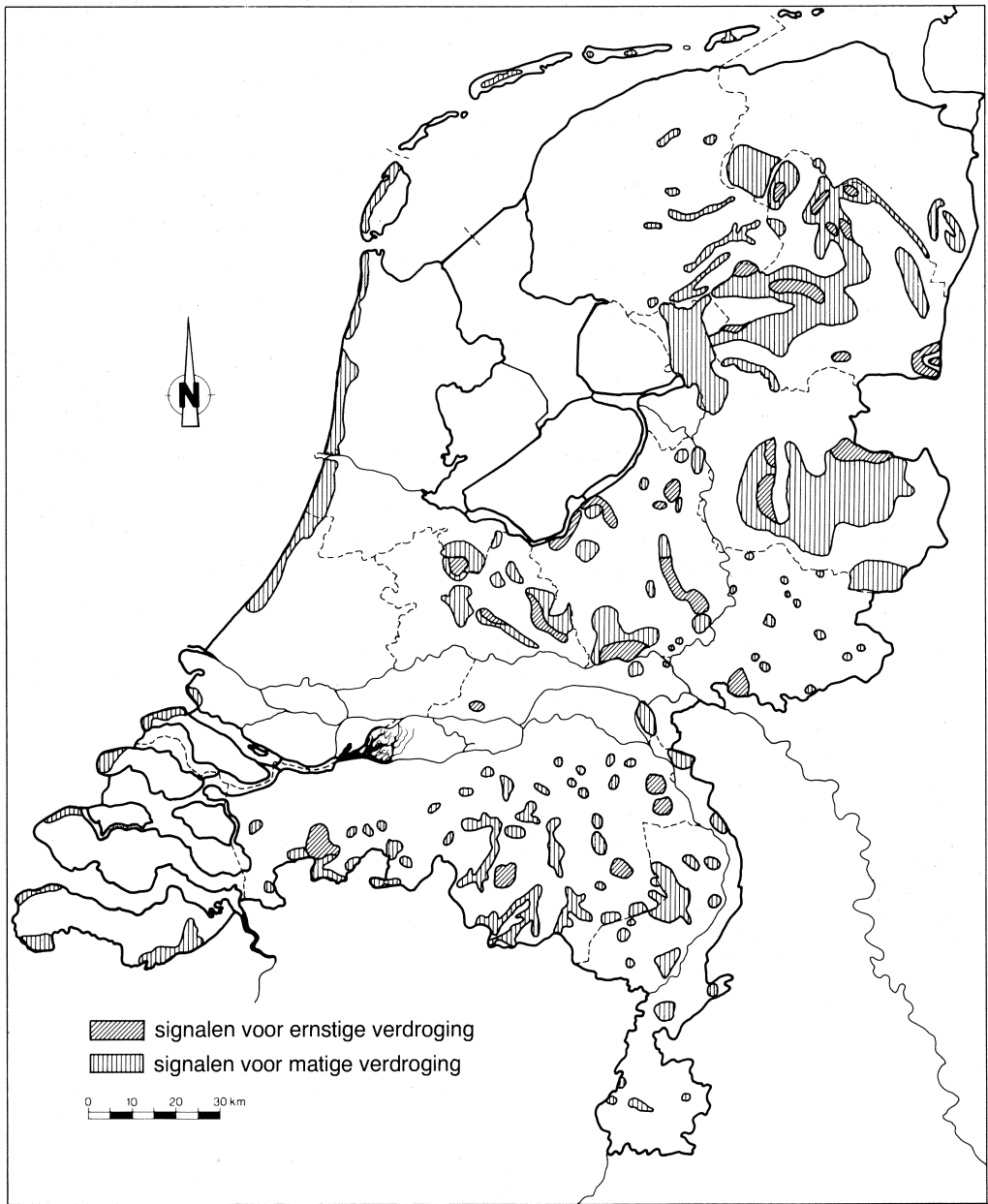
De huidige situatie

In een groot deel van Nederland zijn in de laatste jaren veranderingen in natuur en landschap (en ook in de agrarische produktie) opgetreden die (mede) kunnen worden toegeschreven aan de daling van de grondwaterstand (Braat et al., 1987). In de Nota Waterhuishouding wordt een overzicht gegeven van de opgetreden dalingen van de grondwaterstand in 1973-1976 ten opzichte van de periode 1956-1960.



Wijziging van de gemiddelde grondwaterstand in de periode 1973-1976 ten opzichte van de gemiddelde grondwaterstand in de periode 1956 tot en met 1960. (bron: DGV-TNO)

Ondanks dat er op de gegeven waarden wel wat valt af te dingen (met name gelet op de gekozen perioden), is het echter duidelijk is dat daling van de grondwaterstand is opgetreden vooral in de hoger gelegen gebieden die niet voldoende van oppervlaktewater kunnen worden voorzien. Van grote, aaneengesloten delen van natuur- en landbouwgebieden wordt gesteld dat zij in zekere mate zijn verdroogd, terwijl ernstige verdroging op een groeiend aantal lokaties, verspreid over het gehele land, wordt gesignaleerd.



Signalen voor matige en ernstige verdroging in Nederland, bestaande uit een gedeeltelijke dan wel volledige verdwijning van vochtgradiënten en verstoring van de natuurlijke waterhuishouding. (bron: IvM/CML)

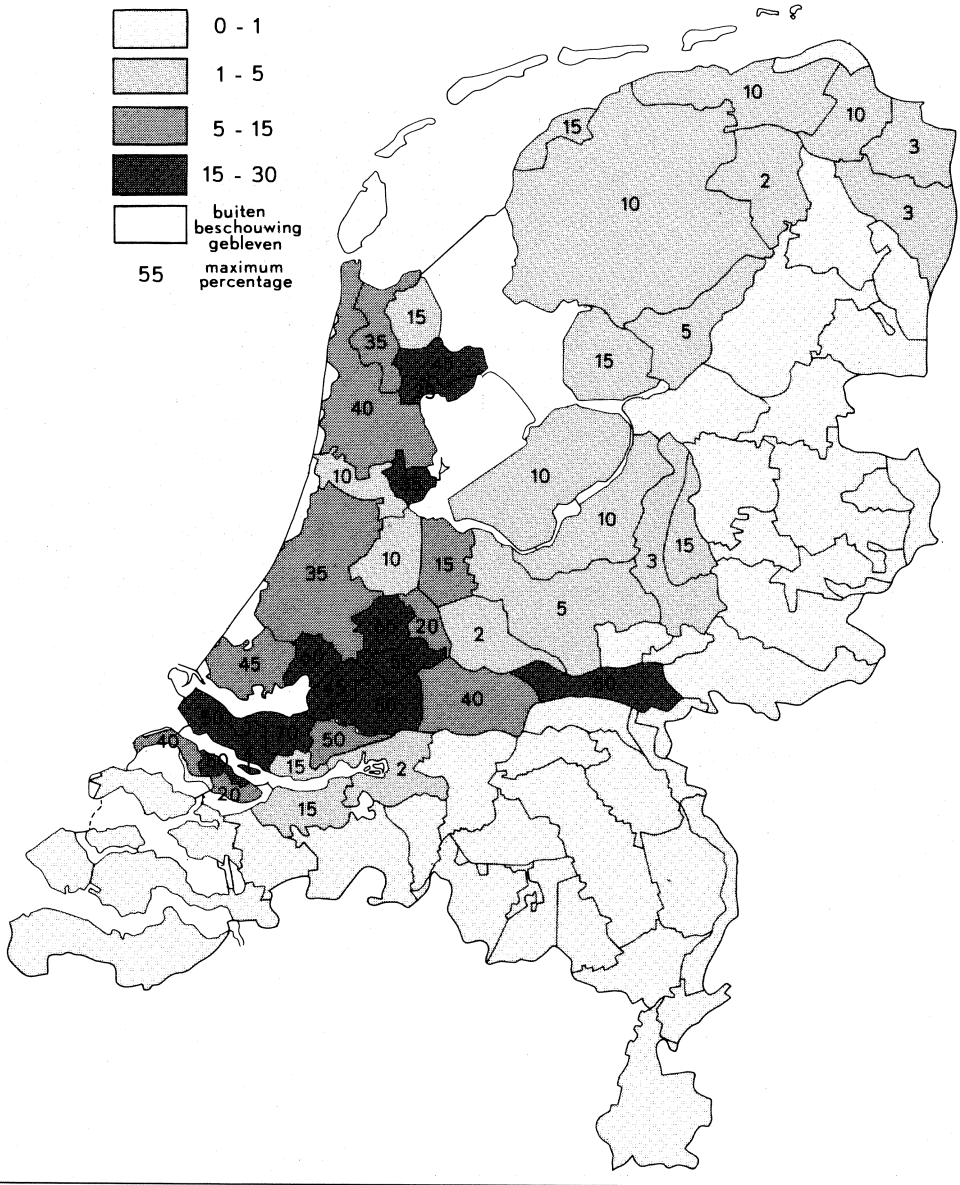
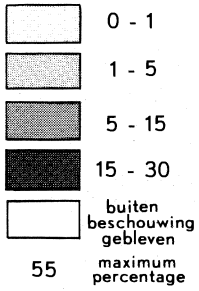
De middelhoge zandgronden in Nederland zijn op veel plaatsen ernstig en over grote gebieden matig verdroogd. Van de duinenvalleien is de verdroging het sterkst in de vastelandsduinen van Noord- en Zuid-Holland. Ten zuiden van Schoorl (NH) tot aan Hoek van Holland zijn alle oorspronkelijk vochtige en natte duinvalleien verdroogd of staan onder invloed van geïnfilteerd

eutroof water. Ook op veel plaatsen in de Zuidwestelijke eilanden zijn de duinvalleien verdroogd. Op de Waddeneilanden is alleen op enkele lokaties sprake van ernstige verdroging. De meeste hoogveenreservaten in Nederland zijn ernstig verdroogd. Plaatselijk vinden overigens regeneratiepogingen plaats. Op een aantal plaatsen wordt het vochtgehalte met oppervlaktewater van twijfelachtige tot slechte kwaliteit op peil gehouden. De semi-natuurlijke terreinen in het laagveengebied worden op veel plaatsen vochtig gehouden. De vermindering van kwel van goede kwaliteit heeft bovendien geleid tot een groeiende hoeveelheid ingelaten oppervlaktewater met veel stikstof en fosfaat.

De gevoeligheid van het rivierengebied en het zeeleigebied voor verdroging is minimaal. Ernstige verdroging (droge bronnen en plassen) komt op lokaties in het Limburgs heuvelland voor. Matige verdroging, dat wil zeggen achteruitgang van bronnen en verdroging van ondergroei, is in een aantal hellingbossen geconstateerd.

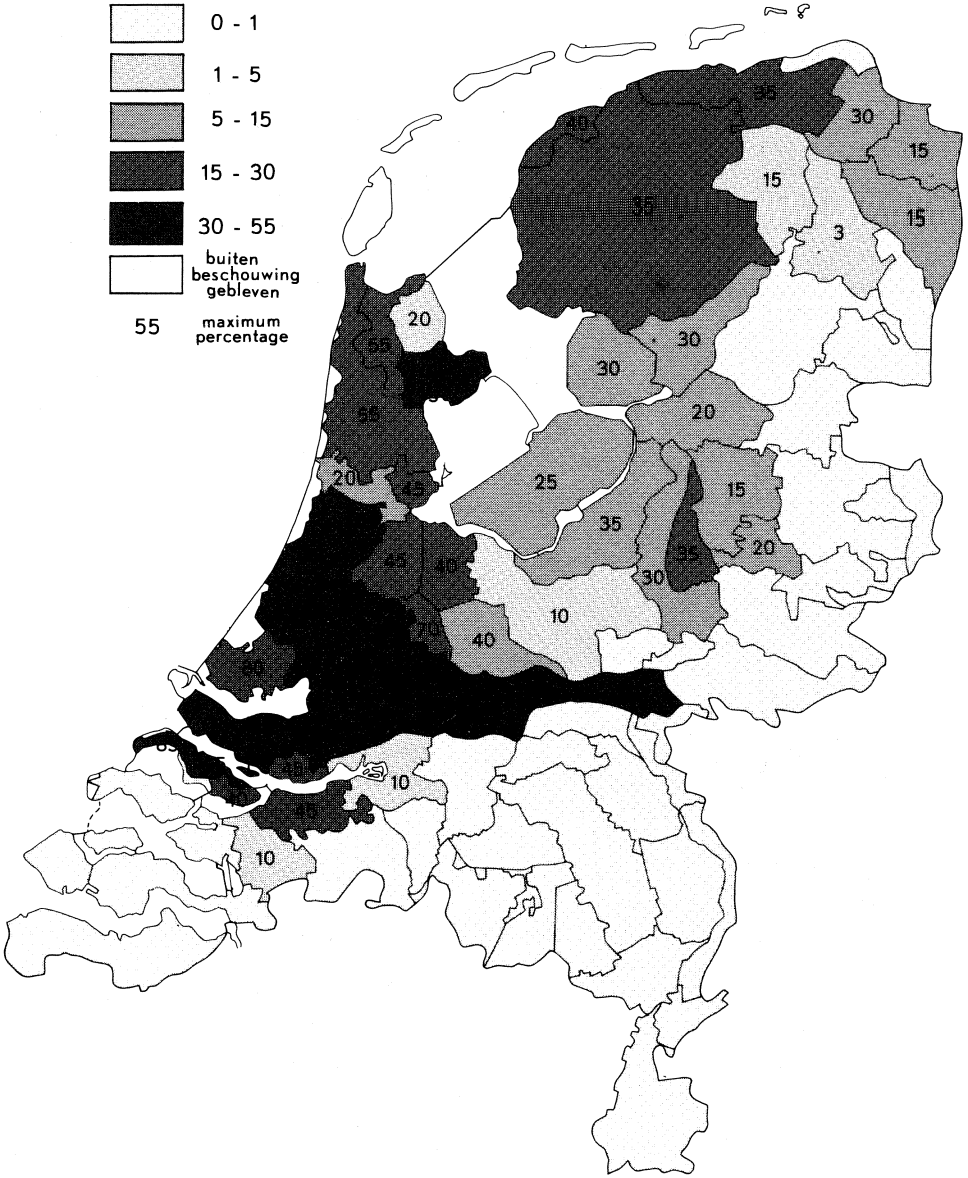
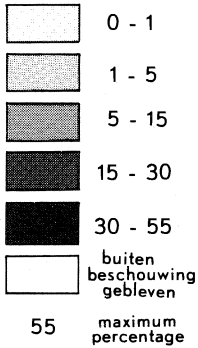
Afhankelijk van de droogtegraad in hydrologische zin kunnen soms hoge percentages gebiedsvreemd water worden verwacht in vooral de lage delen van Nederland.

GEMIDDELD JAAR (situatie 1976)
gemiddeld percentage



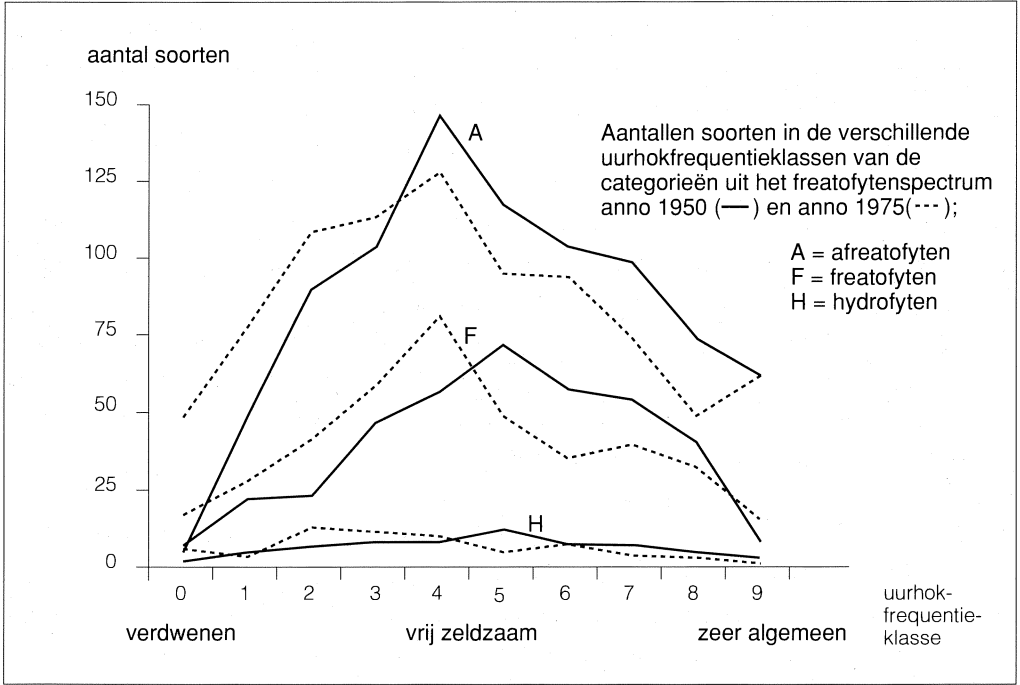
Percentage Rijnwater in het tertiaire systeem (polderwateren e.d.) bij gemiddelde hydrologische omstandigheden; situatie 1976. (bron: RWS)

EXTREEM DROOG JAAR (situatie 1976)
gemiddeld percentage



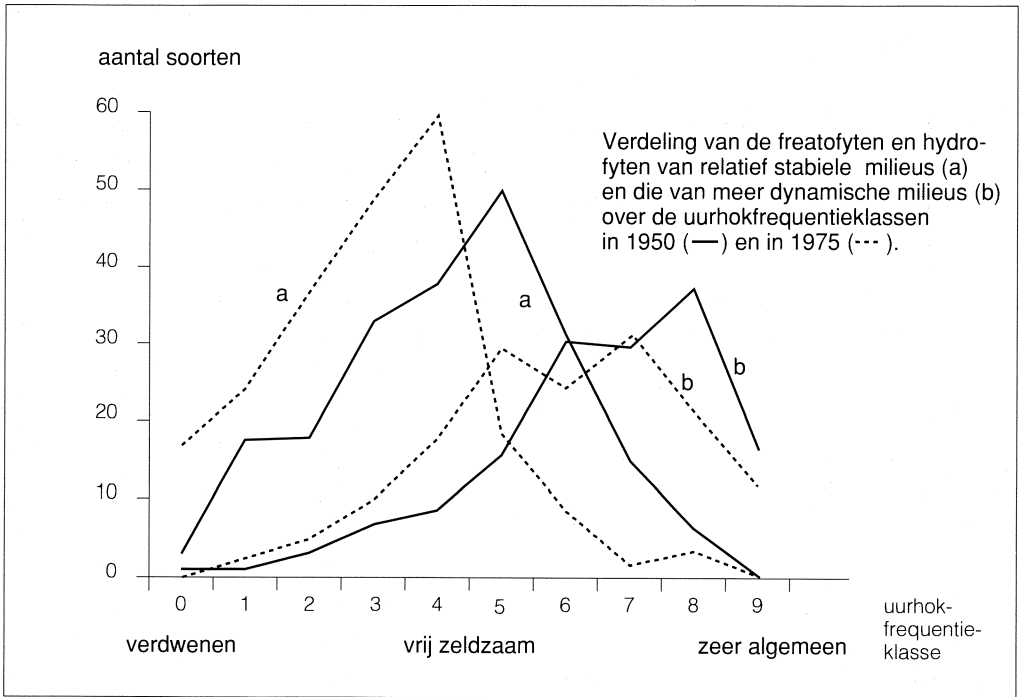
Percentage Rijnwater in het tertiaire systeem (polderwateren e.d.) bij extreem droge hydrologische omstandigheden; situatie 1976. (bron: RWS)

Om een indruk te krijgen van de achteruitgang van plantensoorten, die direct afhankelijk zijn van het grondwater, (freatofyten), de echte waterplanten (hydrofieten) en de planten die onafhankelijk zijn van het grondwater (afreatofyten) is de verdeling van deze groepen over verschillende zeldzaamheidsklassen bepaald voor de jaren 1950 en 1975 (De Molenaar, 1980).



Achteruitgang van plantensoorten over de periode 1950-1975.

Bron: De Molenaar



Achteruitgang van plantensoorten over de periode 1950-1975.

Bron: De Molenaar

Uit een vergelijking van de situatie met betrekking tot zeldzaamheid van deze groepen blijkt dat de Nederlandse flora als geheel in die periode kwantitatief sterk achteruitgegaan is. Zowel de freatofyten van relatief stabiele milieus als die van relatief dynamische milieus zijn achteruitgegaan, en in de relatief stabiele milieus het sterkst. Juist de waardevolle stabiele situaties zijn het meest bedreigd.

De situatie van de vegetatietypen van de vochtige en natte omstandigheden is al niet rooskleuriger. Bijna 80% van de vegetatietypen uit dat milieu is op dit moment bedreigd tot sterk bedreigd. In het recente verleden is bijna de helft van deze typen verdwenen uit de helft van de in 1950 bekende vindplaatsen. Het is niet geheel duidelijk in welke mate verdroging hier de oorzaak is omdat ook de afreatofyten zijn achteruitgegaan. Het is echter zeker een van de veroorzakende factoren.

Momenteel wordt voor alle weidevogels een achteruitgang geconstateerd, zij het dat de situatie voor de ene soort beter is dan voor de andere. De kempphaan dreigt in Nederland te verdwijnen, terwijl ook de tureluur sterk in aantal afneemt. De overige soorten nemen minder snel in aantal af. Oorzaken van de achteruitgang van weidevogels moet in het algemeen worden gezocht in de veranderde bedrijfsvoering in de landbouw (hogere veebezetting, vervroegde maaidatum, bemesting en dergelijke) maar ook in de ontwatering en grondwaterstands daling. Alhoewel ook hier dus nog andere factoren een rol spelen, is er in ieder geval een significant verband met de peilverlaging.

Vergelijking van de weidevogelstand (broedparen) voor en na ingrijpende polderpeilverlaging (Vledders, Oosterwolde, Mastenbroek), respectievelijk ruilverkaveling (Geestmerambacht); globale achteruitgang in procenten afgerond op halve tientallen (De Molenaar, 1980)

Gebied	Vledders	Oosterwolde	Geestmer-ambacht	Mastenbroeker-polder
periode	1960-'73	1958-'72	1969-'74	circa 1940-'60
scholekster	ca. 40*	-	90	-
kievit	80	90	85	} 90
grutto	75	70	85	
tureluur	80	70	90	
kempphaan	-	80	100	-
watersnip	90	100	45	-

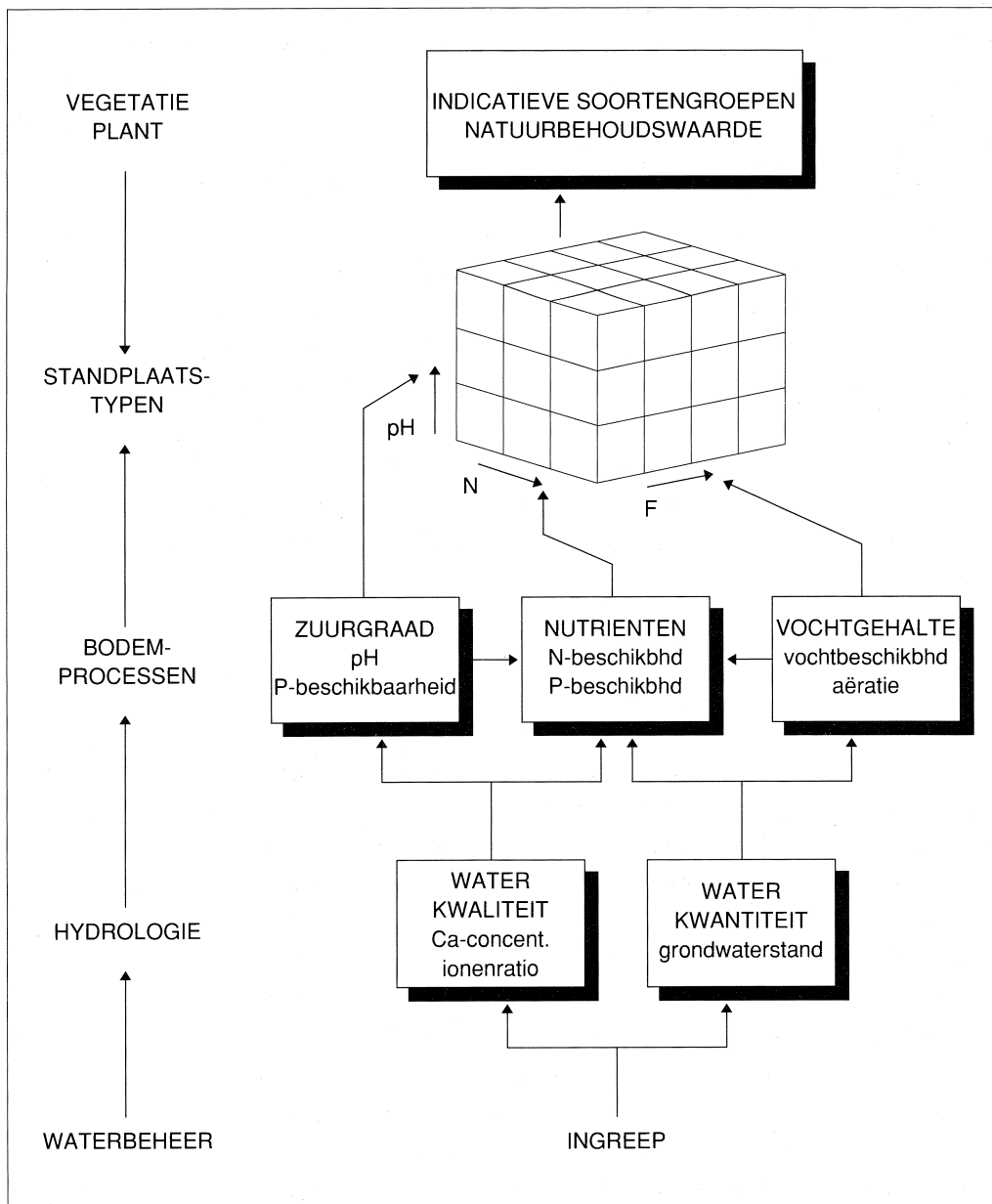
* zeer globaal; geringe dichtheden

Verdroging kan zowel door natuurlijke oorzaken als door menselijke ingrepen ontstaan. De vaak dominante menselijke ingrepen bestaan uit grondwateronttrekkingen voor diverse doeleinden, peilbeheer en afvoerverbetering, veranderingen in het bodemgebruik, kanaalaanleg, kanalisatie, andere infrastructurele werken en mijnbouw. De bijdrage van elk van de mogelijke oorzaken is in de regel moeilijk aan te geven. Sinds ongeveer 50 jaar is de landbouwproductie in Nederland verhoogd door onder andere het uitvoeren van ruilverkavelingen, later landinrichtingsplannen geheten. Een belangrijk aspect daarvan was haast altijd dat de afwatering werd verbeterd. Dit is een belangrijke oorzaak van de relatief grote daling van het grondwaterpeil in de periode 1955-1975. Een andere belangrijke oorzaak is de toename van de grondwaterwinning, in dezelfde periode. Bij grondwateronttrekking treden de grootste verlagingen op het niveau van winning op. De effecten worden naar boven toe uitgedempt. Bij peilverlaging treden ondiep de grootste effecten op en vindt uitdemping naar de diepte plaats.

Voorspellingsmethode

Er wordt thans een voorspellingsinstrument ontwikkeld waarin de verschillende relevante relaties zijn opgenomen. Gekozen is daarbij voor de zogenoemde "stalen"-benadering. Dat houdt in dat voor Nederland representatieve combinaties van bodemtype en vegetatie plus natuurbehoudswaarde worden onderscheiden. Per geval wordt een beschrijving gegeven van de optimale situatie vanuit natuurbehoud en van de veranderde situaties die ontstaan als gevolg van relevante ingrepen in de waterhuishouding. Zowel het verdwijnen als het verschijnen van soorten wordt hierbij meegenomen. Dit instrumentarium is nog in ontwikkeling en kan derhalve nu nog niet worden toegepast.

Daarom is voorshands gekozen voor een globale benadering bestaande uit een vergelijking van de gevoeligheid van gebieden voor verdroging en in de toekomst te verwachten waterhuishoudkundige ontwikkelingen.



Globale opzet van het te ontwikkelen model voor de voorspelling van de toekomstige verdrogingssituatie in Nederland (bron: SWNBL).

Indicatie van de ontwikkelingen bij vastgestelde en extra maatregelen

Grote vooral hoger gelegen delen van ons land (middelhoge zandgronden) kunnen waarschijnlijk als verdrogingsgevoelig worden gekenmerkt. Dit geldt voor de dekzanden, het grondmoreengebied, de duinvalleien, hoog- en laagveen en terrassen. De stuwwallen zijn alleen aan de lager gelegen randen verdrogingsgevoelig.



Verdrogingsgevoelige gebieden in Nederland. (bron: RIVM)

De toekomstige onttrekking van grondwater voor drink- en industriewatervoorziening en beregening in de landbouw kan problemen op gaan leveren voor de verdrogingsgevoelige gebieden, die zich met name in het zuiden en oosten van ons land bevinden.

Er mag derhalve verwacht worden dat de daar reeds aanwezige verdrogingssignalen versterkt zullen worden. Een kwantificering van de omvang van dit effect is nog niet mogelijk.

Er is verder nog een groot aantal landinrichtingsplannen in uitvoering of in voorbereiding. Deze plannen gaan vaak gepaard met aanpassing van de afwatering (graven van meer en diepere sloten, aanpassing van de beken). Dit betekent dat ook in de toekomst gerekend moet worden met een doorgaande daling van het peil van het grondwater, met name in de zandgebieden. Bij dit soort werken wordt echter in toenemende mate rekening gehouden met alle bij het grondwater betrokken belangen. Compenserende maatregelen zullen moeilijk gerealiseerd kunnen worden omdat de kwaliteit van het water een grote rol speelt (inlaten gebiedsvreemd water). Het zal praktisch niet mogelijk zijn om de samenstelling van neerslag en oppervlaktewater terug te brengen tot het natuurlijk niveau. In feite zal gerekend moeten worden met voortdurende aanvoer van eutrofiërende stoffen in voedselarme natuurgebieden. Wederom kan de mogelijke versterking van de reeds aanwezige verdrogingssignalen nog niet gekwantificeerd worden.

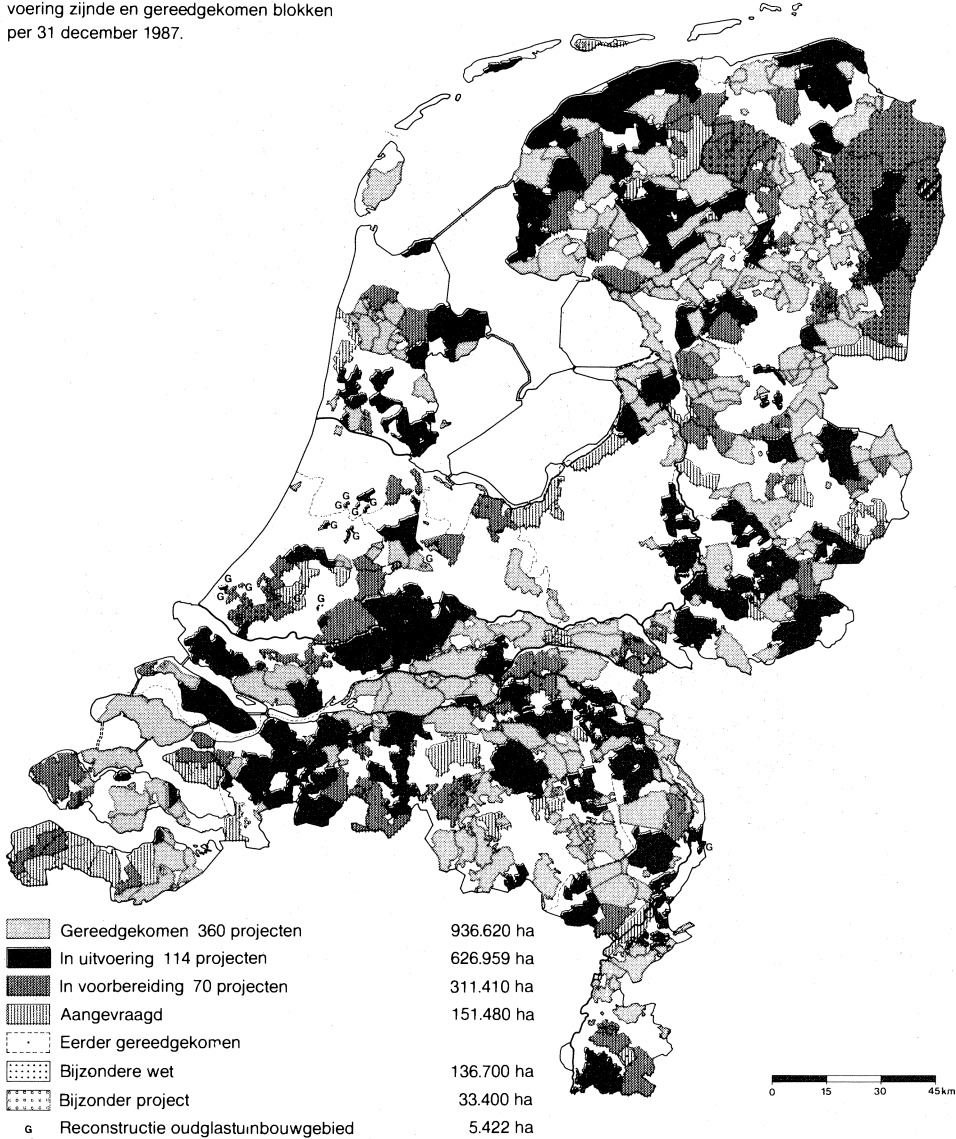
De omvang van voedselarme, natte zure milieus, zoals hoogvenen, heidevennen en natte heide is in het verleden sterk teruggelopen. De nog aanwezige gebieden met deze karakteristiek worden met name bedreigd door afstroming van het grondwater (wegzijging) naar lager gelegen diep ontwaterde landbouwgrond. Voortzetting van de huidige trends levert grote risico's op voor met name de kleine stukjes natte heide en veen en de vennen.

De matig voedselrijke, natte milieus, die worden gevoed door diep grondwater vanuit de hoge delen van Nederland komen nog op relatief grote schaal voor in de contactzone tussen laag en hoog Nederland. Veranderingen in deze gebieden worden met name verwacht door het verminderde aanbod van schoon kwelwater. Er wordt reeds op grote schaal oppervlaktewater ingelaten, hetgeen in de toekomst eerder toe dan af zal nemen. De voortgaande verdroging zal niet alleen kunnen leiden tot verandering van "natte" in "droge" ecotopen, met vrijwel geheel andere vegetaties, maar ook tot verkleining van het resterende areaal van de natte ecotopen. Areaalverkleining kan uiteindelijk ook tot het volledig verdwijnen van plant- en dierpopulaties leiden en vermindert daarmee de mogelijkheden tot herstel.

Zowel onder gemiddelde als onder extreme hydrologische omstandigheden is een toename van de hoeveelheid gebiedsvreemd water te verwachten ten opzichte van de huidige situatie. Er zijn derhalve versterkte ecologische effecten te verwachten die echter nog niet gekwantificeerd kunnen worden.

Landinrichting in Nederland

Ligging van de aangevraagde, in voorbereiding en in uitvoering zijnde en gereedgekomen blokken per 31 december 1987.

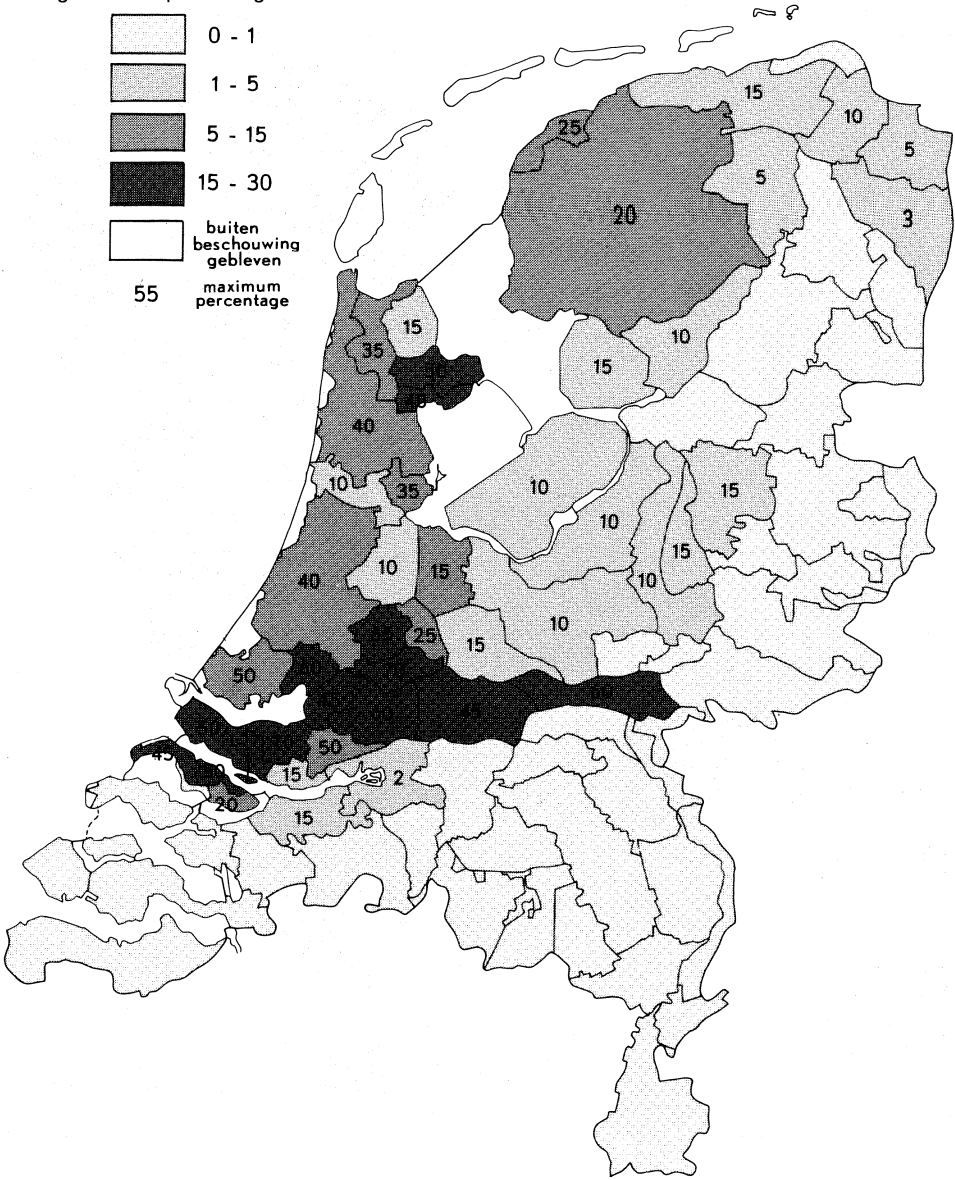
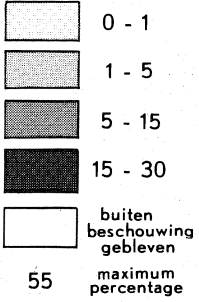


Landinrichtingsdienst

In uitvoering of voorbereiding verkerende landinrichtingsplannen in Nederland.

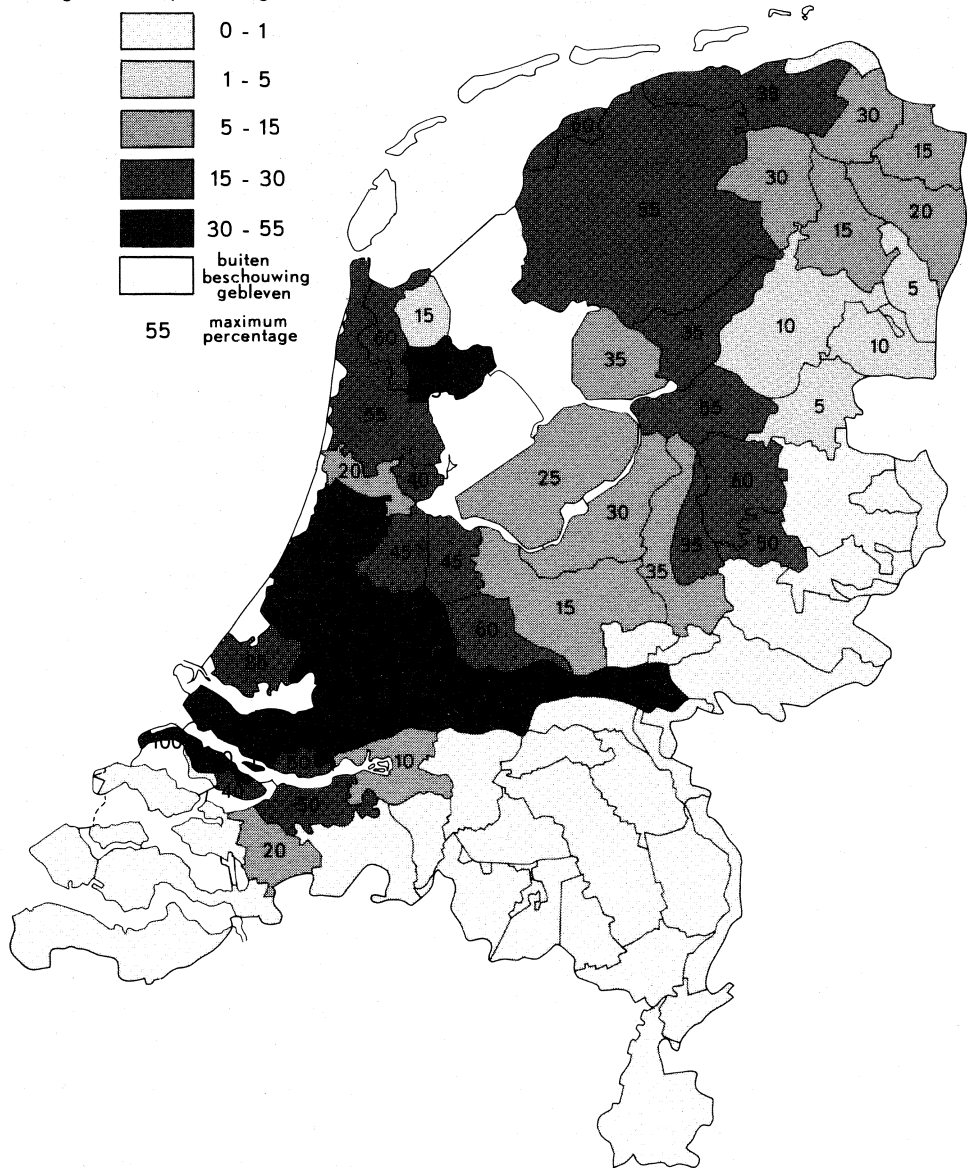
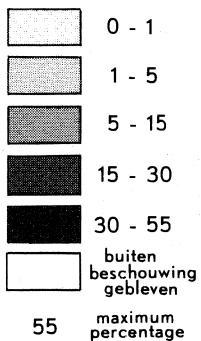
GEMIDDELD JAAR, situatie 1990 bij vastgestelde maatregelen

gemiddeld percentage



Percentage Rijnwater in het tertiaire systeem bij gemiddelde hydrologische omstandigheden; situatie 1990 bij vastgestelde maatregelen. (bron: RWS)

EXTREEM DROOG JAAR , situatie 1990 bij vastgestelde maatregelen
 gemiddeld percentage



Percentage Rijnwater in het tertiaire systeem bij extreem droge hydrologische omstandigheden; situatie 1990 bij vastgestelde maatregelen. (bron: RWS)

In het voorgaande is vooral een kwalitatief beeld geschetst van de gevolgen van verdroging en het inlaten van gebiedsvreemd water. Het lijkt erop dat, ondanks dat de gevolgen van verdroging momenteel nog niet gekwantificeerd kunnen worden, maatregelen nodig zijn. Daarbij kan onderscheid gemaakt worden in brongerichte en effectgerichte maatregelen.

Mogelijke bron- en effectgerichte maatregelen om de nadelige effecten van grondwateronttrekking en het inlaten van gebiedsvreemd water tegen te gaan.

BRONGERICHTE MAATREGELEN

EFFECT GERICHTE MAATREGELEN

* Beperking van het waterverbruik	* Waterconservering, door bufferen
* Reservering van grondwater voor hoogwaardige gebruiksfuncties	van neerslagwater door inundatie of van kwelwater
* Optimalisatie van grondwaterwinning naar plaats en hoeveelheid	* Beperken of kwaliteitsverbetering van de inlaat van gebiedsvreemd water
* Optimalisatie van peilverlaging in het kader van landinrichtingsplannen	* Het realiseren van hydrologische isolatie

Het effectueren van dergelijke maatregelen zou kunnen plaatsvinden door een gebiedsgerichte benadering.

Er bestaan plannen voor regeneratie van natte duinmilieus. Vanwege de relatief zelfstandige hydrologische positie hebben regeneratieplannen hier een redelijke kans van slagen. In de rest van Nederland zijn de mogelijkheden voor regeneratie veel geringer, mede door de hydrologische verwevenheid van de ecosystemen met de omringende cultuurgronden. Door het voortgaande peilbeheer en door grondwateronttrekking dreigt de voor de desbetreffende ecosystemen nog beschikbare buffer aan voedselarm grondwater af te nemen. Beschermings- en regeneratiemaatregelen kunnen wel zorgen dat het natte karakter bewaard blijft, maar kunnen vaak niet voorkomen dat het voedselarme zwak zure tot basische karakter verloren gaat.

Het is in principe mogelijk om de nog resterende kleine stukjes natte heide en veen en de vennen (voedselarm, natte zure milieus) te beschermen en zelfs te regenereren. Dit vereist echter investeringen in isolatiemaatregelen en/of het aanwijzen van toereikende bufferzones, waarin beperkingen aan ontwatering en grondwateronttrekking worden opgelegd.

6.5 Verwijdering van afvalstoffen

Afvalstoffen kunnen ontstaan door drie oorzaken. Productie en consumptie van goederen en diensten zijn de eerste twee oorzaken. De derde categorie afval vormt het zogenaamde saneringsafval. Dit afval ontstaat in de eerste plaats bij de verwerking van consumptief en productief afval, waarbij de verwerking is gericht op volumereductie van de stroom (slak en vlieg-as bij verbranding) of op het voorkomen van emissies (elektrofilteras en slib van rioolwaterzuivering). Kenmerk van deze stromen is dat potentieel verontreinigde stoffen in min of meer geconcentreerde vorm in die verwerkingsresiduen aanwezig zijn. Het saneringsafval ontstaat ook als de verontreiniging reeds heeft plaatsgevonden en men verdere voortgang van de verontreiniging onwenselijk acht (bodemsanering, baggerspecie).

De verwerking van afvalstoffen is erop gericht verontreinigingen van het milieu zoveel mogelijk in te dammen. De verwijderingsactiviteit leidt echter onvermijdelijk tot een zekere mate van verontreiniging, dan wel kansen daarop. Immers, het afval is een smeltkroes van ettelijke prioritaire stoffen welke voor een deel verspreid worden en voor een deel geconcentreerd worden in residuen, die op hun beurt weer verwijderd moeten worden. Bovendien is het zo dat veel afvalstoffen worden gestort en derhalve ruimte innemen. Ruimtebeslag wordt in dit verband gerekend tot het ruime begrip milieubelasting. De indruk bestaat dat ruimtebeslag één van de grote knelpunten in de verwijdering van afvalstoffen zal gaan worden (VROM, 1988).

Het ruimtebeslag wordt daarom als de primaire maat voor de omvang van het verwijderingsprobleem gekozen. Dit ruimtebeslag kent twee vormen; namelijk ruimte die nodig is voor het storten van niet-verwerkbare afvalstoffen en ruimte die wordt ingenomen door verontreinigde bodems. Daarnaast wordt voor enkele prioritaire stoffen de omvang van de emissies als gevolg van de verwijdering van afvalstoffen aangegeven. Het gaat dan vooral om persistente stoffen zoals metalen, PCB's en dioxinen en furanen. Deze emissiegegevens zijn gebruikt bij de eerdere behandeling van verspreiding op regionale schaal.

Radioactief afval is een hoofdstuk apart. Hier speelt het volumeprobleem vrijwel geen rol maar vormt de aard van het afval, met name bij bestraalde splijtstof en geactiveerde constructiematerialen uit kernreactoren, het specifieke probleem. Hierdoor worden er hoge eisen gesteld aan bovengrondse faciliteiten voor interimopslag en de toekomstige geologische formaties die gebruikt kunnen worden voor de eindopberging van langlevend radioactief afval (onder andere transuranen, actiniden).

Bij het radioactieve afval wordt, op grond van het dosistempo bij het oppervlak van de verpakkingseenheid, onderscheid gemaakt tussen drie categorieën afval: LAVA (laagactief), MAVA (middelactief) en HAVA (hoogactief). Onder het HAVA valt ook het warmteproducerende kernsplijtingsafval (KSA), dat wil zeggen bestraalde splijtstofelementen of het na opwerking hiervan ontstane verglaasde afval. Het onderzoek naar de voor Nederland meest geschikte eindopberging is nog niet afgerond. In feite is er momenteel nog nergens ter wereld ervaring opgedaan met de eindopberging van HAVA.

Huidige situatie

Primaire stromen

In Nederland komt naar schatting jaarlijks 110 miljoen ton aan afvalstoffen vrij (VROM, 1988). Baggerspecie vormt daarvan met 60 miljoen ton het grootste deel. Deze hoeveelheid wordt hoofdzakelijk elders in het water afgezet. De verwerking van de resterende stromen vindt, baggerspecie niet meegerekend, voor het grootste deel plaats door hergebruik. Dit hergebruik wordt vooral ingegeven door economische factoren. Het mestoverschot is reeds eerder aan de orde geweest.

Schatting van de hoeveelheden afvalstoffen en verwerkingswijzen in 1986 in 1000 ton

Categorie	Totaal	Storten	Verbranden	Div.	Hergebr. nuttige toepassingen
Huishoudelijk afval	5000	2600	1700		700
Grof huisvuil	700	450	200		50
Kantoor/winkel en diensten afval	1800	1100	400		300
Veegafval, marktafval	1400	1200	100		100
Plantsoenafval, drijfafval					
Bagger en putmoder					
Zuiveringsslib	6000	2000	100		4000
Bouw en sloopafval	7500	4200	100		3200
Autowrakken	500	100			400
Autobanden	50	30			20
Industrieafval	15000	3700	300		11000
Fosforgips	2000			2000	
Ziekenhuisafval	150	70	80		500
Verbrandingsresten kolen centrales	530	30			500
Chemisch afval-afgewerkte olie	1100	100	230	770*	
Baggerspectie	60000			60000	
Mestoverschot	10000			10000	
Verontreinigde grond	500	225			275
Totaal (afgerond)	110000	16000	3000	73000	20000

* Diverse methoden hergebruik + in eigen beheer verwerkt

Met uitzondering van mest en baggerspecie resteert na aftrek van het hergebruik ongeveer 19 miljoen ton. Daarvan wordt ruim 80% gestort. Hiervoor is thans ongeveer 160 ha per jaar nodig. De huidige milieubelasting van de verwijdering van afvalstoffen is mede afhankelijk van de samenstelling van de afzonderlijke stromen. Hiervoor kan slechts een zeer globale schatting worden gegeven omdat nauwkeurige informatie over de samenstelling van de vele stromen niet aanwezig is. Als een minimum schatting is nagegaan welke hoeveelheden zware metalen, EOCL en PAK's in een aantal stromen aanwezig is met uitzondering van mest en baggerspecie.

Van veel stromen is de concentratie van de aanwezige verontreinigingen niet bekend.

Hoeveelheden koper, lood, zink, chroom (IV), kwik, arseen, PAK's en EOCL in een aantal primaire afvalstromen als minimum schatting van de totaal aanwezige hoeveelheid in 1985 in ton.

Afvalstromen	Arseen	Cadmium	chroom (VI)	EOCL	PAK's	Koper	Kwik	Lood	Zink
Afgewerkte olie	-	-	-	220	110	-	-	165	55
Aktief kool (vloei-st. zuiv)	1,2	-	-	15	0,2	0,5	0,3	-	-
Shredderafval	2,0	3,3	-	-	-	560	0,4	231	-
Autowrakken	-	6,0	-	-	-	1000	-	1650	2000
Baggerspecie (KL I)	-	24,0	-	4,8	-	240	4,8	-	1440
Baggerspecie (KL III)	-	39,6	-	3,3	-	451	3,3	-	2200
Baggerspecie (KL IV)	17,4	14,5	58,0	8,7	-	232	11,6	174	1450
Bestrijd.midd.land-tuinbouw	3,0	-	-	35,1	-	-	-	-	-
Drinkwaterslib	46,5	0,4	7,5	-	-	55,5	-	5,2	54
Jarosiet	260	65,0	-	-	-	65	1,3	3900	2600
Batterijen	-	6,4	-	-	-	24	12,0	200	700
Kunststofafval	-	25	-	-	-	-	-	225	-
Metallurgisch afval Pb en Sn	75	30	-	-	-	262	-	300	120
Ontinkings-slib	0,5	-	-	5,5	-	4,4	-	2,2	13,7
Slak verbr.huish.afval	2,0	4,7	-	-	0,3	992	-	907	1485
Verpakkingsafval huish.	3,1	11,7	-	-	-	34,3	-	163	109
Verfafval; algemeen	0,1	-	11,0	-	-	2,3	-	53	77
Verfafval; spuitafval	-	0,2	22,5	-	-	40,4	-	115	517
Vlieg-as verbr.huish.afv.	1,7	13,6	-	-	-	40,8	-	340	925
Vlieg-as steenkoolverbr.	30,6	3,1	30,6	-	-	92,0	-	46	123
Verontreinigde grond	0,1	0,1	-	2,4	2,6	5,0	-	13	48
Huishoudelijk afval	15,0	22,5	-	-	-	362	10,0	987	2150

Zink neemt daarin een overheersende positie in met zo'n 20.000 ton. Daarna volgen lood, koper en arseen met respectievelijk 10.000, 5000 en 500 ton. Alle andere genoemde stoffen liggen beneden een hoeveelheid van 300 ton. Deze stoffen kunnen vrijkomen bij de verwerking van de afvalstoffen. Bij het verbranden van afvalstoffen treden emissies naar de lucht op doch een groot deel van de verontreinigingen komt terecht in de verbrandingsresiduen. Bij het storten treden langzaam verlopende emissieprocessen op naar water en/of bodem door het uittredende percolatiewater.

Emissie van enkele zware metalen bij de huidige afvalverbranding en bij de huidige stortplaatsen via het percolatiewater

	Emissie naar de lucht bij afvalverbranding	Emissie naar water en bodem in ton/j huidige stortplaatsen
Kwik	2,9	0,2
Cadmium	0,7	0,2
Koper	1,1	0,2
Lood	15,7	0,4

Ruwweg kan gesteld worden dat per jaar van het gestorte huishoudelijke en bedrijfsafval minder dan 0,1% van de zware metalen de stortplaats verlaten met het percolatiewater. Minder dan 10% van de zware metalen worden bij verbranding geëmitteerd naar de lucht. Voor het overige worden zij gebonden aan assen en slakken. Een uitzondering hierop wordt gevormd door kwik waarvan zich minder dan 10% per jaar in het percolatiewater van stortplaatsen bevindt en ongeveer 50% bij verbranding naar de lucht geëmitteerd wordt.

Bij verbranding kunnen PCB's uit het afval vrijkomen die in het verbrandingsproces niet vernietigd worden. Ook worden toxische dioxinen en furanen gevormd. Op grond van thans beschikbare meetgegevens van verbrandingsinrichtingen kan geschat worden dat door afvalverbranding circa 60 kg dioxinen en furanen per jaar ontstaan. Het grootste deel daarvan komt terecht in de verbrandingsresiduen en wel in het bijzonder in de vliegashouding die voor een belangrijk deel door een elektrofilter wordt afgevangen. Ongeveer 10 kg per jaar wordt via de schoorstenen in de lucht geëmitteerd. Van de dioxinen en furanen is het 2,3,7,8 tetrachloor dioxine het giftigst. Door de toxische eigenschappen van de andere dioxinen en furanen uit te drukken in de giftigste kan een equivalenten berekening worden gemaakt. Dit leidt er toe dat door afvalverbranding thans 0,2 kg per jaar aan equivalenten van 2,3,7,8 TCDD naar de lucht geëmitteerd wordt. Naar het zich laat aanzien is afvalverbranding thans de belangrijkste bron van dioxinen en furanen.

Er zijn emissiereducerende maatregelen mogelijk doch deze worden bij de huidige stortplaatsen en verbrandingsinrichtingen slechts in beperkte mate toegepast. Ook hergebruik van afvalstoffen kan tot milieubelasting aanleiding geven. De omvang hiervan is met de huidige beschikbare gegevens echter niet aan te geven.

Baggerspecie

De hoeveelheid baggerspecie in Rijkswateren wordt in totaal geschat op 100 miljoen m³ waarvan 5 miljoen m³ tot de meest verontreinigde klasse IV behoort. Ook in de binnenwateren zou volgens schattingen van TNO nog sprake zijn van 2 tot 3 miljoen m³ klasse IV. Om nautische redenen zal in ieder geval gebaggerd worden in het benedenrivierengebied waaronder de Rotterdamse haven. Daar zal ongeveer 1,2 miljoen m³ klasse IV vrijkomen, die wordt geborgen in de Papagaaiebek.

Radioactiefafval

Momenteel wordt op de locatie Zijpe alleen LAVA en MAVA in behandeling genomen. Het verzamelde vaste afval wordt, gemengd met betonmortel, door persen in volume gereduceerd en vervolgens in stalen vaten verpakt. Hierbij komt vrijwel geen radioactiviteit vrij. Vloeibaar afval wordt gescheiden in een anorganische en een organische fractie. De hoeveelheden vluchtige radionucliden, zoals H-3, I-125 en I-131, die hierbij vrij komen zijn gering. De organische fractie wordt, in afwachting van een toekomstige verbrandingsinstallatie, voorlopig opgeslagen. In de anorganische fractie worden de radioactieve bestanddelen via precipitatieprocessen afgescheiden. Het precipitaat wordt als vast afval verwerkt. Het resterende afvalwater wordt in de Noordzee geloosd. Volgens een rapport van de Gezondheidsraad bedraagt deze hoeveelheid jaarlijks ca. 0,2 TBq en bestaat voor 94% uit H-3 (COVRA, 1987^a). Bij de opslag zelf komt een geringe hoeveelheid H-3 vrij. Een deel hiervan wordt, door het kunstmatig laag houden van de relatieve vochtigheid in de opslagruimte, weer opgevangen via het condenswater. In 1986 bedroeg deze hoeveelheid tritium 20 MBq (COVRA, 1987^b).

Na bewerking van het radioactieve afval resteert jaarlijks ca. 700 m³ afval met een totale activiteit van ca. 10 TBq. De totale hoeveelheid opgeslagen afval bedroeg eind 1986 ca. 2000 m³ met een activiteit van 35 TBq. H-3 (64%), Co-60 (27%) en Cs-137 (5%) leveren de grootste activiteitsbijdrage (COVRA, 1987^b).

Sinds de in bedrijfname van de Nederlandse kerncentrales wordt de opgebrande splijtstof opgewerkt in de installaties in Frankrijk en Engeland, waarbij het ontstane afval voorlopig aldaar wordt opgeslagen. In het begin van de jaren negentig lopen de bestaande opwerkingscontracten af en is Nederland contractueel verplicht het eigen HAVA (incl. KSA) terug te nemen. In afwachting van de toekomstige mogelijkheden voor eindopberging, in Nederland zelf of elders ter wereld, wordt een centraal opslagterrein, waarschijnlijk in de gemeente Borssele, ingericht voor de bovengrondse interimopslag van alle soorten radioactief afval. De beschikbare ruimte op dit terrein moet voldoende zijn om al het afval van de komende 50-100 jaar op te kunnen slaan.

Voorspellingsmethode

Allereerst wordt een differentiaal stromen onderscheiden waarop de afvalverwijdering primair gericht is. Belangrijk gegeven voor het antwoord op de vraag hoe het met de milieubelasting door deze stromen in de toekomst (2010) is gesteld, is de hoeveelheid die van een bepaalde stroom kan worden verwacht. Gemakshalve wordt ervan uitgegaan dat de samenstelling van de stromen ongeveer hetzelfde blijft. Inschatting van die ontwikkeling is met een voldoende mate van betrouwbaarheid niet mogelijk. Verondersteld is een lineaire relatie van de stromen met de economische groei in volumina. Dit is een sterk vereenvoudigde veronderstelling leidend tot de conclusie dat de hoeveelheden in 2010 niet meer dan een indicatieve betekenis hebben. De hoeveelheden zuiveringsslib zijn afgeleid van de zuiveringstechnische maatregelen die bij de vermessing en verspreiding op fluviaal niveau zijn behandeld. Het defosfateringsslib is hierin begrepen. De hoeveelheden autowrakken- en banden zijn afgeleid van het verkeersscenario. Voorts is verondersteld dat tot 2010 het hergebruik van specifieke afvalstromen procentueel gelijk is aan het huidige hergebruik. De hoeveelheden fosforgips, baggerspecie, mestoverschot, verontreinigde grond en radioactief afval zijn daarin niet begrepen. Fosforgips betreft een lozing naar het water en blijft daarom buiten beschouwing.

Toekomstige hoeveelheden afvalstoffen geschat op basis van een lineaire relatie met de economische groei in volumina dan wel afgeleid van andere scenario-gegevens.

Afvalstof	Hoeveelheid 1985		Index	Hoeveelheid 2010	
	in mln ton			in mln ton	
	Totaal	Te verwerken		Totaal	Te verwerken
Huishoudelijk afval	5.0	4.3	143	7.2	6.2
Grof huisvuil	0.7	0.65	143	1.0	0.95
Kantoor-, winkel-, dienstenaafval	1.8	1.5	161	2.9	2.4
Veeg- en marktafval	1.4	1.3	100	1.4	1.3
Bouw- en sloopaafval	7.5	4.3	131	9.8	6.0
Industrie-afval	15.0	4.0	150	22.5	6.0
Zuiveringsslib	0.4	0.0	-	0.6	0.6
(als droge stof)					
Autowrakken	0.5	0.1	-	0.65	0.13
Autobanden	0.05	0.03	-	0.09	0.05
Verbrandingsresiduen (centrales)	0.53	0.0	-	3.00	0.0
Ziekenhuisafval	0.15	0.15	100	0.15	0.15
Chemisch afval	1.0	0.33	100	1.0	0.49
Totaal	34.9	16.7		50.3	23.4

Voor de 13 primaire stromen zal de afvalverwijdering te maken krijgen met een stijgende hoeveelheid te verwerken afval van ruim 17 miljoen ton in 1985 tot ruim 23 miljoen ton in 2010. Het hergebruik stijgt met ruim 6 miljoen ton naar bijna 27 miljoen ton per jaar in 2010. De te baggeren hoeveelheden worden afgeleid uit de ontwikkelingen met betrekking tot de kwaliteit van de onderwaterbodem. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in baggerwerk om nautische en om milieuhygiënische redenen. De bodemsanering is een budget operatie zodat de hoeveelheden te verwerken en te storten grond rechtstreeks uit het beschikbare budget kan worden afgeleid. Mestverwerking is reeds eerder besproken. De hoeveelheden radioactief afval zijn vooral afhankelijk van de inzet van kernenergie. Aangenomen wordt dat geen uitbreiding van de toepassing van kernenergie zal plaats vinden.

Ontwikkelingen bij vastgestelde maatregelen

Primaire stromen

Het is niet strikt te definiëren welke maatregelen zijn vastgesteld. De minst vergaande aanname is dat de verwerkingsmethodieken en de mate van hergebruik hetzelfde zullen zijn als thans het geval is. Alleen voor zuiveringsslib wordt een uitzondering gemaakt, omdat nu al vaststaat dat hergebruik van slib in de landbouw binnenkort tot het verleden zal behoren. De hoeveelheid zal derhalve gestort moeten worden. Uitbreiding van de verbrandingscapaciteit zal dan niet optreden, zodat 3 miljoen ton per jaar verbrand blijft worden.

Jaarlijks zal dan in 2010 ruim 21 miljoen ton gestort moeten worden met inbegrip van verbrandingsresiduen. Daarbij is verondersteld dat geen nat, doch ontwaterd slib wordt gestort. Hiervoor is jaarlijks 220 ha stortruimte nodig. Cumulatief in de tijd leidt dit in de periode 1985 tot 2010 tot een benodigde stortruimte van in totaal 4500 ha bij een storthoogte van 10 meter. Het hergebruik bedraagt bijna 27 miljoen ton per jaar in 2010.

De milieubelasting van zo'n verwerkingsstelsel zal in grote lijnen dezelfde blijven als thans het geval is.

Volumereductie van het afval door middel van verbranden om het storten te beperken kan echter als een min of meer vastgestelde maatregel worden beschouwd. Storten zou alleen nog mogen worden toegestaan voor die afvalstoffen waar niets anders mee gedaan kan worden. Van elke afvalstroom is in principe bekend welk gedeelte als brandbaar kan worden aangemerkt. Dit leidt tot ongeveer 13 miljoen ton in 2010 te verbranden afval. (VROM, 1988).

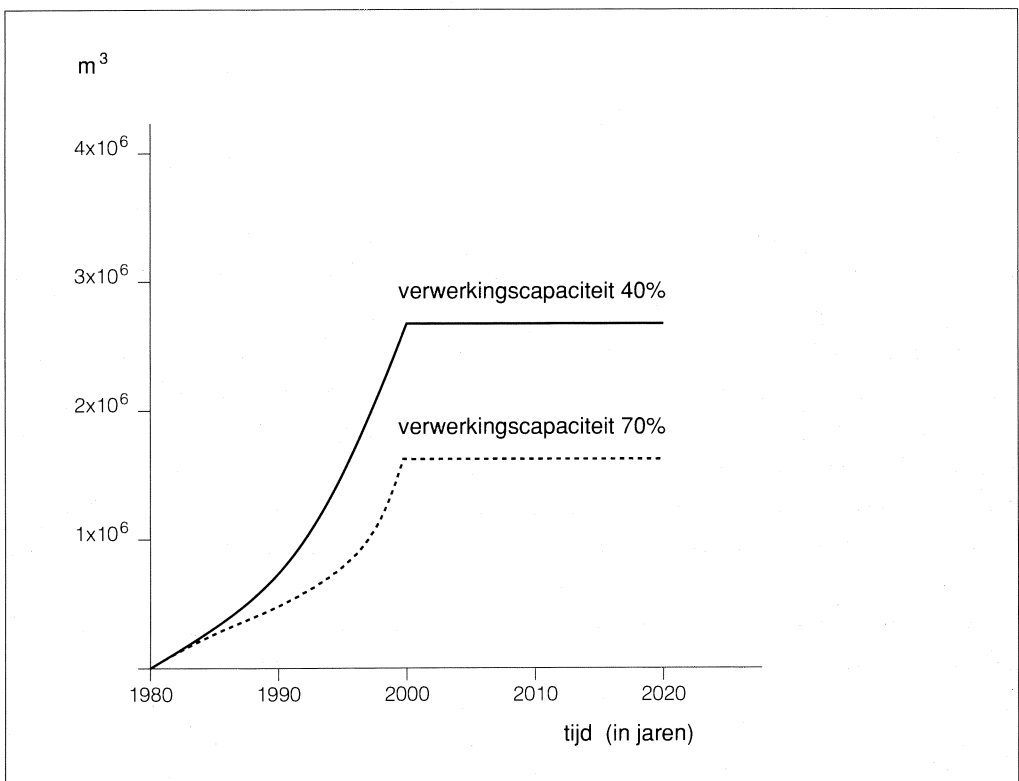
De hoeveelheden afvalstoffen in miljoen ton die in principe in 2010 verbrand kunnen worden.

