

RIVM rapport 408129 016 / 2001

**Grootschalige luchtverontreiniging en depositie in de  
Nationale Milieuverkenning 5**

Achtergrondinformatie

H.C. Eerens, J.D. van Dam (eds.), J.P. Beck, J.H.J.  
Dolmans, W.A.J. van Pul, R.B.C. Sluyter, K. van Velze,  
H.A. Vissenberg.

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het ministerie van VROM,  
Directoraat Generaal Milieubeheer, directie Strategie en Bestuur, in het kader van project  
408129, Nationale Milieuverkenning 5.



## Abstract

### **Large-scale air pollution and deposition in the Fifth National Environmental Outlook: Background information**

The fifth Dutch National Environmental Outlook presents details and background information in a condensed and policy-directed fashion on the subjects of acidification, eutrophication (1900-2030), transboundary air pollution (1980-2030) and effect indicators for climate change (1950-2030). Long-range air pollution covers the deposition of potential acid and nitrogen, the formation of ozone at ground level, particulate matter, and the effects of these factors on humans, crops and ecosystems. The quality of ecosystems is affected by the disturbance of soil and water quality caused by the deposition of air pollutants and by direct exposure to substances in the air. For ozone, however, the model's over-prediction, as compared to measurements, allowed us to state that the target would likely be met. For fine particles it is concluded that the EU limit value indicated for 2010 will not be met. Although the model seems to under-predict the results for acidification and eutrophication (1000 mol/ha for N- and 1400 mol/ha for potential H<sup>+</sup> deposition), current policies will not be sufficient to meet the 2010 target.

This report highlights constraints in using models (extreme scenarios for sustainable goals) and the importance of keeping models under surveillance through continuous measurements, so as to signal discrepancies between model calculations and measurements. The fifth National Environmental Outlook focuses more than earlier outlooks on the use of effect indicators to detect climate change. In addition to our own research and calculations, co-operation has been established between RIVM and specialised Dutch institutes (KNMI, RIKZ) to collect and process information on (possible) indicators on a European/Dutch scale.



## Voorwoord

Conform de Wet Milieubeheer stelt het RIVM elke vier jaar een milieuverkenning op ter voorbereiding op een Nationaal Milieubeleidsplan. De Vijfde Milieuverkenning (MV5) is in september 2000 uitgekomen en dient als voorbereiding op het Vierde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP4) dat in 2001 zal verschijnen. De MV5 rapporteert over de verwachte gevolgen van maatschappelijke ontwikkelingen voor het milieu met effecten op mens en natuur in Nederland, tegen de achtergrond van de ontwikkelingen in Europa en op wereldschaal in de periode 2000-2030. Voor Nederland gebeurt dit onder veronderstelling van “vastgesteld beleid”. Dit beleid omvat alle maatregelen die door de Tweede Kamer zijn vastgesteld vóór 1 januari 2000 of waarvoor de financiering geregeld is. Voorts is geanalyseerd wat de bijdrage zou kunnen zijn van enkele reeds in politiek en beleid in bespreking zijnde maatregelen. De MV5 biedt zodoende basisscenario's die vergeleken kunnen worden met streefbeelden, doel- en taakstellingen van het Nederlandse beleid.

Voor de mondiale schaal gebruikt de MV5 scenario's van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), met name berekeningsresultaten die het RIVM hieraan heeft bijgedragen. Voor de Europese schaal zijn zowel de IPCC-scenario's als het EU-baseline scenario gebruikt. Voor Nederland is gebruik gemaakt van de volgende scenario's van het Centraal Planbureau (CPB): Global Competition (GC) en European Coordination (EC). Het RIVM heeft deze doorgetrokken van 2020 naar 2030.

De MV5 is gebaseerd op een veelheid aan informatie die niet allemaal in de verkenning zelf kon worden opgenomen. Het betreft met name onderbouwingen van analyses maar ook extra informatie ten opzichte van de MV5. Omdat deze informatie voor bepaalde groepen lezers relevant is wordt zij gepubliceerd in een serie achtergrondrapporten, voor zover zij niet elders wordt gepubliceerd.

Het onderhavige rapport gaat in meer detail in op gegevens in relatie tot grootschalige luchtverontreiniging en depositie. Daarnaast wordt dieper ingegaan op een relatief nieuw onderwerp; (effect) indicatoren voor mogelijke gevolgen van klimaatverandering. Door een samenloop van omstandigheden is dit pas in een laat stadium opgepakt. Dit heeft gevolgen gehad voor de hoeveelheid aandacht die hieraan aan kon worden geschonken. Er is samengewerkt met KNMI, LAE, RIKZ om in een kort tijdsbestek een lijst van mogelijke indicatoren (ruimteschaal Nederland/Europa) op te stellen en hiervoor de benodigde gegevens te verzamelen. Naast het leveren van de onderbouwing van de in MV5 gebruikte gegevens wordt tevens aandacht besteed aan de mogelijkheden voor verbeteringen in de vorm van aanbevelingen voor een volgende milieuverkenning.

We willen graag onze dank uitspreken aan alle betrokkenen binnen LLO, het RIVM en bij de samenwerkende instituten. Zonder hen zou het meeste van het hier beschreven werk niet tot stand zijn gekomen.

## Samenvatting

Dit rapport is een nadere onderbouwing van de gegevens zoals gepresenteerd in de MV5 ten aanzien van het thema Verzuring en Grootschalige Luchtverontreiniging en de (potentiële) effecten van klimaatverandering. Op een aantal, cruciale, punten wordt in de betreffende hoofdstukken ingegaan op de keuzes die gemaakt zijn en de onderbouwing daarvan. Verder is ten behoeve van degenen die gebruik willen maken van de scenario's van MV5 een uitgebreid overzicht gegeven van het onderliggende cijfermateriaal, met name voor de ontwikkeling van de lokale luchtkwaliteit.

Het beleidsthema Verzuring en Grootschalige Luchtverontreiniging speelt zich af op een schaal die veel groter is dan Nederland alleen, wat internationale samenwerking noodzakelijk maakt. Uit het onderzoek komt naar voren dat binnen de in MV5 beschreven tijdshorizon (2000-2030) de EU-streefwaarde voor ozon voor 2010 waarschijnlijk zal worden gerealiseerd terwijl de indicatieve grenswaarde voor fijn stof voor 2010 niet zal worden gerealiseerd. De 2010 potentieel zuur- en stikstofdepositie doelstellingen (1400 mol/ha per jaar respectievelijk 1000 mol/ha per jaar) zullen tevens niet worden gerealiseerd.

Uit het rapport komt naar voren dat voor het thema klimaatverandering meer aandacht nodig is voor de beschrijving van (potentiële) effecten van klimaatveranderingen in de milieuverkenningen. In dit rapport wordt een eerste aanzet gegeven tot een beschrijving van indicatoren voor klimaatverandering op Europese en nationale schaal ten behoeve van de milieuverkenningen. Verwachte veranderingen voor Europa betreffen onder meer een toenemende verandering in de lengte van het groeiseizoen, een verdere stijging van de gemiddelde temperatuur en een afname van het gasverbruik voor verwarmingsdoeleinden.

# Inhoud

<b>1 INLEIDING</b>	<b>9</b>
<b>2 GROOTSCHALIGE LUCHTVERONTREINIGING</b>	<b>11</b>
2.1. TROPOSFERISCH OZON	11
2.1.1 Inleiding	11
2.1.2 Meteorologie en overschrijdingen van de WHO-streefwaarde	11
2.1.3 Potentiële blootstelling van de bevolking aan troposferisch ozon	14
2.1.4 Overschrijding van de kritische waarde voor gewassen en natuurlijke vegetatie	16
2.1.5 Conclusies en aanbevelingen	17
2.2. CONCENTRATIE VAN STIKSTOFDIOXIDE IN NEDERLAND	19
2.2.1 Inleiding	19
2.2.2 $\text{NO}_x$ – $\text{NO}_2$ -conversie	19
2.2.3 Empirische relatie tussen de jaargemiddelde concentratie en het 98-percentiel van uurwaarden $\text{NO}_2$	21
2.2.4 CAR-model	22
2.3. ECOSYSTEEMNORM VOOR $\text{NO}_x$	22
2.3.1 $\text{NO}_x$ -concentratie 1980 - 2030	23
2.4. FIJN STOF ( $\text{PM}_{10}$ )	25
2.4.1 Inleiding	25
2.4.2 Fijn stof emissies	25
2.4.3 $\text{PM}_{10}$ , daggemiddelde versus jaargemiddelde norm	25
2.4.4 Ontwikkeling trend fijn stof concentratie 1980-2030	27
<b>3 POTENTIEEL ZUUR- EN STIKSTOFDEPOSITIE</b>	<b>29</b>
3.1. ONTWIKKELING POTENTIEEL ZUUR- EN STIKSTOFDEPOSITIE	29
3.1.1 Bijdrage mondiale en natuurlijke achtergrond aan depositie	29
3.1.2 Depositie 1900 – 1950	29
3.1.3 Depositie 1950 – 1980	31
3.1.4 Depositie 1980-2030	33
3.1.5 Conclusies vermestende en verzurende depositie trend 1900-2030	34
3.2. VERGELIJKING MILIEUDRUK VERZURENDE EMISSIES IN EUROPA	36
3.3. HERKOMST VERZURENDE DEPOSITIE IN NEDERLAND	37
3.4. ANALYSE VAN DE EFFECTIVITEIT VAN HET NEDERLANDSE ANTI-VERZURINGSBELEID	38
3.5. AANTASTING VAN STENEN MONUMENTEN DOOR VERZURING EN LUCHTVERONTREINIGING	39
<b>4 INDICATOREN VOOR KLIMAATVERANDERING</b>	<b>41</b>
4.1. INLEIDING	41
4.2. HISTORISCHE KLIMATOLOGISCHE GEGEVENS	42
4.2.1 Homogeniteit en vergelijkbaarheid van historische klimatologische gegevens	42
4.3. TREND IN BROEIKASGASSEN	43
4.4. INDICATOREN VOOR NATUUR/ECOSYSTEMEN	44
4.4.1 Lengte groeiseizoen	44
4.4.2 Effecten op flora en fauna	45
4.4.3 Neerslagsom, neerslagextremen	45
4.5. INDICATOREN GEZONDHEID EN RISICO'S	46
4.5.1 Zeespiegelstijging	46
4.5.2 Getijverandering	47
4.5.3 Frequentie en zwaarte van stormen	48
4.5.4 Zeewatertemperatuur	49
4.6. INDICATOREN EFFECTEN LEEFOMGEVING	51
4.6.1 Jaargemiddelde temperatuur	51
4.6.2 Recreatiedagen	54
4.6.3 Graaddagen	54
<b>5 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	<b>57</b>
<b>LITERATUUR</b>	<b>61</b>
<b>BIJLAGE 1:PARAMETERS CAR-MODEL IN MV5</b>	<b>65</b>

**BIJLAGE 2: EU-NORM VOOR STIKSTOFDIOXIDE TER BESCHERMING VAN ECOSYSTEMEN 73****BIJLAGE 3: FEITENBLADEN 79**

Feitenblad 1: Potentiële blootstelling van de mens aan ozon	79
Feitenblad 2: Blootstelling van gewassen en natuurlijke vegetatie aan ozon	85
Feitenblad 3: Vroegtijdige sterfte en spoedopnamen in ziekenhuizen geassocieerd met PM <sub>10</sub> en O <sub>3</sub>	91
Feitenblad 4: Kilometer weglengte van verkeerswegen in steden met overschrijding van grenswaarden	93
Feitenblad 5: Ontwikkelingen in het percentage van de bevolking dat hinder ondervindt van geur ten gevolge van wegverkeer	99
Feitenblad 6: Oppervlakte van Nederland en percentage van Nederlandse bevolking blootgesteld aan een jaargemiddelde concentratie NO <sub>2</sub> van 40 µg/m <sup>3</sup> of hoger	101
Feitenblad 7: MV5 Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging – fijn stof -	105
Feitenblad 8: MV5 Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging – verzuring -	110
Feitenblad 9: Verzurende emissies gerelateerd naar landoppervlakte	118
Feitenblad 10: Herkomst verzurende depositie op Nederland	119
Feitenblad 11: Invloed beleid op het Nederlands aandeel in de potentieel verzurende depositie	120
Feitenblad 12: Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging – Noordzee -	121
Feitenblad 13: Effect van milieuverontreiniging op stenen monumenten	123
Feitenblad 14: Verandering temperatuur op Europese stations in de periode 1951-1995 (waargenomen) en prognose 1990-2050 (berekend)	124

**BIJLAGE 4 VERZENDLIJST 127**



# 1 Inleiding

Het beleidsthema Verzuring en Grootchalige Luchtverontreiniging omvat twee milieuproblemen die verwantschap vertonen. Verzuring richt zich op de depositie van vermestende en potentieel bodemverzurende stoffen. Grootchalige luchtverontreiniging behandelt schadelijke stoffen in de lucht die over grote afstanden getransporteerd worden, zoals ozon, fijn stof en stikstofdioxide. Beide problemen spelen zich af op een schaal die veel groter is dan Nederland alleen, wat internationale samenwerking noodzakelijk maakt. Daarnaast zijn het veelal dezelfde stoffen (zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), stikstofoxiden (NO<sub>x</sub>), ammoniak (NH<sub>3</sub>) en vluchtige organische stoffen (VOS)) die bijdragen aan zowel verzuring als grootchalige luchtverontreiniging, waardoor het terugdringen van beide problemen nauw met elkaar samenhangen. In de MV5 is het thema Grootchalige Luchtverontreiniging behandeld aan de hand van drie hardnekkige milieuproblemen, ozon (Hoofdstuk 2.1), NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (Hoofdstuk 2.2 en 2.3) en fijn stof (Hoofdstuk 2.4). In deze hoofdstukken beperkt de beschrijving zich tot de concentraties en blootstelling van de Nederlandse bevolking hieraan. Voor een beschrijving van de mogelijke effecten op de Nederlandse bevolking wordt verwezen naar Beck *et al.* (2001) en het betreffende feitenblad in bijlage 3.

Het thema verzuring wordt behandeld in hoofdstuk 3, achtereenvolgens komen hier aan de orde de ontwikkeling van potentieel zuur en stikstofdepositie in de tijd (1900-2030; Hoofdstuk 3.1), een vergelijking van de milieudruk door verzurende emissies in Europa (Hoofdstuk 3.2), een beschrijving van de herkomst van verzurende depositie in Nederland (Hoofdstuk 3.3) en het effect van het Nederlands beleid op de potentieel zure depositie (Hoofdstuk 3.4). Voor wat betreft de gevolgen van verzurende depositie komt in paragraaf 3.5 de (mogelijke) aantasting van stenen monumenten aan de orde. Voor de (mogelijke) gevolgen voor ecosystemen wordt verwezen naar Vonk *et al.* (2001) en Albers *et al.* (2001).

Naast grootchalige luchtverontreiniging en verzuring is ditmaal in de MV5 ook (extra) aandacht besteed aan het onderwerp “effectindicatoren klimaatverandering”. Door een samenloop van omstandigheden is het onderwerp “effectindicatoren klimaatverandering” pas in een laat stadium opgepakt. Dit heeft gevolgen gehad voor de hoeveelheid aandacht die aan het onderwerp kon worden geschonken; eigen onderzoek of berekeningen kon slechts beperkt worden uitgevoerd. Er is samengewerkt met onder meer KNMI en RIKZ om in een kort tijdsbestek een lijst van mogelijke indicatoren (ruimteschaal Nederland/Europa) op te stellen en hiervoor de benodigde gegevens te verzamelen. De effect indicatoren klimaatverandering worden in hoofdstuk 4 behandeld. Hierin komen onder meer de trend in de concentraties broeikasgassen (aan de hand van CO<sub>2</sub>, Hoofdstuk 4.3), indicatoren voor natuur/ecosystemen (Hoofdstuk 4.4), risico's ten gevolge van de opwarming van de oceanen (hoofdstuk 4.5) en indicatoren voor de leefomgeving (Hoofdstuk 4.6) aan de orde.

Het doel van dit rapport is een nadere onderbouwing van de gegevens over het thema verzuring en grootchalige luchtverontreiniging zoals deze in de MV5 gepresenteerd zijn. Een overzicht van de toegepaste berekeningsmethodieken wordt gegeven in bijlage 3, in de vorm van zogenaamde feitenbladen. Op een aantal, cruciale, punten wordt in de betreffende hoofdstukken ingegaan op de keuzes die gemaakt zijn en de onderbouwing daarvoor geleverd. Verder is ten behoeve van degenen die gebruik willen maken van de scenario's van MV5 een uitgebreid overzicht gegeven van het onderliggende cijfermateriaal, met name voor de toepassing van prognose van de ontwikkeling in de lokale luchtkwaliteit (bijlage 1).



## 2 Grootschalige Luchtverontreiniging

### 2.1. Troposferisch ozon

#### 2.1.1 Inleiding

Ozon ( $O_3$ ) wordt in de lucht gevormd uit VOS en  $NO_x$  onder invloed van zonlicht. Ozon wordt gezien als een van de belangrijkste luchtverontreinigende stoffen die leiden tot nadelige effecten op humane gezondheid en vegetatie. In dit hoofdstuk wordt de verkenning van de effecten van ozon op humane gezondheid en natuur onderbouwd en van commentaar voorzien. Hiertoe zijn de kwaliteitsdoelstellingen toegepast die door de Europese Commissie in de concept EU dochterrichtlijn worden voorgesteld. De verkenning van de toekomstige ontwikkelingen is gebaseerd op modelberekeningen met het TNO-LOTOS en RIVM-EUROS model, Van Loon, (1996) en meetresultaten uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Tevens is een koppeling uitgevoerd met demografische en natuur gegevens.

#### 2.1.2 Meteorologie en overschrijdingen van de WHO-streefwaarde

Voor de ozonberekeningen is het jaar 1995 als basisjaar genomen. Voor de scenarioberekeningen van ozon betekent dat de emissies van 1995 voor basisberekeningen gebruikt worden, maar dat voor de meteorologie een ander jaar kan worden ingezet. De achtergrond van deze werkwijze is dat er van jaar tot jaar grote verschillen zijn in het optreden van zomersmog. Voor MV5 is gekozen voor een zogenaamde “worst-case” benadering; dat wil zeggen de meteorologie van het jaar dat het meest “smoggie” is, is toegepast voor alle berekeningen. Deze werkwijze onderscheidt zich van die welke gebruikt wordt voor bijv. depositieberekeningen. Doordat verzuring en vermesting primair cumulatieve problemen zijn, wordt voor die thema's gewerkt met langjarig gemiddelde meteorologie, zie ook Beck *et al.* (2001). Voor het kiezen van het meteorologisch jaar dat de meeste smog veroorzaakt, is het EUROS-model gerund met de meteorologie van 1989, 1990, 1992, 1993 en 1994, steeds met dezelfde emissie van 1990. Deze vijf jaren zijn tevens in gebruik voor het internationale UN-ECE- en EU- werk op het terrein van troposferisch ozon. In Tabel 2.1.1 worden de resultaten voor vier indicatoren gescoord met behulp van sterretjes.

Tabel 2.1.1 Smog gerangschikt voor vijf meteojaren en vier gangbare indicatoren.

	1989	1990	1992	1993	1994
Overschrijdingen $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als uurwaarde	**	*****	***	*	*****
Overschrijdingen $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 8 uren dagmaximum	***	**	*****	*	*****
AOT40 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).h	***	**	*****	*	*****
Som van overschrijdingen $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als 8 uren dagmaximum	**	***	*****	*	*****

\*\*\*\*\* = ernstig

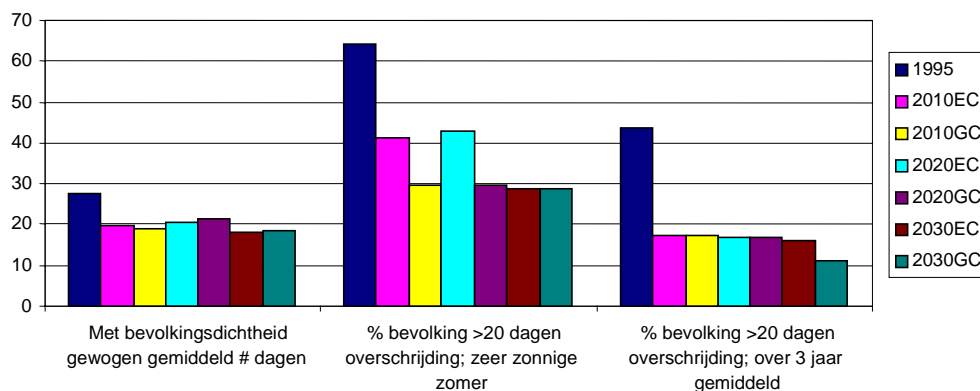
\* = minst ernstig

Het meteojaar 1994 omvat van vijf geteste jaren klaarblijkelijk de meteorologie die de meeste smog veroorzaakt. In het vervolg van de MV5- ozonberekeningen is daarom, zowel voor LOTOS als EUROS, steeds dit meteojaar toegepast. De keerzijde is dat de 1995 berekening niet goed vergeleken kan worden met metingen. Wel zijn EUROS-berekeningen voor 1990 en 1994 vergeleken met metingen.

De concept-EU-dochterrichtlijn voor troposferisch ozon (COM(99)125) stelt als evaluatieperiode voor het overschrijden van streefwaarden een middeling over drie jaar voor,

voor de bescherming van gezondheid en 5 jaar voor de bescherming van gewassen en natuurlijke vegetatie. Dit spoort niet met de gevolgde “worst case”-meteobenadering. Het ontbrak echter aan rekentijd (en schijfruimte) om de dochterrichtlijn definitie met EUROS en LOTOS precies te volgen. De concept dochterrichtlijn schrijft een maximum van 20<sup>1</sup> overschrijdingen van de streefwaarde voor gezondheid voor in 2010. Voor MV5 zijn de voor een “worst-case”-jaar gemodelleerde overschrijdingen vertaald naar een drie jaar gemiddelde meteorologie; waarbij is aangenomen dat 25 overschrijdingen in een worst-case meteorologisch jaar overeenkomt met 20 overschrijdingen gemiddeld over drie jaar. In Figuur 2.1.1 wordt het resultaat van deze procedure geïllustreerd. Het LOTOS-model berekende dat in de scenariojaren niemand van de Nederlandse bevolking meer dan 20 dagen wordt blootgesteld aan overschrijding van de WHO-streefwaarde, gemiddeld over drie jaar, terwijl EUROS 17% modelleerde. De EUROS- en LOTOS-resultaten zijn samengevat door te melden dat 0 - 15% van de bevolking in 2010, 2020 en 2030 naar verwachting aan meer dan 20 overschrijdingen zal worden blootgesteld.

Gemodelleerde overschrijdingen met EUROS van de WHO-streefwaarde



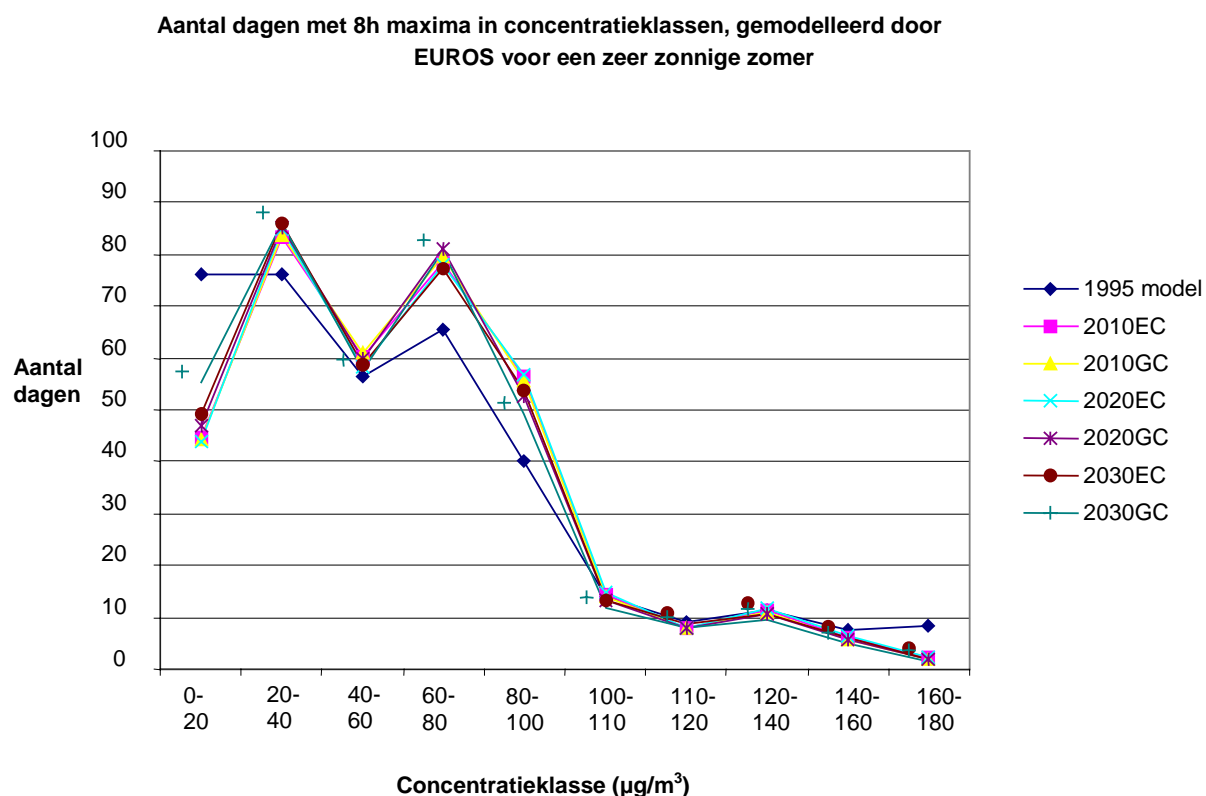
Figuur 2.1.1 Met EUROS gemodelleerde overschrijdingen van de WHO-streefwaarde. De “zeer zonnige zomer” is de worst-case meteo. Het gemiddelde over drie jaar is bepaald volgens boven beschreven procedure.