Afvalstof	Brandbare fractie in %	Te verbranden in mln ton in 2010
Huishoudelijk afval	100	6.2
Grof huisvuil	50	0.5
Veeg- en marktafval	100	1.3
Bouw- en sloopafval	10	0.6
Industrie-afval	17	1.0
Kantoor-, winkel-, dienstenaafval	100	2.4
Autowrakken, autobanden	100	0.1
Zuiveringsslib	100	0.6
Ziekenhuisafval	100	0.1
Chemisch afval	23	0.2

Het ruimtebeslag betreft het storten van die delen van de stromen die niet brandbaar zijn en de residuen van verbranding. Van de beschouwde stromen zal in 2010 nog ongeveer 11 miljoen ton moeten worden gestort. Daarbij komen nog de residuen van de verbranding van in totaal ruim 3,5 miljoen ton. Verondersteld is dat het percentage slak en vliegias dat bij verbranding vrijkomt op het niveau ligt van huishoudelijk- en vergelijkbaar afval, zijnde slak 26% en vliegias 2,6% met een stortgewicht van 0,85 ton /m³. Totaal zal derhalve nog 14 miljoen m³ moeten worden gestort. Tot 2010 is dan in totaal 3500 ha stortruimte nodig hetgeen ruim 10% minder is dan bij een ongewijzigd verwerkingssysteem. Hoewel de te verbranden hoeveelheid ruim verviervoudigt zal de emissie naar de lucht belangrijk dalen door rookgasreiniging en het in gebruik nemen van modernere installaties. De thans in Nederland in bedrijf zijnde verbrandingsinstallaties zijn oudere typen waarin niet altijd onder optimale verbrandingscondities wordt gewerkt. In nieuwe of verbouwde installaties kunnen de emissies belangrijk gereduceerd worden. Voor dioxinen en furanen worden bijvoorbeeld reducties van meer dan 80% genoemd. Gebruik van rookgasreiniging leidt er uiteraard toe dat de verontreiniging verplaatst wordt naar de residuen die bij reiniging ontstaan. Voorzieningen bij stortplaatsen zoals isolatie en reiniging van percolatiewater beperken de emissie naar water en bodem.

Bodemsaneringsafval

Voor de bodemsanering wordt ervan uitgegaan dat 1600 verontreinigingsgevallen gesaneerd zullen worden tot 2010 waarvan een 30-tal omvangrijke saneringen. Hierbij wordt per geval gemiddeld respectievelijk 3000 m^3 en 25.000 m^3 grond ontgraven bij een beschikbare reinigingscapaciteit van 400.000 ton per jaar. Er is voorts verondersteld dat 500.000 m^3 tijdelijke opslagcapaciteit beschikbaar is en de helft van de jaarlijkse reinigingscapaciteit aan bedrijfsgebonden opslag aanwezig is. Afhankelijk van het percentage verontreinigde grond die verwerkt kan worden leidt dit tot een cumulatief benodigde opslagcapaciteit van 1,5 tot 3 mln m^3 tot 2000.



Cumulatief benodigde opslagcapaciteit van verontreinigde grond bij de voorgenoemde bodemsaneringsoperatie bij verwerkingscapaciteiten van 40 en 70% van de aangeboden hoeveelheid.

Bron: RIVM

Baggerspecie

Zoals eerder gebleken is wordt het zich afzettende sediment schoner en dekt vuiler eerder afgezet sediment af. Aangenomen wordt dat geen baggerwerk om milieuhygiënische redenen zal worden uitgevoerd, zolang de risico's door praktijkmetingen niet zijn aangetoond. Dit betekent dat de berging van de

huidige jaarlijkse hoeveelheid van 1,2 miljoen m³ om nautische redenen gebaggerde specie gewoon voortgaat.

Ontwikkelingen bij extra maatregelen

Extra hergebruik en verbranden primaire stromen

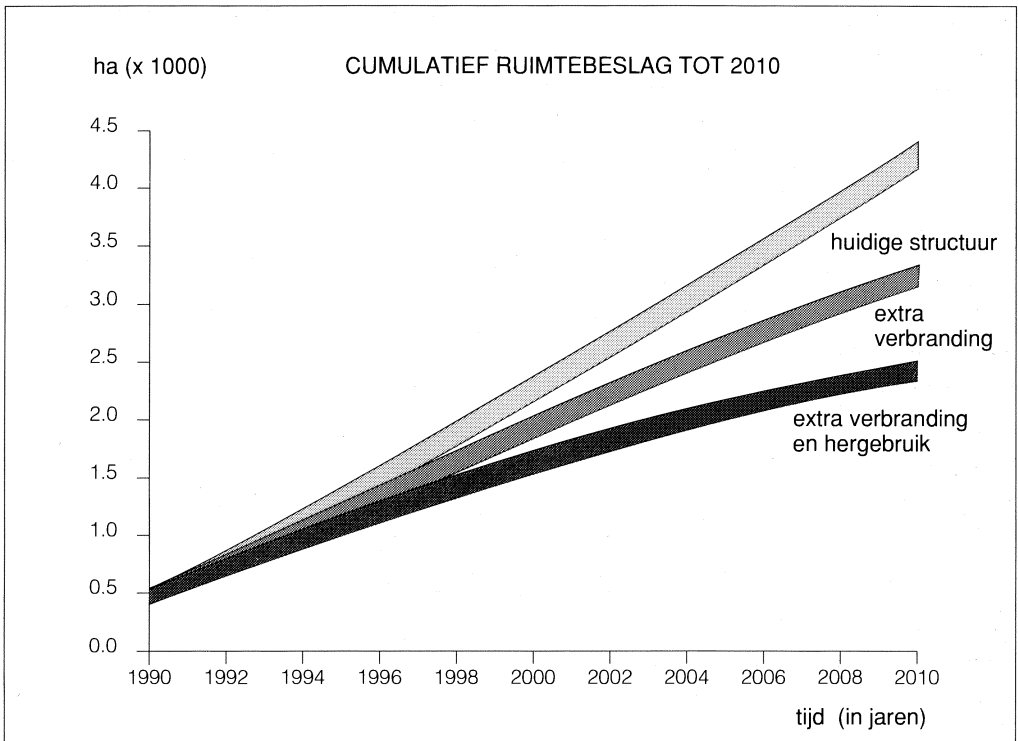
Om een verdergaande vermindering van het ruimtebeslag te bewerkstelligen, zullen preventie en hergebruik versterkt moeten worden. Onder preventie wordt hier verstaan het voorkomen dat afval ontstaat. Hergebruik is gericht op het nuttig toepassen van ontstane afvalstoffen in hetzelfde of een ander proces.

Het voorkomen en hergebruik van afval geschiedt op dit moment vaak op vrijwel uitsluitend economische gronden. Daarmee wordt in de eerste plaats een kwantitatief doel gediend. Bij preventie kan mede sprake zijn van een kwalitatief doel, dat wil zeggen voorkomen dat bepaalde milieugevaarlijke stoffen vrijkomen. Indien een ander proces of een andere grondstof minder (gevaarlijk) afval levert en de kosten van de verandering worden goedge maakt door de besparing op de verwijderingskosten dan begint preventie aantrekkelijk te worden.

Her te gebruiken, te storten en te verbranden hoeveelheden afvalstoffen in 2010 bij intensivering van het hergebruik.

	Totaal	Hergebruik	Verbranden	Storten
Huishoudelijk afval	7,2	3,3	3,9	-
Grof huisafval	1,0	0,5	0,5	-
Veegvuil/marktafval	1,4	0,1	1,3	-
Kantoor/winkel/diensten	2,9	0,72	2,18	-
Industrieafval	22,5	17,5	1,0	4,0
Slib (drooggewicht)	0,61	-	0,53	0,08
Bouw- en sloopafval	9,8	7,8	0,2	1,8
Chemisch afval	1,0	0,67	0,23	0,1
Ziekenhuisafval	0,15	-	0,15	-
Autowrakken	0,65	0,52	0,13	-
Autobanden	0,09	0,04	0,05	-
Residuen afvalverbranding		1,2	-	1,7
Verbrandingsresiduen en centrales	3,0	3,0	-	-
Totaal	50,3	35,3	10,2	7,7

Hetzelfde geldt voor hergebruik. In principe levert hergebruik secundaire grondstoffen, welke primaire grondstoffen moeten vervangen. Het spreekt vanzelf dat de kans daarop veel groter is als deze secundaire grondstoffen in ieder geval in de prijs lager liggen dan primaire grondstoffen. Vanzelfsprekend speelt daarbij ook de kwaliteit (eigenschappen) een rol. Het hergebruik van huishoudelijk afval kan worden opgevoerd tot ongeveer 50% door gescheiden inzameling van een organische fractie en deze te composteren en intensiveren van het hergebruik van papier, karton, glas, blik, kunststof en textiel. Voor grof huisvuil lijkt 50% hergebruik eveneens mogelijk in verband met het daarin aanwezige papier, karton, metaal en hout (tezamen bijna 70% van het totaal). Het hergebruik van bouw- en sloopafval kan naar 80% worden gebracht door een betere scheiding in componenten op de bouw- en sloopplaats. Bij industrieel afval is, gelet op de reeds grote mate van hergebruik, slechts weinig winst te halen. Voor kantoor-, winkel- en dienstenafval is hergebruik tot 25% mogelijk gelet op de aanwezigheid van papier en verpakkingsmaterialen. Verondersteld wordt voorts dat residuen van afvalverbranding voor 40% worden hergebruikt. Het hergebruik kan hierdoor stijgen tot 35 miljoen ton per jaar zijnde ongeveer 65% van het totaal.



Cumulatief ruimtegebruik voor het storten van afvalstoffen bij de huidige verwijderingsstructuur en extra verbranding al dan niet gecombineerd met geïntensiveerd hergebruik.

(bron: RIVM)

Als resultaat van deze min of meer taakstellende intensivering van het hergebruik zal in 2010 nog ruim 10 miljoen ton afval verbrand en bijna 8 miljoen m³ gestort moeten worden. Het storten vraagt dan tot 2010 in totaal ca. 2500 ha stortruimte hetgeen ruim 40% minder is dan bij de vastgestelde maatregelen.

Bodemsaneringsafval

Het aantal bodemverontreinigingsgevallen lijkt aanzienlijk hoger te kunnen zijn dan de geïnventariseerde 7500 waarvan er zo'n 1600 gesaneerd zullen worden. Het aantal mogelijk te saneren gevallen zou meer dan 100.000 kunnen bedragen vooral bestaande uit bedrijfsterreinen.

Bronnen van bodemverontreiniging volgens een recent uitgevoerde inventarisatie.

Bronnen	Aantal	Aantal te saneren
Gasfabrieksterreinen	234	234
Stortplaatsen	3.298	ca 150
Autowrakkenopslagplaatsen	2.100	ca 1.200
Voormalige bedrijfsterreinen	ca 400.000	ca 80.000
Huidige bedrijfsterreinen	ca 120.000	ca 25.000
Opgehoogde/opge vulde terreinen	?	?

Voor opgehoogde en opge vulde terreinen is het beeld nog niet duidelijk evenals voor een aantal andere bronnen. Voorts zijn er ook nog 300.000 lozingen van afvalwater naar de bodem aanwezig en 300.000 olietanks. Welke maatregelen uiteindelijk genomen zullen moeten worden is uit deze inventarisatie niet af te leiden.

Baggerspecie

Voor de verwerking van klasse IV baggerspecie kan gedacht worden aan het gebruik van hydroclonage om de grove van de fijne fractie te scheiden. De verontreinigingen zijn aan de fijnere fractie gebonden. De fijne fractie kan vervolgens ontwaterd en gesinterd worden. Door deze bewerkingsstappen ontstaat een volume reductie van ongeveer 90%.

Radioactief afval

De toekomstige hoeveelheid radioactief afval wordt sterk bepaald door de

mogelijke uitbreiding van de inzet van kernenergie. Bij een gelijkblijvende afvalproductie van onderzoeksinstellingen, ziekenhuizen, industrie en een 30-jarige bedrijfstijd voor de kerncentrales in Dodewaard (KCD) en Borssele (KCB) zal de hoeveelheid LAVA/MAVA ongeveer 11 TBq per jaar bedragen en de hoeveelheid HAVA ongeveer 1 miljoen TBq per jaar.

Schatting van het jaarlijkse aanbod van LAVA/MAVA; activiteiten in 10^{12} Bq (TBq)

Soort afval	m ³ /jaar	TBq/jaar
Vast afval	600	2,4
Kadavers	5	0,1
Org. vloeistoffen	25	0,3
Anorg. vloeistoffen	80	0,4
Overige afval (o.a. bronnen)	1	7,8
Totaal	710	11,0

Een mogelijke extra inzet van kernenergie heeft niet veel effect op de activiteit van het aangeboden LAVA/MAVA. Dit is uiteraard wel het geval voor de hoeveelheid HAVA.

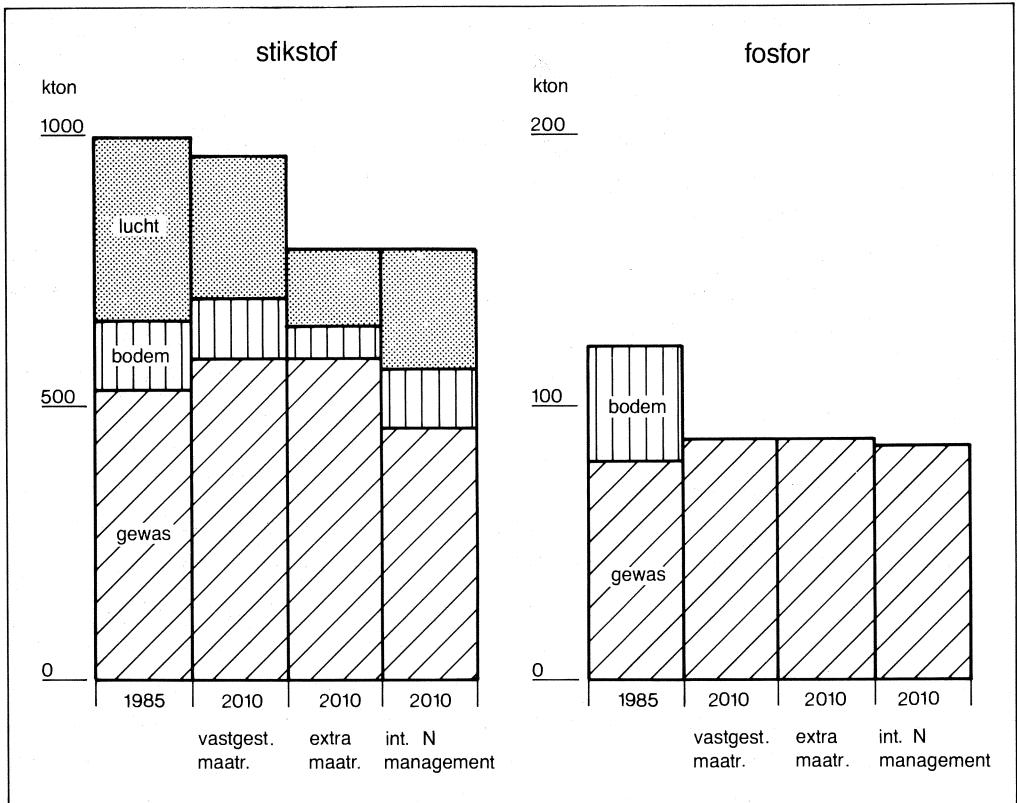
In de toekomst dient ook rekening te worden gehouden met het ontmantelingsafval van de uit bedrijf genomen kerncentrales en andere nucleaire installaties. Dit betreft hoofdzakelijk constructiematerialen, zoals het reactorvat en het biologische schild, dat door neutronenactivering radioactief is geworden. De hoeveelheid ontmantelingsafval wordt bij het huidige gebruik van kernenergie en nucleaire installaties geschat 20.000 m³. Circa 10% hiervan is HAVA. In hoeverre er in 2010 al ontmantelingsafval vrijkomt, door het niet meer in bedrijf zijn van de kerncentrales te Dodewaard en Borssele en de bestaande kernreactoren bij het ECN en het IRI, is onduidelijk.

6.6 Duurzaamheid op regionaal niveau

Op regionaal niveau vindt milieubelasting plaats door voedingsstoffen en persistente verbindingen en wordt het hydrologische systeem verstoord door ingrepen in het grondwaterregime. De bemesting in de landbouw en cultuurtechnische ingrepen zijn een belangrijke oorzaak. Daarnaast wordt het regionale systeem belast door het al dan niet legaal brengen van afvalstoffen in of op de bodem en depositie vanuit de lucht.

Biogeochemische en hydrologische kringlopen

De nutriënten kringloop via de bodem is een belangrijke indicator voor de duurzaamheid van ontwikkelingen. Persistente verbindingen zijn in belangrijke mate gerelateerd aan deze vooral door de landbouw gestuurde kringloop.



Stikstof- en fosforbalans op regionale schaal in Nederland nu en in 2010. (bron: RIVM)

Groter hoeveelheden stikstof en fosfor worden als grondstof geïmporteerd en weer als produkt geëxporteerd. Daarnaast voeren de rivieren belangrijke hoeveelheden aan die vervolgens voor een groot deel weer afgevoerd worden naar zee. Binnen onze landsgrenzen is een kleinere kringloop herkenbaar gelegen tussen verbruik en de bodem. Deze kringloop wordt geregeerd door de bemesting in de landbouw. Thans neemt per jaar bijna 1000 Kton stikstof en ruim 120 Kton fosfor deel in deze kringloop. Deze kringloop is thans verre van gesloten.

Ongeveer 50% van de stikstof die wordt toegevoerd wordt in het gewas opgenomen. Ongeveer 15% accumuleert in de bodem en 35% ontwijkt naar de lucht. Fosfor wordt thans voor 65% in het gewas opgenomen en de rest accumuleert in de bodem. Door extra maatregelen kan de toevoer van stikstof

en fosfor met circa 25% gereduceerd worden. Voor fosfor ontstaat dan een situatie van evenwichtsbemesting doordat alle toevoer door het gewas wordt opgenomen. Voor stikstof resteert echter nog een uitspoeling van ongeveer 6% van toevoer, die in de bodem accumuleert. Met de meststoffen worden tevens accumulerende zware metalen aan de bodem toegevoegd zoals cadmium en koper. Daardoor worden referentiewaarden voor een goede bodemkwaliteit overschreden. Binnen regionale eenheden kunnen de vermelde verstoringen van de nutriënten kringloop en de daaraan gekoppelde zware metalen nog sterker zijn. Datzelfde geldt voor de bedreiging van de kwaliteit van het grondwater door het gebruik van pesticiden.

Ook de hydrologische kringloop regionale schaal is verstoord leidend tot verdrogingsverschijnselen. De toekomstige ontwikkeling kan nog niet kwantitatief worden aangegeven doch een duidelijke verbetering van de situatie is nog niet herkenbaar. De hydrologische kringloop is gekoppeld aan de nutriënten kringloop doordat denitrificatie processen afhankelijk zijn van de grondwaterstand.

Ecologische effecten

Op basis van ouderdom, geogenese, samenstelling van het substraat en/of het bedekkende materiaal en de lokale hydrologische situatie is voor Nederland een indeling voorgesteld in fysisch-geografische eenheden of ecoregio's. Kenmerkend is dat deze regio's een zekere mate van homogeniteit bezitten ten aanzien van abiotische kenmerken. De levensgemeenschappen binnen een regio kunnen wel van elkaar verschillen. De grenzen van de regio's worden wel weerspiegeld door kenmerkende groepen van organismen en levensgemeenschappen. In ieder der regio's zijn voor die regio kenmerkende systemen/natuurgebieden aan te geven, naast andere functies zoals landbouw. In het Natuurbeleidsplan is een voorstel genomen om aan natuurgebieden een zekere waarde toe te kennen op grond van een aantal criteria en aan de hand daarvan de internationale betekenis vast te stellen. Tesamen met de gevoeligheid van die gebieden en van de overige functies kan ingeschat worden wat de effecten van de milieuproblemen op regionale schaal zullen zijn voor de regio's of onderdelen daarvan.

Rekening houdend met de onder andere de in het Natuurbeleidsplan aangegeven gevoeligheid en kwetsbaarheid van gebieden kunnen de volgende opmerkingen gemaakt worden. De afname van soorten, zowel onoogelijke, voor het publiek onbekende organismen als de meer in het oogspringende afwezigheid van grote vissen (zalm, zeeforel), zoogdieren (otters, bevers), vogels (in het bijzonder roofvogels) maar ook bijzondere ecosystemen, is een inmiddels bekend feit. Daarmee is in ieder geval al een vermindering van het

genenreservoir ontstaan. Veel van de systemen in de regio's staan onder druk van de al eerder genoemde milieuproblemen. Aanpassingen kunnen zich op onderdelen soms voordoen door soorten die voldoende snel in staat zijn om zich aan te passen in de nieuwe situatie. Veel andere soorten die deze capaciteit onvoldoende bezitten zijn al gesneuveld.

De ecoregio's zoals die thans geïndiceerd zijn, omvatten een aantal die te beschouwen zijn als uiterst gevoelig en bovendien nog uniek of in ieder geval zeldzaam in de continentale context. Andere ecoregio's vertonen soms zeer algemeen voorkomende kenmerken en blijken ook weinig gevoelig. Niet verassend is dat de meest kwetsbare systemen in ecoregio's zich bevinden in het gebied van Nederland dat karakteristiek is voor een delta: de overgang van droog naar nat en van zoet naar zout water. Daarom is op grond van de zekerheid dat deze gebieden juist ook de ophopings gebieden zijn voor verontreinigende stoffen te voorspellen dat in de komende jaren, bij ongewijzigd beleid, met name hier grote veranderingen zullen plaatsvinden. Vele soorten zullen geconfronteerd worden met sterk toenemende concentraties van stoffen, niet alleen door de toenemende belasting, maar ook door de ophoping via de voedselketen. Dat leidt binnen een aantal jaren tot het verdwijnen van nog meer soorten, ook met een grote aaibaarheidsfaktor (zeehonden, diverse soorten, vogels). De voedselketens zullen worden gestoord en destabilisatie van de ecosystemen is er het gevolg van. Echter is de veronderstelling ook dat indien deze belasting tijdig een halt kan worden toegeroepen, het regeneratievermogen wellicht nog niet zodanig is aangetast dat geen redelijk herstel meer verwacht kan worden. Hierbij wordt dan alleen gedacht op regionaal niveau. Immers als de effecten van de continentale en mondiale milieuproblemen zich vertalen in veranderingen van de abiotische aspecten van de ecoregio's, en zeker in de deltagebieden, dan is herstel door de combinatie van problemen en de snelheid waarmee deze plaatsvinden, vrijwel uitgesloten.

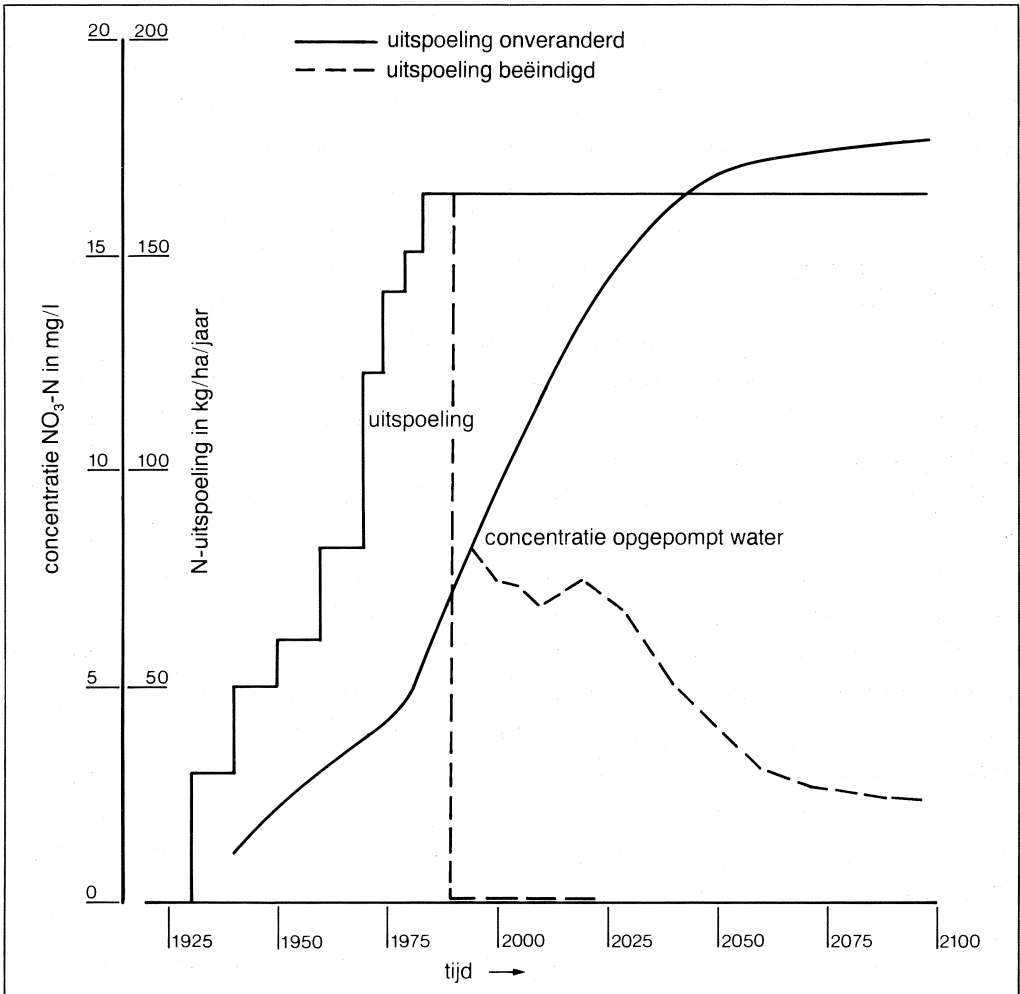
Omgekeerd kunnen effecten die op regionale schaal eerst worden waargenomen en tot veranderingen in ecosystemen leiden, van invloed zijn op de effecten van de grootschalige problemen en deze nog versterken. Zelfs kunnen de effecten zich uiteindelijk vertalen door uitbreiding van regionale schaal naar de hogere schalen.

Antropogene beïnvloeding

Voor de nutriënten zou op de regionale schaal gestreefd moeten worden naar evenwichtsbemesting. De toevoer van nutriënten mag dan niet groter zijn dan de opname in de af te voeren gewassen. Voor fosfor is zo'n doel bereikbaar

voor stikstof echter niet. Zelfs bij extra maatregelen zal nog 6% van de met ongeveer 25% gereduceerde toevoer van stikstof in de bodem accumuleren.

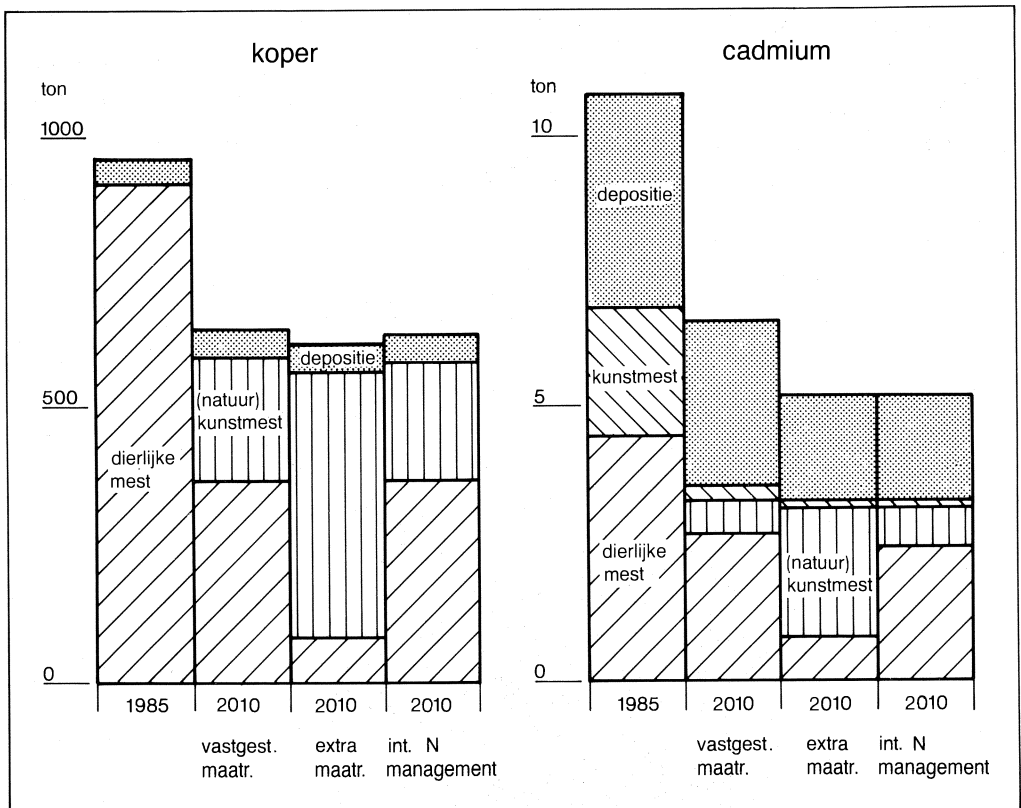
De factor tijd speelt hier in een belangrijke rol bijvoorbeeld in de doorwerking van de lekken in de nitraatbalans naar de kwaliteit van het te winnen drinkwater. In het intrekgebied van het pompstation "Lochem" is sinds het begin van deze eeuw de nitraatuitspoeling toegenomen van 0 tot meer dan 150 kg N per ha per jaar. Als gevolg hiervan is het nitraatgehalte gestegen tot ongeveer 5 mgN/l. Bij het constant houden van de huidige nitraatuitspoeling zal de stijging doorgaan tot een niveau van ongeveer 15 mgN/l. De toenemende nitraatuitspoeling werkt door in de kwaliteit van het drinkwater met een na-ijling van meer dan 50 jaar. Bij het volledig



Nitraatuitspoeling en -concentratie in het opgepompte water bij het pompstation Lochem in de periode 1925-2100 afhankelijk van te nemen maatregelen. (bron: RIVM)

beëindigen van de nitraatuitspoeling zal het tot ver in de volgende eeuw duren voor een nieuwe evenwichtstoestand wordt bereikt. Gelijksortige verschijnselen doen zich voor door te hoge belastingen met persistente pesticiden die ook een bedreiging voor de drinkwatervoorziening kunnen betekenen.

Door reductie van de nutriëntenbelasting wordt ook de toevoer van zware metalen naar de bodem beperkt. De positie vanuit de lucht speelt hierin ook een rol. Meer structurele maatregelen zoals een schoner bereidingsproces voor kunstmest en verlaging van het kopergehalte in veevoer dragen daaraan ook bij. De koperbelasting van de bodem kan daardoor dalen met ongeveer 40% en de cadmiumbelasting met ongeveer 50%. Dit is echter onvoldoende om overschrijding van referentiewaarden voor een goede bodem kwaliteit te voorkomen.



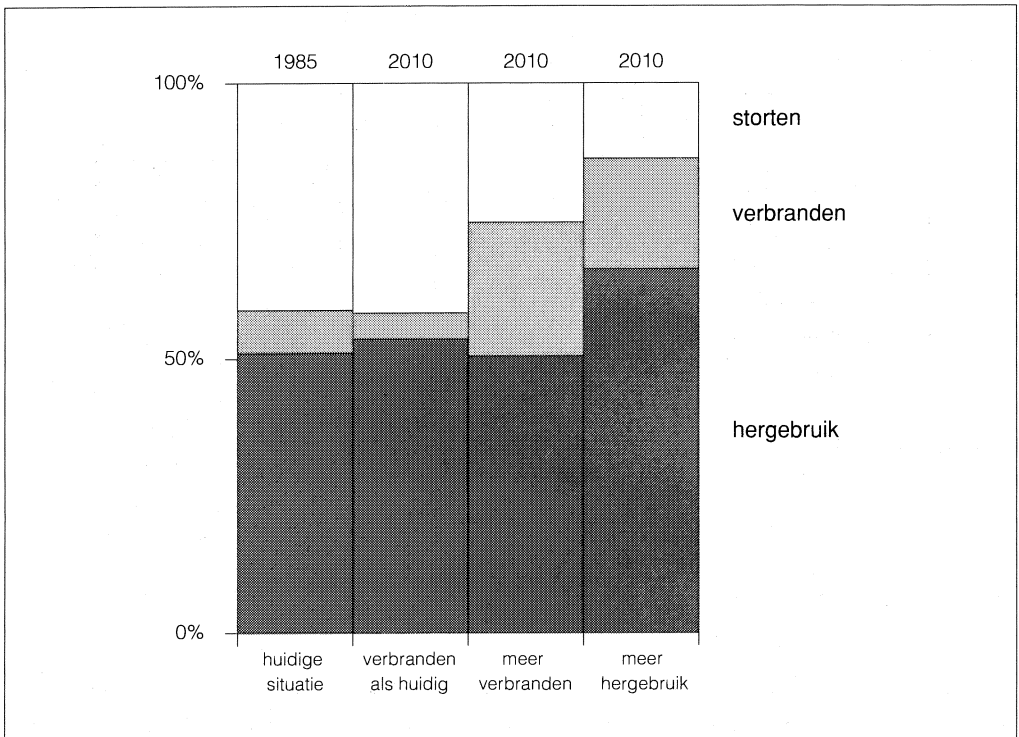
Koper- en cadmiumbalans op regionale schaal in Nederland nu en in 2010. (bron: RIVM)

De vermelde reducties kunnen bereikt worden door het gebruik van emissiereducerende maatregelen, met een toegevoegd technologisch karakter. Het is echter de vraag of dit de meest efficiënte wijze is. Volume

maatregelen (zoals reductie van de veestapel) en structurele maatregelen, (zoals gewasverdeling, verbetering van de efficiëntie van nutriënten opname in het vee en optimalisatie van de mestgift) verdienen naar verwachting de voorkeur.

De verwijdering van afvalstoffen, vooral door storten, vormt eveneens een bedreiging voor het regionale milieu. De te storten hoeveelheid kan worden teruggebracht van ongeveer 40% thans tot ongeveer 15% in 2010. Hiertoe kan de te verbranden hoeveelheid worden opgevoerd tot ongeveer 20%. Verbranden moet daarbij de vorm krijgen van het terugwinnen van energie uit biomassa of uit verwerkte fossiele brandstoffen. Hiertoe is preventie in kwalitatieve zin nodig gericht op het weren van risicodragende verontreinigingen uit de te verbranden afvalstoffen. Preventie in kwantitatieve zin zal minder dan 5% bijdragen aan de beperking van de hoeveelheid afvalstoffen. Hergebruik kan worden opgevoerd van 50% thans tot ongeveer 65% in 2010.

Direct hergebruik in hetzelfde proces waarbij de afvalstof is ontstaan verdient daarbij de voorkeur. In 2010 kan dit 60 à 75% van het totale hergebruik omvatten. Hergebruik door nuttige toepassing in een ander



Wijze van verwijdering van afvalstoffen nu en in 2010.

Bron:RIVM

proces, vooral in de weg- en waterbouw, is minder aantrekkelijk omdat het tot verspreiding van verontreinigingen in het milieu kan leiden. Kwalitatieve preventie, d.w.z. verbetering van de kwaliteit van de afvalstof, is voor het hergebruik van grote betekenis.

De antropogene beïnvloeding van de hydrologische kringloop kan thans nog niet goed gekwantificeerd worden. Een meer structurele op duurzaamheid gerichte oplossing voor dit probleem, kan bestaan uit beperking van het waterverbruik, reservering van grondwater voor hoogwaardige functies en optimalisatie van grondwaterwinning en peilaanpassing bij landinrichtingsplannen.

Literatuur Regionale Milieuproblemen

Algemeen

OECD, 1985.

Environmental Data Compendium, Paris.

Westhof V. en Weeda, E, 1984.

De achteruitgang van de Nederlandse flora sinds het begin van deze eeuw. Natuur en milieu nr. 7-8.

Vermesting

Anonymus, 1987

Tussentijdse Evaluatie Verzuringsbeleid.

Ministerie van VROM, Ministerie van L&V, Ministerie van V&W, 's-Gravenhage

Anonymus, 1987

Documentatie en handleiding model veresting.

Resources Planning Consultants, Delft

Anonymus, 1988

Kaliumemissies in het milieu.

Resources Planning Consultants, Delft

Breeuwsma A, Schouwman OF, Vries W de, Kragt JF, 1987

Bodemkundige informatie voor een globaal verestingsmodel.

Stiboka rapportnr. 2007

Drecht G van, 1986

Effect van beperking van het gebruik van dierlijke mest op de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater in zandgebieden.

RIVM-rapportnr. 728472001

Commissie Wiggerts, 1986

Advies beperking uitrijperiode dierlijke meststoffen.

DLO, Wageningen

CCRX, 1988

Stikstof en stikstofverbindingen in milieu en voeding in Nederland.

Ministerie VROM, Den Haag

Duijvenbooden, W. van, Matthijsen, A.J.C.M., 1987

Basisdocument nitraat. RIVM-rapportnr. 758473007

Duijvenbooden, W. van et al, 1985

Eindrapport inrichting landmeetnet grondwaterkwaliteit.

RIVM-rapportnr. 840382001-2

Duivenbooden, W. van, 1988

Het voorkomen van nitraat in grond-, oppervlakte- en drinkwater als gevolg van bemesting.

RIVM-jaarverslag 1987, p.306-311

Kolenbrander, G.J., 1981

Limits to the spreading of animal excrement on agricultural land. In: Brogan JC (ed). Nitrogen losses and surface runoff.

Nijhof-Junk, Den Haag

Meer, H.G. van der et al, 1987

Utilization of nitrogen from injected and surface-spread cattle slurry applied to grassland. In: Animal Manure on Grassland and Fodder Crops.

Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht

Olsthoorn, C.S.M., 1986

Fosforbalans voor Nederland 1983. In: Kwartaalbericht milieustatistiek 2.

CBS, Voorburg

Pleune, R., 1987

De loop van vermestende stoffen in het milieu; stikstof als voorbeeld uitgewerkt.

RIVM, intern rapport

Schneider, T, Bresser A.H.M., 1988

Evaluatie Verzuuringsonderzoek - eerst fase.

RIVM-rapport, in voorbereiding

Snijders, P.J.M. en Ham, A. van der, 1988

Injectie van drijfmest: Meer perspectief op lichte grond en bij grote giften.

Boerderij 73-no.20

Wit, N.H.S.M. de, Bleuten, W., 1987

Nitrate, phosphate and potassium contamination in the groundwater toplayer related to the soil type, land use and spatial position. In: Vulnerability of soil and groundwater to pollutants.

CHO-TNO Proceedings and Information nr. 38, The Hague

Verspreiding

DHV/RIVM, 1988

Stofbelasting en accumulatie in bodem en waterbodem; modelstudie t.b.v. het achtergronddocument NMP,

Slooff, W., Cleven, R.F.M.J., Janus, J.A. en Ros, J.P.M. (eds), 1987.

Basisdocument Koper.

Rapport 758474003, RIVM, Bilthoven.

Ros, J.P.M., en Slooff, W., (eds), 1987.

Basisdocument Cadmium.

Rapport 758476002, RIVM, Bilthoven.

Sloof, W., en Matthijsen, A.J.C.M., (eds), 1987.

Basisdocument hexachloorcyclohexanen.

Rapport 758473004, RIVM, Bilthoven.

Cost 641, 1988.

Commission of the European Communities, Doc. EUR 11562, Brussel.
Tributyltin in the environment; Sources fate and determination Water pollution report 8.

Loch, J.P.G., en van der Linden, A.M.A., 1988.

Bedreiging van grondwater en drinkwater door bestrijdingsmiddelen.
Rapport in voorbereiding, RIVM, Bilthoven.

DHV, 1985.

Bodemveilige inrichting van bedrijfsterreinen.
Ministerie VROM.

Aldenberg, T., en Knoops, J., 1988.

A model predicting cadmium concentrations in soil, percolation water and crops in Dutch agricultural areas.
RIVM report. In prep.

Canton, J.H., Heijna-Merkus, E., Kotten-Vermeulen, J.E.M. van, Minderhoud, A., 1987.

Evaluatie van de mogelijke effecten op aquatische ecosystemen van een aantal bestrijdingsmiddelen en verwante verbindingen in Nederlandse oppervlaktewateren.
Rapport 218102007 RIVM, Bilthoven.

Hrubec, J., 1988.

Bestrijdingsmiddelen en drinkwater H₂O 21, 278.

Verdroging

Grootjans, A.O., 1979.

Effecten van grondwaterstandsval op een beekdalreservaat in het stroomlandschap van de Drentse Aa.
WLO-mededeling 6, 3

van Gijsen, M.E.A., 1979.

Ecologische aspecten van grondwaterwinning.
RIN-rapport 79/11, RIN, Leersum

Beintema, A.J. en van den Berg, L.J.M., 1979.

Relaties tussen waterpeil, grondgebruik en weidevogelstand. Deel II, onderzoek 1976.

RIN-rapport, Leersum, 1977.

Braat, L.C. et al, 1987.

Verdroging in Nederland; probleemverkenning
IvM, CML, V&W, VROM.

De waterhuishouding van Nederland, 1985.

Rijkswaterstaat, 's-Gravenhage.

Molenaar, J.G. de, 1980.

Bemesting waterhuishouding en intensivering in de landbouw en het
natuurlijk milieu.

RIN-rapport 80/6, RIN, Leersum, 1980.

SWNBL, Concept-eindrapport, thema Natuur

Eulen, J.R.

Ontwikkelingen in de beregeningen van het landbouwareaal.

DBW/RIZA nr. 86-48.

Verwijdering

VROM, 1988.

Notitie van de Minister van VROM voor de uitgebreide vergadering van de
vaste Commissie voor Milieubeheer op 7 maart 1988.

Tweede Kamer, vergaderjaar 1987-1988, 20.200 hfdst. XI, nr. 69.

SVA, 1979.

Overzicht Afvalverwijdering Stichting Verwijdering Afvalstoffen.

Bremmer H.J., Joosten J.M. e.a., 1987.

Ontwikkelingen in hoeveelheden van enkele afvalstoffen en hun verwijdering.

Rapport 738605003, RIVM, Bilthoven.

CBS, 1984.

Bedrijfsafvalstoffen 1984.

Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage

DHV, 1987.

Factoren met betrekking tot de optimale schaalgrootte van gecontroleerde
stortplaatsen en afvalverbrandingsinrichtingen.

Joosten, J.M. en Nagelhout, D., 1987.

Scheiden aan de bron en gescheiden inzameling van delen van het huishoudelijk afval (RIVM).

Afvalstoffenreeks 29, VROM, ISBN 90 346 0954 5.

COVRA, 1987^a.

Radiologisch jaarverslag 1986.

Centrale Organisatie voor Radioactief Afval, COVRA N.V.

COVRA, 1987^b.

Locatiegebonden milieu-effecten rapport, 1987.

Verwerking en opslag van radioactief afval (met Bijlagen).

Centrale Organisatie voor Radioactief Afval, COVRA N.V.

7 Lokale milieuproblemen in Nederland

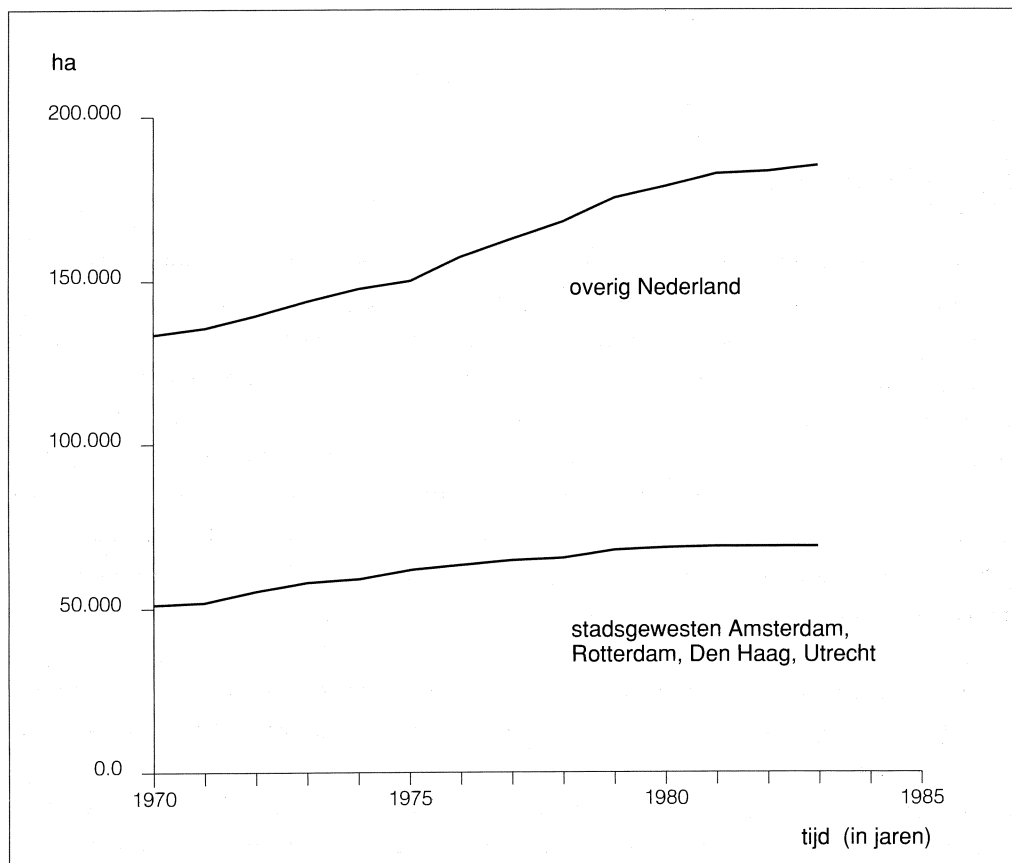
7.1 Probleemschets

Lokale milieuproblemen hangen vooral samen met de belasting van de mens in de gebouwde omgeving waarin de mens een groot gedeelte van de tijd verblijft. Een duurzame ontwikkeling heeft hier te maken met een gezonde woon-, leef- en werkomgeving. Onder leefomgeving wordt verstaan de gebouwde en ongebouwde ruimte buiten de woning die de mens onder meer gebruikt voor recreatieve doeleinden. Het belang van een goede kwaliteit wordt groter naarmate de verstedelijking toeneemt. De werkomgeving blijft buiten beschouwing omdat dit geen onderwerp van milieubeleid is. De omvang van de gebouwde omgeving en de duur van het verblijf daarin is de afgelopen eeuw sterk toegenomen.

De woonomgeving kent drie kenmerkende factoren namelijk de eigenschappen van de woning zelf, het gedrag van de bewoners en de interactie met het buitenmilieu.

In de woonomgeving wordt de mens blootgesteld aan diverse fysische, chemische en biologische agentia van lokale oorsprong. Constructie, bouwmaterialen en installaties zijn de bepalende elementen verbonden aan de woning zelf. De mate van ventilatie is daarbij van bijzondere betekenis. Bepalende factoren in de woning zijn de wijze van bewoning en het gebruik van consumentenartikelen. Onder consumentenartikelen kan ook het drinkwater worden begrepen dat uiteindelijk de woning als afvalwater verlaat, een deel van de consumentenartikelen met zich meevoerend. Een ander deel van de consumentenartikelen verlaat de woning als afvalstof. Zowel voor afvalwater als afvalstoffen bestaat een verwijderingsstructuur omdat ze met het oog op de volksgezondheid niet ter plekke verwijderd kunnen worden. De gezonde woonomgeving wordt ook bepaald door factoren die zich buiten de woning bevinden. Het gaat om stank, geluid, luchtverontreiniging in binnensteden en bodemverontreiniging. De risico's van industriële ongevallen blijven buiten beschouwing omdat een betrouwbare kwantificering van deze risico's

thans nog niet mogelijk bleek. Al deze factoren tezamen zijn maatgevend voor de kwaliteit van het binnenmilieu. De zich buiten de woning bevindende factoren worden als eerste behandeld. Vervolgens worden deze gecombineerd met factoren binnen de woning en die verbonden aan de woning zelf tot een beschouwing over het binnenmilieu.



Areaal woon/werkgebied, bedrijfsterreinen en infrastructuur als een maat voor de omvang van de bebouwde omgeving.

Bron: CBS

7.2 Verstoring door geluidshinder

Probleemschets

De belangrijkste bronnen van geluidshinder zijn het wegverkeer, de luchtvaart, het railverkeer, de industrie en een brede categorie van overige bronnen. De laatste categorie betreft hinderwetplichtige inrichtingen, ondernemingen in de horeca- en recreatiesector en manifestaties van incidentele aard. Uit hinderonderzoek is gebleken dat de hinder van deze bronnen in de periode 1977 tot 1987 is toegenomen. Met het

ter beschikking komen van meer vrije tijd zal de deelname aan luidruchtige recreatievormen in de toekomst groeien, waardoor de hinder door deze activiteiten zal toenemen. Ook stiltebehoevende vormen van recreatie zullen in omvang toenemen, waardoor de kans op conflictsituaties groter wordt. Van slechts enkele diersoorten is bekend dat zich nadelige effecten voordoen door verstoring als gevolg van geluid van wegen en luchtvaartactiviteiten.

Het geluidshinderbeleid richt zich op het reduceren of voorkomen van te hoge geluidsbelastingniveaus in gebieden met woonbebouwing en in gebieden, die vanwege natuurbehoudsdoelstellingen of recreatief gebruik stiltebehoevend zijn.

Een milieuprobleem dat tot het gebied van de geluidshinder wordt gerekend, is de hinder door trillingen. Er bestaat geen compleet beeld van de omvang van dit probleem. Verwacht mag worden dat door het dichter bouwen en door de toenemende vermenging van maatschappelijke functies de omvang van de hinder door trillingen in de toekomst zal toenemen.

In de geluidshinderwetgeving zijn grenswaarden vastgelegd (Wet geluidshinder, 1979). Zo moeten nieuwbouwwoningen in principe voldoen aan een maximale gevelbelasting als gevolg van verkeers- en industrielawaai van 50 dB(A). Van deze grenswaarde kan in bijzondere gevallen ontheffing worden verleend. In saneringssituaties wordt ernaar gestreefd de gevelbelasting tot 55 dB(A) terug te brengen. Een saneringssituatie doet zich voor als de actuele geluidsbelasting meer dan 55 dB(A) bedraagt. Door een te verwachten bronreductie van 5 dB(A) ligt deze grens voor verkeerslawaai feitelijk bij 60 dB(A), maar in de praktijk wordt om financiële redenen een saneringsgrens van 65 dB(A) gehanteerd.

Voor vliegtuiglawaai wordt de geluidsbelasting gemeten in Kosteneenheden (KE). Krachtens de Luchtvaartwet is vastgelegd, dat binnen de 35 KE-zone slechts in specifiek omschreven gevallen woningbouw is toegestaan, tot maximaal 45 KE. Sanering is verplicht vanaf 40 KE, terwijl binnen de 65 KE-contour in principe amovering moet plaats vinden. Voor de geluidsbelasting door raillawaai zijn een voorkeurswaarde en een maximale grenswaarde van 60 respectievelijk 73 dB(A) vastgelegd. In 2000 zijn deze waarden verlaagd naar 57 respectievelijk 70 dB(A). De omvang van geluidshinder wordt gemeten in de vorm van aantallen mensen, die in ernstige of in enige mate hinder van één of meer van de geluidsbronnen ondervindt. geluidshinder veroorzaakt directe en indirecte gezondheidseffecten. Hierop wordt nader ingegaan in het hoofdstuk "Effecten op de volksgezondheid".

Voorspellingsmethode

Voor alle geluidsbronnen geldt dat bij een hogere emissie de geluidsbelasting zich over een groter gebied uitstrekt. Aangenomen is dat bij verandering van het aantal blootgestelden 10% daarvan hinder zal ondervinden.

Voor wegverkeer geldt dat een toename van de verkeersintensiteit tot een toename van de geluidsbelasting leidt via de relatie $10\log(q_2/q_1)$, waarin q de verkeersintensiteit in voertuigkilometers is. Snelheidstoename op autosnelwegen heeft eveneens een verhogend effect op de geluidsbelasting. Het effect daarvan is in de scenario's verwaarloosbaar, omdat hogere snelheden alleen plaatselijk worden gerealiseerd en zich daar relatief weinig woonbebouwing bevindt.

Op basis van de dosis-effectrelatie voor geluidshinder is vast te stellen dat het aantal ernstig gehinderden met 2 procent en het aantal in enige mate gehinderden met 3 procent per extra dB(A) toeneemt.

Met betrekking tot de afname van de hinder door gevelisolatie is verondersteld, dat het percentage gehinderden halveert.

Bij railverkeer zijn de verbanden tussen de ontwikkeling van het activiteitsniveau en de geluidsbelasting en tussen de geluidsbelasting en de geluidshinder gelijk aan die bij het wegverkeer. Verondersteld is dat de groei van het aantal reizigerskilometers voor 60% doorwerkt in de groei van het voertuigkilometrage. Het verband tussen snelheidsveranderingen en de geluidsemissie wordt weergegeven door de factor $15\log(v_2/v_1)$, waarin v_1 en v_2 respectievelijk de oude en de nieuwe snelheid voorstellen. Verondersteld is dat in het jaar 2000 op 20% van het spoorwegnet met hogere snelheid zal worden gereden.

Voor de luchtvaart wordt het verband tussen het aantal vliegbewegingen en de geluidsemissie gegeven door de factor $20\log(q_2/q_1)$, waarin q_1 en q_2 respectievelijk het oude en het nieuwe aantal vliegbewegingen voorstellen. De afname van de emissie van luchtvaartuigen werkt met een factor $4/3$ door in de KE niveau's. Gelet op de verwachte bronreductie vanaf 1990 is uitgegaan van een verwachte emissiereductie van 5 KE. De hinder door nachtvluchten is bij gelijke geluidsemissie groter dan overdag. Het percentage ernstig gehinderden stijgt met 1 procent en het percentage in elke mate gehinderden met 3 procent per Kosteneenheid (KE). De militaire luchtvaart veroorzaakt niet alleen hinder rond de vliegvelden, maar ook rond de militaire laagvliegroutes. Het aantal woningen binnen het

invloedsgebied van deze routes is nog onbekend. De ondervonden hinder is volgens recent onderzoek zeer aanzienlijk.

Huidige situatie

De hinder door geluid is, in termen van de aantallen woningen waar deze hinder wordt ondervonden, aanzienlijk. De cijfers zijn gebaseerd op de resultaten van enquêtes onder een steekproef van 4000 adressen (NIPG-TNO, 1988).

Aantallen (en het percentage van het totaal aantal) woningen in miljoen waar ernstige hinder, respectievelijk hinder optreedt, per geluidsbron, 1987.

<u>Bron</u>	<u>Hinder</u>	<u>Ernstige hinder</u>
Alleen wegverkeer	2,0 (38%)	0,85 (16%)
Alleen luchtvaart	1,0 (19%)	0,60 (11%)
Alleen industrie	0,75 (14%)	0,225 (4%)
Alleen railverkeer	0,3 (6%)	0,075 (1%)
Wegverkeer + luchtvaart	1,0 (19%)	0,15 (3%)

Tussen de verschillende hindercategorieën bestaan overlappingen. Alleen voor de combinatie van hinder door wegverkeer en door luchtvaart is de omvang van de hinder globaal geschat.

Over de omvang van de blootstelling van recreanten is nog weinig bekend. Uit onderzoek naar de effecten van lawaai op kampeerders blijkt dat met name de hinder van vliegtuiglawaai aanzienlijk is.

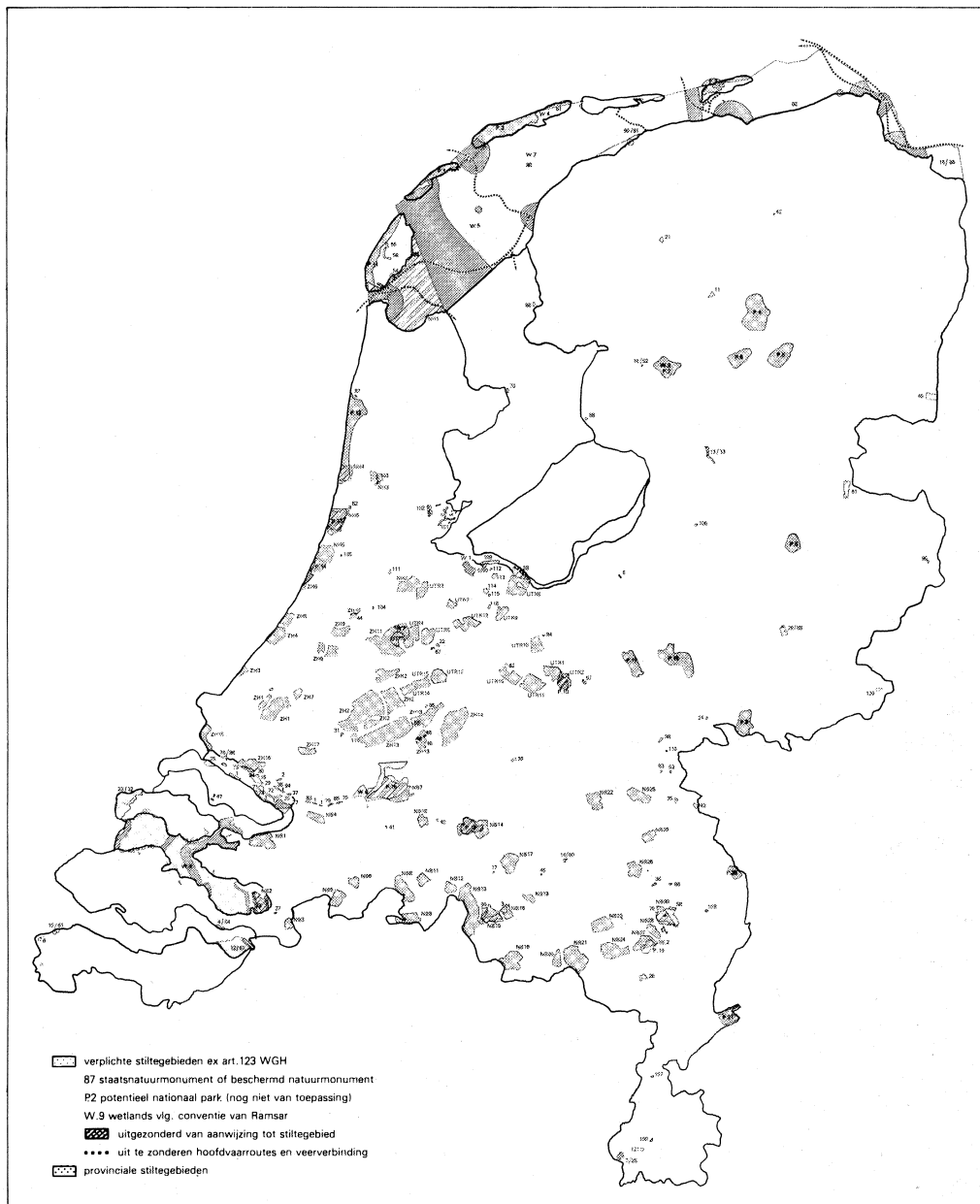
Er is thans ruim 400.000 ha stiltegebied.

De ontwikkeling bij vastgestelde maatregelen

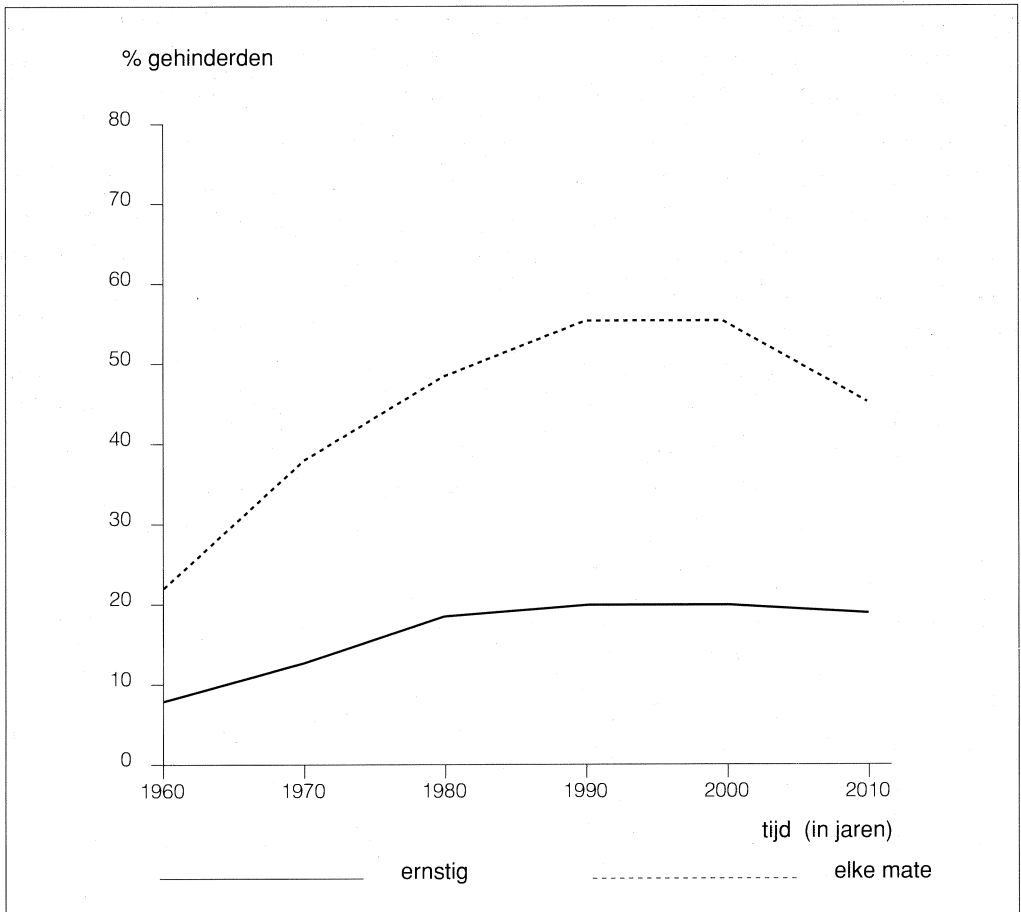
Wegverkeer

Uitgangspunt bij deze bronsoort is de toename van de landelijke automobiliteit tot 2010 met 60%. Woningbouw zal voornamelijk plaatsvinden in bestaand stedelijk gebied. Er zijn maatregelen vastgesteld, die toenemende hinder zullen reduceren. Veel inspanning wordt in het kader van preventie verricht op het gebied van geluidsbestrijding aan de bron. Er zullen in EG verband scherpere eisen worden gesteld aan de geluidsemisies van nieuwe voertuigtypen die na 1990 op de markt worden gebracht. Daarnaast wordt door middel van het instrument van de verkeersmilieukaart de lokale overheid aangemoedigd de verkeersstructuur binnen steden aan te passen

zowel uit akoestisch oogpunt als gelet op de lokale milieukwaliteit. Een stabilisering van de groei van het autoverkeer in (binnen)steden wordt nagestreefd. De preventiekant krijgt ook aandacht door het leggen van een koppeling tussen geluidshinder, grenswaarden en bestemmingsplannen. Sanering door gevelisolatie zal moeten plaatsvinden voor 205.000 woningen met een belasting van meer dan 65 dB(A). Ongeveer 35% van deze woningen bevinden zich in de grote steden.



Indicatieve kaart van stiltegebieden naar de stand per 1-7-1988, (bron: DGM)



Percentage van de bevolking dat ernstige hinder en hinder in enige mate ondervindt door het wegverkeer bij vastgestelde maatregelen.

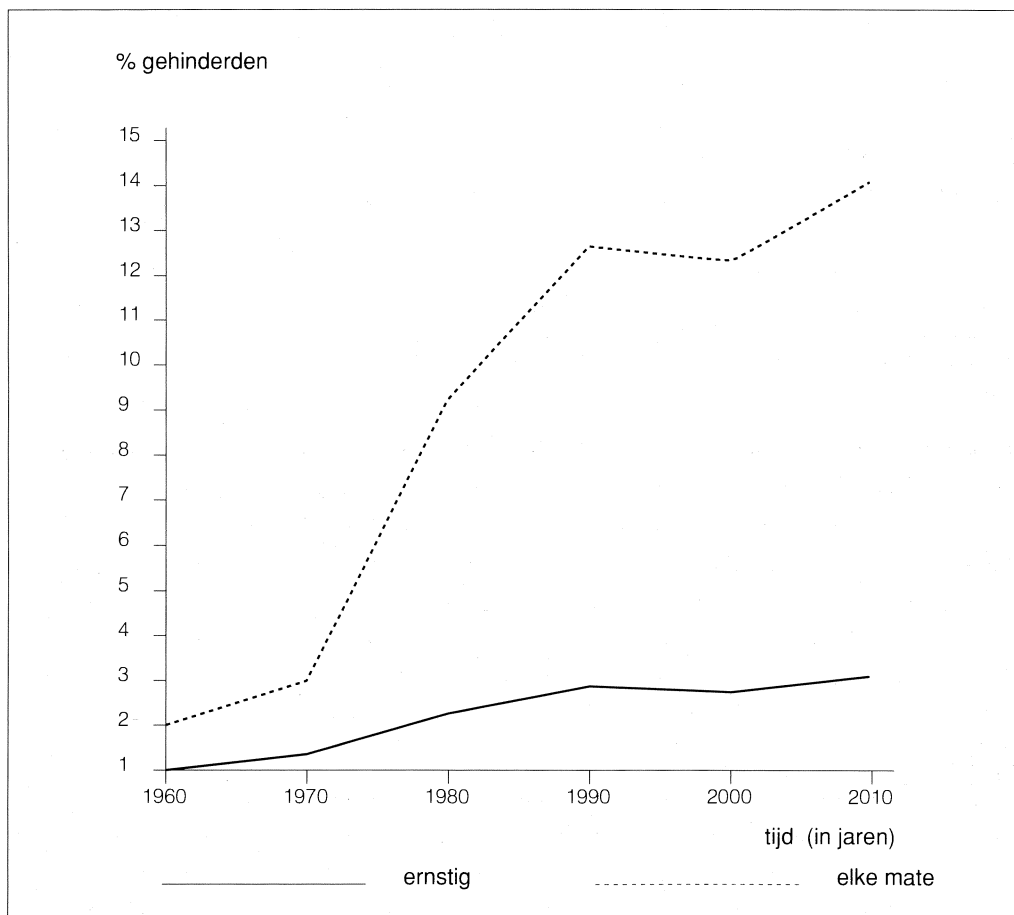
Bron: DGM

Op grond van de autonome ontwikkelingen en de vastgestelde maatregelen zal de geluidshinder tot 1990 licht toenemen waarna, vooral voornabij het jaar 2000, een dalende tendens zichtbaar wordt. Dit is voornamelijk te danken aan de inspanningen op het gebied van het stiller maken van motorvoertuigen. Het aantal ernstig gehinderden wordt teruggedrongen door de sanering. De ernstige geluidshinder stabiliseert zich op het peil van 1985 zijnde 19% van de bevolking.

Luchtvaart

Bij het opstellen van geluidshinderscenario's voor de luchtvaart moet onderscheid gemaakt worden tussen civiele en overige luchtvaart, bestaande uit militaire en kleine recreatieve luchtvaart en helicopters. De scenarioresultaten gelden voor de civiele luchtvaart. De overige luchtvaart veroorzaakt weliswaar aanzienlijke hinder maar scenarioberekeningen zijn hiervoor door gebrek aan basis(verkeers)gegevens niet te maken.