### Klassen van 8 uren dagmaxima

In Figuur 2.1.1 wordt het aantal door EUROS gemodelleerde dagen met 8-uursdagmaxima in concentratieklassen weergegeven. Allereerst valt op dat alle zichtjaren vrijwel identieke resultaten opleveren. Er zijn ook geen verschillen tussen de EC en GC varianten te onderkennen. De LOTOS-resultaten (niet afgebeeld) laten voor alle scenariovarianten min of meer hetzelfde beeld zien. Er is wel een verschil tussen het basisjaar en de zichtjaren. In de scenariojaren worden -ten opzichte van het basisjaar- minder dagen in de laagste concentratieklasse geplaatst. Dit wordt verklaard door een lagere NO<sub>x</sub>-emissie -en daardoor verminderde ozontitratie- in de scenario's. Verder worden er in de scenariojaren iets minder dagen in de hoogste klassen geplaatst en wordt een verschuiving waargenomen naar de klasse van de grootschalige achtergrond (60 - 80 µg/m<sup>3</sup>). Opvallend is de dip die EUROS in alle runs produceert in de 40 - 60 µg/m<sup>3</sup>-klasse. Dit kan een uiting zijn van een bimodaal of zelfs trimodaal ozonregime. In dat concept wordt de fenomenologie in de onderste twee concentratieklassen gedomineerd door de titratie tussen ozon en NO<sub>x</sub>. Daarop volgt de 60 - 80 µg/m<sup>3</sup>-categorie die gedomineerd wordt door de invloed van de grootschalige vrije troposfeer. Tot slot: de klassen > 100 µg/m<sup>3</sup> die bepaald worden door chemische productie in Europa.

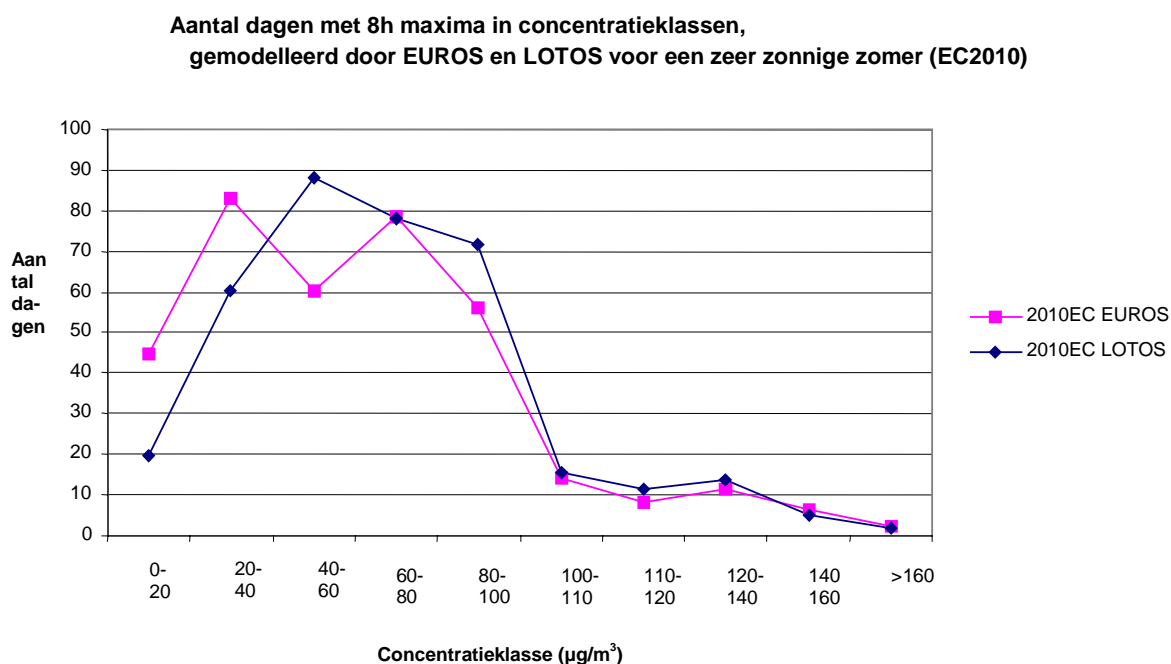
<sup>1</sup> In de Europese Milieuraad van 10-10-2000 zijn de Europese ministers overeengekomen om het voorstel van de Europese Commissie aan te passen en 25 dagen, gemiddeld over 3 jaar, als doelstelling voor 2010 na te streven. In dit rapport is getoetst aan het oorspronkelijke voorstel van de Europese Commissie van 20 dagen.

Het lijkt erop dat er in EUROS geen aansluiting bestaat tussen de onderste 2 regimes en waardoor het minimum bij 40 tot 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ontstaat.



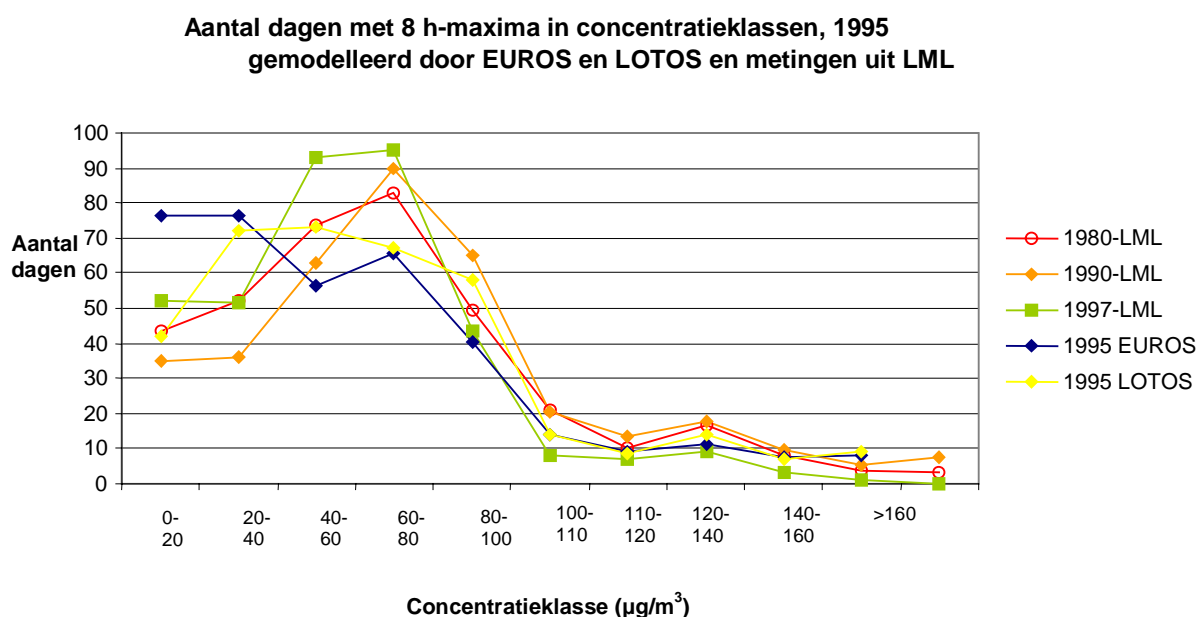
Figuur 2.1.2 Het aantal dagen per jaar met 8-uursdagmaxima in diverse concentratieklassen, MV5-emissies gemodelleerd door EUROS.

In Figuur 2.1.3 worden de resultaten van EUROS en LOTOS voor het 2010EC-scenario weergegeven.



Figuur 2.1.3 Aantal dagen met 8 uurs dagmaxima in diverse concentratieklassen gemodelleerd door EUROS en LOTOS voor 2010EC.

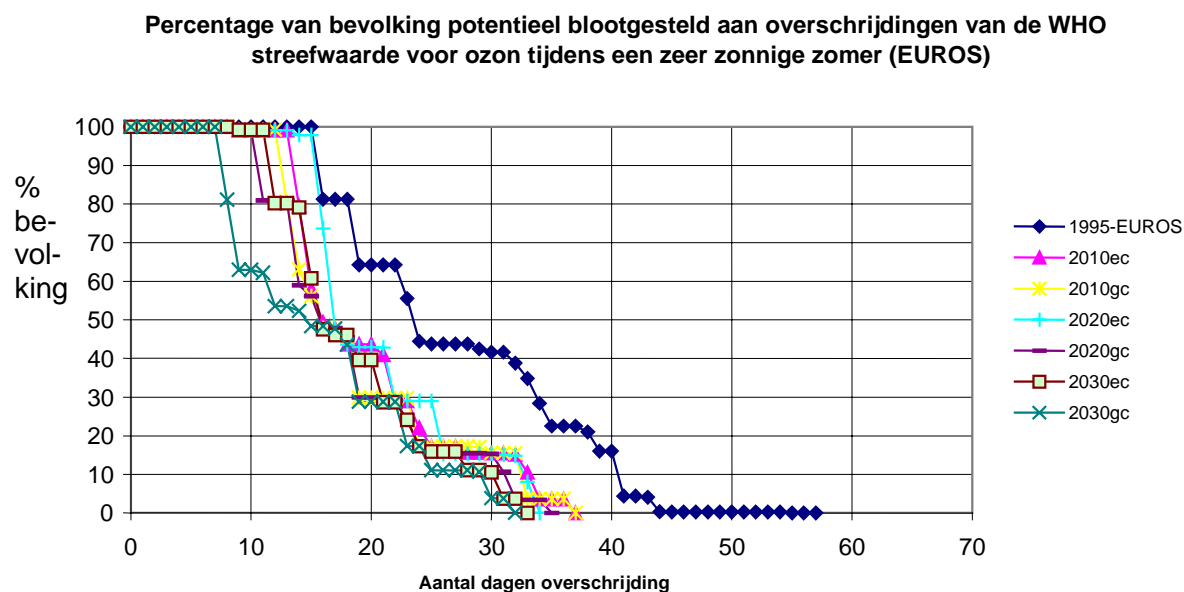
Afgezien van de laagste drie concentratieklassen vertonen beide berekeningen veel overeenkomsten. In Figuur 2.1.4 zijn de resultaten voor 1995 van EUROS en LOTOS vergeleken met de klassenindeling uit metingen. De jaren komen weliswaar niet overeen, maar de figuur geeft een indruk van de distributie die in metingen gevonden wordt onder verschillende meteorologische omstandigheden. Het jaar 1990 had een zonnige zomer waarin veel episoden voorkwamen. In 1997 was de augustusmaand zeer zonnig, terwijl het voorjaar en de rest van de zomer wisselvallig waren. De metingen plaatsen het grootste aantal dagen in de categorie 60 tot 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , het concentratiegebied dat geassocieerd is met de grootschalige achtergrond ozonconcentratie. Het minimum dat door EUROS gemodelleerd wordt in de 40 tot 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  klasse komt in de metingen niet voor. LOTOS laat in de laagste concentratie-regionen een tamelijk glad verloop zien. Over het geheel genomen vertoont de gemeten en gemodelleerde klassenindeling grote overeenkomsten.



*Figuur 2.1.4 Het aantal dagen per jaar met 8-uursdagmaxima in diverse concentratieklassen: metingen uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit en 1995-emissies gemodelleerd door EUROS en LOTOS, beide met 1994 meteorologie.*

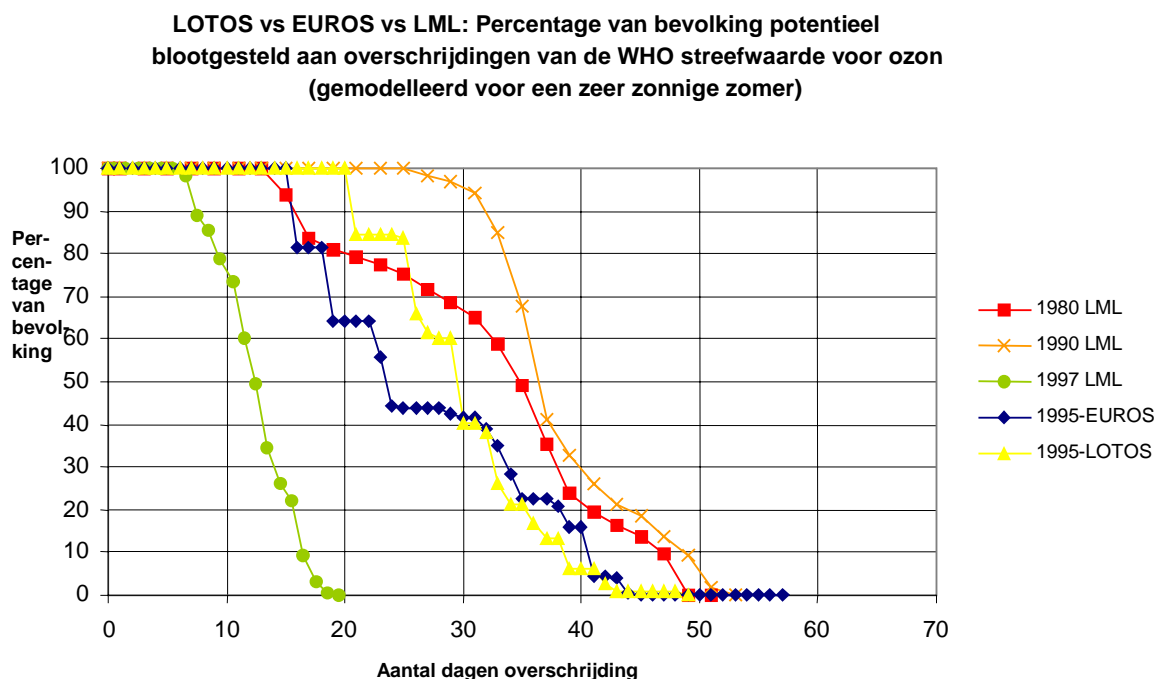
### 2.1.3 Potentiële blootstelling van de bevolking aan troposferisch ozon

Figuur 2.1.5 presenteert de potentiële blootstelling van Nederlanders aan ozon berekend met EUROS voor het basisjaar en de MV5-scenario's. Er wordt gesproken over potentiële blootstelling omdat de actuele blootstelling afhangt van onder andere het binnen / buitengedrag van mensen. De figuur laat zien dat in het zonnige basisjaar 50% van de mensen potentieel 24 dagen overschrijding ondervond. Voor de zonnige scenariojaren berekent EUROS een overschrijding van ca. 16 dagen. Vrijwel niemand werd volgens EUROS in het basisjaar blootgesteld aan meer dan 45 overschrijdingen. In de scenariovarianten bedraagt dit aantal ca. 35 dagen. De berekeningen illustreren dat de EU-doelstelling voor 2010 van maximaal 20 overschrijdingen -met mooi zomerweer- voor ongeveer 70% van de mensen gehaald wordt en dat dit aantal bij het voorgenomen beleid, volgens het model, niet groeit tussen 2010 en 2030.



Figuur 2.1.5 Percentage van de bevolking potentieel blootgesteld aan overschrijdingen van de WHO-streefwaarde.

Figuur 2.1.6 is opgebouwd volgens hetzelfde concept als Figuur 2.1.5 alleen zijn nu de resultaten van het LML, EUROS en LOTOS weergegeven. De metingen uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (regionale stations) zijn geïnterpoleerd en gekoppeld met een bevolkingsbestand. Hierbij wordt opgemerkt dat voor alle vijf de curves hetzelfde bevolkingsbestand van 1995 is toegepast.



Figuur 2.1.6 Het percentage van de bevolking potentieel blootgesteld aan overschrijdingen van de WHO streefwaarde berekend door EUROS, LOTOS (1995) en gemeten in het LML.

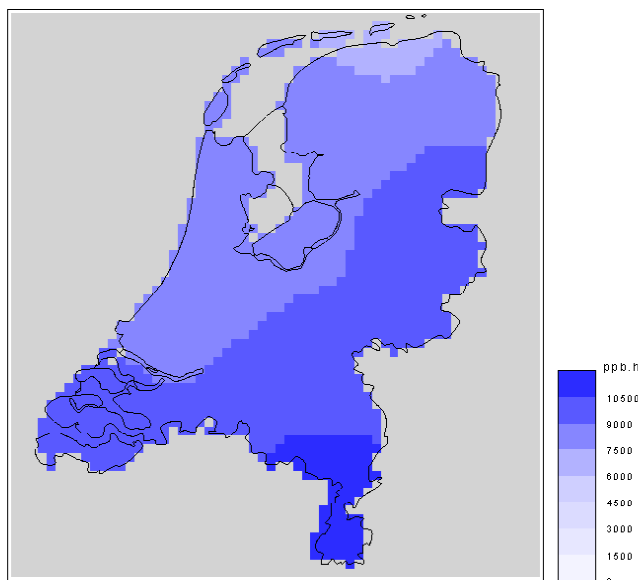
De 1995-curves berekend door EUROS en LOTOS komen vanaf dertig dagen overschrijding, (40% van de bevolking) goed met elkaar overeen. Daaronder zijn er grotere verschillen die onder andere veroorzaakt worden door de omgekeerde gradiënt die LOTOS modelleert over

Nederland. Zeer opvallend is dat de drie op metingen gebaseerde curves een grote spreiding vertonen. De emissiereductie van VOS en NO<sub>x</sub> tussen 1980 en 1997 kan hiervoor een verklaring zijn. Toch blijft staan dat de gemodelleerde afname van het aantal overschrijdingen tussen 1995 en 2010 (voor een zeer zonnige zomer!) kleiner lijkt dan de huidige van jaar tot jaar optredende verschillen door meteorologische invloeden. Ook nu komen er jaren voor (1997) waarbij Nederlanders geen overschrijdingen ondervinden van de EU2010-doelstelling (maximaal 20 overschrijdingen van de WHO-streefwaarde).

#### 2.1.4 Overschrijding van de kritische waarde voor gewassen en natuurlijke vegetatie

De blootstelling van natuur aan ozon wordt in beeld gebracht via de AOT40 grootte. Deze parameter sommeert alle overschrijdingen van 80 µg/m<sup>3</sup> (= 40 ppb) tijdens daglichturen in de periode mei, juni en juli. Het kritisch niveau is gedefinieerd op 6000 (µg/m<sup>3</sup>)h. De EU heeft een tussentijdse streefwaarde voor 2010 gedefinieerd met een hoogte van 17000 (µg/m<sup>3</sup>)h. De AOT40 resultaten worden hier, in de vorm van figuren, alleen voor het EUROS-model gepresenteerd. De verificatie met het LOTOS-model wordt in de tekst weergegeven.

5 year averaged AOT40-crops (89,90,92,93,94)

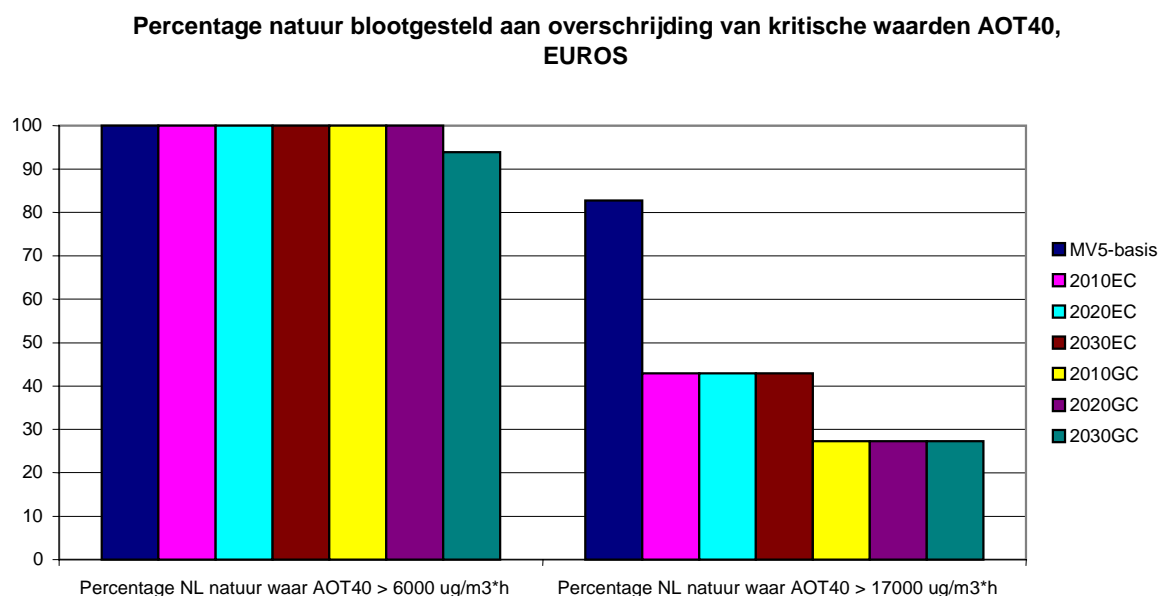


Figuur 2.1.7 Overschrijding AOT<sub>40c</sub> in Nederland in de periode 1989-1994.

In de laatste twintig jaar is er geen significante trend opgetreden mbt overschrijding van ozonnormen. Overschrijding van de EU-ozon norm voor 2010, ter bescherming van de ecosystemen (AOT40<sub>c</sub>, gemiddeld over 5 jaar niet meer dan 17000 (µg/m<sup>3</sup>)h) wordt op circa 50% van het Nederlands grondgebied overschreden, met name in Zuidoost Nederland.

De lange termijn norm voor ecosystemen (AOT40<sub>c</sub> niet meer dan 6000 (µg/m<sup>3</sup>)h) wordt in heel Nederland overschreden, zie Figuur 2.17. Figuur 2.1.8 laat zien dat het kritisch niveau van 6000 µg.m<sup>-3</sup>.h zowel in het basisjaar als de zichtjaren in 100% van de Nederlandse natuur wordt overschreden. Dit resultaat wordt bevestigd door de LOTOS-berekeningen.





*Figuur 2.1.8 Percentage natuur blootgesteld aan overschrijding van kritische waarden.*

Er lijkt een groot verschil te bestaan tussen GC en EC met betrekking tot de overschrijding van de EU-tussendoelstelling van 2010; EUROS berekent respectievelijk voor 40 en 28% van de natuur een overschrijding. Het verschil wordt veroorzaakt door een EUROS-cel; in de GC-varianten wordt niet minder dan 17000 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )h berekend. Omdat het om een grid gaat met relatief veel natuur (Utrechtse heuvelrug en een stukje Veluwe) ontstaat zo een groot procentueel verschil uitgedrukt ten opzichte van de totale Nederlandse natuur. LOTOS berekent voor de Nederlandse natuur in de scenariojaren geen overschrijdingen van de 2010 streefwaarde van 17000 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )h. In de periode 1994-1997 laten de LML stations ranges zien van ca. 10000 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )h tussen de AOT40 som in een zonnige zomer en een regenachtige zomer. Omdat de EU voorstelt om de AOT40 overschrijdingen te evalueren op basis van een 5-jaar gemiddelde kiezen we hier de grens van 22000 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )h voor een zeer zonnige zomer om de drempel van 17000 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )h te simuleren voor een 5-jaar gemiddelde. EUROS berekent onder deze veronderstelling dat voor alle zichtjaren ca 10% van de Nederlandse natuur, over 5 jaar gemiddeld, wordt blootgesteld aan overschrijdingen van de 2010 tussendoelstelling.

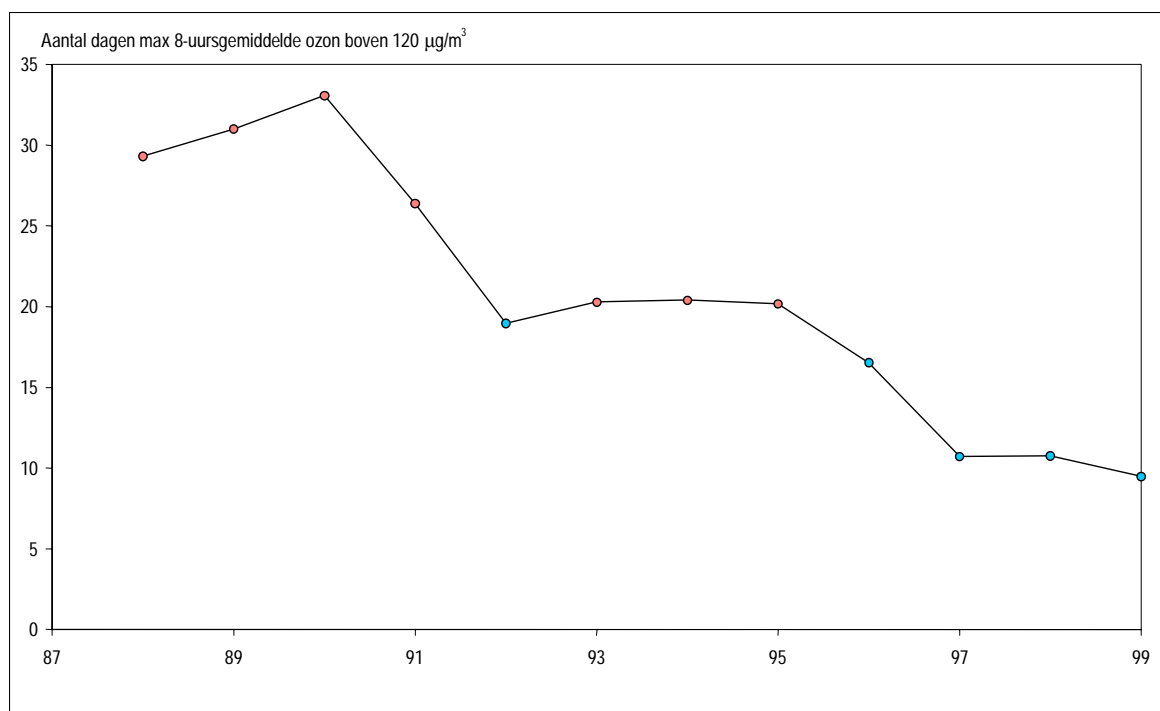
De combinatie van de EUROS- en LOTOS-resultaten leidt tot de vermelding in MV5 dat de norm ( $<18000$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )h) voor 2010 voor de periode 2010-2030 voor Nederland gemiddeld realiseerbaar lijkt. Deze formulering doet enerzijds recht aan de 0-10% van de Nederlandse natuur die volgens EUROS en LOTOS wordt blootgesteld aan overschrijdingen van de EU streefwaarde voor 2010. Anderzijds wordt aangegeven dat naar verwachting een groot deel van de natuur minder dan 17000 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )h zal ondervinden. Toepassing van een “vijfjaarsmiddeling”-benadering voor het schatten van de overschrijding van de lange termijn kritische waarde van 6000 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )h leidt tot de conclusie dat 90% of meer van de natuur in de scenariojaren -ook gemiddeld over vijf jaar- zal worden blootgesteld aan overschrijdingen van de lange termijn kritische waarde. Dit resultaat wordt bevestigd via de LOTOS berekeningen.

### 2.1.5 Conclusies en aanbevelingen

De modellen EUROS en LOTOS presteren goed in de hoge ozonklassen. In de lagere ozonklasse presteert LOTOS iets beter dan EUROS. Om de berekende resultaten consistent te houden met onder meer berekeningen voor NMP4 is gekozen om de resultaten van EUROS

in MV5 te presenteren. EUROS (en LOTOS) houdt thans onvoldoende rekening met het  $\text{NO}_x$ -titratie effect in steden, hierdoor vindt een overschatting van de blootstelling plaats. Verbetering hierin kan worden bereikt door de optie gridverfijning (50x50 km naar 7,5x7,5 km) in EUROS te implementeren.

De troposferische ozonachtergrondconcentratie wordt gestuurd door de CO- en methaan-emissie op het noordelijk halfrond. Verandering hiervan in de tijd kan worden meegenomen door het koppelen van een troposferisch ozonmodel aan EUROS. Deze optie is met name van belang indien verder in de tijd (>20 jaar) of vérgaand reductiebeleid wordt doorgerekend. Buiten Nederland is EUROS slechts beperkt gevalideerd. Daardoor is het geldigheidsgebied voor de Europese toepassingen voorlopig beperkt tot Nederland en de buurlanden. Nader onderzoek naar het geldigheidsgebied van EUROS voor Europese berekeningen wordt aanbevolen. De modellen LOTOS en EUROS berekenen dat gemiddeld over 3 jaar 0-15% van de bevolking de komende 30 jaar aan meer dan 20 overschrijdingen van de WHO streefwaarde zal worden blootgesteld. Voor de schatting van de blootstelling van de mens is verondersteld dat de ozonniveaus in steden gelijk zijn aan de regionale niveaus. Door het titratie effect van verhoogde stikstofoxide concentraties in steden zullen de ozonconcentraties waaraan de stadsbevolking is blootgesteld in de praktijk lager liggen - en zal ook het aantal dagen overschrijding voor hen kleiner zijn. Figuur 2.1.9 geeft op basis van metingen de ontwikkeling in de 3 jaar gemiddelde overschrijding van de EU streefwaarde weer. Vanwege de neerwaartse trend in de meting gecombineerd met de modeloverschatting in steden en de verwachte additionele emissiedaling van VOS en  $\text{NO}_x$  in de komende 10 jaar wordt in dit rapport -op basis van expert judgement- geconcludeerd dat de EU 2010 streefwaarde in Nederland gehaald zal worden. In de MV5 is gekozen voor een conservatieve variant van deze conclusie door te melden dat "het aantal dagen waarbij de ozonnorm voor blootstelling van mensen wordt overschreden in de periode 2010-2030, *gemiddeld over Nederland*, onder de streefwaarde voor 2010 maar boven de lange termijn doelstelling ligt".



Figuur 2.1.9 Gemiddeld aantal dagen overschrijding van de acht uur WHO-norm voor de gezondheid van de mens zoals gemeten in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit, als drie-jaarsgemiddelde in de periode 1988-1999.

## 2.2. Concentratie van stikstofdioxide in Nederland

### 2.2.1 Inleiding

Van de stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) in de buitenlucht levert met name het deel stikstofdioxide ( $\text{NO}_2$ ) risico's voor de gezondheid van de mens, zowel bij korte als lange termijn blootstelling. Ten behoeve van MV5 zijn achtergrondconcentraties  $\text{NO}_2$  en lokale verhogingen langs wegen in steden onderzocht (zie Tabel 2.2.1). In paragraaf 2.2.2 wordt de  $\text{NO}_x$ – $\text{NO}_2$  conversiemethode besproken welke is toegepast bij bepaling van  $\text{NO}_2$  achtergrondconcentraties uit  $\text{NO}_x$ . Paragraaf 2.2.3 beschrijft de empirische relatie tussen jaargemiddelde concentratie en het 98-percentiel van uurwaarden  $\text{NO}_2$ . Paragraaf 2.2.4 gaat in op toepassing van het CAR-model.

Tabel 2.2.1 Blootstelling aan jaargemiddelde concentraties  $\text{NO}_2$  boven de grenswaarde van  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

	Eenheid	1995	2010 EC	2010 GC	2020 EC	2020 GC	2030 EC	2030 GC
Bevolking Nederland								
Gemiddelde blootstellingsniveau	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	33	21	22	20	22	21	25
Blootstellingsniveau > $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	(1000 inw.)	2900	3	7	0	8	1	37
Idem in jaar met ongunstige meteo	(1000 inw.)	5200	65	380	23	340	50	930
Oppervlakte Nederland								
Gemiddelde blootstellingsniveau	( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	26	16	16	14	17	15	18
Blootstellingsniveau > $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	( $\text{km}^2$ )	1200	3	6	0	7	2	26
Idem in jaar met ongunstige meteo	( $\text{km}^2$ )	3400	46	82	27	87	43	240
Verkeerswegen in steden								
Totale weglengte, > $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	(km)	2400	2	2	1	2	1	3
Idem in jaar met ongunstige meteo	(km)	3500	250	340	90	320	100	460

### 2.2.2 $\text{NO}_x$ – $\text{NO}_2$ -conversie

Uitgegaan is van de concentratie  $\text{NO}_x$  berekend met het OPS/SIGMA-verspreidingsmodel uit  $\text{NO}_x$ -emissies. Het aandeel  $\text{NO}_2$  in  $\text{NO}_x$  varieert in tijd en ruimte. Voor de conversie van  $\text{NO}_x$  naar  $\text{NO}_2$  is gebruik gemaakt van empirische relaties die het fotochemisch evenwicht op jaarbasis beschrijven. In deze paragraaf worden overwegingen en de toegepaste  $\text{NO}_x$  –  $\text{NO}_2$ -conversie besproken. Voor de achtergrondsituatie is in de vorige milieuverkenning (MV4) gebruik gemaakt van de conversie methode uit het CUMU-project (Pruppers, 1996) gebaseerd op waarnemingen in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (LML) in de jaren 1991-1994. Sindsdien is er een nieuwe in Zwitserland ontwikkelde, eveneens empirische, relatie beschikbaar gekomen (Keller *et al.*, 1997). Het Zwitserse algoritme luidt:

$$\text{NO}_2 = \alpha \text{NO}_x + I_0 (1 - e^{-(\beta - \alpha)/I_0 \text{NO}_x})$$

met  $\alpha = 0.055$ ,  $\beta = 0.7$  en  $I_0 = 55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , en  $\text{NO}_x$  en  $\text{NO}_2$  in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Uit een testset van LML-gegevens 1991-1998 blijkt dat de nauwkeurigheid van de Zwitserse relatie voor de Nederlandse situatie lager is dan van de CUMU-relaties. Bovendien levert de Zwitserse methode geen informatie over  $\text{O}_3$ , hetgeen wel wenselijk is voor het CAR-model (zie paragraaf 2.2.4). Voor de vijfde milieuverkenning is daarom opnieuw gekozen voor de CUMU-methode met herberekening van parameters. Dit was mogelijk door het beschikbaar komen van meetgegevens over meer jaren (1991-1998). Daarbij is  $\text{O}_x$  niet langer afhankelijk gesteld van  $\text{NO}_x$  maar van de wortel uit  $\text{NO}_x$ , zoals onderstaand beschreven. Deze herberekening leverde overigens slechts een geringe verbetering op voor de nauwkeurigheid in vergelijking met het stelsel van parameters uit het CUMU-project.

Basis voor de conversiemethode vormen het fotochemisch evenwicht met K de fotochemische constante op jaarbasis:

$$K = (NO \cdot O_3)/NO_2 \quad (1)$$

en twee regressiemodellen voor K en het oxidantniveau Ox. Hierbij wordt geen onderscheid in soort locatie (wel of geen bronnen in directe omgeving) gemaakt. Gebruik is gemaakt van meetresultaten van de regionale (26), stads- (4) en straatstations (8) in het meetnet met een NO<sub>x</sub>- en een O<sub>3</sub>-monitor. De configuratie van meetlocaties is gelijk gebleven gedurende de beschouwde jaren. Voor een tiental stations ontbreken meetwaarden een of meer jaren. Uit de beschikbare meetwaarden (N=280) volgen de regressiemodellen voor K en Ox (concentraties in ppb):

$$K = 0,27 NO_x + 4,5 \quad (2)$$

$$Ox = 1,3 \sqrt{NO_x} + 27,4 \quad (3)$$

Omdat

$$NO_x = NO + NO_2$$

en

$$Ox = NO_2 + O_3$$

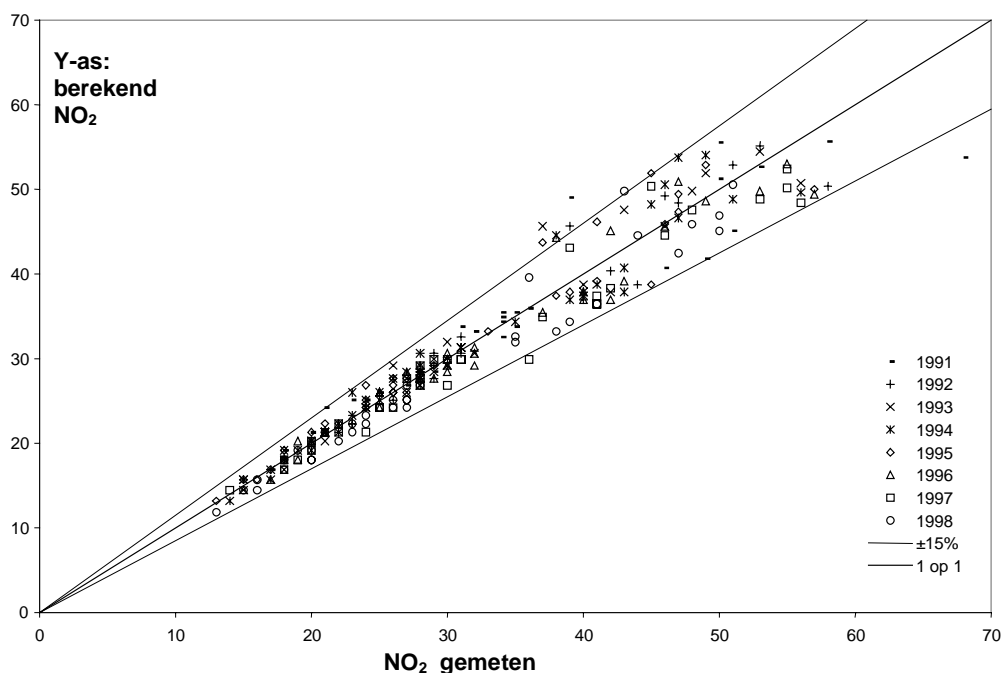
kan (1) geschreven worden als:

$$K = ((NO_x - NO_2) \cdot (Ox - NO_2)) / NO_2 \quad (4)$$

Met behulp van de wortelformule kan (4) herschreven worden als:

$$NO_2 = 0,5 (NO_x + Ox + K) - 0,5 \sqrt{(NO_x + Ox + K)^2 - 4 (NO_x \cdot Ox)} \quad (5)$$

Uit vergelijking (5) volgt na substitutie van (2) en (3) de concentratie NO<sub>2</sub> uit een gegeven concentratie NO<sub>x</sub>. Voor omrekening van NO<sub>2</sub> van ppb naar µg/m<sup>3</sup> is gebruikt: 1 ppb NO<sub>2</sub> = 1,882 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>. Als NO<sub>2</sub> bekend is, is O<sub>3</sub> ook eenvoudig te berekenen uit het verschil van Ox en NO<sub>2</sub> (1 ppb O<sub>3</sub> = 1,963 µg/m<sup>3</sup> O<sub>3</sub>). Deze rekenregels worden verder aangeduid als SAPPHO (Statistics for Assessment of Percentiles and PHOtochemistry).



Figuur 2.2.1 Correlatiediagram voor NO<sub>2</sub>-concentraties met SAPPHO berekent uit gemeten NO<sub>x</sub>-concentraties versus gemeten NO<sub>2</sub>-concentraties in de jaren 1991-1998 (N=280).

Jaargemiddelde concentraties  $\text{NO}_x$  gemeten in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit in de periode 1991 tot en met 1998 zijn met behulp van bovenstaande methoden geconverteerd naar jaargemiddelde concentraties  $\text{NO}_2$ . De gemeten  $\text{NO}_2$ -concentraties zijn vergeleken met de berekende  $\text{NO}_2$ -concentraties, in Figuur 2.2.1 is het correlatiediagram voor de methode SAPPHO weergegeven. De fractie verklaarde variantie ( $R^2$ ) is 0,94, de bijbehorende regressievergelijking:

$$\text{NO}_2 \text{ berekend} = 0,997 \text{ NO}_2 \text{ gemeten} + 0,38.$$

De standard error  $S_{y,x}$  is 2,8.

Ter oriëntatie is in de figuur een marge van 15% weergegeven. Een statistische vergelijking van de drie varianten is in Tabel 2.2.2 weergegeven. Voor de Nederlandse situatie leverde het Zwitserse algoritme geen verbetering op ten opzichte van de methode gebruikt in MV4 (CUMU). De herberekening van parameters op basis van meetwaarden in 1991-1998 (SAPPHO) leverde een kleine verbetering op in vergelijking met de parameters gebruikt in het CUMU-onderzoek.

Tabel 2.2.2 Vergelijking van resultaten van drie varianten voor  $\text{NO}_x$  -  $\text{NO}_2$ -conversie.

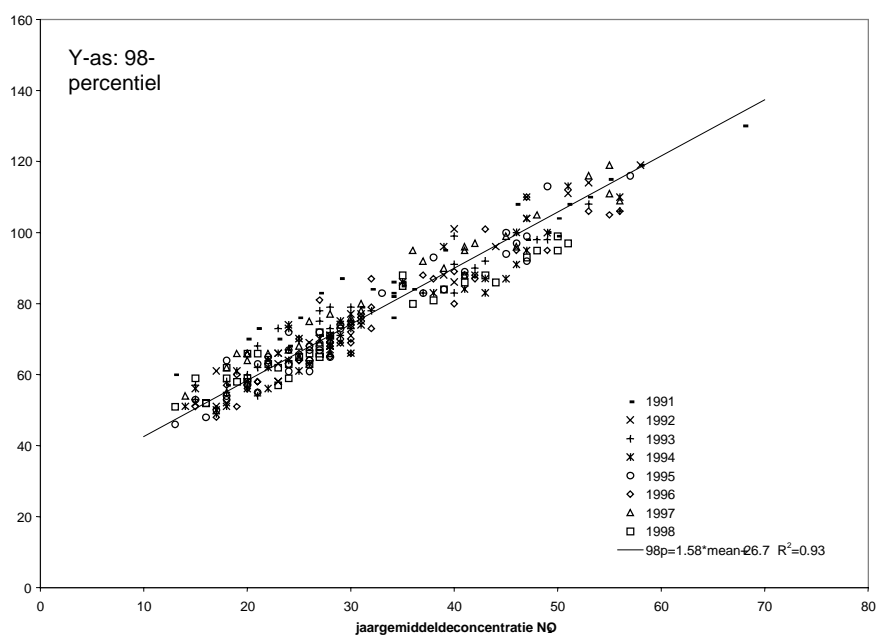
	SAPPHO (MV5)	CUMU (MV4)	Zwitsers algoritme
<b><math>\text{NO}_2</math>-concentraties</b>			
Som van kwadraten van residuen $\text{NO}_2$ ( $\sum(\text{NO}_2 \text{ berekend} - \text{NO}_2 \text{ gemeten})^2$ )	2147	2746	5756
Correlatie tussen $\text{NO}_2$ berekend uit $\text{NO}_x$ en gemeten concentraties $\text{NO}_2$ ( $R^2$ )	0,94	0,94	0,93
Correlatie tussen residuen en gemeten concentraties $\text{NO}_2$ ( $R^2$ )	0,05	0,08	0,21
Standard error voor $\text{NO}_2$ ( $S_{y,x}$ )	2,76	2,80	3,14
<b><math>\text{O}_3</math>-concentraties</b>			
Som van kwadraten van residuen $\text{O}_3$ ( $\sum(\text{O}_3 \text{ berekend} - \text{O}_3 \text{ gemeten})^2$ )	4758	5442	-
Correlatie tussen $\text{O}_3$ berekend uit $\text{NO}_x$ en gemeten concentraties $\text{O}_3$ ( $R^2$ )	0,69	0,69	-
Correlatie tussen residuen en gemeten concentraties $\text{O}_3$ ( $R^2$ )	0,03	0,05	-
Standard error voor $\text{O}_3$ ( $S_{y,x}$ )	4,08	4,10	-

### 2.2.3 Empirische relatie tussen de jaargemiddelde concentratie en het 98-percentiel van uurwaarden $\text{NO}_2$

Naast de in de voorgaande paragraaf beschreven  $\text{NO}_x$  –  $\text{NO}_2$ -conversie is er ook een empirische relatie opgesteld voor het verband tussen jaargemiddelde concentratie en 98-percentiel van uurwaarden voor  $\text{NO}_2$ . Ook in dit geval is uitgegaan van de methode gelijk aan die in het CUMU-onderzoek (Pruppers, 1996) en heeft een herberekening plaatsgevonden met gebruik van LML-metresultaten uit recente jaren. Met behulp van jaargegevens van alle typen stations (regionale, stads- en straatstations) is een regressievergelijking afgeleid voor jaargemiddelden en 98-percentielen uit 1991-1998, zie Figuur 2.2.2. Het resultaat is de volgende relatie:

$$P98(\text{NO}_2) = 1,58 \text{ mean}(\text{NO}_2) + 26,7$$

waarin  $P98(\text{NO}_2)$  het 98-percentiel van uurwaarden en  $\text{mean}(\text{NO}_2)$  de jaargemiddelde concentratie van  $\text{NO}_2$ .



Figuur 2.2.2 Verband tussen het 98-percentiel van uurwaarden en het jaargemiddelde voor  $\text{NO}_2$  in de jaren 1991-1998 ( $N=283$ ).

## 2.2.4 CAR-model

Voor berekening van concentraties langs wegen is gebruik gemaakt van het CAR-model, Eerens *et al.* (1993). Het CAR-model omvat een conversiemodule ten behoeve van de bepaling van de 98-percentielwaarde van  $\text{NO}_2$  langs verkeerswegen. Het model berekent een toename van de 98-percentielwaarde van  $\text{NO}_2$  uit de  $\text{NO}_x$ -verkeersbijdrage, de achtergrondconcentraties  $\text{NO}_2$  en  $\text{O}_3$ , en twee fotochemische parameters  $K$  en  $B$ . Aanpassing van deze conversiemodule voor het 98-percentiel naar een conversiemodule voor de jaargemiddelde concentratie  $\text{NO}_2$  leverde geen bevredigend resultaat. Gekozen is voor het alternatief om ook in de CAR-berekeningen gebruik te maken van  $\text{NO}_x - \text{NO}_2$ -conversie volgens SAPPHO. Dit betekent dat met het CAR-model eerst de totale  $\text{NO}_x$ -concentratie op een receptorpunt wordt berekend en vervolgens met SAPPHO een conversie van (totale)  $\text{NO}_x$ -concentratie naar  $\text{NO}_2$  plaatsvindt. Bijkomend voordeel is consistentie met berekeningen van achtergrondconcentraties  $\text{NO}_2$ . In bijlage 1 zijn in de MV5 gebruikte parameters voor het CAR-model weergegeven. In de tabellen staan ook parameters voor componenten welke niet in MV5 zijn opgenomen, waaronder parameters voor het 98-percentiel van uurwaarden  $\text{NO}_2$  (volgens de “oude” methode in het CAR-model). De achtergrondconcentratie voor het 98-percentiel van  $\text{NO}_2$  is berekend uit de jaargemiddelde achtergrondconcentratie  $\text{NO}_2$  met behulp van de in paragraaf 2.2.3 beschreven empirische relatie. De parameter voor het ozon-niveau in de achtergrond, gerelateerd aan de 98-percentielwaarde van  $\text{NO}_2$  ( $\text{O}_3^*$ ), is bepaald met behulp van de jaargemiddelde achtergrondconcentratie van  $\text{O}_3$ , die tijdens de  $\text{NO}_x - \text{NO}_2$ -conversie voor de  $\text{NO}_2$ -concentratie (zie 2.2.2) als “bijproduct” zijn berekend.

Geconcludeerd moet worden dat berekening van jaargemiddelde concentraties  $\text{NO}_2$  in het CAR-model nog de aandacht behoeft. De toepassing van de  $\text{NO}_x - \text{NO}_2$ -conversiemethode moet eerder als een noodoplossing worden gezien dan als een definitieve keuze. Optimalisering van de “oude” methode in CAR voor jaargemiddelden  $\text{NO}_2$  of afstemming met het Nationaal Model zijn mogelijke alternatieven.

## 2.3. Ecosysteemnorm voor $\text{NO}_x$

Voor het vaststellen of de nieuwe Europese  $\text{NO}_x$ -norm (EU, 1999) voor ecosystemen ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) wordt overschreden dient tevens te worden nagegaan of het een aaneengesloten

gebied van tenminste 1000 km<sup>2</sup> betreft en dient het gebied geen stedelijke omgeving of snelwegen te bevatten. Er zijn verschillende benaderingen mogelijk om hier mee om te gaan. In bijlage 2 zijn 4 benaderingen, uiteenlopend van een zeer strikte interpretatie tot een milieuvriendelijke interpretatie uitgewerkt. Bij de zeer strikte interpretatie komt alleen een gebied in het noorden van de provincies Friesland en Groningen in aanmerking. Bij de milieuvriendelijke interpretatie betreft het grootste gedeelte van Nederland, uitgezonderd de randstad en een groot gedeelte van Noord-Brabant (zie hiervoor tevens de figuren in bijlage 2).

### 2.3.1 NO<sub>x</sub>-concentratie 1980 - 2030

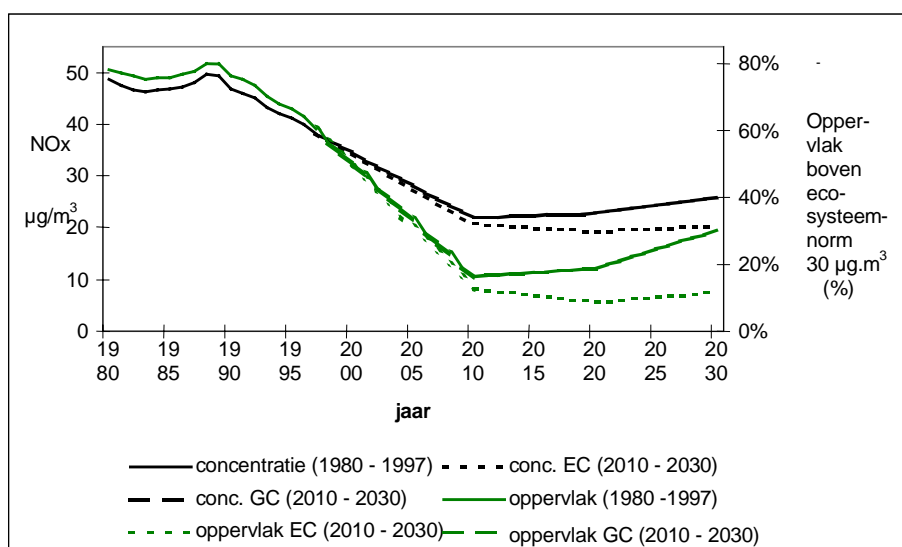
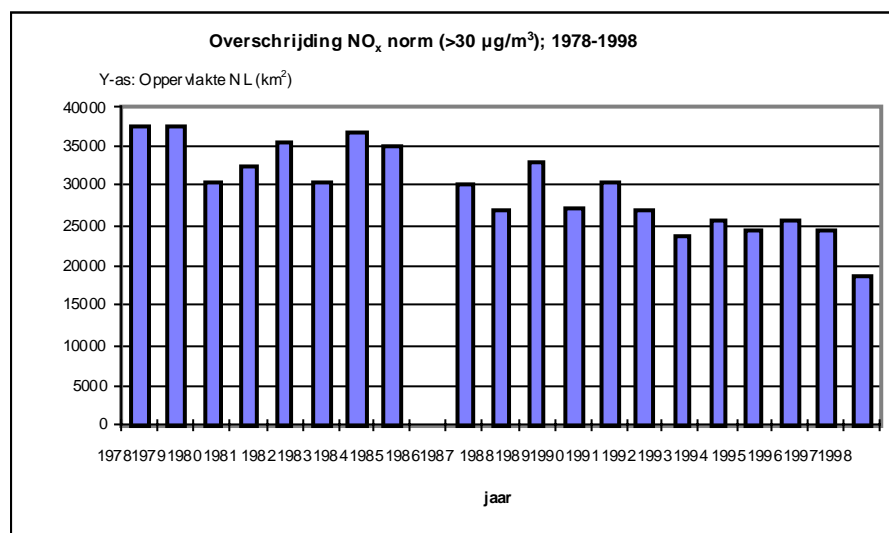
De overschrijding van de ecosysteemnorm voor NO<sub>x</sub> over de periode 1980 – 2030 is berekend met het verspreidingsmodel OPS (versie: opsexp8e). Deze berekeningen zijn uitgevoerd met langjarige (gemiddelde) meteorologische omstandigheden. Voor de concentratie berekeningen van NO<sub>x</sub> zijn emissie gegevens over de periode 1980 - 2030 geschaald ten opzichte van het basisjaar 1995. Met SIGMA zijn voor de zichtjaren de NO<sub>x</sub>-concentraties berekend voor Nederland, de gemiddelde concentratie per jaar staat in Tabel 2.3.1. De concentratievelden NO<sub>x</sub>, berekend met het OPS-model, worden uitgedrukt in ppb NO<sub>x</sub>. Omrekening naar µg/m<sup>3</sup> NO<sub>x</sub> gebeurt met een factor 1,882. Met behulp van een masker zijn de gebieden geselecteerd waar de NO<sub>x</sub>-concentratie boven de 30 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>x</sub> ligt. Het berekende bijbehorende oppervlak boven de ecosysteemnorm is eveneens weergegeven in Tabel 2.3.1. Op basis van de berekeningen kan geconcludeerd worden dat het oppervlak boven de ecosysteem norm over de periode 1980 - 1997 daalt van 80% (30.000 km<sup>2</sup>) naar 60% (23.000 km<sup>2</sup>). En afhankelijk van het gekozen scenario zal uiteindelijk in 2030: 16 % of 30% boven de norm liggen voor het EC- respectievelijk GC-scenario.