Uitgangspunt voor het geluidshinderscenario voor de civiele luchtvaart is de toename van het totaal aantal vliegbewegingen tot 2010 met 50% en van het aantal nachtvluchten met 60%. Preventieve maatregelen richten zich vooral op de reductie aan de bron zoals vastgesteld in internationale richtlijnen. Het gaat hier om de vervanging van oudere vliegtuigen door stillere typen. Na 1990 zullen geen vergunningen meer verleend worden voor vluchten met niet gecertificeerde vliegtuigen. De kosten hiervan worden door de luchtvaartmaatschappijen gedragen en zijn moeilijk te schatten. In de zone van een belasting boven de 35 KE bevinden zich bij de burgerluchtvaarthavens zo'n 22.000 woningen en bij militaire luchtvaartterreinen zo'n 12.000. Het deel van deze woningen met een geluidsbelasting van meer dan 40 KE zal worden geïsoleerd. Nieuwbouw zal op een restrictieve wijze worden toegestaan binnen de 35 KE zone. Voorts is aangenomen dat het aantal nachtvluchten met de meest lawaaiige vliegtuigen boven woongebieden beperkt toegestaan zal worden.



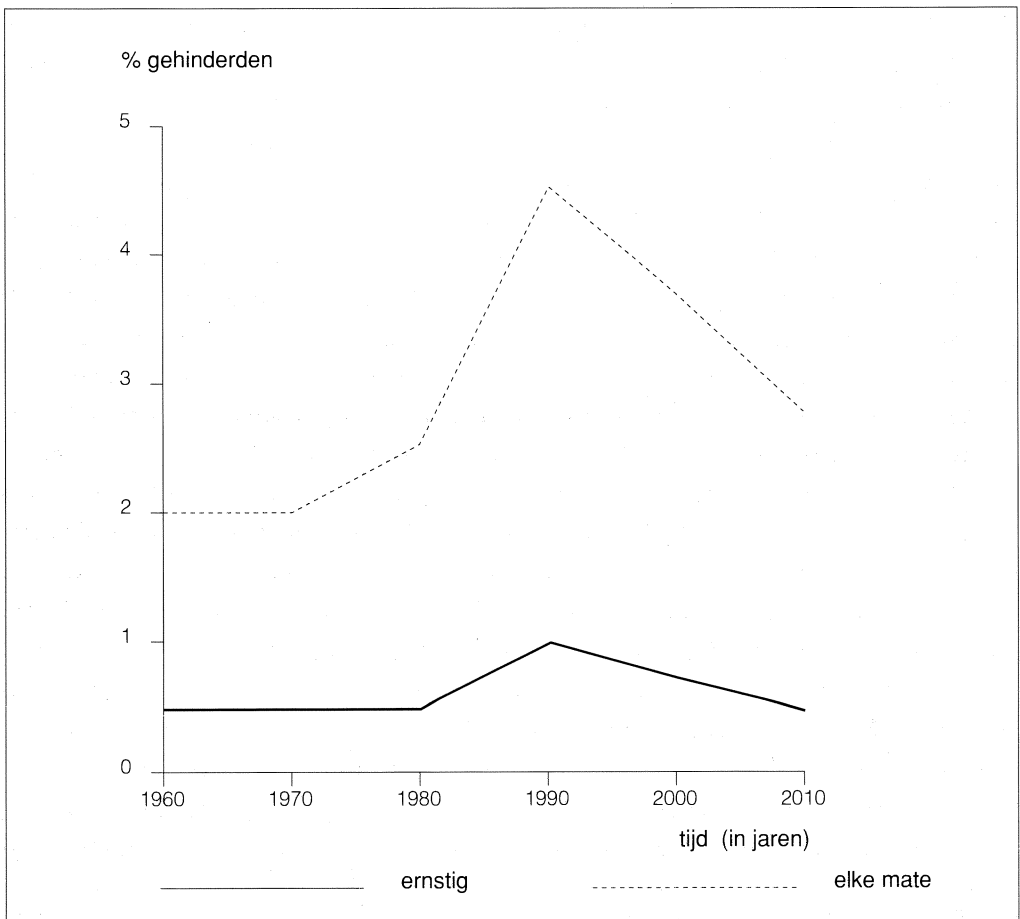
Percentage van de bevolking dat ernstige hinder en hinder in enige mate ondervindt van de civiele luchtvaart bij vastgestelde maatregelen.

(bron: DGM)

De hinder door burgerluchtvaartlawaaï zal tot 2010 licht stijgen. Dit is echter slechts een deel van het probleem. De totale hinder door luchtvaartlawaaï, die thans 40% van de Nederlandse bevolking omvat, zal naar verwachting eveneens stijgen. Deze totale hinder zal naar raming ongeveer een factor 4 hoger zijn dan alleen de hinder veroorzaakt door de burgerluchtvaart.

Railverkeer

Het reizigersvervoer door de spoorwegen zal tot 2010 met ongeveer 40% toenemen. De NS is begonnen door het opheffen van grote knelpunten de capaciteit van het spoorwegnet drastisch op te voeren van ca. 9 tot ca. 16 miljard reizigerskilometers per jaar. Of deze capaciteitsvergroting geheel zal worden gerealiseerd is op dit moment nog onzeker, evenals het antwoord op de vraag of de verruimde capaciteit ook ten volle zal worden benut. Bij de hinderprognose is dan ook nauwelijks groei van het railverkeer ingecalculerd.



Percentage van de bevolking dat ernstige hinder en hinder in enige mate ondervindt door het railverkeer bij vastgestelde maatregelen.

(bron: DGM)

Als emissiedoelstelling wordt een daling van het bronvermogen met 3 dB(A) gehanteerd. Hiertoe zal extra aandacht nodig zijn voor het onderhoud van bestaand materieel en rails. Nieuw personenmaterieel zou een zelfde geluidsemisatie moeten hebben als het Sprintermaterieel. Voor het terugdringen van de geluidsemisatie van het goederenmaterieel zijn nog geen maatregelen voorzien. Hiervoor is een internationale aanpak nodig. Gelet op de lange gebruiksduur van spoorwegmateriaal zal een gemiddelde reductie van 3 dB(A) pas in 2010 tot 2020 worden gerealiseerd. Voor sneltrams en metrotreinen zal eveneens een reductie van de emissie plaats vinden.

Indien de TGV in Nederland wordt aangelegd zijn ook maatregelen ter bestrijding van de hinder nodig. Gedacht kan worden aan het zoveel mogelijk gebruik maken van het bestaande net of bundeling met andere grote infrastructurele werken.

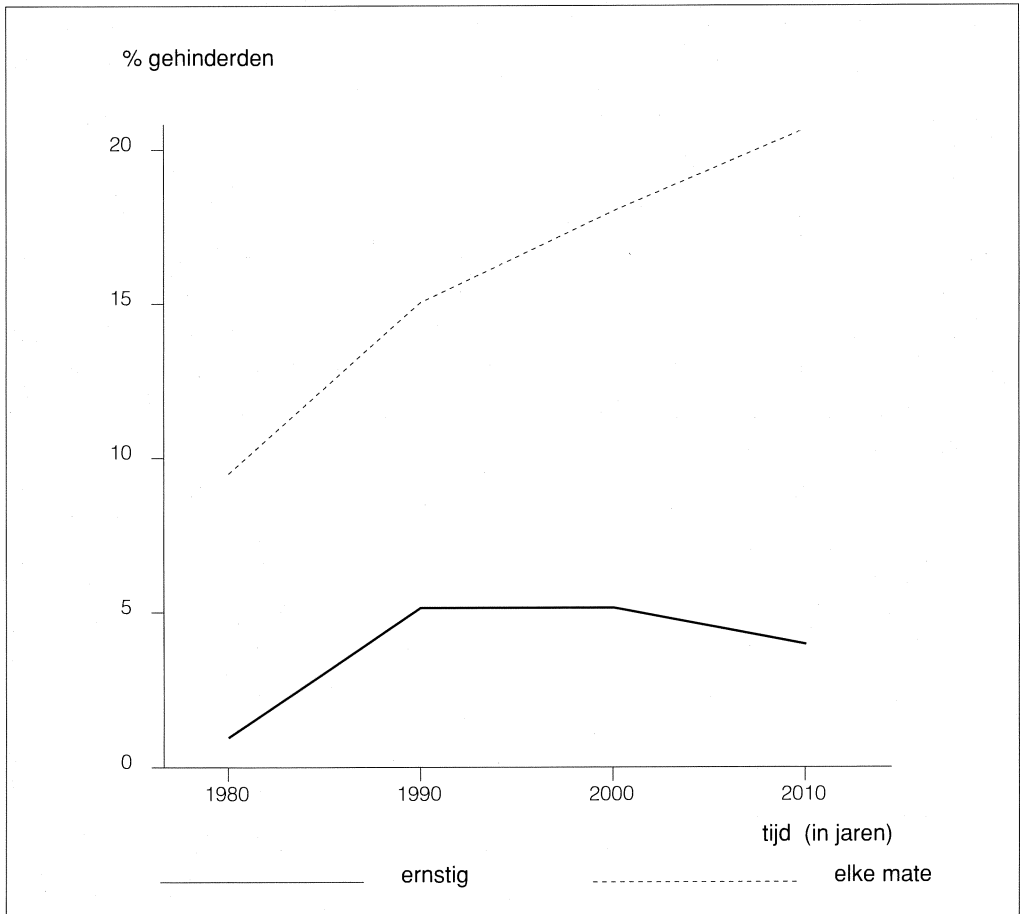
Thans hebben ongeveer 30.000 woningen een geluidsbelasting hoger dan 65 dB(A) door raillawaai. Deze woningen zullen door middel van afscherming en gevelisolatie gesaneerd worden.

Door de vermelde ontwikkelingen en maatregelen zal de hinder door raillawaai na een lichte stijging ongeveer constant blijven op een niveau van 4% van de Nederlandse bevolking.

Industrie en bedrijfsactiviteiten

De industrieën die geluidshinder veroorzaken zullen tot 2010 met ongeveer 25% groeien. Het is dan ook te verwachten dat zonder maatregelen het huidige hinderniveau evenredig zou groeien. Zo'n eenvoudige extrapolatie is echter niet geoorloofd. Een betrekkelijk gering gedeelte van de industriële activiteiten valt onder de Wet geluidshinder (de zogenaamde A-inrichtingen). Het gaat dan om zo'n 1100 inrichtingen waarvan bekend is op welke bedrijfsterreinen ze zich bevinden. Voor de overige bedrijfsactiviteiten is zo'n beeld niet beschikbaar zodat moeilijk extrapolaties naar de toekomst te maken zijn. Het aantal woningen dat een geluidsbelasting van meer dan 50 dB(A), de voorkeurswaarde, ontvangt bedraagt naar schatting ruim 150.000, waarvan ca. 72.000 een geluidsbelasting ontvangen van meer dan 55 dB(A), de saneringswaarde van de Wet geluidshinder. Hier zal in principe sanering plaats vinden door hoofdzakelijk bronmaatregelen. Waar slechts gevelmaatregelen mogelijk blijken, zullen hogere belastingsniveaus van 60 tot 65 dB(A) geaccepteerd moeten worden. In het kader van de zonering van de bedrijfsterreinen waarop de A-inrichtingen zich bevinden, of in de toekomst worden gesitueerd, zijn

maatregelen mogelijk door geluidsvoorschriften op te nemen in te verlenen vergunningen. Door de vermelde maatregelen kan de geluidshinder veroorzaakt door A-inrichtingen met ongeveer 30% dalen. De totale hinder door industrielawaai kan echter stijgen door de overige industriële inrichtingen waar geen saneringsmaatregelen worden genomen. De hinder zal ongeveer gelijk blijven zijnde 15% van de Nederlandse bevolking waarvan 3% ernstige hinder.



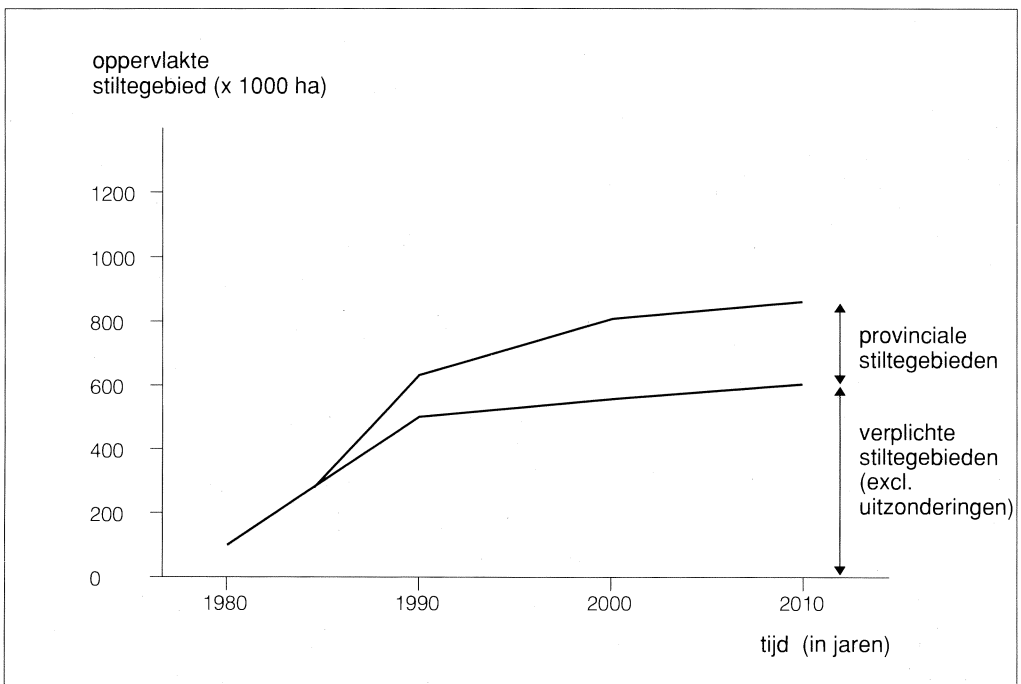
Percentage van de bevolking dat ernstige hinder en hinder in enige mate ondervindt van de industrie en bedrijfsactiviteiten bij vastgestelde maatregelen. (bron: DGM)

Disco's, horecabedrijven en sport- en recreatievoorzieningen veroorzaken eveneens overlast in de woon- en leefomgeving. Ongeveer 14% van de Nederlandse bevolking wordt hierdoor gehinderd waarvan 4% ernstig. De toekomstige ontwikkeling daarvan is moeilijk in te schatten, maar een zekere toename is te verwachten door het toenemen van de vrije tijd. Hierdoor kan een confrontatie ontstaan tussen rustzoekers en vertierzoekers. Daarbij moet ook gedacht worden aan inrichtingen voor

lawaaisporten zoals motorcrossen, modelvliegen en sportschieten. In toenemende mate blijken ook mobiele lawaaibronnen (industrieel, hobby en recreatief), alsmede sloop- en bouwactiviteiten aanleiding te geven tot hinder in de woonomgeving. In het kader van gemeentelijke verordeningen kunnen gemeenten preventief optreden tegen deze vormen van overlast. Op rijksniveau worden voor bepaalde (de lawaaigste) toestellen typekeuringsgrenswaarden en (geluid-)aanduidingsvoorschriften vastgesteld, veelal op grond van EG-richtlijnen. Gesteund door gericht technologisch onderzoek en voorlichting wordt bevorderd dat met name bij noodzakelijk gebruik nabij woningen of tijdens de nacht- en avondperiode extra stille typen toestellen worden ingezet.

Stiltegebieden

Het aanwijzen van gebieden als stiltegebied is een taak van de provincies. De provincies wijzen op basis van (stille)recreatie- en natuurbehoudsoverwegingen ook zelfstandig stiltegebieden aan. Naar schatting gaat het hier in totaal om ca. 150.000 ha (per 1 juli 1988). Naar verwachting zullen door de provincies in de komende jaren nog zo'n 100.000 ha worden aangewezen. De Wet Geluidshinder kent als verplichte stiltegebieden de beschermde natuurgebieden, de "wetlands" en de nationale parken. De omvang van deze categorieën, inclusief de Waddenzee en de



Ontwikkeling van het areaal stiltegebieden bij vastgestelde maatregelen.

Bron: DGM

Oosterschelde, bedraagt ca. 540.000 ha volgens een raming van 1982. Vanwege de aanwezigheid van permanente en moeilijk te beïnvloeden geluidsbronnen zou ca. 10% van dit areaal van aanwijzing tot stiltegebied uitgezonderd moeten worden. Voorts is er naar schatting 700.000 ha gebied, dat op grond van het gebruik (recreatie) stiltebehoevend is. Ongeveer een kwart van dit areaal voldoet niet aan de aan stiltegebied gestelde eisen.

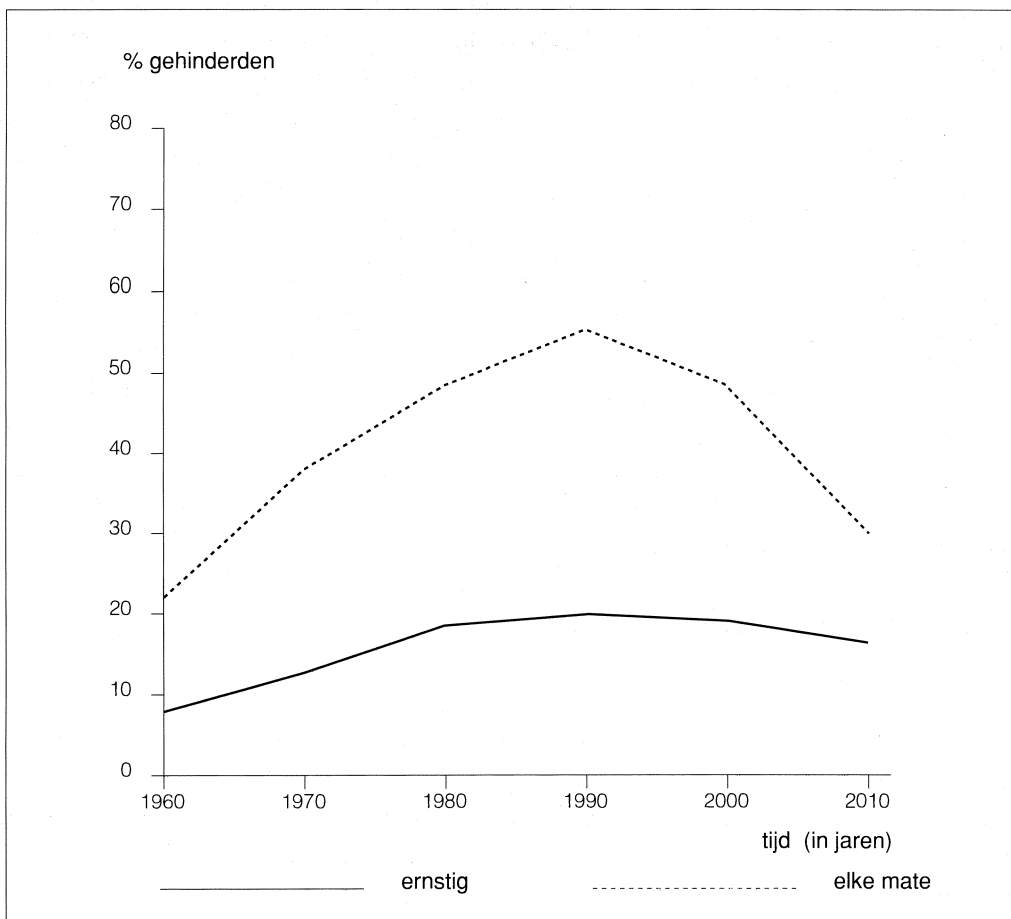
De aanwijzing van gebieden tot natuurgebied, "wetland" en nationaal park zet zich in gestaag tempo voort. Bij de vastgestelde maatregelen zullen de "uitzonderingsgebieden" echter een toenemend deel van dit areaal gaan beslaan. De omvang van stiltebehoevend (recreatie)gebied zal toenemen, maar het areaal dat werkelijk stil is zal in de toekomst naar verhouding kleiner zijn dan nu. Dit als gevolg van met name de toename van wegverkeer (bestaande en nieuwe wegen), de toename van luchtvaartverkeer, maar ook door toename van lawaaige vormen van recreatie en snelheidssporten (motorcross, speedboten, rally's).

De ontwikkeling bij extra maatregelen

Wegverkeer

In aanvulling op de vastgestelde maatregelen worden de volgende extra maatregelen mogelijk geacht. Na 1990 vangt het railverkeer de toenemende mobiliteit op ten koste van het autoverkeer. De groei van het autoverkeer wordt ten opzichte van 1985 tot nul beperkt. De gewijzigde preventieregeling leidt tot een restrictiever ontheffingsbeleid, zowel in aantal als in hoogte. In totaal 750.000 woningen zullen tot 2010 extra gesaneerd worden.

Het hinderniveau zal vanaf 1990 met 60% afnemen ten opzichte van het niveau bij de vastgestelde maatregelen. Het deel van de bevolking dat ernstige hinder ondervindt is met 15% lager dan bij de vastgestelde maatregelen.



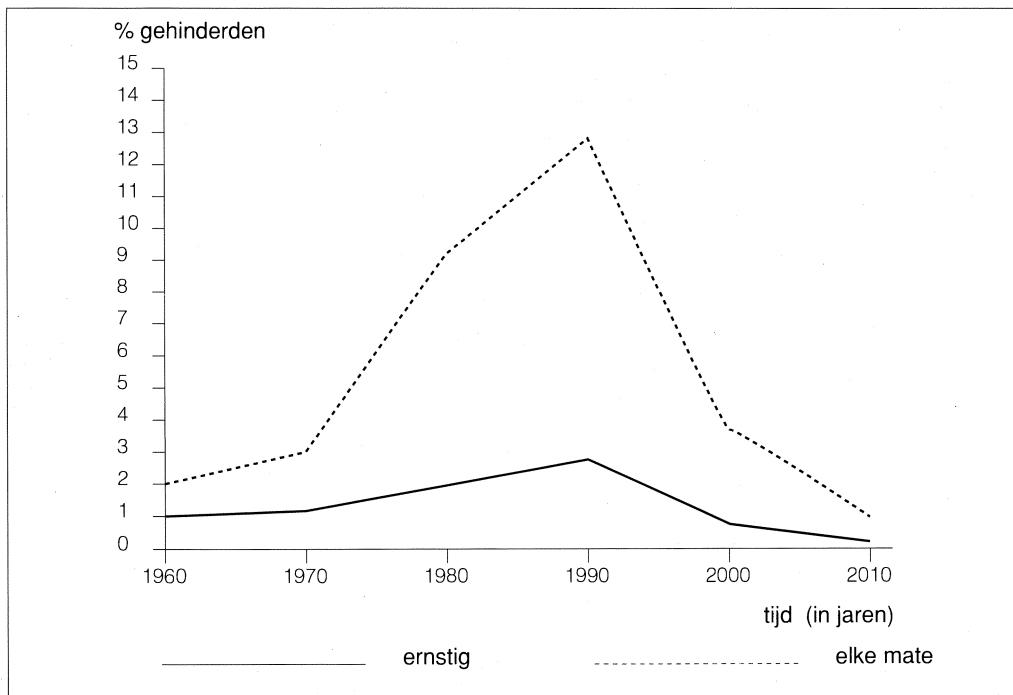
Percentage van de bevolking dat ernstige hinder en hinder in enige mate ondervindt door het wegverkeer bij extra maatregelen.

(bron: DGM)

Luchtvaart

Om het luchtvaartlawaai verder te bestrijden zullen scherpere eisen aan de bronbestrijding gesteld worden. Een reductie van de emissie van de civiele luchtvaart vanaf 1995 met 8 dB(A) wordt voorzien hetgeen tot een emissiereductie van 10 KE leidt uitgaande van een beperkte groei van het totale luchtverkeer. Vanaf datzelfde jaar is het gebruik van vliegtuigen die niet aan de strengste geluidseis voldoen in Nederland verboden. Voor kleine luchtvaart geldt een 5 dB(A) scherpere grenswaarde en Ultra lichte vliegtuigen zijn niet meer toegestaan. Vanaf 1993 geldt een algeheel verbod voor nachtvluchten met een ontheffingsmogelijkheid tot maximaal 5% van het totale verkeer met een bovengrens van 5000 nachtelijke bewegingen per jaar. De ontheffingsmogelijkheden voor nieuwbouw binnen de 35 KE zone worden beperkt.

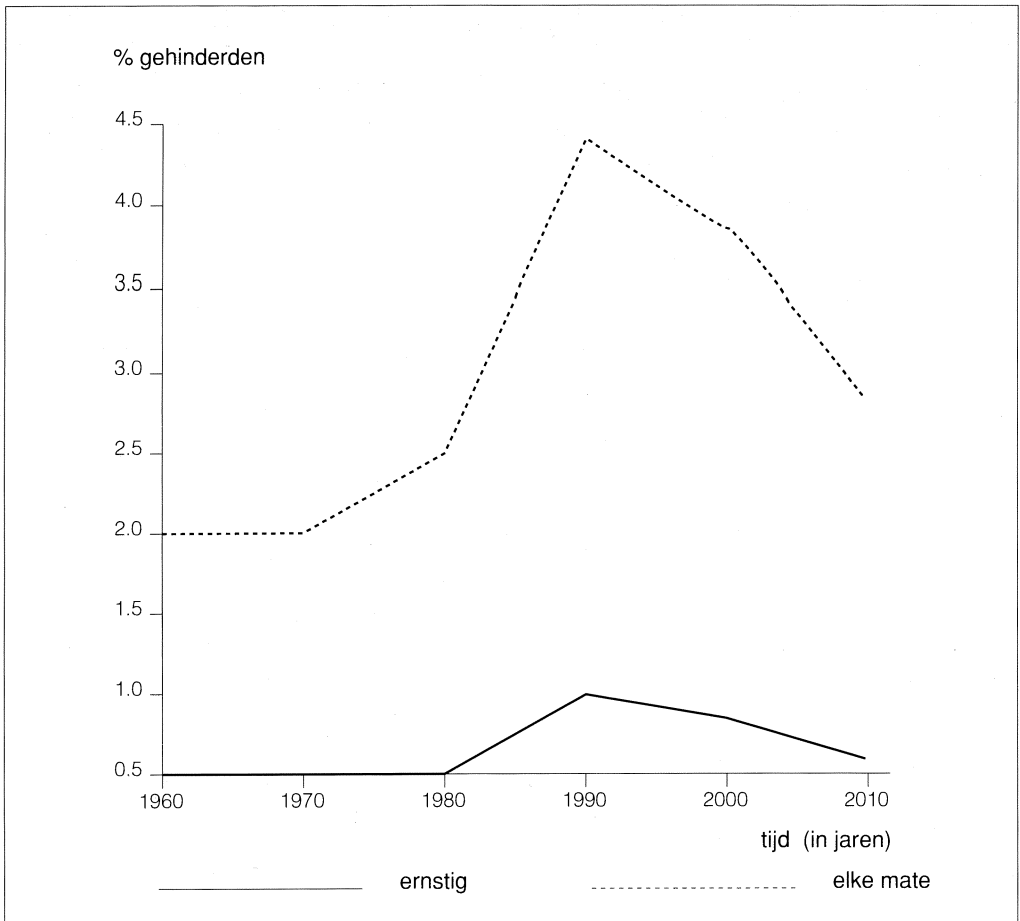
Door deze maatregelen daalt de hinder als gevolg van de civiele luchtvaart tot een verwaarloosbaar niveau. Dan resteert echter nog de hinder die veroorzaakt wordt door de overige luchtvaart. Door maatregelen als reductie van het aantal militaire laagvliegoperaties en de ontwikkeling van stillere motoren met 5 dB(A) reductie kan het totale hinderniveau dalen tot 20 à 30 % van de bevolking.



Percentage van de bevolking dat ernstige hinder en hinder in enige mate ondervindt door de civiele luchtvaart bij extra maatregelen. (bron: DGM)

Railverkeer

Om de effecten van recent gepresenteerde plannen rond de ontwikkeling van het spoorwegverkeer (Rail 21) te bezien is verondersteld dat het aantal reizigerskilometers zal verdubbelen. Dit heeft een positief effect op de hinder door verkeerslawaai door de verminderde automobiliteit. Door de grotere vervoersprestatie van de spoorwegen is het effect op de hinder door raillawaai echter negatief. Er zijn compenserende maatregelen denkbaar bestaande uit gericht extra onderhoud van wielen en rails en het bevorderen van stiller spoorwegmaterieel, zoals goederenwagens met schijfremmen en stillere spoorbanen zoals de vervanging van stalen bruggen nabij woningen en het beperken van het goederenvervoer 's nachts op gevoelige trajecten. De verwachting is dat door de geschetste ontwikkelingen en maatregelen de hinder door raillawaai eerst zal stijgen doch na 1990 zal dalen tot het huidige niveau.



Percentage van de bevolking dat ernstige hinder en hinder in enige mate ondervindt door het railverkeer bij extra maatregelen.

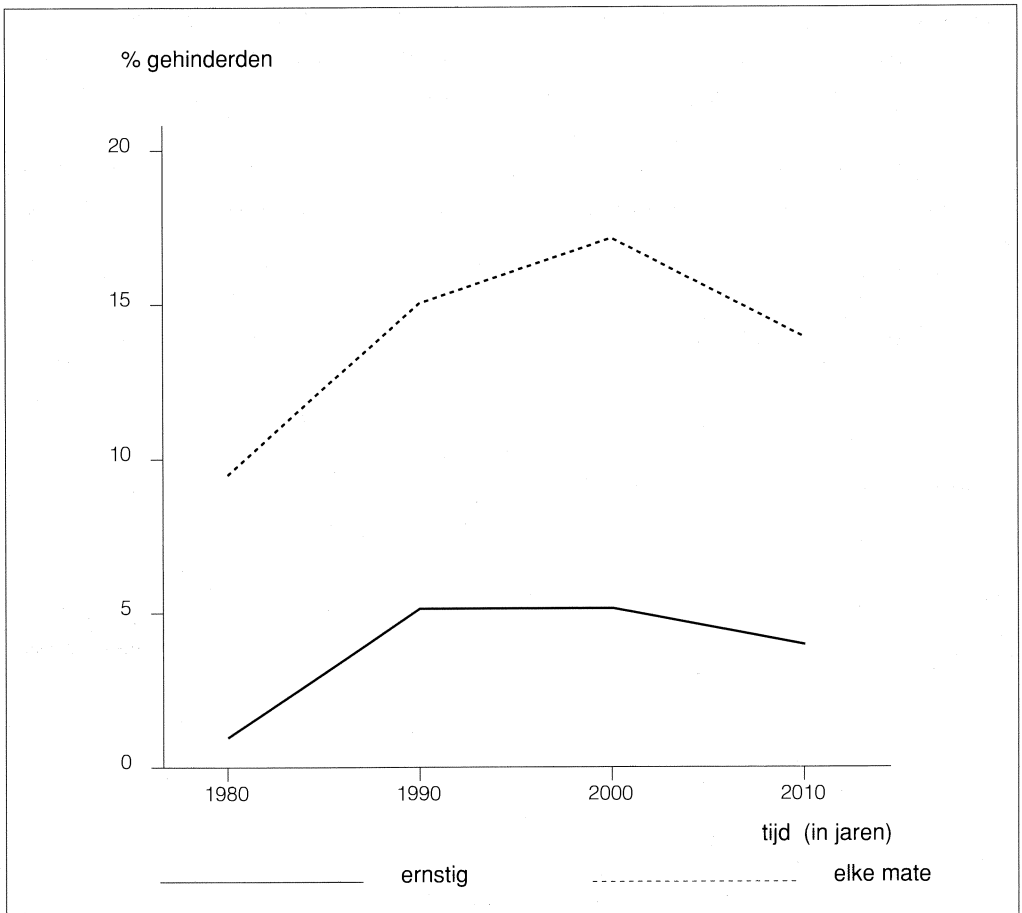
(bron: DGM)

Industrie en bedrijfsactiviteiten

De geluidshinder als gevolg van bestaande en nieuw op te richten A-inrichtingen (grote industriële lawaaibronnen) zal verder worden beperkt door aanscherping van het sanerings- en preventiebeleid, dat wil zeggen minder woningen binnen geluidszones en versnelde vervanging lawaaige installaties. Tevens zullen voor nieuwe vestigingen nabij woningen strengere geluidseisen gelden. Voor de overige industriële en bedrijfsactiviteiten die thans een belangrijk deel van de hinder in de woonomgeving veroorzaken, worden met name in het kader van de stadsvernieuwing maatregelen getroffen die leiden tot verplaatsing van bedrijven naar minder kwetsbare gebieden of verscherpte bronreductie. Wanneer de lokatie of betrokken bedrijven hiertoe aanleiding geven zal een integrale benadering van de verschillende lokale milieu-aspecten (geluid, stank, gevaar voor calamiteiten, trillingen, waterverontreiniging) de

voorkeur verdienen. Gemeenten zullen ter bestrijding van overlast van recreatie- en horecabedrijven zich in sterkere mate richten op sanering van bedrijven op ongewenste lokaties en een gericht politietoezicht op bezoekers.

Een toestellenbeleid wordt gerealiseerd dat strenge geluideisen introduceert voor de lawaaigste mobiele geluidsbronnen die gebruikt worden bij bouw-, sloop- en transportactiviteiten. Hierdoor wordt de totale hinder met ongeveer 25% gereduceerd doch de ernstige hinder daalt nauwelijks.



Percentage van de bevolking dat ernstige hinder en hinder in enige mate ondervindt van de industrie en bedrijfsactiviteiten bij extra maatregelen.

(bron: DGM)

Stiltegebieden

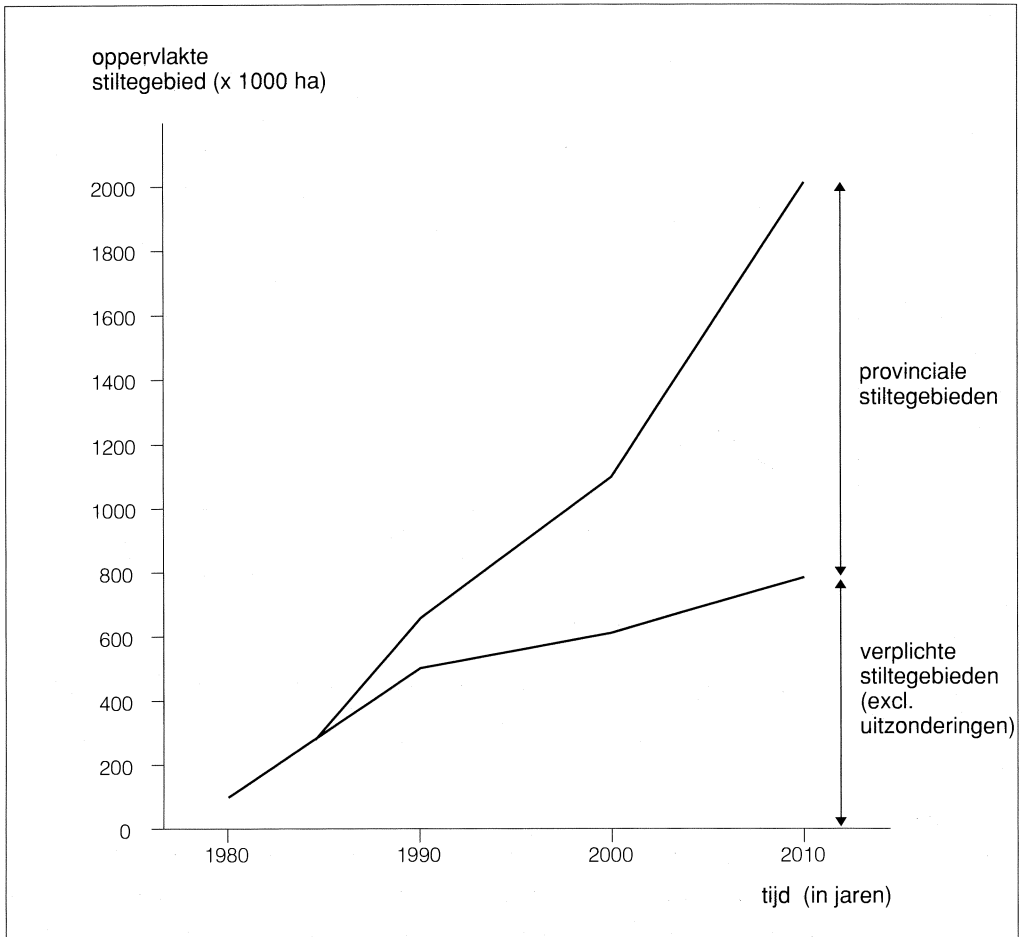
Voor de toekomst is het van groot belang dat het bestaande areaal stiltegebieden gehandhaafd kan blijven (stil blijft, ook bij een algemene toename van de verkeers- en recreatiedruk) en dat met name het aantal stiltegebieden in de dichtbevolkte delen van Nederland (Randstad) nog

aanzienlijk uitgebreid wordt. Dit is te meer van belang nu juist op andere beleidsterreinen (zoals de ruimtelijke ordening) in de Randstad een aantal dynamische ontwikkelingen verwacht wordt zoals een hoogwaardig vestigingsmilieu voor bedrijven en woningen en Nederland als distributieland.

De extra maatregelen om deze doelen te realiseren zijn:

- extra maatregelen (aan bronnen en in de overdracht) om het mogelijk te maken, vooral in de Randstad, het aantal stiltegebieden uit te breiden;
- extra bron- en overdrachtmaatregelen om voor bestaande of potentiële stiltegebieden de versturende werking van bronnen terug te dringen zodat bij stiltegebieden minder "uitzonderingssituaties" voorkomen vanwege lawaaige bronnen nabij of binnen die gebieden.

Bij deze twee categorieën gaat het vooral om bronnen die buiten het stiltegebied liggen, maar invloed hebben op het stiltegebied. Daarnaast



Oppervlakte landelijk gebied met de functie van stiltegebied bij extra maatregelen.

(bron: DGM)

zijn er nog extra maatregelen nodig om de geluidshinder in het gebied zelf terug te dringen, zoals de hinder veroorzaakt door landbouw- en bosbouwwerktuigen.

7.3 Verstoring door stank

Probleemschets

Een groot aantal maatschappelijke activiteiten draagt aan de stankhinder bij. De belangrijkste sectoren zijn de intensieve veehouderij, een groot aantal bedrijfsgroepen in de voedingsmiddelenindustrie en in de chemische industrie, de raffinaderijen, het wegverkeer en de rioolwaterzuiveringsinstallaties. Een groot aantal andere bedrijfsoorten kunnen plaatselijk tot aanzienlijke hinder aanleiding geven. In bijna alle gevallen bestaan de geuremissies uit "cocktails", die tientallen en soms honderden stoffen bevatten, waarvan de individuele bijdragen aan het stankprobleem onbekend zijn. Bij de intensieve veehouderij, bijvoorbeeld, is het niet alleen de ammoniakemissie, die de stankoverlast veroorzaakt. In slechts enkele gevallen zijn afzonderlijke stoffen als geurbron aan te wijzen, zoals tetrachlooretheen uit chemische wasserijen.

Stankhinder heeft een korte termijnkarakter. Zodra de geurbron wordt weggenomen zijn ook de effecten verdwenen. Stankhinder treedt daarom vooral op lokale schaal op soms op regionaal niveau. Stankhinder heeft een continu karakter, indien ze het gevolg is van permanente bedrijvigheid in normale omstandigheden. Soms treden daarin seizoenfluctuaties op. Incidentele stankhinder kan ook ontstaan na calamiteiten of als gevolg van permanente geuremissies onder bijzondere omstandigheden, zoals bepaalde weertypen. Als maat voor het stankhinderprobleem is gekozen voor het aantal stankbelaste woningen.

Gestreefd wordt naar een reductie van stankbelaste woningen met 50-75% van het niveau in 1985.

Voorspellingsmethode

Er zijn slechts gegevens beschikbaar over het aantal gehinderden door stank. De relatie tussen het aantal stankbelaste woningen en het aantal gehinderden is niet goed bekend. Voor een, overigens niet erg nauwkeurige, omrekening zijn de volgende veronderstellingen gehanteerd:

- De woningbezetting bedraagt gemiddeld twee personen van 18 jaar en ouder
- In plattelandsgemeenten zijn industriële geuren van ondergeschikt belang in vergelijking met de geuremissies van de intensieve veehouderij

- In verstedelijkte plattelands- en forensengemeenten dragen industriële geuren en geuren van de intensieve veehouderij in gelijke mate bij aan de stankhinder.
- In steden zijn geuren van de intensieve veehouderij niet van belang.

De toekomstige omvang van het stankhinderprobleem is afhankelijk van het aantal woningen dat er in 2010 zal zijn en van de ontwikkeling van de maatschappelijke activiteiten, die geuremissies veroorzaken. In een aantal gevallen werken toekomstige ontwikkelingen op andere beleidsterreinen door in de omvang van het stankhinderprobleem. De resultaten van de scenario's voor de intensieve veehouderij, de industrie en het wegverkeer zijn uitgangspunten voor de gepresenteerde stankhinderscenario's.

De factoren die de omvang van de geuremissies bepalen zijn de intensiteit van de emitterende processen en de technische ontwikkelingen, die tot een beperking van deze emissies leiden. Vanwege het lokale karakter van het stankhinderprobleem is uit de ontwikkeling van industriële activiteiten op nationale schaal slechts tentatief de verandering van de geuremissies te ramen. Datzelfde geldt voor de effecten van maatregelen en de kosten ervan. Verondersteld is dat de toename van de industriële bedrijvigheid, zoals die uit het economisch scenario volgt, tot een zelfde toename van de geuremissies zal leiden. Tweederde deel van de geuremissies wordt geacht afkomstig te zijn uit de chemische industrie en eenderde deel uit de voedingsmiddelenindustrie. De mate van hinder wordt vervolgens bepaald door de omvang van de geuremissies en de afstand van de bron tot de woningen. Vanwege het non-lineaire verband tussen emissies en hinder is aangenomen, dat elke verandering in emissies voor de helft doorwerkt in de omvang van het aantal stankbelaste woningen.

De inzet van maatregelen in beide scenario's moet als indicatief worden beschouwd. Het beleid heeft zich met name gericht op het vaststellen van geurnormen die zullen worden gehanteerd in situaties met stankhinder. Hoewel beleidsdoelen zijn geformuleerd, ontbreekt vooralsnog een exact "maatregelenpad" per bedrijfstak op nationale schaal, dat nodig is om die doelen te bereiken. De uitvoering van het beleid is een taak van de lagere overheden.

Huidige situatie

De omvang van de hinder door stank blijkt uit enquêtes onder Nederlanders van 18 jaar en ouder. In totaal wordt 19% van hen door stank gehinderd; 12% door de industrie en de landbouw en 7% door het verkeer. Hierbij is geen rekening gehouden met de overigens geringe overloop in de hinder van de

verschillende geurbronnen. De industrie is de grootste veroorzaker van stankhinder, gevolgd door het wegverkeer en de landbouw. Binnen de industrie zijn met name de chemie en de voedingsmiddelenindustrie verantwoordelijk.

Hinder ten gevolge van verkeer en industriële bronnen (inclusief landbouw) in percentages van het totale aantal Nederlanders van 18 jaar en ouder in 1985.

Woongebied	Inw. %	Geurgehinderden		
		Totaal	Ind.+ Landb.	Verkeer
Plattelandsgemeenten	11.4	1.7	1.2	0.5
Verstedelijkt platteland	22.5	3.6	2.6	1.2
Forensenplaatsen	14.5	2.0	1.1	0.9
Kleine steden	26.7	5.1	3.5	1.6
Grote steden	13.0	3.3	2.1	1.2
A'dam/R'dam/Den Haag	11.9	3.1	1.4	1.7
Totaal	100	19	12	7

Het aantal stankbelaste woningen in de huidige situatie is relatief het grootst in de grote steden en zowel relatief als absoluut het kleinst in plattelands- en forensengemeenten. Het gaat in totaal om ongeveer 1 miljoen woningen.

Aantallen stankbelaste woningen/wooneenheden (in 1000-tallen), afgeleid van het aantal stank gehinderden.

Woongebied	Aantal woningen (x 1000)	Geurbelaste woningen/wooneenheden			
		Totaal	Industrie	Landbouw	Verkeer
Plattelandsgemeenten	600	88.4	-	62.4	26.0
Verstedelijkt platteland	1200	197.6	67.6	67.6	62.4
Forensenplaatsen	700	104.0	28.6	28.6	46.8
Kleine steden	1400	265.2	182.0	-	83.2
Grote steden	700	171.6	109.2	-	62.4
A'dam/R'dam/Den Haag	600	161.2	72.8	-	88.4
Totaal	5200	988	460	159	369

De ontwikkeling bij vastgestelde maatregelen

Voor het ramen van de aantallen belaste woningen in de toekomst is situering van nieuw te bouwen woningen in de scenarioperiode van belang. Vanaf 1995 zal zonering worden toegepast om stankhinder te voorkomen. Nieuwe woningen, die na 1995 zullen worden gebouwd, zullen nagenoeg geen stankhinder van de landbouw en de industrie mogen ondervinden. Dit aantal is geraamd op de helft van het totale nieuwbouwprogramma van 1985 tot 2010, te weten 950.000 woningen.

Het effect van de voorgenomen zonering is een afname van het aantal belaste woningen van 19% van het totale bestand in 1985 naar 17% in 2010. Het aantal belaste woningen in absolute zin neemt toe met ruim 0,2 miljoen.

De vastgestelde maatregelen met betrekking tot ammoniakemissies uit de landbouw (zie hoofdstuk 4.3) en emissies van reactieve koolwaterstoffen (VOS) door het wegverkeer en de industrie (zie hoofdstuk 4.2.) zullen tot de reductie van de stankhinder bijdragen.

De vastgestelde maatregelen voor ammoniak uit de landbouw voorziet een daling van de emissies van 243 kton in 1985 tot 155 kton in 2010. Deze reductie betekent een afname van het aantal woningen in 2010 dat stankhinder van de landbouw ondervindt met 20-25% tot 143.000.

Door de vastgestelde maatregelen dalen de emissies van VOS door het verkeer van 201 kton in 1985 tot 181 kton in 2010, een reductie van 10%.

De bestrijding van de geuremissies in de industrie zal zich concentreren op de voedingsmiddelenindustrie en de chemische industrie. Het produktievolume van de voedingsmiddelenindustrie neemt tot 2010 toe met 60%, zodat ook de geuremissies met 60% zullen stijgen. Het "Koolwaterstoffen 2000"-plan voorziet in reducties van de VOS-emissies in de chemische en in andere industrieën van 198 kton in 1985 tot 146 kton in 2010, een reductie van 26%. In combinatie met de groei van de voedingsmiddelenindustrie en volgens de relatieve bijdragen van beide branches aan de totale industriële geuremissies is er per saldo in 2010 een toename van de geuremissies van 2,5%, waardoor het aantal belaste woningen met 1 à 2% zou toenemen. Gezien de onzekerheden in het scenario is de toename op nihil gesteld.

In aanvulling hierop zou het specifieke stankhinderbeleid voor additionele reducties van de stankhinder moeten zorgdragen. Aangezien geen informatie beschikbaar is over het doorvoeren van concrete bestrijdingsmaatregelen, voornamelijk omdat de uitvoering van het beleid een taak van de lagere overheden is, wordt aangenomen dat de stankhinder door de industrie ongewijzigd blijft.

In totaal zullen er volgens dit scenario in 2010 ruim 1,1 miljoen stankbelaste woningen zijn. Dat is ruim 16% van het totaal aantal woningen in dat jaar. Ten opzichte van 1985 stijgt het aantal stankbelaste woningen met ongeveer 10%.

Aantallen stankbelaste woningen naar urbanisatiegraad in 2010, bij vastgestelde maatregelen.

Woongebied	Aantal woningen x 1000	Stankbelaste woningen			
		Totaal	Industrie	Landbouw	Verkeer
Platteland	800	90		55	35
Verstedelijkt					
platteland	1700	232	82	62	88
Forensenplaatsen	950	124	34	26	64
Kleine steden	1900	320	215		105
Grote steden	950	207	129		78
A'dam/R'dam					
Den Haag	800	191	85		106
Totaal	7100	1164	545	143	476

De ontwikkeling bij extra maatregelen

Alle nieuwe woningen, die na 1995 zullen worden gebouwd, zullen door zonering van de landbouw en de industrie nagenoeg geen stankhinder ondervinden. Van de nieuw te bouwen woningen zal slechts de helft zodanig zijn gesitueerd, dat het verkeer daar nog stankoverlast kan veroorzaken. Deze zonering betekent een reductie van het aantal belaste woningen tot bijna 15% van het totale woningbestand.

Het extra maatregelen voor ammoniak uit de landbouw voorziet een daling van de emissies van 243 kton in 1985 tot 67 kton in 2010. Deze reductie van bijna 80% betekent een afname van het aantal woningen in 2010 dat stankhinder van de landbouw ondervindt met 35-40%.

Door extra maatregelen dalen de emissies van VOS door het verkeer van 201 kton in 1985 tot 98 kton in 2010, een reductie van ruim 50%. Het aantal stankbelaste woningen is daardoor 25% kleiner.

De doelstelling van het specifieke stankhinderbeleid volgens het scenario

met extra maatregelen is de reductie van het huidige aantal door geuremissies van de industrie belaste woningen tot een kwart, dus tot 115.0000 woningen.

De geuremissies van de voedingsmiddelenindustrie nemen tot 2010 toe met 60%. Het "Koolwaterstoffen 2000"-plan voorziet in reductie van de VOS-emissies in de chemische en in andere industrieën van 198 Kton in 1985 tot 75 kton in 2010, een reductie van 60%. Rekeninghoudend met de groei van de voedingsmiddelenindustrie en volgens de relatieve bijdragen van beide branches aan de totale industriële geuremissies is er per saldo in 2010 een afname van de geuremissies van 20%. Het aantal belaste woningen zal dan met 10%, of 46.000 woningen afnemen.

Om de reductiedoelstelling van 50-75% ten opzichte van 1985 te realiseren zal het specifieke stankhinderbeleid voor een additionele reductie van het aantal stankgehinderde woningen met 0,3 miljoen moeten zorgdragen. Er bestaan diverse maatregelen om geuremissies te bestrijden. Qua type techniek zal naar verwachting in de voedingsmiddelenindustrie de nadruk liggen op biofiltratie. In de chemische industrie worden de diverse technieken in gelijke mate toegepast.

Verhouding waarin maatregelen ter bestrijding van geuremissie, genomen kunnen worden in de huidige situatie (schattingen in verband met het ontbreken van exacte informatie).

	Proces- geïntegreerd	Biofiltratie	Actieve kool	Naverbranding
Voedingsmiddelen en vergelijkbare industrie	20%	60%	10%	10%
Chemische en vergelijkbare industrie	30%	10%	30%	30%

In totaal zullen er volgens dit scenario in 2010 ruim 0,5 miljoen stankbelaste woningen zijn. Dat is de helft van het stankhinderniveau in 1985.

Aantallen stankbelaste woningen naar urbanisatiegraad in 2010, bij extra maatregelen.

Woongebied	Aantal woningen x 1000	Stankbelaste woningen			
		Totaal	Industrie	Landbouw	Verkeer
Platteland	800	60		37	23
Verstedelijkt					
platteland	1700	116	17	41	58
Forensenplaatsen	950	65	7	17	41
Kleine steden	1900	120	46		74
Grote steden	950	83	27		56
A'dam/R'dam					
Den Haag	800	95	18		77
Totaal	7100	539	115	95	329

7.4 Luchtverontreiniging in binnensteden

Probleemschets

In het centrum van steden zijn de concentraties van stoffen die ontstaan ten gevolge van verbrandingsprocessen (verkeer, ruimteverwarming) door de daar heersende hoge emissiedichtheid over het algemeen hoger dan de landelijk gemeten concentraties. Gemiddeld genomen zijn de concentraties een factor 2 hoger. In de buurt van bronnen (bijv. drukke verkeerswegen) kan de verhoging een factor 10 bedragen. Door de grote variatie in concentratieniveau's op een betrekkelijk klein gebied (enkele kilometers) zijn de precieze niveau's waaraan de stadsbewoners worden blootgesteld moeilijk te beschrijven.

De voetgangers op de trottoirs vormen naast de fietsers en de automobilisten, de grootste risicogroep. Vooral verbrandingsproducten die bij kortdurende blootstelling al effecten veroorzaken (CO, NO₂, formaldehyde) zijn hierbij van belang. Een andere risicogroep zijn de bewoners van de woningen nabij deze wegen. Ten opzichte van de voetgangers worden zij aan enigszins lagere concentraties blootgesteld. Naast de stoffen die bij kortdurende blootstelling al effecten te zien geven, zijn voor deze bewoners met name de stoffen die bij langdurige blootstelling schadelijk kunnen zijn (benzeen, lood en benz(a)pyreen) van belang.

Opgemerkt kan hierbij worden dat bij overschrijding van de grenswaarden niet gezegd is dat dan effecten zullen optreden. Meestal is bij de formulering van een grenswaarde nog rekening gehouden met een veiligheidsfactor.

Momenteel zijn in Nederland luchtkwaliteitsnormen voor SO₂, zwevende deeltjes, CO, lood en NO₂ van kracht. Tezamen met een aantal voor het verkeer belangrijke stoffen, waarvoor (ontwerp)grenswaarden bekend zijn, leidt dit tot de volgende referentieniveau's:

- Koolstofmonoxide (CO)	6000	µg/m ³	98 Percentiel 8-uursgemiddelden
- Stikstofdioxide (NO ₂)	135	µg/m ³	98 Percentiel 1-uursgemiddelden
- Lood (Pb)	0.5	µg/m ³	jaargemiddelde
- Zwarte Rook	90	µg/m ³	98 Percentiel 24-uursgemiddelden
- Formaldehyde	40	µg/m ³	98 Percentiel 24-uursgemiddelden
- Benzeen	10	µg/m ³	jaargemiddelde
- Benz(a)pyreen	5	ng/m ³	jaargemiddelde

De ontwerp grenswaarde voor formaldehyde komt overeen met de binnenluchtnorm van 120 µg/m³ als maximum 1/2-uursgemiddelde. Deeltjesvormige PAK verbindingen als benzo(a)pyreen vormen onder meer een bestanddeel van zwarte rook.

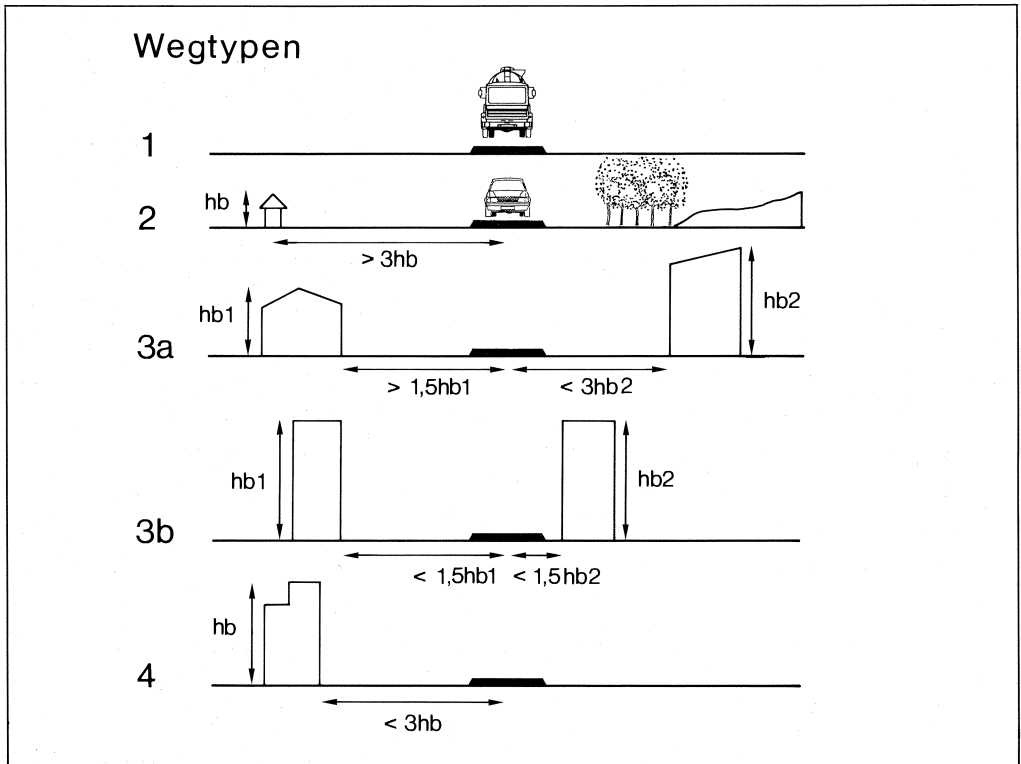
In verband met de te verwachten emissievermindering per auto door het "schone" auto beleid en het gebruik van katalysatoren zijn voorlopig (tot het jaar 2000) voor CO en NO₂ nabij drukke verkeerswegen hogere concentraties toegestaan. Voor CO bedraagt de tijdelijk verhoogde grenswaarde 15.000 µg/m³ tot 1992 en voor NO₂ 160 µg/m³ tot 1992.

Vergelijking met deze referentiewaarden vindt zowel plaats voor trottoirs als voor de gevels van woningen. Het laatste is van belang omdat verontreinigingen via de gevel het binnenmilieu kunnen bereiken. Voor deeltjesvormige componenten (zwarte rook, lood, benz(a)pyreen) geldt overigens dat slechts 40% van de buitenluchtconcentratie in de woningen terecht komt.

Voorspellingsmethode

Door metingen in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM op 5 stadsstations kan voor een aantal stoffen (NO₂, CO, O₃, NO_x, SO₂) het gemiddelde stadsachtergrondniveau afhankelijk van de grootte van de stad (in km) bepaald worden. Voor de "hot spots" in de binnensteden, de drukke verkeerswegen, is een luchtverspreidingsmodel CAR (Calculation of Airpollution from Roadtraffic) ontwikkeld (v.d. Hout en Baars, 1988). In het CAR-model wordt de totale emissie van het verkeer in een straat

verkregen uit het aantal voertuigen per etmaal, de gemiddelde snelheid van het verkeer en de emissie per voertuig. Voor de emissie wordt onderscheid gemaakt naar personenwagens in de vorm van een gewogen emissie van diesel-, LPG- en benzinevoertuigen en overig verkeer (onder andere vrachtverkeer en bussen). De luchtkwaliteit op het trottoir kan nu uit deze totale emissie worden berekend. Hiervoor wordt aan de straat in kwestie een weg- en bebouwingstype toegekend.



Gebruikte wegtyperingen in het model Calculation of Airpollution from Roadtraffic (CAR). (bron: RIVM)

Met het wegtype en de afstand van het receptorpunt (bijv. een trottoir) tot aan de weg kan een verdunningsfactor worden vastgesteld. Deze verdunningsfactor, tezamen met een bomen- en regiofactor (voor het verdisconteren van verschillen in gemiddelde windsnelheid), levert het concentratieaandeel van het lokale verkeer op. Voor de bepaling van de totale concentratie wordt hierbij de (stads-) achtergrondconcentratie opgeteld. Omdat het moeilijk is de invloed van de weersomstandigheden en andere parameters op de uiteindelijke verspreiding goed te voorspellen, wordt het model jaarlijks "gecalibreerd", dat wil zeggen aangepast aan de resultaten van metingen die in een 13-tal representatieve verkeerssituaties continu worden verricht in het kader van het Landelijk Meetnet

Luchtkwaliteit. Aldus wordt tevens de vermindering van de emissies door de invoering van de "schone auto" en het van jaar tot jaar optredende verschil in weersomstandigheden verdisconteerd. Voor de bepaling van de NO_2 -concentraties moet rekening worden gehouden met de reactie van NO met ozon. Hiervoor is in het CAR-model een aparte chemische module ingebouwd. De concentratieniveaus kunnen over een afstand van 10 meter al met ca. 40% afnemen. Het concentratieverschil tussen twee wegtypen kan 50% bedragen. Dit geldt niet voor NO_2 in verband met de optredende chemische reacties.

Huidige situatie

In Nederland wordt thans met behulp van het CAR-model geïnventariseerd in hoeveel straten de tijdelijk verhoogde grenswaarde voor NO_2 en CO wordt overschreden. Naast deze inventarisatie worden jaarlijks 20 gemeenten door het rijk in staat gesteld om zogenaamde stadsmilieukaarten te vervaardigen. Hierin worden onder andere de concentratie van CO en NO_2 in de straten van de betreffende gemeente in beeld gebracht. Voor Amsterdam is een dergelijke inventarisatie reeds uitgevoerd en bij de hier gegeven beschrijving wordt daar dan ook vanuit gegaan. Uit de inventarisatie van geluidsoverlast door het wegverkeer, blijkt dat Amsterdam 15% van de overschrijdingen voor zijn rekening neemt. Aangenomen is dat voor het opschalen van de overschrijdingen in Amsterdam naar Nederland de zelfde verhouding mag worden toegepast. De onzekerheid in de aldus verkregen resultaten wordt geschat op 50%.

Het CAR-model neemt een gemiddelde landelijke achtergrondconcentratie aan, die in steden per km bebouwing toeneemt.

Dit resulteert in het aantal straten waar op het trottoir en aan de gevel thans de vermelde referentiewaarden overschreden worden. Ook kan bepaald worden op hoeveel kilometer trottoir en bij hoeveel woningen aan de gevel dit vermoedelijk het geval zal zijn.

Lood, zwarte rook en stikstofdioxide zorgen daarbij voor de grootste bijdrage. Voor de overschrijdingen per stof geldt dat deze elkaar overlappen. Zo zullen bijvoorbeeld in de straten waar de formaldehyde normen worden overschreden, tevens de CO, NO_2 , benzeen en zwarte rook referentiewaarden worden overschreden. Hiermede rekening houdend blijkt dat bij meer dan 250.000 woningen aan de gevel en op meer dan 1.000 km trottoir referentiewaarden worden overschreden. Voor de overschrijdingen van met name zwarte rook, benz(a)pyreen en lood geldt dat deze in de woning pas optreden bij concentraties in de buitenlucht die een factor 2,5 hoger liggen door onder andere adsorptie aan muren en ramen. Binnen de woning

bevinden zich ook bronnen waardoor alsnog een overschrijding kan optreden. Deze worden later in hoofdstuk 7.5 behandeld. Door de introductie van loodvrije benzine heeft de overschrijding van lood sinds 1985 een belangrijke reductie ondergaan.

Achtergrondconcentratie in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ van een negental componenten van belang in binnensteden in 1985, 2000 en 2010 onderscheiden naar de gemiddelde landelijke achtergrond en de toename per km vanaf de rand van de bebouwde kom. (benz(a)pyreen in ng/m^3).

Component	<u>Landelijke achtergrond concentratie</u>			<u>Toename per km vanaf de rand bebouwde kom</u>		
	1985	2000*	2010*	1985	2000*	2010*
CO 98P-8u	1500	850	700	300	170	140
NO _x 98P-1u	220	120	90	55	30	25
O ₃ 98P-1u	95	100	95	-7	-4	-3
NO ₂ 98P-1u	73	60	55	7	4	3
Zwarte rook 98P-24u	55	35	25	8	6	4
Formaldehyde 98P-24u	10	6	5	2.5	1.4	1.
Benzeen gemid.	2.2	1.1	0.88	0.5	0.28	0.
Lood gemid. (1985)	0.15	-	-	0.025	-	-
Lood gemid. (1987)	0.08	0.01	0.01	0.015	0	0
Benz(a)pyreen gemid.	0.55	0.35	0.25	0.12	0.08	0.

* Concentraties zoals verwacht bij maximale bestrijding

De overschrijdingen van referentiewaarden op trottoirs en aan de gevel van woningen in binnensteden in 1985 voor een zevental luchtverontreinigende stoffen als gevolg van wegverkeer.

Component	<u>aantal straten</u>		km trottoir	aantal woningen gevel
	trottoir	gevel		
CO	600	400	220	45000
NO ₂	1700	1200	650	120000
Benzeen	1200	850	450	85000
Lood (1985)	3400	3100	1400	320000
Lood (1987)	1100	700	420	70000
Formaldehyde	300	150	100	15000
Benz(a)pyreen	100	20	40	1000
Zwarte rook	2700	2300	1000	250000

Voor de fietser en de automobilist zijn geen expliciete normen gesteld. Daarom is uitgegaan van de eerder vermelde luchtkwaliteitsnormen. Door TNO is in 1981 (Thijssen en den Tonkelaar, 1987) een uitgebreid onderzoek gestart naar de blootstelling van de automobilist aan CO, NO, NO₂, benzeen, toluen en lood. In totaal werden 4300 ritten uitgevoerd. Uit dit onderzoek blijkt dat met name de benzeenconcentraties hoog op kunnen lopen. Bij de helft van de onderzochte benzineauto's bleek de benzeenconcentratie op te lopen met de temperatuur. Dit wijst op het binnendringen van benzinedampen van de eigen auto. Dit effect werd bevestigd door metingen in auto's op een parkeerplaats op zonnige plaatsen. Bij ritten waar getankt werd lagen de benzeenconcentraties gemiddeld 25% hoger. De verhoging ten opzichte van de buitenluchtconcentratie blijkt een factor 2-8 te bedragen.

Voorkomen van CO, NO₂, benzeen en lood in auto's tijdens testritten van 28 min bij een gemiddelde snelheid van 46 km per uur in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en de verhogingsfactor ten opzichte van de stadsachtergrond.

component	gemiddeld	98-percentiel	maximum	verhogingsfactor ten opzichte van stadsachtergrond
CO	6700	23000	68000	5
NO ₂	77	227	640	1.8
Benzeen	66	263	2500	8
Lood	3.6	9	9.7	5

Naar de blootstelling van de fietser is nog vrij weinig onderzoek gedaan. In Frankfurt am Main werd in de herfst van 1983 een onderzoek gestart (Müller, 1987) waarbij telkens vier paren (een automobilist en een fietser) startten op dezelfde tijd vanuit verschillende posities. Het onderzoek vond plaats op drie drukke verkeerswegen die naar het centrum van Frankfurt/Main leiden. De fietsers blijken gemiddeld aan 40-50% van de concentratie van de automobilisten te worden blootgesteld. Dit kan onder andere verklaard worden door het feit dat fietsers filesituaties gemiddeld sneller passeren dan automobilisten en dat vanaf het midden van de rijbaan een aflopende concentratie gradiënt heerst. Wel kan hierbij worden opgemerkt dat fietsers door de grotere inspanning meer lucht inademen dan automobilisten en op deze wijze toch een grotere dosis binnen kunnen krijgen.