Tabel 2.3.1 Concentratie NO<sub>x</sub> en oppervlak boven de ecosysteemnorm over de periode 1980 – 2030 (EC en GC).

jaar / scenario	concentratie NO <sub>x</sub> (µg.m <sup>-3</sup> )	oppervlak boven ecosysteemnorm 30 µg.m <sup>-3</sup> NO <sub>x</sub> (km <sup>2</sup> )*1
1980	49	30000
1985	47	29000
1990	47	29000
1995	41	25000
1997	38	23000
2010	21 – 22	4800 – 6200
2020	19 – 23	3300 – 7100
2030	20 – 26	4500 – 11000

\*1 Totaal oppervlak van Nederland bedraagt: 38000km<sup>2</sup>.

Het verloop van de NO<sub>x</sub>-concentratie en de overschrijding van de ecosysteemnorm, zowel bepaald uit metingen als uit modelberekeningen wordt weergegeven in Figuur 2.3.1. Het ruimtelijk patroon voor 1997 en 2010 wordt weergegeven in bijlage 2. Gecombineerd met de overige criteria (gebiedsgrootte 1000 km<sup>2</sup>, buiten stedelijk gebied en snelwegen) blijken er vanaf 2010 geen overschrijding van de ecosysteemnorm voor NO<sub>x</sub> meer voor te doen.



*Figuur 2.3.1 Concentratie verloop  $\text{NO}_x$  en de overschrijding van de ecosysteem norm, boven zoals bepaald uit metingen en onder zoals bepaald uit modelberekeningen.*



## 2.4. Fijn stof (PM<sub>10</sub>)

### 2.4.1 Inleiding

De Europese Unie heeft in 1999 een luchtkwaliteitsrichtlijn voor fijn stof aangenomen (EU, 1999). De jaargemiddelde concentratie van PM<sub>10</sub> (deeltjes kleiner dan 10 µm) dient in 2005 onder 40 µg/m<sup>3</sup> uit te komen. Indicatief is gesteld dat in 2010 de jaargemiddelde concentraties onder de 20 µg/m<sup>3</sup> uit moeten komen. Voor kortdurende blootstelling is een maximum daggemiddelde van 50 µg/m<sup>3</sup> vastgesteld. Vanaf 2005 mag deze niet meer dan 35 dagen per jaar worden overschreden en vanaf 2010 niet vaker dan 7 dagen per jaar. Nu worden ongeveer 140 miljoen mensen in Europa ieder jaar blootgesteld aan jaargemiddelde concentraties van meer dan 40 µg/m<sup>3</sup>.

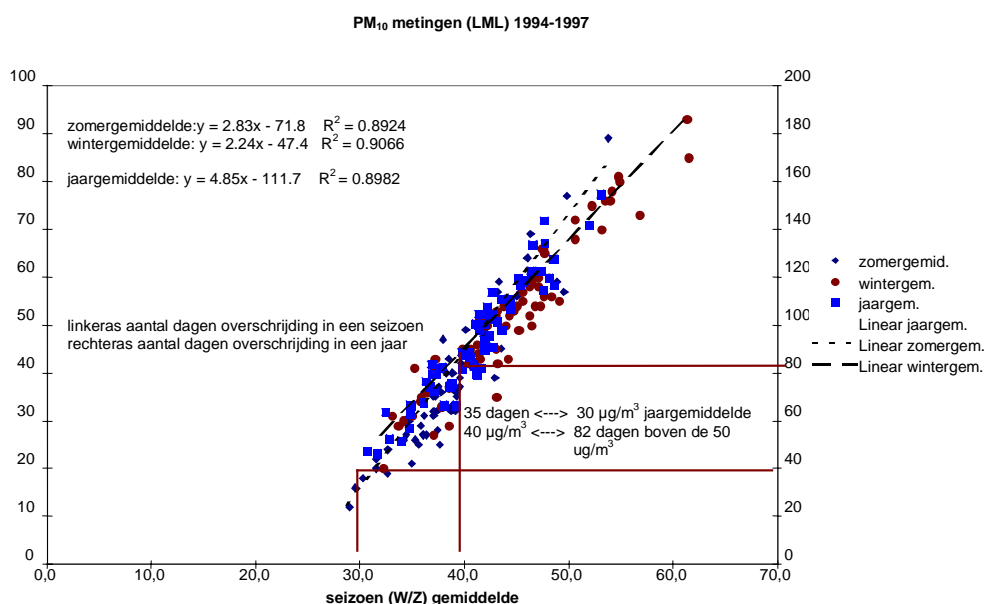
### 2.4.2 Fijn stof emissies

Fijn stof emissies komen vooral vrij bij onvolledige verbranding van fossiele brandstoffen en door mechanische processen in de industrie, bandenslijtage in het verkeer en op- en overslag. Door aanscherping van de emissie-eisen in het verkeer, verdere overschakeling van olie naar gas als brandstof in de raffinage en maatregelen in de industrie daalt de emissie tussen 1995 en 2020 met circa 40%. Doordat de emissies van veel grote bronnen afnemen, neemt het relatieve belang van diffuse bronnen toe. Van die diffuse bronnen is de betrouwbaarheid van de emissiegegevens minder dan van de grote bronnen. Secundair fijn stof ontstaat uit emissies van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOS en NH<sub>3</sub> doordat deze gassen aerosolen vormen in de lucht. Door de wind wordt er in fijn stof tevens nog een natuurlijk aandeel gevonden, in de vorm van zeezout en bodemstof. Op Europese schaal bestaat nog geen volledig kwantitatief beeld van de bijdrage van diverse bronnen en processen in de fijn stof problematiek.

### 2.4.3 PM<sub>10</sub>, daggemiddelde versus jaargemiddelde norm

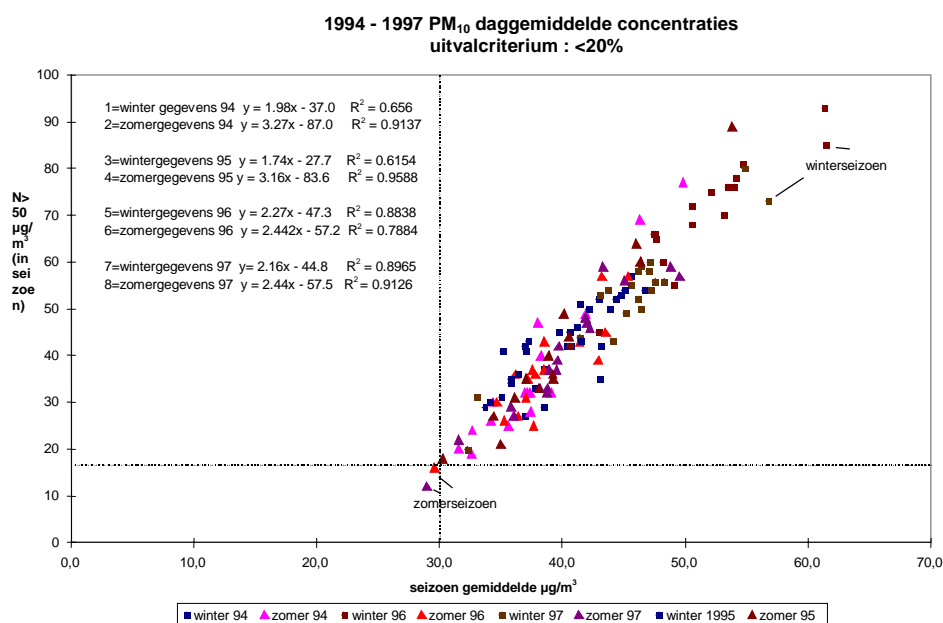
Bij de normstelling voor fijn stof is onderscheid gemaakt tussen chronische en acute blootstelling (smog). De twee normen zijn echter niet even stringent. Op basis van metingen in het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit is nagegaan welke relatie tussen het aantal keren dat een daggemiddelde wordt overschreden en het jaargemiddelde bestaat.

Bepaald zijn de winter- en zomergemiddelde concentraties PM<sub>10</sub> voor de periode 1994-1997.



Figuur 2.4.1 Verband tussen jaargemiddelde fijn stof concentraties en het aantal dagen met een concentraties boven de 50 µg/m<sup>3</sup>.

Uit Figuur 2.4.1 wordt duidelijk dat de verhouding tussen het aantal dagen overschrijding en het winter- of zomergemiddelde niet van elkaar verschilt, wel zijn de niveaus in de winter gemiddeld wat hoger en daarmee het aantal waargenomen overschrijdingen. Het aantal dagen overschrijding varieert van jaar tot jaar, deze variatie wordt vrijwel volledig bepaald door de fluctuaties in de waarde van het zomer- of wintergemiddelde, de verhouding tot het seizoengemiddelde blijkt voor de periode 1994-97 vrij robuust.



Figuur 2.4.2 Verband tussen jaargemiddelde PM<sub>10</sub> concentraties en het aantal dagen boven de 50 µg/m<sup>3</sup> in de seizoenen 1994-1997

In Figuur 2.4.2 is de complete set van seizoenrelaties vergeleken met de het aantal dagen overschrijding in het jaar. De lineaire regressie tussen het jaargemiddelde en het aantal dagen heeft een verklaarde variantie van ongeveer 90% ( $R^2 = 0.90$ ) in het zomerseizoen en ongeveer 80% in het winterseizoen.

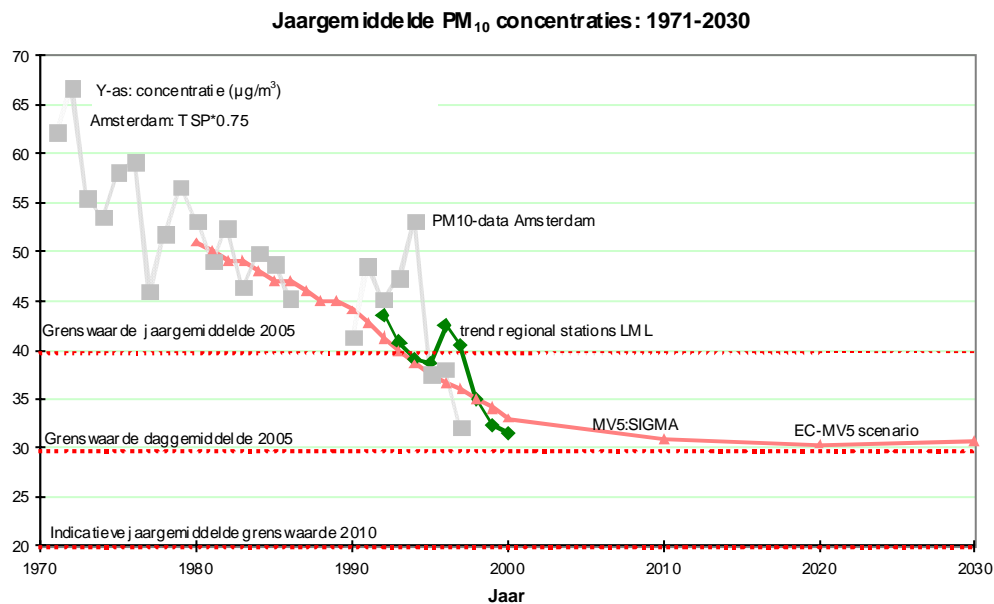
De resulterende regressielijn die uit bovenstaande gegevens is afgeleid:

$$\text{aantal dagen } >50 \mu\text{g/m}^3 = 4.85 \cdot \text{jaargemiddelde} - 112$$

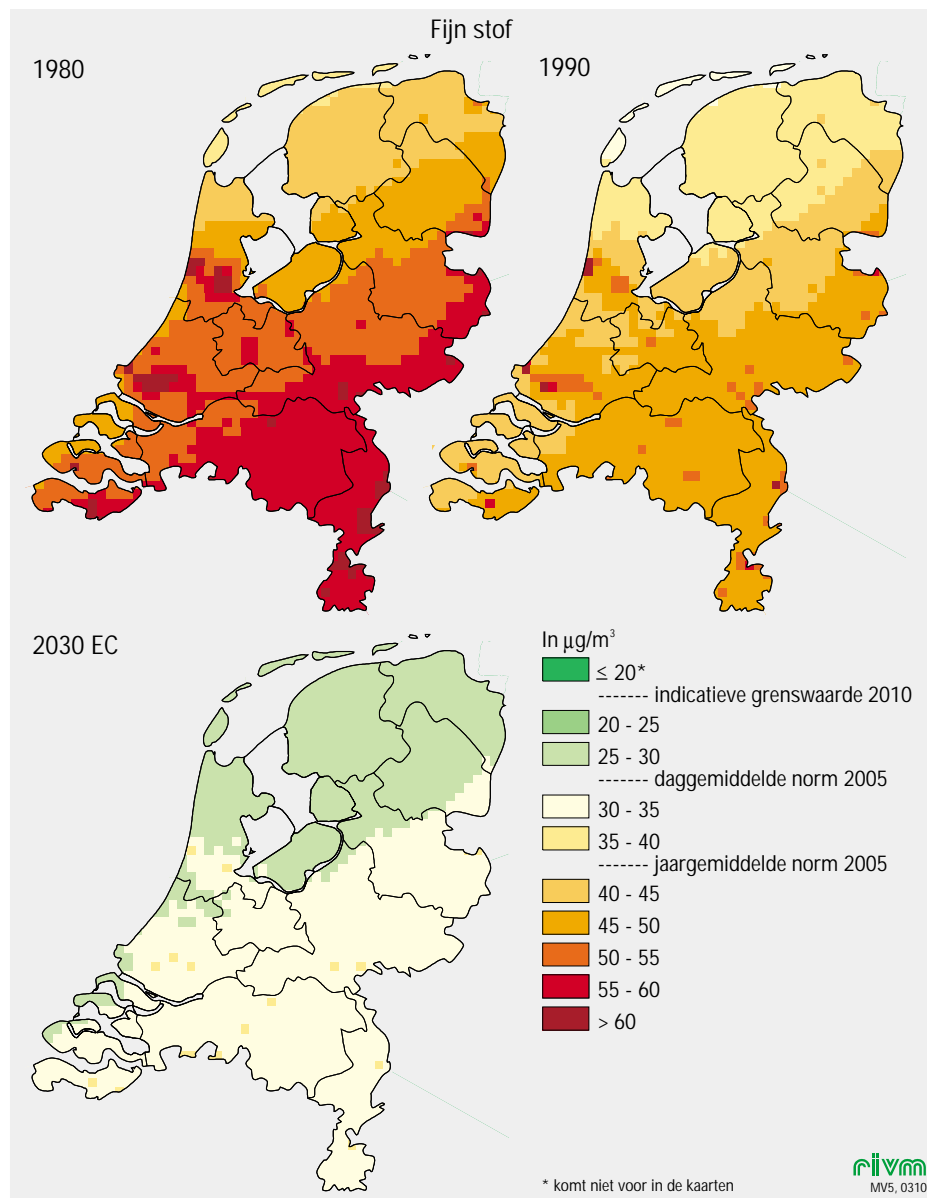
Gebaseerd op deze empirische relatie kan geconcludeerd worden dat 35 dagen overschrijding van 50 µg/m<sup>3</sup> gemiddeld zal overeenkomen met een jaargemiddelde niveau van 30 µg/m<sup>3</sup>. De acute daggemiddelde norm voor fijn stof is hiermee stringenter dan de jaargemiddelde norm van 40 µg/m<sup>3</sup>. Bij de berekeningen van de overschrijding van de fijn stof normen is het jaargemiddelde van 30 µg/m<sup>3</sup> als indicator gebruikt voor overschrijding van de daggemiddelde norm.

#### 2.4.4 Ontwikkeling trend fijn stof concentratie 1980-2030

De bijdrage van natuurlijke bronnen is nog niet vastgesteld. Voor Nederland wordt uitgegaan van een bijdrage van 8-15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Circa 75% van het zwevend stof in de lucht is kleiner dan 10  $\mu\text{m}$ . Overschrijding van de normen vindt in vrijwel heel Nederland plaats, hoewel de fijn stof concentratie sinds de zeventiger jaren met circa 50% gedaald is (zie Figuur 2.4.3). Een reductie van de bevolkingsgewogen blootstelling in de periode 1998-2010/2030 in de orde van 25% lijkt mogelijk, mede onder invloed van het verzuringsbeleid. Niettemin zal de indicatieve EU-grenswaarde van 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in de periode 2010-2030 nog steeds worden overschreden (Figuur 2.4.3).



Figuur 2.4.3 Trend  $\text{PM}_{10}$ -concentraties 1970-2030.



Figuur 2.4.4 Concentratie fijn stof in 1980, 1990 en EC 2030.

## 3 Potentieel zuur- en stikstofdepositie

### 3.1. Ontwikkeling potentieel zuur- en stikstofdepositie

#### 3.1.1 Bijdrage mondiale en natuurlijke achtergrond aan depositie

Bij de berekeningen zijn de emissies van de bekende antropogene emissies binnen Europa doorgerekend. De verschillende componenten hebben echter tevens een natuurlijke oorsprong en een bijdrage van antropogene bronnen buiten Europa. Aangenomen is dat de bijdrage van deze bronnen constant is gebleven in de tijd en niet varieert over Nederland. De bijdrage van halogenen en organische zuren zijn niet apart vermeld maar wel meegenomen waarbij de betreffende bijdrage is opgeteld (steeds een derde van de bijdrage) bij de berekende depositie van de drie belangrijkste verzurende stoffen ( $\text{SO}_x$ ,  $\text{NO}_x$  en  $\text{NH}_x$ ). In Tabel 3.1.1.1 staan de depositie waarde zoals ze zijn meegenomen in de berekeningen voor de MV5.

Tabel 3.1.1.1 Bijdrage natuurlijke en mondiale achtergrond aan verzurende en vermestende depositie.

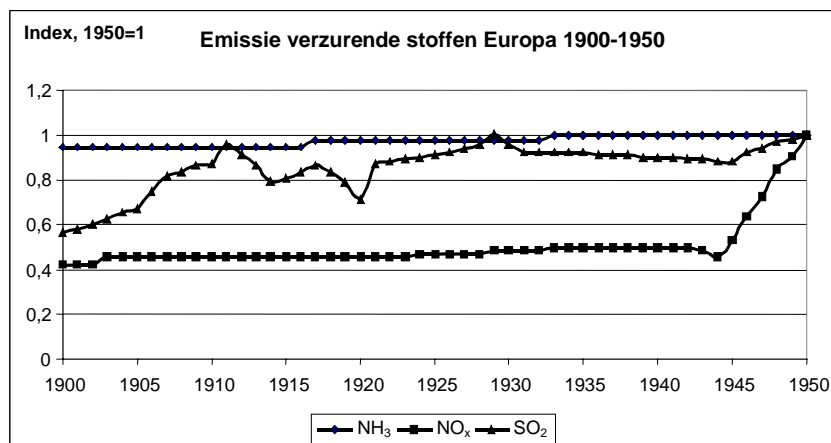
Component	natte depositie (mol $\text{H}^+$ /ha per jaar)	droge depositie (mol $\text{H}^+$ /ha per jaar)	totale depositie (mol $\text{H}^+$ /ha per jaar)
$\text{SO}_x$	84	24	108
$\text{NO}_x$	36	13	49
$\text{NH}_x$	27	48	75
Halogenen	3	3	6
Organische zuren	30	30	60
Totaal potentieel zuur	180	118	300

Bron: Erisman, J.W. en A. Bleeker (1997).

Voor prognoses waarbij berekeningen gemaakt worden voor het realiseren van de verzuringsdoelstellingen (orde 300-1400 mol/ha per jaar) loopt bovenstaande bijdrage op tot substantiële bijdragen. Aanbevolen wordt om de ontwikkeling van de natuurlijk bijdrage en antropogene bronnen buiten Europa voor een volgende milieuverkenning in kaart te brengen.

#### 3.1.2 Depositie 1900 – 1950

Ten behoeve van de berekeningen van de effecten op de natuur zijn naast depositie gegevens voor de periode 1980 tot en met het heden, ook depositie gegevens tussen 1900-1950 en 1950-1980 bepaald. Voor de periode 1900-1950 zijn gedetailleerde emissie gegevens schaars, gekozen is om op basis van een Europese trend in  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  en  $\text{NH}_3$  emissieschalingsfactoren, gebaseerd op Oene *et al.* (1999), ten opzichte van de 1950 situatie te bepalen (zie Figuur 3.1.1).



Figuur 3.1.1 Emissietrend verzurende en vermestende stoffen in Europa; 1900-1950 (bron: Oene *et al.*, 1999).

De kwaliteit van de berekende depositie is, gezien het ontbreken van veel gegevens, moeilijk vast te stellen. In een poging om tot een validatie te komen zijn de berekende *natte* depositiegegevens vergeleken met metingen in regenwater uitgevoerd door Leeftang (Leeftang, 1938) bij pompstations voor drinkwater bij Leiduin (kust) en Hilversum in de periode november 1932 tot en met december 1937. Uit Tabel 3.1.2 blijkt dat de metingen van Leeftang hogere sulfaat- concentraties geven, ietwat lagere nitraatconcentraties en globaal dezelfde range in ammonium- concentratie. De potentieel zuur depositie blijkt wat onderschat en de stikstof depositie geeft globaal dezelfde range. Ter vergelijking zijn tevens natrium- en chloride-metingen (afkomstig van zeezout) opgenomen. De in de periode 1933-1937 gemeten gehalten zijn vergeleken met metingen in het LML in de periode 1993-1997. Naar verwachting zouden de zeezoutconcentraties vergelijkbaar moeten zijn met de metingen die 60 jaar eerder zijn uitgevoerd. Uit Tabel 3.1.2 blijkt dat de metingen van natrium en chloride goed overeenkomen.

De conclusie die hieruit kan worden getrokken is dat de berekende waarden en gemeten waarden, ook gezien het probleem van het verkrijgen van gegevens en onduidelijkheden mbt de kwaliteit van de toegepaste analysemethode voor deze periode, goed overeenkomen. De depositie berekeningen voor de periode 1900-1950 zijn dan ook toegepast in het berekenen van de uitgangssituatie voor de natuurplanner in 1950.

*Tabel 3.1.2 Vergelijking tussen gemeten en berekende natte depositie gegevens in de periode 1932-1937 en gemeten concentraties in regenwater tussen 1933-1937 en 1993-1997.*

Component	Leiduin 3 km v. kust	Leiduin 5,6 km v. kust	Leiduin/de Zijk	Hilversum drinkwater station	De Bilt	Ratio gemeten 1935/1995
	1933-1937	1933-1937	1993-1997	1933-1937	1993-1997	
Cl <sup>-</sup> (μmol/l)	210	180	170	110	90	1.2
Na <sup>+</sup> (μmol/l)	170	120	150	90	70	1.0
Ca <sup>++</sup> (μmol/l)	40	40	10	40	7	4.4
Mg <sup>++</sup> (μmol/l)	50	45	17	40	9	3.1
			Berekend 1935		Berekend 1935	Ratio gemeten/berekend
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mol/ha per jaar)	190	340	170	340	290	1.4
NO <sub>3</sub> <sup>+</sup> (mol/ha per jaar)	40	20	90	20	90	0.3
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mol/ha per jaar)	490	630	320	520	370	1.6
N-dep (nat)	230	360	260	360	360	1.1
Pot. H-dep (nat)	720	990	580	880	730	1.3

*Bron: Leeftang (1938).*

### 3.1.3 Depositie 1950 – 1980

Op basis van emissie-schattingen is het mogelijk via schalingsfactoren de depositie te bepalen. Deze methode is voor verderweg in de tijd gelegen situaties niet zonder meer toepasbaar omdat hierbij wordt aangenomen dat de ruimtelijke verdeling ongewijzigd blijft.

De ruimtelijke verdeling van de emissies is over de periode 1950 – 1995 niet constant gebleven, bedrijven zijn verplaatst en de bevolking was kleiner en anders verdeeld over Nederland. Voor de drie meest relevante doelgroepen is gekozen om voor 1950 een andere ruimtelijke verdeling van de emissie te hanteren dan de ruimtelijke verdeling in 1995. Dit zijn: SO<sub>2</sub>-emissie van elektriciteitscentrales, van huishoudens (van kolenstook naar aardgas) en de NH<sub>3</sub>-emissie van landbouwbedrijven.

Om op basis van historische gegevens depositievelden voor SO<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub> te genereren zijn verschillende methoden gehanteerd. Voor de elektriciteitscentrales is de locatie van de centrales en het bedrijfsvermogen in 1950 bepalend geweest voor de berekening van de SO<sub>2</sub>-emissie, vervolgens zijn, met behulp van het OPS-model (Van Jaarsveld, 1995), de bijbehorende concentratie- en depositievelden met een resolutie van 5x5 km berekend. Voor de SO<sub>2</sub>-emissie door kolenstook door huishoudens is op basis van aantallen inwoners per gemeente in 1950 een nieuw ruimtelijk bevolkingsbestand gegenereerd. Per inwoner is vervolgens een gemiddelde emissiefactor toegekend en doorgerekend met OPS. Voor de landbouw is de ammoniak emissie per provincie teruggeschaald gebaseerd op aantallen koeien, varkens en legpluimvee in 1950 en 1980, zie Tabel 3.1.3.

Tabel 3.1.3 Aantallen koeien, varkens en legpluimvee per provincie, 1950-1980.

	Rundvee	Varkens	Legpluimvee	Rundvee	Varkens	Legpluimvee
	1950		1959	1980		
	*1000	*1000	*1000	*1000	*1000	*1000
Nederland	2723	1860	14093	5226	10138	26610
Groningen	134	49	288	227	103	849
Friesland	429	75	302	692	120	465
Drenthe	185	140	593	334	216	838
Overijssel	340	226	2281	798	1471	2005
Gelderland	419	426	4493	1100	2598	7104
Utrecht	158	137	702	248	401	708
Noord Holland	223	81	287	244	64	174
Zuid Holland	304	248	560	312	284	506
Zeeland	76	38	159	69	71	772
Noord Brabant	334	272	2755	934	3615	6746
Limburg	122	168	1674	242	1189	6419
Flevoland				26	6	24

Het resultaat is drie herberekende ruimtelijke verdelingen van de depositie voor 1950. De overige bronnen in Nederland en het buitenland zijn geschaald gebaseerd op de ruimtelijk verdeling van 1995 en de emissie in 1950. De historische emissies voor de periode 1950-1975 zijn overgenomen uit Thomas *et al.* (1988). In Tabel 3.1.4 staan de emissies voor de periode 1950 – 1975 samengevat. Naast de antropogene bronnen is ook een schatting voor de natuurlijke bijdrage en de bijdrage buiten Europa erbij geteld, zie feitenblad 7. De resultaten zijn velden met natte en droge depositie voor de individuele stoffen inclusief een deel natuurlijke bijdrage.

Tabel 3.1.4 Verzurende en vermestende emissie in Nederland tussen 1950 en 1975 (bron: RIVM, 1988).

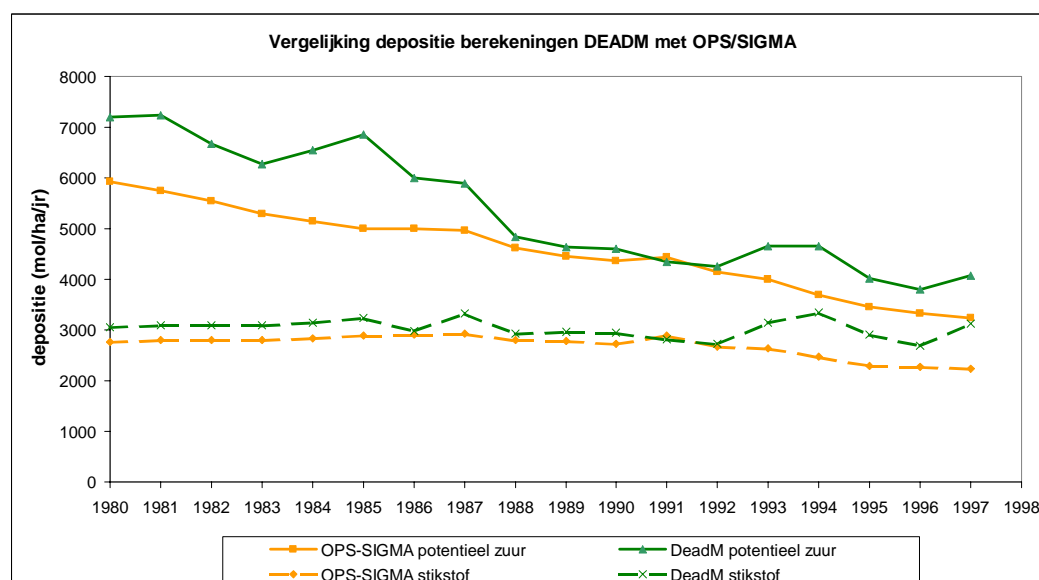
Historische emissies 1950 – 1975. (kton/jaar)						
<b>NH<sub>3</sub></b>	<b>1950</b>	<b>1955</b>	<b>1960</b>	<b>1965</b>	<b>1970</b>	<b>1975</b>
Nederland	105	114	131	144		
Verenigd Koninkrijk	522	522	564	623	650	795
Frankrijk	571	639	644	720	831	986
België	69	72	80	84	96	110
<b>NO<sub>x</sub></b>	<b>1950</b>	<b>1955</b>	<b>1960</b>	<b>1965</b>	<b>1970</b>	<b>1975</b>
Nederland	175 <sup>*1</sup>	215 <sup>*1</sup>	250	333	410	410
Ierland	38	42	39	45	62	58
Verenigd Koninkrijk	1799	2024	1983	2056	2033	1758
Frankrijk en Luxemburg	827	949	1081	1379	1365	1647
België	346	409	391	425	497	437
West-Duitsland (FRG)	1061	1527	1794	2000	2400	2700
Tjechoslowakije	543	719	933	1145	1283	1141
Oost-Duitsland (GDR)	109	157	178	203	218	221
Hongarije	124	228	283	375	389	363
Polen	271	371	475	565	688	824
Oostenrijka	90	125	130	162	199	200
Denmark	78	97	107	155	219	203
Finland	36	60	77	132	206	216
Italië	188	309	459	814	1358	1425
Noorwegen	30	40	46	58	90	84
Portugal	19	19	24	34	72	104
Spanje	130	166	188	256	385	624
Zweden	107	141	178	226	302	310
Zwitserland	52	68	96	148	208	186
USSR (Europees ged.)	729	1104	1419	1793	2177	2534
<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>1950</b>	<b>1955</b>	<b>1960</b>	<b>1965</b>	<b>1970</b>	<b>1975</b>
Nederland	510 <sup>*1</sup>	680 <sup>*1</sup>	814	1066	810	415
Ierland	97	116	110	149	222	190
Verenigd Koninkrijk	4357	5043	5348	6010	6090	5130
Frankrijk en Luxemburg	1258	1361	1568	2179	3046	3282
België	456	568	595	750	965	845
West-Duitsland (FRG)	1662	2349	2642	3200	3600	3600
Tjechoslowakije	1349	1786	2297	2901	3276	3012
Oost-Duitsland (GDR)	1413	2039	2321	2677	2940	2987
Hongarije	524	969	1215	1617	1665	1597
Polen	1309	1797	2307	2755	3318	3999
Oostenrijk	119	192	206	297	407	413
Denemarken	144	202	274	393	527	426
Finland	44	85	118	400	515	535
Italië	290	516	863	1738	3020	3093
Noorwegen	70	111	134	172	281	147
Portugal	39	48	64	91	116	178
Spanje	376	543	645	1062	1836	3004
Zweden	227	368	532	713	930	690
Zwitserland	21	32	50	92	137	122
USSR (Europees ged.)	3637	5586	7099	8598	10411	12097

\*1 gebaseerd op schaling



### 3.1.4 Depositie 1980-2030

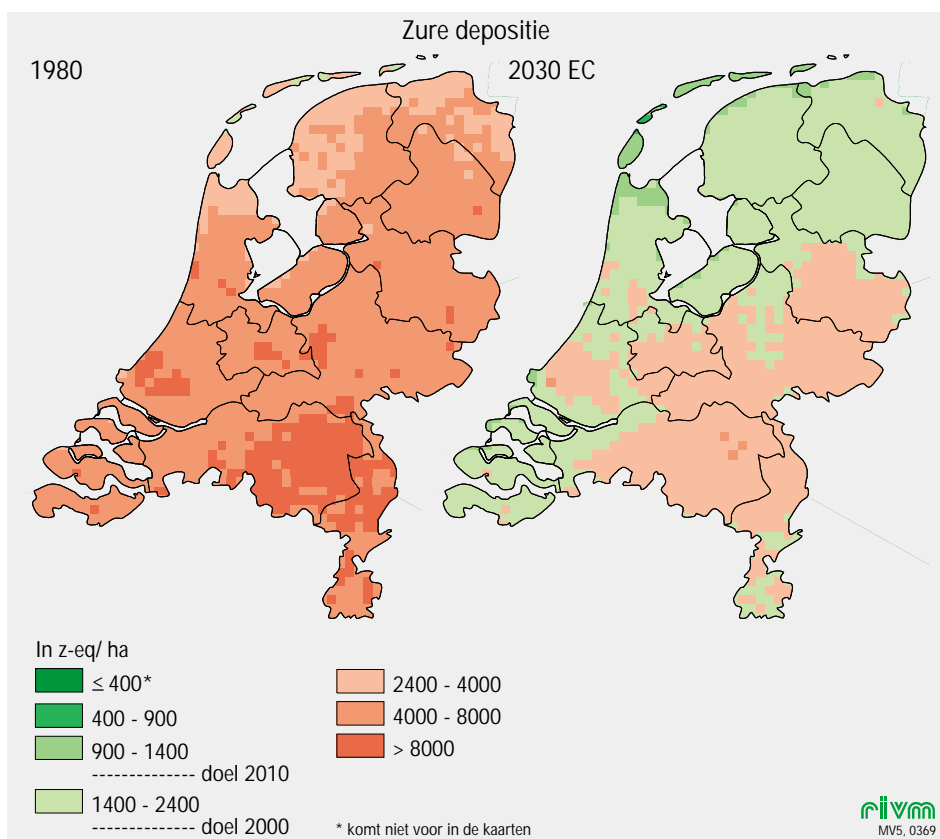
De emissies tussen 1980 en 1997 zijn voor het buitenland gebaseerd op rapportages van de Europese landen aan UN/ECE, voor Nederland is de informatie gebaseerd op de gegevens in de emissieregistratie, voor nadere informatie zie Van Wee *et al.* (2001). De verkenning is voor twee scenario's, EC (European Coordination) en GC (global Competition) en drie zichtjaren (2010, 2020 en 2030) uitgevoerd. Voor nadere informatie over de veronderstellingen in de scenario's zie Drissen *et al.* (2000). In Figuur 3.1.2 worden berekeningen uitgevoerd met OPS/SIGMA vergeleken met berekeningen uitgevoerd met DEADM, die zich niet op emissies maar op metingen in LML baseert. De berekeningen voor de stikstofdepositie komt tot halverwege de jaren negentig goed overeen, de laatste jaren geeft DEADM hogere uitkomsten, dit komt onder meer omdat in die jaren de modelberekeningen van OPS systematisch lager uitkomen dan de metingen, het zogenaamde "ammoniakgat", meer informatie hierover is te vinden in Van Jaarsveld *et al.* (2000a) en Van Jaarsveld *et al.* (2000b). Voor potentieel zuur geeft DEADM tot 1988 een hogere  $\text{SO}_2$ -depositie dan OPS, de verklaring hiervoor is niet duidelijk.



Figuur 3.1.2 Vergelijking depositieberekeningen DEADM en OPS/SIGMA voor de periode 1980-1997.

In Figuur 3.1.3 staat de berekende ruimtelijke verdeling voor potentiële zure depositie in Nederland voor 1980 en 2030 (EC-scenario). Relatief hoge deposities van stikstof zijn te vinden op de zandgronden (de concentratie-gebieden van intensieve veehouderij) met pekniveaus van 4000 mol/ha. Momenteel ligt de gemiddelde depositie over Nederland meer dan een factor 2 boven de doelstelling voor 2010.

De potentieel zure depositie in Nederland varieert van minder dan 2400 z-eq/ha in Noord-Nederland tot 7000 z-eq/ha nabij bepaalde landbouwgebieden in Zuidoost-Nederland. Met uitvoering van het vastgesteld beleid ligt de stikstofdepositie in 2030 600-700 mol boven de doelstelling voor 2010 (1000 mol N/ha; 80% van de natuur beschermd), en de potentiële zure depositie zo'n 800-900 z-eq boven de doelstelling voor 2010 (1400 z-eq/ha, 50% van de natuur beschermd). In het zuiden is de depositie hoger dan in het noorden (Figuur 3.1.3). De belangrijkste veranderingen in de depositieniveaus tot 2030 zijn het gevolg van een verdere daling van de  $\text{SO}_2$ -emissie in het buitenland. In 2030 is de bijdrage van Nederlandse emissiebronnen aan de depositie het grootst voor  $\text{NH}_3$  (circa 80%) en het kleinst voor  $\text{SO}_x$  (circa 35%). Voor  $\text{NO}_x$  is de bijdrage 40-45%.



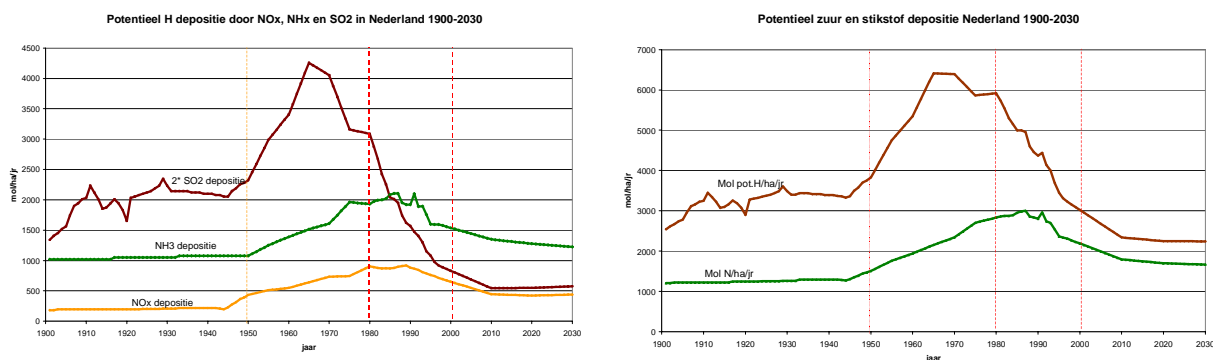
Figuur 3.1.3 Potentieel zure depositie in 1980 en EC 2030.

### 3.1.5 Conclusies vermestende en verzurende depositie trend 1900-2030

Gebaseerd op de hierboven beschreven aanpak zijn voor de genoemde jaren deposities met een resolutie van 5x5 kilometer berekend. De gemiddelde depositie over Nederland die hieruit is afgeleid is weergegeven in Figuur 3.1.4. Met name de  $\text{SO}_2$ -depositie is sinds halverwege de jaren zestig met meer dan een factor 5 gedaald. De huidige depositie ligt thans zelfs ruim onder het niveau dat voor het begin van de twintigste eeuw is afgeleid.

De stikstofdepositie is tot eind jaren tachtig nog toegenomen en sindsdien gestaag aan het dalen. Het huidige niveau is vergelijkbaar met de stikstofdepositie van de beginjaren zestig.

Uit Figuur 3.1.4 valt ook duidelijk op te maken dat tussen 1950 en 1990 de zure depositie vooral door  $\text{SO}_2$  werd bepaald, terwijl thans het aandeel van ammoniak overheerst. Hierdoor wordt het verschil tussen potentieel zuur en actueel zuur steeds relevanter.



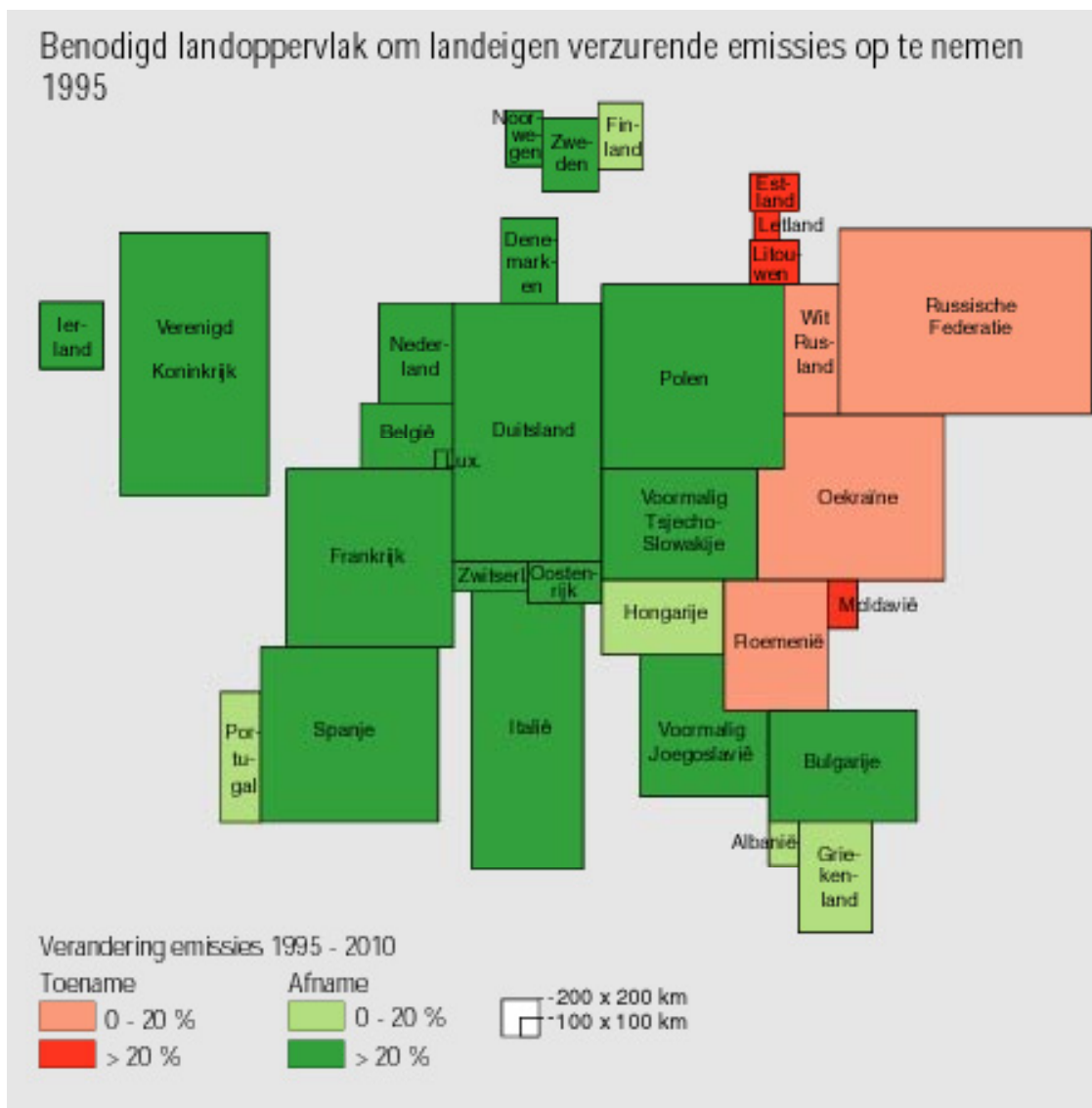
Figuur 3.1.4 Depositietrend verzurende en vermestende stoffen 1900-2030.

De zure depositie ten gevolge van SO<sub>2</sub>-emissies werkt rechtstreeks verzurend. De depositie ten gevolge van NH<sub>3</sub> werkt alleen verzurend indien deze in de bodem wordt omgezet in nitraat. Ammonium kan echter ook gebonden worden aan organisch stof (immobilisatie) of door planten worden opgenomen. Bij 150 bosopstanden in Nederland blijkt dat de stikstofbelasting uit de atmosfeer (depositie van nitraat, ammoniak en ammonium) grotendeels (voor 80%) wordt opgenomen door de bodem en vegetatie (Milieubalans, 2000). De bijdrage van stikstof aan de actuele verzuring is daarom aanmerkelijk lager dan potentieel mogelijk is. De Nederlandse bossen zijn daarentegen al verzadigd voor zwavel. Atmosferische depositie van zwaveldioxide en de vervolgproducten daarvan leiden direct tot actuele verzuring van de bodem.

Bij het bepalen van de depositiedoelstellingen zijn kritische waarden bepaald die met dit proces rekening houden en hiermee wordt de potentiële zure depositie vergeleken. Het nadeel van deze methode is dat bij verandering van het relatieve aandeel van zwaveldioxide in de potentieel zuur depositie, dan tevens de kritische waarde, uitgedrukt in potentieel zuur eenheden, kan veranderen. Voor 2010 is een doelstelling van 1400 mol potentieel zuureenheden per hectare per jaar afgesproken en 1000 eenheden stikstof. Volgens de huidige inzichten, zie Figuur 3.1.1, wordt deze doelstelling (circa 50% van de Nederlandse natuur beschermt, zie ook Albers *et al.* (2001) tegen de effecten van potentieel zuur en stikstofdepositie) niet gehaald. De in het EC- en GC-scenario berekende depositie voor 2010 leidt in circa 80% van de Nederlandse natuur tot overschrijding van de kritische waarden.

### 3.2. Vergelijking milieudruk verzurende emissies in Europa

De milieugebruiksruimte wordt in dit kader gedefinieerd als het emissieniveau dat tot deposities leidt beneden de kritische depositiegrenzen voor zuur. De emissies van  $\text{SO}_x$ ,  $\text{NH}_3$  en  $\text{NO}_x$  uit 1995 en de geprognosticeerde uit 2010 (EC-scenario) zijn geaggregeerd tot zuurequivalenten. Hierbij draagt een kg  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_x$  bij tot respectievelijk 59, 22 en 31 mol zuur (resp. zuurequivalent). De gegevensbron voor de landoppervlakten van de beschouwde landen is “De Grote Bosatlas” (2000). De kritische depositiewaarde die gebruikt is, is afkomstig van het Coordination Centre on Effects, zie Posch *et al.* (1999) en is bepaald op basis van de mediane kritische depositiewaarden voor zuur op  $150 \times 150$  km grid. Wanneer een grid niet volledig in het beschouwde land valt, wordt dit grid voor dit aandeel meegewogen. Vervolgens wordt voor de gehele beschouwde oppervlakte een naar oppervlakte gewogen mediane waarde kritische depositie bepaald. Dit is de waarde die voor de bepaling van de benodigde oppervlakte per land is gebruikt. Er wordt geen rekening gehouden met tussen landen verschillende kritische deposities. De berekende waarde is afgerond op  $1400 \text{ mol H}^+ / \text{ha}$  per jaar. Er is hier geen rekening gehouden met de natuurlijke achtergrond. Het per land berekende oppervlak voor opname van de zure depositie, is afgebeeld in een figuur waarbij de oppervlakte de benodigde milieugebruiksruimte representeert (zie Figuur 3.2.1).

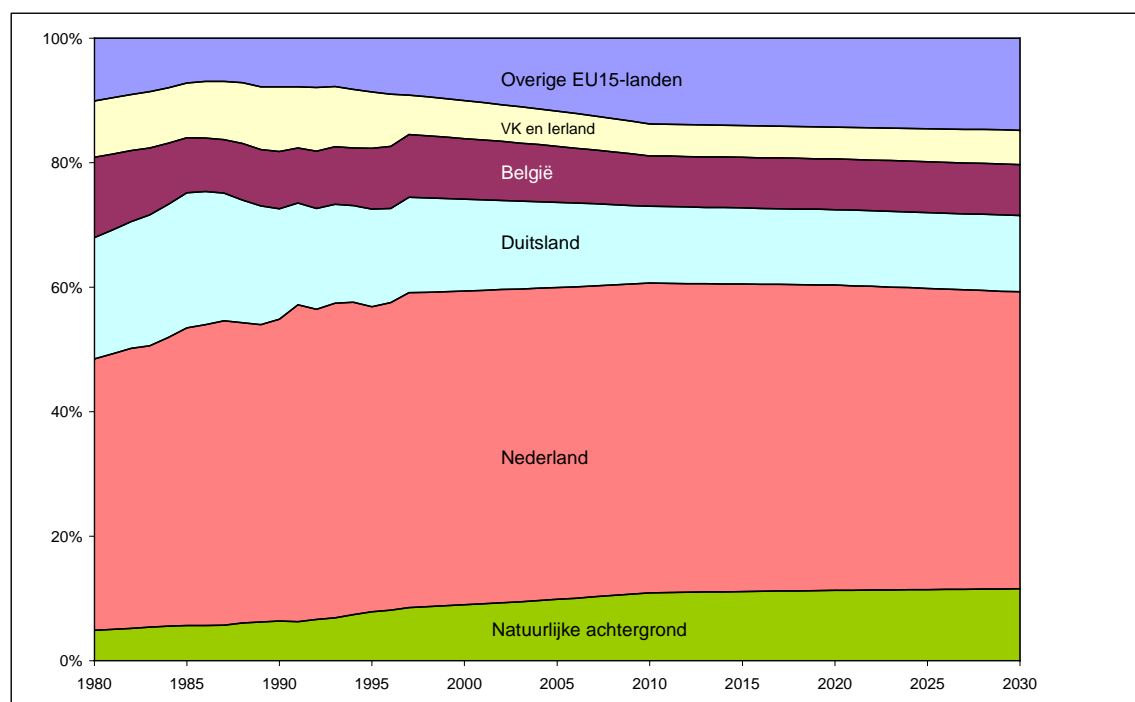


Figuur 3.2.1 Milieugebruiksruimte voor verzurende emissies (bron: eigen onderzoek).