Blootstelling van de fietser in vergelijking met de automobilist zoals gevonden uit onderzoek op drie drukke verkeerswegen naar het centrum van Frankfurt am Main in $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	<u>gemiddelde blootstelling</u>		<u>maximale blootstelling</u>	
	automobilist	fietser	automobilist	fietser
CO	21000	12000	42000	25000
NO _x	1100	600	1700	900

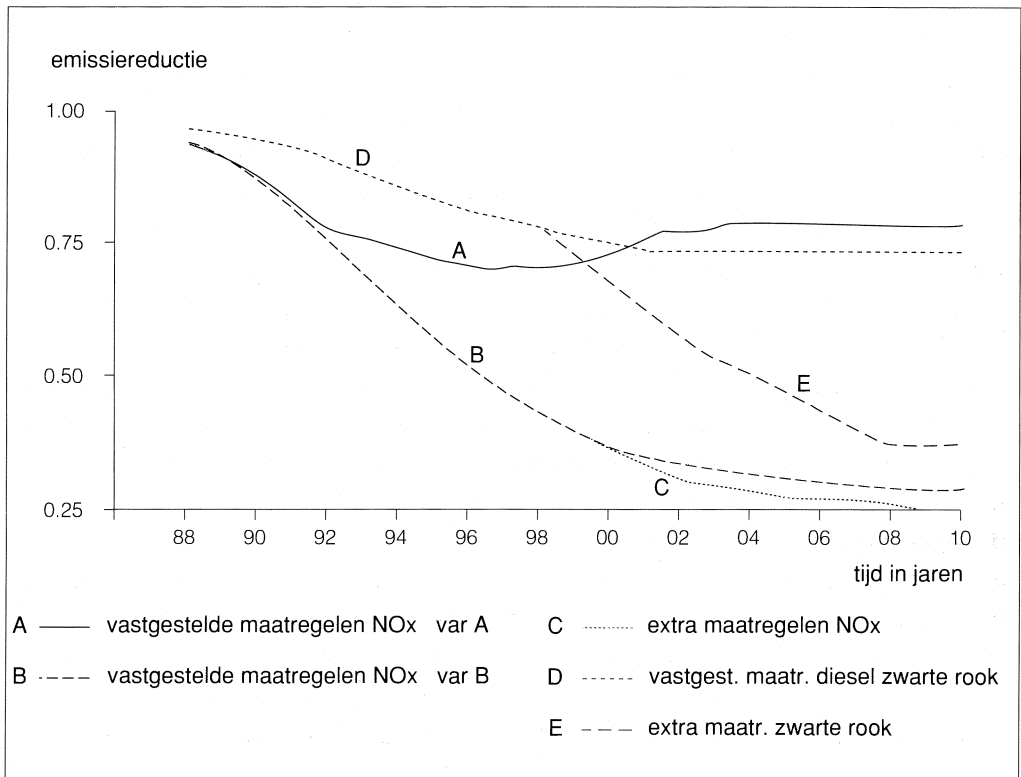
De ontwikkeling bij vastgestelde maatregelen

De verwachting bestaat, zoals al eerder in dit document is behandeld, dat de kilometrage van het verkeer in 2000 met 40% en in 2010 met 70% zal zijn toegenomen. Voor de toekomstige ontwikkelingen van luchtverontreiniging door het verkeer is naast de ontwikkeling in de verkeersgroei met name van belang welke emissiebeperkende technieken zullen worden toegepast. In aanmerking komen de geregelde driewegkatalysator en de "lean burn" motor met oxydatiekatalysator. In de periode 1988-1993 worden in de EG nieuwe emissie-eisen van kracht (VROM, 1987). Grote personenwagens (3% van het wagenpark) zullen om aan deze nieuwe eisen te voldoen uitgerust moeten worden met een geregelde driewegkatalysator. Voor de middenklaswagens (31% van het wagenpark) kan worden volstaan met een betere afstelling van de motor ("lean burn") in combinatie met een oxydatiekatalysator. Voor de kleine wagens (53% van het wagenpark) zijn de nieuwe eisen zodanig dat kan worden volstaan met een betere afstelling van de motor of een ongeregelde driewegkatalysator.

Vooraf bij lage snelheden worden door onvoldoende werking van de katalysator ongewenste nevenprodukten gevormd zoals H_2S . Een bekende klacht is het optreden van stank bij deze wagens voor een stoplicht. In Nederland wordt momenteel met name bij de kleine wagens de ongeregelde driewegkatalysator ingevoerd. Voor diesels wordt aangenomen dat in 1993 de uitstoot van zwarte rook van nieuwe wagens met 27% ten opzichte van het huidige niveau zal zijn verminderd. Op grond van ervaringen in de V.S. waar gemiddeld 9% van de katalysatoren niet functioneert, wordt aangenomen dat in 2000 ca. 6% en in 2010 ca. 3% van de katalysatoren niet zal werken.

In Nederland is momenteel tevens een stimuleringsregeling van kracht om de introductie van de "schone" auto en de katalysator te bevorderen. De stimuleringsregeling is redelijk succesvol gebleken. Van de nieuw verkochte wagens was in 1987 44% uitgerust met een "schone" motor en 36% met een

katalysator. Om met name de invoering van de geregelde driewegkatalysator te bevorderen zal de regeling in 1989 worden aangepast. Met deze nieuwe regeling zou in 1993 80% van de nieuw verkochte wagens uitgerust moeten zijn met een geregelde driewegkatalysator. Omdat het onduidelijk is of deze regeling in de EG na 1993 kan worden gehandhaafd zijn twee varianten berekend. In de eerste variant wordt aangesloten bij het verzuringshoofdstuk. In deze variant verdwijnt na 1993 de stimuleringsregeling en zal slechts een klein gedeelte van wagens (3%) uitgerust worden met een katalysator. In de tweede variant wordt ervan uitgegaan dat de stimuleringsregeling blijft bestaan of dermate succesvol is dat ook na 1993 de nieuw verkochte wagens zullen zijn uitgerust met een geregelde driewegkatalysator.



Reductie van de emissie van NOx en zwarte rook bij vastgestelde maatregelen (var A = beëindiging subsidieregeling katalysatoren en var B = voortzetting regeling) en extra maatregelen.

Bron: RIVM

Bij het verdwijnen van de stimuleringsregeling wordt de geringe emissie reductie per auto meer dan te niet gedaan door de groei van het verkeer. Daardoor zullen in 2000 de overschrijdingen weer terug zijn op het niveau van 1985. In 2010 zullen de overschrijdingen zelfs zijn toegenomen. Op 1100

respectievelijk 820 km trottoir zullen dan de grenswaarden van zwarte rook en NO₂ worden overschreden. Ook de overschrijdingen voor benzeen (590 km trottoir) en CO (320 km trottoir) zullen dan in omvang zijn toegenomen. Handhaven van de stimuleringsregeling leidt ten opzichte van de huidige situatie tot een afname van het aantal straten en het aantal woningen aan de gevel waar nog overschrijding van referentiewaarden optreedt. Voor NO₂ zal dan nog op 390 km trottoir de grenswaarde worden overschreden, terwijl geen overschrijding van CO en een gering aantal overschrijdingen voor benzeen (op 40 km trottoir) zullen resteren. Vooral zwarte rook is er dan de oorzaak van dat in 2010 op ruim 1100 km trottoir en ruim 260.000 woningen aan de gevel nog overschrijding optreedt. De overschrijding van de referentiewaarde voor zwarte rook wordt vooral veroorzaakt door diesels.

Verwachte overschrijdingen van referentiewaarden op trottoirs en aan de gevel van woningen in binnensteden bij vastgestelde maatregelen in 2000 en 2010.

	aantal straten				km trottoir				aantal woningen	
	trottoir Var.A		trottoir Var.B		Var.A		Var.B		gevel Var.A	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010
CO	530	930	13	0	190	320	3	0	40.000	60.000
NO ₂	1700	2100	950	1000	630	820	380	390	120.000	180.000
Benzeen	1100	1600	110	110	380	590	50	40	65.000	110.000
Formaldehyde	230	500	0	0	80	170	0	0	5.000	35.000
Benz(a)pyreen	80	190	0	0	30	80	0	0	800	5.000
zwarte rook	2600	2800	2600	2800	1000	1100	1000	1100	250.000	260.000

Var.A = beëindiging stimuleringsregeling katalysatoren

Var.B = voortzetten regeling

De berekende waarden zijn gebaseerd op de huidige infrastructuur van wegen in binnensteden. Aangenomen is dat nieuw aan te leggen verkeerswegen zullen voldoen aan milieukwaliteitseisen die niet leiden tot overschrijding van referentiewaarden.

De ontwikkeling bij extra maatregelen

Bij een maximum bestrijdingsscenario kunnen een aantal aanvullende maatregelen getroffen worden die deels ook reeds bij het thema verzuring aan de orde zijn geweest. Hiertoe behoort een beperking van de automobiliteit in de binnensteden (VROM, 1987) van 3% naar 1% groei per

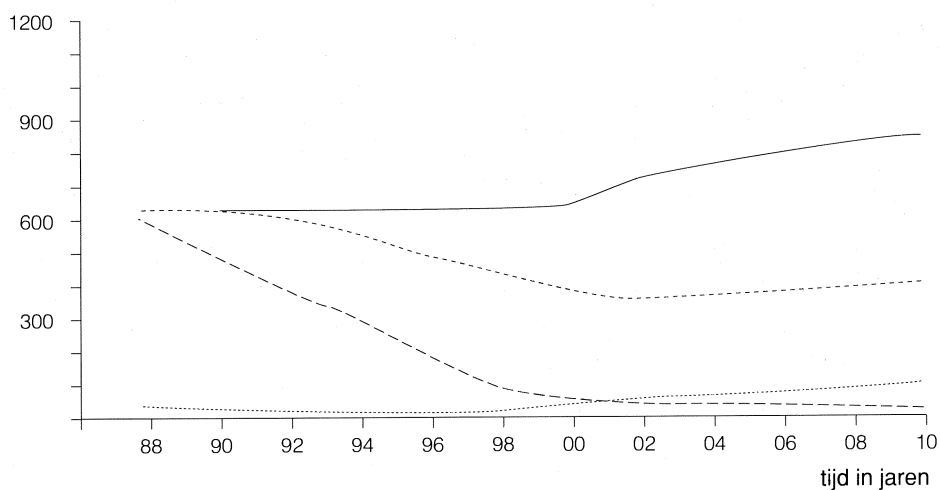
jaar. Verplichte invoering van de geregelde driewegkatalysator voor alle nieuwe wagens vanaf 1993, invoering van stadsbussen uitgerust met zogenaamde drukaccumulators voor het hergebruik van remenergie (brandstofbesparing 30%) en de invoering van een roetfilter of een vergelijkbare techniek voor diesels zijn de overige extra maatregelen.

Verwachte overschrijdingen van referentiewaarden op trottoirs en aan de gevel van woningen in binnensteden bij extra maatregelen in 2000 en 2010.

component	<u>aantal straten</u>				km		aantal woningen	
	<u>trottoir</u>		<u>gevel</u>		<u>trottoir</u>		<u>aan de gevel</u>	
	2000	2010	2000	2010	2000	2010	2000	2010
CO	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₂	75	15	10	0	50	8	800	0
Benzeen	0	0	0	0	0	0	0	0
Formaldehyde	0	0	0	0	0	0	0	0
Benz(a)pyreen	0	0	0	0	0	0	0	0
Zwarte rook	1600	780	1000	500	550	260	120.000	50.000

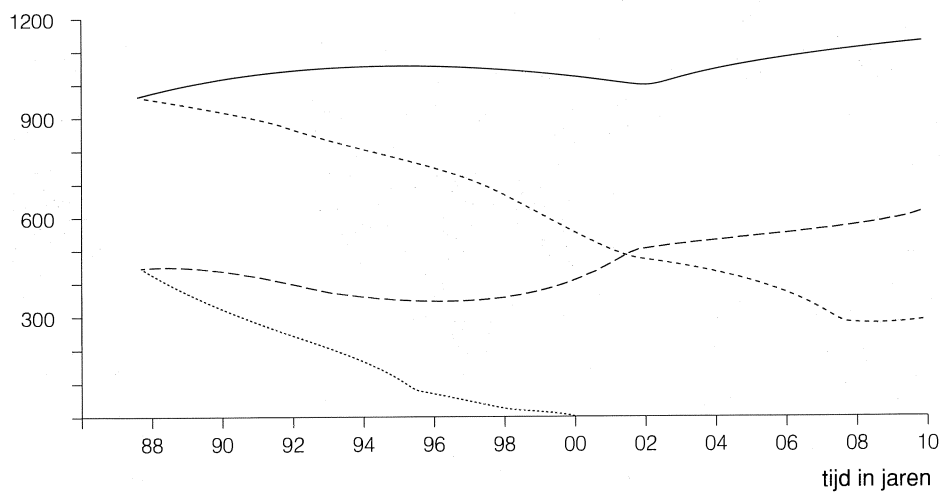
Door deze extra maatregelen kan een nog verdere beperking van de overschrijding van referentiewaarden worden bereikt. Dit zal dan nog het geval zijn voor ca. 260 km trottoir en voor ca. 50.000 woningen aan de gevel. Deze overschrijdingen blijven dan beperkt tot zwarte rook (260 km) en NO₂ (8 km).

km trottoir



— vastgestelde maatregelen NO₂ var A - - - - extra maatregelen NO₂
..... vastgestelde maatregelen NO₂ var B - · - · - vastgestelde maatregelen BaP var A

km trottoir



— vastgest. maatr. zwarte rook - - - - benzeen vastgest. maatr. var A
..... extra maatr. zwarte rook - · - · - benzeen extra maatregelen

Overschrijding van de referentiewaarden voor NO₂, zwarte rook, benzeen en benz(a)pyreen bij vastgestelde maatregelen (var A = beëindiging subsidieregeling katalysatoren en var B = voortzetten regeling) en extra maatregelen over de periode 1985-2010.

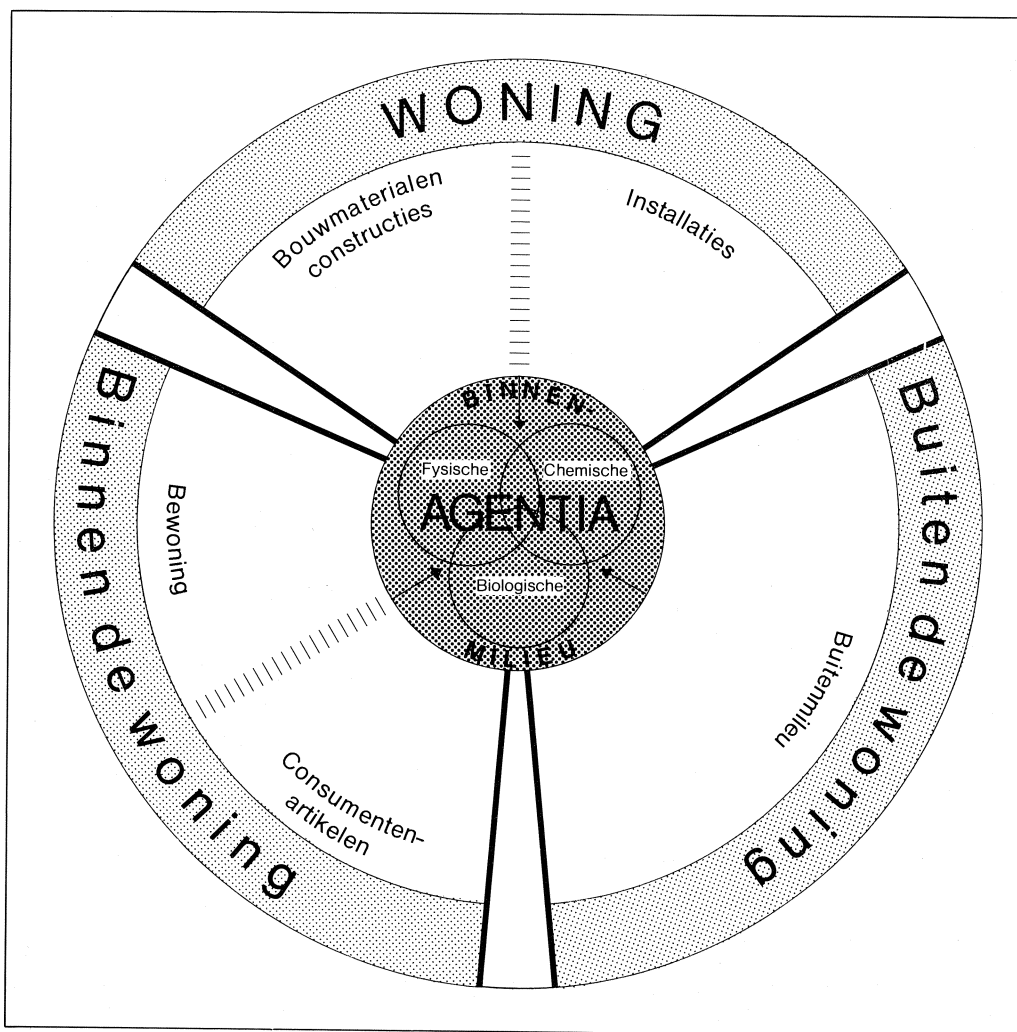
Bron: RIVM

7.5 Binnenmilieu

Probleemschets

Binnenmilieu is het milieu van besloten ruimten zoals woningen, bedrijfsruimten, openbare gebouwen, ziekenhuizen en scholen. Dit hoofdstuk beperkt zich tot de gezondheidkundige kwaliteit van het woonmilieu. Veiligheidsaspecten blijven buiten beschouwing.

De Nederlander verblijft gemiddeld meer dan 70% van zijn tijd binnen de woning, alwaar het blootstellingsniveau voor tal van agentia hoger is dan daarbuiten. Bepaalde aspecten van het binnenmilieu, als ruimtelijke



De invloedssferen van het binnenmilieu. (bron: DGM)

factoren, daglichttoetreding, ventilatie, geluidsoverlast en het weren van ongedierte, hebben van oudsher de aandacht van de overheid gevraagd. In bouwverordeningen gebaseerd op de woningwet van 1901 zijn hieromtrent reeds lang regels opgenomen en periodiek aangepast. Mede hierdoor is de kwaliteit van het woonmilieu in de loop der tijd verbeterd.

Ontwikkelingen in de maatschappij brachten echter niet alleen verbeteringen maar ook terugslagen en nieuwe problemen. Door de "kierenjacht" kwamen woningen die qua ventilatie niet kritisch waren ineens in de "gevarezone". Onder minder gunstige fysische omstandigheden ontstonden daardoor vochtproblemen. De welvaart bracht met een grote verscheidenheid aan consumentenprodukten en bouwmaterialen nieuwe bedreigingen voor het binnenmilieu zoals het spaanplaatgas en de ioniserende straling van chemiegips.

De kwaliteit van het binnenmilieu wordt bepaald door lokatie en sterkte van bronnen en de factoren van verspreiding. In aansluiting op de benadering in de Notitie Binnenmilieu (1986) worden de volgende drie invloedssferen onderscheiden:

- "de woning" (casco: bouwwerk inclusief voorzieningen),
- "binnen de woning" (het bewonen, consumentenartikelen),
- "buiten de woning" (buitenmilieu).

Een belangrijke verspreidingsfactor voor luchtverontreinigende stoffen is de ventilatie. De Gezondheidsraad (1984) onderschrijft het bestaande ventilatievoorschrift dat uitgaat van een minimum toevoer van $25 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ verse lucht per persoon per vertrek. Dit is gebaseerd op de aanwezigheid van onvermijdbare bronnen, de bewoners zelf. De Raad stelt zich op het standpunt dat alle overige bronnen zoveel mogelijk moeten worden vermeden en dat toelating van luchtverontreinigende produkten in de woning moet zijn afgestemd op de ondergrens van de ventilatie zoals deze in de praktijk voorkomt ($5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ per persoon per vertrek). Als uitvloeisel hiervan wordt bij de beschouwing van de luchtkwaliteit binnenshuis de nadruk gelegd op de bronnen en wordt de ventilatie niet als een apart kwaliteitscriterium opgevoerd.

Als indicator is gekozen voor het percentage woningen met een "gezond-binnenmilieu". Onder "gezond" wordt bij niet-carcinogene stoffen verstaan concentraties onder de humane "no adverse effect level", bij carcinogene stoffen concentraties onder het niveau van het maximaal aanvaardbaar en vermijdbaar risico (10^{-6} j^{-1}) en bij geluid een luchtgeluidsisolatie-index van +5 dB. Overschrijding van het criterium zegt niets over de ernst van

effecten op de volksgezondheid waarvoor verwezen wordt naar hoofdstuk 9.
De referentiewaarden voor een "gezond binnenmilieu" zijn zoveel mogelijk
ontleend aan gepubliceerde gezondheidskundige beoordelingen van stoffen

Relatie van geselecteerde agentia met de drie invloedssferen

Agens	Woning	Binnen woning	Buiten woning
FYSISCHE AGENTIA			
burenlawaaï	- geluidsisolatie - installaties, toestellen - indeling woning	- gebruikstoestellen, geluidsapp. - buur	
ioniserende straling	- bouwmaterialen		- bodem - kosmische str.
vochtigheid (indirect)	- koude-bruggen - kruipruimte-lek - optrekkend vocht door muur - doorslaande muren	- woonvocht - ventilatie	- grondw. stand - regen
CHEMISCHE AGENTIA			
asbest	- bouwmaterialen		- verwijdering aut - sloop gebouwen - verweerde bouw- materialen
zwevende stof		- roken - resuspensie door bewegen, stofzuigen	- verkeer - fotochemie - industrie
cadmium		- roken - resuspensie stof	- industrie
polycyclische koolwaterstoffen		- roken - resuspensie stof - openhaard/allesbrander	- verkeer - cokesbereiding
vluchtige koolwaterstoffen	- oplosmiddelen in bouwmaterialen	- schoonmaakmiddelen - oplosmiddelen in consumentenprodukten - benzine uit garage - roken	- verkeer
lood	- drinkwater/verf		- verkeer
stikstofdioxide	- afvoerloze gasapparaten	- afvoerloze petroleumkachel	- verkeer
koolstofmonoxide	- afvoerloze gasapparatuur		- verkeer
zwaveldioxide		- afvoerloze petroleumkachel	- S-houdende brandstoffen
ozon			- fotochemie
formaldehyde	- bouwmaterialen	- consumentenprodukten - roken	- verkeer - fotochemie
vluchtige chloorkoolwaterst.	- oplosmiddelen in bouwmaterialen	- schoonmaakmiddelen - oplosmiddelen in consumentenprodukten	- chem. reinig.
BIOLOGISCHE AGENTIA			
huisstofmijtenallergeen	- vochtige woning	- vochtig huisstof in stoffering, matras, kussen	
schimmel	- vochtige woning		
huidschilverallergeen		- huisdieren	
legionella	- air conditioning - boiler		

door de overheid. Voor enkele stoffen die niet recent in Nederland zijn beoordeeld is de waarde uit de WHO Air Quality Guidelines genomen. Agentia zonder een breed ondersteunde referentiewaarde zijn niet in beschouwing genomen. Voor de buitenlucht gelden soms strengere normen die geformuleerd zijn vanuit een andere doelstelling. Om deze reden zijn deze strengere normen niet voor het binnenmilieu gehanteerd.

Agentia en criteria voor het "gezonde binnenmilieu"

Agens	Referentiewaarde	Verwijzing
Burenlawaai	+5 dB	
Radon	1 Bq.m ⁻³ EER; jaar	(WHO, 1987)
Zwevende deeltjes (PM10)	40 µg.m ⁻³ ; jaar	(RIVM, 1987)
	140 µg.m ⁻³ ; 24 h	(RIVM, 1987)
Benz(a)pyreen	1 ng.m ⁻³ ; jaar	(WHO, 1987)
Benzeen	12 µg.m ⁻³ ; jaar	(RIVM, 1987)
Lood in lucht	0,5 µg.m ⁻³ ; jaar	(GR, 1984)
Lood in drinkwater	50 µg.l ⁻¹	(WLW, 1984)
Stikstofdioxide	300 µg.m ⁻³ ; 1 h	(GR, 1979)
	150 µg.m ⁻³ ; 24 h	(GR, 1979)
Koolstofmonoxide	40 mg.m ⁻³ ; 1 h	(GR, 1975)
	10 mg.m ⁻³ ; 8 h	(GR, 1975)
Zwavel dioxide	350 µg.m ⁻³ ; 1 h	(WHO, 1987)
Ozon	150-200 µg.m ⁻³ ; 1 h	(WHO, 1987)
	100-120 µg.m ⁻³ ; 8 h	(WHO, 1987)
Formaldehyde	120 µg.m ⁻³ ; 0,5 h	(GR, 1984)
Dichloormethaan	1,7 mg.m ⁻³ ; 24 h	(RIVM, 1987)
Huisstofmijten- en schimmelallergeen	indirect: "niet-vochtige woning"	

Op grond van de huidige inzichten worden de allergenen van huisstofmijt en schimmel beschouwd als de belangrijkste biologische agentia in het binnenmilieu. Vanwege het ontbreken van referentiewaarden is gekozen voor het indirecte criterium "vochtige woning".

Op voorhand kan reeds worden gesteld dat voor een aantal agentia geen overschrijdingen worden verwacht. Voorts zijn er agentia waarvoor blootstelling zo goed als onvermijdelijk is zoals het grootste deel van de uitwendige ioniserende straling en inwendige straling ten gevolge van radon uit bouwmaterialen en buitenlucht. Beide blijven buiten beschouwing.

Agentia waarvan overschrijding van de referentiewaarde binnenshuis niet verwacht wordt, niet vermijdbaar is of niet significant geacht wordt.

niet carcinogene agentia

- koolstofdissulfide ($100 \mu\text{g.m}^{-3}$; 24 h)
- waterstofsulfide ($150 \mu\text{g.m}^{-3}$; 24 h)
- mangaan ($1 \mu\text{g.m}^{-3}$; jaar)
- kwik ($1 \mu\text{g.m}^{-3}$; jaar)
- styreen ($800 \mu\text{g.m}^{-3}$; 24 h)
- zwavelzuur (niet significant geacht)
- tetrachlooretheen (5mg.m^{-3} ; 24 h)
- toluen (3mg.m^{-3} ; 24 h)
- trichlooretheen (1mg.m^{-3} ; 24 h)
- vanadium ($1 \mu\text{g.m}^{-3}$; 24 h)
- cadmium ($10 \text{ à } 20 \mu\text{g.m}^{-3}$; jaar)
- legionella inhalatoir (niet significant geacht)

carcinogene agentia

- acrylonitril ($3,8 \mu\text{g.m}^{-3}$; jaar)
- arseen (20ng.m^{-3} ; jaar)
- 1,2-dichloorethaan ($36 \mu\text{g.m}^{-3}$; jaar)
- hexavalent chroom (2ng.m^{-3} ; jaar)
- asbest ($4000\text{-}40.000 \text{ opt. vezels.m}^{-3}$; jaar)
- nikkel ($0,2 \mu\text{g.m}^{-3}$; jaar)
- vinylchloride ($75 \mu\text{g.m}^{-3}$; jaar)
- uitwendige ioniserende straling (grotendeels onvermijdbaar)
- inwendige straling ten gevolge van radon uit buitenlucht en bouwmaterialen
(onvermijdbaar resp. grotendeels onvermijdbaar)

De lijst van relevante agentia is onvolledig door het gebrek aan kennis over het vóórkomen, de blootstelling en de gezondheidkundige effecten van de niet in beschouwing genomen agentia. De voortgaande toepassing van systeemvreemde chemische stoffen in materialen en produkten, de zogenaamde chemisatie, vormt daarom een potentiële bedreiging van het leefmilieu.

Hierbij wordt onder meer gedacht aan biociden, die in toenemende mate worden gebruikt om er nieuwe biologisch kwetsbare producten als verf op waterbasis mee te beschermen, de exotische chemicaliën bedoeld om produkteigenschappen als glans, kleur, geur en brandbaarheid vast te leggen, de doe-het-zelf-producten en de afvalstoffen in bouwmaterialen.

Andere bedreigingen zijn gerelateerd aan eigenschappen van de woning. Moderne woningen lenen zich bij uitstek voor een economische regeling van het binnenklimaat. Uit onderzoek in kantoorpanden is gebleken dat de kans op gezondheidsklachten toeneemt naarmate meer binnenmilieufactoren kunstmatig zijn geconditioneerd ("sick building syndrome"). Zolang er geen duidelijkheid bestaat over de oorzaken van dergelijke klachten moet gerekend worden met soortgelijke problemen bij de introductie van "high-tech" in de woningbouw.

Woningen van nu zullen moeten functioneren gedurende een groot deel van de volgende eeuw. Zij moeten zijn berekend op aanpassingen aan veranderde eisen. Het principe van vrije indeelbaarheid is hierop een antwoord. Het laat herindeling toe waarbij het risico op het ontstaan van een ongezond binnenmilieu tot het uiterste beperkt is. Het gevaar bestaat echter dat in de loop der jaren het onderscheid tussen woningen met en zonder vrije indeelbaarheid zal vervagen. Het doorvoeren van veranderingen in woningen die daar niet op zijn berekend houdt onder andere risico's in voor ventilatie en geluidwering.

In de volgende hoofdstukken wordt beknopt ingegaan op de huidige kwaliteit van het binnenmilieu en de toekomstige ontwikkelingen. Voor de verdere onderbouwing wordt verwezen naar v.d. Wiel e.a. (1988).

Huidige situatie

De geluidshinder als gevolg van activiteiten van burens in de woonomgeving is de belangrijkste hinderbron van geluid. De geluidsisolatie van woningscheidende wandconstructies is sinds het midden van de jaren '70 duidelijk verbeterd. Ondanks deze verbeteringen neemt de last van burenlawaai in de recente nieuwbouw toe. Ongunstige ontwikkelingen zoals plavuizen, parket, onbeklede trappen en hoge vermogens van audio-apparatuur zijn hiervan mede de oorzaak. Er moet worden gerekend met een verdere toename van geluidproducerende huishoudelijke apparatuur en woninginstallaties.

De gekozen referentiewaarde voor de luchtgeluidsisolatie-index van +5 dB

komt overeen met een hinderscore van 7 à 13%. Dit percentage moet als onvermijdelijk worden beschouwd. Het percentage woningen dat aan de referentiewaarde voor woningscheidende constructies voldoet, is laag: ca. 4% van de nieuwbouw en 6% van de bestaande woningen. Met de ongeveer 14% vrijstaande woningen resulteert dit in ca. 80% woningen die niet voldoen aan de referentiewaarde.

Hinder van toestellen en voorzieningen binnen de woning in procent
(ontleend aan NIPG).

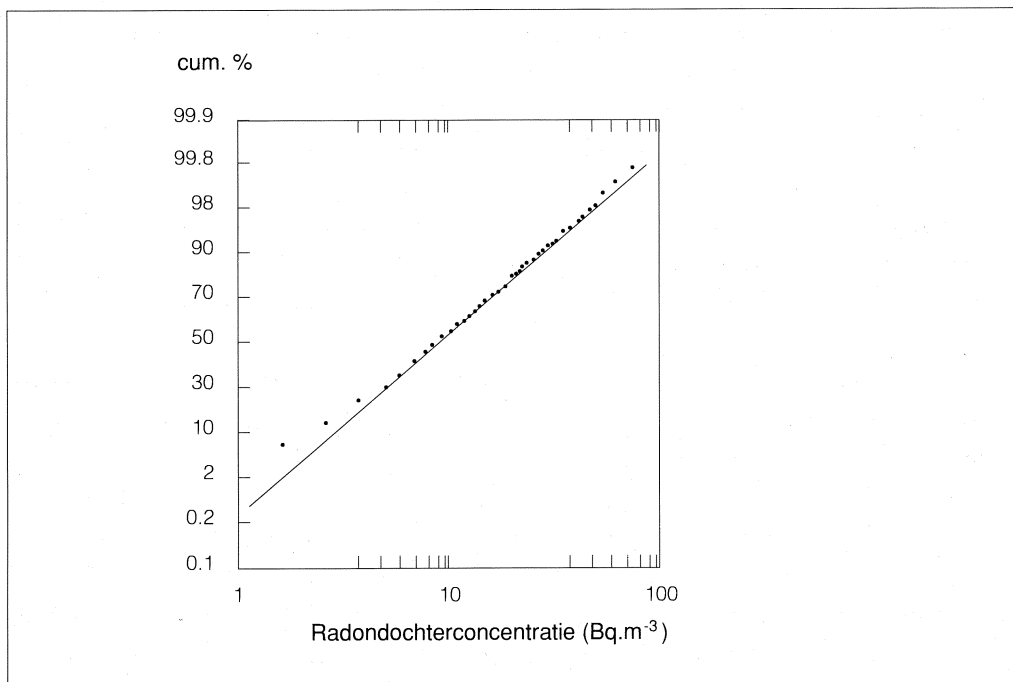
Toestel/voorziening	Hinder in de populatie		Hinder bij blootstelling	
	hinder	ernstige hinder	hinder	ernstige hinder
elektrische boor	31	8	59	16
slaande deuren	35	7	57	11
radio, stereo, tv	25	6	30	7
stofzuiger	32	5	36	6
waterleiding, sanitair	23	4	29	5
afzuigkap	22	4	44	8

De radio-actieve edelgassen radon-222 en radon-220 (thoron) ontstaan door verval van de elementen uranium-238 en thorium-232 die zeer verspreid in de aardkorst voorkomen. De concentratie van de radonochters wordt uitgedrukt in becquerel per m³ evenwichts-equivalente concentratie (Bq.m⁻³ EEC).

De gemiddelde concentratie in Nederlandse woningen is 12 Bq.m⁻³ EEC en die in de buitenlucht 2 Bq.m⁻³ EEC. Het radon uit de buitenlucht is onvermijdbaar. Conform het advies van de Gezondheidsraad (1985) wordt het radon uit de gangbare bouwmaterialen voor het overgrote deel als onvermijdbaar beschouwd. De enige overblijvende vermijdbare blootstelling is die van het radon uit de bodem dat via de kruipruimte de woning binnendringt. Alleen dat deel van de concentratie die binnenshuis wordt aangetroffen, wordt hier in rekening gebracht. Het gemiddelde aandeel van de kruipruimte wordt geschat op ca. 60% of 6 à 7 Bq.m⁻³ EEC. Het aantal woningen waar overschrijding plaatsvindt van de referentiewaarde door radon uit de kruipruimte wordt geschat op 80±10%.

De concentratie van respirabel stof in woningen zonder rokers is ca. 30 µg.m⁻³. Vanwege het ontbreken van meetgegevens over thoracaal stof zijn meetwaarden voor respirabel stof gebruikt. Elke gerookte sigaret per dag geeft een verhoging van het daggemiddelde met 2-5 µg.m⁻³. De gemiddelde

dagelijkse consumptie van 8 à 10 thuisgerookte sigaretten van één roker is ruim voldoende om de jaargemiddelde referentiewaarde van $40 \mu\text{g m}^{-3}$ te overschrijden. Tenminste incidenteel zal ook de 24-uursreferentie waarde ($140 \mu\text{g.m}^{-3}$) worden overschreden. De aanwezigheid van één of meer rokers is gekozen als criterium voor overschrijding. In dat geval wordt thans in ruim 60% van de woningen de referentiewaarde overschreden.



Verdeling van de radonochterconcentratie in Nederlandse woningen.

Bron: PUT

Sigaretterook is een bron van verontreiniging voor tal van componenten. Voor de componenten als benz(a)pyreen en mogelijk cadmium domineert het roken het percentage woningen met overschrijdingen van de referentiewaarde. De overschrijding valt volledig samen met die van zwevend stof. Daarom is voor de beschrijving van de kwaliteit van het binnenmilieu de bijdrage "roken" alleen bij zwevende stof meegerekend.

Slecht-werkende open haarden en lekke allesbranders zijn bronnen van benz(a)pyreen binnenshuis. Onder ongunstige meteorologische condities draagt ook de reguliere uitworp in de buitenlucht bij aan de binnenluchtverontreiniging. Een beduidende verhoging van het jaargemiddelde op substantiële schaal wordt echter niet verwacht.

In straten met veel gemotoriseerd verkeer kan de jaargemiddelde concentratie oplopen tot meer dan $2,5 \text{ ng.m}^{-3}$, wat voldoende is om

binnenshuis een concentratie van 1 ng.m^{-3} te bewerkstelligen. Het percentage woningen in overschrijding is nu ca. 2,2%.

Het overgrote deel van de benzeenverontreiniging is afkomstig van verdampte of verbrande benzine en een klein deel van sigaretterook. Oplosmiddelen spelen geen rol van betekenis. Ca. 10% van weekgemiddelde metingen in stedelijke gebieden is hoger dan $12 \text{ } \mu\text{g.m}^{-3}$. De variabiliteit van weekgemiddelden in ogenschouw genomen wordt geschat dat het jaargemiddelde in 2±2% van de woningen de waarde van $12 \text{ } \mu\text{g.m}^{-3}$ overschrijdt.

Er zijn geen metingen verricht in woningen nabij druk verkeer. Uit de modelberekeningen wordt het aandeel van auto-uitlaatgassen geschat op 0,5%.

De belangrijkste bron van lood in lucht is het gemotoriseerd verkeer. Na de introductie van ongelode benzine in 1986 is het percentage woningen in overschrijding, dat in 1985 nog 2,2 was, in 1987 gedaald tot 0.

Lood in drinkwater komt voor in oude stadskernen met loden drinkwaterleidingen. In ongeveer 5% van de woningen vindt overschrijding plaats van de referentiewaarde.

De belangrijkste bron van verontreiniging met stikstofdioxide is afvoerloze gasapparatuur, zoals geijsers, gaskomfoors en gasfornuizen. Afvoerloze petroleumkachels spelen in omvang een ondergeschikte rol. Door afvoerloze geijsers kunnen concentraties tot $2000 \text{ } \mu\text{g.m}^{-3}$ herhaaldelijk worden bereikt. De piekverontreiniging door gaskomfoors en gasfornuizen is veel minder. Nochtans is overschrijding van de referentiewaarde gedurende tenminste één uur per jaar waarschijnlijk. Thans wordt in ongeveer 90% van de woningen de referentiewaarde overschreden en in 23% in ernstige mate.

Koolstofmonoxide komt vrij bij onvolledige verbranding. De belangrijkste bron buitenshuis is het gemotoriseerde verkeer. In ca. 1% van de woningen wordt hierdoor de referentiewaarde voor 8-uursgemiddelden overschreden. Binnenshuis is de afvoerloze geijser de hoofdbron. Hoge concentraties kunnen ontstaan bij achterstallig onderhoud. Gebleken is dat bij continu gebruik gedurende 15 minuten in 20% van de gevallen de uurgemiddelde concentratie hoger was 60 mg.m^{-3} . Het percentage van 20 is gekozen als maatgevend voor de overschrijding van de referentiewaarde. Voor 1985 wordt een overschrijdingspercentage berekend van 4,6.

De enige potentiële bron van zwaveldioxide binnenshuis is de afvoerloze petroleumkachel. Uit Nederlands onderzoek is gebleken dat de

referentiewaarde niet wordt overschreden. Er blijft het risico dat in afwijking van aanwijzingen zwavelrijke brandstof wordt gebruikt. Hierover bestaan geen gegevens.

Hoge buitenluchtconcentraties worden door adsorptie binnenshuis zodanig verlaagd dat geen overschrijding verwacht wordt.

Reguliere ozonbronnen worden binnenshuis niet aangetroffen. Verwacht mag worden dat bij een grootschalige introductie van kopieermachines in de woning produkteisen gesteld worden ten aanzien van de ozonafgifte.

Hoge ozonconcentraties in de buitenlucht treden op bij foto-chemische episoden in de zomer. Door de hoge reactiviteit kunnen hoge concentraties binnen alleen verwacht worden met geopende deuren en ramen. Onder dergelijke omstandigheden kan echter niet meer van een binnenluchtprobleem worden gesproken.

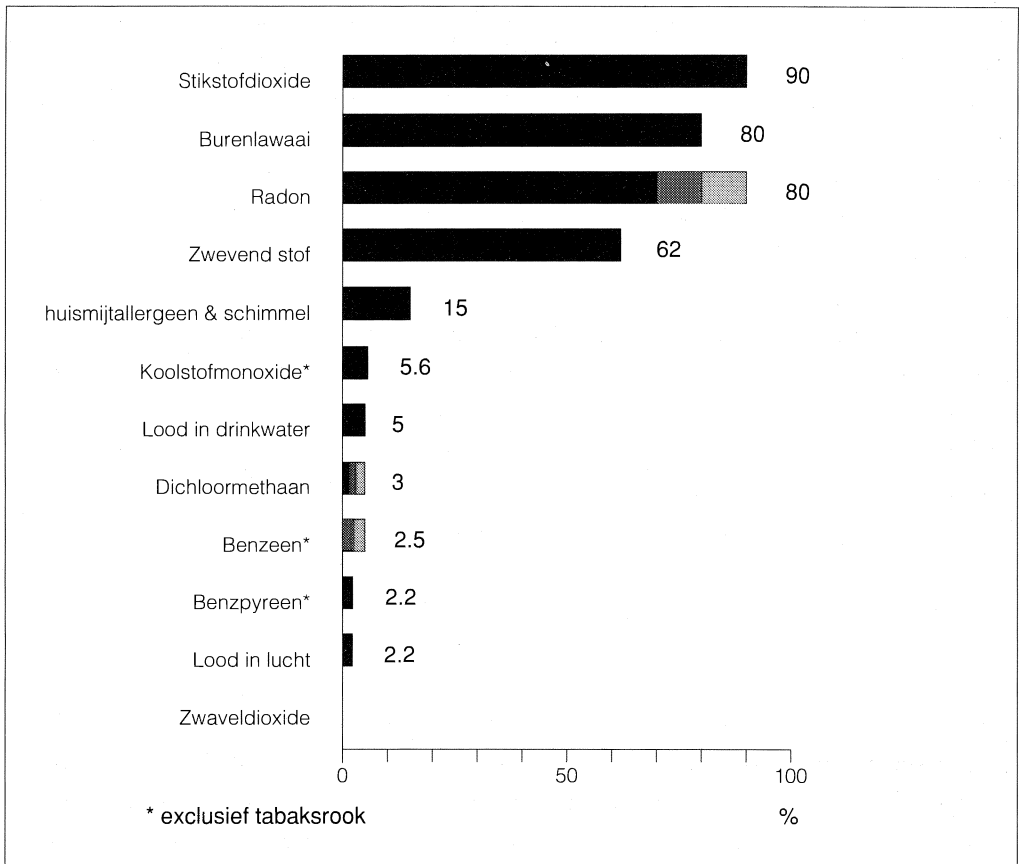
Metingen van formaldehyde in het binnenmilieu zijn meestal uitgevoerd naar aanleiding van klachten. Een overzicht van de status van formaldehyde binnenshuis ontbreekt daardoor. De Rijkskeuringsdienst van Waren Drenthe stelde vast dat gedurende de klachtenperiode 1982-1987 het percentage overschrijdingen van de referentiewaarde van $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ten opzichte van het percentage uitgevoerde metingen nagenoeg constant bleef (20%). Verwacht mag worden dat het percentage voor het hele Nederlandse woningenbestand hiervan een fractie is. Een preciezere kwantificering is vooralsnog niet mogelijk.

Bij gebruik van afbijtmiddelen verdampen relatief grote hoeveelheden dichloormethaan. De referentiewaarde van $1,7 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ zal hierdoor ernstig worden overschreden. Aangenomen is dat afbijtmiddelen hoofdzakelijk worden toegepast door bewoners van oude woningen. De gebruiksfrequentie is laag. Het wisselend deel van de Nederlandse woningen waarin jaarlijks afbijtmiddelen worden gebruikt wordt geschat op $3\pm 2\%$.

Een andere dominante bron van dichloormethaan is de spuitbus met haarlak. Bij gebruik wordt de referentiewaarde niet overschreden, behalve voor de gebruiker zelf. Deze vorm van overschrijding wordt niet gezien als een binnenmilieu-probleem.

Huisstofmijten en schimmels komen in alle woningen voor. Het huisstofmijtenallergeen is een belangrijke oorzaak van jeugd-astma. Een levensvoorwaarde voor huisstofmijten en schimmels is vocht. Een lokale relatieve vochtigheid van meer dan 70% is gunstig voor de groei. Vochtige woningen behoren daardoor tot de categorie van "risico-woningen". Ca. 15% van de Nederlandse woningen hebben een vochtprobleem.

Voor zover kwantificering mogelijk is, blijkt dat het vóórkomen van stikstofdioxide, radon, burenlawaai, vocht en zwevend stof (als indicator voor tabaksrook) leidt tot de hoogste percentages woningen waarvoor het criterium "gezond binnenmilieu" wordt overschreden. De overige agentia zijn van geringere betekenis hoewel in bijna 20% van de woningen één of meer van deze agentia in overschrijding zijn.



Deel van het huidige Nederlandse woningbestand in overschrijding t.a.v. verschillende agentia.

Bron: RIVM

Voorspellingsmethode

De schatting van het percentage woningen in overschrijding is voor bronnen van de invloedssfeer woning afgeleid uit de ontwikkeling van het woningbestand, uitgesplitst naar nieuwbouw, vernieuwbouw en bestaande bouw in combinatie met de penetratie van significante bronnen in elk van de drie categorieën woningen.

De schattingen voor de invloedssfeer binnen de woning zijn gebaseerd op de penetratie van bronnen die leiden tot overschrijding van de

referentiewaarden. Er is geen verband verondersteld met de woningcategorieën.

De enige broncategorie die van belang is voor de invloedssfeer buiten de woning is het gemotoriseerd verkeer. Overschrijding is berekend met het CAR-model onder de aanname dat de concentratie binnenshuis wordt bepaald door de concentratie aan de gevel en het overdrachtsrendement naar de binnenlucht. Voor het CAR-model en de ontwikkeling van het gemotoriseerde verkeer in binnensteden wordt verwezen naar hoofdstuk 7.4.

Aannamen bij de schatting van de ontwikkeling van het percentage woningen in overschrijding

W O N I N G				
		nieuwbouw	vernieuwbouw	bestaand
burenlawaai	: - perc. in overschrijding bij			
	14% vrijstaande woningen 1985	82%	86%	80%
	- idem in 2000	82%	86%	77%
	- idem in 2010	82%	86%	74%
radon	: - perc. in overschrijding in 1985	63-92%	63-92%	69-87%
	- idem vanaf 1990	ca.63%	63-92%	69-87%
vocht	: - perc. vochtige woningen	10%	12%	15%
lood	: - perc. ongeconditioneerd			
	drinkwater 1985	0%	0%	5%
	- idem 2000	0%	0%	0%
CO & NO ₂	: - penetratie afvoerloze geiser 1990	0%	5%	20%
	- idem 2000	0%	3%	15%
	- idem 2010	0%	0%	9%
CO & NO ₂	: - jaarlijkse afname penetratie 1985	0,7%	0,7%	0,7%
	- jaarlijkse afname penetratie 2000	1%	1%	1%
	- jaarlijkse afname penetratie 2010	2,5%	2,5%	2,5%

B I N N E N D E W O N I N G

- zwevend stof : daling percentage rokers 2% per jaar cumulatief
- benzeen : overschrijdingen in Ede/Rotterdam-onderzoek gevolg van benzine uit inpandige motorvoertuigen
- dichloormethaan : percentage woningen met gebruik afbijtmiddel 5 à 15%, gebruiksfrequentie éénmaal per 3 à 5 jaar afname gebruik 20% per jaar

B U I T E N D E W O N I N G

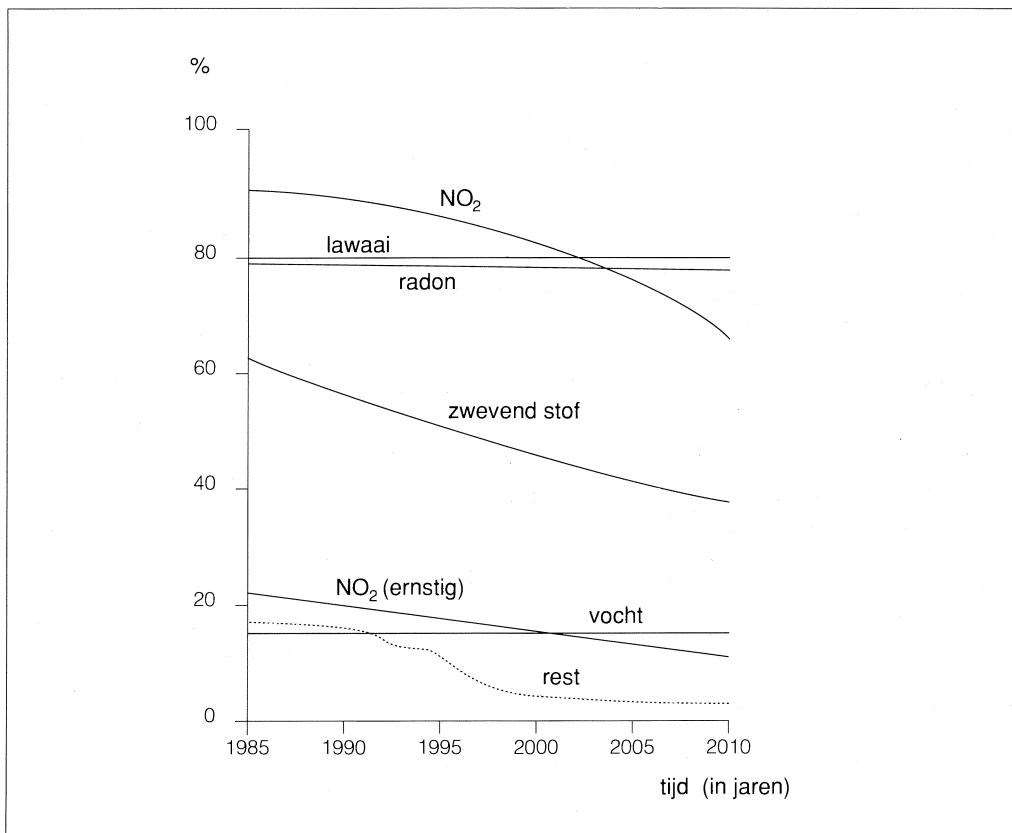
- benz(a)pyreen : gevelbelasting met CAR-model; overdracht naar binnen 40%
- benzeen : gevelbelasting met CAR-model; overdracht naar binnen 100%
- CO : gevelbelasting met CAR-model; overdracht naar binnen 100%
- Lood : gevelbelasting met CAR-model; overdracht naar binnen 40%

De ontwikkeling bij vastgestelde maatregelen

In het navolgende worden de vastgestelde maatregelen behandeld en het effect wat daarvan verwacht wordt.

Voor de ontwikkeling van de hinder door burenlawaai wordt aangenomen dat meer geluid in de woning geproduceerd wordt, dat de nieuwbouwkwaliteit voldoet aan de huidige eisen (0 dB) en dat bij woningverbetering slechts beperkte aandacht voor de geluidwerende kwaliteit zal bestaan. Onder deze omstandigheden blijft het percentage woningen in overschrijding gedurende de komende decennia ca. 80%. De voorlichting van consument en bewoner en de bevordering van geluidbewust woongedrag zal worden voortgezet. De totale hinder door burenlawaai zal dan niet of nauwelijks stijgen. De ernstige hinder zal echter wel toenemen.

Voor radon zal het percentage woningen in overschrijding na 1990 licht dalen als gevolg van de gelimiteerde luchtdoorlatendheid van vloeren in het ontwerp Bouwbesluit. Er is echter niet gerekend met een verlaging op grote schaal van de grondwaterstand die een aanzienlijke maar vooralsnog moeilijk



Percentage woningen waarin referentiewaarden worden overschreden voor NO₂, radon, zwevend stof, burenlawaai en de overige agentia bij vastgestelde maatregelen.

Bron: RIVM

te kwantificeren verhoging van de exhalatie via de kruipruimte tot gevolg zal hebben.

De invoering van de katalysator zal rond 2000 de overschrijding voor benz(a)pyreen binnenshuis terugdringen tot nul.

Door de conditionering van drinkwater (ontharding en ontzuring) wordt de overschrijding van de referentiewaarde voor lood voorkomen. Invoering hiervan zal naar verwachting tussen 1990 en 2000 plaatsvinden.

Voor de bestrijding van stikstofdioxide en koolstofmonoxide in het binnenmilieu zijn maatregelen aan verbrandingstoestellen nodig. Afvoerloze geijsers worden weinig meer geplaatst in nieuwe woningen en zullen waarschijnlijk na 1990 in de nieuwbouw helemaal niet meer worden toegepast. Mede hierdoor zal de penetratiegraad van afvoerloze geijsers dalen van 23% in 1985 tot ca. 9% in 2010. Het gaskomfoor en het gasfornuis zullen slechts in geringe mate vervangen worden door elektrische kooktoestellen en magnetronovens. De penetratie van gastoestellen zal van ca. 90% in 1985 teruglopen tot 60 à 70% in 2010. Aangenomen wordt dat ondanks de groei de afvoerloze petroleumkachels in omvang ondergeschikt blijven.

Percentage woningen in overschrijding bij vastgestelde maatregelen voor de referentie jaren 1985, 2000 en 2010

Agens	1985	2000	2010
Stikstofdioxide	90%	80±5%	65±5%
Stikstofdioxide (ernstig)	23%	15%	9%
Radon	80±10%	78±10%	77±10%
Zwevend stof	62%	46%	36%
Burenlawaai	80%	79%	79%
Pot. huisstofmijt & schimmel (vocht)	15%	14%	13%
Koolstofmonoxide	5,6%	3%	2%
Lood in drinkwater	5%	0%	0%
Dichloormethaan	3±2%	0%	0%
Benzeen	2,5±2%	2±2%	2±2%
benzo(a)pyreen	2,2%	0%	0%
Lood in lucht	2,2%	0%	0%
Zwavel dioxide	0%	0%	0%
Overschrijding voor minstens één agens	>99%	>99%	>99%

Het gebruik van afbijtmiddelen, waaruit dichloormethaan vrijkomt, zal afnemen door het toenemende gebruik van zogenaamde "heat guns". In 2000 zal daardoor het gebruik vrijwel verdwenen zijn.

Ten aanzien van vochtige woningen wordt aangenomen dat voor nieuwbouwwoningen en in mindere mate voor verbeterde woningen zal worden voldaan aan de bouwfysische en ventilatietechnische eisen van het Bouwbesluit. De voorlichting van bewoner, consument en producent zal worden gecontinueerd. Hierdoor zal het aantal vochtige woningen dalen van 15% in 1985 tot 13% in 2010.

Uit het voorgaande blijkt dat de ontwikkelingen veelal een autonoom karakter hebben. Het resultaat hiervan is dat het percentage woningen waarin referentiewaarden worden overschreden slechts in beperkte mate afneemt. In vrijwel alle woningen blijven één of meer referentiewaarden overschreden worden.

De ontwikkeling bij extra maatregelen

In aanvulling op de vastgestelde kunnen extra maatregelen genomen worden, gericht op een substantiële reductie van het aantal woningen in overschrijding.

Bij de bestrijding van burenlawaai wordt vooral gedacht aan bronbestrijding en verscherping van geluidweringseisen (+5 dB) in nieuwbouw en woningverbetering. In het scenario is een sanering van 18.000 woningen per jaar voorzien.

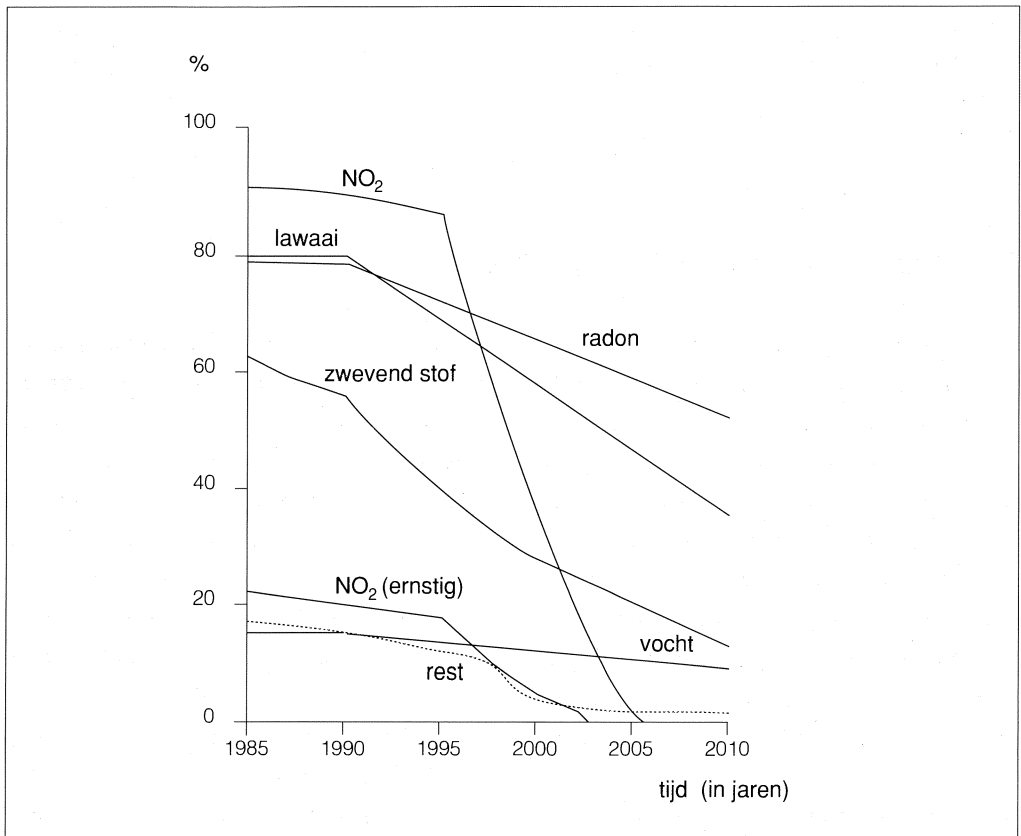
Voor de bestrijding van radon is een viervoudige respectievelijk tweevoudige reductie van de toevoer uit de kruipruimte van woningen in de nieuwbouw respectievelijk woningverbetering te overwegen. Ook dan is echter een overschrijding van de referentiewaarden in een substantieel deel van het woningbestand niet te voorkomen, doordat deze maatregelen niet in bestaande woningen kunnen worden genomen. Het duurt tot medio 21e eeuw voordat het percentage woningen in overschrijding lager is dan 10%.

Voor zwevend stof zal een drastische reductie van het aantal rokers nodig zijn om de doelstelling van de WHO voor het jaar 1995 te realiseren. Bij voortzetting van het ontmoedigingsbeleid na 1995 zal het aantal rokers boven de 15 jaar in 2010 gedaald zijn tot 9%.

Extra maatregelen voor de bestrijding van stikstofdioxide-emissies bestaan uit vervanging van de afvoerlose geiser door een geiser met afvoer of een boiler en emissiereductie voor gastoestellen. Alternatieven voor het koken op gas zijn in Nederland niet in ontwikkeling. Emissiereductie binnenshuis van meer dan 60% voor commercieel verkrijgbare kooktoestellen lijken met

ingang van 1995 mogelijk. Overschrijding van de referentiewaarde voor stikstofdioxide is na het nemen van deze maatregelen niet waarschijnlijk meer. Deze maatregelen lossen ook het koolmonoxideprobleem vrijwel op. Het vochtprobleem tot slot kan extra bestreden worden door het verder terugbrengen van de luchtdoorlatendheid van vloeren in de (ver)nieuwbouw, de verhoging van eisen in de (ver)nieuwbouw en intensievere voorlichting. Hierdoor zal het percentage woningen in de (ver)nieuwbouw dalen tot een praktisch minimum van ongeveer 5% en in de bestaande bouw tot ongeveer 10%.

Extra maatregelen lossen de beschouwde problemen in het binnenmilieu goeddeels op. Uitzonderingen hierop zijn radon en burenlawaai die voornamelijk nog een probleem blijven opleveren in bestaande woningen. Mede hierdoor blijft het percentage woningen met minstens één overschrijdend agens tot 2010 hoog, te weten 70%. Het zal tot medio de 21e eeuw duren voordat het percentage zal zijn gedaald tot een tiental.



Percentage woningen waarin referentiewaarden worden overschreden voor NO₂, radon, zwevend stof, burenlawaai en de overige agens bij extra maatregelen.

Bron: RIVM

Percentage woningen in overschrijding bij extra maatregelen voor de referentiejaren 1985, 200, 2010 en medio 21e eeuw

Agens	1985	2000	2010	medio 21e eeuw
Stikstofdioxide	90%	35%	0%	0%
Stikstofdioxide (ernstig)	23%	5%	0%	0%
Radon	80±10%	65±10%	50±10%	<10%
Zwevend stof	62%	29%	15%	2%
Burenlawaai	80%	55%	35%	<5%
Pot. huisstofmijt & schimmel (vocht)	15%	11%	8%	5%
Koolstofmonoxide	5,6%	1%	0%	0%
Lood in drinkwater	5%	0%	0%	0%
Dichloormethaan	3±2%	0%	0%	0%
Benzeen	2,5±2%	2±2%	2±2%	2±2%
benzo(a)pyreen	2,2%	0%	0%	0%
Lood in lucht	2,2%	0%	0%	0%
Zwaveldioxide	0%	0%	0%	0%
Overschrijding voor minstens één agens	>99%	90%	70%	13±5%

7.6 Duurzaamheid op lokale schaal

De gebouwde omgeving vervult vele functies waarin een duurzame ontwikkeling van de menselijke gezondheid in ruime zin en van de urbane ecosystemen centraal staat. Hieraan is in deze lange termijnverkenning slechts ten dele een uitwerking gegeven. De aandacht is geconcentreerd op milieuverontreiniging in de woonomgeving in directe relatie tot de volksgezondheid. Hier kan gesproken worden over "ongezonde" straten en woningen. Het huidige en toekomstige aantal "ongezonde" woningen en de mate waarin dat het geval is laat zich niet eenvoudig ramen. Vooral door luchtverontreiniging, ontstaan in de woning, worden thans in bijna alle woningen referentiewaarden overschreden. Extra maatregelen kunnen dit aantal in het midden van de volgende eeuw doen dalen naar rond de 10%. Het aantal woningen met een te hoge geluidsbelasting zal ook na 2010 aanzienlijk blijven. Het aantal is niet exact aan te geven doch zal zeker enige tientallen procenten bedragen. Het aantal woningen met een te hoge stankbelasting kan dalen tot beneden de 10%.

Het aantal "ongezonde" straten door luchtverontreiniging in binnensteden kan dalen van meer dan 1000 km thans tot 260 km in 2010.

Kringlopen

In de gebouwde omgeving is vooral sprake van "stromings" problemen tenzij bij het bouwen materialen worden gebruikt die langdurig schadelijke stoffen emitteren. Dergelijke stoffen zijn dan opgenomen in het reservoir van de gebouwde omgeving.

Ecologische effecten

De problemen die zich op lokale schaal voordoen vormen een belangrijke extra schakel in de belasting c.q. stress waaraan kleinschalige ecosystemen en de daarin levende populaties worden blootgesteld. Het herstelvermogen van organismen wordt al door de voortdurende aanwezigheid van de milieuproblemen op een hogere schaal belast. Een eventuele plaatselijke extra druk kan leiden tot het verdwijnen van een populatie in een beperkt gebied. Dat geldt voor vogels en voor zoogdieren. Door bijvoorbeeld een typisch lokaal probleem als geluidshinder kunnen in een broedseizoen, de toch al wat gehavende ouders juist niet het broeden tot een succes brengen. Een enkele maal zal dat geen probleem vormen, omdat aanvulling van elders nog mogelijk blijkt. Soms, en daar zijn voorbeelden van, kan op die wijze een broedkolonie geheel verdwijnen. Dergelijke gebeurtenissen hebben zeker in kwetsbare gebieden zoals kwelders en uiterwaarden grote, maar vermoedelijk toch voornamelijk plaatselijke consequenties. Alleen wanneer het unieke soorten betreft treden calamiteiten op die niet herstelbaar lijken. Anderzijds vormt de druk door de lokale milieuproblemen een factor waardoor de gevoeligheid van het systeem voor grootschaliger milieuproblemen toeneemt. Vooral wanneer de onder druk staande systemen en organismen versneld moeten reageren op de additionele stressfactoren ontsprengen een aantal biota.

Vergelijkbare problemen kunnen zich in de natuur op lokale schaal voordoen, indien langdurige stankoverlast optreedt. Dan kunnen de dieren die afhankelijk zijn van chemische zintuigen bij het vinden van partners erg gestoord worden en zonder broedsucces blijven.

Antropogene beïnvloeding

De mens bepaald volledig de effecten op lokale schaal juist omdat het om de bebouwde omgeving gaat. Sanerende maatregelen lossen de problemen niet echt

op doch richten zich op het verminderen van de optredende effecten. Een meer duurzame ontwikkeling zou zich moeten richten op herontwerp van de bebouwde omgeving zodat volwaardig met milieubelangen rekening gehouden kan worden.

De benodigde reducties van de belastingsniveau's in de gebouwde omgeving zijn door de gekozen benaderingswijze niet makkelijk te bepalen. Voor het binnenmilieu kan geschat worden dat een belastingsreductie van tenminste 70% en vaak van meer dan 90% nodig is. Het gaat dan zowel om binnen als buiten de woning gelegen bronnen.

Literatuur lokale milieuproblemen

Algemeen

CBS, 1986

De leefsituatie van de Nederlandse bevolking
(bewerking van de resultaten)

Geluid

Ministerie van VROM, 1987

Meerjaren Uitvoeringsprogramma geluidshinderbestrijding, 1988-1992

Ministerie van VROM, 1988

Stedelijk verkeer en leefmilieu

Staatsblad nr. 99, 1979

Wet geluidshinder, 1979

Staatsblad nr. 354, 1978

Luchtvaartwet, 1978

NIPG-TNO, 1988

Inventarisatie van geluidshinder in Nederland, 10 jaar later

Binnensteden

van den Hout. en Baars H.P., 1988

Ontwikkeling van twee modellen van de verspreiding van luchtverontreiniging door verkeer: Het TNO-verkeersmodel en het CAR-model

Rapportnr. R88/192, TNO.

RIVM, 1983

Luchtkwaliteit, jaarverslag 1986

Rapportnr. 228703002, Bilthoven.

Thysse Th.R. en den Tonkelaar W.A.M., 1987

Metingen van de emissies voor wegverkeer in de Drechtunnel te Dordrecht

Rapportnr. R87/036, TNO

Muller H. (ed.), 1987

Co-operation between The Netherlands and the Federal Republic of Germany on air pollution problems, measurements of automotive emissions, 1986.

VROM, 1987

Notitie verkeer en milieu

Tweede Kamer.

Binnenmilieu

Gezondheidsraad, 1985

Interimadvies inzake de mogelijke consequenties voor de Nederlandse bevolking van het toepassen van afvalstoffen met een verhoogd gehalte aan radionucliden als bouw materiaal

Rapport 1985/5.

VROM, 1986

Notitie Binnenmilieu.

van de Wiel H.J., Le Bret E., van der Lingen W.K. e.a., 1988

De kwaliteit van het Nederlands3e binnenmilieu

RIVM rapport in bewerking, Bilthoven.

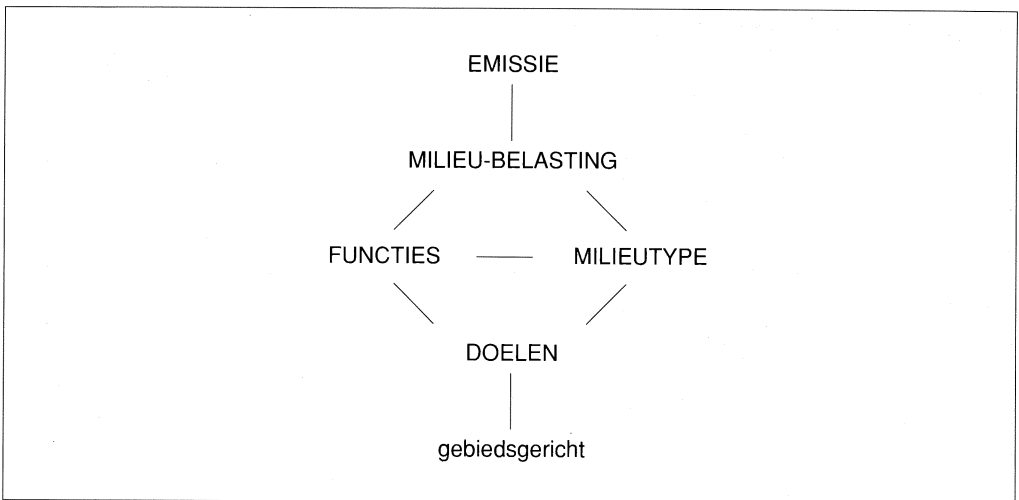
8 Gebiedsgerichte integratie op regionale schaal

8.1 Probleemschets

De voorgaande hoofdstukken geven aan dat de kwaliteit van het milieu door verschillende vormen van verontreiniging en ingrepen op vele manieren bedreigd wordt of reeds aangetast is. De omvang van de milieubelasting nu en in de toekomst is in deze hoofdstukken geplaatst tegen de achtergrond van normen, streefwaarden, dan wel andere kwantitatieve waarden, die een indruk geven van de ernst van de milieubelasting per thema.

De gebiedsgerichte benadering beoogt een (integraal) beeld te geven van de milieukwaliteit per gebied. Deze beschrijving gaat uit van een gebiedsindeling op ecologische grondslag en heeft betrekking op milieuproblemen van regionale en hogere schaalniveau's.

Bij de gebiedsgerichte beschouwing van de milieukwaliteit staat voorop dat milieukwaliteit is gerelateerd aan de natuurlijke eigenschappen van een gebied, aan de maatschappelijke functies die een gebied dient te vervullen, de eisen die deze functies aan het milieu stellen en uiteraard ook aan de milieubelasting.