Belangrijkste conclusies zijn dat Europa als geheel, voor verzurende emissies door de Europese landen (zonder de Russische Federatie), voldoende groot blijkt te zijn om de gehele verzurende emissie op te nemen. Er zijn echter grote verschillen tussen de Europese landen. De Europese emissies komen gemiddeld tot 45% van de depositienorm (exclusief de Russische Federatie). Nederland heeft ruim vijf maal het Nederlandse landoppervlak nodig om alle verzurende emissies zonder schade op te kunnen nemen. In 2010 is dit met ongeveer 35% afgenomen. Voor de beschouwde landen tezamen, inclusief de Russische Federatie ten westen van de Oeral, neemt het benodigde landoppervlak tussen 1995 en 2010 met 8% af.

### 3.3. Herkomst verzurende depositie in Nederland

Duitsland, België, Frankrijk, Verenigd Koninkrijk en Ierland zijn bijna geheel verantwoordelijk (90%) voor de buitenlandse bijdrage in de zure depositie in Nederland. Ten grondslag aan deze conclusie liggen OPS-berekeningen (Van Jaarsveld, 1986) waaruit een zogenaamde source-receptormatrix is afgeleid, zie ook Vissenberg *et al.* (2001). Wanneer gekeken wordt naar de relatieve bijdrage van de verschillende landen in de zure depositie op Nederland dan valt op dat de Nederlandse bijdrage groeit ten opzichte van de omliggende landen (zie Figuur 3.3.1). Voor de Europese emissies (behalve voor Nederland) is voor 2010 uitgegaan van het Gothenborg-protocol en voor Nederland van het EC-scenario. Voor Nederland liggen de emissies van het EC-scenario hoger dan voor het Gothenburgprotocol, zie Van Wee *et al.* (2000). Voor 2030 volgen de buitenlandse emissies het EC-scenario. Vanaf 1988 is door een stringenter reductiebeleid in Duitsland de bijdrage van Duitsland in de Nederlandse depositie duidelijk afgenomen. Een aantal jaren later volgde het Verenigd Koninkrijk. De natuurlijke achtergrond blijft in absolute zin vrij constant maar wordt in relatieve zin steeds belangrijker ten opzichte van de “directe” zure depositie ten gevolge van antropogene emissies.

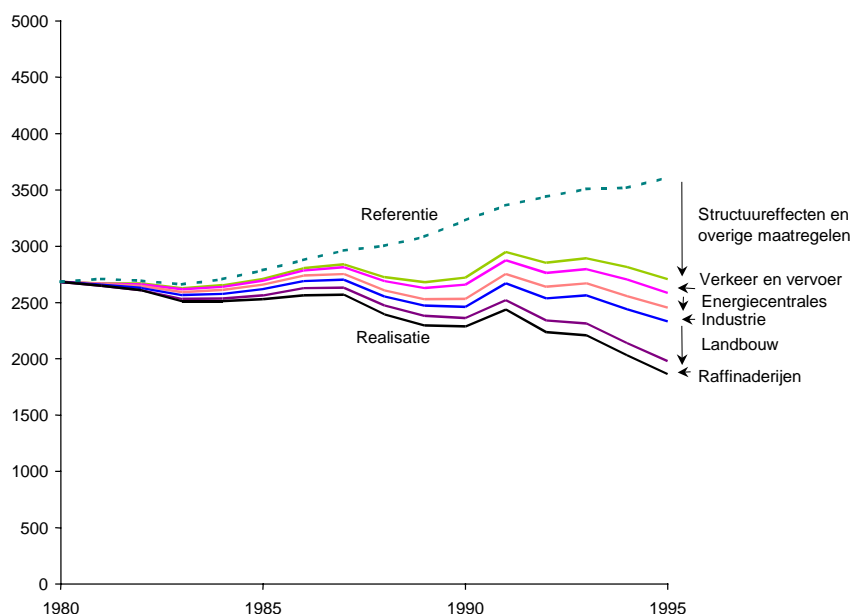


Figuur 3.3.1 Relatieve bijdrage van landen in de zure depositie in Nederland (bron: eigen onderzoek).

### 3.4. Analyse van de effectiviteit van het Nederlandse anti-verzuringbeleid

Figuur 3.4.1 toont de inspanning die de, voor het thema verzuring, meest relevante doelgroepen hebben geleverd ter reductie van de verzurende depositie in Nederland. Het effect van de in het buitenland genomen maatregelen is hierbij buiten beschouwing gelaten. Daarnaast is alleen de verzurende depositie ten gevolge van Nederlandse emissies die deponeren op Nederland beschouwd. De effecten van de verschillende maatregelen op de emissie zijn afkomstig van het Laboratorium voor Afvalstoffen en Emissies van het RIVM, zie Van Wee *et al.* (2000). De effecten van de maatregelen op de emissie zijn vervolgens met een het een van SIGMA, zie Vissenberg *et al.* (2001) afgeleide source-receptor-matrix omgerekend tot zure depositie. De zure deposities van  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_x$  en  $\text{NH}_3$  zijn vervolgens geaggregeerd tot de totale zure depositie. De effecten zijn niet per maatregel gepresenteerd maar per doelgroep waarin de maatregelen zijn genomen (zie Figuur 3.4.1).

Wanneer door de beschouwde vijf doelgroepen in de periode tussen 1980 en 1995 geen maatregelen waren genomen, dan zou de depositie ca. 900 zeq/ha per jaar hoger hebben gelegen. De grootste bijdrage (ca. 40%) in de reductie is afkomstig van de doelgroep landbouw. Rekening dient te worden gehouden met het feit dat maatregelen in de landbouw mogelijk niet het beoogde effect hebben gehad, zie Van Jaarsveld *et al.* (2001). De bijdrage van de andere doelgroepen bedraagt per doelgroep ten opzichte van 1980 ruim 100 zeq/ha per jaar. De voornaamste maatregelen die geleid hebben tot een afname van depositie van potentieel zuur in Nederland zijn het tegengaan van oppervlakkige aanwending van mest en beleid ten aanzien van uitrijverboden, ontzwavelingsinstallaties voor de energieopwekking en de inzet van zwavelarme brandstoffen bij raffinaderijen.



Figuur 3.4.1 Invloed Nederlandse beleidsmaatregelen op het Nederlandse aandeel in de potentieel verzurende depositie (in zuureq./ha per jaar) op Nederland (bron: eigen onderzoek).

### 3.5. Aantasting van stenen monumenten door verzuring en luchtverontreiniging

Textiel, metalen, papier, kunststoffen, gebrandschilderd glas en steenachtige materialen (beton, natuursteen) zijn materialen die door verzuring kunnen worden aangetast. Toen in de jaren tachtig “verzuring” een beleidsthema werd, werden de effecten van verzuring onder meer geïllustreerd door foto's van aangetaste bomen en beelden. In een voorlichtingsbrochure uit 1985 van het ministerie van VROM getiteld “Zure regen”. werden drie afbeeldingen van hetzelfde stenen beeld getoond, waarbij het beeld langzaam “vervaagt”, zie VROM, (1985).

Halverwege de jaren tachtig heeft het Kunsthistorisch Instituut in opdracht van het ministerie van VROM een onderzoek uitgevoerd waarbij een van de doelen was sprekende voorbeelden te verzamelen over de schade ten gevolge van luchtverontreiniging aan natuursteen in Nederland. Volgens dit rapport konden voorbeelden zoals die voor het buitenland voorkwamen niet in Nederland worden gevonden voornamelijk als gevolg van de gebruikte soort natuursteen. Een groot deel van de bewaard gebleven Nederlandse beelden is gemaakt van Bentheimer zandsteen. Bentheimer zandsteen is een steensoort waarvan op grond van de chemische samenstelling en de fysische eigenschappen geen ernstige aantasting ten gevolge van luchtverontreiniging mag worden verwacht (Kramer en Feenstra, 1986). Voor natuursteen is het inzicht ontstaan dat luchtverontreiniging slechts één van de factoren is die verantwoordelijk kan worden gesteld voor de totale aantasting. De mate van aantasting wordt onder andere bepaald door het soort materiaal, ondergaane bewerkingen, de verankering, de winmethode van het materiaal, het transport, de blootstelling aan zonlicht, de relatieve vochtigheid, de weerstand tegen temperatuurschommelingen en de poreusheid. Kalksteen (vooral de kalksteen die poreus is) is een voorbeeld van materiaal dat minder goed bestand is tegen zure depositie dan trachiet en basalt, zie Kramer en Feenstra, (1986).

Aantasting ten gevolge van milieu-invloeden van steenachtige materialen zoals metselwerk, kalkzandsteen, gips en (zachte) natuursteensoorten vindt plaats door met name zwaveldioxide. Zwaveldioxide oxideert tot zwaveltrioxide of door oxidatie van zwaveligzuur tot zwavelzuur. De eigenlijke chemische aantasting wordt veroorzaakt door de reactie van zwavelzuur met het in steenachtige materialen aanwezige calciëet of andere carbonaten onder vorming van verschillende fosfaten en gips. Vaak worden roetdeeltjes ingekapseld en worden zwarte gipskorsten gevormd (RDMZ, 1999b). Daarnaast worden steenachtige materialen die voor regenwater bereikbaar zijn, op ongeveer analoge wijze aangetast door zure regen. Hierdoor vermindert de detaillering in reliëfs, het oppervlak wordt ruwer en vermindert de sterkte van de constructie (Feenstra, 1982).

De kathedrale basiliek van Sint-Jan te Den Bosch beschikt over een grote hoeveelheid decoratief beeldhouwwerk. Kerken van een omvang, monumentaliteit en gecompliceerdheid als de Sint-Jan zijn buitengewoon onderhoudsgevoelig en verkeren dan ook in een vrijwel continu proces van onderhoud en/of restauratie. Zo heeft de Sint-Jan sinds het eind van de vorige eeuw diverse grote en kleinere restauraties ondergaan, waarbij aanvankelijk veel van wat verdwenen was, is gereconstrueerd. De laatste grote restauratie is in 1984 afgerond en duurde vijftien jaar (Rijksdienst voor de Monumenten zorg (RDMZ), 1999a). Op onderstaande foto's wordt geïllustreerd hoe de zandstenen beelden op de luchtbogen van het schip de afgelopen dertig jaar hebben doorstaan. De schade is niet groot. Wat met name opvalt is de vermindering van reliëf in de weergave van de nagel in de teen van het dier. Verder valt de mosvorming op bij de achterpoot van het dier in 2000 op. Volgens de Rijksdienst voor de Monumentenzorg heeft de uitstoot van ammoniak bijgedragen tot de groei van stikstofminnende (korst)mossen en algen. Het verwijderen van mos heeft tot effect dat een deel van de oppervlakte van de steen ook wordt verwijderd. Wanneer echter de

moslaag dik is, kan het vocht vasthouden en tot vorstschade leiden. In die gevallen wordt het mos wel verwijderd (Rijksdienst voor de Monumentenzorg, 1999b).



*Foto 3.5.1 Beelden op de luchtbogen van het schip, foto van links is genomen in 1971 en de foto rechts in 2000 (bron foto links: Rijksdienst voor de Monumentenzorg, Zeist, foto rechts: RIVM).*



## 4 Indicatoren voor klimaatverandering

### 4.1. Inleiding

In de Milieuverkenningen en de milieubalans is behoefte aan indicatoren die effecten van een klimaatverandering kunnen detecteren en visualiseren op Europese en nationale schaal. Uitgangspunt bij het opstellen van de lijst van mogelijke indicatoren was dat de indicatoren een bewezen relatie dienen te hebben met klimaatverandering, of dat sterke vermoedens bestaan dat ze gerelateerd zijn aan klimaatverandering.

In lijn met de milieuverkenning (en milieubalans) zijn de indicatoren die kunnen worden toegepast gerubriceerd naar drie eindpunten:

- Effecten/risico's voor natuur/ecosystemen;
- Effecten/risico's voor externe veiligheid mens;
- Effecten op de leefomgeving.

Bij de keuze van de indicatoren zijn de volgende randvoorwaarden meegenomen:

- Is er een trend zichtbaar in de gekozen indicator en wat is de verwachting over deze trend voor de periode heden tot 2030/50;
- Wat zijn de eventuele (te verwachten) effecten van een (verwachte) trend;
- Is een trend voor Nederland/Europa wezenlijk anders dan de trend die op een hogere schaal (Europa/mondiaal) wordt waargenomen;
- Zijn de modeluitkomsten in overeenstemming met waarnemingen (indicatoren).

Tabel 4.1.1 geeft een overzicht van de indicatoren die op grond van bovenstaande criteria zijn voorgesteld om op te nemen in MV5. De indicatoren van deze lijst zullen in dit hoofdstuk verder worden besproken. Niet alle indicatoren zijn uiteindelijk in de MV5 gebruikt, per indicator zal in dit hoofdstuk hier nader op worden ingegaan.

*Tabel 4.1.1 Voorgestelde indicatoren voor klimaatverandering (exclusief emissie/concentratie indicatoren).*

	Voorgestelde Indicatoren Klimaatverandering	In MV5	Aanbevolen voor MV6
	Natuur		
1	Lengte groeiseizoen	Ja	Ja
2	Totale neerslagsom, neerslagextremen	Nee	Ja
3	Effecten op kritische depositie	Nee	Ja
4	Effecten op flora/fauna	Nee	Ja
	Gezondheid & Risico's		
5	Zeespiegelstijging (& indringen zoutwater)	Ja	Ja
6	Getijdenverandering	Ja	Mogelijk
7	Frequentie en zwaarte van stormen	Ja	Mogelijk
8	Temperatuurverandering zeewater	Nee	Mogelijk
9	Gebieden kwetsbaar voor parasitaire en "vector-born" diseases	Nee	Mogelijk
	Leefomgeving		
10	Concentratie broeikasgassen	Ja	Mogelijk
11	Jaargemiddelde temperatuur	Ja	Ja
12	ADS (aantal meteorologisch geschikte recreatiedagen)	Nee	Mogelijk
13	Graaddagen (stookdagen/gasverbruik voor verwarming)	Nee	Ja

## 4.2. Historische klimatologische gegevens

Door het KNMI wordt de “European Climate Assessment 2000” uitgevoerd<sup>2</sup>. Doel van dit project is om tot een toestandsbeoordeling te komen van het Europese klimaat aan de hand van klimatologische indicatoren die voor een groot aantal Europese waarnemingsstations worden berekend. Het ECA-project wordt uitgevoerd onder auspiciën van de Council of the Network of European Meteorological Services (EUMETNET). Voor de MV5 is voor de in Tabel 4.1.1 genoemde indicatoren groeiseizoenlengte, jaargemiddelde temperatuur en graaddagen gebruik gemaakt van gegevens die in het kader van het ECA2000 project zijn verzameld<sup>3</sup>. Het project bevindt zich momenteel in de uitvoeringsfase en uitdrukkelijk wordt hier gesteld dat de gebruikte historische gegevens voorlopig van aard zijn.

### 4.2.1 Homogeniteit en vergelijkbaarheid van historische klimatologische gegevens

Historische meteorologische waarnemingsreeksen zijn vaak niet homogeen waardoor het herkennen van een mogelijke trend bemoeilijkt wordt. Dit probleem is terug te voeren op:

- Veranderingen in opstelling van de apparatuur en verstedelijking.
- Veranderingen in gebruikte apparatuur.

Als voorbeeld kan hier de temperatuurreeks van station De Bilt worden genoemd (zie tekstbox). Naast de homogeniteit van reeksen is de vergelijking tussen reeksen niet zonder meer mogelijk als gevolg van verschillen in apparatuur, meetmethode en meetlocatie.

#### **De temperatuurreeks van station De Bilt**

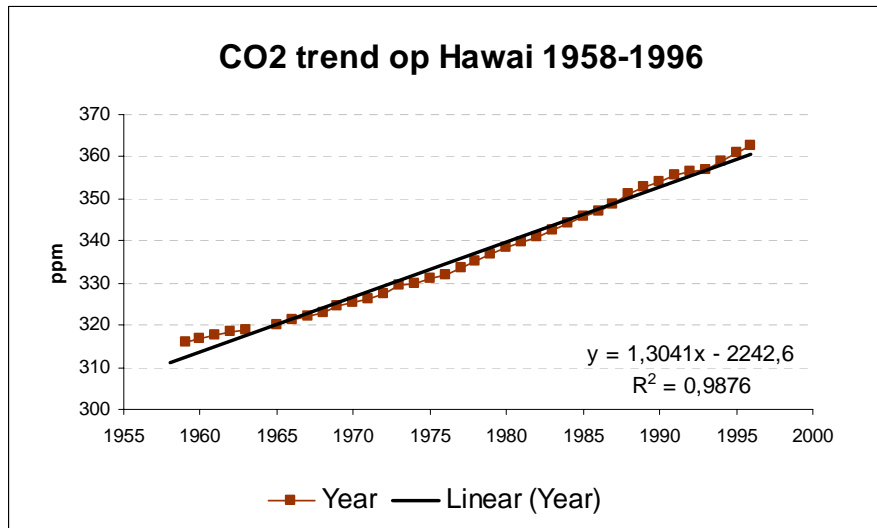
De waarnemingen werden vóór 1897 niet te De Bilt, maar te Utrecht verricht. De Utrechtse metingen zijn naar De Bilt gecorrigeerd, maar dit gebeurde op grond van een korte parallel-reeks. In De Bilt werden tot 1950 de metingen verricht in het park nabij het oorspronkelijke hoofdgebouw, maar daarna vond nieuwbouw plaats en werd het meetpunt circa 250 m naar het zuiden verplaatst naar het huidige waarneemterrein. Na 1960 werden bovendien de meethoogten landelijk teruggebracht van 2,2 naar 1,5 m. Als gevolg van deze veranderingen blijkt de dagelijkse variatie in de temperatuur tussen 1950 en 1960 ongeveer 1 °C lager dan voorheen; na 1960 bleef de afwijking tot 0,7 °C beperkt. De daling vanaf 1950 wijst op een relatief geringe ventilatie tussen de bomen op het oorspronkelijke waarneemterrein. Op zonnige dagen werd hierdoor vóór 1950 een te hoge maximumtemperatuur gemeten en in heldere nachten een te lage minimumtemperatuur. Inderdaad is de statistiek over de eeuw wat betreft de hoogst gemeten temperatuur van ieder jaar met deze hypothese in overeenstemming. Deels compenseren de te hoge en te lage waarden elkaar, maar waarschijnlijk is de gemiddelde temperatuur vóór 1950 zo'n 0,2 °C te hoog. Een tweede effect dat in deze eeuw speelt is de toenemende verstedelijking. Ook rond het waarneemterrein De Bilt is de bebouwing en het wegennet na 1960 spectaculair toegenomen. Dit kan leiden tot hogere minimumtemperaturen. Hoeveel precies is onbekend, maar een langzame stijging van de gemiddelde temperatuur te De Bilt van 0,2 of 0,3 °C door verstedelijking is zeker denkbaar (KNMI, 2000a).

<sup>2</sup> Voor meer informatie, zie ECA2000 website: <http://www.knmi.nl/samenw/eca/>. (Mei 2000)

<sup>3</sup> Daarnaast werd door KNMI ook de gegevens geleverd voor indicator recreatiedagen.

### 4.3. Trend in Broeikasgassen

Sinds de jaren vijftig wordt op Hawaï de CO<sub>2</sub>-concentratie gemeten, het belangrijkste broeikasgas. Sinds die tijd (zie Figuur 4.3.1) stijgt de CO<sub>2</sub>-concentratie met gemiddeld 1,3 ppm/jaar. De laatste paar jaar (periode 1994-98) lijkt er zelfs enige versnelling op te treden.

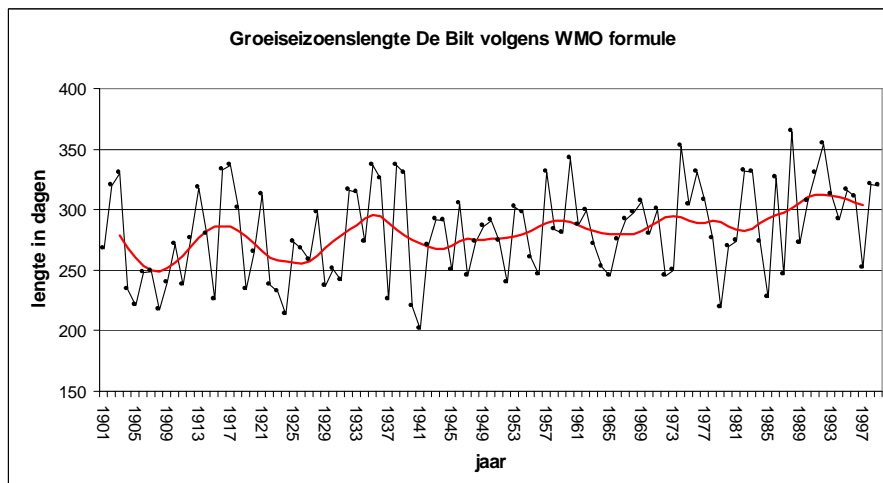


Figuur 4.3.1 Trend in CO<sub>2</sub>-concentratie Hawaï 1958-1999 (bron: CRC, 1999).

## 4.4. Indicatoren voor natuur/ecosystemen

### 4.4.1 Lengte groeiseizoen

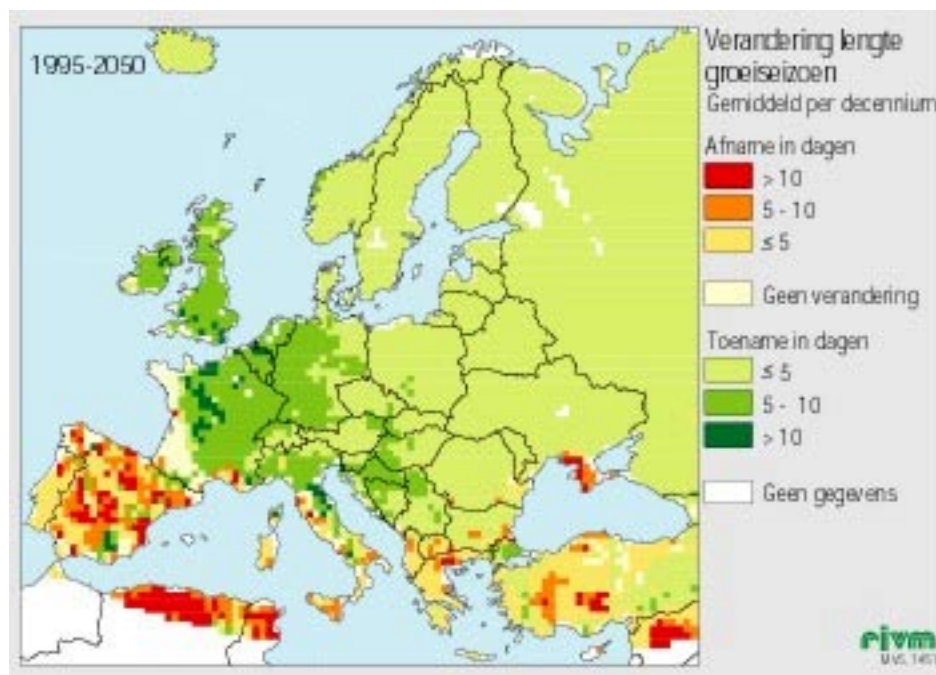
Er zijn meerdere definities in omloop voor de bepaling van de lengte van het groeiseizoen. Binnen het ECA2000-project wordt de WMO-definitie gebruikt die uitgaat van alleen temperatuur (zie ook Figuur 4.4.1). Hierbij wordt het aantal dagen geteld met een gemiddelde dagtemperatuur boven de 5 graden Celsius. De reeks start met een reeks van tenminste 6 van dergelijke dagen achtereen en eindigt na 1 juli wanneer 6 dagen achtereen de gemiddelde temperatuur beneden de 5 graden is gebleven<sup>4</sup>.



Figuur 4.4.1 Groeiseizoenlengte De Bilt 1901-1998 berekend volgens WMO-definitie. Tevens is het vijfjarig voorschrijdend gemiddelde (rode lijn) gepresenteerd (bron: KNMI, 2000b; voorlopige gegevens).

Nadeel van deze definitie is dat het groeiseizoen niet alleen bepaald wordt door de gemiddelde temperatuur maar in werkelijkheid ook afhankelijk is van de hoeveelheid licht en beschikbaar vocht (neerslag minus verdamping, afhankelijk van bodemtype). Bovendien is het groeiseizoen voor iedere plantensoort weer anders. Een andere veelgebruikte definitie voor het berekenen van de lengte van het groeiseizoen is afkomstig van de FAO; in deze formule wordt de vochtbalans nadrukkelijk meegenomen. Gekozen is om voor Europa de lengte van het groeiseizoen volgens de FAO definitie te gebruiken. Het was niet mogelijk om, voor de terugblik, op korte termijn voor de Europese stations die beschikbaar zijn via het ECA2000-project de verandering in de lengte van het groeiseizoen volgens de FAO-formule door te rekenen. Wel blijkt, volgens de WMO-formule, dat de lengte van het groeiseizoen de afgelopen eeuw is toegenomen op de meeste Europese weerstations. Omdat op dit moment in grote delen van Europa de vochtbalans nog niet de beperkende factor vormt, zal het groeiseizoen volgens de FAO-formule vermoedelijk ook een toename laten zien.

<sup>4</sup> Een definitie die ook op het RIVM in het verleden is gebruikt (zie Milieubalans 1999) ging alleen uit van het aantal dagen met een gemiddelde dagtemperatuur boven de 5 graden Celsius ("groeidagen"). Soms wordt als groeidag de grens van 4 graden Celsius gebruikt (WMO).



Figuur 4.4.2 Verandering lengte groeiseizoen 1995-2050 (scenario: IPCC-SRES-B2, Brandes et al., 2000).

De in Figuur 4.4.2 gepresenteerde projectie voor de periode 1995-2050 (volgens het IMAGE IPCC-SRES-B2 scenario) laat een toename zien van de lengte van het groeiseizoen, volgens de FAO-methode, over grote delen van Europa. In delen van de mediterrane regio neemt de lengte juist af doordat de beschikbare hoeveelheid vocht een beperkende factor zal vormen.

#### 4.4.2 Effecten op flora en fauna

Wanneer bekend is op welke manier planten en insecten afhankelijk zijn van klimaatfactoren, wordt het mogelijk te bepalen of planten en insecten op deze verandering hebben gereageerd. Er wordt veel onderzoek uitgevoerd naar veranderingen in verspreidingsgebieden van soorten en de ontluikingsdata van planten<sup>5</sup>. Er is echter geen flora/fauna indicator opgenomen in de MV5. Het “signaal” dat flora & fauna mogelijk afgeven is namelijk zeer complex (niet alleen afhankelijk van alleen de gemiddelde temperatuur, maar b.v. ook van een koude periode of de grondwaterstand). Het verdient zeker aanbeveling om in nader overleg te treden met de Universiteit van Wageningen en/of het NOP programma-bureau om te onderzoeken of er hiervoor een indicator ontwikkeld kan worden.

#### 4.4.3 Neerslagsom, neerslagextremen

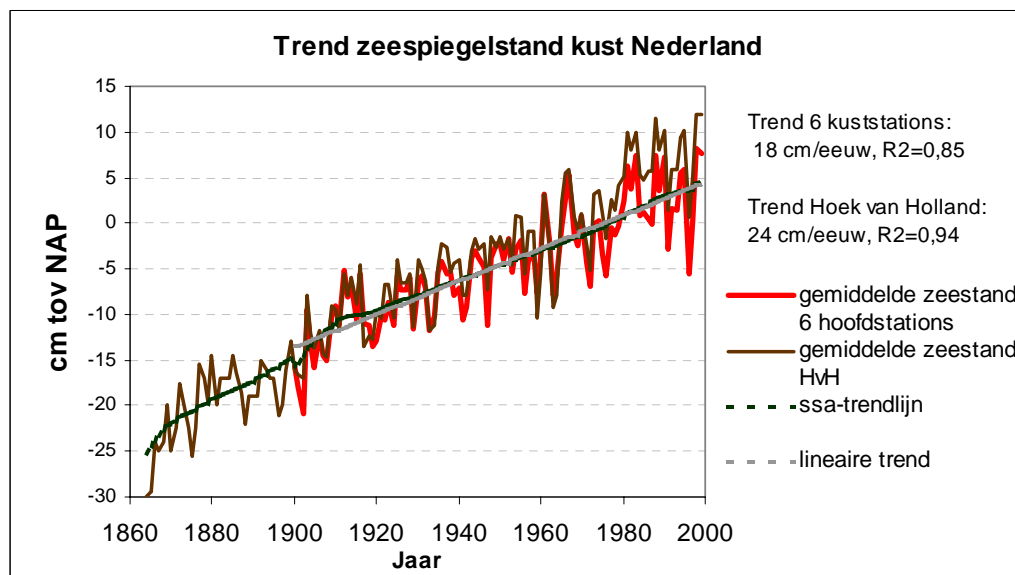
In haar klimaatrapportage over 1999 concludeert het KNMI dat de totale neerslaghoeveelheid in Nederland de afgelopen eeuw langzaam is toegenomen alsmede de maximale dagsom (extremen). Op basis van de beschikbare kennis wordt verwacht dat de komende eeuw in Nederland: “een in de winter geconcentreerde toename van de jaarneerslag met enkele procenten per graad stijging; een toename van de neerslagintensiteit per zomerbui en van de neerslagintensiteit in situaties van langdurige hevige winterneerslag, beide met ongeveer 10% per graad stijging.” (KNMI, 2000a). Het KNMI ontraadt, in dit stadium, het gebruik van neerslagindicatoren op Europese of mondiale schaal. Neerslag staat bekend als een “onbetrouwbare” indicator omdat de reeksen vaak niet homogeen zijn en door verschillen in meetmethodes onderling moeilijk vergelijkbaar. Neerslagindicatoren zijn om die reden niet opgenomen in de MV5.

<sup>5</sup> Een goede introductie op dit onderzoek wordt gegeven in de NOP-factsheetnr. 6 “Klimaatverandering en natuurlijke ecosystemen”. Nationaal Onderzoek Programma Mondiale Luchtverontreiniging en Klimaatverandering.

## 4.5. Indicatoren gezondheid en risico's<sup>6</sup>

### 4.5.1 Zeespiegelstijging

Dat de gemiddelde zeespiegel stijgt is vrij algemeen bekend. Deze stijging is van groot belang voor de ligging van de kustlijn en voor de kansen op overstroming, bovendien dringt het zoute zeewater verder landinwaarts. Figuur 4.5.1 geeft van de hoofdpeilmeetstations, waar al meer dan honderd jaar wordt gemeten, het verloop van de gemiddelde zeestanden per jaar.



Figuur 4.5.1 Trend zeespiegelstand kust Nederland 1860-1999 (bron: RIKZ, 2000).

Dit verloop ziet er nogal grillig uit, maar een stijgende trend is onmiskenbaar. De jaarlijkse verschillen worden voornamelijk veroorzaakt door verschillen in windklimaat, luchtdruk, watertemperatuur en zoutgehaltes (invloed rivieruitstroom). Een goede indruk van de gemiddelde stijgsnelheid krijgt men door het grillige verloop te benaderen door een rechte lijn. Een goede vergelijking tussen de stations wordt verkregen door deze lijnen te berekenen over dezelfde periode. Vanaf 1900 stijgen de verlopen van de verschillende stations monotoon. Dit jaar wordt daarom meestal als begin van de berekeningsperiode genomen. Wordt de trend in de gemiddelde zeestand berekend over de periode 1900-1999, de vorige eeuw dus, dan worden de resultaten verkregen van Tabel 4.5.1.

Tabel 4.5.1 Relatieve zeepiegelstijging (1900-1999).

Station	trend in cm per eeuw
Vlissingen	20
Hoek van Holland	22
IJmuiden	22
Den Helder	15
Harlingen	11
Delfzijl	18

De stijging wordt relatief genoemd, omdat deze wordt bepaald ten opzichte van het NAP, het Nederlandse referentievlak voor de hoogteligging. In hoeverre nu de gemiddelde zeespiegel stijgt of het NAP-vlak daalt is niet eenvoudig te beantwoorden en valt buiten de reikwijdte van dit rapport. Voor de landelijke verspreiding van het NAP-vlak bestaat een netwerk van ondergrondse merken (regionale referentiepunten). Dit zijn zeer goed in het Pleistoceen

<sup>6</sup> Met dank aan D. Dillingh, J.G. de Ronde en P.F. Heinen van RIKZ voor de door hen geleverde bijdrage aan deze paragraaf.

gefundeerde palen of buizen in geologisch stabiele gebieden, waarvan de hoogten zijn bepaald met een zogenaamde primaire waterpassing. In of nabij de huisjes van de peilmeetstations zijn de laatste decennia zogenaamde nulpalen geplaatst als stabiel referentiepunt voor de waterstandsmetingen. Ook deze zijn gefundeerd op het Pleistoceen en vervullen dus dezelfde functie als de ondergrondse merken. Kennelijk bestaan zelfs langs de Nederlandse kust verschillen in de relatieve stijging van de zeespiegel. Verschillende processen doen de gemiddelde zeespiegel veranderen (eustasie), zoals het afsmelten van landijs, veranderingen in het zwaartekrachtsveld, verandering in de bodemligging van de oceanen door plaattectoniek en elastische vervorming in de aardkorst door drukontlasting als gevolg van het afsmelten van een landijskap, alsmede door veranderingen in wind- en luchtdrukvelen, stromingspatronen in de oceanen en uitzetting bij stijgende watertemperatuur. Zo wordt verder naar het noorden (Scandinavië) zelfs relatieve zeespiegeldaling gemeten, omdat het land daar nog steeds stijgt door het terugveren na het gewicht van de ijskap van de laatste ijstijd. In Nederland zorgen deze processen juist voor een daling van het land en daarmee samenhangend wordt een relatieve zeespiegelstijging gemeten. In de Waddenzee spelen daarnaast ook morfologische ontwikkelingen een rol. In de estuaria (Westerschelde en Eems-Dollard) is er ook nog beïnvloeding door baggerwerkzaamheden. Verder is gebleken dat de beweging van de top van het Pleistoceen in Nederland regionale verschillen vertoont. Het NAP-vlak, vastgelegd en verspreid door de ondergrondse merken, is dus niet zo'n mooi stabiel vlak als lange tijd werd aangenomen.

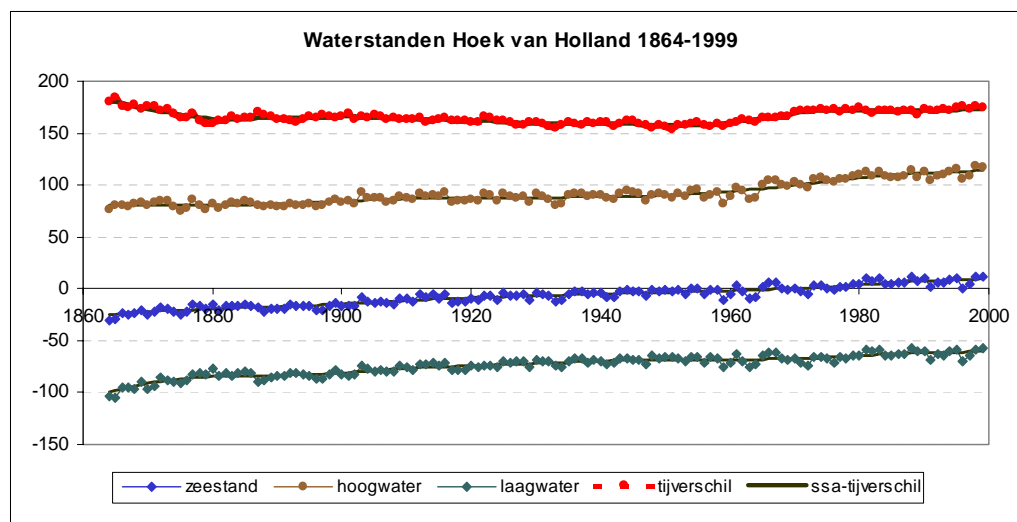
De algemene verwachting is dat de zeespiegel versneld zal stijgen als gevolg van het versterkt broeikas effect. Voor de komende honderd jaar wordt in het Nederlandse beleid uitgegaan van een mondiale zeespiegelstijging van ca. 60 cm. Deze waarde heeft echter een grote onzekerheidsmarge. Het zal duidelijk zijn dat het van groot belang is zo vroeg mogelijk te constateren of deze versnelde stijging daadwerkelijk optreedt. De grilligheid in het verloop van de jaargemiddelde zeestanden maakt het lastig een trendverandering vast te stellen. Mocht de versnelde zeespiegelstijging zich voordoen, dan moet dat in alle bovengenoemde stations zichtbaar zijn. Figuur 4.5.1 geeft het verloop van de gemiddelde zeestand, gemiddeld over de zes stations. Hiermee wordt een goede indruk verkregen van de gemiddelde relatieve zeespiegelstijging voor ons land. Dit verloop is benaderd door een lineaire trendlijn. De helling van deze lijn is 18 cm per eeuw.

Om een trendverandering te kunnen waarnemen, kan men zijn toevlucht nemen tot meer ingewikkelde methoden dan het bepalen van een lineaire trend. In dit rapport is hiervoor de SSA-methode (singular spectrum analysis) genomen. Het resultaat is in Figuur 4.5.1 ingetekend. Dergelijke trendlijnen laten over het algemeen beter de fluctuaties in het verloop van de gemiddelde zeespiegelstijging zien. Het bezwaar is dat ze gevoelig zijn voor de instelling van de mate van detail waarmee men het verloop wil benaderen en voor randeffecten. De SSA-lijn in Figuur 4.5.1 valt samen met de lineaire trendlijn. Er lijkt vooralsnog geen sprake te zijn van versnelde zeespiegelstijging.

#### **4.5.2 Getijverandering**

Als gevolg van menselijke ingrepen (Afsluitdijk, Deltawerken, baggerwerken, havenwerken, in- en ontpolderingen e.d.) en de daarmee gepaard gaande morfologische ontwikkelingen verandert het getij. Figuur 4.5.2 geeft als voorbeeld het verloop van het gemiddeld hoogwater, het gemiddeld laagwater en het gemiddeld tijverschil bij Hoek van Holland. De getijkromme is sterk beïnvloed door de Deltawerken, werken in de Nieuwe Waterweg en de Maasvlakte. De aanleg van de Afsluitdijk veroorzaakte een vrij plotselinge vergroting van de getijamplitude in de westelijke Waddenzee. Morfologische aanpassingen gaan veel langzamer. De interactie met het getij strekt zich dan ook over een lange periode uit.

Op de Westerschelde worden vrijwel doorlopend baggerwerkzaamheden uitgevoerd. Het gevolg daarvan is dat het getijde verschil sterk toeneemt.



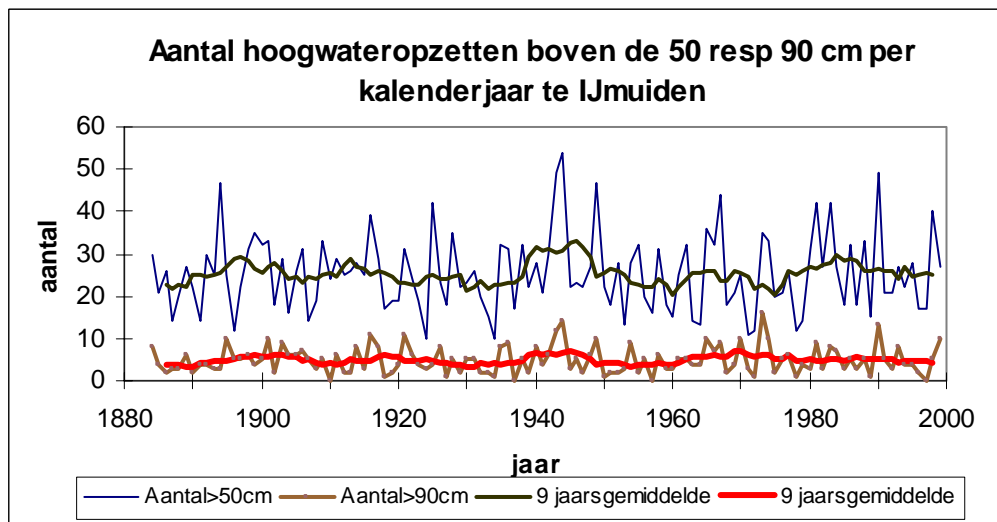
Figuur 4.5.2 Waterstanden Hoek van Holland 1864-1999 (bron: RIKZ, 2000).

Over het algemeen blijkt dat de gemiddelde hoogwaterstanden sneller en de gemiddelde laagwaterstanden langzamer stijgen dan de gemiddelde zeespiegel. Het gevolg is dat de tijverschillen toenemen. Voor de veiligheid tegen overstromen is de stijging van de gemiddelde hoogwaterstanden belangrijk. Voor de scheepvaart zijn ook de veranderingen in de gemiddelde laagwaterstanden en de tijverschillen van belang. Door alle veranderingen in het getijregime laten de verlopen van de gemiddelde hoogwaterstanden, laagwaterstanden en tijverschillen zich in het algemeen slecht benaderen door een lineaire trendlijn over een langere periode.

### 4.5.3 Frequentie en zwaarte van stormen

Uit gegevens die beschikbaar waren van RIKZ en uit de klimaatrapportage 1999 (KNMI, 2000a) kwam naar voren dat het stormklimaat in de afgelopen eeuw in Nederland niet is veranderd. Het KNMI heeft een analyse gemaakt van de “wateropzet” te Delfzijl voor de periode 1882-1999 (KNMI, 2000a). De wateropzet is de verhoging van de zeewaterstand ten opzichte van de verwachte stand (astronomisch getij) bij afwezigheid van weersinvloeden. De verhoging wordt voornamelijk veroorzaakt door het windveld (windkracht, windrichting en luchtdruk) boven de Noordzee. Hoge wateropzet komen thans niet vaker en niet heviger voor dan eerder in deze eeuw. Niettemin is de kans op een hoge zeewaterstand wat toegenomen. De gemiddelde zeespiegel aan onze kust is namelijk sinds anderhalve eeuw aan het stijgen. Al bleef het stormklimaat ongewijzigd, dan nog heeft deze zeespiegelstijging de kans op een waterstand boven een gegeven drempelwaarde verhoogd. Dat beïnvloedt weer onze veiligheid tegen overstroming die gebaseerd is op overschrijdingskansen van extreem hoge waterstanden. Voor bepaling van een eventueel effect door gewijzigde klimatologische omstandigheden in de toekomst zijn door het KNMI met het klimaatmodel “EcBilt” een groot aantal ensemble runs gemaakt, zowel voor het huidige klimaat als voor een verhoogd- $\text{CO}_2$  klimaat. Met behulp van de statistiek van extremen wordt, binnen de modelcontext, inzicht verkregen in onder andere de mogelijke invloed van het broeikaseffect. Figuur 4.5.3 geeft voor het station IJmuiden het verloop in de tijd van het aantal hoogwateropzetten per kalenderjaar hoger dan 50 cm en hoger dan 90 cm.



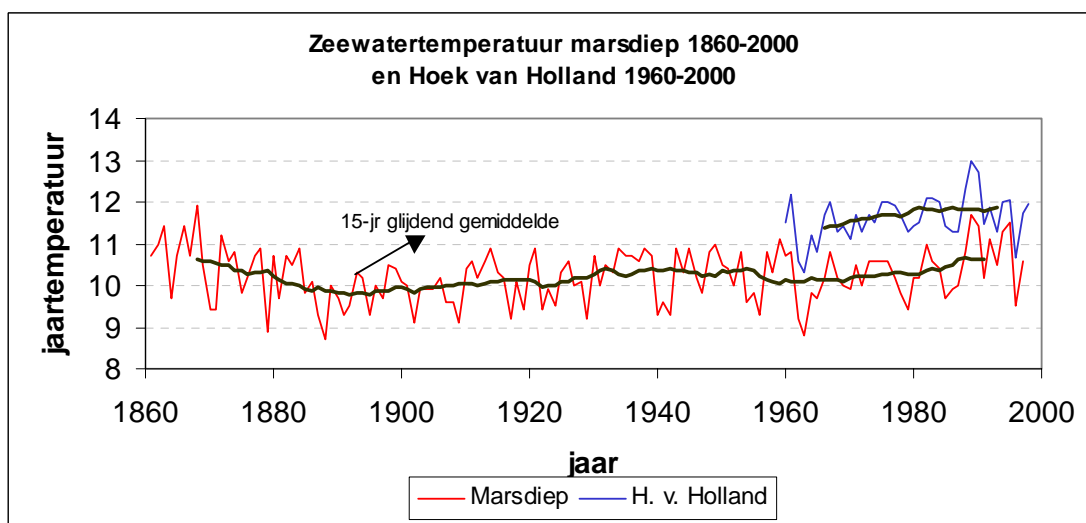


Figuur 4.5.3 Aantal hoogwateropzettingen boven de 50 respectievelijk 90 cm per kalenderjaar te IJmuiden 1880-1999 (Bron: RIKZ, 2000)

De figuur ondersteunt de uitspraak van het KNMI dat er nog geen veranderingen te zien zijn in het stormklimaat, althans niet in de effecten op de waterstanden. Voor Vlissingen, waar soortgelijke gegevens bekend zijn, lijkt in de negentiende eeuw het stormklimaat zwaarder te zijn geweest. De twintigste eeuw laat echter geen dalende of stijgende trend zien. De laatste decennia wijzen ook niet op een verandering.

#### 4.5.4 Zeewatertemperatuur

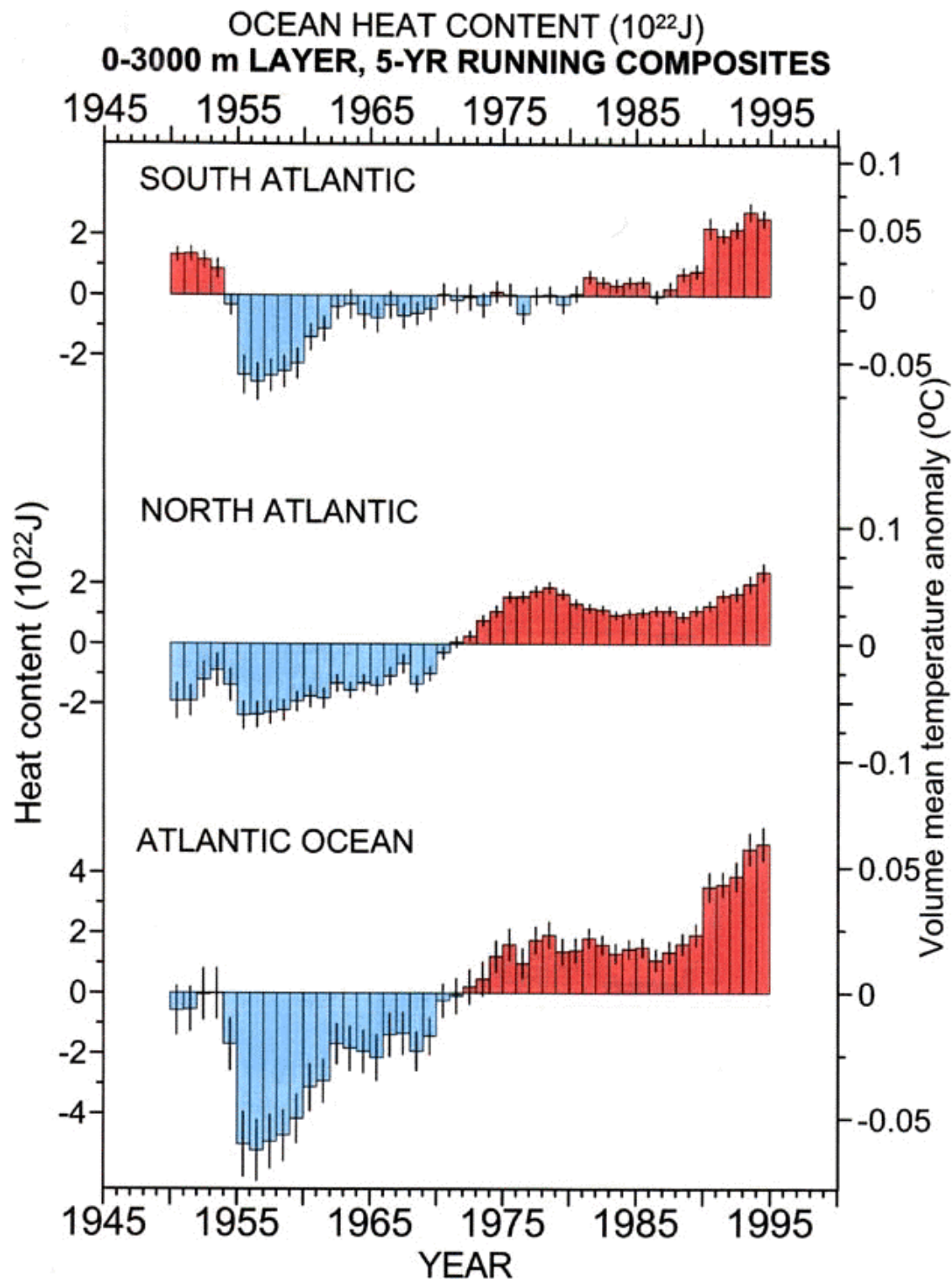
Het uitzetten van zeewater, door de toename van de gemiddelde temperatuur van het zeewater, heeft een relatieve lange aanloop. Berekeningen aan het versterkt broeikaseffect gaan uit van een toename van enkele watt per vierkante meter. Om een kolom water van 3 km (3 miljoen liter per m<sup>2</sup>) van gemiddelde tien graden naar gemiddeld elf graden te brengen is dertien miljard joule nodig. Een versterkt broeikaseffect van 2,5 W/m<sup>2</sup> levert op jaarbasis tachtig miljoen joule. In het geval dat al deze warmteproductie zou worden toegevoerd aan het zeewater zou het nog steeds 160 jaar duren voordat de waterkolom een graad is opgewarmd (waardoor de zeespiegel circa dertig centimeter zou kunnen stijgen).



Figuur 4.5.4 Zeewatertemperatuur Marsdiep 1860-1999 en Hoek van Holland 1960-1999 (bron: RIKZ, 2000).

Een vroeg signaal kan echter al gevonden worden door de oppervlaktetemperatuur van het zeewater te meten. In Nederland gebeurt dit reeds meer dan 100 jaar in het Marsdiep. Uit Figuur 4.5.4 blijkt dat er sprake is van een stijgende trend voor Hoek van Holland en

gedurende de laatste 100 jaar tevens voor het Marsdiep. In de laatste helft van de negentiende eeuw was er in Marsdiep sprake van een dalende trend. Voor de Atlantische Oceaan zijn gegevens over de laatste 50 jaar beschikbaar, zie Figuur 4.5.5. Figuur 4.5.5 geeft aan dat er sprake van een oplopende trend in alle delen van de Atlantische Oceaan.