De invalshoek van gebiedsgericht milieubeleid.

Bron: RIVM

In lang niet alle gevallen levert de combinatie van deze aspecten een bevredigend toekomstbeeld op. Voor de verschillende functies die het milieu heeft, blijven problemen verbonden aan de thema's van het milieubeleid in het vooruitzicht, waarbij de ernst varieert per gebied.

MILIEU- BELASTING VOLGENS THEMA'S	functies	klimateverandering	zeespiegelstijging	aantasting ozonlaag	foto-oxidantia	verzuring	verspreiding aerosolen	vermesting water	verspreiding water	vermesting bodem en grondwater	verspreiding bodem en grondwater	verdroging	verstoring geluid	verstoring stank
veiligheid		-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
industrie		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
verkeer		+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
delfstoffen		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
wonen		0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
landbouw		+	+	0	0	0	-	-	-	-	+	+	-	-
bosbouw		+	-	0	0	+	-	-	-	-	-	+	-	-
visserij		+	-	0	-	-	-	+	+	-	-	-	-	-
drinkwater		+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-
recreatie		+	+	0	0	+	-	+	+	+	-	-	0	0
natuur		+	+	0	0	+	-	+	+	+	+	+	0	?

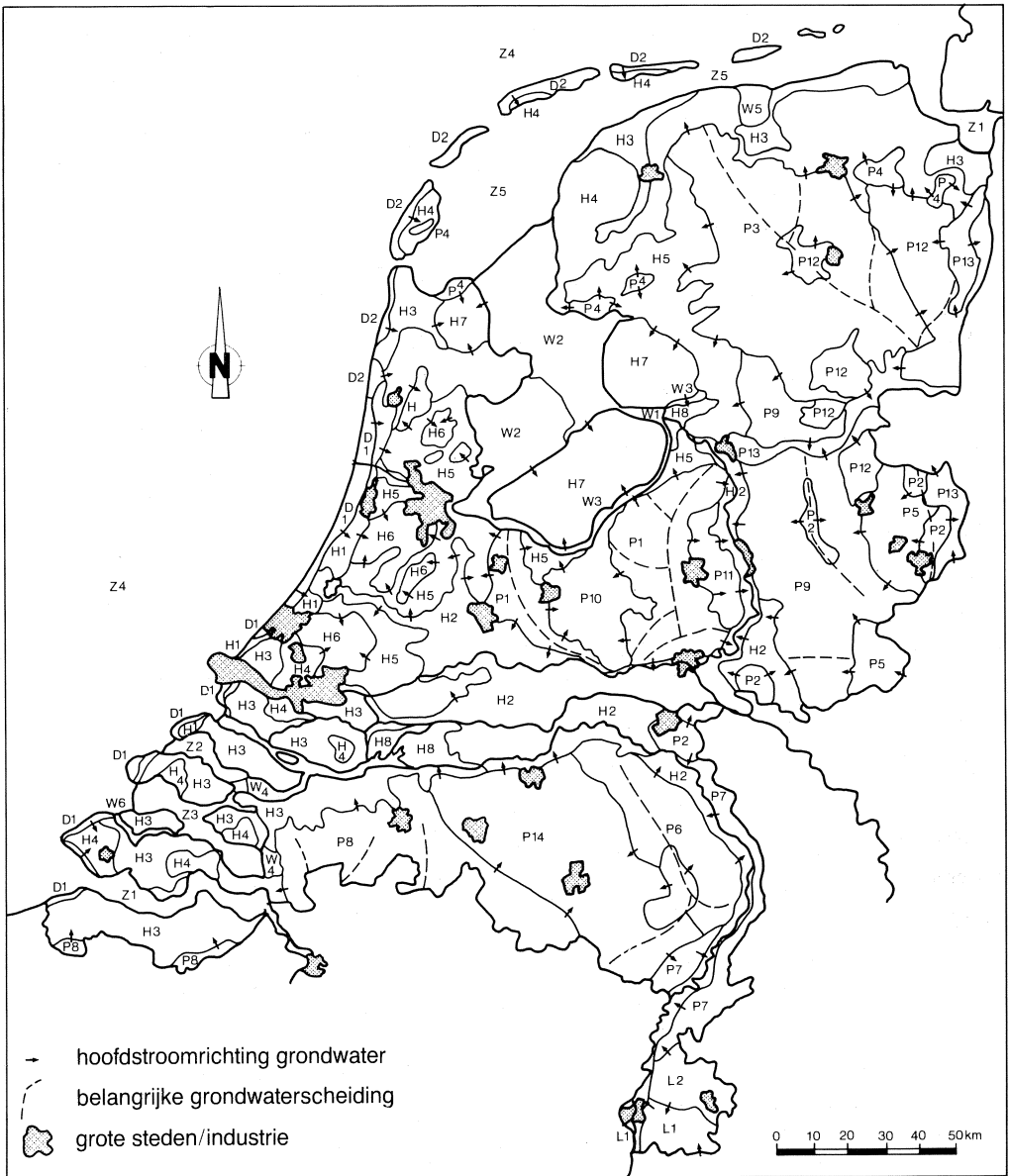
- = milieubelasting schaadt functie niet of nauwelijks

0 = milieubelasting schaadt functie; verschillen in gevoeligheid van gebieden niet aannemelijk

+ = milieubelasting schaadt functie, afhankelijk van gevoeligheid van gebieden

Een nadere beschouwing hiervan biedt aanknopingspunten voor de ontwikkeling van gebiedsgericht beleid. In eerste instantie is daarvoor de vraag relevant, of door gebiedsgewijze milieumaatregelen, naast de algemene (landelijke) maatregelen, die bij de behandeling van de afzonderlijke

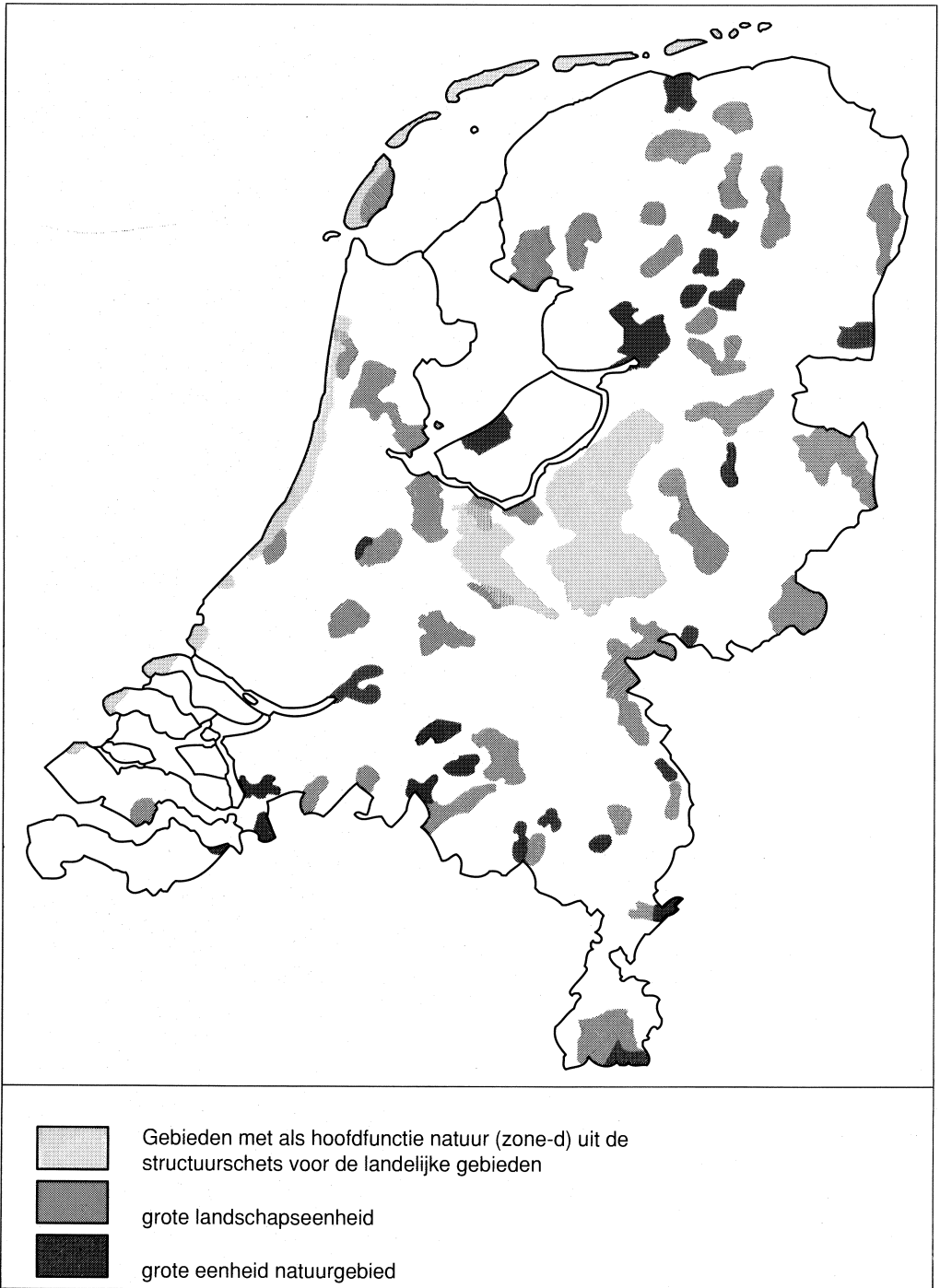
thema's zijn genoemd, nog voldoende verbetering van de vooruitzichten mogelijk lijkt. Waar dat zo is, zal per gebied aan extra preventie of effectbestrijdingsmaatregelen moeten worden gedacht.



Gebiedsindeling van Nederland in 36 ecodistricten. (bron: CML/RIVM)

In het uiterste geval moet geconcludeerd worden dat de beschouwde oplossingen niet leiden tot een duurzame ontwikkeling, met als consequentie dat functies van het milieu verloren zullen gaan. De snelheid waarmee dat gebeurt hangt af van de mate van overschrijding van de belastingsniveaus

die voor een duurzame ontwikkeling als bovengrens gelden en van de buffercapaciteit van het bedreigde deel van het milieu. Met de huidige kennis kan dat nog niet goed gekwantificeerd worden. Een semi-kwantitatieve

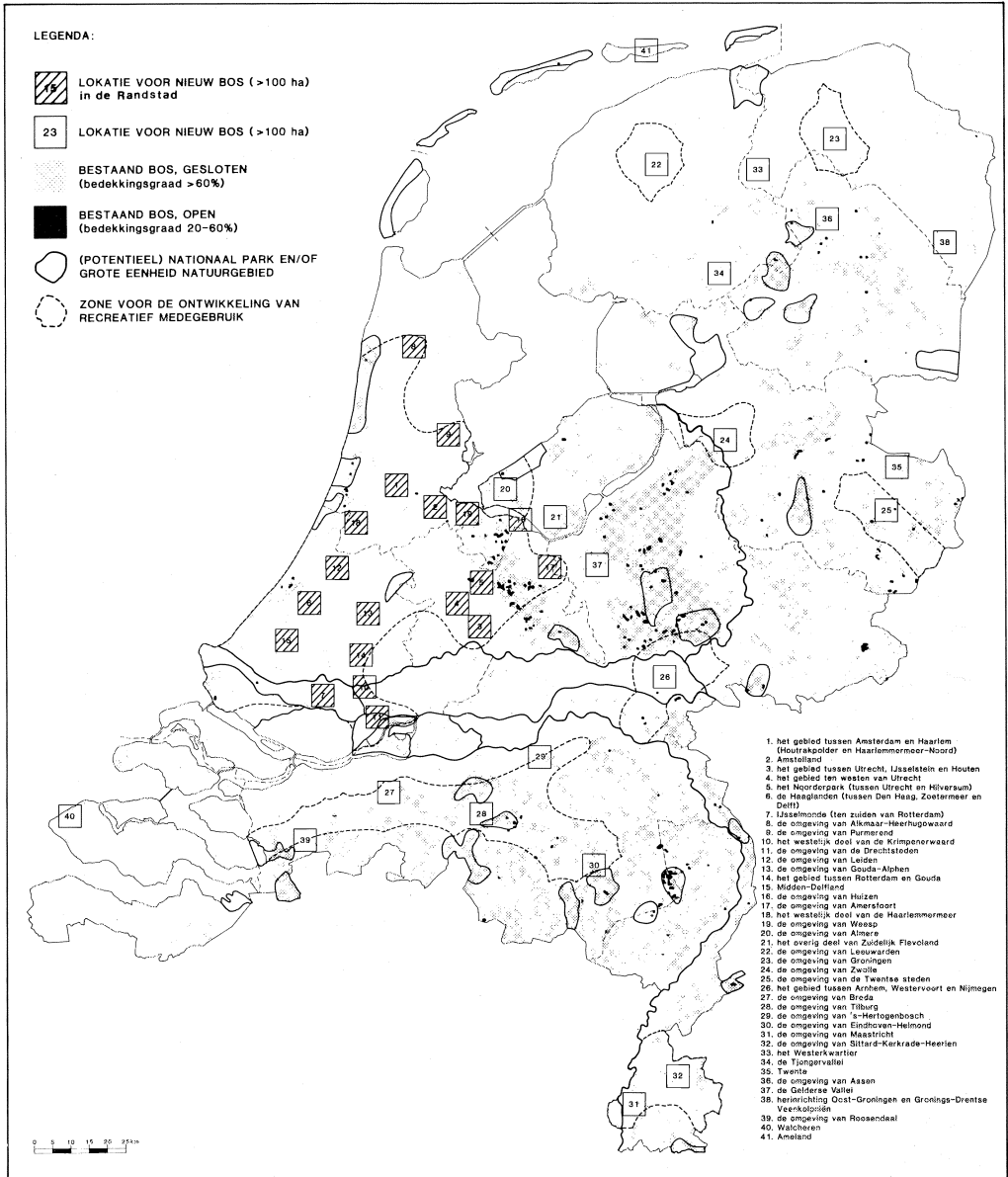


Gebieden waar natuur een belangrijke functie is.
(Structuurschema Natuur- en Landschapsbehoud, deel a, beleidsvoornemen.)

(bron: L&V)

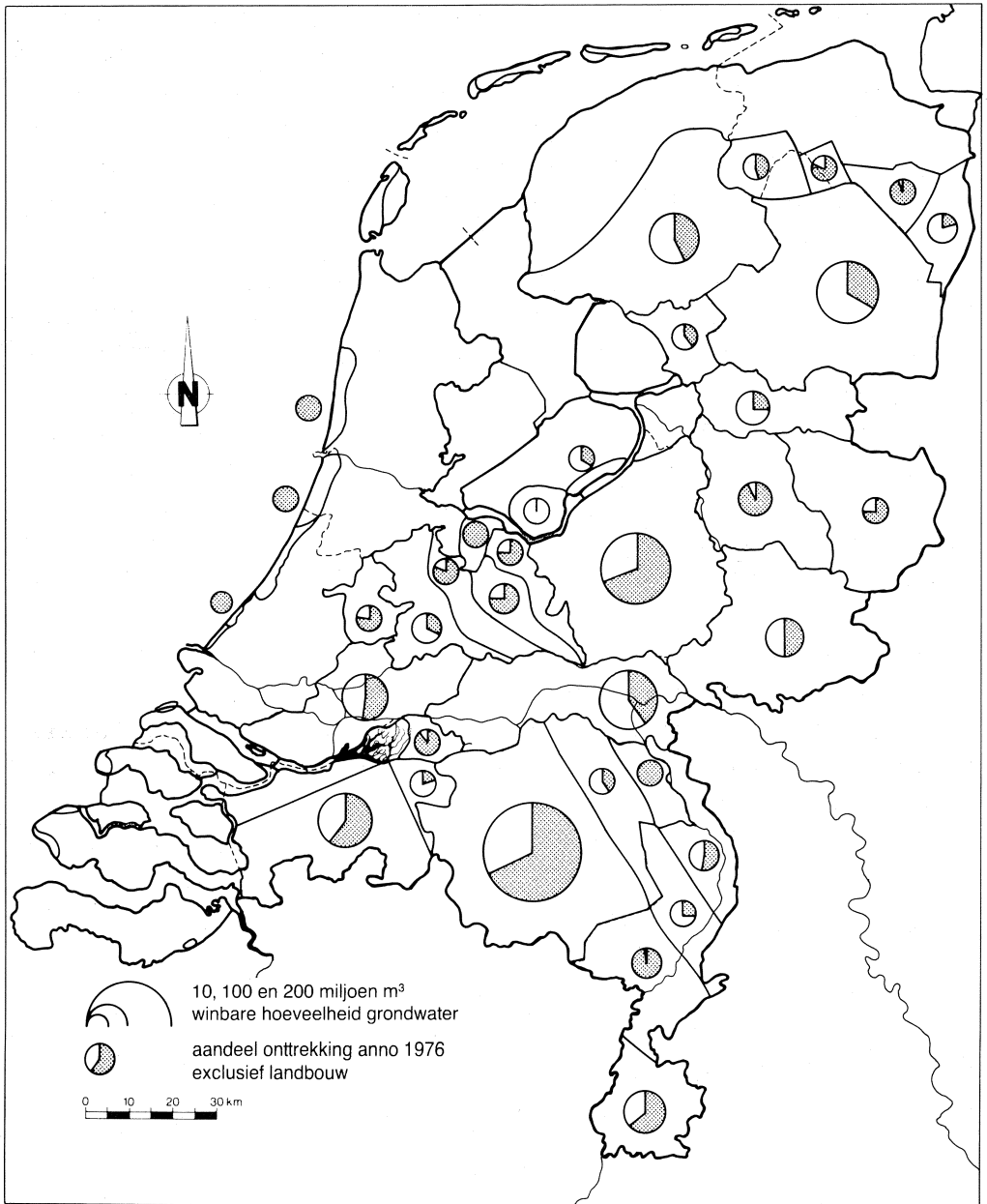
benadering geeft wel een indruk van de ernst van de ontwikkelingen en van functies die niet goed meer vervuld worden.

In dit hoofdstuk wordt met name ingegaan op de functies natuur, bosbouw en drinkwaterwinning als voorbeelden van de meest kwetsbare functies waarvoor functiegerichte milieukwaliteitseisen beschikbaar zijn. De bedreiging van deze functies wordt het meest uitgewerkt voor de thema's verzuring, vermessing en verspreiding. Daartoe wordt de gevoeligheid van gebieden voor



Gebieden waar bosbouw een belangrijke functie is. (bron: SBB)

deze thema's beschouwd aan de hand van een indeling van Nederland in 37 ecodistricten, die zijn onderscheiden op basis van de natuurlijke eigenschappen van de geomorfologie, de bodem en de hydrologie. Aan de hand van deze eigenschappen is de gevoeligheid van elk van de 26 land ecodistricten gekarakteriseerd in een semi-kwantitatieve schaal.



Gebieden waar drinkwaterwinning een belangrijke functie is gelet op de winbare hoeveelheden grondwater. (bron: DGM)

8.2 Gevoeligheid van gebieden en kwaliteitseisen van functies

Milieukwaliteitseisen voor functies hebben primair betrekking op de eigenschappen van het milieu die voor de functie direct van belang zijn, bijvoorbeeld het nitraatgehalte van grondwater voor drinkwatervoorziening. Een dergelijke kwaliteitseis geldt overal.

Om aan een functie ook eisen te ontlenen ten aanzien van de milieubelasting (bijv. door depositie van N) moeten de eigenschappen van gebieden mede in beschouwing worden genomen, i.c. de eigenschappen van de bodem. Deze vormen een buffer tussen de belasting en het effect op de functie. De buffer kan zodanig zijn, dat een milieutype of gebied binnen zekere grenzen ongevoelig kan worden genoemd voor bepaalde vormen van milieubelasting. De buffercapaciteit vormt dan een drempel, waaronder de functie niet geschaad wordt.

Drempelwaarden voor de belasting verschillen van gebied tot gebied en zijn nog maar in weinig gevallen kwantitatief bepaald. In deze paragraaf wordt een semi-kwantitatieve beschouwing van de gevoeligheid van gebieden voor uiteenlopende vormen van milieubelasting gegeven. Daarnaast worden de directe milieukwaliteitseisen of de afgeleide milieubelastingseisen voor natuur, bosbouw en drinkwaterwinning gepresenteerd en wordt de huidige en toekomstige milieubelasting daarmee vergeleken.

Verspreiding van foto-oxidantia

Met betrekking tot dit thema zijn de kwetsbare functies landbouw, bosbouw en natuur.

Voor bepaling van gevoelige gebieden is de op abiotische kenmerken gebaseerde gebiedsindeling niet geschikt, omdat het om rechtstreekse invloeden van blootstelling aan foto-oxidantia zoals O_3 gaat.

Omdat de effecten per gewas verschillen, kan een gebiedsgericht onderscheid naar het voorkomen van kwetsbare gewassen relevant zijn. Binnen landbouw zijn met name de akkerbouw- en de tuinbouwgebieden gevoelig. Zeer gevoelige gewassen voor hoge ozonconcentraties zijn de boon, de aardappel, de tomaat en spinazie. Deze cultuurgewassen worden vooral bedreigd door een hoge gemiddelde blootstelling en/of frequente piekbelasting.

Natuur is een bedreigde functie door chronische blootstelling aan O_3 . Dit leidt tot verminderde vitaliteit, verminderde reproductie en soortenverlies.



Gevoeligheid van ecodistricten voor verzuring. (bron: CML/RIVM)

Verzuring

De gebieden met hogere kalkarme zandgronden zijn gevoelig voor verzuring. De zuurbufferende capaciteit van de bodem bepaalt de mate van gevoeligheid.

De gevoeligheid van kleine, min of meer geïsoleerde, oppervlaktewateren voor verzuring komt overeen met de gevoeligheid van het omringende gebied. Voor de overige oppervlaktewateren en het zoute water is de aanvoer van kationen via watertransport zo groot, dat deze milieutypen niet gevoelig zijn voor verzuring.

Met betrekking tot het thema verzuring gelden voor gevoelige gebieden bijzondere kwaliteitseisen voor de functies natuur, bosbouw, en winning van drinkwater uit grondwater.

Voor gevoelige natuur, zoals kalkarme vennen en korstmossen, geldt een belastingsnorm van ca. 400 zuurequivalenten per ha. per jaar. Indien de belasting deze grens overschrijdt, wordt ook de soortensamenstelling van gevoelige vegetaties als heide en naaldbos aangetast.

De vergelijking van de belastingsnorm van kwetsbare natuur met de huidige belasting door zure depositie en de belasting op termijn leidt tot de conclusie dat nu en op termijn in gevoelige gebieden de norm voor kwetsbare natuur nergens gehaald wordt. Wel kan de mate van overschrijding van de norm worden teruggebracht van meer dan 10 x tot 6-10 x in de gevoelige gebieden.

Opgemerkt moet worden dat ook indien deze norm wel bereikt wordt, effecten van jarenlange overschrijding hiermee niet ongedaan zijn. De buffercapaciteit van de bodem blijft zeer langdurig aangetast.

Door de langdurige hoge belastingniveaus kan ook in minder gevoelige gebieden de buffercapaciteit van de bodem zodanig worden aangetast, dat schade aan natuur ontstaat.

Voor bosbouw geldt in verzuringsgevoelige gebieden een belastingsnorm van 1400 mol H⁺/ha.jr. Deze norm is gesteld voor naaldbos op arme zandgrond. Boven deze grens is groeireductie te verwachten.

De vergelijking van de belastingsnorm van bosbouw met de huidige belasting door zure depositie en de belasting op termijn leidt tot de conclusie dat nu en op termijn in gevoelige gebieden de kwaliteitseis voor bosbouw nergens gehaald wordt. De huidige overschrijding bedraagt een factor 3 tot 6. In de toekomst loopt de overschrijdingsfactor van 3-6 terug tot 1-3.

Voor de functie drinkwater geldt een bijzondere kwaliteitseis met betrekking tot verzuring. De pH van het drinkwater dient volgens de EG-richtlijn te liggen tussen 6.5 en 8.5.

Verzuring van het grondwater boven de norm wordt al geconstateerd in meerdere pompstations, met name in ondiepe aquifers zonder beschermende afdekkende lagen. Zure depositie is niet de primaire oorzaak van verzuring van het grondwater.

Verspreiding van zware metalen en organische microverontreinigingen via rivieren

Voor de verspreiding van milieugevaarlijke stoffen zijn voor diverse stoffen referentiewaarden vastgesteld. Deze referentiewaarden zijn gedifferentieerd naar water en bodemtype (zand, klei, veen, waterbodem).

Voor de verspreiding in water zijn cadmium, gamma-hexachloorcyclohexaan, diethylhexylftalaat, benz(a)pyreen en organotinverbindingen beschouwd.

De gevoeligheid van gebieden voor verspreiding via water hangt samen met de belasting ervan door accumulatie in slib. Zware belasting treedt op in de sedimentatiebekkens zoals het Ketelmeer, Haringvliet en Hollands Diep en de Rotterdamse havenkommen. Ook de rivierbodems, oevers en uiterwaarden worden belast door sedimentatie van rivierslib. Daarnaast treedt in kleine oppervlaktewateren belasting op door toepassing van bestrijdingsmiddelen in de naaste omgeving.

Afzonderlijke natuurgerichte milieukwaliteitseisen zijn niet beschikbaar. Overschrijding van de referentiewaarden voor water en waterbodems leidt tot bedreiging van de gezondheid en voortplanting bij dieren op de hoogste trophische niveaus, met name viseters zoals zeehonden, bruinvissen, otters, futen en sterns.

Voor oppervlaktewater bestemd voor de bereiding van drinkwater bestaat een groot aantal normen. In de huidige situatie worden normen overschreden voor een aantal metalen en organische micro-verontreinigingen.

Eutrofiëring van oppervlaktewater

Het vermistingsprobleem wordt veroorzaakt door de stoffen NO_x , NH_x , K^+ en fosfaat. Effecten van vermisting van terrestrische systemen worden vooral veroorzaakt door stikstofverbindingen en kalium. Dit deelprobleem wordt hierna beschreven onder 'Vermesting van bodem en grondwater'.

Fosfaat is met name relevant in aquatische systemen en wordt derhalve hier beschreven.

De grote rivieren vormen in Nederland de voornaamste bronnen voor

fosfaatbelasting. Fosfaat in het oppervlakte water is vooral voor de functie natuur bedreigend. Door hoge concentraties fosfaat neemt de algengroei in het oppervlaktewater toe. Hierdoor neemt het doorzicht en de zuurstofconcentratie in het water af. Gevolg hiervan is een toenemende vissterfte. Het water wordt bovendien minder geschikt als zwemwater door het verminderde doorzicht en de optredende stank (recreatie).

Bij de vastgestelde maatregelen zal de ecologische norm voor fosfaat nu en in het jaar 2000 in diverse watertypen worden overschreden. Dit zal het geval zijn voor het benedenrivieren stelsel (incl. Haringvliet/Hollands Diep) de Westerschelde en de kustwateren met in het bijzonder de Waddenzee en de Dollard. Dit betekent dat de functie natuur in de betreffende watertypen wordt bedreigd. Bij extra maatregelen is deze norm overschrijding te voorkomen doch dan is in de stroomgebieden een emissiereductie van meer dan 75% nodig.

Verresting van bodem en grondwater

In gevoelige gebieden voor uitspoeling van nitraat enerzijds en doorslag van fosfaat anderzijds kunnen nitraat en/of fosfaat het grondwater bereiken. Uitspoeling van nitraat en doorslag van fosfaat zijn verschillende processen. De gevoeligheid hiervoor kan per gebied verschillen.



Gevoeligheid van ecodistricten voor uitspoeling van nitraat naar het grondwater. (bron: CML/RIVM)



Gevoeligheid van ecodistricten voor eutrofiëring of voor doorslag van fosfaat. (bron: CML/RIVM)

In natuurgebieden vindt vermisting plaats via atmosferische depositie van N-verbindingen. Voor kwetsbare natuurgebieden (heide, vennen, naaldbos) bedraagt de functiegerichte belastingsnorm, gebaseerd op de natuurlijke soortensamenstelling, 400 mol N/ha.jr.

De gebiedsgemiddelde atmosferische depositie van N-verbindingen nu en op termijn zal de belastingsnorm van 400 mol N/ha.jr. bij alle scenario's overschrijden. Dit betekent dat kwetsbare natuurgebieden nu en op termijn worden bedreigd.

De streefwaarde voor de functie drinkwater bedraagt 25 mg nitraat/liter grondwater. De grenswaarde is gesteld op 50 mg NO_3 /l.

Op de hogere zandgronden en in de duinen wordt de grenswaarde voor NO_3 (50mg/l) in het grondwater vrijwel overal overschreden. De streefwaarde van 25mg/l zal bij extra maatregelen in 2010 slechts in weinig delen van de hogere zandgronden bereikt worden. Bij de vastgestelde maatregelen wordt zelfs de grenswaarde in 2010 vrijwel overal overschreden.

Verspreiding in terrestrische systemen

Om een compleet overzicht te geven van gevoeligheid voor milieugevaarlijke stoffen, zou een groot deel van de stoffen individueel behandeld dienen te worden. Uit praktische overwegingen is gekozen voor een generalisatie in groepen van verontreinigende stoffen t.w. de zware metalen en organische microverontreinigingen. Tussen deze twee groepen is onderscheid gemaakt op grond van de afbreekbaarheid. Organische microverontreinigingen zijn in principe wel afbreekbaar hoewel sommige slechts zeer langzaam. Zware metalen zijn niet afbreekbaar.

Gevoeligheid van gebieden voor verontreinigende stoffen is op twee wijzen te interpreteren. De bodem van een gebied kan de verontreinigende stoffen niet of weinig binden en de verbindingen zijn goed oplosbaar in water met als gevolg bedreiging van de kwaliteit van het grondwater vanwege doorslag. In het andere geval bindt de bodem de verontreinigende stoffen goed, de verbindingen zijn slecht oplosbaar in water en breken slechts langzaam (of niet) af, met als gevolg bedreiging van de bodemkwaliteit door accumulatie. Zware metalen worden gebonden (adsorbctie) aan zowel kleimineralen als organische stof. Door uitwisseling tegen andere kationen kunnen deze metalen beschikbaar komen voor planten. In een kalkrijke omgeving slaan zware metalen in de vorm van carbonaten neer die bij normale pH waarden zeer slecht oplosbaar zijn. Gebieden die gevoelig zijn voor doorslag van zware metalen naar het grondwater, zijn derhalve de kalkarme en humusarme zandgronden. Gevoelige gebieden voor accumulatie zijn de klei-en veengebieden.



Gevoeligheid van ecodistricten voor uitspoeling van zware metalen naar het grondwater.
(bron: CML/RIVM)

Een tweetal metalen zijn als voorbeeld beschouwd. Voor cadmium dreigt in 2010 overschrijding van de referentiewaarden in het zuidelijke zand- en lössgebied in Brabant en Limburg en de IJsselmeerpolders. Op zeer lange



Gevoeligheid van ecodistricten voor accumulatie van zware metalen in de bovengrond en waterbodern. (bron: CML/RIVM)

termijn zal overschrijding in de droogmakerijen in het Westen van het land optreden terwijl de situatie in de zandgebieden zal verbeteren. Overschrijdingen van de referentiewaarde van koper zal op nog grotere

schaal plaatsvinden doch hiervoor is geen ruimtelijk gedifferentieerd beeld beschikbaar. Uitspoeling van de genoemde metalen naar grondwater vindt wel plaats doch vormt naar verwachting geen probleem.



Gevoeligheid van ecodistricten voor uitspoeling van organische microverontreinigingen naar het grondwater. (bron: CML/RIVM)

Organische microverontreinigingen vormen een groep van verbindingen met sterk uiteenlopende eigenschappen wat betreft oplosbaarheid, bindbaarheid aan de bodemdeeltjes en afbreekbaarheid. De gevoeligheidskaart is van



Gevoeligheid van ecodistricten voor accumulatie van organische microverontreinigingen in de bovengrond en waterbodem. (bron: CML/RIVM)

toepassing op verbindingen met een lange levensduur en een slechte oplosbaarheid. Deze stoffen binden zich in tegenstelling tot de zware metalen niet of nauwelijks aan de kleifractie in de bodem maar slechts aan organische stof. Doorslag naar het grondwater is hierdoor slechts afhankelijk van de richting van de grondwaterstroom (inzijging, doorstroming en kwel) en het organische stofgehalte in de bodem. Gevoelige terrestrische gebieden zijn klei- en zandgronden (met name de inzijgingsgebieden) met een laag organisch stofgehalte.

Persistente organische verbindingen kunnen zowel door uitspoeling als accumulatie een probleem gaan vormen. Pesticiden verdienen in dit kader bijzondere aandacht. Te overdadig gebruik in het verleden leidt op vele plaatsen tot overschrijding van referentiewaarden in het grondwater. Ook hiervoor is geen ruimtelijk gedifferentieerd beeld beschikbaar.

Overschrijding van referentiewaarden is primair bedreigend voor dieren op hogere trophische niveaus, zoals de das, hermelijn, boomarter en roofvogels. De ecotoxicologische kennis is nog niet voldoende kwantitatief ontwikkeld om de consequenties van de overschrijding van de referentiewaarden voor de populaties van dergelijke diersoorten aan te geven.

De uitspoeling van organische microverontreinigingen naar het grondwater tast op termijn de geschiktheid van een groot deel van het zoete grondwater voor de drinkwatervoorziening aan.

Verdroging

Voor verdroging gelden tegengestelde belangen bij de functies natuur en landbouw. Hierdoor vormt ontwatering ten behoeve van de landbouw voor een belangrijk deel de oorzaak van verdrogingsproblemen voor natuur. Daarnaast speelt verdroging ook voor landbouw zelf als probleem door watertekorten, vooral op hoge zandgronden. Ten aanzien van zowel natuur, bosbouw, als landbouw vormen grondwaterwinning (drinkwatervoorziening, industriële onttrekkingen en landbouwwinningen) een oorzaak van verdrogingsproblemen. De toevoer van gebiedsvreemd water ter bestrijding van droogteproblemen in de landbouw vormt voor de functie natuur veelal een extra probleem van verdroging.

Voor verdroging gevoelige gebieden zijn:

- de dekzandgebieden met vochtige vegetatie (heide, loofbos);
- de randen van het stuwwallenbebied (bronnen, sprengen, beken)
- het Drenths Plateau (bovenlopen beken, vennen)

- vochtige duinvalleien
- laagveen, hoogveen en hoogveenontginningsgebieden
- Limburgse rivierterassen

Er zijn geen milieukwaliteitseisen vanuit functies gesteld. Als indicatie kan worden aangegeven dat afhankelijk van het bodemtype voor akkerbouw een grondwaterstand van ca. 0,85-1,20 m beneden maaiveld wordt nagestreefd. Voor graslanden bedraagt dit ca. 0.4-0,75 m. Voor sterk van het grondwater afhankelijke vegetaties zijn veelal grondwaterstanden van 0-0,20 m beneden maaiveld gewenst (alle diepten: voorzomerpeil).

Prognoses van de ontwikkeling van verdroging in de komende decennia zijn niet beschikbaar. Extrapolatie van de trend van de afgelopen decennia zou leiden tot een sterke verdergaande aantasting van de natuurwaarden (bijv. weidevogels, vochtige vegetaties, vennen, beken) in gebieden waar de waterhuishouding (en landinrichting) wordt gewijzigd en in gebieden waar grondwater wordt gebruikt voor beregening. Voor de bosbouw vormt verdroging zelf een matige bedreiging. Door verdroging kunnen bossen kwetsbaarder worden voor andere vormen van milieubelasting (foto-oxidantia, verzuring).

Verstoring door geluid en versnippering

geluidshinder verstoort enkele functies rechtstreeks, met name wonen, recreatie en natuur. De Wet geluidshinder wijst enkele categorieën gebieden op grond van de functies aan als stiltegebied: natuurmonumenten, de waterrijke gebieden die onder de conventie van RAMSAR vallen (wetlands) en Nationale Parken. Bovendien kunnen ook de provincies stiltegebieden aanwijzen.

De thans als zodanig aangewezen stiltegebieden worden aangemerkt als gevoelige gebieden.

De kwetsbaarheid van fauna voor geluid hangt nauw samen met de kwetsbaarheid voor doorsnijding van gebieden door infrastructuur (versnippering). Als gevoelig worden aangemerkt bepaalde categorieën van natuurgebieden en andere gebieden waar bepaalde diersoorten leven.



De kwetsbaarheid van natuur en landschap voor versnippering
(Bron: Centrum voor Milieukunde, Leiden).

8.3 Gebiedsgewijze integratie

In de voorgaande paragraaf zijn de belastingen van gebieden vergeleken met de referentiewaarden voor functies. De gevoeligheden van de gebieden zijn aangegeven. Deze gegevens zullen nu gebruikt worden om een kwalitatief beeld te schetsen van de algehele milieukwaliteit in gebieden.

Zo'n benadering heeft het kenmerk van het optellen van appels en peren. Dat kan, mits de kwantificeringsschaal voor de verschillende aspecten een vergelijkbare betekenis heeft. Dat wordt hier benaderd door als vergelijkingsmaatstaf de mate van de bedreiging van de geschiktheid voor het milieu voor functies te hanteren. Hoe ernstig een bedreiging is, wordt hier beoordeeld aan de hand van model uitkomsten die aangeven in welke mate of wanneer kritische grenzen worden overschreden.

Bij de beoordeling van de depositieniveau's voor verzuring wordt rekening gehouden met de gevoeligheid van gebieden tegen de achtergrond van een referentiewaarde van 1400 mol/ha/jaar. Bij vermesting wordt uitgegaan van een referentiewaarde van 5,6 mg H/l voor de stikstofbelasting. Dit leidt tot de volgende scores.

thema	gebiedskenmerk	aantal keren maal referentiewaarden			
		0-1	1-2	2-4	> 4
Verzuring	weinig gevoelig	-	-	-	-
	matig gevoelig	-	x	x	xx
	gevoelig	-	x	xx	xxx
	zeer gevoelig	-	xx	xx	xxx
Vermesting	grondwater	-	x	xx	xxx

Voor de eveneens tot vermesting behorende fosfaatdoorslag worden de volgende scores gebruikt samenhangend met de tijd die verloopt tot doorslag zal optreden.

- = langer dan 100 jaar
- x = 50-100 jaar
- xx = 25-50 jaar
- xxx = korter dan 25 jaar of reeds doorgeslagen.

Voor de verspreiding van cadmium is eveneens gekozen voor een tijdsperiode die zal verlopen voor van het bodemtype afhankelijke referentiewaarden worden bereikt:

- = geen overschrijding
- x = rond referentiewaarde of overschrijding na 2100
- xx = overschrijding tussen 2010 en 2100
- xxx = overschrijding voor 2010

Toepassing van de beoordelingsmaatstaf op de milieubelasting nu en op termijn op elk van de ecodistricten levert een beeld op van die gebieden, waar de milieukwaliteit problemen geeft voor het continueren van thans aanwezige functies. Hiervoor worden de thema's verzuring, vermessing en verspreiding in ogenschouw genomen.

Gebiedsgewijze integratie van de beoordeling van milieubelasting

THEMA →	Verzuring				Verspreiding			Vermesting (N)			Vermesting (P)			som	1	2	3	4
	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
Jaar/scenario * → ECODISTRICT ↓	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4	
L1 Krijtlandschap	-	-	-	-	X	X	X	XXX	XXX	XX	-	-	-	4	4	3	3	
L2 Lossgebied	XX	XX	X	-	X	X	X	XXX	XXX	XX	-	-	-	6	6	4	3	
P1 Veluwemassief en Utrechtse Heuvelrug	XXX	XX	XX	-	-	-	-	XXX	XXX	XX	X	-	-	8	5	4	2	
P2 Geïsoleerde stuwwallen	XXX	XX	XX	-	-	X	X	XXX	XXX	XX	-	-	-	7	6	5	3	
P3 Fries-Drents Plateau	X	X	X	-	-	-	-	XX	XX	X	-	-	-	3	3	2	1	
P4 Keileemopduikingen	X	X	X	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	2	2	2	1	
P5 Keileem Overijssel/Achterhoek	XX	X	X	-	-	-	-	XX	XX	X	XXX	-	-	7	3	2	1	
P6 Peelhorst	XXX	XXX	XX	X	X	X	X	XXX	XX	X	XXX	-	-	10	6	4	3	
P7 Oude rivierterassen-landschap Limburg	XXX	XXX	XX	X	X	X	X	XX	XX	X	XXX	-	-	9	6	4	3	
P8 West-Brabants en Vlaams zandgebied	XXX	XXX	XX	-	X	X	X	XXX	XX	X	XX	-	-	9	6	4	2	
P9 Oost-Nederlands zandgebied	XXX	XX	XX	-	-	-	-	XX	XX	X	XXX	-	-	8	4	3	1	
P10 Gelderse Vallei	XX	X	X	-	-	-	-	XXX	XXX	XX	X	-	-	6	4	3	2	
P11 Veluwezoom	XX	X	X	-	-	-	-	XXX	XX	XX	-	-	-	5	3	3	2	
P12 Hoogveen en hoogveenontginningsgebieden	X	X	X	-	-	X	X	XX	XX	X	XX	-	-	7	4	3	2	
P13 Beekdalcomplexen	X	X	X	-	-	-	-	XX	XX	X	XX	-	-	5	3	2	1	
P14 Brabants bekengebied	XX	XX	X	X	-	X	X	XXX	XX	X	XXX	-	-	9	5	3	2	
D1 Kalkrijke duinen	XXX	XX	XX	-	-	-	-	XXX	XXX	XX	-	-	-	6	5	4	2	
D2 Kalkarme duinen	XX	XX	XX	-	-	-	-	XX	XX	X	-	-	-	4	4	3	1	

THEMA →	Verzuring				Verspreiding			Vermesting (N)			Vermesting (P)			som			
														1	2	3	4
Jaar/scenario * →	1	2	3	4	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	4
ECODISTRICT ↓																	
H1 Strandwallen	-	-	-	-	-	-	-	XX	XX	XX	-	-	-	2	2	2	2
H2 Rivierengebied	-	-	-	-	-	-	-	XXX	XXX	XX	-	-	-	3	3	2	2
H3 Jonge zeeklei gebied	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	XX	XX	XX	3	3	2	2
H4 Oude zeeklei-gebied	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	1	1	-	-
H5 Laagveengebied	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	1	1	-	-
H6 Droogmakerijen	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
H7 IJsselmeerpolders	-	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	-	2	2	1	1
H8 Delta's Rijn en IJssel	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	-	1	1	-	-

* 1 = huidige belasting (1980/1985), 2 = belasting in 2010 bij voorgenomen maatregelen 3 = belasting in 2010 bij extra maatregelen in Nederland, 4 = belasting in 2010 bij extra maatregelen in Nederland en Europa, X = gedeelte van het ecodistrict.

De beoordeling van de milieubelasting door de verschillende thema's kan worden geïntegreerd door samenvoeging van de afzonderlijke beoordelingen. Dit kan op vele manieren door gewogen samenvoeging van de beoordelingsscores. De meest eenvoudige vorm van een ongewogen optelling van beoordelingen van de belasting per thema wordt gebruikt.



Integratiekaart (voor verzekering, vermesting en verspreiding).
 Situatie 1985. (bron: RIVM)



Intergratiekaart (voor verzuring, vermesting en verspreiding).
 Situatie 2010 bij vastgestelde maatregelen. (bron: RIVM)



Intergratiekaart (voor verzekering, vermesting en verspreiding).
 Situatie 2010 bij extra maatregelen in Nederland. (bron: RIVM)



Intergratiekaart (voor verzuring, vermesting en verspreiding).
 Situatie 2010 bij extra maatregelen in Nederland en Europa. (bron: RIVM)

De ongewogen optelling voor verzuring, vermesting (N, P) en verspreiding (Cd) leidt tot een totaal waarde tussen 0 en 10. De laagste score 0 betekent dat de referentiewaarden niet worden overschreden of dat het gebied niet gevoelig is. De functies worden dan niet bedreigd. De hoogste scores betekenen dat functies zeer ernstig worden bedreigd gezien de gevoeligheid van het gebied en de overschrijding van meerdere referentiewaarden tegelijk.

In de huidige situatie worden functies in de Peelhorst, het West-Noord Brabants en Vlaams zandgebied, het Noord-Brabantse bekengebied en het oude rivierterrassen landschap in Limburg zeer ernstig bedreigd. Van een ernstige bedreiging is sprake in het Limburgse lössgebied, het Veluwe massief, de Utrechtse Heuvelrug, de Gelderse Vallei, het Oost-Nederlands zandgebied, de geïsoleerde stuwwallen in Gelderland en Overijssel, de hoogveen- en hoogveenontginningsgebieden in Groningen, Drente en Overijssel, de duinen en de keileem in Overijssel en de Achterhoek.

De vastgestelde maatregelen brengen reeds een belangrijke verbetering in de mate van bedreiging van functies tot stand. De Peelhorst, het oude rivierterrassenlandschap in Limburg, het West-Brabants en Vlaams zandgebied, het Limburgs lössgebied en de geïsoleerde stuwwallen worden dan nog ernstig bedreigd. De extra maatregelen zorgen voor een verdergaande verbetering. Ernstige bedreigingen komen dan niet meer voor. Extra Europese maatregelen ter bestrijding van de verzuring zorgen ervoor dat vrijwel geheel Nederland in de niet tot matig bedreigde klassen komt te vallen. De Peelhorst, het oude rivierterrassen landschap in Limburg, het Limburgs lössgebied en krijtlandschap in Limburg en de geïsoleerde stuwwallen zijn dan nog matig bedreigd. Naast de bedreiging door verzuring, overmesting en verspreiding spelen in de toekomst ook de problemen van geluid, stank, verdroging en versnippering, die eveneens de geschiktheid van gebieden voor woon- en recreatiefuncties alsmede natuurwaarden bedreigen.

Literatuur gebiedsgerichte integratie

Anonymus, 1980.

Structuurschema Natuur- en Landschapbehoud.

Deel a: beleidsvoornemen. Tweede Kamer, zitting 1980-1981, 16820, nrs. 1-2.

Anonymus, 1980.

Tweede Structuurschema Drink- en Industriewatervoorziening.

Deel a: beleidsvoornemen. Tweede Kamer, zitting 1980-1981, 16725, nrs. 1-2.

Anonymus, 1985.

Meerjaarplan Bosbouw. Tweede Kamer, zitting 1985-1986, 18630, nrs. 5-6.

Brouwer, K. en J.C.M. Klaver, 1987.

Milieuproblemen in geografisch perspectief. Van Gorkum, Assen/Maastricht.

Duijvenbooden, W. van en A. Breeuwsma (red.), 1987.

Kwetsbaarheid van het grondwater. RIVM rapport nr. 840387003.

Klijn, F en P.K. Koster, 1988.

Milieubeheergebieden ten behoeve van nationaal gebiedsgericht milieubeleid, 1988. Rapport RIVM-CML, juli 1988 (rapportnr. 758702002).

RIVM, 1988.

Ecologische indicatoren als positieve doelen voor het milieubeleid. RIVM-rapport nr. 758406001 (in voorbereiding).

RIVM, 1988.

Gevoeligheid van gebieden en bedreiging van functies door milieubelasting. RIVM-rapport nr. 758406002 (in voorbereiding).

Natuurbeheer in Nederland. Dieren Pudoc, Wageningen. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 1983.

Milieukwaliteitskartering. Ministerie van VROM, Den Haag. Rijks Planologische Dienst, 1982.

Milieukwaliteit in beeld. Rijks Planologische Dienst, 1987.

4e Nota Ruimtelijke Ordening. Ministerie van VROM, Den Haag. Rijks Planologische Dienst, 1988.

Atlas van Nederland; dl 15 Water; dl 14 Bodem; dl 16 Landschap, Staatsuitgeverij, Den Haag.

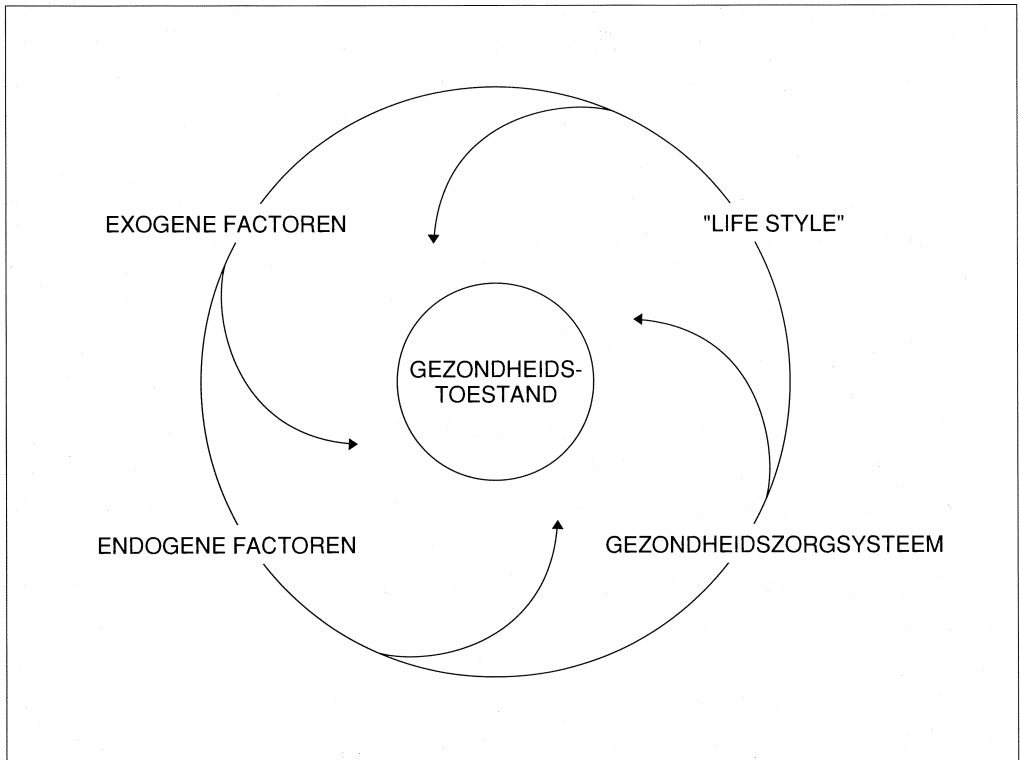
9 Effecten op de volksgezondheid

9.1 Probleemschets

Het onderwerp van dit hoofdstuk is de relatie tussen de kwaliteit van het milieu en de gezondheid van de mens, een uitermate complexe relatie. De definitie in de constitutie van de WHO karakteriseert het begrip "gezondheid" als volgt: "Health is a state of complete physical, mental and social well-being, and not merely the absence of disease or infirmity". Gezondheid in deze zin omvat dus tevens een "staat van welzijn". In aansluiting hierop worden in dit rapport "gezondheidseffecten" opgevat als niet alleen het optreden van dood en ernstige ziekte, maar ook van hinder of aantasting van vitale functies, die niet direct tot ziekte leiden (bijvoorbeeld functievermindering van longen of nieren, effecten op het immuunsysteem).

Ook het begrip "milieu" kan, in relatie tot de menselijke gezondheid, zeer ruim worden opgevat. In deze zin omvat het naast chemische, fysische en biologische omgevingsfactoren ook de maatschappelijke, sociale en relationele structuren, waarin de mens leeft. Een aspect hiervan is, dat naast eventuele fysieke effecten van verontreinigingen ook de beleving van de vervuilingssituatie, en hieruit voortvloeiende psycho-sociale moeilijkheden belangrijk zijn. Tevens kunnen tot "milieu" gerekend worden omgevingsfactoren welke vooral bepaald worden door eigen gedrag, zoals eten drinkgewoonten, roken en geneesmiddelengebruik (leefstijl-factoren). Hoewel de invloed van deze leefstijl-factoren op de volksgezondheid aanzienlijk is, vallen zij strikt genomen buiten het kader van het huidige rapport (en buiten de sfeer van het "milieubeleid") en zullen ze slechts zijdelings besproken worden. Dit geldt tevens voor de arbeidsplek als milieucolponent.

Duidelijk zal zijn, dat de invloed van milieufactoren op de gezondheid, zeker in deze ruime zin, niet alleen negatief maar ook positief kan zijn: In landen waar bijvoorbeeld in de loop van de geschiedenis goede



Factoren welke de menselijke gezondheid bepalen.

Bron: RIVM

drinkwatervoorzieningen en hygienische standaarden zijn ontwikkeld, heeft dit de toestand van de volksgezondheid drastisch verbeterd. Meer in algemene zin kan worden gesteld, dat de huidige "milieuproblemen" onbedoelde bijprodukten zijn van bewust gekozen veranderingen van het leefmilieu van de mens; veranderingen, die overwegend als positief worden ervaren en in elk geval op vele punten tot verbetering van de gezondheidstoestand van de bevolking hebben geleid.

Binnen het kader van dit rapport is gekozen voor een beperking van de boven geschetste ruime opvatting van "milieu" tot de volgende categorieën:

- chemische agentia;
- fysische agentia (UV- en ioniserende straling, geluid);
- biologische agentia (parasieten, microorganismen).

Om de bespreking een zo concreet mogelijke basis te geven, is uit deze groepen agentia een aantal gevallen geselecteerd, welke aansluiten op de in voorgaande hoofdstukken themagewijs besproken milieuproblemen, en welke representatief zijn voor de belangrijkste gezondheidsbedreigende factoren in het milieu. Een aantal gevallen, die sterk in de belangstelling staan, maar voor welke reeds verbeteringen optreden, zijn niet besproken

(bijvoorbeeld lood, PCB's, asbest). Stoffen, die niet besproken zijn, maar wel aandacht verdienen, zijn bijvoorbeeld de metalen chroom en platina (katalysatoren). Per besproken voorbeeld wordt zowel voor de vastgestelde maatregelen als voor extra maatregelen de blootstelling en het daaruit voortvloeiend risico behandeld. De bespreking is in dit rapport zeer beknopt gehouden. Een aantal onderdelen is meer uitvoerig behandeld in het RIVM-rapport "Gezondheidseffecten en milieufactoren; een studie in het kader van het NMP" (Kramers et al., 1988).

Effecten versus normen

Bij de beoordeling van de milieukwaliteit ten aanzien van gezondheidseffecten kan men uitgaan ofwel van feitelijk optredende effecten, in termen van incidenties van bepaalde ziekten of aandoeningen, ofwel van vastgestelde normen, in termen van concentraties of blootstellingsniveau's (de discussie spitst zich hier toe op de chemische agentia). Schattingen van optredende effecten worden gemaakt op basis van epidemiologisch onderzoek of door extrapolatie vanuit (dier)experimentele gegevens. Normen voor maximaal toelaatbare concentraties of blootstellingsniveau's worden geformuleerd op basis van deze schattingen, soms met meeweging van maatschappelijke overwegingen.

De relatie tussen normen en (te verwachten) effecten is niet steeds dezelfde. Normen, welke gebaseerd zijn op epidemiologisch onderzoek bij de algemene bevolking, of op humaan klinisch onderzoek, liggen soms zeer dicht bij de niveau's, waarbij feitelijk effecten werden waargenomen (bijvoorbeeld ozon, NO₂, aerosol). Voor veel stoffen zijn alleen humane gegevens bekend bij zeer hoge blootstellingen (op de werkplek) of slechts dierexperimentele gegevens. In deze gevallen is voor het vaststellen van normen een extrapolatiestap nodig (van hoge naar lage dosis, van proefdier naar mens). De grote onzekerheid die inherent is aan dergelijke extrapolaties vindt zijn weerslag in het hanteren van een veiligheidsfactor. Deze factor geeft de norm een zekere ambivalentie. Enerzijds hoeft, door die veiligheidsmarge, bij overschrijding van de norm, niet onmiddellijk van een gezondheidseffect sprake te zijn. Anderzijds kan overschrijding van de norm als een soort "substituut" worden beschouwd van het optreden van een gezondheidseffect, omdat de veiligheidsmarge tevens als onzekerheidsmarge moet worden beschouwd. Sommige normen hebben een zeer ruime marge ten opzichte van een verwacht gezondheidseffect. Deze zijn vooral als kwaliteitsnorm geformuleerd, zoals dikwijls voor pesticiden in drinkwater, waar het uitgangspunt is, dat deze stoffen niet in drinkwater behoren voor te komen.

Bij normen welke op resultaten uit dierproeven zijn gebaseerd, wordt onderscheid gemaakt tussen agentia voor welke een drempelwaarde in de dosis-effect relatie wordt verondersteld, en agentia waarbij ook bij zeer lage blootstelling nog van een risico wordt uitgegaan. In het eerste geval wordt in de regel een "grenswaarde" en een "streefwaarde" gehanteerd, welke respectievelijk een factor 100 en 10.000 onder het blootstellingsniveau liggen waarbij (bij dieren) geen effect meer werd waargenomen ("no-effect-level", NEL). In het tweede geval (meestal genotoxische carcinogenen) wordt het blootstellingsniveau geschat waarbij (bij levenslange expositie) de kans op een extra kanker geval 10^{-4} is dan wel 10^{-6} (grenswaarde, respectievelijk streefwaarde), hetgeen neerkomt op een individueel risico van ongeveer 10^{-6} respectievelijk 10^{-8} per jaar.

Onzekerheid van risicoschattingen; relaties tussen blootstelling en effect

Zoals boven reeds aangegeven, zijn risicoschattingen in het kader van blootstelling aan milieu-agentia dikwijls zeer onzeker. Allereerst is dikwijls de feitelijke blootstelling niet bekend. Soms is sprake van min of meer chronische blootstelling aan lage concentraties, in andere gevallen zal blootstelling incidenteel zijn, eventueel aan hoge concentraties van een agens (piekbelasting). Meestal is ook niets bekend over de relatie tussen blootstelling en opgenomen dosis, of tussen blootstelling en "doelorgaan dosis".

Een belangrijk aspect is, dat in werkelijkheid mensen blootgesteld worden aan een groot aantal verschillende stoffen, welke elkaars werking kunnen versterken of verzwakken. In algemene zin kan gesteld worden, dat in die gevallen, waar verschillende agentia een beroep doen op eenzelfde "verdedigingslinie" van het lichaam (bijvoorbeeld immuunsysteem, ontgiftingsenzymen, DNA-herstel systemen), of op orgaan- of celniveau op hetzelfde "target" inwerken, een kritische toestand, of een drempelwaarde waar effecten gaan optreden eerder bereikt kan worden. Tenslotte is van belang, dat individuele personen grote verschillen in gevoeligheid kunnen vertonen.

Derhalve kan niet genoeg worden benadrukt, hoe gebrekkig elke poging tot risicoschatting moet zijn, en hoe voorzichtig men dient te zijn met het al te absoluut hanteren van de verkregen getallen. Hun betekenis moet vooral worden gezien voor het aangeven van ordes van grootte, vooral in relatieve zin.

Integratie

Uit het bovenstaande is duidelijk, dat een norm niet altijd een gelijksoortige relatie heeft met het optreden van gezondheidseffecten, maar ook, dat relaties tussen blootstellingsniveau's en effecten vaak niet eenvoudig te leggen zijn. Daarom zal bij de hieronder te bespreken specifieke gevallen zowel getoetst worden aan gestelde normen als aan verwachte gevolgen voor de gezondheid. In aansluiting daarop worden verschillende typen ziekten en andere aantastingen van de gezondheid besproken, welke door milieufactoren kunnen worden beïnvloed. Hierbij zal getracht worden aan te geven wat het relatieve belang is van de verschillende gekozen voorbeelden, in samenhang met bijvoorbeeld levensstijl. Op deze wijze is binnen marges van onzekerheid enige uitspraak te doen welke milieuproblemen voor de volksgezondheid de belangrijkste bedreiging vormen, en op welke terreinen maatregelen op het gebied van milieubeheer (of, waar van toepassing, op ander gebied) wellicht tot "gezondheidswinst" kunnen leiden.

9.2 Chemische agentia met (voornamelijk) orale blootstelling

De geselecteerde gevallen (nitraat, dioxinen, cadmium, pesticiden) spelen met name een rol op de regionale schaal. Het is dit schaalniveau, waar bedreigingen van de kwaliteit van voeding en drinkwater aan de orde zijn.

Nitraat

De toxicologische betekenis van nitraat wordt bepaald door het uit deze stof gevormde nitriet. Daarnaast is de endogene vorming van nitrosaminen door reactie van dit nitriet met aminen of amiden in de maag van belang. Nitriet bindt aan hemoglobine (reversibel) en vermindert daarmee het zuurstofbindend vermogen. Bovendien veroorzaakt het veranderingen in de bijnier en bloedvaten. Van een aantal nitrosaminen en nitrosamides is in dierexperimenten een carcinogene werking aangetoond (Speijers et al., 1987).

blootstelling : De gemiddelde dagelijkse nitraatopname in Nederland was in 1984 110 mg per dag (range 10-700), ofwel 1,83 mg/kg lichaamsgewicht. Ongeveer 90% hiervan vindt plaats via bepaalde groenten en ca. 10% via het drinkwater. Bij gebruik van drinkwater met de maximaal toegestane concentratie (50 mg/l, WHO) zou de dagelijkse opname hieruit ongeveer 1.4 mg/kg lichaamsgewicht bedragen, dus ongeveer evenveel als de gemiddelde

opname uit groenten. Naar verwachting zal rond 2000 bij 15-20 van de 80 freatische pompstations (dat wil zeggen., welke winnen uit relatief onbeschermd waterlagen, dikwijls onder zandgrond) de norm zijn overschreden. Gezien de lange verblijftijd van nitraat in het grondwater zullen nu genomen maatregelen pas na ca. 2010 effect gaan sorteren.

risico's : Op basis van toxicologische gegevens is voor nitraat een "no-effect-level" (NEL) van 146 mg/kg lichaamsgewicht berekend. Hierbij is geen rekening gehouden met de mogelijke vorming van carcinogene nitrosaminen. Dit verschilt een factor 80 van de huidige gemiddelde opname en een factor 44 van de opname bij maximale toelaatbare concentraties in drinkwater. Volgens gangbare toxicologische normen voor bijvoorbeeld pesticiden zou deze factor tenminste 100 moeten zijn.

Een risicogroep vormen zuigelingen die flesvoeding krijgen. Voor hen is de dagelijkse drinkwateropname per kg lichaamsgewicht ca. 6 maal zo hoog als voor volwassenen. Bij 50 mg/l in drinkwater zou de nitraatopname alleen hierdoor slechts een factor 16 onder de NEL liggen. Hierbij moet tevens worden bedacht, dat de vorming van nitriet uit nitraat bij zuigelingen hoger kan liggen dan bij volwassenen, met name bij maag-darm stoornissen. In een Israelisch onderzoek werd bij verschillende groepen zuigelingen op flesvoeding in water met 45 tot 108 mg/l nitraat statistisch significant verhoogde concentraties methemoglobine in het bloed waargenomen ten opzichte van een controlegroep (Shuval en Gruener, 1977).

Voor kwantitatieve uitspraken over de vorming van nitrosaminen zijn onvoldoende gegevens beschikbaar. De hoeveelheid endogeen gevormde nitrosaminen is naar schatting niet hoger dan de hoeveelheid welke exogeen wordt opgenomen. In diverse epidemiologische onderzoeken werden geen relaties gevonden tussen nitraatgehalten in drinkwater en het optreden van (maag)kanker (Speijers et al., 1987).

ontwikkelingen : Voor maatregelen tot reductie van de nitraatopname is van belang, dat verlaging van de nitraatconcentratie in de bodem slechts gering bijdraagt aan een verlaging van het nitraatgehalte van de op deze bodem groeiende planten (LAC workshop nitraat, 1988). Wel geldt dat door veredeling plantenrassen kunnen worden ontwikkeld, die een relatief laag nitraatgehalte hebben. Bovengenoemde stijging van de nitraatgehalten in water van freatische pompstations betekent, dat rond 2010 ca. 5-10% van de bevolking een ca. verdubbelde nitraatopname zal kennen ten opzichte van het huidige landelijk gemiddelde, ofwel een factor 44 of 6 lager dan de NEL, voor volwassenen respectievelijk zuigelingen.

Gechloroerde dibenzodioxinen en -furanen

De PCDD's en PCDF's (poly-gechloroerde dibenzo-dioxinen respectievelijk -furanen) vormen een groep van 210 verwante verbindingen, waarvan vooral de hoger gechloroerde verbindingen sterk in vet accumuleren. Ten aanzien van toxische effecten zijn voor het 2,3,7,8-tetrachloordibenzodioxine (TCDD) de meeste gegevens beschikbaar. Bij voldoende hoge belasting veroorzaakt deze stof onder meer inductie van leverenzymen, effecten op het immuunsysteem, en tumoren (in dierproeven). Bij accidentele blootstelling van de mens is chlooracne het meest opvallende symptoom.

blootstelling : De voornaamste bron van verontreiniging lijkt op dit moment de (huis)vuil-verbranding, waarbij dioxinen en furanen in vlieggas en vliegstof gevormd worden in sterk wisselende concentraties, mede afhankelijk van de verbrandingscondities. In vliegstof zijn concentraties aangetroffen van 10 tot 30 ng/g tetra-, penta en hexagechloroerde verbindingen en van 200 tot 400 ng/g hepta- en octagechloroerde verbindingen. Dioxinen en furanen worden niet actief door planten opgenomen. De voornaamste bronnen voor de mens zijn waarschijnlijk dierlijke vetten. Hoewel de mens chronisch wordt belast met een complex mengsel dioxinen en furanen, treedt er selectieve retentie op van de zeventien 2,3,7,8-lateraal gesubstitueerde congenen. Deze worden in humaan vet en moedermelk aangetoond. Of de overige componenten uit het milieumengsel niet geabsorbeerd worden of na absorptie specifiek gemetaboliseerd worden is op dit moment nog niet duidelijk.

Ter beoordeling van een mogelijk risico wordt gebruik gemaakt van het principe van de toxiciteits-equivalentie, waarbij de toxiciteit van een mengsel wordt uitgedrukt in een hoeveelheid 2,3,7,8-TCDD. Afhankelijk van de (enigszins arbitraire) keuze van de equivalentie-factoren, komen berekende "TCDD-equivalenten" tot een factor 4 verschillend uit. Analyseresultaten van humaan melkvet geven, aldus op diverse wijzen berekend, gehalten aan van 3-9 tot 29-40 ng TCDD equi./kg vet. Concentraties in andere vetweefsels liggen in dezelfde orde van grootte. Gebaseerd op deze metingen wordt de dagelijkse opname geschat op 1-15 pg TCDD-equi./kg lichaamsgewicht, via de voeding.

risico's : Gegevens over effecten bij de mens bestaan alleen ten aanzien van chlooracne, bij accidentele blootstelling. Voor chronische belasting wordt gebruik gemaakt van proefdieronderzoek met TCDD. De hierbij gevonden tumoren worden beschouwd als een expressie van de promotor-eigenschappen van de stof, en daarom is op grond van de gevonden "no-effect-level" de toelaatbare dagelijkse orale opname voor de mens op 4 pg TCDD/kg lichaamsgewicht gesteld. Indien de bovengenoemde schatting voor de

dagelijkse opname correct is, is er sprake van een belasting, die boven dit maximaal toelaatbare niveau uit kan komen.

Zuigelingen vormen een speciale risico-groep, door de belasting aan dioxinen en furanen via de moedermelk. Een opname van 700 ml moedermelk per dag (4 g. melkvet per kg lichaamsgewicht) komt overeen met 140 pg. TCDD-equi/kg lich.gew./dag. Dit ligt 35 maal boven de norm van 4 pg. Deze norm, die gebaseerd is op levenslange blootstelling in een dieronderzoek, levert weinig houvast voor het schatten van effecten ten gevolge van een tot ca. 6 maanden durende blootstelling van zuigelingen. Er zijn nog te weinig gegevens over mogelijke korte-termijn effecten (enzyminductie, effect op immuunsysteem) bij deze tijdelijke hoge opname, en over situaties zoals ziekten waarbij de vetreserves van de zuigeling worden aangesproken (Gezondheidsraad, 1986). Onderzoek in deze richting is op dit moment bij het RIVM in uitvoering.

ontwikkelingen : Op dit moment is nog niet duidelijk in hoeverre de belasting van de mens vanuit het milieu dan wel de resulterende concentraties in vetweefsels een evenwichtsniveau hebben bereikt, voor de verschillende congenen. De hepta- en octagechloreerde dioxinen en furanen zouden zo'n lange halfwaardetijd kunnen hebben (met name in menselijk weefsel aangetoond), dat de concentraties in de nabije toekomst nog toenemen. Gezien hun relatief lage toxiciteit (ten opzichte van 2,3,7,8-TCDD) is hun partiele bijdrage aan het totaal aan "equivalenten" niet doorslaggevend. Met name voor de tetra-gechloreerde verbindingen moet een hogere belasting dan waarvan dit moment sprake is, beslist vermeden worden. Voorspellingen over veranderingen in de huidige niveau's in humane weefsels onder invloed van veranderingen in de emissies kunnen echter pas gedaan worden als er meer inzicht is in de feitelijke opname en het (toxico)kinetische gedrag van dioxinen en furanen in mens en milieu, en in het bestaan van mogelijke andere bronnen dan afvalverbranding. Gezien deze onzekerheden zullen de bekende emissies van PCDD's en PCDF's zoveel mogelijk beperkt moeten worden.

Cadmium (Cd)

Bij chronische blootstelling aan Cd kan een voor Cd karakteristieke schade aan de niertubuli ontstaan. Het effect dat het eerst wordt waargenomen is een verhoogde uitscheiding van het eiwit beta-2-microglobuline in de urine. Van een verminderde nierfunctie is sprake indien de uitscheiding van beta-2-microglobuline in de urine hoger is dan 0,2 mg/g creatinine.

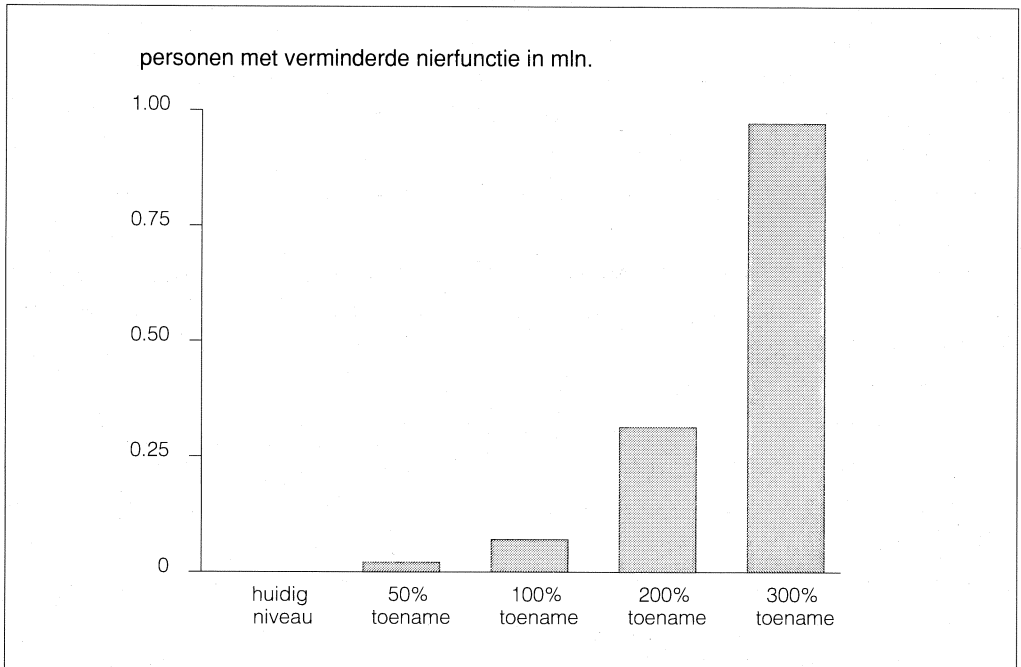
blootstelling : Blootstelling van de mens aan Cd vindt voornamelijk plaats via de voeding, voor het grootste gedeelte (ongeveer 2/3) via

graanprodukten, aardappelen en groenten. Daarnaast worden in orgaanvlees, schaal- en schelpdieren hoge concentraties Cd gevonden. Rokers worden extra belast door het inhaleren van sigarettenrook.

Door de WHO is een voorlopige grenswaarde voor orale opname van Cd door de mens gesteld op 400-500 $\mu\text{g}/\text{week}$. Hierbij is een aanzienlijk kleinere veiligheidsmarge ingebouwd dan gebruikelijk is bij het vaststellen van grenswaarden, zoals voor bijvoorbeeld pesticiden. Deze voorlopige grenswaarde komt overeen met een Cd-belasting (=Cd-absorptie in het lichaam, deze is normaal ca. 5% van opgenomen hoeveelheid, althans wanneer de opname oraal plaatsvindt) van 3-3,5 $\mu\text{g}/\text{dag}$. De gemiddelde Cd-belasting is bij de mens in Nederland ongeveer 1 μg Cd/dag en ligt derhalve dicht bij de voorlopige grenswaarde. De Cd-belasting kan 1,75-2 maal zo hoog zijn, hetzij door het roken van 10 sigaretten per dag, hetzij door het eten van zelfgeteelde gewassen op grond in met Cd gecontamineerde gebieden. Bij combinatie van deze twee factoren, kan de Cd-belasting 2-3 maal zo hoog zijn. Bij personen met ijzerdeficiëntie (0,05% van de bevolking) ligt de Cd-absorptie een factor 3 hoger. Bij deze risicogroepen wordt de met de voorlopige grenswaarde overeenkomende Cd-belasting feitelijk reeds bereikt. Er is een duidelijk verband tussen Cd-verontreiniging van de bodem en blootstelling van de mens aan Cd via het eten van op die bodem geteelde gewassen en van vlees. In 1985 bedroegen voor bouwland de Cd-gehalten ca. 40-100% van de referentiewaarden (gericht op handhaving van de multifunctionaliteit van de bodem en verschillend per grondsoort).

Overschrijding kwam voor in ca. 5-10% van de gronden. Scenario's voor 2100 en 2100 (hoofdstuk 6.3) voorzien bij vastgestelde maatregelen geen belangrijke verandering in deze situatie. Bij extra maatregelen (andere bemesting) is een lichte verbetering mogelijk.

risico's : Na absorptie in het lichaam accumuleert Cd selectief in de nieren. Hier bevindt zich 30-60% van de in het lichaam aanwezige hoeveelheid. De kans op verminderde nierfunctie is gerelateerd aan de Cd-concentratie in dit orgaan. Bij chronische blootstelling neemt de Cd-concentratie in de nier lineair met de blootstelling toe totdat toxische waarden zijn bereikt. Eenmaal opgenomen in het lichaam wordt Cd zeer langzaam (0,007 % per dag) uitgescheiden. De halfwaardetijd voor eliminatie van Cd uit het lichaam bedraagt ongeveer 30 jaar. Er is derhalve vrijwel alleen van cumulatie en nauwelijks van uitscheiding sprake (Ros en Slooff, 1987).



Berekende relatie tussen een aantal personen met verminderde nierfunctie en cadmiumopname, uitgedrukt als toename t.o.v. het huidige niveau.

Bron: RIVM

Bij het huidige belastingsniveau wordt het aantal personen in Nederland met verminderde nierfunctie als gevolg van blootstelling aan Cadmium geschat op 1050-1450. Wanneer de door de WHO opgestelde voorlopige grenswaarde van 400-500 $\mu\text{g}/\text{week}$ maximale orale opname zou worden bereikt, zou dit in Nederland leiden tot een aantal van 300.000-400.000 personen met verminderde nierfunctie. De door de WHO opgestelde grenswaarde lijkt derhalve aan de hoge kant. Wanneer de eerder aangegeven ontwikkelingen voor concentraties in de bodem representatief zijn voor het gemiddelde voedselpakket, zou dit betekenen, dat de cadmium-opname voorlopig niet sterk zal veranderen.

Pesticiden

Bestrijdingsmiddelen worden in Nederland in beginsel zodanig gereguleerd, dat blootstelling (buiten de arbeidssfeer) alleen plaats vindt aan aanvaardbaar geachte niveau's. Dit houdt in, dat op basis van toxicologische (meestal dierproef-) gegevens ofwel naar een blootstelling nul wordt gestreefd, ofwel een ADI ("acceptable daily intake") wordt vastgesteld, die met name doorwerkt in limieten voor residuen in voedingsmiddelen. In de regel zullen dus de toxische eigenschappen, welke

inherent zijn aan bestrijdingsmiddelen, niet tot gezondheidsproblemen aanleiding geven.

In sommige situaties ontstaan problemen, bijvoorbeeld wanneer een persistente stof na jaren toepassing blijkt te worden aangetroffen in drinkwaterputten (1,2-dichloorpropan, atrazine), of voorkomt in oppervlaktewater waaruit drinkwater wordt bereid (bentazon). In het geval van dichloorpropan (zie ook 6.3) is sprake van een plaatselijk optredende concentratie in opgepompt grondwater tot vele malen de referentiewaarde van 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$, maar nog niet van aangetoonde of te verwachten gezondheidseffecten. De referentiewaarde is een kwaliteitsnorm met een grote marge ten opzichte van een te verwachten toxisch effect. Een ander voorbeeld vormen de gechloreerde koolwaterstoffen (HCH, drins, vooral in stortplaatsen). In het laatste geval bestaat ook het probleem van de onbruikbaarheid van de grond voor het telen van groente. Bij een geval van oneigenlijk gebruik van pentachloorphenol voor houtverduurzaming binnenshuis werden klachten en een aantal medisch-diagnostische parameters onderzocht, maar kon geen associatie worden gevonden met verblijf in behandelde huizen (Sangster et al., 1983). Accidentele hoge blootstelling aan bestrijdingsmiddelen komt voor door overwaaien bij bespuitingen of bij onzorgvuldig handelen door de toepassers (methylbromide in het Muiderslot!). Bij het Nationaal Vergiftigingen Informatie Centrum werd in 1987 in 481 gevallen informatie gevraagd n.a.v. een mogelijke intoxicatie in de arbeidssituatie, waarbij het in ca. 19% van de gevallen (gebaseerd op 314 gevallen waarover meer informatie werd verkregen) om bestrijdingsmiddelen ging. Meestal betrof het onzorgvuldigheid bij de toepassing en was er sprake van huidcontact of inhalatie. Het is moeilijk aan te geven in hoeverre de meldingen bij het NVIC een volledig beeld geven van de situatie in Nederland (van Betuw et al., 1988). In ontwikkelingslanden kan deze situatie aanzienlijk ernstiger zijn. Een schatting ten aanzien van de Filippijnen spreekt van een niet onaanzienlijke sterfte onder jonge mannen door onoordeelkundige toepassing van (in Nederland grotendeels verboden) bestrijdingsmiddelen (Callender, 1988).

Voor Nederland zijn de genoemde problemen grotendeels het gevolg van beleid (of gebrek daaraan) in het verleden. Het huidige beleid is, dat elke actieve stof in de bestrijdingsmiddelensector om de vijf of tien jaar expliciet moet worden toegelaten, waarbij er een duidelijke tendens is de meer schadelijke (vaak oudere) stoffen te weren ten gunste van andere met gunstiger kenmerken ten aanzien van toxicologie en gedrag in het milieu.

9.3 Chemische agentia met inhalatoire blootstelling

De effecten van luchtverontreiniging worden niet per afzonderlijke component behandeld, maar aan de hand van een aantal typische luchtverontreinigingssituaties (blootstellingspatronen). In het kader hiervan komen enkele afzonderlijke componenten (ozon, NO₂, enz.) aan de orde. De besproken blootstellingspatronen zijn:

- blootstelling tijdens perioden met verhoogde luchtverontreiniging niveau's (luchtverontreinigingsepisoden, zomer en winter).
- blootstelling aan luchtverontreiniging in de woning.
- blootstelling aan verontreinigingen ten gevolge van het verkeer in het stedelijk gebied, waaronder PAK-bevattende aerosolen.
- blootstelling aan geurstoffen.

Deze blootstellingspatronen betreffen de continentale of regionale schaalniveau's (episoden) dan wel de lokale (binnensteden, binnenlucht).

In de regel zijn weinig exacte gegevens beschikbaar over de feitelijke blootstelling van de bevolking aan luchtverontreiniging. Deze wordt bepaald door de (wisselende) concentraties op verschillende plaatsen (bijvoorbeeld huis, auto, 'street canyons', buitenlucht), de fluctuaties hierin, de tijd, welke men op die plaatsen doorbrengt, en de samenstelling van het complexe mengsel. Noodgedwongen zal als benadering voor de blootstelling gebruik worden gemaakt van concentratieniveau's van individuele (indicator-) componenten.

Blootstelling aan luchtverontreiniging veroorzaakt vooral effecten op de ademhalingswegen. Bij mensen waargenomen effecten zijn (na kortdurende blootstelling) verslechtering van de longfunctie, ontstekingsreacties, en een verhoging van de gevoeligheid van de luchtwegen. In proefdieronderzoek zijn morfologische en biochemische veranderingen in longen en luchtwegen gevonden. De waarneming van verhoogde gevoeligheid voor luchtweg-infecties na blootstelling wijst op een nadelige invloed op het afweermechanisme van de longen, mogelijk door onderdrukking van het immuunsysteem. Andere bij mensen waargenomen symptomen zijn pijn op de borst, hoesten, oogirritatie, vermoeidheid, hoofdpijn en misselijkheid. Hieruit blijkt, dat naast lokale effecten op de luchtwegen ook specifieke en systemische (elders in het lichaam) effecten kunnen optreden. Voor sommige effecten gelden grote individuele verschillen in gevoeligheid.

Hoewel effecten van acute blootstelling op zichzelf vaak reversibel zijn, kunnen zij op den duur leiden tot versnelde veroudering van de longen en een verminderd vermogen om adequaat te reageren op andere prikkels uit de omgeving. Bovendien blijkt uit proefdier- en epidemiologisch onderzoek dat chronische intermitterende blootstelling kan leiden tot irreversibele

veranderingen zoals bronchitis, emfyseem en verbindweefseling van de long. Sommige vormen van luchtverontreiniging kunnen aanleiding geven tot het ontstaan van longkanker of leukemie, of tot effecten op het centrale zenuwstelsel. Vroegtijdige sterfte, met name bij mensen, die reeds lijden aan luchtwegaandoeningen of hart- en vaatziekten, kunnen ook als effecten van luchtverontreiniging beschouwd worden.

Met name voor bij mensen verkregen gegevens geldt, dat dikwijls niet duidelijk is of een bepaalde component verantwoordelijk is voor een waargenomen effect, dan wel de complete "cocktail". Tevens geldt, dat effecten veroorzaakt door verschillende verontreinigingen of blootstellingspatronen gelijksoortig kunnen zijn, ook al kunnen de onderliggende mechanismen verschillen. Dit maakt het moeilijk om duidelijke blootstellings-responsrelaties vast te stellen.

Luchtverontreinigingsepisoden - zomer

blootstelling : Zomer-episoden zijn gekarakteriseerd door hoge concentraties van diverse gas- en deeltjesvormige componenten, mede bepaald door fotochemische reacties en bepaalde meteorologische omstandigheden. Deze episodes kunnen enige dagen tot een week aanhouden en komen enige malen per zomer voor. Ozon (O_3) wordt gezien als een van de belangrijkste indicatorcomponenten van zomer-episoden. O_3 -niveau's tijdens episoden kunnen waarden bereiken van $430 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 uur) of $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8 uur) (zie hoofdstuk 4.2). Van belang voor de blootstelling van de bevolking is, dat episodes voorkomen tijdens mooi zomerweer en dat de piekwaarden voor ozon voorkomen in de late middag. Dit betekent, dat een groot percentage van de bevolking buiten zal zijn, en actief zal zijn (hoger adem-minuut volume), wanneer de ozon-concentraties het hoogst zijn.

risico's : Gegevens over effecten van zomer-episoden hebben vooral betrekking op ozon. Andere componenten kunnen echter de effecten van O_3 versterken. Tevens komen effecten voor, zoals oogirritatie, welke niet door O_3 veroorzaakt worden.

O_3 is een sterk oxiderend gas en reageert bij inademing derhalve direct met het weefsel van de ademhalingsweg. Uit dierexperimenteel onderzoek is bekend dat een enkele uren durende expositie aan $200-400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ O_3 een groot scala aan biochemische, morfologische en immunologische effecten veroorzaakt in de long (Rombout et al., 1987; EPA, 1986). Bij de mens blijkt verslechtering van de longfunctie op te treden bij kortdurende blootstelling tijdens inspanning aan $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en bij enkele uren durende blootstelling aan $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Folinsbee et al., 1988; Horstman, 1988). Bij deze blootstellingsomstandigheden worden tevens luchtweg-symptomen

waargenomen. De effecten van blootstelling houden 2-4 weken aan (Lloy et al., 1985).

Inmiddels is aangetoond, dat de biochemische en immunologische veranderingen welke bij dieren worden waargenomen, eveneens bij de mens voorkomen, en wel bij ozon-concentraties, die lager zijn dan bij episoden voorkomende blootstellingsniveaus (Koren, 1988). Bovendien zou herhaalde blootstelling aan luchtverontreiniging tijdens zomer-episoden kunnen leiden tot onherstelbare structurele en fysiologische veranderingen. De eventuele (co)-carcinogene eigenschappen van het zwak mutagene O_3 staan ter discussie. Typerend voor ozon is, dat de maximaal aanvaardbare concentratie voor de arbeidssituatie (MAC-waarde), welke is gesteld op $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gedurende 8 uur, in de buitenlucht frequent wordt overschreden.

Risicogroepen zijn personen die zware lichamelijke inspanning verrichten, zoals sporters, en mensen met hart-, vaat- en longziekten. Een bijzondere risicogroep wordt gevormd door de z.g. "hyperresponders" (5-20% van de bevolking), die veel sterker reageren dan gemiddeld.

Door het samenvallen van pieken in ozon-concentraties met verblijf buitenshuis zal tijdens zomerepisoden een groot percentage van de bevolking gedurende uren bloot staan aan concentraties ozon, die hoger zijn dan de aangetoonde effectniveaus. De beschikbare gegevens zijn echter onvoldoende om de risico's voor de bevolking te kwantificeren.

ontwikkelingen : De frequentie van episodes wordt bepaald door meteorologische omstandigheden. Deze zullen zich de eerste decennia niet ingrijpend wijzigen. De concentraties die tijdens de episodes voorkomen zullen naar verwachting gelijk blijven of licht afnemen.

Luchtverontreinigingsepisoden - winter

blootstelling : Winter-episoden worden gekenmerkt door een oostelijke circulatie en een stagnerend weertype waarbij de in Centraal en Oost-Europa geëmitteerde luchtverontreiniging naar Nederland wordt getransporteerd. Vaak geeft dit normoverschrijdende (2-3 maal) concentraties van indicatorcomponenten, zoals SO_2 ($>1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1-uur, $> 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 24-uur), NO_2 ($>300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 1-uur, $> 150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 24-uur) en aerosol ($> 600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 24-uur)(van der Meulen et al., 1987). Daarnaast kunnen de zure componenten van de luchtverontreiniging, zoals H_2SO_4 , tijdens episoden toenemen. In steden kunnen door de bijdrage van lokale bronnen nog aanzienlijk hogere niveaus optreden dan in landelijke gebieden. Omdat deze episoden voorkomen tijdens perioden met (streng) vorst, zal een belangrijk percentage van de bevolking buiten verblijven en extra inspanning leveren (wintersport), waardoor de effectieve dosis van luchtverontreinigende stoffen wordt vergroot.

risico's : Voor de indicatoren van winter-episodes (SO_2 , NO_2 , (zuur aerosol) is in (dier)experimenteel onderzoek een scala van functionele, biochemische, morfologische en immunologische effecten beschreven. Effecten werden waargenomen vanaf $460 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ (1 uur), $380 \mu\text{g NO}_2/\text{m}^3$ (0,5 uur), en $50 \mu\text{g H}_2\text{SO}_4\text{-aerosol}/\text{m}^3$ (2 uur)(EPA, 1982), ofwel 2-3 maal lager dan voorkomende piekconcentraties. Astmatici blijken veel gevoeliger voor indicatorcomponenten als SO_2 , NO_2 en zuur aerosol dan gezonde personen.

Uit epidemiologisch onderzoek blijkt dat variatie van de luchtverontreinigingniveau's in de tijd gecorreleerd is met variatie in sterfte, ziekte en verslechtering van de longfunctie. Analyse van sterfte cijfers van New York over een periode van 15 jaar suggereert dat de variatie in de concentratie van vooral kleine ($< 2,5 \mu\text{m}$) aerosoldeeltjes en sulfaten ongeveer 5% van de fluctuatie in sterfte van voornamelijk ouderen en chronisch zieken kan verklaren (Ozkaynak et al., 1985).

Zowel uit onderzoek in de VS als in Nederland blijkt dat de longfunctie van schoolkinderen verslechterde na een acute blootstelling aan verhoogde concentraties van SO_2 en aerosoldeeltjes tijdens een winter-episode. Deze reversibele veranderingen, in de orde-grootte van 5-10 %, hielden gedurende 2-3 weken aan. De concentraties SO_2 en aerosol, waarbij deze effecten bij kinderen werden waargenomen liggen in het gebied van 200 respectievelijk $180\text{-}260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Dockery et al., 1982; Dassen et al., 1986).

Uit recent onderzoek blijkt, dat vooral het voorkomen van zure componenten gecorreleerd is met een aantal van de gevonden effecten, zowel voor winter- als voor zomer-episoden.

Voor de Nederlandse situatie geldt, dat de genoemde overschrijding van de effectniveau's voor SO_2 en zuur aerosol gedurende winterepisoden het aannemelijk maken, dat een groot percentage van de bevolking hiervan hinder ondervindt. Verslechtering van de longfunctie en het optreden van respiratoire symptomen zal vooral voorkomen bij gevoelige individuen.

ontwikkelingen : Ook hier geldt, dat de frequentie van voorkomen van episodes bepaald wordt door de meteorologie. Door emissiebeperkende maatregelen in West-, Midden- en Oost-Europa zullen de concentraties van verontreinigingen tijdens de winter-episoden in de toekomst minder hoog zijn.

Luchtverontreiniging in woningen

In hoofdstuk 7.5 'Binnenmilieu', zijn voor een aantal verontreinigingen concentratie niveau's in de woning aangegeven, en hun relatie tot normen of richtwaarden. In deze paragraaf wordt getracht aan te geven welke gezondheidseffecten kunnen optreden bij blootstelling aan deze

verontreinigingen. Voor stoffen als pentachloorfenol, die incidenteel problemen kunnen geven bij (foutieve) toepassing in woningen, wordt verwezen naar de sectie "pesticiden" (Boleij et al., 1985; WHO, 1987).

NO₂

blootstelling: Uit een aantal Nederlandse en buitenlandse studies blijkt dat de blootstelling van onderzochte kinderen en huisvrouwen aan NO₂ voor het grootste deel bepaald wordt door de NO₂ niveau's in de woning en met name door de aanwezigheid van afvoerloze gasapparaten zoals fornuis en keukengeiser. Waargenomen piek-concentraties liggen in de orde van enkele honderden tot twee- à drieduizend µg/m³. In woningen met afvoerloze gasapparaten wordt de 1-uurs advieswaarde van 300 µg NO₂/m³ (Gezondheidsraad, 1979) dan ook regelmatig overschreden. Ten gevolge van het verkeer zullen de NO₂ advieswaarden binnen de woning in minder dan 0,5 % van de woningen overschreden worden (Brunekreef et al., 1987).

risico's: NO₂ is een oxiderende stof die in de long functionele en morfologische veranderingen kan veroorzaken, en tot verminderde afweer tegen bacteriele infecties kan leiden. Er is geen duidelijk drempelwaarde gevonden voor effecten van NO₂. Boven ongeveer 500 µg/m³ werden effecten waargenomen bij astmatici gedurende inspanning, bij een 30-minuten durende blootstelling. Uit onderzoek in Nederland is gebleken, dat bij kinderen wonend in huizen met een afvoerloze keukengeiser een significant lagere longfunctie (1-6 % minder) wordt gevonden dan bij kinderen in woningen zonder zo'n geiser. Ook bleken bij meer kinderen luchtwegaandoeningen en klachten voor te komen dan bij de controle-groep. Deze kinderen zouden daarmee een ongeveer 2 maal verhoogd risico lopen luchtwegsymptomen te krijgen. Op grond van buitenlandse studies mag worden verondersteld, dat effecten van NO₂ blootstelling door koken op gas vergelijkbaar zijn met de ondergrens van de voor keukengeisers waargenomen effecten.

ontwikkelingen : Bij aannames over de bezettingsgraad per woning kan het aantal mensen worden berekend, dat nu en in 2010 potentieel is blootgesteld aan hoge concentraties (> 300 µg/m³) en waarbij de gesignaleerde effecten kunnen optreden.

Aantal mensen dat kan worden blootgesteld aan NO₂ uit geisers en kooktoestellen.

Jaar	apparaat	% woningen	bezettingsgraad	aantal mensen
1988	keukengeiser	24	2.6	3.5x10 ⁶
2010		10	2.2	1,5x10 ⁶
2010 max.		0	2.2	0
1988	kooktoestel	90	2.6	13,1x10 ⁶
2010		65	2.2	9,7x10 ⁶
2010 max.		0	2.2	0

Koolmonoxide

blootstelling : In woningen met afvoerloze gasapparaten b¹ de concentraties ten opzichte van die in de buitenlucht (ca. 0-5 mg/m³) in de regel enkele mg/m³ tot enkele tientallen mg/m³ hoger te zijn. In een serie metingen onder gestandaardiseerde, vrij extreme condities (weinig ventilatie) werden in 17 % van de woningen met keukengeisers CO niveau's boven 58 mg/m³ waargenomen.

risico's: Effecten van CO worden gewoonlijk gerelateerd aan het percentage van het hemoglobine dat (tijdelijk) door CO gebonden is (COHb), en daarmee niet beschikbaar voor zuurstoftransport is. Bij matig verhoogde CO niveau's zijn vooral de effecten op het hart-/vaatsysteem en het centraal zenuwstelsel van belang. Bij mensen met chronische angina pectoris kan al bij 3 - 5 % COHb verergering van de symptomen optreden. Bij 5 - 20 % COHb treden o.m. afname van reactiesnelheid, gezichtsvermogen en leervermogen op. Hogere COHb niveau's veroorzaken hoofdpijn, duizeligheid, bewusteloosheid en tenslotte de dood. Ter bescherming van de meest gevoelige groepen wordt een maximum aanvaardbaar COHb niveau van 2,5 - 3 % gehanteerd. Op grond hiervan zijn maximum CO concentraties in de lucht vastgesteld op 40 mg/m³ 1-uurswaarde en 10 mg/m³ 8-uurswaarde.

In de normale praktijk zal overschrijding van deze maximum CO concentraties niet frequent, en slechts in beperkte mate optreden. Onder extreme omstandigheden - een afvoerloze geiser die veel CO produceert en langdurig gebruikt wordt in een slecht geventileerde kleine ruimte - kunnen CO niveau's optreden waarbij bewusteloosheid en de dood optreedt. In de periode 1975-1984 werden 55 "gasongevallen" met dodelijke afloop (met dikwijls meerdere slachtoffers per ongeval) geregistreerd ten gevolge van afvoerloze keukengeisers (tevens 17 bij geisers met afvoer).

Ontwikkelingen : De afvoerloze geiser zal steeds minder toegepast worden.

Ook de bijdrage van het verkeer aan de koolmonoxide niveau's in de woning zal in de toekomst minder worden. Hierdoor zal, bij vastgestelde maatregelen, het percentage woningen waar de richtwaarden van de Gezondheidsraad overschreden worden, en waar het risico van effecten optreedt, teruglopen van 5,6 % in 1985 naar 2 % in 2010. Bij extra maatregelen kan in 2010 overschrijding van de richtwaarden voorkomen worden. De kans op gasongevallen zal hiermee ook verminderen.

Zwevend stof

blootstelling : Uit onderzoek in de VS blijkt dat de totale persoonlijke blootstelling aan zwevend stof voor het grootste deel bepaald wordt door de niveau's in de woning, welke op hun beurt in belangrijke mate bepaald worden door het rookgedrag. Roken vindt plaats in ca. 60% van de woningen. Ten opzichte van de buitenlucht (ca. 25-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) zijn in woningen zonder rokers de concentraties fijn stof ongeveer gelijk of lager, en in woningen waar gerookt wordt gemiddeld enkele tientallen tot een paar honderd $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hoger. Piek-concentraties kunnen oplopen tot 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en hoger.

risico's : De discussie is hier beperkt tot de effecten van passief roken. Drie soorten effecten van passief roken zijn van belang:

(1) Acute effecten zoals hinder, irritatie van slijmvliezen, ogen en neus, misselijkheid, benauwdheid, keelpijn en hoofdpijn. Uit buitenlandse en Nederlandse enquêtes blijkt dat de helft tot driekwart van de niet-rokers (veel) last ondervindt van tabaksrook van anderen.

(2) Effecten op longfunctie en het voorkomen van luchtwegaandoeningen. Uit diverse epidemiologische onderzoeken (w.o. Nederlandse) blijkt een effect van passief roken op de longfunctie en luchtwegsymptomen. In een onderzoek bij Nederlandse lagere school kinderen werd een longfunctiedaling gevonden van 0-4%, en ca. 4-9 % meer luchtwegsymptomen, per 10 in de omgeving van het kind gerookte sigaretten per dag.

(3) Longkanker. Over een mogelijk verband tussen passief roken en longkanker is een aantal studies uitgevoerd. Door sommige onderzoekers werd een verband gevonden, anderen konden dit niet bevestigen. Engelse onderzoekers hebben voor de situatie in hun land een extra sterfte aan longkanker ten gevolge van passief roken geschat op 300 per jaar. Voor Nederland zou dit neerkomen op 70 per jaar. Een consensus is op dit punt nog niet bereikt (Brunekreef et al., 1987; Brassier en van Ham, 1987).

ontwikkelingen : Aangenomen wordt dat, bij doorgaand ontmoedigingsbeleid, het percentage woningen met één roker of meer in 2010 zal zijn teruggelopen naar 36 % en bij extra maatregelen wellicht tot 15 %. Onder deze aannames zal het aantal in de woning blootgestelde niet-rokers, bij wie effecten verwacht kunnen worden, kunnen afnemen.

Aantal aan zwevend stof blootgestelde niet-rokers

Jaar	procent woningen met roker *	bezettingsgraad (niet-rokers *)	Aantal blootgestelde niet-rokers
1988	62	1.6	$5,5 \times 10^6$
2010	36	1.2	$2,9 \times 10^6$
2010 max.	15	1.2	$1,2 \times 10^6$

* bezettingsgraad voor niet-rokers onder de veronderstelling dat slechts 1 bewoner rookt

Biologische agentia binnenshuis

blootstelling : Onder biologische agentia worden hier de allergenen van huisstofmijt en schimmels verstaan. Andere biologische agentia komen in 9.5 hoofdstukken aan de orde. Schimmels en huisstofmijt komen in ieder huis voor, echter niet altijd in zodanige mate dat daardoor gezondheidsproblemen ontstaan. Vochtige lucht en/of vochtige oppervlakten zijn voorwaarden voor de ontwikkeling van de organismen die de allergenen produceren. Geschat wordt dat momenteel ± 15 % van de woningen zodanig vochtig is dat gezondheidseffecten als gevolg van blootstelling aan deze biologische agentia kunnen optreden.

risico's : In een onderzoek werd bij bewoners van vochtige huizen een toename gevonden in de frequentie van luchtwegklachten, zoals hoesten, slijm opgeven, piepen op de borst, loopneus en andere CARA-klachten, zowel bij kinderen als bij volwassenen. Er zijn aanwijzingen dat ook de longfunctie van mensen wonend in vochtige woningen, minder is dan bij mensen in droge woningen. De nog schaarse gegevens suggereren, dat de bijdrage van biologische agentia aan luchtwegproblemen tenminste zo groot is als die van NO₂ en passief roken. Overigens kan ook extreme droogte een nadelige invloed op de ademhalingswegen hebben. De ter bestrijding hiervan gebruikte luchtbevochtigers zijn weer een goede broedplaats voor microorganismen.

ontwikkelingen : Geschat wordt dat het percentage als "vochtig" te kwalificeren woningen zal dalen van 15 % tot ca. 13 % als gevolg van autonome ontwikkelingen. Bij extra maatregelen is een verdere daling tot ca. 8 % voorzien.

Vluchtige organische stoffen

blootstelling : De term "vluchtige organische stoffen" (VOS) duidt een grote groep oplosmiddel-achtige stoffen aan, waaronder bijvoorbeeld benzeen

en dichloormethaan. Enkele honderden verschillende VOS zijn in de lucht van woningen geïdentificeerd. De niveau's van deze stoffen in de woning zijn in de regel hoger dan de niveau's in de buitenlucht. Bronnen in de woning zijn onder meer bouwmaterialen, verf, lijm, vloerbedekking, spuitbussen, 'luchtverfrissers', mottenballen, cosmetica, schoensmeer, tapijtreiniger, drukwerk en roken. Doe-het-zelf activiteiten kunnen incidenteel tot hoge VOS-niveau's leiden, met name bij onjuiste toepassing. Hierdoor kunnen in woningen tijdelijk blootstellingen optreden, welke vergelijkbaar zijn met blootstellingen zoals die in de arbeidssituatie kunnen voorkomen. Uit buitenlands onderzoek blijkt dat de blootstelling van de bevolking aan VOS voor een belangrijk deel bepaald wordt door de VOS niveau's in de woning. Kwantitatieve gegevens over concentraties in woningen zijn slechts voor enkele VOS voorhanden.

risico's : Van een aantal individuele VOS zijn veel toxicologische gegevens beschikbaar, afkomstig van dieronderzoek of van epidemiologisch onderzoek, vooral uit de arbeidssituatie. Beschreven effecten zijn o.m. huid- en slijmvliesirritatie, lever- en nierbeschadiging of neurotoxiciteit. Deze effecten zijn in de regel waargenomen bij veel hogere concentraties dan die, welke normaal gesproken in woningen voorkomen. VOS in de binnenlucht worden wel in verband gebracht met het zogenaamd 'sick building syndrome', een complex van klachten zoals irritatie van ogen, neus en keel, vermoeidheid, hoofdpijn, misselijkheid, duizeligheid. Van enkele VOS zijn carcinogene eigenschappen beschreven. Een schatting van de bijdrage van blootstelling aan VOS binnenshuis aan de kankerincidentie is echter niet goed te maken. Benzeen wordt hieronder nader besproken.

ontwikkelingen : Gezien de te verwachte verschuivingen in het gebruik van VOS binnenshuis (nieuwe producten, verdwijnen van oude soms meer schadelijke stoffen) zijn toekomstige ontwikkelingen nauwelijks aan te geven.

Benzeen

blootstelling : Bronnen van verhoogde benzeen-niveau's in de woning zijn vermoedelijk benzine-motoren in aangebouwde garages en schuren, het verkeer en roken. In $2,5 \pm 2$ % van de woningen komt een jaargemiddeld benzeen niveau van meer dan $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor (gemiddeld $5-7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Naast de woning is de buitenlucht (verkeer) een belangrijke blootstellingsbron, met een gemiddelde achtergrondconcentratie (in 1985) van $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in steden oplopend tot ca. 2-4 maal deze waarde. Mede gezien de soms hoge concentraties in auto's zullen frequente verkeersdeelnemers relatief hoge individuele blootstellingen ondervinden.

risico's : Benzeen wordt beschouwd als een carcinogene stof waarvoor geen

veilig niveau is aan te geven. Recente risicoschattingen liggen een factor 100 uiteen. Op grond van een lineaire extrapolatie zou een extra incidentie aan leukemie van 1 per miljoen levenslang blootgestelden optreden bij 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Gezondheidsraad), dan wel bij 0,12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Slooff et al., 1986). Afhankelijk van de gekozen schatting zal de jaarlijkse incidentie in Nederland, als gevolg van chronische blootstelling aan achtergrondniveau's benzeen (binnen en buiten) 0,15 dan wel 15 bedragen. Evenzo zal door de overschrijding van de 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ grens in 2,5% van de woningen de jaarlijkse incidentie $>0,004$ dan wel $>0,4$ zijn. Voor de groep "frequente verkeersdeelnemers" zijn geen getallen te geven.

ontwikkelingen : Naar verwachting zal het aantal woningen waarin het niveau van 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt overschreden nauwelijks dalen (van 2,5% naar 2%). Wel zal de bijdrage van het verkeer afnemen (geschatte gemiddelde achtergrondconcentratie 0,88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 2010).

Luchtverontreiniging door verkeer; aerosolen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK)

Enkele gasvormige componenten van verkeers-emissies kwamen reeds bij "binnenlucht" ter sprake (NO_2 , CO, benzeen). De aerosolen, met name de daarin voorkomende polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) worden hieronder besproken.

PAK komen in tientallen vormen voor. Van een aantal 4-7 ringen bevattende verbindingen is de carcinogene werking bij proefdieren vastgesteld. Epidemiologisch onderzoek bij arbeiders in cokesfabrieken en kolenvergassingsinstallaties maakt de relatie tussen inhalatoire PAK-blootstelling en verhoogde kankerincidenties aannemelijk.

blootstelling : In dit kader zal benzo(a)pyreen (BaP) als indicator voor de PAK worden gehanteerd. De gemiddelde achtergrondconcentratie voor BaP in Nederland is 0,55 ng/m^3 . Het niveau loopt op in steden, met name door verkeer. Hiermee rekening houdend en met verschillen tussen buiten- en binnenlucht kan ruwweg geschat worden, dat de 50% van de Nederlandse bevolking buiten de stedelijke agglomeraties gemiddeld aan 0,32 ng/m^3 blootstaat, en de 50% binnen deze gebieden gemiddeld aan 0,48 ng/m^3 . Ongeveer 1,5% van de bevolking zou gemiddeld aan meer dan 1 ng/m^3 bloot kunnen staan (met name ten gevolge van verkeer). Opname van PAK via de voeding is voor Nederland geschat op ca. 0,08 μg per persoon per dag, ca. 10 x meer dan de via inhalatie maximaal opgenomen hoeveelheid. Een onbekende fractie hiervan is afkomstig uit het milieu.

risico's : Door de WHO (1987) is een risicoschatting gebaseerd op epidemiologisch onderzoek met arbeiders in cokesfabrieken. Volgens deze zou

het extra kankerrisico bij levenslange blootstelling aan 0,32 respectievelijk 0,48 ng BaP/m³ (plus andere PAK) ca. 2,2 respectievelijk $3,4 \times 10^{-5}$ bedragen, ofwel ca. 0,3 respectievelijk $0,5 \times 10^{-6}$ per jaar. Deze waarden liggen juist onder het voor de grenswaarde gedefinieerde risico van 10^{-6} per jaar, maar ruim boven de streefwaarde van 10^{-8} per jaar. Volgens een risicoschatting op basis van dierproeven is het onwaarschijnlijk, dat de risico's door opname van PAK via voeding hoger liggen dan voor inhalatie (Kramers en van der Heijden, 1988).

De risicoschatting voor inhalatie van PAK is onder meer gestoeld op de veronderstelling dat de PAK-profielen in cokesovengas en buitenlucht kwantitatief redelijk overeenkomen. Voor de gemeten PAK is dit binnen zekere grenzen het geval. Echter, experimenten met diesel-emissies suggereren, dat deze bij gelijke BaP concentratie een sterker carcinogeen effect zouden kunnen sorteren dan cokes-oven-emissies (Henschler, 1987). Dit zou kunnen komen door een effectievere beschikbaarheid van PAK uit dieselroet-deeltjes, of door de aanwezigheid van andere carcinogenen (PAK-derivaten?) in diesel-emissie welke minder in kolen-emissie voorkomen. Ook de resultaten van mutageniteitstesten geven aan, dat er naast de PAK nog andere carcinogenen in buitenlucht-aerosol aanwezig kunnen zijn (de Raat, 1988).

ontwikkelingen : Bij vastgestelde maatregelen wordt voor 2010 ruwweg een halvering van de BaP-concentratie verwacht en derhalve, volgens het gebruikte lineaire model, een halvering van het risico tot ca. 0,15 respectievelijk $0,25 \times 10^{-6}$ per jaar. Bij maximaal beleid kan de stadsbijdrage nog tot ca. 2/3 worden gereduceerd, zodat de risico's op ca. 0,15 respectievelijk $0,22 \times 10^{-6}$ kunnen worden berekend. Hierbij moet rekening worden gehouden met een latentietijd voor het optreden van kanker tot enkele tientallen jaren, zodat vermindering van incidentie na verlaging van blootstelling met vertraging optreedt.

Geur

Hoewel aan geur in de woonomgeving ook wel lichamelijke klachten (zoals hoofdpijn en misselijkheid) worden toegeschreven, wordt geur of stank in het algemeen beoordeeld in termen van hinder.

Landelijke cijfers over het vóórkomen van stankhinder zijn verzameld door het CBS in de 'Leefsituatie onderzoeken' van 1980 en 1986 . Deze cijfers geven aan dat ongeveer 15% van de Nederlandse bevolking in huis soms last heeft van stank en dat ruim 5% vaak last heeft. Vergeleken met 1980 was de situatie in 1986 niet verbeterd. De belangrijkste bronnen van stank zijn de chemische en voedingsmiddelen-industrie, het verkeer en de intensieve

veehouderij. Uit nadere analyse van de CBS-gegevens is gebleken dat het vóórkomen van stankhinder zeer plaatsgebonden is.

De effecten van stankhinder op het functioneren van mensen zijn onderzocht in vier gebieden in Rijnmond in het kader van een studie naar 'geurbeleving in de woonomgeving'. Hier vond bijna 70% van de geïnterviewden de buitenlucht soms (30%), geregeld (21%) of vaak (18%) te beschrijven als stinkend. Effecten van het vóórkomen van stank die door meer dan 30% van de respondenten werden ondervonden waren:

- | | |
|---|-----|
| - krijg hoofdpijn | 34% |
| - niet graag buitenshuis | 41% |
| - met ramen dicht slapen | 48% |
| - vrienden/kennissen zeggen dat
het stinkt | 65% |
| - ramen dichthouden | 69% |

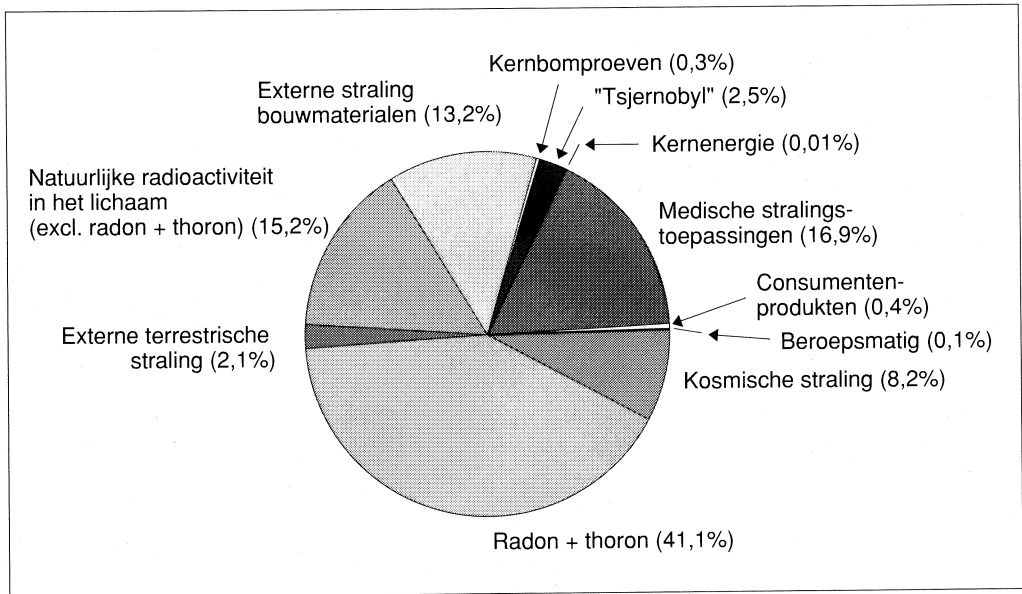
Sterke stankhinder kan misselijkheid, hoesten of benauwdheid tot gevolg hebben. Of langdurige blootstelling aan de nu gebruikelijke stank-niveau's directe of indirecte effecten heeft op de lichamelijke gezondheid is onbekend. Wel kan stankhinder worden ervaren als een potentiële bedreiging van de gezondheid (Janse, 1987; Punter et al., 1987).

Verwacht wordt dat de komende 25 jaar - ook zonder een specifiek stankbeleid - mogelijk een geringe vermindering van het percentage stankgehinderden zal optreden. Het voorgenomen stankbeleid beoogt in die periode een veel sterkere daling tot de helft of minder van het huidige percentage gehinderden te bereiken.

9.4 Fysische agentia

Ioniserende straling

blootstelling : Voor het vaststellen van de gezondheidsrisico's bij blootstelling van de mens aan de diverse soorten ioniserende straling is de grootheid "effectief dosisequivalent" (kortweg dosis) ontwikkeld, met als eenheid de sievert (Sv). Anders dan bij de eerder besproken chemische agentia is het grootste deel van de ontvangen dosis van natuurlijke oorsprong en altijd een bestanddeel geweest van het milieu. De gemiddelde totale dosis per persoon (exclusief radiotherapie) bedraagt in Nederland ca. 2,4 mSv/jaar.



Overzicht van de gemiddelde blootstelling van de Nederlandse bevolking aan de verschillende stralingsbronnen.

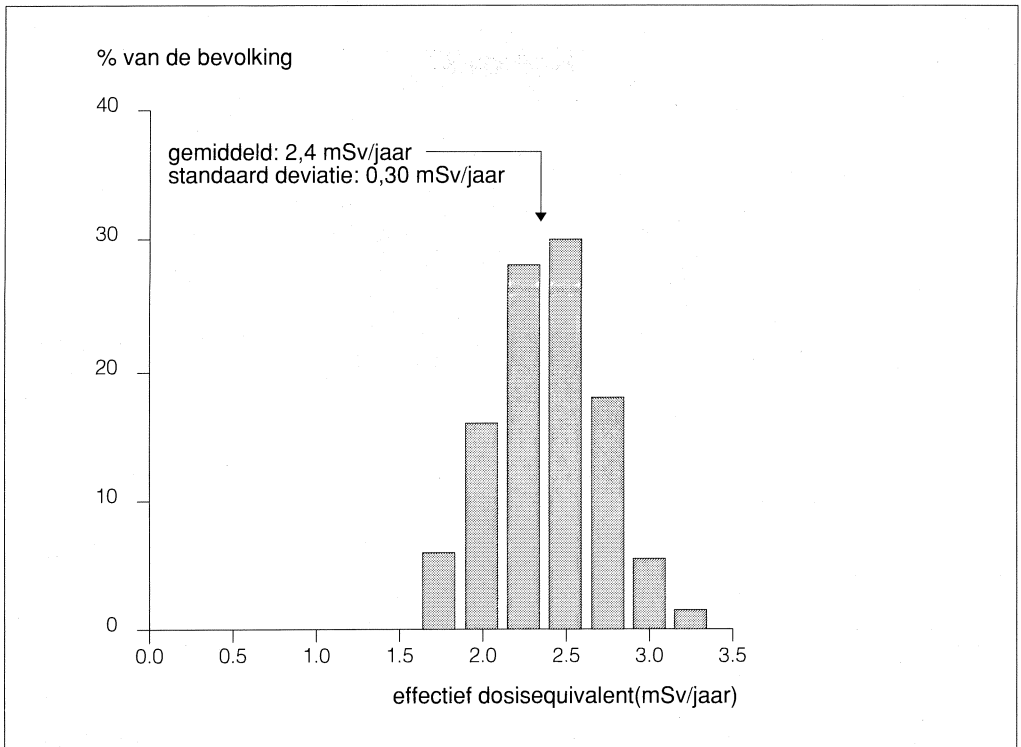
Bron: RIVM

Ruwweg geldt, dat externe bestraling (rontgendiagnostiek, bouwmaterialen, kosmische straling, etc.) en de inhalatie van vervalproducten van radon/thoron beide verantwoordelijk zijn voor ca. 40% van de collectieve dosis. De resterende 20% is afkomstig van ingestie van natuurlijke en kunstmatige radioactieve stoffen via voedsel en drinkwater. Van de kunstmatige stralingsbronnen blijken medische toepassingen het meest bij te dragen aan de collectieve bevolkingsdosis (ca. 17%). De blootstelling van de gemiddelde Nederlander door het ongeval in Tsjernobyl was in 1986 0,06 mSv, ofwel ca. 2,5% van de totale stralingsbelasting, met een snelle daling in volgende jaren.

De variatie wordt hoofdzakelijk bepaald door medische diagnostiek en door radon/thoron. In Nederland is de blootstelling aan radon/thoron het hoogst op klei- en lössgronden. In vele gebieden buiten Nederland is deze blootstelling tot ordes van grootte hoger.

risico's : De belangrijkste blootstelling van de bevolking aan ioniserende straling vindt plaats door chronische lage doses. Deze kan op termijn leiden tot het ontstaan van kanker en tot genetische afwijkingen in het nageslacht. Eenmalige blootstelling aan hoge doses straling (>0,25 Sv) kan bovendien acute effecten veroorzaken (ongevallen met stralingsbronnen, radiotherapie).

Evenals voor carcinogene stoffen geldt voor ioniserende straling, dat in de



De mogelijke spreiding van de stralingsbelasting over de bevolking.

Bron: RIVM

praktijk voorzichtigheidshalve wordt uitgegaan van een lineair verband tussen dosis en effect en van het ontbreken van een drempelwaarde. Hierover bestaat, met name voor het gebied van chronische lage doses, nog onzekerheid. Dit principe vormt het uitgangspunt voor de aanbevelingen van de ICRP (International Committee on Radiological Protection). De ICRP hanteert een risico van $1,65 \cdot 10^{-2}$ /Sv voor het optreden van fatale kanker en ernstige genetische effecten in de eerste twee generaties (ICRP, 1977). Andere gezaghebbende commissies als UNSCEAR (1982) en BEIR (1980) gebruiken hogere waarden. Momenteel is er een stijgende trend waarneembaar in de gehanteerde risicoschattingen. Uitgaande van de door ICRP gehanteerde waarde, correspondeert de gemiddelde blootstelling van 2,4 mSv/jaar in Nederland met een extra risico van $4,0 \cdot 10^{-5}$ /jaar voor de inductie van fatale kankergevallen ($3,5 \cdot 10^{-5}$) en genetische effecten ($0,5 \cdot 10^{-5}$).

ontwikkelingen : De verwachting is, dat bij de vastgestelde maatregelen de gemiddelde blootstelling licht toeneemt tot 2,5 mSv/jaar in 2010, door de verwachte toename in de blootstelling binnenshuis. Dit wordt veroorzaakt doordat bij de modernere bouwtechnieken meer gebruik gemaakt wordt van technologisch verrijkte materialen (als beton) en door een verbeterde isolatie. Hierbij is aangenomen dat de blootstelling door medische

diagnostiek, radioactiviteit in voedsel en drinkwater, en externe straling door bouwmaterialen stabiel blijft dat de relatieve verblijftijd van de mens binnenshuis gelijk blijft, en dat zich geen grootschalige nucleaire rampen voordoen. Een mogelijkheid om de stralingsbelasting te verminderen lijkt een reductie van de radontoevoer binnenshuis vanuit de bodem via kelders en kruipruimtes: In het hypothetische geval van volledige uitschakeling van deze bron (volledige kruipruimte-isolatie in alle -oude en nieuwe- woningen in Nederland) zou de jaarlijkse totale stralingsbelasting met ca. 0,4 mSv kunnen dalen. Dit zou een reductie van het kankerrisico inhouden van ca. $0,7 \cdot 10^{-5}$ /jaar.

UV-straling

De effecten van UV-straling op de menselijke huid omvatten, op de korte termijn, erytheem (zonnebrand), bruining en vitamine-D aanmaak, en op de lange termijn huidveroudering en huidkanker (Slaper en van der Leun, 1985). UV-bestraling van het oog kan leiden tot ontsteking van het hoornvlies en het bindvlies, beter bekend onder de benamingen las-ogen of sneeuwblindheid. Dit pijnlijke effect herstelt zich over het algemeen binnen 48 uur. Chronische UV-bestraling van de lens draagt bij aan het ontstaan van lenstroebelings (cataract)(Gezondheidsraad, 1986a).

blootstelling : De belangrijkste bron van UV is het zonlicht. Daarnaast vindt blootstelling plaats aan kunstmatige UV-bronnen, waarvan het merendeel wordt gebruikt voor bruining van de huid. Tevens wordt ultraviolet gebruikt bij de behandeling van enkele huidziekten. De effectiviteit van UV-straling van verschillende golflengte verschilt sterk (Slaper, 1987). Om toch met een eenvoudige dosismaat te kunnen werken, wordt het begrip effectieve dosis gehanteerd, bepaald door weging van het spectrum van de bestraling met het actie-spectrum voor het beschouwde effect, en uitgedrukt in $\text{Joule/cm}^2(\text{eff})$ (genormeerd op de effectiviteit van een monochromatische dosis bij 297 nm). De jaarlijks ontvangen effectieve dosis op hoofd en handen voor binnenwerkenden bedraagt ca. $1,2 \text{ J/cm}^2(\text{eff})$ en voor buitenwerkenden ca. $3 \text{ J/cm}^2(\text{eff})$. Hierbij zijn geen vakantie-exposities betrokken, deze kunnen naar schatting nog 0,5 tot $2 \text{ J/cm}^2(\text{eff})$ bijdragen. De gemiddelde jaardosis onder de gebruikers van kunstmatige UV-apparatuur (ca. 7% van de bevolking) bedraagt naar schatting $0,5 \text{ J/cm}^2(\text{eff})$.

risico's : In Nederland komen jaarlijks ca. 10000 tot 15000 nieuwe gevallen van huidkanker voor. Meer dan 90% daarvan behoort tot de huidcarcinomen (basaalcelcarcinomen en plaveiselcelcarcinomen), waaraan jaarlijks ca. 80 Nederlanders overlijden. Van de meest gevaarlijkste vorm van

huidkanker, de melanomen, komen jaarlijks rond 1000 gevallen voor. De incidentie en sterfte ten gevolge van melanomen is sterk toegenomen over de afgelopen decaden. In 1950 overleden hieraan 24 Nederlanders, momenteel jaarlijks al meer dan 300. De oorzaak van deze toename is onduidelijk (zonzvakanties?).

Een ruwe schatting van de bijdrage van UV aan de incidentie van huidcarcinomen komt voor Nederland uit op 70 tot 90%. De lange termijn risico's zijn het hoogst voor mensen met de hoogste cumulatieve effectieve blootstelling (bijvoorbeeld buitenwerkers, mensen met een tropenverleden), en mensen met een zonnebrand-gevoelige huid. Huidcarcinomen komen merendeels voor op de meest blootgestelde huidgedeelten (80%). Elke procent toename in het effectieve UV op de huid leidt op termijn tot een toename van naar schatting 2% in het aantal basaalcelcarcinomen en een toename van bijna 3% in het aantal plaveiselcelcarcinomen. Hoewel huidcarcinomen voornamelijk voorkomen bij ouderen, is het waarschijnlijk dat juist de vroeg in het leven opgedane doseringen belangrijk zijn voor de uiteindelijke risico's. Voor melanomen is de relatie met UV-bestraling minder duidelijk, al acht een meerderheid van de onderzoekers op dit terrein een rol van UV waarschijnlijk. Melanomen komen meer verspreid over het lichaam voor en lijken niet zozeer samen te hangen met de totale opgelopen bestralingdoses. Mogelijk is er sprake van een verhoogd risico bij onregelmatige en kortstondige hoge exposities (zonnebrand). Over de relatie tussen UV-bestraling van het oog en het ontstaan van lenstroebelings zijn moeilijk kwantitatieve conclusies te trekken.

ontwikkelingen : Op basis van een toenemende vergrijzing van de populatie, zou men bij ongewijzigde blootstelling in het jaar 2000 een toename van het aantal huidcarcinomen met ca. 16% kunnen verwachten. Voor de melanomen is een doorgaande stijging van de incidentie te verwachten.

Bij aantasting van de ozonlaag geldt, dat elke procent vermindering hiervan een toename betekent van bijna 2% in de effectieve UV-dosis die het aardoppervlak bereikt. Een aantasting van de ozonlaag met 5 tot 10% zal op termijn de incidentie van basaalcelcarcinomen met naar schatting 20 tot 40% doen toenemen, en voor plaveiselcelcarcinomen met 30 tot 70%. Voor melanomen en cataract zijn dergelijke schattingen onzekerder. Bij een afname van de ozonlaag met 5 tot 10% wordt een (extra) incidentie van 3 tot 16% geschat voor melanomen, en 1,5 tot 6 % voor cataract.

De UV blootstelling is sterk afhankelijk van gedragsfactoren. De blootstelling aan effectieve UV-straling is in principe beheersbaar, door de expositie aan met name de zomerzon rond het middaguur te beperken. De ogen kunnen worden beschermd middels UV-absorberende zonnebrillen. Gezien de huidige populariteit van 'zonzvakanties', de toegenomen hoeveelheid vrije

tijd en de mogelijkheden tot blootstelling aan 'bruinings'-apparatuur', lijkt de vrees van een toenemende expositie gerechtvaardigd.

Geluid

Het is niet waarschijnlijk dat de nu vóórkomende niveau's van omgevingslawaai (buiten de werksituatie) tot gehoorschade leiden. Wel zijn andere negatieve effecten van lawaai op de lichamelijke gezondheid geconstateerd. Epidemiologische studies naar de gezondheidseffecten van lawaai uitgevoerd in het begin van de zeventiger jaren rondom Schiphol toonden onder meer verbanden aan tussen vliegverkeerlawaai en:

- Huisartsenbezoek voor psychogene klachten, slaapstoornissen en angsten
- Het percentage mensen onder dokterscontrole voor hart en bloeddruk
- De inkoop van psychofarmaca, maagtabletten (op recept) en bloeddrukverlagende middelen

Uit de vele onderzoeken naar de invloed van geluid op de slaap is duidelijk geworden, dat gedurende de slaap het zenuwstelsel veel gevoeliger is dan tijdens de waaktoestand, en dat hierin ook over lange blootstellingsperioden geen gewenning optreedt. Ook kan na blootstelling aan geluid overdag de slaap in de daarop volgende nacht verstoord zijn.

Uit experimenteel onderzoek is gebleken, dat proefpersonen onder bepaalde taakomstandigheden bij blootstelling aan lawaai een bloeddrukstijging vertoonden van enkele mm kwik. In veldstudies is deze relatie tot nu toe niet consistent aangetoond.

Zeer recent is een uitvoerig onderzoek afgerond naar de invloed van wegverkeers- en (militair) vliegverkeerslawaai op de gezondheid en met name op het cardiovasculair systeem. Alleen in de groep blootgesteld aan vliegtuiglawaai werd een zwakke interactie geconstateerd tussen het lawaainiveau enerzijds en het verband tussen bloeddruk en leeftijd anderzijds. Ook in termen van hinder en subjectieve gezondheidsbeleving was het effect sterker voor vliegtuiglawaai dan voor wegverkeerslawaai (Knipschild, 1976).

Naar andere dan de lichamelijke effecten van geluidshinder is nog weinig onderzoek verricht. In opdracht van het Ministerie van V.R.O.M. is een literatuurstudie uitgevoerd naar de effecten van omgevingslawaai op het sociaal gedrag (VROM, 1984-1988). Eén van de conclusies is dat lawaai vaak tot conflicten leidt en agressie-versterkend kan werken. De effecten op sociaal gedrag bleken het belangrijkste te zijn bij plotseling onvoorspelbaar lawaai (militaire vliegtuigen, voertuigpassages, impulslawaai van de industrie) en bij personifieerbaar lawaai waarbij de

veroorzakers zich aan sociale regels onttrekken (crossmotoren, bromfietsen, discotheken, burengerucht).

Over de invloed van lawaai op ondervonden hinder is inmiddels veel bekend, en er is veel overeenstemming tussen studies uit verschillende landen. Het ondervinden van hinder is een effect, dat direct het welbevinden, en daarmee de volksgezondheid beïnvloedt.

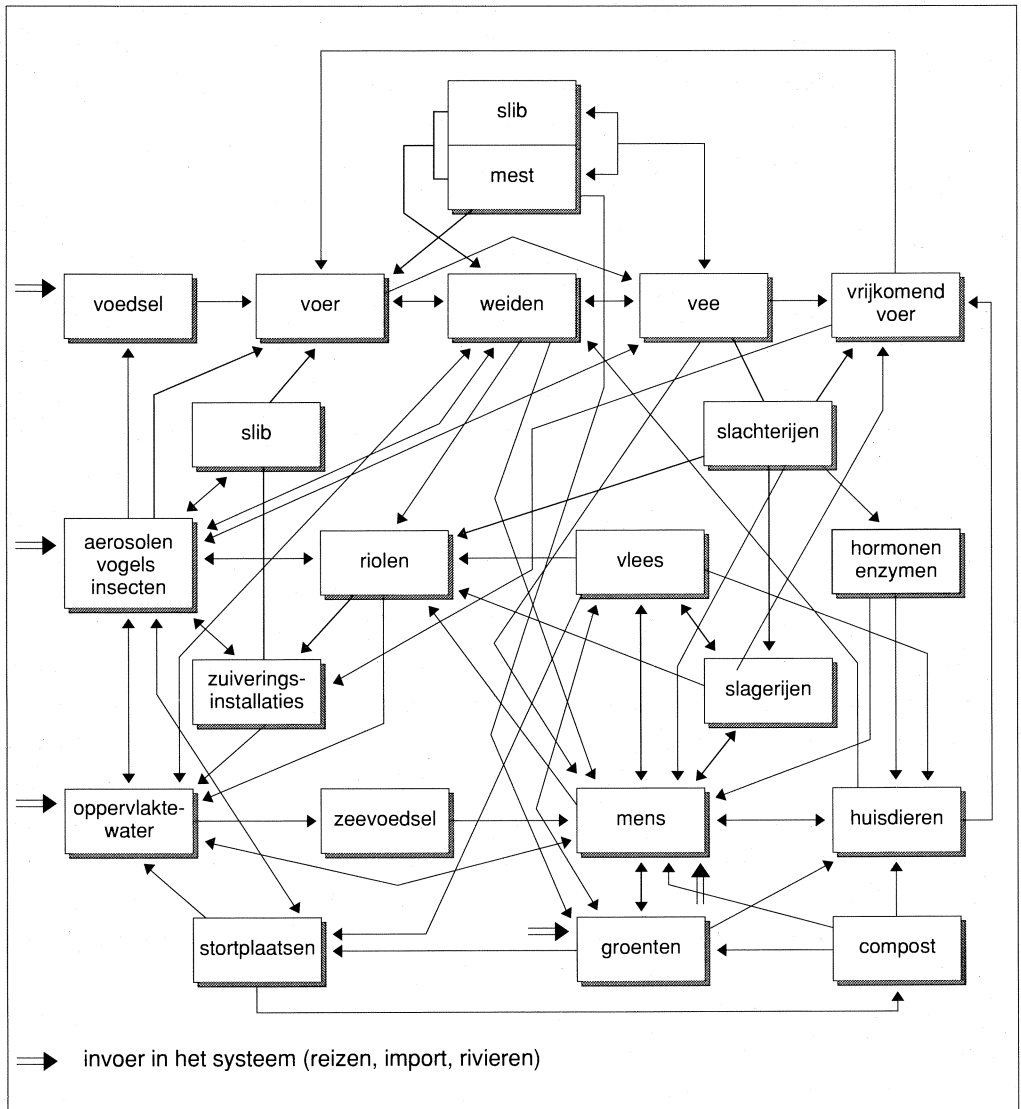
Naar schatting ondervonden in 1987 ca. 8 miljoen mensen (16 jaar en ouder) "hinder" en ca. 3 miljoen "ernstige hinder" van omgevingsgeluiden. Woongeluiden vormen de grootste bron van geluidshinder gevolgd door het wegverkeer en de luchtvaart. Het is te verwachten dat bij gelijkblijvend beleid vooral de hinder door luchtvaartlawaai sterk zal blijven toenemen en dat ook het percentage ernstig gehinderden door woongeluiden zal stijgen. Voorspellingen over aantallen (ernstig) gehinderden worden bemoeilijkt, doordat er geen eenvoudige relatie is tussen geluidsniveau en ondervonden hinder, en het de vraag is of in 2010 de beleving van eenzelfde fysisch geluidsniveau nog dezelfde is als heden ten dage (Rossi, 1983).

9.5 Micro-organismen en parasieten

Deze groep "biologische agentia" omvat een grote verscheidenheid van organismen, die via zeer verschillende wegen de mens kunnen bereiken en zeer uiteenlopende gezondheidseffecten teweeg kunnen brengen. Het buitenmilieu speelt een belangrijke rol bij de transmissie van een groot aantal infectieziekten. Deze transmissie kan variëren van een eenvoudige overdracht van ziektekiemen via bodem, water, of lucht naar een volgend persoon, tot gecompliceerde vrijlevende stadia of parasitaire cycli via meerdere tussengastheren.

Als voorbeeld zijn de transmissiemogelijkheden van de bacterie *Salmonella* (betrokken bij voedselvergiftiging) aangegeven in Figuur 9.6. Duidelijk is, dat een zeer groot aantal factoren hierbij betrokken is, waarvan de meeste milieufactoren zijn. De precieze aard van de verschillende interacties en het relatieve belang van elk der routes zijn echter nog grotendeels onbekend. Veranderingen in het voorkomen van salmonellose bij de mens ten gevolge van milieuveranderingen zijn dientengevolge nauwelijks aan te geven.

Van de meeste andere bacteriële infecties die via het milieu de mens bereiken, is nog veel minder bekend. Van veel virusinfecties kennen we een mogelijke transmissie via oppervlaktewater, maar over het gedrag van virussen in dit milieu, in weekdieren of andere waterbewoners zijn nog zeer weinig gegevens.



Mogelijke transmissieroutes van de voedselvergiftiging veroorzakende bacterie Salmonella.

Bron: RIVM

Bij complexe parasitaire cycli kan beïnvloeding van één schakel beslissend zijn voor het verloop van de hele cyclus. Zo kan het ontstaan van nieuwe biologische niches de oorzaak zijn van plotseling optredende "nieuwe" parasitaire infecties bij de mens (b.v. babesiose). In vele gevallen speelt de mens zelf geen rol van betekenis bij het voortbestaan van een parasitaire cyclus, maar kan wel, buiten de "normale cyclus" om besmet worden. Een voorbeeld is de toegenomen besmetting van voor consumptie bestemde vis met de voor de mens pathogene *Anisakis* en *Pseudoterranova* larven, veroorzaakt door wijzigingen in mariene ecosystemen.

Concluderend kan gesteld worden dat van de honderden microbiële en parasitaire ziekteverwekkers, die op een of andere manier via het milieu een transmissieroute kennen, slechts in enkele gevallen (vooral voor de parasieten) gegevens bekend zijn die enigszins het relatieve belang van de milieucomponent kunnen aangeven.

Huidige incidenties

Over het vóórkomen van de meeste infecties bij de mens in Nederland zijn geen exacte gegevens bekend. Er bestaat geen registratie of meldingsplicht voor de meeste infectieziekten. Waar dit wel het geval is (Wet Bestrijding Infectieziekten) moet niettemin die registratie als een absolute ondergrens worden beschouwd. Als extreem voorbeeld kan hier worden genoemd dat in de jaren 1976-1980 de betrekkelijk onschuldige menselijke lintworm gemeld diende te worden. Gemiddeld werden 30-40 gevallen van lintworminfecties per jaar aangegeven, terwijl de verkoopcijfers van specifieke anti-lintworm preparaten jaarlijks zo'n 30.000 behandelingen doet vermoeden. Per jaar werden zo tot voor kort 5-10.000 Salmonella infecties bij de mens gerapporteerd. Tenminste even vaak zullen andere micro-organismen verantwoordelijk zijn voor voedselvergiftigingen en diarree (onder andere Campylobacter, Rota- en Parvovirussen, Giardia, amoeben). Soms vindt wel een correcte registratie plaats, bijvoorbeeld van tuberculose (ca. 1300 per jaar). Vermeldenswaard is voorts, dat zelfs wanneer mensen overlijden aan longontsteking of een hersenvliesontsteking in 20-60 % van de gevallen geen oorzakelijk micro-organisme wordt gevonden. De betrokkenheid van een onbekend micro-organisme of parasiet is dan een reële mogelijkheid. Van belang voor de huidige context is, dat bij een zo gebrekkige registratie van infectieziekten het moeilijk zal zijn eventuele veranderingen in incidentie door milieufactoren te onderkennen.

Mogelijke ontwikkelingen

De toename van de bevolking in Nederland op zich zal geen verhoogd risico op infectieziekten met zich meebrengen, indien we onze levensstandaard en hygiënenormen behouden (veranderde "lifestyle" wordt hier niet meegerekend). Veroudering van de bevolking, met meer kans op bijvoorbeeld orgaantransplantaties en immuniteitsstoornissen zal zeker leiden tot een stijging van het aantal opportunistische infecties (herpes, cytomegalovirus, toxoplasma, candida enz.). De invloed van toxische stoffen op de afweer van de mens (immunotoxicologie) is hier ook van betekenis. Door de toenemende mobiliteit zullen importziekten een groter aandeel

vergen van onze gezondheidszorg, zeker als na 1992 de grenzen in Europa zullen vervagen.

Klimaatverandering, temperatuurverhoging

Indien uitgegaan wordt van enkele graden temperatuurstijging door het "broeikas-effect", dan zal dit niet onmiddellijk leiden tot het opbloeien van tropische ziekten in Nederland. Anderzijds wordt de situatie gebagatelliseerd wanneer de Gezondheidsraad (1987) volstaat met de opmerking, dat de "medische wetenschap infectieziekten onder controle heeft". Zeer veel endemisch voorkomende microorganismen, in oppervlaktewater of in de bodem, zullen bij hogere temperaturen beter/snelser kunnen groeien, of hun levenscyclus completeren. Gedurende langere tijd in het jaar zullen "seizoengebonden infecties" kunnen worden opgelopen, temeer daar door een hogere temperatuur ook de lifestyle zal worden beïnvloed (meer buitenrecreatie). Voorbeelden zijn de ook in Nederland voorkomende vrijlevende amoeben die potentieel pathogeen zijn voor de mens (*Acanthamoeba*, *Naegleria*). Ook mag worden verondersteld, dat het thans nog seizoenmatig optredende botulismeprobleem een relatief groter aandeel in vogelsterfte zal krijgen. Daarenboven bestaat het potentieel gevaar voor introductie van *Clostridium* typen die toxinen vormen die ook risico opleveren voor de gezondheid van de mens. De invloed van hogere watertemperatuur op de ontwikkeling van andere organismen (b.v. slakken) die een rol kunnen spelen in cycli van verschillende parasitaire aandoeningen van mens en dier is onvoldoende bekend. Ook kan worden gedacht aan nieuwe bestaansmogelijkheden voor insecten (muggen) en teken, die infectieziekten kunnen overbrengen. Aan de andere kant zou door toenemende UV-straling (aantasting ozonlaag) ook afsterving kunnen plaatsvinden van micro-organismen in oppervlaktewater of in de bodem.

Een andere bron van (min of meer lokale) temperatuurverhoging van oppervlaktewater is het koelwater van bijvoorbeeld centrales. Dit aspect alleen lijkt ten aanzien van groei en ontwikkeling van microorganismen geen echte problemen met zich mee te brengen in Nederland.

Waterhuishouding en drinkwatervoorziening

Wanneer voor afvalwaterzuivering en drinkwaterkwaliteit dezelfde normen blijven gelden als thans, zal geen verhoogd risico op infectieziekten behoeven te worden verwacht. Bij intensievere waterrecreatie zal het aandeel van in dit milieu verkregen infecties toenemen (b.v. virussen, *Giardia*). Het aanleggen van kunstmatige (stilstaande) waterpartijen voor recreatiedoeleinden, met planten en algenrijk en daardoor slakkenrijk water, zal leiden tot meer gevallen van "*Schistosoma dermatitis*".

Ruimtelijke ordening

Ontbossing, verdroging van heidevelden, aanleg van meren en moerassen hebben elk invloed op het verdwijnen of juist ontstaan van nieuwe cycli van parasieten. Het droogleggen van moerassen in Noord en Zuid Holland betekende het einde van malaria in Nederland in het begin van de zestiger jaren. Indien we biotopen voor geschikte Anopheles muggen opnieuw creeëren (kunstmatige moerasgebieden) is terugkeer van malaria een kwestie van tijd. Door verstedelijking wordt onherroepelijk een aantal cycli van parasieten via transport- en tussengastheren teruggedrongen. De woon- en hygienische omstandigheden in verstedelijkte gebieden zijn van invloed op infecties die direct van mens op mens overgedragen worden (tuberculose, griep, verkoudheid).

Landbouw en veeteelt

In deze sector zijn grote vooruitgangen geboekt op het gebied van infectieziekten (tuberculose, antrax, brucellose). Door vergaande industrialisering van de veehouderij is ook, als neveneffect, een aantal infectieziekten van de mens verminderd (trichinellose, toxoplasrose). Andere zijn gebleven of nemen nog steeds toe (Salmonella, Campylobacter, Taenia saginata, Yersinia). Een speciaal probleem vormt ook de vermessing. Vervoer van mest over grote afstanden betekent met name voor bacteriële kringlopen een snelle verspreidingsmogelijkheid.

Huishoudens en binnenmilieu

Een verschuiving van het patroon van infectieziekten valt te verwachten in het moderne huishouden. Door gebruik van steeds meer voorverpakte levensmiddelen of kant en klaar voedsel zullen minder kruiscontaminaties in keukens optreden (Salmonella, Shigella, Campylobacter). Daarentegen brengt het vacuum verpakte levensmiddel een nieuw risico met zich mee voor uitgroei van anaerobe bacteriën zoals de toxinen vormende Clostridium botulinum. Een toenemend gebruik van airconditioning zal bijdragen aan besmettingen via de luchtwegen ten gevolge van verontreinigde luchtbevochtigingssystemen (amoeben en Legionella). Deze laatste infectie is een typisch voorbeeld van een ziekte die door een "man made" milieu een kans kreeg ("legionnaires disease"). Thermofiele Actinomycetes dragen eveneens bij aan het zogenaamde "sick building" syndroom (zie ook 9.3).

9.6 Samenvatting

In het voorafgaande is een aantal concrete gevallen besproken van bedreiging van de gezondheid door factoren uit het milieu. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de effecten op de volksgezondheid, voor de besproken agentia, de zekerheid van de schattingen, en het mogelijke resultaat van beleidsmaatregelen. Het vastgestelde maatregelen en extra maatregelen blijkt dikwijls tot verbetering van de situatie te leiden, maar soms is ook niet in te schatten op welke wijze een bepaald beleid zal doorwerken op de volksgezondheid.

Overzicht van de besproken milieufactoren, met de belangrijkste aspecten van hun effecten op de gezondheid, nu en in 2010

Agens	Situatie 1985		Zekerheid van de schatting	Situatie 2010	
	Kritisch aspect/bron	Gezondheids-effect		vastgestelde maatregelen	extra beleid
<u>Chemische agentia, oraal</u>					
nitraat	drinkwater	methemoglobinemie	**	slechter	\$
PCDD/PCDF	moedermelk	diversen	*	\$	\$
cadmium	bodem	nierfunctie	***	\$	\$
pesticiden	diversen	diversen	nvt	beter	beter +
<u>Chemische agentia, inhalatoir</u>					
Z.-episoden	o.a. ozon longfunctie/symptomen				\$
W.-episoden	SO ₂ ,NO ₂ ,enz.	longfunctie/symptomen	**	beter	beter +
NO ₂	geysers	longfunctie/symptomen	**	beter	beter +
CO	binnenlucht	Hb-binding, sterfte	***	beter	beter +
pass. roken	n.v.t.	hinder/symptomen	**	beter	beter +
V.O.S.	binnenlucht	hinder/symptomen	*	\$	\$
benzeen	auto,binnen	kanker	*	beter	beter +
PAK	verkeer	kanker	*	beter	beter +
stank	industrie	hinder	**	beter	beter +

Agens	Situatie 1985	Gezondheids-	Zekerheid	Situatie 2010
	Kritisch aspect/bron	effect	van de schatting	vastgestelde maatregelen extra beleid
<u>Fysische agentia</u>				
straling	-	kanker	**	\$ beter
UV	n.v.t.	huidkanker	***	\$
geluid	woning/ verkeer	hinder/symptomen	**	\$ beter
<u>Biologische agentia</u>				
	n.v.t.	infectieziekten	*	\$

Verklaring der tekens: *: zekerheid gering; **: matig; ***, redelijk; beter: verbetering ten opzichte van huidige situatie; beter + : verbetering ten opzichte van vastgestelde maatregelen; \$: situatie ongeveer gelijkblijvend of verandering niet aan te geven.

9.7 Beschouwing van verschillende typen ziekten en aandoeningen

Milieufactoren spelen een rol bij zeer verschillende typen gezondheidsbedreigingen, variërend van sterfte door kanker tot chronische luchtwegaandoeningen en hinder. In het nu volgende worden de verschillende typen gezondheidsbedreigingen afzonderlijk belicht, en wordt aangegeven in welke mate de besproken milieuproblemen daarbij een rol spelen.

Kanker

Onderstaande tabel geeft, voor de besproken chemische en fysische agentia, de berekende schattingen voor de incidentie van kanker in Nederland, nu en in 2010 bij extra maatregelen :

Schattingen voor kankerincidenties door blootstelling besproken milieufactoren, met aanduiding van de inherente onzekerheid

agens	Schatting 1985, aantal personen	Mogelijke winst 2010 bij extra maatregelen ten opzichte van huidige situatie	Zekerheid schatting
nitraat (nitrosaminen)	p.m.*	< 10% bij denitrificatie	gering
PAK in lucht	4-7**	ca. 50%	gering
PAK in voeding	<1**		gering
benzeen	0-5**	ca. 50%	gering
passief roken	p.m.*	ca. 80%	gering
VOS	p.m.*	p.m.*	gering
ionis. straling	490	2***	matig
UV	8000 (wv. 1% sterfte) (excl. melanomen)	geen	redelijk

ter vergelijking:

roken	7.500 (sterfte)
totale kanker-sterfte	34.000 (excl. huid)

* p.m.: te onzeker om een getal te geven, potentieel tot maximaal enkele tientallen.

** Incidentie na 10-20 jaar (latentietijd) door huidige belasting.

*** Bij isolatie kruipruimte in 10% van de woningen.

Met inachtneming van de onzekerheid van de schattingen kan toch wel worden geconcludeerd, dat de besproken chemische agentia slechts een kleine fractie van de totale kankersterfte bepalen. De bijdrage van ioniserende straling en UV zijn vergeleken hiermee aanzienlijk, waarbij moet worden bedacht, dat het bij straling grotendeels om natuurlijke bronnen gaat, waaraan de mens altijd heeft blootgestaan, en welke niet kunnen worden verboden of afgeschaft. De theoretisch te behalen winst bij het rigoreus isoleren van alle kruipruimtes in Nederland lijkt maximaal 15% van de totale kankerincidentie, maar de praktische realiseerbaarheid hiervan lijkt twijfelachtig. Hiernaast is de belangrijkste winst te verkrijgen door reductie van de verontreiniging van binnen- en buitenlucht (PAK, benzeen). Van belang is, dat roken versterkend werkt op de carcinogene werking van zowel chemische luchtverontreiniging als radon.

Diepgaande studies hebben schattingen gemaakt van de bijdrage van

voedingsfactoren, roken, milieufactoren, enz. aan de totale kankersterfte. De veel geciteerde studie van Doll en Peto (1981) geeft aan dat voor de situatie in de V.S. ca. 3% hiervan voor rekening van UV en ioniserende straling zou komen, en ca. 2% (range 1-5) voor rekening van milieuverontreiniging. Deze 2% wordt grotendeels bepaald door de geschatte bijdrage van de carcinogenen in luchtverontreiniging, met name de PAK's. Daarbij is uitgegaan van de duidelijk hogere concentraties zoals die nog betrekkelijk recent in de stedelijke omgeving voorkwamen (tot enkele tientallen ng/m³ benzo(a)pyreen). In een latere publikatie stelt Peto (1985), dat de bijdrage van carcinogene stoffen in voedsel, drinkwater en lucht" slechts goed is voor ca. 1% van de totale sterfte. Deze bijstelling naar beneden is met name een reflectie van daling van de stedelijke luchtverontreiniging. Peto benadrukt de onzekerheid in deze, door het ontbreken van gegevens over andere klassen van verontreinigende stoffen. Van belang is vooral ook, dat Doll en Peto de bijdrage van voedingsgewoonten op 35% (range 10-70) schatten, terwijl hiervan bij Peto als "reëel vermijdbaar" (dat wil zeggen causaal enigszins hard gemaakt) overblijft: 2% voor "vetzucht" en een deel van de bovengenoemde 1% voor carcinogene stoffen. Dit grote verschil reflecteert een verschillende invalshoek: De 35% is gebaseerd op verschillen in incidentie verklaard uit verschillen in het totaal van voedingsgewoonten, de 2-3% op studies met gedefinieerde variabelen.

Geconcludeerd moet worden, dat al deze schattingen -met uitzondering van die voor roken- zeer onzeker zijn. Enerzijds komt de bijdrage van enkele geïsoleerde risicoschattingen voor bekende milieucontaminanten uit op slechts een klein deel van de feitelijke incidentie, of van de "in principe vermijdbare" 35% van Doll en Peto. Anderzijds moet worden bedacht, dat het ontstaan van kanker de resultante is van een zeer complexe interactie tussen door de mens gemaakte stoffen, van nature onder meer in voeding voorkomende carcinogenen, anti-carcinogenen, endogeen gevormde carcinogenen en modifierende factoren, en mede bepaald wordt door aspecten van de individuele conditie, dit alles samengevat als "life-style".

Erfelijke afwijkingen

Erfelijke afwijkingen kunnen in principe worden veroorzaakt door mutagene agentia, doordat deze veranderingen in de erfelijke informatie veroorzaken. Deze agentia zijn in de regel tevens kankerverwekkend. Het is onwaarschijnlijk, dat stoffen, die niet kankerverwekkend zijn, wel overerfbare aandoeningen zullen veroorzaken. In de context van milieucontaminanten zijn alleen voor ioniserende straling schattingen

gemaakt van geïnduceerde genetische schade. Een eventuele reductie in radonblootstelling zal hierop weinig effect hebben, omdat radon de geslachtsorganen niet bereikt.

Aangeboren afwijkingen en invloeden op de voortplanting

Het begrip aangeboren afwijkingen omvat, naast erfelijke afwijkingen, aandoeningen welke ontstaan door verstoring van vroege ontwikkelingsprocessen (teratogene effecten). De term "invloeden op de voortplanting" omvat een breder gebied van effecten op alle aspecten van de normale voortplantingsfunctie. Anders dan voor carcinogene en mutagene effecten wordt hiervoor het bestaan van een drempelwaarde aangenomen. Van enkele agentia is bekend, dat ze teratogeen zijn bij de mens, zoals enkele geneesmiddelen (softenon), methylnitrosamine (dat vrijkwam in de Minamata-baai in Japan), enkele stoffen uit de arbeidssituatie en infectieuze agentia (rode hond, toxoplasmose). Bij het vaststellen van gezondheidskundige normen voor toelaatbare concentraties van stoffen zijn de mogelijk teratogene eigenschappen een belangrijk criterium. Een voorbeeld van een effect op de voortplantingsfunctie is de sterk steriliserende werking bij de man van 1,2-dibroom-3-chloorpropan. Over de mogelijke rol van milieufactoren is weinig bekend.

Hart- en vaatziekten

De incidentie van hart- en vaatziekten, de belangrijkste doodsoorzaak in Nederland, is redelijk gerelateerd aan een aantal risicofactoren, welke veeleer verband houden met "levensstijl" dan met milieufactoren. In de toxicologie is het onderzoek naar een geschikt diermodel voor het identificeren van "atherogene stoffen" nog in de beginfase. Er zijn nog geen duidelijke relaties te leggen tussen blootstelling aan bepaalde milieucontaminanten en het optreden van atherosclerose. Van een aantal agentia wordt vermoed, voornamelijk op basis van dierexperimenten, dat zij op het proces een bevorderende werking hebben (PCB's, nitraat, cadmium, dioxinen, CO, ozon). Een indirecte invloed van CARA wordt vermoed. Een interessante veronderstelling is, dat mutagene/carcinogene stoffen een rol zouden spelen bij het initiëren van atherosclerotische plaatsen. Vooralnog is echter het aandeel van milieufactoren in de incidentie van hart- en vaatziekten niet aan te geven.

Aandoeningen van de luchtwegen

Luchtwegaandoeningen vormen een belangrijk aandeel van de morbiditeit in Nederland. Deze categorie zorgde voor 13% van de gevallen van ziekteverzuim in 1982. In 1984 was de sterfte door CARA 40 en 10 per 100.000, voor mannen respectievelijk vrouwen. Van verschillende luchtwegaandoeningen (luchtwegklachten, CARA, infecties, enz.) is vastgesteld, dat ze ofwel geïnduceerd ofwel versterkt kunnen worden door luchtverontreiniging. Vele van deze bevindingen zijn verkregen in epidemiologische onderzoek. Met name voor gevoelige individuen mag worden aangenomen, dat blootstelling aan luchtverontreiniging mede bepalend is voor de incidentie van luchtwegaandoeningen. Een kwantitatieve schatting van dit aandeel is onmogelijk te maken, gezien de interacties met andere factoren (endogeen, infecties, levensstijl). Met name roken vertoont interacties met de meeste andere bedreigingen van de luchtwegen.

Andere aantastingen van orgaanfuncties

In deze categorie vallen onder meer: aantasting van de nierfunctie door cadmium, de reductie van het zuurstofbindend vermogen van hemoglobine door nitriet (uit nitraat) of koolmonoxyde, en effecten op het centraal zenuwstelsel van sommige VOS. De categorie is te divers om iets over de relatieve bijdrage van milieufactoren in algemene zin te kunnen zeggen.

Effecten op het immuunsysteem, allergieën

Befnvloeding van het immuunsysteem kan zowel onderdrukking als stimulatie van functies inhouden, met als resultaat een verminderde afweer tegen bijvoorbeeld infecties en wellicht bepaalde vormen van kanker, respectievelijk overgevoeligheid (allergieën) of auto-immuniteit. Van een beperkt aantal stoffen zijn in dierproeven verschillende effecten op het immuunsysteem gevonden, waaronder PCB's, dioxinen, organotinverbindingen, hexachloorbenzeen, cadmium, lood, NO₂, en ozon. In enkele gevallen van accidentele voedselverontreiniging met PCB's en PCDF's zijn ook symptomen bij de mens gezien. Van belang is, dat zowel bij proefdieren als bij de mens effecten van psychische factoren zoals stress op het functioneren van het immuunsysteem en de vatbaarheid voor infecties zijn gevonden (Martin, 1987). Mogelijk afgezien van allergieën is vooralsnog niet aan te geven in welke mate een inadequaat functioneren van het immuunsysteem een rol speelt bij het huidige morbiditeitspatroon, en derhalve zeker niet hoe groot de rol van milieucontaminanten hierbij is.

Effecten door ongevallen en intoxicaties

Scenarioberekeningen van de STG spreken van 4300-7400 ongevallen per 100.000 inwoners, met als grootste bijdragen de privesfeer en het verkeer. Acute intoxicaties vormen een zeer gering aandeel. Een bijdrage van milieufactoren zou bestaan in CO-vergiftigingen, een ernstig ongeval gerelateerd aan de chemische industrie, een overstroming of een kernramp. In het algemeen gaat het om betrekkelijk onvoorspelbare gebeurtenissen met een geringe kans van optreden en grote gevolgen.

Hinder

Hinder is een ander type gezondheidsbedreiging dan de bovengenoemde categorieën. Wanneer gezondheid wordt opgevat in de ruime zin van fysiek, mentaal en sociaal welzijn, kan hinder door geluid of stank worden opgevat als een aantasting van de gezondheid van een aanzienlijk deel van de Nederlandse bevolking. Met name voor geluidshinder zijn effecten op de lichamelijke gezondheid aangetoond. Dat er daarnaast uiteraard vele andere bronnen van hinder en stress bestaan in de sfeer van de (sociale) leefstijl, doet niet af aan het feit dat milieufactoren een duidelijke - hoewel niet kwantitatief meetbare - bijdrage leveren aan deze vorm van gezondheidsbedreiging.

Infectieuze en parasitaire ziekten

Verbetering van de (milieu)hygiëne heeft belangrijk bijgedragen aan de bestrijding van infectieziekten, die in het verleden in Nederland de grootste bedreiging van de volksgezondheid vormden. Het tijdperk van de infectieziekten is echter niet voorbij. De huidige incidentie betekent nog steeds een belangrijk aandeel in de totale morbiditeit in Nederland. Nieuwe infectieuze agentia blijven de kop opsteken, oude kunnen terugkomen. Uit het voorgaande blijkt, dat milieufactoren een belangrijke rol spelen bij de transmissie van microbiële en parasitaire ziekteverwekkers. Enerzijds is de vrees overtrokken, dat door milieuveranderingen (bijvoorbeeld klimaatverandering) talrijke tropische ziekten endemisch zouden worden. Anderzijds is beslist te verwachten, dat milieuveranderingen een belangrijke invloed hebben op de verspreiding van vele infectieuze organismen, en daarmee op infectierisico's. Ook leefstijl factoren (hygienische praktijken, reisgedrag, recreatie) spelen een belangrijke rol. Echter, de huidige kennis is onvoldoende om de aard en de omvang van deze invloeden te kunnen voorspellen. Daarom is het van des te groter belang te

beschikken over een goed functionerend apparaat om infectieziekten op te sporen, te herkennen, en wegen voor hun bestrijding aan te geven.

Normoverschrijdingen

De relatie tussen normen en effecten is reeds eerder toegelicht. Bij de besproken voorbeelden is sprake van normoverschrijding voor nitraat in drinkwater (plaatselijk), dioxinen en cadmium, ozon (incidenteel), stikstofoxiden, radon en stof in de woning (frequent), CO en enkele VOS in de woning (incidenteel), benzeen (afhankelijk van de gekozen norm), enkele bestrijdingsmiddelen in drinkwater (plaatselijk) en geluid. In enkele gevallen is aangegeven, dat de norm wellicht te weinig marge biedt (Cadmium, nitraat).

Conclusies

Uit het voorgaande blijkt, dat voor de meeste aspecten van de menselijke gezondheid nauwelijks of niet kwantitatief is aan te geven in welke mate deze worden veroorzaakt door milieufactoren. Dit geldt voor de huidige situatie, en in sterkere mate voor de toekomst. Het lijkt erop, dat als onmiddellijke doodsoorzaak de blootstelling aan gedefinieerde chemische, fysische en biologische agentia van betrekkelijk gering belang is. Hier zijn leefstijl-factoren, zoals roken, voedingsfactoren en alcoholgebruik van veel grotere betekenis. Voor bepaalde chronische aandoeningen (bijvoorbeeld luchtwegaandoeningen) zijn deze milieufactoren echter wel van betekenis. Dit belang van milieufactoren geldt tevens voor aspecten van gezondheid in de ruimere zin. Behalve de reeds genoemde hinder door geluid en stank kan hierbij ook worden gedacht aan effecten die primair psychisch, maar daarom niet minder reeel zijn, zoals de subjectieve perceptie van bepaalde risico's (ongelukken met kerncentrales), de angst voor het wonen op verontreinigde grond, of het als negatief ervaren van verloren natuurwaarden. In dit verband is van belang, dat recent steeds meer informatie beschikbaar komt over de interactie tussen psychische factoren zoals stress, en het functioneren van bijvoorbeeld het immuunsysteem ("psychoimmunology") of het optreden van cardiovasculaire aandoeningen. Het reeds gesignaleerde probleem van de effecten van blootstelling aan vele invloeden tegelijkertijd krijgt er hierdoor nog een dimensie bij. Geconcludeerd mag worden, dat de invloed van milieufactoren op de menselijke gezondheid verder gaat dan de effecten van een beperkt rijtje gedefinieerde agentia.

Wanneer we ons tenslotte beperken tot de besproken concrete gevallen,

kunnen we ons afvragen, waar door (milieu)maatregelen de belangrijkste winst kan worden verkregen. Dit is kwalitatief aangegeven in de boven gegeven overzichtstabel en omvat: vermindering luchtverontreiniging binnenshuis en buitenshuis, betere isolatie kruipruimten (lagere blootstelling radon; (dit is ook te bereiken door meer te ventileren), geen verhoging van blootstelling aan UV, beperking van cadmiumemissies en van gebruik van grond met hoge cadmiumgehalten, en beperking van de geluidshinder.

Literatuur Volksgezondheid

Beir (Committee on the biological effects of ionizing radiations), 1980
The effects on Populations of Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation.
National Academy Press, Washington D.C.

van Betuw C.A.J., Hofstee A.W.M. en Sangster B., 1988
Acute intoxicaties in de arbeidssituatie; 1987
Rapport 348708002, RIVM, Bilthoven.

Blaauboer R.O. en Vaas L.H., 1986
De geschatte stralingsbelasting in Nederland in 1986.
Rapport 248601001, RIVM, Bilthoven.

Boleij J.S.M., Brunekreef B., Lebret E., Noy D., van de Wiel H.J.W.J. en
Biersteker K., 1985
Luchtverontreiniging in woningen
Publikatiereeks lucht, 45, Ministerie VROM, Leidschendam.

Brasser L.J. en van Ham J., 1987
Passief roken: ongezond?
Proceedings symposium 12 mei 1987, Vereniging Lucht, Delft.

Brunekreef B., Noy D., Remijn B., Fischer P., Houthuys D. en Boleij J.,
1987
Stikstofdioxide en tabaksrook in de binnenlucht
Publikatiereeks lucht, 60, Ministerie VROM, Leidschendam.

Callender J., 1988
Pesticide use in the developing world
Fd Chem. Toxic. 25, 882-883.

Dassen W., Brunekreef B., Hoek G., Hofschreuder P., Staatsen B., de Groot H., Schouten E. en Biersteker K.

Decline in children's pulmonary function during an air pollution episode
J. Air Poll. Contr. Assoc., 36, 1223-1227

Dockery D.W., Ware J.H., Ferris B.G., Speizer F.E., Cook N.R. and Herman S.H., 1982

Change of pulmonary function in children associated with air pollution episodes

J. Air Poll. Contr. Assoc., 32, 937-942, 1982

Doll R. and Peto R., 1981

The Causes of Cancer: Quantitative Estimates of Avoidable Risks of Cancer in the United States Today

J. Natl Cancer Inst., 66, 1191-1308.

Environmental Protection Agency, 1982

Air Quality Criteria for particulate matter and sulfur oxides
Washington D.C.

Environmental Protection Agency, 1986

Air Quality Criteria for ozone and other photochemical oxidants
Washington D.C.

Folinsbee L.J., McDonnell W.F. and Horstman D.H., 1988

Pulmonary function and symptom response after 6.6 hour exposure to 0.12 ppm ozone with moderate exercise

J. Air Poll. Contr. Assoc., 38, 28-35.

Gezondheidsraad, 1979

Advies inzake de advieswaarde voor de kwaliteit van de buitenlucht voor stikstofdioxide

Verslagen Adviezen Rapporten No. 36, Ministerie van V & M.

Gezondheidsraad, 1986

De kwaliteit van moedermelk; PCDD- en PCDF-verontreinigingen, tweede advies

Gezondheidsraad, 1986

UV radiation, human exposure to ultraviolet radiation
Report no. 1986/9.

Gezondheidsraad, 1987

The CO₂ Problem. Scientific opinions and Impacts on Society

Henschler D. (ed.), 1987

Dieselmotor-emissionen

Gesundheitsschadliche Arbeitsstoffe, Deutsche MAK-Kommission, 13.

Horstman D.H., 1'988

Changes in pulmonary function and airway reactivity due to prolonged exposure to near ambient ozone levels. In: Atmospheric ozone research and its policy implications, T. Schneider and S. Lee (Eds.), Elsevier, Amsterdam, (in press).

International Commission on Radiation Protection (ICRP), 1977

Recommendations of the International Commission on Radiological Protection
Annals of the ICRP, Publication no. 26, Vol 1 no 3.

Janse M., 1987

Geurbeleving in de woonomgeving, ontwikkeling van een vragenlijst voor schriftelijke enquetes naar stankhinder
Rijksuniversiteit Utrecht.

Knipschild P.A., 1976

Medische gevolgen van vliegtuiglawaai
Proefschrift Universiteit van Amsterdam.

Koren H.S., 1988

The inflammatory response in human lung exposed to ambient levels of ozone. In: Atmospheric ozone research and its policy implications, T. Schneider and S. Lee (Eds.), Elsevier, Amsterdam, (in press).

Kramers P.G.N. en van der Heijden C.A., 1988

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH): Carcinogenicity data and risk extrapolations
Toxicol. Environ. Chem., 16, 341-351.

Kramers P.G.N., de Groot G., van Knapen F., Lebret E., Rombout P.J.A., Slaper H., Speijers G.J.A., Theelen R. en Wijga A., 1988

Gezondheidseffecten en milieufactoren; een studie in het kader van het NMP
Rapport RIVM, Bilthoven, (in voorbereiding).

Lioy P.J., Volmuth T.A. and Lippmann M., 1985
Persistence of peak flow decrements in children following ozone exposures
exceeding the NAAQS
J. Air Poll. Contr. Assoc., 35, 1068-1071.

Martin P., 1987
Psychology and the immune system
New Scientist, April 9, 46-50.

van der Meulen A., Rombout P.J., Prins C.J., Kramers P.G.N., van Esch G.J.,
Heyna-Merkus E., Besemer A.C., Huldy H.J., Mulder H.C.M. en Venselaar J.,
1987
Criteria document "Fijn stof"
Rapport 738513006, RIVM, Bilthoven.

Ozkaynak H., Schatz A.D., Thurston G.D., Isaacs R.G. and Huzar R.B., 1985
Relationships between aerosol extinction coefficients derived from airport
visual range observations and alternative measures of airborne particle
mass
J. Air Poll. Contr. Ass., 35, 1176-1185.

Peto R., 1985
The preventability of cancer. In: Vessey M.P. and Gray M. (eds.) Cancer
risks and prevention
Oxford University Press, London, 1-14.

Punter P.H., Blaauwbroek J., Janse M. en Oliemans A.J., 1987
Geurbelevingsonderzoek Rutte
OP & P Utrecht.

de Raat W.K., 1988
Polycyclic aromatic hydrocarbons and mutagens in ambient air particles
Toxicol. Environ. Chem., 16, 259-279.

Rombout P.J.A., 1987
Ozone and other photochemical oxidants. In: Air Quality Guidelines for
Europe; WHO Regional Publications, Copenhagen.

Ros J.P.M. en Slooff W. (eds.), 1987
Ontwerp Basisdocument Cadmium
Rapport 758476002, RIVM, Bilthoven.

Rossi G. (ed.), 1983

Proceedings of the Fourth International Congress on Noise as a Public Health Problem

Torino.

Sangster B., Blok S.M.G., Savelkoul T.J.F. en Wegman R.C.C., 1983

Onderzoek naar de pentachloorfenolbelasting en naar eventuele gezondheidsschade bij bewoners van met een pentachloorfenol oplossing verontreinigde woningen te 's-Gravenhage

Rapport 348302001, RIVM, Bilthoven.

Shuval H.I. en Gruener N.G., 1977

Infant methemoglobinemia and other health effects of nitrates in drinking water

Progr. Water Tech. 8, 183-193.

Slaper H., 1987

Skin cancer and UV exposure: investigations on the estimation of risks

Proefschrift Rijksuniversiteit Utrecht.

Slaper H. en van der Leun J.C., 1985

Ultraviolette straling op de menselijke huid

Rapport directie Stralenbescherming no. 2, (ISBN 90346 0442 X)

Sloof W. (ed.), 1986

Ontwerp-basisdocument benzeen

Rapport 840760002, RIVM, Bilthoven.

Speijers G.J.A., van Went G.F., van Apeldoorn M.E., Montizaan G.K., Janus J.A., Canton J.H., van Gestel C.A.M., van der Heijden C.A., Heijna-Merkus E., Knaap A.G.A.C., Luttik R., de Zwart D., 1987

Integrated criteria document nitrate: effects

Appendix to Report 758473007, RIVM, Bilthoven.

UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation), 1982

Ionizing radiation: Sources and biological effects. Report to the General Assembly, with annexes.

United Nations, New York.

Ministerie VROM

Rapporten van het onderzoekprogramma geluidshinder

directoraat-generaal voor de milieuhygiene, directie geluid, 1984-1988

World Health Organization, 1987

Air Quality Guidelines for Europe

WHO regional Publications, Copenhagen.

10 Kosten en baten van milieumaatregelen

10.1 Probleemschets

In de voorgaande hoofdstukken zijn per ruimtelijk schaalniveau een aantal milieuproblemen besproken. Daarbij is aangegeven welke maatregelen bij het reeds vastgestelde milieubeleid in de komende jaren genomen zullen worden, en welke extra maatregelen nog tot de mogelijkheden behoren. In dit hoofdstuk zal een samenvatting worden gegeven van de kosten van de milieumaatregelen, verdeeld naar milieuprobleem en maatschappelijke sector. Een gedetailleerd overzicht van de kosten van maatregelen is opgesteld door Tebodin (Jantzen, 1988). Deze maatregelen bestaan vooral uit toegevoegde emissiereducerende (end-of-pipe) milieuvorzieningen en curatieve (effectgerichte) maatregelen. Volumebeperkingen van milieubelastende activiteiten en procesgeïntegreerde (structurele) aanpassingen komen nauwelijks aan de orde.

Bij de bespreking van de kosten per milieuprobleem, in paragraaf 10.2, zal zoveel mogelijk worden aangegeven welke extra milieubaten er te verwachten zijn bij het treffen van extra milieumaatregelen. Deze milieubaten zijn over het algemeen slechts in beperkte mate in geld uit te drukken, namelijk alleen daar waar sprake is van toekomstige vermeden economische schade door het tegengaan van milieubelasting. De prijs van de meeste functies van het milieu, zoals een gezond leefklimaat en een gevarieerd landschap, komt immers niet via het marktmechanisme tot stand. De waarde van zulke functies wordt in feite door de politieke besluitvorming bepaald. Verschillende batenposten zullen pas na de zichtperiode optreden, zoals lagere kosten van dijkverhoging indien de mondiale CO₂-emissie in de komende decennia wordt gereduceerd, of lagere kosten van drinkwaterzuivering, indien afvalwaterlozingen, overbemesting en bestrijdingsmiddelengebruik worden teruggedrongen. Daarnaast zullen een aantal batenposten in het buitenland merkbaar zijn, bijvoorbeeld een verbetering van de gezondheid van de Scandinavische meren door de verminderde uitstoot van verzurende stoffen in

Nederland. In ruil daarvoor mogen in Nederland baten worden verwacht doordat er in het buitenland verontreinigingen met een grensoverschrijdend karakter worden teruggedrongen. Bij de berekening van de in geld uitgedrukte baten is gebruik gemaakt van onderzoek van het Instituut voor Milieuvraagstukken (Jansen, 1988). De niet-monetaire baten zijn terug te vinden in de eerdere hoofdstukken van Zorgen voor Morgen. Voor het bereiken van een 'no-effect-level' zijn bij de meeste vormen van verontreiniging aanzienlijke emissiereducties in binnen- en buitenland noodzakelijk. Soms zijn deze emissiereducties niet met behulp van de nu bestaande toegevoegde zuiveringstechnieken te realiseren, zodat ofwel structurele veranderingen binnen produktieprocessen noodzakelijk zijn, ofwel volumebeperkende maatregelen genomen moeten worden in de vorm van beperking van de omvang van bepaalde maatschappelijke activiteiten.

In paragraaf 10.3 zullen de kosten van de milieumaatregelen per maatschappelijke sector worden weergegeven. De kosten zijn hierbij toegerekend aan de sector die geacht wordt de maatregelen te treffen. De 'voormalige' vervuilers zouden dan opdraaien voor de kosten. Het is niet onmogelijk dat door een andere financieringsstructuur (bijvoorbeeld een verzuringsfonds) de kosten op een andere wijze worden verdeeld. Ook kunnen de kosten soms via doorberekening in de prijzen worden afgewenteld op afnemers. Een voor de hand liggend voorbeeld vormen de openbare nutsbedrijven (electriciteitsbedrijven, drinkwaterbedrijven, afvalverwerkingsbedrijven en afvalwaterzuiveringsbedrijven). Doordat er nog onvoldoende zicht is op de financieringsstructuur, kan er nog weinig gezegd worden over de mogelijke afgeleide economische effecten van de milieukosten, zoals gevolgen voor de werkgelegenheid, de betalingsbalans, het financieringstekort en de koopkracht van gezinnen.

Zoals in hoofdstuk 2 is gesteld, wordt bij het opstellen van de milieuscenario's uitgegaan van de technische kennis van dit moment. Slechts die ontwikkelingen in produktietechnieken en aanvullende milieutechnieken, waarvan op dit moment is te voorzien dat ze voor 2010 beschikbaar komen, zijn in de beschouwingen betrokken. We mogen echter niet uitsluiten dat er zich in de tussentijd nieuwe technische ontwikkelingen voordoen. Ongetwijfeld zullen een aantal milieutechnieken bij grootschalige toepassing goedkoper worden. Daarbij valt bijvoorbeeld te denken aan de driewegkatalysator. Daarnaast is het waarschijnlijk dat bij nieuwe producten en nieuwe procesinstallaties de milieueisen al in het ontwerp betrokken zullen worden om dure additionele milieumaatregelen te vermijden. Dit maakt dat de kostenprognoses vermoedelijk 'self-destroying-prophecies'

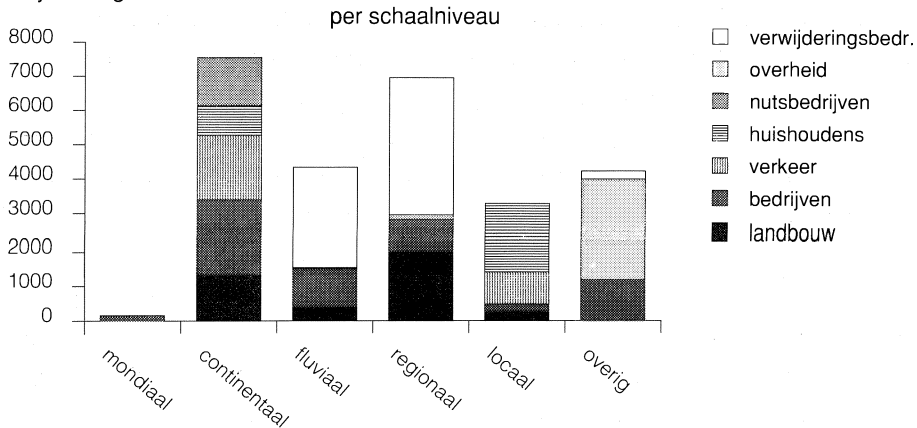
zullen zijn. Dure emissiebeperkende maatregelen stimuleren het zoeken naar goedkopere procesgeïntegreerde alternatieven. Elke afvalstroom houdt in feite een verspilling van waardevolle materialen in. In het licht van een verdere uitputting van hulpbronnen worden deze afvalstromen steeds waardevoller, zodat het voor de hand ligt dat steeds meer gezocht wordt naar mogelijkheden om het ontstaan van afvalstromen te voorkomen in plaats van ze achteraf te moeten verwerken of te isoleren van het milieu. De kostenprognoses kunnen daarmee nu nog niet voorziene innovaties uitlokken, die het mogelijk maken economische groei te combineren met lagere milieukosten, minder milieuverontreiniging en een efficiënter gebruik van uitputbare hulpbronnen (Maas, 1988). Op den duur zullen dure toegevoegde milieutechnieken op een 'natuurlijke' wijze worden vervangen door goedkopere structurele aanpassingen van productieprocessen.

De vastgestelde maatregelen leiden tot jaarlijkse kosten die stijgen van bijna 7 miljard gulden per jaar in 1985 tot ruim 16 miljard gulden in 2010. Bij extra maatregelen stijgen deze kosten tot 25-30 miljard gulden in 2010. Bij de vastgestelde maatregelen daalt het aandeel van de milieukosten in het Bruto Nationaal Produkt tussen 1985 en 2010 gelijk namelijk ca. 2%. Bij doorvoering van alle extra maatregelen zal het aandeel stijgen naar 3 à 3,5% van het BNP. Het vermelde kostenniveau kan eerder bereikt worden indien financiële ruimte aanwezig is om de noodzakelijke investeringen sneller uit te voeren. Als gevolg van verdere technologische ontwikkelingen mag echter ook verwacht worden dat dit percentage in de praktijk lager zal liggen.

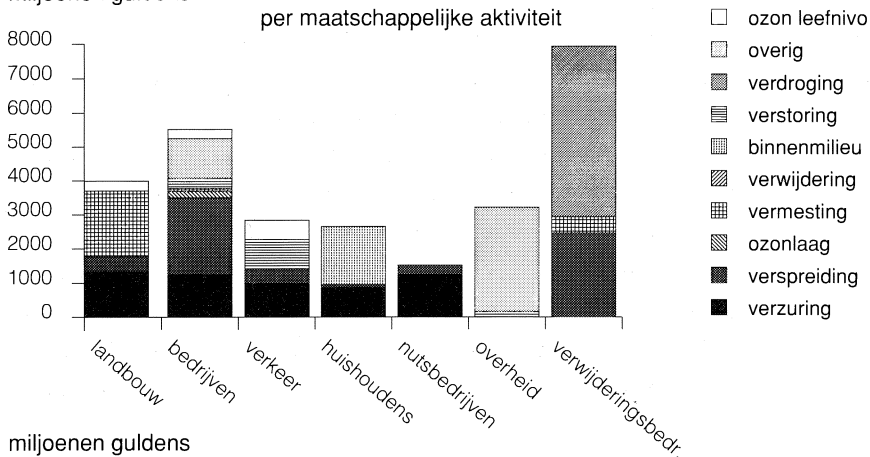
Het Centraal Plan Bureau (CPB) zal in een vervolgstudie nader ingaan op de te verwachten macro-economische gevolgen van deze milieukosten. Veel zal daarbij afhangen van de te veronderstellen milieukostenstijging in het buitenland. Verschillende studies doen vermoeden (VN, 1987; OECD, 1984) dat de nadelige economische gevolgen bij een internationale aanpak geringer zullen zijn dan de vermeden schade.

Ongeveer 65% van de milieukosten heeft betrekking op zogenaamde additionele milieutechnieken en 15% op effectgerichte maatregelen. De kosten van maatregelen die gericht zijn op procesgeïntegreerde verbeteringen en terugwinning van materialen bedragen slechts 20% van het totaal. Daartoe behoren enkele zeer voordelige maatregelen in de 'good-housekeeping' sfeer en op het gebied van vervanging en terugwinning van grond- en hulpstoffen.

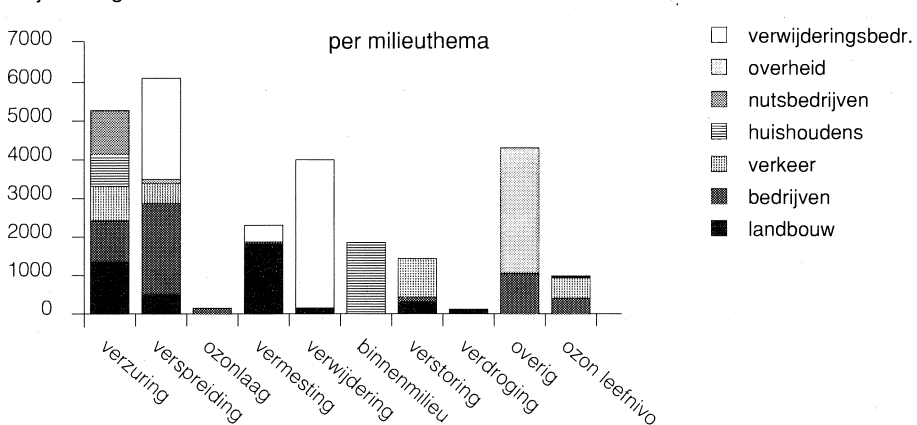
miljoenen guldens



miljoenen guldens



miljoenen guldens



De jaarlijkse kosten in 2010 van vastgestelde en extra bestrijdingsmaatregelen per schaalniveau, milieuthema en per maatschappelijke activiteit.

Bron: RIVM

10.2 Ontwikkeling van de kosten en baten per milieuthema

Bij de vastgestelde maatregelen worden de meeste kosten gemaakt voor de relatief ver ontwikkelde beleidsterreinen zoals afvalverwijdering (bijna 25%), afvalwaterzuivering (20%) en verzuring (15%). De niet naar milieuprobleem toegedeelde apparaatskosten van de overheid nemen 15-20% van de totale milieukosten voor hun rekening. Bij doorvoering van alle extra maatregelen stijgen de kosten van verzuringsmaatregelen tot bijna 30%. Bedacht moet worden dat deze maatregelen ook bijdragen aan vermindering van de ozonproblematiek (op leefniveau) en de kwaliteit van de lucht in binnensteden. Het aandeel van de kosten van afvalverwerking en afvalwaterzuivering daalt naar elk 15%. De aanpak van vermistingsproblemen zal bijna 10% van de totale kosten vergen. Daar bij de kostenberekeningen is verondersteld dat een beleidsintensivering mogelijk is zonder uitbreiding van het ambtenarenapparaat daalt het aandeel van de apparaatskosten bij de extra maatregelen naar 12,5%. Opvallend is dat ongeveer de helft van de milieukosten bij zowel de vastgestelde als de extra maatregelen betrekking heeft op grensoverschrijdende milieuproblemen. De baten van deze maatregelen komen voor een groot deel in het buitenland terecht. Door internationale onderhandelingen zou moeten worden bereikt dat gelijksoortige maatregelen in het buitenland worden genomen teneinde de beoogde effecten in ons land te realiseren.

Mondiale milieuproblemen: het broeikaseffect

Op dit moment zijn er nog weinig concrete maatregelen bekend ter voorkoming van het broeikaseffect. De bijdrage van Nederland tot deze problemen is minder dan 1 procent. Er is nog weinig bekend over de kosten van het verminderen van de CO₂-emissies. Extra energiebesparing en vervanging van fossiele energiebronnen door stromingsbronnen ligt voor de hand. Er zijn enkele tentatieve berekeningen gemaakt omtrent de kosten van het behandelen van CO₂ houdende afvalgassen van elektriciteitscentrales. Het CO₂ zou voor 90% kunnen worden verwijderd en in vloeibare vorm via pijpleidingen en tankers naar de oceaانبodem gepompt kunnen worden. De elektriciteitskosten zouden daardoor met ca. 50% toenemen. Het verwijderen van kooldioxide uit rookgassen van centrales en het afvoeren daarvan naar de oceaانبodem kost naar schating 5 ct per kWh (Steinberg e.a., 1984). Dat zou voor Nederland in 2010 op ruim 3 miljard gulden per jaar neerkomen. Wanneer alle centrales ter wereld soortgelijke maatregelen zouden nemen zou het energieverbruik met ca. 20% kunnen stijgen en zal de jaarlijkse toename van de CO₂-concentraties met ca. 30% kunnen dalen. Het is zeer twijfelachtig of de

minder rijke landen de extra kosten kunnen opbrengen. De mogelijkheid tot het realiseren van zo'n maatregel en de kosten zijn zeer onzeker zodat deze maatregel niet in het pakket van extra maatregelen is opgenomen.

Om de emissies van CH_4 en N_2O terug te dringen zijn maatregelen nodig bij landbouw en afvalverwerking. Een drastische veestapelreductie en het beperken van het kunstmestgebruik op mondiale schaal zou voor de Nederlandse landbouw grote financiële gevolgen hebben. De landbouw (en de daarmee verbonden voedingsmiddelenindustrie) dragen nu bruto ca. 5% (ofwel 20 miljard gulden) bij aan ons nationaal inkomen (exclusief overdrachten). Het terugdringen van methaanemissies bij afvalstorten en delfstofwinning kan vermoedelijk kostenneutraal geschieden.

Ook al zouden de emissies van CO_2 , CH_4 en N_2O voor 2010 belangrijk verminderd worden, dan nog zal er, door de langdurige herstelperiode van de mondiale biosfeer, in de komende decennia sprake zijn van een zeespiegelstijging van een kwart centimeter per jaar. De kosten van dijkverhoging zullen 100 à 200 miljoen gulden per jaar bedragen in 2010 afhankelijk van het al dan niet reduceren van de emissies. Tot 2100 zouden de kosten van dijkverhoging en verzwaring van de duinen tot ca. 1,5 miljard gulden per jaar kunnen oplopen indien er geen emissiebeperkende maatregelen worden genomen. Bij het afwegen van de kosten en baten van maatregelen op het gebied van het broeikaseffect kan niet alleen gekeken worden naar de situatie in Nederland. Alle landen zullen kosten moeten maken, willen problemen als zeespiegelstijging en verschuiving van klimaatzones voorkomen kunnen worden. De baten hiervan zijn nog uiterst onzeker. Indien er geen maatregelen worden genomen bestaat er een kans op een grootschalige ontwrichting van de mondiale biosfeer, wat gevolgen kan hebben voor het voortbestaan van de mensheid op aarde. Waarschijnlijk zijn in de komende decennia grote maatschappelijke problemen in laaggelegen delen van ontwikkelingslanden te verwachten als gevolg van de zeespiegelstijging. Daarnaast heeft het broeikaseffect waarschijnlijk ook gevolgen voor de zoetwaterhuishouding, onder meer in ons land. De afvoer van rivieren zal vermoedelijk onregelmatiger worden, wat de noodzaak met zich meebrengt strategische watervoorraden aan te leggen. De gevolgen van veranderingen in neerslag en verdamping voor de landbouwproductiviteit op de aarde in zijn totaliteit en in ons land in het bijzonder zijn nog moeilijk te overzien.

Mondiale milieuproblemen: aantasting van de ozonlaag

De vervanging van CFK's (met name CFK-11 en CFK-12) zal zeker op de korte termijn tot extra kosten leiden. Deze kosten kunnen voor een aantal

ontwikkelingslanden prohibitief werken. Vervanging van CFK's door duurdere alternatieven zal in 2010 in Nederland onder meer leiden tot extra kosten van in totaal ca. 270 miljoen per jaar. De kosten van het inzamelen van CFK houdende produkten, zoals koelkasten, blijven in Nederland beperkt tot ongeveer 2 miljoen gulden per jaar.

Door het terugbrengen van de mondiale CFK-emissie is te voorkomen dat de ozonlaag dunner wordt. Bij de vastgestelde maatregelen wordt verwacht dat de ozonlaag 5 à 10% dunner wordt. Het aantal gevallen van huidkanker zal daardoor met 5 à 50% toenemen, waarvan een stijging van 4 à 15% van het aantal gevallen met dodelijke afloop. Daarnaast wordt schade verwacht aan het immuunsysteem en de ogen van de mens en schade aan jonge (water-) organismen en landbouwgewassen. Bij het stopzetten van de CFK-emissies is, rekening houdend met een naijlingseffect van vele decennia, geleidelijk een herstel van de ozonlaag te verwachten. De baten hiervan, in de vorm van een wereldwijde verbetering van de volksgezondheid, laten zich slechts gedeeltelijk in geld uitdrukken. Te denken valt bijvoorbeeld aan de vermeden kosten van verpleging en het arbeidsproduktiviteitsverlies. De waardering van minder ziekte en een langere levensduur is in essentie een politieke zaak. De baten van een verbeterde (mondiale) landbouwproduktiviteit als gevolg van een lagere UV-straling zijn nog te onzeker om in geld te kunnen uitdrukken.

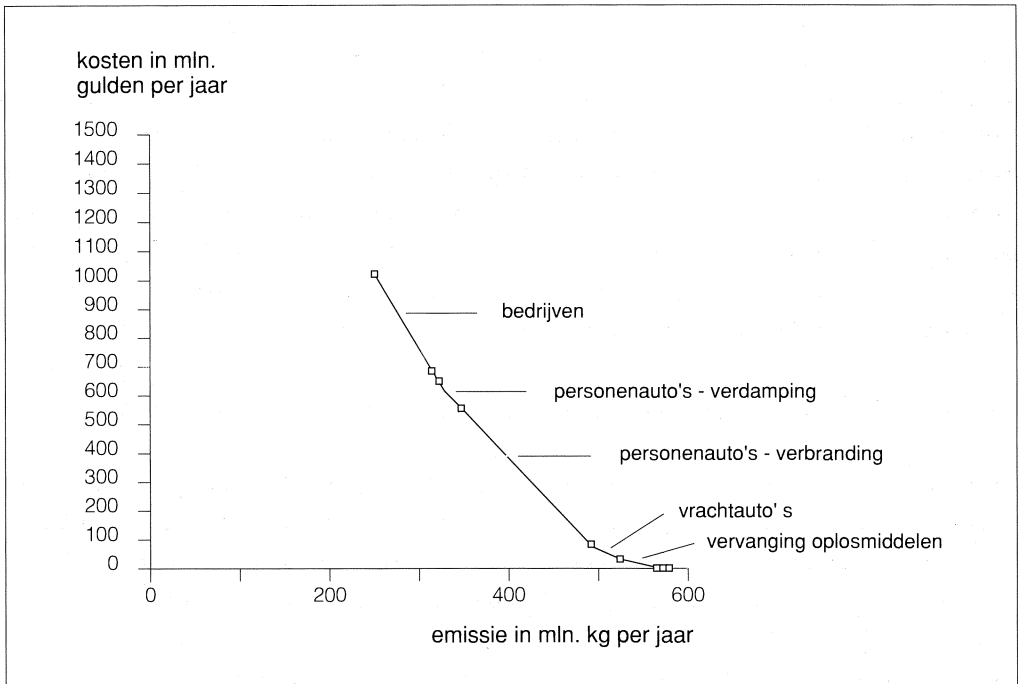
Continentale milieuproblemen: ozon op leefniveau

Voor het terugdringen van de ozonconcentraties op leefniveau zijn een groot aantal maatregelen nodig ter bestrijding van de emissies van vluchtige organische stoffen (VOS) en stikstofoxiden alsmede koolmonoxide en methaan in zowel Nederland en de rest van Europa als in andere werelddelen.

De vastgestelde maatregelen voorzien in een emissiereductie van ruim 20% ten opzichte van 1985. Bij het nemen van alle extra maatregelen is een emissiereductie van 50% mogelijk. De extra maatregelen kosten tezamen in 2010 ongeveer 400 miljoen gulden per jaar. Bij de reeds vastgestelde maatregelen lopen de jaarlijkse kosten op van 120 miljoen gulden in 1990 tot 500 miljoen gulden in 2010. Hierin zijn de kosten van emissiereductie door schonere auto's voor de helft meegeteld.

Voor een belangrijk deel kunnen de emissies met behulp van goedkope procesgeïntegreerde maatregelen worden gerealiseerd, zoals het introduceren van oplosmiddelarme verven en ontvettingsmiddelen, het intensiveren van het onderhoud van pompen en kleppen en het voorkomen van

adem- en verdrijvingsverliezen bij op- en overslag. De extra maatregelen omvatten onder meer een grootschalig dampretoursysteem bij benzinestations en raffinaderijen, het aanbrengen van actief-koolfilters op autotanks ter voorkoming van verdrijvingsverliezen en het toepassen van actief-koolfilters, biofilters en condensatoren. Bij al deze maatregelen worden waardevolle verbindingen teruggewonnen. In 1982 raamde TNO de waarde van de stoffen die naar de lucht geëmitteerd worden op 350-400 miljoen gulden per jaar, waarvan ca. 120 miljoen technisch terugwinbaar zou zijn (Huldy en Veldt, 1982). Terugwinning vindt niet plaats bij het naverbranden dat bij sommige puntbronnen wordt voorgesteld. Hierbij kan hooguit warmte worden geproduceerd.



Kosten - effectiviteitscurve voor de emissiereductie van VOS in 2010.

Bron: RIVM

De vastgestelde en extra maatregelen zijn onvoldoende om gezondheidsschade bij pieken tijdens luchtverontreinigingsepisoden bestaande uit verminderde longfunctie en verhoogde gevoeligheid voor luchtweginfecties te voorkomen. Zouden we de gezondheidsschade tot een verwaarloosbaar niveau terug willen dringen dan zouden de emissies in Europa met 70-90% gereduceerd moeten worden.

De gemiddelde ozonconcentraties in Nederland en Europa zullen zelfs bij doorvoering van alle extra maatregelen in heel Europa slechts in geringe

mate dalen. Alleen door grote emissiereducties van VOS, NO_x, CO en CH₄ op continentale en mondiale schaal zouden de jaargemiddelde ozonconcentraties op leefniveau verder kunnen dalen.

Door zo'n daling zou minder bladschade optreden aan natuurlijke vegetatie en kan de gewasproductiviteit worden verhoogd. Ozon veroorzaakt momenteel in Nederland een oogstreductie van naar schatting 460 miljoen gulden per jaar. Dit zou voor tenminste een deel kunnen worden vermeden. Ook zouden bij lagere ozonconcentraties minder anti-oxidantia verwerkt hoeven worden in materialen.

Continentale milieuproblemen: verzuring

Bij doorvoering van de vastgestelde maatregelen zullen de emissies van SO₂ en NO_x tussen 1980 en 2010 met respectievelijk 49 en 11% dalen, terwijl de emissie van NH₃ met 33% zal dalen. Mede doordat in West- Duitsland een aanzienlijke reductie van SO₂ en NO_x-emissies wordt verwacht (van respectievelijk 50 en 33%) zal de zure depositie in ons land tussen 1980 en 2010 met ruim 25% dalen tot 4330 mol zuur per ha per jaar. De jaarlijkse kosten van de vastgestelde maatregelen zullen oplopen van 0,6 miljard gulden in 1990 tot 2,5 miljard in 2010. Deze maatregelen zijn onvoldoende om te voorkomen dat in ons land de vitaliteit en de gemiddelde leeftijd van bossen verder daalt, de heide geheel vergrast, diverse soorten mossen verdwijnen en het nitraatgehalte van grondwater in veel regio's zoveel stijgt dat bij éénderde van de huidige drinkwaterwinningscapaciteit de grenswaarde overschreden wordt.

Door alle extra beschikbare technische maatregelen te treffen zijn de emissies van SO₂, NO_x en NH₃ ten opzichte van 1980 met 74, 57 en 68% te verlagen. De kosten van de extra maatregelen lopen op tot 3.3 miljard gulden per jaar in 2010. Uitgaande van een ongewijzigd beleid in het buitenland zal de zure depositie in 2010 dalen tot 3460 mol zuur per ha per jaar, ofwel ruim 40% minder dan de depositie in 1980. De kritische niveau's voor bos en heide worden daardoor nog steeds overschreden. De waarde van deze vermeden schade laat zich weer moeilijk in geld uitdrukken. Het gaat voor een deel om extra opbrengsten in de bosbouw (max. 15 miljoen gulden per jaar), maar ook om het behoud van recreatieve, toeristische functies en om de politieke vraag wat wij er voor over hebben om een bepaald landschap aan de volgende generaties te kunnen nalaten.

Om heide, vennen en naaldbos te redden zou de zure depositie verder moeten dalen tot 1400 mol per ha. Dit is alleen mogelijk bij een gezamenlijke

Europese aanpak van het probleem. De emissies van SO_2 , NO_x , en NH_x zouden in West-Europa met respectievelijk 90, 70 en 60-80% omlaag moeten ten opzichte van 1980. Technische maatregelen zullen onvoldoende zijn, zodat ook structurele en volumebeperkende maatregelen noodzakelijk zullen worden. De baten van zo'n internationaal verzuringsbeleid zullen niet alleen in Nederland liggen maar ook in andere landen van Europa. In Centraal Europa zouden de gezonde bossen gespaard kunnen blijven en in Scandinavië zou de toestand van de meren zich op den duur kunnen verbeteren. Over de verdeling van de kosten (en baten) zijn internationale onderhandelingen nodig (IIASA, 1987). In Nederland zou minder geld nodig zijn voor het beheer van natuurgebieden door onder andere plaggen (30 miljoen per jaar), het onderhoud van cultuurgoederen zoals monumenten, oude weefsels en boeken (max. f 60 miljoen per jaar) en bekalking in de landbouw (max. f 60 miljoen per jaar). In de landbouw zou sprake kunnen zijn van verminderde schade door verminderde bladschade en verminderde daling de bodemvruchtbaarheid. Eventuele besparingen op de kosten van drinkwatervoorziening (max. f 55 miljoen per jaar) moeten in samenhang worden gezien met de maatregelen op het gebied van het mestgebruik in de landbouw.

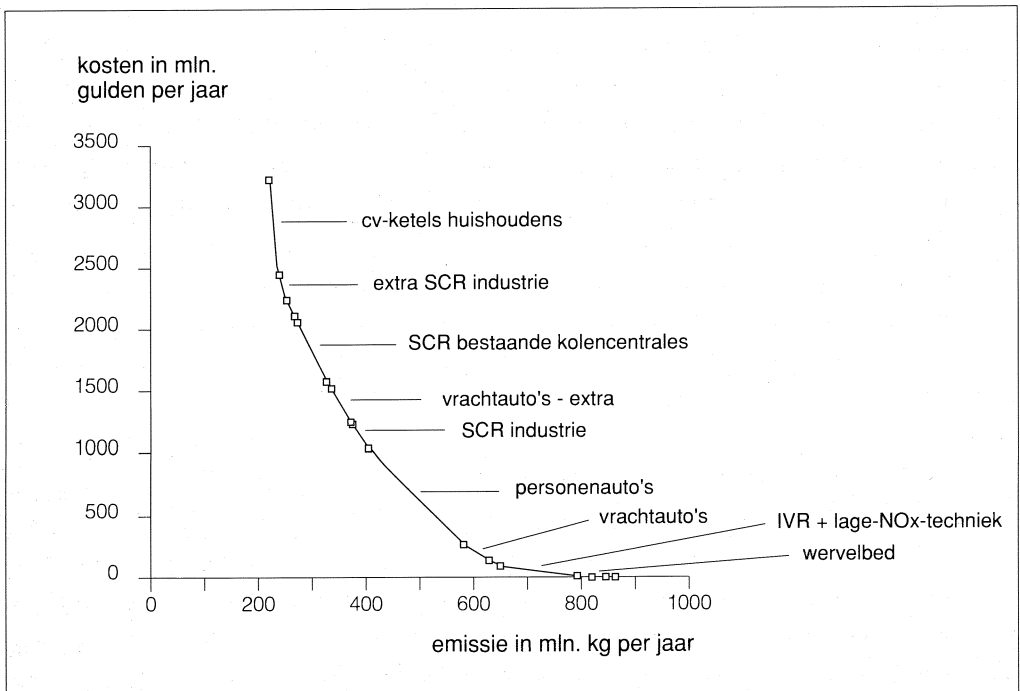
De beschikbare bestrijdingstechnieken voor NO_x en SO_2 -emissies bij stationaire verbrandingsprocessen bestaan uit een aantal procesgeïntegreerde aanpassingen zoals verlaging van het zwavelgehalte van olie, aanpassing van de verbrandingscondities in vuurhaarden, toepassing van wervelbedketels, waterinjectie bij gasturbines, in-vuurhaard-reductie (IVR) bij kolencentrales, kalksteentoevoeging, optimalisatie van claus-tail-units van raffinaderijen en vervanging van zware stookolie door aardgas in raffinaderijen. Daarnaast kunnen een aantal toegevoegde milieutechnieken worden toegepast, zoals selectieve katalytische reductie en rookgasontzwaveling. In zowel het vastgestelde als het extra maatregelenpakket is geen rekening gehouden met extra energiebesparing of extra inzet van duurzame energiebronnen ten opzichte van de door CPB en ESC veronderstelde autonome ontwikkelingen op dit gebied.

Bij de bestrijding van de emissies van stikstofoxiden, koolmonoxide en koolwaterstoffen uit het wegverkeer wordt bij de vastgestelde maatregelen uitgegaan van de introductie van geregelde driewegkatalysatoren op zware LPG- en benzine-auto's en verbeterde dieselmotoren. Voor kleinere LPG- en benzine-auto's gelden slechts de huidige afgesproken EG eisen. Bij de extra maatregelen wordt ook voor deze auto's uitgegaan van een geregelde driewegkatalysator. De schonere auto's verminderen niet alleen de

verzuringsschade maar dragen ook bij aan de vermindering van de (continentale) ozonschade, de daling van de stankhinder en het verminderen van gezondheidsschade door aerosolen, benzeen en koolmonoxide in binnensteden. Als afgeleid effect kan het introduceren van loodvrije benzine worden genoemd, waardoor minder gezondheidsschade in binnensteden zal optreden en de dreigende accumulatie in landbouwgronden en voeding wordt afgewend.

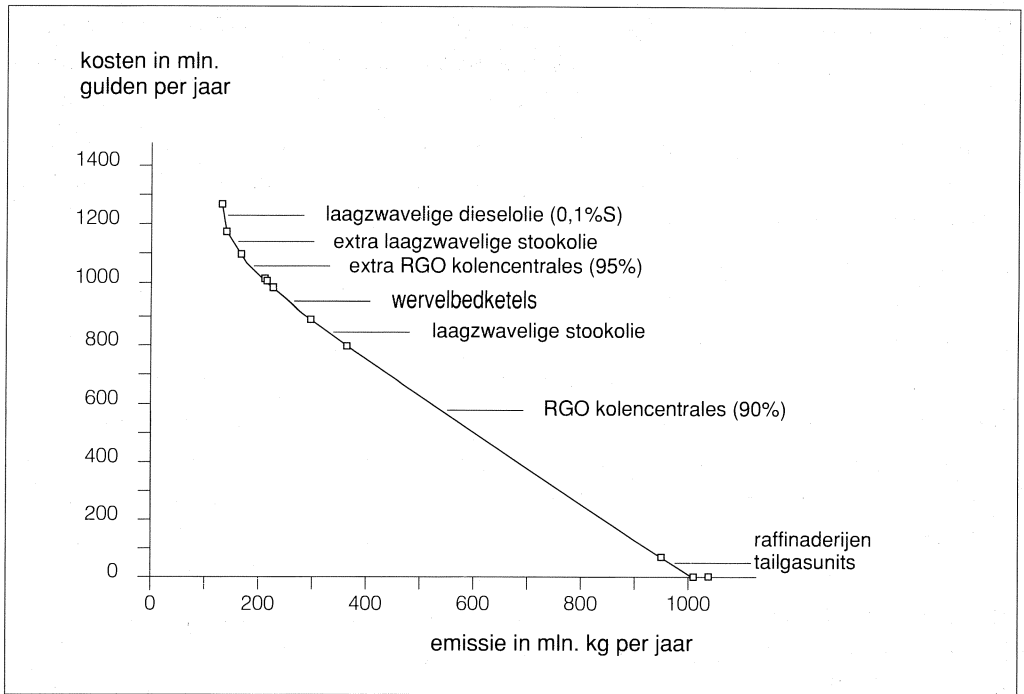
Ter bestrijding van ammoniakemissies bestaan de beschikbare maatregelen uit het injecteren en direct onderwerpen van mest, het afdekken van mestbassins, het meer op stal zetten van vee, het aanpassen van stallen en zo nodig het toepassen van biofiltratie. Daarnaast hebben een aantal maatregelen ten aanzien van het mestbeleid een reductie van de ammoniakemissies als neveneffect, zoals een reductie van de veestapel, het reduceren van het stikstofgehalte in veevoer, het verhogen van de produktiviteit per dier, de vermindering van het gebruik van kunstmest en het drastisch terugdringen van het uitrijden van dierlijke mest.

De reductie van de ammoniakemissies levert afgezien van een algemene bijdrage aan het terugdringen van de verzuring in Europa een speciale bijdrage aan het behoud van gevoelige vegetaties in de aan landbouwgebieden grenzende natuurgebieden en vermindert de stankhinder voor nabij gelegen woningen.



Kosten - effectiviteitscurve voor de emissiereductie van NOx in 2010.

Bron: RIVM



Kosten - effectiviteitscurve voor de emissiereductie van SO₂ in 2010.

Bron: RIVM

Continentrale milieuproblemen: aerosolen

De beperking van de emissie van aerosolen, (stofdeeltjes of roet) is in de afgelopen decennia al vrijwel doorgevoerd. Vanwege de duidelijke zichtbaarheid van de emissies is het één van de oudste terreinen waarop het beleid zich heeft gericht. Alleen al voor onderhoud en vervanging van de bestaande luchtzuiveringsapparatuur op dit gebied is tot 2010 ongeveer 500 miljoen gulden per jaar nodig. Verdere intensivering zal vooral gericht kunnen worden op specifieke aerosolen die ofwel bij inademing gezondheidsschade opleveren (zoals asbest, zuuraerosolen en fijne stofdeeltjes) ofwel na depositie accumuleren in bodem, voeding, waterbodems of waterorganismen (zoals zware metalen). De vastgestelde maatregelen voorzien in een stijging van de kosten van met name stoffilters en introductie van loodvrije benzine, waardoor de totale kosten van dit pakket oplopen tot ongeveer 900 miljoen gulden per jaar in 2010. Verdergaande emissiereductie (waaronder roetfilters op vrachtwagens en vervanging van asbest in remvoeringen en pakkingen) zal in 2010 maximaal 300 miljoen gulden per jaar extra kosten. De baten zijn wederom moeilijk in geld uit te drukken. Enerzijds zijn er grensoverschrijdende aspecten aan het probleem verbonden en anderzijds gaat het door de veelheid van stoffen om nog vrij onzekere gezondheidsrisico's en schade aan ecosystemen. Ook zijn er nog

geen schattingen gemaakt over de baten van minder schoonmaakkosten van cultuurgoederen (gebouwen, ramen, kleding, auto's) doordat deze minder snel vuil worden.

Continental milieuproblemen: kernongevallen

De vermindering van gezondheidsrisico's door de toepassing van kernenergie in Europa concentreert zich in ons land op het treffen van effectgerichte maatregelen (schuilkelders, evacuatieplannen, jodiumpillen). Hiermee is het aantal omwonenden dat ernstige stralingsziekten oploopt aanzienlijk te reduceren. Zou er zich in Nederland een ramp voordoen van ééntiende van de omvang van Tsjernobyl, dan wordt de te verwachten economische schade (gebouwen, landbouw, drinkwatervoorziening, etc.) geschat op 10-30 miljard gulden. Om de kans op een kernongeval te verkleinen wordt in Borssele in de komende jaren voor bijna 200 miljoen gulden geïnvesteerd in extra veiligheidsvoorzieningen. In 2010 zullen er naar verwachting 95 kerncentrales binnen een straal van 450 km van ons land staan en bijna 250 binnen een straal van 2000 km. De mogelijke schade in Nederland van ongevallen met deze centrales is nog niet bekend. Een gelijksoortige problematiek doet zich voor bij de industriële ongevallen (externe veiligheid) waarvoor eveneens nog geen kwantificering mogelijk is.

Fluviale milieuproblemen: vermessing en verontreiniging van het water

Alle Rijnsoeverstaten hebben zich verplicht in het kader van het Rijnactieplan de komende jaren de waterlozingen van meststoffen en andere milieubelastende stoffen met 50% te reduceren. Met alle landen die lozen op de Noordzee zijn soortgelijke afspraken in voorbereiding.

Zelfs wanneer een halvering van de meststoffenlozingen gerealiseerd wordt zal nog een overschrijding plaatsvinden van de waarden die nodig zijn voor het voorkomen van algenbloei, verbraseming en een goed doorzicht van het water. Extra maatregelen zijn nodig om de internationale lozingen van meststoffen verder te reduceren tot 25% van het huidige niveau. Doordat veel fofaat in het slib is vastgelegd is er sprake van een na-ijlingseffect voordat de gunstige effecten zichtbaar worden. Extra reductie betekent dat alle puntlozingen met ongeveer 95% moeten worden teruggebracht, hetgeen aan de grens van de technische mogelijkheden ligt. De maatregelen betreffen, afgezien van het vervangen van fosfaathoudende door fosfaatvrije wasmiddelen, hoofdzakelijk toegevoegde zuiveringsvoorzieningen in de vorm van defosfatering en denitrificatie op communale en industriële afvalwater

zuiveringsinstallaties. De kosten lopen bij de vastgestelde maatregelen op van 50 miljoen gulden per jaar in 1990 tot 250 miljoen gulden per jaar in 2010. Bij de extra maatregelen worden een aantal vastgestelde maatregelen eerder genomen en stijgen vooral de kosten van industriële afvalwaterzuivering. De totale kosten lopen in dat geval op tot 500 miljoen gulden per jaar in 2010.

Bij de reductie van lozingen van zware metalen en persistente verbindingen zal door de lange na-ijlingstijd bij zowel de vastgestelde maatregelen als bij doorvoering van alle beschikbare zuiveringstechnieken een overschrijding plaatsvinden van de refentiewaarden voor de waterbodems. Doordat de bestaande vervuilde waterbodems op den duur worden afgedekt door een schonere sliblaag zullen de effecten op het aquatisch ecosysteem wellicht op den duur verminderen. De kwaliteit van het zwevende stof in het water zal verbeteren. Het nieuw te baggeren slib zal op den duur gemakkelijker (en goedkoper) op het land kunnen worden gebracht. De kosten van het baggeren zouden daardoor na 2010 bijna 200 miljoen gulden per jaar lager kunnen worden. De kwaliteit van het water als zwemwater en (recreatief of professioneel) viswater zal verbeteren. Voor de binnenvisserij mag een extra opbrengst van ca. 3 miljoen gulden per jaar worden verwacht. De consumptie van vis zal minder gezondheidsrisico's opleveren. De milieucondities voor kenmerkende soorten als zalm, steur en zeehond zullen aanwezig zijn. De prijs voor dit alles is een politieke zaak. Voor het realiseren van de gewenste waterkwaliteit zal ook de depositie van aerosolen en nutriënten uit de lucht moeten worden gereduceerd.

Indien het oppervlaktewater zou voldoen aan normen voor de bereiding van drinkwater en incidentele lozingen niet zouden voorkomen dan is een kostenbesparing voor de drinkwatervoorziening in ons land mogelijk in 2010 van ca. 500 miljoen gulden. Deze kostenbesparing betreft voorraadvorming, transport en chemische zuivering van oppervlaktewater. Incidentele lozingen ontstaan veelal bij calamiteiten bij bedrijven zoals brand. Door extra opslagvoorzieningen voor bluswater bij bedrijven zou het voorkomen van incidentele lozingen mede bereikt kunnen worden.

De kosten van het verminderen van waterlozingen worden gedomineerd door vervanging en onderhoud van bestaande rioleringen, rioolwaterzuiveringsinstallaties en industriële afvalwaterzuiveringen. Hiervoor is in 2010 al ruim 2,5 miljard gulden per jaar nodig. Bij de vastgestelde maatregelen, overeenkomend met het Rijnactieplan, komt daar ongeveer 260 miljoen per jaar bij voor een aantal procesgeïntegreerde

aanpassingen (onder andere bij scheepswerven, kunstmestbedrijven en metaalindustrieën) en voor het uitbreiden en verbeteren van industriële afvalwaterzuiveringen. De extra maatregelen, die leiden tot een totale reductie van de lozingen met 70-80%, kosten tezamen nog eens bijna 1,2 miljard gulden per jaar in 2010. Het gaat daarbij om extra onderhoud en uitbreiding van rioleringen, verbetering van het rendement van rioolwaterzuiveringsinstallaties, individuele afvalwaterzuivering op afgelegen percelen (boerderijen, campings), verdere reductie van industriële lozingen en het vervangen van zinken dakgoten (Baan, 1987).

Regionale milieuproblemen: vermisting en verontreiniging van de bodem

Regionale (en lokale) milieuproblemen spelen op een dusdanige schaal dat binnenlandse milieumaatregelen een groot effect kunnen hebben. Er zijn geen onderhandelingen met het buitenland nodig over onze aanpak van de bodemverontreiniging en de verwerking van mestoverschotten. Wel is het zo dat de totale milieukwaliteit niet alleen gegarandeerd kan worden door het wegnemen van regionaal en lokaal veroorzaakte problemen. Zo wordt de kwaliteit van natuurgebieden ook voor een deel beïnvloed door depositie van verzurende stoffen uit het buitenland en zal de accumulatie van zware metalen in landbouwgrond en voeding doorgaan als niet gelijktijdig met het verwijderen daarvan uit veevoer en mest, de depositie vanuit het buitenland wordt aangepakt. De baten van het regionale en lokale beleid zijn dus mede afhankelijk van het welslagen van het fluviale, continentale en zelfs mondiale milieubeleid.

Het mestprobleem wordt wel eens teruggebracht tot de simpele doch te beperkte afweging van de kosten van een aanpak aan de bron (te weten het minimaliseren van de uitspoeling van meststoffen uit landbouwgronden) versus de toekomstige extra kosten van drinkwaterzuivering. De kosten van nitraatverwijdering uit drinkwater worden in 2010 geraamd op ongeveer 50 miljoen gulden per jaar en kunnen daarna verder oplopen tot max. 300 miljoen gulden per jaar.

Minimale uitspoeling vereist naast een aanzienlijke reductie van de depositie uit de lucht en het minimaliseren van het kunstmestgebruik, een totaal uitrijverbod van dierlijke mest. Voor opslag, transport en centrale verwerking zal bijna 1,7 miljard gulden per jaar nodig zijn. Wellicht is het in de toekomst mogelijk dierlijke mest te verwerken tot een kwalitatief goed, betrouwbaar en eenvoudig te transporteren soort natuurkunstmest. In dat geval zou export van natuurkunstmest mogelijk zijn en kan een vervanging optreden van de normale kunstmest. De landbouw gebruikt momenteel voor ca. 1 miljard gulden per jaar aan kunstmest. De grondstoffen

daarvoor moeten worden geïmporteerd. Indien de natuurkunstmest op een kwalitatief hoog peil kan worden gebracht is een verbetering van het betalingsbalanssaldo mogelijk en kan tevens de Nederlandse nutriëntenhandelsbalans in evenwicht worden gebracht.

Als procesgeïntegreerde aanpassing behoort het verhogen van de produktiviteit per dier, tezamen met een evenredige verlaging van de veestapel en het gebruik van mineraalarm veevoer, tot de mogelijkheden. De kosten van een mineralenreductie in het veevoer van ca. 30% zouden ca. 200 miljoen gulden per jaar bedragen. Het is nog niet duidelijk welke gevolgen dit heeft voor de import van veevoer uit Derde Wereldlanden. Momenteel importeert Nederland voor 11 miljard gulden per jaar aan veevoer.

Bij het niet meer uitrijden van dierlijke mest zal in 2010 135 miljoen gulden per jaar bespaard kunnen worden op het injecteren van mest in grasland en het direct onderwerken op bouwland.

Een vergelijking van de kosten voor de landbouw (netto maximaal 2 miljard gulden per jaar) en de toekomstige schade aan de drinkwatervoorziening (maximaal 300 miljoen gulden per jaar) dekt zeker niet het hele vermistingsprobleem. Bij deze afweging wordt in ieder geval voorbij gegaan aan de gevolgen van de overbesteding voor de achteruitgang in de diversiteit van plantensoorten, vogels, bodemorganismen, bodemvruchtbaarheid en de grotere gezondheidsrisico's bij verhoogde nitraat of nitrietconcentraties in drinkwater en voeding. Ook heeft de overbesteding, tezamen met de ammoniakemissies en de onttrekking van grondwater, een aanzienlijke invloed op de aangrenzende natuurgebieden. De verontreiniging van bodem en grondwater met zware metalen en persistente verbindingen vereist een reductie van het cadmium- en kopergehalte van kunstmest en veevoer, het terugdringen van het gebruik van persistente bestrijdingsmiddelen, het verminderen van de depositie uit de lucht, het voorkomen van mors-, lek- en andere incidentele bodememissies in de industrie en het zorgvuldiger verwijderen van afvalstoffen.

Het terugdringen van de bodemverontreiniging zal noodzakelijk zijn om de landbouwgrond ook op langere termijn geschikt te houden voor de produktie van voedingsmiddelen, het gebruik van chemische zuiveringstechnieken voor drinkwater te beperken, gezondheidsrisico's voor de bevolking uit te sluiten, het gevoel van onveiligheid bij bewoners in geval van verontreinigde woonwijken en een daling van de woningprijzen te voorkomen, en de hoge kosten van bodemsanering op den duur terug te dringen.

Bij de vastgestelde maatregelen wordt rond 2010 op 10% van het bouwland en 40% van het grasland door de accumulatie van cadmium de voor produktie gewenste referentiewaarde benaderd. Overschrijding van de referentiewaarde zal na 2100 in enkele gebieden in het westen van het land optreden. Het uit produktie nemen van landbouwgronden zou kunnen leiden tot een produktiederving van ca. 200 miljoen gulden per jaar. De extra zuiveringskosten van drinkwaterbedrijven zouden in 2010 neerkomen op 18 miljoen gulden per jaar. De kosten van bodemsanering zullen tot naar schatting het jaar 2050 ongeveer 200 miljoen gulden per jaar bedragen, ervan uitgaande dat er vanaf heden geen nieuwe gevallen meer ontstaan. De sanering van verontreinigde bedrijfsterreinen en het wegwerken van opgeslagen hoeveelheden afval op bedrijfsterreinen valt niet onder dit bedrag. Er is tussen 1990 en 2015 naar schatting 750 miljoen gulden per jaar nodig als we alle bedrijfsterreinen zouden willen schoonmaken. Naast deze in geld uit te drukken schadeposten, die op langere termijn bij het nemen van extra preventieve maatregelen zouden wegvallen, zijn er nog een aantal niet-monetaire schadeposten, zoals gezondheidsrisico's via voeding en drinkwater en bedreiging van een aantal gevoelige diersoorten in de top van de voedselpiramide. Hoe groot deze risico's zullen zijn valt nog moeilijk te schatten.

De kosten van het voorkomen van bodemverontreiniging zijn slechts gedeeltelijk aan te geven. Met name over de lange termijnkosten van het terugdringen van het bestrijdingsmiddelengebruik bestaat grote onzekerheid. Door het ministerie van Landbouw en Visserij wordt de korte termijnschade van het verbieden van methylbromide geschat op 300 miljoen gulden per jaar. Er mag echter worden aangenomen dat er op langere termijn door het kweken van resistentere gewassen, het bevorderen van vruchtwisseling, het introduceren van beter afbreekbare middelen, het selektiever aanbrenge van pesticiden en biologische gewasbescherming zodanige alternatieven zijn ontwikkeld dat er geen noemenswaardig produktieverlies meer bestaat.

De kosten van de in ontwikkeling zijnde cadmiumloze kunstmest zijn reeds opgenomen bij de kosten van het verminderen van de waterlozingen van de kunstmestindustrie. Verlaging van het kopergehalte in het startvoer van biggen levert naar schatting een produktieverlies (of een lager produktieoverschot) op van 129 miljoen gulden per jaar. Voor een bodemveilige inrichting van nieuwe en bestaande bedrijfsterreinen is naar schatting in 2010 respectievelijk 250 en 470 miljoen gulden per jaar nodig. Preventieve maatregelen bij benzinstations kosten 25 miljoen gulden per jaar. Het vervangen van zware metalen (cadmium, zink, koper) en persistente verbindingen (PCB's) in produkten zal, behoudens enige aanloopkosten, naar

verwachting kostenneutraal moeten kunnen geschieden. Zo'n vervanging vermindert niet alleen de kans op bodemverontreiniging, maar zal ook op den duur een goedkoper systeem van afvalinzameling en afvalverwerking mogelijk kunnen maken.

Regionale milieuproblemen: verdroging

Verdroging van natuurgebieden is het gevolg van een toenemend beroep dat de verschillende watergebruikers doen op dezelfde schaarse natuurlijke hulpbron. Dat betekent dat de offers die ene gebruikersgroep brengt automatisch baten voor een andere gebruikersgroep opleveren en dat de zwakste gebruiksfuncties, i.c. de natuurgebieden, zonder ingrijpen van de overheid meestal weggeconcentreerd worden. Door o.a. besparing op het watergebruik in de industrie en het optimaliseren van de waterwinning door drinkwaterbedrijven en landinrichtingsplannen zou de te verdelen ruimte vergroot kunnen worden. Bij waterwinningsprojecten en landinrichtingsplannen zal het voor het behoud van natuurwaarden soms noodzakelijk zijn om ofwel een produktieverlies (van drinkwaterbedrijven respectievelijk landbouwbedrijven) te accepteren ofwel effectgerichte maatregelen te treffen, zoals hydrologische isolatie van natuurgebieden.

Regionale milieuproblemen: verwijdering van afvalstoffen

Een milieuhygiënisch verantwoorde wijze van afvalverwijdering kan veel toekomstige milieuproblemen voorkomen, zoals sanering van verontreinigde bodems, milieu- en gezondheidsrisico's door onzorgvuldige verbranding en onverantwoorde toepassing van afvalstoffen.

De vastgestelde maatregelen gaan uit van een verdere verbetering van het inzamelingsstelsel, met name van een aantal milieugevaarlijke afvalstromen en een toename van de verbrandingscapaciteit tot meer dan 25% van de totale afvalstroom. Nu wordt nog geen 10% van het afval verbrand. Bij de verbranding van afval zal elektriciteit worden geproduceerd. De bestaande verbrandingsovens zullen uitgerust worden met de best beschikbare rookgasreinigingsapparatuur. Door de uitbreiding van de verbrandingscapaciteit kan het jaarlijkse stortvolume op het huidige niveau gehandhaafd blijven, ondanks de toename van de totale afvalstroom met bijna 50% tussen 1985 en 2010. Nieuwe stortplaatsen zullen voldoen aan strenge criteria wat betreft bodemisolatie, afdekking en controle. Bij de vastgestelde maatregelen wordt ervan uitgegaan dat zuiveringsslib niet meer zal worden toegepast in de landbouw en dat dit zal worden verbrand. Voorts

is aangenomen dat de nuttige toepassing van afvalstoffen tussen 1985 en 2010 met 50% kan stijgen, ondanks strengere milieurestricties. Hierdoor blijft het hergebruikspercentage van de totale afvalstroom gehandhaafd op ca. 50%. De kosten voor afvalverwijdering zullen dan oplopen van 1,8 miljard gulden in 1985 tot bijna 3,8 miljard gulden per jaar in 2010.

Bij de extra maatregelen is in 2010 een verdubbeling verondersteld van de nuttige toepassing en het hergebruik van afvalstoffen ten opzichte van 1985. In dat geval zal de helft van het huisvuil in 2010 gecomposteerd moeten worden, 75% van het industrie-afval hergebruikt en 80% van het bouw- en sloopafval nuttig worden aangewend. Hierdoor zal in 2010 ruim 400 miljoen gulden per jaar kunnen worden bespaard op de kosten van verbranden en storten. Voor gescheiden inzameling van de verschillende afvalstromen is in 2010 ca. 740 miljoen gulden per jaar extra nodig. Dit is 50% meer dan de kosten van het inzamelsysteem bij de vastgestelde maatregelen. Het is nog niet duidelijk in hoeverre de opbrengsten van hergebruiksprodukten de kosten van het verwerken zullen overtreffen. De waarde van de extra hergebruiksprodukten zal naar schatting minstens 200 miljoen gulden per jaar bedragen.

Door de vermindering van de hoeveelheid te storten afval bij de extra maatregelen zal ruim 40% minder stortruimte nodig zijn als bij de vastgestelde maatregelen. Deze ruimte (ca. 2500 ha) vertegenwoordigd, afhankelijk van de alternatieve aanwendingsmogelijkheden, een waarde van 5 à 50 miljoen gulden per jaar.

Door de extra maatregelen worden de kosten van afvalverwijdering ten opzichte van de vastgestelde maatregelen verhoogd met 50 miljoen gulden per jaar in 1990 en 340 miljoen gulden per jaar in 2010.

Locale milieuproblemen: geluidshinder

De vastgestelde maatregelen voorzien in een sanering van de geluidshinder van verkeer en bedrijven bij bijna 350.000 woningen. Dat is ruim 5% van het woningbestand in 2010. Bij extra maatregelen kan de geluidshinder bij nog eens ruim 800.000 woningen worden teruggedrongen.

De vastgestelde maatregelen zijn voor een groot deel effectgericht: geluidsafscherming van verkeerswegen en spoorwegen en zonering rond industriegebieden en vliegvelden. Bij motorvoertuigen, treinen, trams, metro's en sommige bedrijfsactiviteiten worden strengere eisen gesteld die moeten leiden tot geluidarmere voertuigen en apparaten. Door toepassing van zeer open asfalt wordt de geluidsproduktie van het verkeer verminderd. De kosten van de vastgestelde maatregelen stijgen van 310 miljoen gulden in 1985 tot 820 miljoen gulden per jaar in 2010.

De extra maatregelen voorzien in een verdergaande geluidsafscherming van wegen, vervanging van stalen spoorwegbruggen in de nabijheid van bebouwing, ontwikkeling van stillere landbouwapparaten en vliegtuigen, stimulering van stiltegebieden en verdere zonering rond vliegvelden. De extra kosten lopen in dat geval op van 180 miljoen gulden in 1990 tot 390 miljoen gulden per jaar in 2010.

De baten laten zich enigszins in geld uitdrukken, aangezien de ondervonden hinder voor een deel tot uiting komt in de waarde van de woning. De waardedaling van een geluidgehinderde woning kan oplopen tot 20-40%. Voor de 800.000 extra te saneren woningen zou de waardevermeerdering op jaarbasis maximaal 1 miljard gulden zijn (Jansen, 1988).

Locale milieuproblemen: stankhinder

Bij de vastgestelde maatregelen zal het aantal stankgehinderde woningen met ca. 10% stijgen van 1,0 miljoen in 1985 tot 1,1 miljoen in 2010.

In dit pakket worden maatregelen voorzien bij metaalindustrie, chemie, voedingsmiddelenindustrie en veestallen in de woonomgeving. De kosten lopen op van 25 miljoen gulden per jaar in 1990 tot 260 miljoen gulden per jaar in 2010. Het is niet geheel duidelijk welk deel van deze kosten tot de vastgestelde dan wel de extra maatregelen gerekend moeten worden.

Bij het treffen van extra maatregelen zal het aantal stankgehinderde woningen kunnen dalen tot 0,5 miljoen in 2010. De daling van de stankhinder is grotendeels een afgeleide van de bestrijding van VOS-emissies uit verkeer en industrie en het plaatsen van biofilters op veestallen ten behoeve van de ammoniakbestrijding. Om deze reden zijn aan dit pakket geen aanzienlijke extra kosten toegerekend, behoudens de kosten van het afdekken van RWZI-bassins, die neerkomen op ongeveer 16 miljoen gulden per jaar.

De baten kunnen evenals bij geluidshinder benaderd worden aan de hand van de waardestijging van gesaneerde stankgehinderde woningen. Het zal naar schatting gaan om een bedrag van 1 à 2 miljard gulden op jaarbasis (Jansen, 1988).

Locale milieuproblemen: binnensteden

De luchtkwaliteit in steden wordt grotendeels bepaald door het verkeer en industriële puntbronnen. De vastgestelde en extra maatregelen zijn vrijwel allemaal al eerder aan de orde geweest, o.a bij de emissiereductie van verzurende stoffen, vluchtige organische stoffen en aerosolen. In steden

zijn voor het opheffen van specifieke probleemsituaties aanvullende verkeerscirculatieplannen nodig. Het gaat er daarbij om de lengte van het aantal ongezonde straten met 60-70% terug te brengen.

Om gezondheidsrisico's en hinder in steden beneden een verwaarloosbaar niveau te brengen, zullen de voor al van het verkeer afkomstige stedelijke emissies met gemiddeld 70-90% verlaagd moeten worden ten opzichte van 1985.

Locale milieuproblemen: het binnenmilieu

In bijna alle woningen komen momenteel voor één of meer stoffen concentraties voor die niet-verwaarloosbare gezondheidsrisico's met zich meebrengen. Door middel van extra maatregelen, zoals strengere ventilatie-eisen, verbeterde luchtdoorlatendheid van muren, eisen ten aanzien van bouwmaterialen, introductie van afvoerloze geisers en schonere kooktoestellen moeten de concentraties van NO₂, CO, stof, vocht, radon en formaldehyde met 70-90% worden verlaagd. Voor het terugdringen van het burenlawaai zijn strengere geluidsisolatie eisen voor nieuwbouw en vernieuwbouw nodig. Voorzover de kwaliteit van het binnenmilieu afhankelijk is van strengere bouwvoorschriften voor nieuwbouw en vernieuwbouw, zoals bij burenlawaai, zal in 2010 hooguit 30% van de woningen gezond kunnen worden genoemd. Het zal dan nog tot na 2050 duren voordat het percentage gezonde woningen is gedaald tot ca. 10%. Door versnelling van het saneringsprogramma van bestaande woningen is het mogelijk de doelstelling van 10% al in 2010 te halen. Hieraan zijn aanzienlijke kosten verbonden.

De kwaliteit van het binnenmilieu is voor een groot deel afhankelijk van het gedrag van de bewoners zelf. Slecht ventileren, roken en het gebruik van afbijtmiddelen en andere vluchtige middelen zijn niet met overheidsvoorschriften te veranderen. Door middel van betere voorlichting zal op de aanpassing van leefstijl enige invloed kunnen worden uitgeoefend.

De kosten van extra maatregelen voor verbetering van het binnenmilieu kunnen zeer hoog oplopen, zeker wanneer daar een versnelde sanering van bestaande woningen in begrepen wordt. Zonder zo'n versnelde sanering stijgen de jaarlijkse kosten van 35 miljoen gulden in 1990 naar 0,7 miljard gulden in 2010. Met versnelde verhoging van de geluidsisolatie tussen bestaande woningen lopen de jaarlijkse kosten op tot meer dan 1,7 miljard gulden in 2010. De baten hiervan zijn niet bij voorbaat in geld uit te drukken.

10.3 Ontwikkeling van de kosten en baten per doelgroep

In 2010 komt bijna 50% van de kosten van de vastgestelde maatregelen direct voor rekening van openbare nutsbedrijven. De overheid en de bedrijven dragen elk direct ongeveer 20% van de kosten, het verkeer ruim 10% en de landbouw ruim 5%. Bij de doorvoering van de extra maatregelen daalt het kostenaandeel van de nutsbedrijven tot ruim 30% en dat van de overheid en de bedrijven tot respectievelijk 16 en 12%. Het aandeel van het verkeer stijgt tot bijna 20% en dat van de huishoudens tot bijna 10%. Indien rekening gehouden wordt met afwenteling van kosten door de nutsbedrijven naar de andere sectoren dan is de kostenverdeling: landbouw ruim 10%, verkeer bijna 20%, bedrijven 30% en huishoudens 40%. Het aandeel van het verkeer zal waarschijnlijk grotendeels door de huishoudens worden opgebracht. Huishoudens zullen in 2010 bij doorvoering van alle extra maatregelen 3-5% van hun koopkracht moeten inleveren voor het milieu.

Landbouw

De landbouw is niet alleen veroorzaker maar ook slachtoffer van milieuproblemen. De landbouw is een belangrijke veroorzaker van vermisting door stikstof en fosfor van bodem- en grondwater in Nederland, de verspreiding van persistente accumulerende stoffen als metalen en pesticiden en de verdroging. Dit zijn allemaal milieuproblemen die op regionale schaal plaatsvinden. Daarnaast levert de landbouw een bijdrage aan het mondiale broeikasprobleem door de emissie van methaan en N_2O en (indirect) aan de ontbossing in ontwikkelingslanden, aan het continentale verzuringsprobleem (door de emissie van ammoniak) en het lokale stankprobleem. Maatregelen gericht op het bestrijden van het vermistings- en het verzuringsprobleem nemen voor de landbouw een centrale plaats in. Als neveneffect daarvan treedt ook een verbetering op in het verspreidingsprobleem van de metalen koper en cadmium en het stankprobleem. Daarnaast zijn er maatregelen voorgesteld als reductie van koper in varkensvoer en cadmium in kunstmest en het terugdringen van het bestrijdingsmiddelengebruik. Er zijn geen specifieke maatregelen beschouwd ter bestrijding van de landbouwbijdrage aan het broeikasprobleem.

De landbouwbijdrage aan het verzurings- en vermistingsprobleem kan door extra maatregelen op het gebied van de verwerking van dierlijke mest en biofilters op stallen belangrijk gereduceerd worden. De kosten van de vastgestelde en de extra bestrijdingsmaatregelen zullen tot gevolg hebben dat de kostprijs in de landbouw gaat stijgen. Aangezien de landbouw deze

kosten slechts na EG-afspraken kan afwentelen via prijsverhogingen treedt een verslechtering op van landbouwincomens, indien de overheid niet bijdraagt in de kosten. Met name in de veehouderij treedt een accumulatie op van milieumaatregelen. Door het LEI is berekend dat de veestapel met 20% zal inkrimpen indien voldaan moet worden aan de fosfaatnorm van het meststoffenbesluit (Post, 1985). De jaarlijkse kosten van vastgestelde maatregelen in de landbouw lopen op van 620 miljoen gulden in 1990 tot 1010 miljoen gulden in 2010. De extra maatregelen voegen daar nog eens bijna 3 miljard gulden in 2010 aan toe. Centrale verwerking van alle dierlijke mest en biofilters op veestallen zal een verdere inkrimping van het aantal veehouderijen tot gevolg kunnen hebben. De daling van het inkomen in de veehouderijen en daarmee samenhangende veevoer-, zuivel- en vleesindustrie zal bij invoering van het meststoffenbesluit bijna 2 miljard gulden bedragen. De werkgelegenheid zal met 40.000 arbeidsplaatsen dalen. De daling van het inkomen in de toeleverende en verwerkende industrie is groter dan in de veehouderij zelf. Het nemen van extra maatregelen zal dit effect nog versterken. Het is waarschijnlijk dat het doorvoeren van extra maatregelen structurele en volumebeperkende aanpassingen in de landbouw uitlokt. Verschuivingen in het produktiepakket, de ontwikkeling van milieuvriendelijker stallen, een efficiënter mineralengebruik en een geïntegreerde benadering van plagen liggen voor de hand als minder kostbare procesgeïntegreerde alternatieven.

Het nemen van milieumaatregelen leidt niet alleen tot kosten voor de landbouw, maar ook tot het vermijden van schade. De totale schade aan de landbouw indien geen milieumaatregelen worden genomen wordt geschat op ongeveer 600 miljoen gulden per jaar. Vooral ozon op leefniveau en verzuring zijn hiervan de oorzaak.

Schade aan de landbouw door een aantal milieuproblemen

Milieuprobleem	Jaarlijkse schade in miljoen gulden
Verspreiding koper (schapen)	< 10
Verziltting tuinbouw	20 - 60
Bekalking i.v.m. verzuring	15 - 50
Gewasschade door SO ₂	150
Gewasschade door ozon	400

Het milieu is de dominante produktiefactor voor de landbouw. Een duurzame ontwikkeling van de landbouw vergt dat het produktievermogen van de landbouwgronden ook op langere termijn niet wordt aangetast.

Verkeer

Het wegverkeer levert belangrijke bijdragen aan de continentale milieuproblemen, verzuring en ozon op leefniveau en aan de lokale milieuproblemen, verstoring door stank en geluid en luchtverontreiniging in binnensteden. Maatregelen gericht op de continentale problemen zijn in het algemeen ook van betekenis voor de lokale problemen. Op lokaal niveau kunnen nog een aantal maatregelen worden toegevoegd met een effectgericht karakter, zoals geluidswallen en verkeerscirculatieplannen.

Een belemmering voor het op korte termijn invoeren van vooral de extra maatregelen is dat deze maatregelen op Europees niveau moeten worden genomen. Technisch is er nauwelijks een belemmering en ook de economische consequenties zijn te overzien. De kosten van het autogebruik nemen door het invoeren van bijvoorbeeld geregelde driewegkatalysatoren niet in opzienbarende mate toe. Uit scenariostudies (NEI, 1986) blijkt, dat het invoeren van deze milieumaatregelen alleen leidt tot een verschuiving in het type auto's dat gekocht wordt. Als de kosten hoger worden, koopt men een goedkopere auto.

De emissie van NO_x , VOS, CO en deeltjes door auto's met benzine- of LPG-motoren kan door het introduceren van geregelde driewegkatalysatoren op basis van platina vergaand (in de orde van 80-90%) gereduceerd worden. Onduidelijk is nog of er hierdoor een toename zal ontstaan van de emissie van N_2O (een broeikasgas) en platinaverbindingen. Er zal er een structuur moeten worden geschapen voor het recyclen van platina, omdat er anders op den duur een tekort aan dit metaal zou kunnen ontstaan.

De emissie van genoemde stoffen door auto's met dieselmotoren kan niet met deze katalysatoren beperkt worden. Emissiereductie bij deze motoren moet worden bereikt door verbetering van de motoren. Hierbij valt te denken aan het toepassen van hogere inspuitdrukken, betere afstellingen en toepassing van elektronica. Bij zware vrachtauto's kan de emissie van deeltjes beperkt worden door toepassing van roetfilters. Bij bussen kunnen door het gebruik van drukaccumulatoren het energieverbruik en de bijbehorende emissies worden teruggebracht. Voor alle stoffen geldt evenwel, dat de mate van emissiereductie (ca. 50%) bij dieselveertuigen aanzienlijk lager is dan bij benzine- of LPG-motoren.

De jaarlijkse milieukosten van het wegverkeer lopen bij de vastgestelde maatregelen op van 0,5 miljard gulden per jaar in 1990 tot 1,4 miljard gulden per jaar in 2010. Bij doorvoering van alle beschikbare technische maatregelen zouden de kosten in 2010 verdubbelen.

Verdergaande emissiereductie zou structurele aanpassingen (andere brandstoffen, ander motorontwerp) of volumebeperking en snelheidsbeperking van het autoverkeer noodzakelijk maken. Road-pricing, hogere brandstofaccijnzen, snellere vormen van openbaar vervoer, parkeerrestricties en een aangepaste ruimtelijke ordening zouden hierbij behulpzaam kunnen zijn. De kosten van dergelijke maatregelen zijn nog onbekend.

Industrie

De industrie draagt in wisselende mate bij aan vrijwel alle eerder behandelde milieuproblemen. Tot 1988 zijn de milieukosten van de industrie opgelopen tot 1,7 miljard gulden per jaar. Dat is gemiddeld 0,5% van de totale omzet. Tussen de sectoren is sprake van grote verschillen. In de basismetaalindustrie bedragen de milieukosten meer dan 1,5% van de omzet, in de chemie ca. 1%, doch in bijvoorbeeld de elektrotechnische industrie slechts 0,3%. De kosten worden hoofdzakelijk gemaakt voor afvalwaterzuivering (bijna 45%), luchtreiniging (25%) en afvalverwijdering (10 à 15%). Naar verwachting zullen de milieukosten kunnen stijgen tot 3,3 miljard gulden per jaar in 2010 bij de vastgestelde maatregelen en 5,5 miljard gulden per jaar bij doorvoering van alle beschikbare milieumaatregelen. Dat is gemiddeld 0,7% van de verwachte omzet. Ook dan zullen tussen de sectoren grote verschillen te verwachten zijn. Mede gezien het open karakter van de Nederlandse economie zijn de economische gevolgen van deze kostenstijging sterk afhankelijk van de vraag of in het buitenland soortgelijke milieukostenstijgingen te verwachten zijn. Daarnaast zal bij intensivering van de milieu-inspanningen de vraag in de bouw en de milieuproduktensector sterk toenemen. Of deze werkgelegenheidsimpuls opweegt tegen een werkgelegenheidsverlies in de overige sectoren is afhankelijk van de concurrentiepositie van de Nederlandse industrie.

De emissiereducties worden in een groot aantal gevallen gerealiseerd door middel van 'zuivering' van afvalstromen. Genoemd kunnen worden extra zuivering van afvalwater (onder meer voor het terugdringen van lozingen van N, P en zware metalen) en het reinigen van afvalgassen ter vermindering van onder meer de NH_3 -, NO_x -, SO_2 - en VOS-emissies. Veel van deze 'end-of-pipe' maatregelen verwerken een afvalstroom zodanig dat de schade aan het milieu

beperkt wordt. Met behulp van hulpmiddelen zoals (schaarse) energie en grondstoffen wordt de afvalstroom veelal omgezet in een minder schadelijke soort, of op de één of andere wijze geïsoleerd van de rest van het milieu (bijvoorbeeld door de overblijfselen te storten op geïsoleerde afvaldeponieën). Hierdoor worden maatschappelijke stofkringlopen in het algemeen niet gesloten en zal verspilling en uitputting van schaarse grondstoffen doorgaan. De toegevoegde milieutechnieken zijn veelal relatief duur ten opzichte van procesgeïntegreerde alternatieven. Deze alternatieven zijn echter op voorhand moeilijk voorspelbaar (Olsthoorn en Kuik, 1988). Wel kan gesteld worden dat strengere milieu-eisen en dreigende verhoging van de milieukosten binnen bedrijven zal kunnen leiden tot het zoeken naar minder kostbare alternatieven.

De mogelijkheden daartoe zijn op de kortere termijn afhankelijk van onder meer het type industriële activiteit. Verbeteren van de operationele bedrijfsvoering is in veel gevallen mogelijk. Door beter onderhoud van pompen en kleppen en het verminderen van mors- en lekverliezen is bijvoorbeeld in de chemie een emissiereductie van VOS met 10% te behalen (Keulen, 1988). Intern hergebruik (van bijvoorbeeld oplosmiddelen) is ook vaak mogelijk, doch kan belemmerd worden in industrieën die complexe producten produceren zoals bijvoorbeeld geneesmiddelen. Bij op- en overslagactiviteiten is door het introduceren van dampretoursystemen op een kosten effectieve wijze een flinke VOS-reductie te realiseren. Nieuwe ontwikkelingen op het gebied van de biotechnologie en van scheidingstechnieken zullen zowel voor het hergebruik als voor de efficiëntie van toekomstige productieprocessen van grote betekenis zijn. Zulke geïntegreerde wijzigingen van het productieproces zijn echter op korte termijn moeilijker te realiseren, vooral als het gaat om grootschalige installaties. Tenslotte is vervanging van grond- en hulpstoffen door milieuvriendelijkere alternatieven vaak een economisch aantrekkelijke milieumaatregel, eventueel in samenhang met veranderingen in het eindprodukt. Hierbij kan onder andere gedacht worden aan het verlagen van het zwavelgehalte in olie, het vervangen van stookolie door aardgas in raffinaderijen en het vervangen van cadmium in verf, legeringen en kunststof.

Het zoeken naar schonere en zuinigere technieken vormt op zich een proces dat zich in de afgelopen decennia vrij autonoom, dat wil zeggen onder invloed van economische prikkels, heeft voorgedaan en zich ook in de toekomst ongetwijfeld zal blijven voordoen. Zeker na de brandstofprijsstijging van 1973 en later is in de industrie sterk de nadruk gelegd op energiebesparing. Soortgelijke ontwikkelingen doen zich voor bij de besparing op het verbruik van waardevolle chemicaliën, zoals

oplosmiddelen. Onder invloed van de heffingen op afvalwater is het industrieel watergebruik per eenheid produkt na 1970 sterk gedaald (tussen 1970 en 1985 gemiddeld met 85%). Het valt te verwachten dat de invoering van schone en duurzame technieken bij het schaarser worden van bepaalde grondstoffen, bijvoorbeeld metalen en fossiel brandstoffen, 'vanzelf' zal plaatsvinden. Kunstmatige verhogingen van grondstofprijzen of heffingen op afvalstromen kunnen dit proces versnellen, indien zo'n terugkoppeling te traag verloopt met het oog op een duurzame ontwikkeling. Het hergebruik van industriële afvalstoffen is meestal al zeer omvangrijk. In 1986 kreeg tweederde van deze afvalstoffen een nuttige bestemming terwijl tot 2010 een verdere toename van dit aandeel tot meer dan 75% tot de mogelijkheden behoort. Daarnaast vindt in de industrie ook hergebruik plaats van afgedankte consumptiegoederen zoals papier, glas, metaal en textiel. Ook hier kent Nederland internationaal gezien hoge hergebruikspercentages. Door de toenemende complexiteit van de gebruikte stoffen (chemische verbindingen) en miniaturisatie van produkten dreigt terugwinning van veel materialen en reparatie van produkten in de toekomst evenwel steeds moeilijker te worden (van Weenen, 1987)

De belangrijkste structurele procesaanpassingen, te weten 'good housekeeping', intern hergebruik en efficiencyverbetering worden in de Nederlandse industrie vaak al nagestreeft. Dit houdt verband met het feit dat deze aanpassingen in de regel economisch zeer aantrekkelijk zijn zoals voorbeelden in de galvano, textielveredeling en de geneesmiddelenindustrie aantonen. Zo brengt de terugwinning van dichloormethaan in de geneesmiddelenindustrie 5 à 20 miljoen gulden per jaar op. Het zoeken naar procesgeïntegreerde verbeteringen en het optimaliseren van de operationele bedrijfsvoering vergt echter een milieubewuste houding van bedrijven en werknemers en kan moeilijk door middel van regelgeving worden afgedwongen. Wellicht kan door meer voorlichting en het invoeren van een milieuboekhouding een stimulans in de goede richting worden gegeven. In verschillende landen zijn goede ervaringen opgedaan, door met behulp van kwaliteitscirkels en gestimuleerd door milieuprijzen, binnen bedrijven creatieve oplossingen te genereren voor een efficiënt gebruik van grondstoffen en afvalstoffen (Huisingsh, 1986). Het introduceren van schone technieken kan overigens niet gezien worden als een geïsoleerde inspanning per bedrijf of bedrijfstak. In feite moet niet alleen het individuele produktieproces schoon worden, maar moet de gehele keten van produktie- en consumptieprocessen gesloten worden. Ook de eindprodukten moeten schoon en zuinig zijn in het gebruik en na het gebruik weer gemakkelijk te recyclen. Afvalstoffen zullen steeds meer gezien moeten worden als waardevolle bijprodukten waarvoor een afzetmarkt moet worden gevonden.

De aandacht voor schonere produkten en terugwinning zal in feite al op de ontwerptafel aanwezig moeten zijn. Alleen op die manier is de huidige tendens tot steeds ingewikkelder verbindingen en produkten, die vrijwel niet meer te repareren of terug te winnen zijn, om te buigen. Bewustmaking van R&D medewerkers en ontwerpers voor de milieu-implicaties van hun technische vindingen zal al in het onderwijs kunnen plaatsvinden.

Huishoudens

De huishoudens vormen de eindgebruikers van produkten en zijn gebruikers van energie en water. Het gemiddelde energieverbruik per huishouden vertoont een dalende tendens terwijl het verbruik van water een licht stijgende tendens bezit. De stijging van het waterverbruik hangt vooral samen met een groter verbruik voor hygiënische doeleinden.

Gemiddeld jaarlijks energie- en waterverbruik per huishouden

jaar	gas m ³	elektriciteit kWh	water m ³
1985	2550	2930	100
2000	2000	2520	111
2010	1960	2370	115

Het totale energieverbruik in de huishoudens daalt van 441 PJ in 1985 tot 417 PJ in 2010. Door de groei van het aantal huishoudens zal ondanks de daling van het verbruik per afzonderlijke huishouden het totale energieverbruik door huishoudens na 2010 stijgen. Het energieverbruik is gerelateerd aan luchtverontreinigingsproblemen in de woning waarvoor geisers en kooktoestellen in het bijzonder verantwoordelijk zijn.

Het water verlaat voor het grootste deel als afvalwater de woning en wordt via het rioolstelsel naar rioolwaterzuiveringsinstallaties afgevoerd. Het huishoudelijk afvalwater voert tal van afvalstoffen met zich mee, waaronder aanzienlijke hoeveelheden koper en kwik. Na rioolwaterzuivering dragen huishoudens respectievelijkectievelijk ca. 50% en 30% bij aan de totale vracht koper en kwik die het oppervlaktewater in Nederland ontvangt. Belangrijke bronnen van zware metalen in afvalwater zijn voedsel, verf (lood) en corrosie van leidingen (koper en lood) en dakgoten (zink).

Door toepassing van centrale waterontharding kunnen de emissies van koper en lood worden teruggebracht. Vervanging van zinken dakgoten door kunststof zal de zinkemissie beperken.

Ook organische microverontreiniging zoals dichloormethaan, trichloormethaan en 1,4-dichloorbenzeen komen in aanzienlijke hoeveelheden in het huishoudelijk afvalwater voor. Mogelijk belangrijke bronnen van organische microverontreinigingen zijn het gebruik van schoonmaak- en wasmiddelen, oplosmiddelen, verf, fotochemicalieën, cosmetica, medicijnen, voeding (kleurstoffen en andere additieven) en bestrijdingsmiddelen.

De overige produkten verlaten de woning als 'vaste' afvalstof. Per jaar ontstaat in een huishouden thans 900 kg waarvan 125 kg als grof huisvuil. Het papier, glas, kleding en dergelijke die langs andere kanalen dan de vuilophaaldienst worden ingezameld is hierin niet meegeteld. Bij gelijk blijvend hergebruik van glas, papier, metaal en textiel zal deze hoeveelheid in 2010 stijgen tot 1040 kg waarvan 140 kg grof huisvuil. Dit huishoudelijke afval (exclusief grof huisvuil) bestaat voor bijna 50% uit organisch materiaal (groente-, fruit- en tuinafval), 25% papier en karton, 8% glas en 8% kunststof. De samenstelling van het door gemeenten ingezamelde afval is de laatste jaren weinig veranderd met uitzondering van het aandeel glas. Door de introductie van de glasbak is dit aandeel belangrijk gedaald.

In het huishoudelijk afval en het grof huisvuil (bijzonder afval niet meegerekend) bevinden zich aanzienlijke hoeveelheden metalen. Vooral lood en chroom hebben een groot aandeel in de totale vracht. In het grof huisvuil zullen alle gebruiksgoederen van grotere omvang op den duur terecht komen. Meubels, vloerbedekking, matrassen, dekens, kussens, huishoudelijke apparaten en audio-video apparatuur zijn daarin belangrijke categorieën. Deze gebruiksgoederen zijn slechts zeer ten dele op hun samenstelling onderzocht. Vanuit kleuren TV's wordt bijvoorbeeld een antimoonstroom van 0,5 ton per jaar verwacht en vanuit videorecorders ongeveer 0,25 ton per jaar.

De milieukosten van huishoudens (exclusief autorijden en doorwerking van milieukostenstijgingen in andere sectoren) zullen bij de vastgestelde maatregelen oplopen van 43 miljoen gulden per jaar in 1990 tot 350 miljoen gulden per jaar in 2010. De kosten bestaan hoofdzakelijk uit het introduceren van schone CV-ketels. Bij extra maatregelen zullen de kosten kunnen oplopen tot 2,8 miljard gulden, waarvan 0,8 miljard voor schonere CV-ketels (verzuring), 1,9 miljard voor verbetering van het binnenmilieu, waarvan 1,1 miljard voor een versnelde aanpak van burenlawaai en 0,1 miljard voor de vervanging van zinken dakgoten. Door hogere energieprijzen, reinigingsrechten, milieuheffingen, etc, en hogere kosten van autorijden zouden de extra kosten van huishoudens kunnen oplopen tot ca. 17 miljard

gulden per jaar. Dit is ongeveer 3% van de koopkracht in 2010. De koopkracht zal nog eens met 2% kunnen dalen als alle milieukosten van bedrijven in de prijzen zouden worden afgewenteld.

Openbare nutsbedrijven: elektriciteitscentrales

Elektriciteitsbedrijven dragen bij aan mondiale milieuproblemen (CO₂-emissies), continentale milieuproblemen (verzuring, aerosolen, kernenergie) en regionale milieuproblemen (afvalverwijdering). De jaarlijkse kosten van vastgestelde milieumaatregelen lopen op van 300 miljoen gulden in 1990 tot 1 miljard in 2010. De extra maatregelen voegen daar in 2010 nog eens 0,8 miljard gulden aan toe. De kosten worden doorberekend aan de consument. De uitdaging voor de komende jaren ligt in het zoeken naar minder kostbare alternatieven, bijvoorbeeld door meer te investeren in elektriciteitsbesparing, een groter beroep te doen op stromingsbronnen, decentrale opwekking te bevorderen en efficiëntere energieconversiesystemen te ontwikkelen.

Wat dit laatste betreft valt te denken aan het toepassen van kolenvergassing in combinatie met elektriciteitsopwekking met stoom- en gasturbines (KV-STEG). Deze installaties kunnen worden toegepast in plaats van nieuwe kolencentrales. De produktiekosten van elektriciteit zouden over enige tijd kunnen concurreren met conventionele kolencentrales voorzien van emissiereducerende maatregelen voor SO₂ en NO_x en daarbij vermoedelijk schoner zijn.

Bij KV-STEG wordt de steenkool eerst vergast, waarna de zwavel op een betrekkelijk eenvoudige en goedkoper manier uit het gas wordt verwijderd. Het eindproduct van deze ontzwaveling is zwavel, een stof, die gemakkelijker kan worden afgezet dan gips. De NO_x-emissie uit de turbines kan verminderd worden door bijvoorbeeld inert gas in de verbrandingskamer te injecteren of door lage-NO_x-turbines te ontwikkelen.

Op de langere termijn wordt verwacht dat de ontwikkeling van brandstofcellen tot een conversie-efficiency van meer dan 60% zal leiden. Het in grotere mate toepassen van permanente stromingsbronnen zoals wind, zon, waterkracht en biomassa lijkt beperkt mogelijk. Door uitbreiding van het aantal vuilverbrandingsinstallaties zou afval in bijna 4% van het elektriciteitsverbruik kunnen gaan voorzien.

Openbare nutsbedrijven: waterleidingbedrijven

Het waterverbruik in Nederland zal stijgen van 1400 miljoen m³ in 1981 tot

2013 miljoen m³ in 2010. Hierin is het gebruik van oppervlaktewater voor koeldoeleinden en beregening en bevloeiing in de landbouw niet meegerekend. Het waterverbruik in het bedrijfsleven is vooral verantwoordelijk voor deze stijging. Het specifieke waterverbruik in de huishoudens stijgt van 114 liter per hoofd per dag in 1985 tot 126 liter in 2010. Deze stijging wordt vooral veroorzaakt door een hoger verbruik voor hygienische verzorging. Besparingen lijken alleen mogelijk voor de 32 liter per hoofd per dag die zowel in 1985 als in 2010 voor toiletspoeling wordt benut.

Het industriële waterverbruik daalt van 7,8 m³ per 1000 gulden bruto toegevoegde waarde in 1985 tot 6,7 m³ in 2000. De voedings- en genotmiddelen industrie, de chemische industrie, de aardolie-industrie, de basismetalaalindustrie en de delfstoffenwinning hebben een hoger watergebruik dan het gemiddelde oplopend tot bijna 40 m³ per duizend gulden. Het waterverbruik in de overige bedrijven blijft nagenoeg gelijk op 1,3 m³ per duizend gulden. Gelet op het stijgende waterverbruik vooral samenhangend met de groei van het bedrijfsleven, zullen besparingen vooral in het waterverbruik door de industrie en de overige bedrijven gezocht moeten worden.

Voor de zuivering van zoet grondwater zou gebruik gemaakt moeten kunnen worden van een eenvoudig zuiveringssysteem bestaande uit beluchting en snelfiltratie incidenteel aangevuld met een veiligheidschloring. Voor de zuivering van oppervlaktewater zijn uitgebreidere zuiveringssystemen nodig. Daartoe behoren stappen als desinfectie door chloring, vlokvorming en vlokverwijdering, snelfiltratie en actief koolfiltratie en nachchloring. Bij te infiltreren oppervlaktewater ondergaat het water eerst een voorzuivering alvorend infiltratie kan plaatsvinden. De kwaliteit van het oppervlaktewater ontwikkelt zich in positieve zin. Dit betekent echter nog niet dat de zuiveringssystemen vereenvoudigd kunnen worden. Incidentele lozingen van voor de volksgezondheid gevaarlijke stoffen maken het nodig dat alle zuiveringsinstallaties worden uitgerust met laagbelaste actieve koolinfiltratie. Dit is thans het geval bij 1/3 deel van de oppervlaktewaterbedrijven.

De kwaliteit van het grondwater ontwikkelt zich in negatieve zin zelfs bij extra technische bestrijdingsmaatregelen. Uit verkenningen gebaseerd op de kwetsbaarheid van bodems blijkt dat in 10-20% van de grondwaterpompstations de nitraatnormom zal worden overschreden. Er zijn verschillende technieken in ontwikkeling om het opgepompte grondwater te denitrificeren. Voorbeelden daarvan zijn ionenwisseling, hyperfiltratie, biologische denitrificatie en elektrolyse. Er is nog weinig praktijk ervaring met dergelijke technieken

in Nederland. Er wordt thans geëxperimenteerd met een tweetal pilotplants op de pompstations Montferland en Reuver. In een aantal gevallen zal bij daarvoor gevoelige gronden verwijdering van pesticiden uit het opgepompte grondwater nodig zijn door laag belaste actieve koolfiltratie. In de zandgebieden is een daling van de zuurgraad van het opgepompte water te verwachten. Als gevolg hiervan kan het aluminiumgehalte stijgen. Daar waar de bodem een hoger neutraliserend vermogen heeft kan ook de hardheid van het water stijgen. De gevolgen daarvan voor de drinkwatervoorziening kunnen nog nauwelijks gekwantificeerd worden. Vooral de pH-daling en de verhoging van het aluminiumgehalte baart zorgen. Ontzuring van het grondwater wordt reeds in veel grondwater- zuiveringsbedrijven toegepast. Daarom kan een eventuele pH-daling door aanpassing van de bestaande zuiveringsinstallaties worden opgevangen. Hoe de verwijdering van aluminium moet plaatsvinden is nog onduidelijk. Verondersteld wordt dat het proces zal lijken op ontijzering van grondwater. Om de corrosie van het leidingstelsel te vermijden kan waterontharding worden ingevoerd. Dit is naar verwachting een kosten-neutrale maatregel.

Denitrificatie van het grondwater zal naar globale raming ongeveer 60 cent per m^3 kosten. Laagbelaste actieve koolfiltratie zal ongeveer 20 cent per m^3 kosten. Voor grondwaterbedrijven kunnen deze kosten hoger uitvallen omdat ze niet zijn ingesteld op uitgebreide zuivering. Correctie van de zuurgraad van het opgepompte grondwater, die veelal reeds wordt toegepast, kost 5-15 cent/ m^3 en verwijdering van aluminium 20-80 cent/ m^3 .

Het voorgaande gaat betekenen dat drinkwater bereidt uit grondwater ongeveer evenveel kan gaan kosten als drinkwater bereidt uit oppervlaktewater. De meerkosten komen in 2010 neer op ruim 70 miljoen gulden per jaar.

Van de in principe gewenste vereenvoudiging van de zuiveringssystemen zal ongeacht de voor 2010 te nemen milieumaatregelen de komende decennia niet veel terecht komen. Vooral de grondwaterbedrijven krijgen de rekening gepresenteerd van verontreiniging in het verleden die vertraagd de pompstations bereikt. De inzet van beschikbare technische bestrijdingsmaatregelen tegen deze vormen van verontreiniging zal pas na tientallen jaren tot een verbetering leiden.

Openbare nutsbedrijven: afvalwaterzuiveringsinrichtingen

Communale zuiveringsinrichtingen hebben thans een capaciteit van 22 miljoen i.e. per jaar hetgeen zal stijgen naar 25 miljoen i.e. in 2010. De aanvoer

van het afvalwater vindt in overwegende mate plaats via samengestelde rioolstelsels. Hierdoor wordt ook het regenwater gezuiverd. De zuiveringsinstallaties zijn gebouwd op het zuiveren van grote en sterk wisselende hoeveelheden afvalwater. Het aanleggen van gescheiden rioolstelsels, waarmee afvalwater en neerslag apart wordt ingezameld zal geen grote vlucht nemen. Het zuiveren van een i.e. vergt ongeveer 25 kWh. Door het benutten van het bij de zuivering gevormde biogas in een "total energy" systeem kan het energieverbruik met 60-70% gereduceerd worden. Verdere dalingen zijn nog mogelijk door het gebruik van windmolens. Deze ontwikkelingen zijn reeds gaande. De afvalwaterzuiveringsbedrijven zien zich geplaatst voor de noodzaak additionele zuiveringsstappen toe te voegen. Daartoe behoren fosfaat- en stikstofverwijdering en de verwijdering van micro-verontreinigingen door de toepassing van actieve kool.

Daar veel installaties de komende jaren het einde van hun levensduur bereiken vindt onderzoek plaats naar technologische vernieuwing van de toekomstige generatie zuiveringsinstallaties. Zo'n nieuwe generatie zal bij gelijkblijvende of lagere kosten een hoger zuiveringsrendement en minder slibproductie moeten bereiken. De essentie hierbij is dat door het concentreren van de hoeveelheid biomassa de reactorruimte kan worden verkleind, bijvoorbeeld door het gebruik van slib op dragersystemen. Om optimale zuiveringsresultaten te bereiken zullen verschillende processtappen zoals anaerobe voorzuivering, koolstofoxidatie, stikstof- en fosfaatverwijdering en sediment- en colloïdenoxidatie meer en meer gescheiden worden. Een aantal van dergelijke processtappen ondergaan nieuwe ontwikkelingen zoals biologische fosfaatverwijdering en korrelreactoren met een sterk verminderde slibproductie ten opzichte van chemische fosfaatverwijdering. Uiteindelijk ontstaan volledig gesloten in verticale zin uitgebouwde systemen.

Het zal onvermijdelijk blijven om zuurstofbindende stoffen en nutriënten uit het afvalwater te verwijderen. Dit is nodig omdat anders de draagkracht van het ontvangende water bij lozing wordt overschreden. De lozing van vooral persistente stoffen op de zuiveringsinstallatie zal echter door preventieve maatregelen aan de oorspronkelijke bron zoveel mogelijk beperkt moeten worden, teneinde te bevorderen dat de kwaliteit van het zuiveringsslib ooit weer zodanig wordt dat het een nuttige aanwending kan krijgen. Door het bevorderen van deelstroomzuivering binnen bedrijven zal op den duur een besparing kunnen optreden op de kosten van communale zuivering.

De jaarlijkse kosten van inzameling van afvalwater en rioolwaterzuivering zullen bij de vastgestelde maatregelen, mede door de toegevoegde zuiveringsstappen, toenemen van 2,1 miljard gulden in 1990 tot 2,2 miljard gulden in 2010. Bij extra maatregelen lopen de kosten op tot 2,9 miljard gulden in 2010.

Openbare nutsbedrijven: afvalverwerkingsbedrijven

De afvalverwerkingsbedrijven zien zich geplaatst voor de noodzaak een toenemende hoeveelheid afvalstoffen te verwerken. Thans wordt 10% van de afvalstoffen verbrand, 40% gestort en 50% hergebruikt. Toekomstige ontwikkelingen zullen er vooral op gericht moeten zijn het ontstaan van afvalstoffen te voorkomen en het hergebruik te bevorderen. Naar de huidige inzichten kan in 2010 maximaal 65% van het afval hergebruikt worden. Vervolgens kan het brandbare deel van de resterende afvalstoffen verbrand worden (ca. 20%). De overige afvalstoffen kunnen slechts gestort worden (ca. 15%).

Door het verbranden van de afvalstoffen kan maximaal ongeveer 10 PJ energie worden opgewekt. Hierbij doet zich echter het probleem voor dat de te verbranden afvalstoffen verontreinigingen bevatten. Preventieve maatregelen zouden erop gericht moeten zijn deze verontreinigingen zoveel mogelijk uit de afvalstoffen te weren. Hergebruik beoogt de afvalstoffen opnieuw als grondstoffen te kunnen inzetten. Het realiseren van hergebruik is echter geen eenvoudige zaak. Terugwinning kost soms dermate veel energie dat primaire produktie goedkoper en vanuit energie-oogpunt zuiniger is. Bij het schaarser worden van bepaalde grondstoffen zal terugwinning en hergebruik, door het stijgen van de grondstofprijzen echter steeds rendabeler worden. Secundaire grondstoffen uit afval zullen aan een aantal, bepaald niet eenvoudige, voorwaarden moeten voldoen. Vanzelfsprekend staat de technische toepasbaarheid voorop. Daarnaast is de toepassing gebonden aan milieuhygiënische criteria. Zelfs wanneer aan beide voorwaarden is voldaan behoeft hergebruik nog niet plaats te vinden. Immers, in het algemeen is sprake van concurrentie tussen primaire en secundaire grondstoffen, waarbij naast de kwaliteit ook de prijs van belang is. Er dient daarom gestreefd te worden naar milieuhygiënische verantwoorde secundaire grondstoffen, die ten opzichte van primaire grondstoffen een gunstige prijs-kwaliteitsverhouding hebben. Daarnaast zal de markt groot genoeg moeten zijn om de stromen op te nemen. Voor een aantal stromen geldt, dat bij een te krappe markt (met name in de sfeer van bouwstoffen en bouwmaterialen) secundaire grondstoffen met elkaar in concurrentie kunnen komen te staan. In het algemeen is de

verwachting dat dit voor compost uit huishoudelijk afval geen problemen zal opleveren. Voor de overige markten is dit echter allerminst zeker.

Door preventieve maatregelen zal in elk geval bereikt moeten worden dat milieuhygiënische overwegingen geen belemmering voor het hergebruik gaan vormen. Dit betekent dat milieugevaarlijke contaminanten uit het afval geweerd moeten worden.

Als eerste stap in deze richting zal op zijn minst vermeden moeten worden dat milieugevaarlijke stoffen zich bij de verwijdering van afvalstoffen door het milieu verspreiden. Voor het verbranden van afvalstoffen betekent dit een adequate voorbereiding van het afval door scheiden en homogeniseren, het hanteren van optimale verbrandingscondities met het oog op het vrijkomen van contaminanten, energie-opwekking en het toepassen van de best beschikbare rookgasreinigingstechnieken. Het storten van afvalstoffen zal onder IBC-criteria (isoleren, beheersen en controleren) moeten plaatsvinden.

Gestreefd zou kunnen worden naar meer geïntegreerde verwerkingsbedrijven waar verbranden en storten in samenhang verricht wordt en het hergebruik bevordert wordt. Hierin passen de voorbereidingsstappen als scheiden en homogeniseren. Er zullen maximaal 20-25 verbrandingsinrichtingen nodig zijn met een capaciteit van 400.000-600.000 ton per jaar. Deze inrichtingen zouden moeten worden uitgerust met systemen voor terugwinning van elektriciteit en mogelijk warmte als daarvoor afzet kan worden gevonden. Combinatie met een STEG-installatie kan worden overwogen om het rendement te verhogen. In aanvulling daarop zullen 70-140 stortplaatsen nodig zijn met een capaciteit van 100.000 ton per jaar. Grotere stortplaatsen zijn nuttig om de noodzakelijke voorzieningen optimaal te kunnen bedrijven. De kosten van afvalverwerking lopen op van 1,8 miljard gulden in 1985 tot 3,8 miljard gulden in 2010 exclusief de sanering van bodems en waterbodems. Bij extra maatregelen (onder andere meer hergebruik) lopen de totale kosten op tot 4,5 miljard gulden per jaar in 2010.

Overheid

De milieukosten van de overheid hebben hoofdzakelijk betrekking op apparaatskosten, financiering van milieu-onderzoek en het financieren van effectgerichte maatregelen, met name op het gebied van het natuurbeheer en de sanering van bodems en waterbodems. De jaarlijkse overheidskosten lopen op van 1,6 miljard gulden in 1985 tot 2,9 miljard gulden in 2010. Bij intensivering van het milieubeleid is geen extra stijging van de kosten voorzien behalve ingeval van extra sanering van bodems en waterbodems ter grootte van maximaal 0,3 miljard gulden in 2010.

Literatuur kosten en baten

Steinberg, M., H.C. Cheng, F.Horn, 1984.

A systems study for the removal, recovery and disposal of carbon dioxide from fossil fuel power plants in the U.S., U.S. Dept. of Energy, TR016

Tebodin, 1988.

Kosten van milieubeheer, in voorbereiding

Jansen, H.M.A., 1988.

Baten van milieubeheer, in voorbereiding

Maas, R.J.M., 1988.

A choice of technological futures

Paper presented at the UTT-symposium on Non Waste Technology, Espoo, Finland.

VROM, 1988.

Reductieplan koolwaterstoffen 2000

Huldy, H.J. en Veldt, C., 1982.

Onderzoek naar de economische waarde van de jaarlijkse emissie van stoffen naar lucht en water in Nederland, TNO rapport CL 82/183

IIASA, 1987.

Acid rain in Europe

Baan, P.J.A. en Dekker E.A., 1988

De kosten en baten van verandering in de waterkwaliteit
Waterloopkundig Laboratorium, Delft.

Huisingh, D., 1986.

Pollution Prevention Pays

University of North Carolina

Post, J.H. et al., 1985.

Mestnormen, enkele nationaal economische gevolgen
LEI-publikatie 1.20, Den Haag.

VN, 1987.

Our Common Future

Oxford University Press

OECD, 1984.

The impact of environmental measures on the rate of economic growth, rate of inflation, productivity and international trade, Paris.

Blok, P.M. en Ineveld, B.M. van, 1986.

De emissies bij het bezit en het gebruik van personenauto's 1981-2000
NEI.

Keulen, R.W. en Nielen, R.J., 1988.

Een verkenning van integrale milieumaatregelen op korte en lange termijn
TNO/SCMO

Weenen, J.G. van, 1987

Zelfgemaakte toekomst, milieu-aspecten van nieuwe materialen
RMNO

Olsthoorn, B.A. en Kuik, O.J., 1988

Emissiereductie door schone technologie
Instituut voor Milieuvraagstukken

Milieuproblemen worden steeds grootschaliger. Waren zij oorspronkelijk slechts een lokaal verschijnsel, de laatste decennia hebben zij een wereldwijde omvang aangenomen. Daar de mens voor zijn voortbestaan afhankelijk is van het milieu, zal er gezocht moeten worden naar wegen die leiden tot een duurzame relatie tussen de mens en zijn omgeving. Daarvoor is allereerst een wetenschappelijk onderbouwde milieuverkenning vereist, van waaruit een lange-termijnvisie geformuleerd kan worden.

In Nederland heeft nu voor het eerst een dergelijke integrale verkenning plaatsgevonden, verricht door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne in samenwerking met vele andere instituten en instellingen. De resultaten hiervan zijn neergelegd in het rapport *Zorgen voor Morgen, nationale milieuverkenning 1985-2010*, dat dient ter voorbereiding van het Nationaal Milieubeleidsplan, waarin de koers voor het milieubeleid voor de jaren negentig wordt uiteengezet. Dit rapport is door de presentatie van zoveel gegevens in één boek voor eenieder die zich professioneel of als leek de milieuproblematiek aantrekt, een onmisbaar naslagwerk.

Zorgen voor morgen zijn er zeker. Het rapport laat zien dat er ernstig rekening moet worden gehouden met een verdere verslechtering van de milieu-kwaliteit en ondermijning van de samenleving door onze manier van omgaan met het milieu.

Dit toekomstbeeld is niet hoopgevend. Creatieve oplossingen zullen nodig zijn om de huidige tendensen om te buigen. De maatschappij zal zich inspanningen moeten getroosten. Inspanningen die geen uitstel dulden. Omdat wij niet de volgende generatie zullen opzadelen met onze zorgeloosheid.