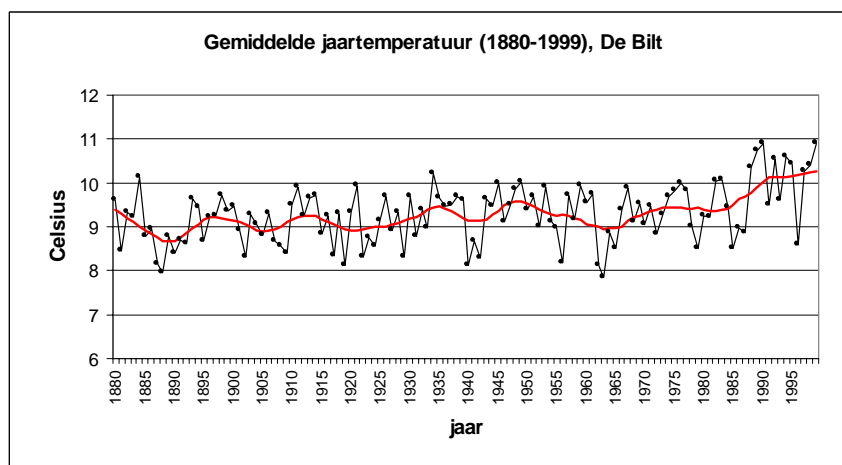


Figuur 4.5.5 Temperatuursverandering in de eerste 3000 m van de Atlantische Oceaan 1950-1995.

## 4.6. Indicatoren effecten leefomgeving

### 4.6.1 Jaargemiddelde temperatuur

Trends in mondiale en Nederlandse (De Bilt) jaargemiddelde temperaturen zijn de afgelopen jaren door veel organisaties, waaronder RIVM, gepresenteerd als indicator voor klimaatverandering. Beide indicatoren zijn wel geleverd door KNMI (Figuur 4.6.1, Figuur 4.6.2) maar niet in MV5 gepresenteerd als indicator. Reden hiervoor is dat de verschillende klimaatmodellen voor de zichtjaren een verschillende temperatuurstijging (range) berekenen voor de Aarde als geheel of hoogstens geregionaliseerd naar continenten. Gezien de modelonzekerheden heeft het (nog) geen zin om voor kleinere geografische eenheden dan Nederland een, lokaal gekwantificeerde, verwachting te genereren. Wel is er een kwalitatieve beschrijving in de tekst gegeven van de verwachte trend.

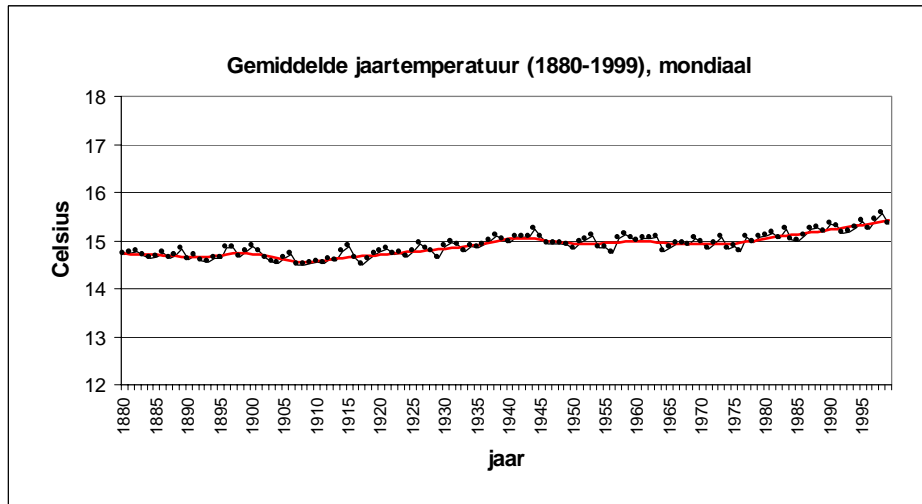


Figuur 4.6.1 Jaargemiddelde temperatuur (zwart) te De Bilt en voortschrijdend 15 jarig gemiddelde (rood) (bron: KNMI, 2000c).

De gemiddelde jaartemperatuur te De Bilt lag in de periode 1980-2000 ongeveer 0,7 graad Celsius hoger dan de periode 1900-1920 (zie ook tekstbox “De temperatuurreeks van station De Bilt”). De bovengenoemde veranderingen in temperatuur waren het grootst in de winter en zijn grotendeels te verklaren door variaties in de atmosferische stroming. Deze variaties hebben volgens de huidige inzichten primair een natuurlijke oorzaak. Sommige modellen suggereren echter dat het broeikaseffect leidt tot een sterkere Westcirculatie in de winter. Mocht dat het geval zijn dan zou dat in onze omgeving op langere termijn in de winter versneld warmer kunnen worden. Oorzaak van het afwijkende winterweer van de laatste decennia was de ongewone sterkte van de Noord-Atlantische Oscillatie (NAO). De NAO is een grootschalig patroon van klimaatvariatie boven de Noord-Atlantische Oceaan, dat zich kenmerkt door een afwijkend luchtdrukverschil tussen de Azoren en IJsland. Wanneer dit drukverschil groter is dan normaal zijn de westelijke luchtstromingen met relatief warme lucht, sterker. De afwijkingen worden primair toegeschreven aan natuurlijke variabiliteit. Daarom zou het om een tijdelijke verandering kunnen gaan. Dat houdt in dat de wintertemperatuur in het begin van de 21<sup>e</sup> eeuw weer zou kunnen dalen tot normalere waarden. De invloed van de NAO heeft betrekking op grote delen van Noordwest Europa (KNMI, 2000a).

Recente modelresultaten suggereren echter dat het broeikaseffect de NAO zou kunnen beïnvloeden, maar over de wijze waarop bestaat nog onduidelijkheid. Indien die uitkomsten juist zijn, dan zouden de westelijke luchtstromingen boven West-Europa zich in de loop van de 21e eeuw versterken. De versterking zou na 2010 onderscheidbaar worden van de natuurlijke variabiliteit en resulteren in een grotere temperatuurstijging in het winterseizoen dan eerder voorzien (KNMI, 2000a).

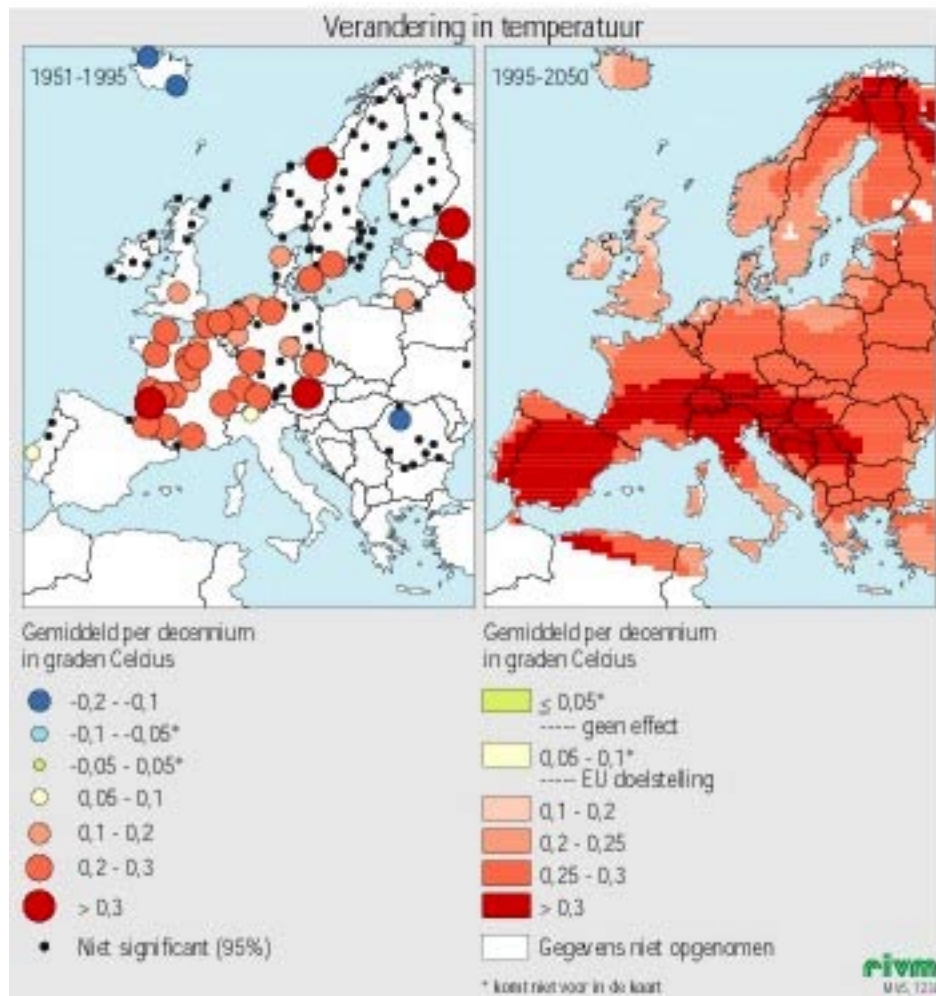
Plaatselijke aanvoereffecten worden uitgemiddeld in de mondiale gemiddelde jaartemperatuur (zie Figuur 4.6.2). De mondiale gemiddelde temperatuur laat een opwaartse trend zien. Ofschoon El-Niño voor een deel de hoge waarden gedurende de afgelopen twee jaren heeft beïnvloed, ontstaat er steeds meer consensus in de wetenschappelijke wereld (IPCC, 2001) dat de stijging na 1970 voor een deel wordt veroorzaakt door de toegenomen concentraties van broeikasgassen.



Figuur 4.6.2 Jaargemiddelde mondiale temperatuur (zwart) en voortschrijdend 15 jarig gemiddelde (rood) (bron: KNMI, 2000c).

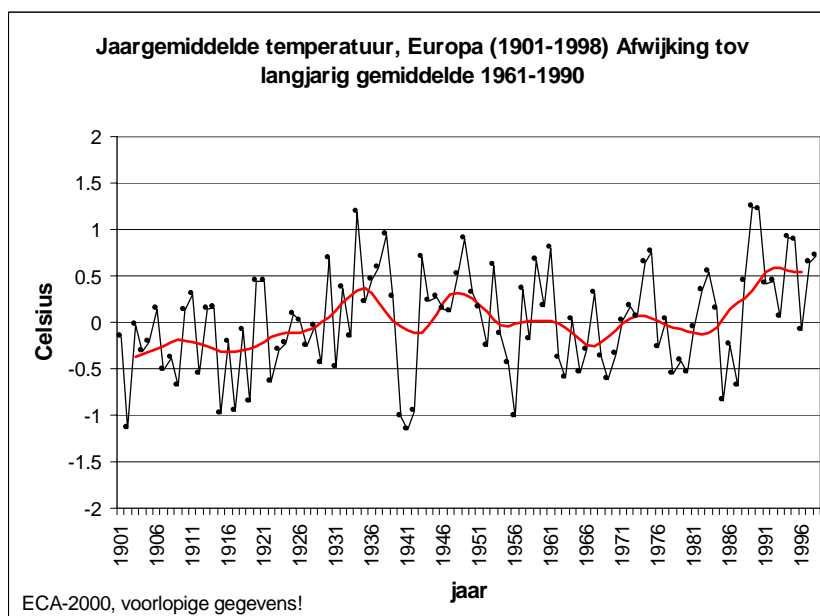
Via het ECA2000 project zijn inmiddels wel voor afzonderlijke Europese stations de verandering in jaargemiddelde temperatuur voor diverse tijdvakken beschikbaar. Hierbij werd aangegeven of de waargenomen verandering per tijdvak significant was (95% betrouwbaarheid). Alleen stations waarvoor minimaal 90% van de jaren beschikbaar waren zijn in de analyse meegenomen. Voor de MV5 is gekozen om de gemiddelde verandering per decennium in graden Celsius te presenteren voor de periode 1951-1995, zie Figuur 4.6.3. Deze historische periode sluit aan op de periode zoals gebruikt voor de scenarioberekeningen, die de periode 1995-2050 bestrijken (zie Figuur 4.6.3). Bovendien is de periode voldoende lang om jaarlijkse fluctuaties uit te middelen. Als eenheid is de verandering per decennium gekozen, in lijn met de voorgestelde EU beleidsdoelstelling.

Er bestaat geen wetenschappelijke consensus met betrekking tot doelstellingen waarbinnen klimaatverandering geen gevolgen heeft voor duurzame ontwikkeling, wel zijn er op diverse niveaus voorstellen gedaan. De EU heeft een voorlopige doelstelling aangenomen van 2 °C mondiale temperatuurstijging boven het preïndustriële niveau. De waargenomen stijging van ongeveer een halve graad geeft een toegestane stijging van 0,14 °C per decade tot het jaar 2100.



Figuur 4.6.3 Links de verandering in temperatuur op weerstations in Europa, periode 1951-1995 (Bron: KNMI,2000b) en rechts de berekende verandering in gemiddelde temperatuur 1995-2050 (bron: Brandes et al., 2000).

Voor vrijwel alle stations werd in de periode 1951-1995 een positieve verandering vastgesteld of een niet significante verandering (die in vrijwel alle gevallen wel positief was). In de periode 1990-2050 zal naar verwachting (IMAGE berekening, IPCC-SRES-B2 scenario) in grote delen van Europa (ca 97%) de jaargemiddelde temperatuur met meer dan 0,1 graad Celsius per decade stijgen. Na afronden van de MV5 werkzaamheden is via het ECA2000 project een eerste historische temperatuurreeks voor Europa beschikbaar gekomen (Figuur 4.6.4). Ter illustratie is deze reeks in dit rapport opgenomen. Aanbevolen wordt om in de MV6 de Europese jaargemiddelde temperatuurreeks die nu beschikbaar is te koppelen aan een toekomstverwachting voor Europa. Dit in de vorm van een grafiek of in de vorm van een kaart (waarbij de reeksen van De Europese stations vergrid zouden moeten worden).



Figuur 4.6.4 Jaargemiddelde temperatuur in Europa 1901-1998, afwijkingen opzichte van de klimatologische normalen 1961-90. Tevens is het vijfjarig voortschrijdend gemiddelde gepresenteerd. De reeks is samengesteld uit de stationsreeksen die per 8 augustus 2000 beschikbaar waren binnen het ECA2000 project (bron: KNMI, 2000b).

## 4.6.2 Recreatiedagen

Recreatiedagen zijn als volgt gedefinieerd:

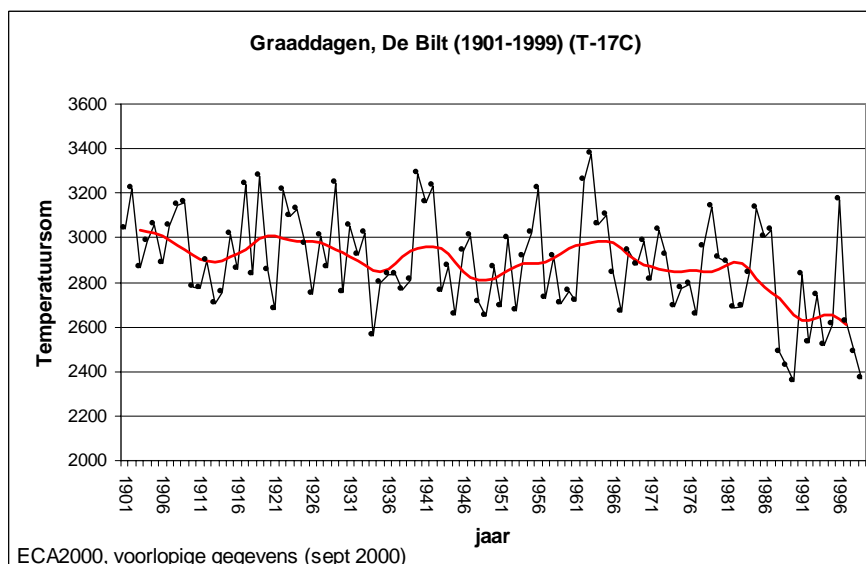
- *Zomer*: warm (A: above average), zonnig (S: sunny), droog (D: dry) waarbij de temperatuur en hoeveelheid zonneschijn bij de 33% warmste en zonnigste horen (volgens langjarig maandgemiddelde) en de hoeveelheid neerslag minder dan 0,3 mm bedraagt;
- *Winter*: Idem als voor de zomer, met uitzondering van de temperatuur: below average (33% koudste tov langjarig maandgemiddelde).

Voor het winterhalfjaar wordt het getal niet vaak toegepast, aangezien niet iedereen gecharmeerd is van koud, helder en droog winterweer. Voor de twintigste eeuw is geen trend waarneembaar in het aantal ADS-dagen (station De Bilt). Er zijn geen berekeningen voor zichtjaren beschikbaar. De indicator is uiteindelijk niet opgenomen in de MV5. Het aantal ADS-dagen is voor de recreatieve sector een belangrijk gegeven. Aanbevolen wordt om na te gaan of het aantal ADS-dagen (Nederland) kan worden afgeleid voor een mogelijk toekomstig klimaatscenario. Opgemerkt dient te worden dat het aantal recreatiedagen ("mooie" dagen) een indicator is die niet zonder meer in elke Europese klimaatregio kan worden toegepast. Zo kan in de Mediterrane regio de term "above average" misschien juist niet gunstig zijn voor recreatieve doeleinden, maar op sommige dagen "below average" wel. Mogelijk dat de indicator kan worden uitgebreid met randvoorwaarden (bandbreedte) voor de temperatuur.

## 4.6.3 Graaddagen

Bij de berekeningen van de "graaddag" wordt bij een gemiddelde dagtemperatuur onder de 17 graden Celsius (WMO-definitie) het verschil genomen tussen de gemiddelde dagtemperatuur en de 17 graden. Dit verschil wordt iedere dag bepaald en gesommeerd (Figuur 4.6.5).





Figuur 4.6.5 Graaddagen station De Bilt voor de periode 1901-1999 (Bron: KNMI, 2000b, voorlopige gegevens).

Bij een stijging van de jaargemiddelde temperatuur zal het aantal graaddagen afnemen, de mate van afname is afhankelijk van de bandbreedte waar de temperatuur zich voor en na de stijging zal begeven. Graaddagen worden ook wel stookdagen genoemd, aangezien bij een daggemiddelde temperatuur beneden de 17 graden Celsius er over het algemeen gestookt wordt. In feite is de graaddag-indicator slechts een ruwe indicator voor het stookgedrag. Immers, de hoeveelheid brandstof nodig om een ruimte te verwarmen is ook afhankelijk van bijvoorbeeld de windsnelheid en gebruikte bouwmaterialen (isolatie). Toch kan het interessant zijn om de indicator graaddagen in volgende milieuverkenning (MV6) op te nemen waarbij zal moeten worden gestreefd om een historische Europese reeks (kaart, op basis van de ECA2000-set) te koppelen aan een toekomstverwachting. Aanbevolen wordt verder om een relatie af te leiden tussen graaddagen en de emissie toegekend aan de sector “ruimteverwarming”. Met deze relatie kan de emissie voor zichtjaren worden afgeschat (onder de randvoorwaarde dat er geen verandering optreedt in stooktechniek en isolatie).

#### Gebruik graaddagen door Nederlandse gasdistributiebedrijven

De Nederlandse gasdistributiebedrijven werken ook met het begrip “graaddag” maar de definitie is afwijkend en bedoeld om voor het actuele weer gecorrigeerd gasverbruik te berekenen:

Graaddagen: 18 graden Celsius – de gemeten gemiddelde dagtemperatuur. (1)

Het gecorrigeerde gasverbruik volgt dan uit:

Gecor. verbruik = (werkelijk verbruik x gemid. aantal graaddagen)/werkelijk aantal graaddagen (2)





## 5 Conclusies en aanbevelingen

### *Grootschalige luchtverontreiniging: Ozon*

Modellering van ozonconcentraties vergen complexe berekeningen. Vergelijking tussen twee voor de MV5 toegepaste modellen (EUROS en LOTOS) laten een bevredigende overeenstemming zien. De vergelijking met metingen geeft echter aan dat verdergaande verbetering van de modellen noodzakelijk is. Geconcludeerd wordt dat er aanzienlijke variatie op de lokale schaal (binnen 50 km) optreedt die het model per definitie niet representeert. Mogelijk kan gridverfijning in die cellen de prestaties verbeteren. Het gemiddelde aantal overschrijdingen voor de Nederlandse meetstations komt vooralsnog binnen 30% overeen met het gemiddelde van de door EUROS berekende overschrijdingen voor de betreffende roosterzellen.

Het seizoen waarover de modelberekeningen geëvalueerd worden, is eveneens een belangrijke factor. Ozonmodellen zijn in het verleden vooral gebruikt om piekwaarden tijdens smogsituaties te bestuderen. Gepubliceerde vergelijkingen tussen metingen en modelprestaties hebben daardoor meestal betrekking op de zomerperiode. In de zomer is fotochemische productie een van de belangrijkste processen. Gezondheids-deskundigen zijn echter van mening dat er voor ozon geen effectdrempel is, dat wil zeggen dat iedere concentratie -hoe laag ook- gezondheidseffecten veroorzaakt. Dit heeft tot gevolg dat er hogere eisen gesteld gaan worden aan modelresultaten voor de lente, herfst en winter. Omdat voor de bepaling van de ozonconcentratie in die seizoenen andere atmosferische processen (dispersie, transport, depositie, grootschalige achtergrond,  $\text{NO}_x$ -titratie) het accent hebben, is daarvoor meer aandacht nodig. EUROS en LOTOS zijn slechts matig geverifieerd voor de niet-smog periode van het jaar. Voor prognoses met een lange tijdhorizon ( $>20$  jaar) is de ontwikkeling in troposferisch ozon van belang, dit vergt modellering van de ozonontwikkeling op een schaalgrootte van het Noordelijk halfrond. Voor toekomstige milieuverkenningen wordt aanbevolen om een koppeling aan te brengen tussen de Europese ozonmodellen (zoals toegepast in de vijfde milieuverkenning) en grootschalige ozonmodellen voor het Noordelijk halfrond. Voor de effecten van ozon op de mens is de leeftijd een belangrijke factor, boven de 65 jaar komen effecten op grotere schaal voor dan bij de bevolking jonger dan 45 jaar. Aanbevolen wordt om bij toekomstige milieuverkenningen bij de ruimtelijk differentiatie van de bevolking tevens aandacht te besteden aan de ruimtelijke differentiatie van de leeftijdsopbouw van de Nederlandse bevolking.

### *Grootschalige luchtverontreiniging: $\text{NO}_2$ en $\text{NO}_x$*

Van stikstofoxiden ( $\text{NO}_x$ ) in de buitenlucht levert met name het deel stikstofdioxide ( $\text{NO}_2$ ) risico's voor de gezondheid van de mens, zowel bij korte als lange termijn blootstelling. Ten behoeve van MV5 zijn achtergrondconcentraties  $\text{NO}_2$  en lokale verhogingen langs wegen in steden onderzocht. Hierbij is gebruik gemaakt van een  $\text{NO}_x - \text{NO}_2$  conversie op basis van empirische relaties afgeleid uit meetnetgegevens over de jaren 1991-1998. Op vergelijkbare wijze is een empirische relatie tussen jaargemiddelde concentratie en het 98-percentiel van uurwaarden  $\text{NO}_2$  opgesteld. Voor de bepaling van concentraties langs wegen in steden is het CAR-model toegepast. Mogelijk kan de rekenmethode voor jaargemiddelden  $\text{NO}_2$  in het CAR-model nog worden geoptimaliseerd. Nader onderzoek naar de rekenwijze voor jaargemiddelde concentraties  $\text{NO}_2$  in het CAR-model is wenselijk.

### *Grootschalige luchtverontreiniging: fijn stof*

De emissies zijn alleen de bekende antropogene emissies, de verschillende componenten hebben eveneens een natuurlijke oorsprong. Verder zijn er andere stofvormige deeltjes die niet door de antropogene emissies worden beschreven, worden emissies onder- of overschat

en zijn er andere onzekerheden. Door gebrek aan kennis over het onverklaarde deel is volgende methode gevolgd. Het onverklaarde deel van de verschillende componenten is in tijd maar niet in ruimte gelijk. Voor het basisjaar 1995 zijn de over de periode 1993 – 1997 de verschillen tussen de gemeten en berekende concentraties aan fijn stof gemiddeld en vervolgens geïnterpoleerd over Nederland. Het resultaat is een geïnterpoleerde kaart van de verschillen over Nederland over een periode van vijf jaar, de zogenaamde verschilkaart voor het onverklaarde deel. Deze kaart wordt – zoals hierboven aangegeven - vooralsnog constant in tijd verondersteld. De gemiddelde concentratie van het onverklaarde deel is  $19,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  met waarden die liggen tussen  $18,6$  en  $20,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Het onverklaarde deel draagt een substantieel deel bij aan de fijn stof concentratie met name in de prognoses (bij afnemende antropogeen aandeel) en mogelijk niet constant in de tijd. Aanbevolen wordt om nadere studie te verrichten naar zowel de omvang van de concentraties die als niet gemodelleerde deel moet worden meegenomen als naar de mogelijke trend hiervan in de tijd.

#### *Potentieel zuur en stikstofdepositie: Trend*

De omzetting en depositieprocessen van de verzurende stoffen worden door elkaars aanwezigheid beïnvloed. In de toegepaste versie van het verspreidingsmodel OPS (OPS8exp) wordt hiermee geen rekening gehouden. Voorlopige berekeningen geven aan dat met name de depositieprocessen van ammoniak hierdoor beïnvloed kunnen worden. Aanbevolen wordt om in toekomstige milieuverkenningen te werken met een aangepaste verspreidingsmodel waarbij de genoemde (niet-lineaire) effecten zijn opgenomen. Het toegepaste oplossend vermogen van het model is  $5 \times 5$  km, de meeste ecosystemen hebben een veel kleinere schaalgrootte, ook het de hoge depositiesnelheid van ammoniak geeft de noodzaak tot een hogere resolutie. Voor toekomstige milieuverkenningen wordt aanbevolen om de ammoniak depositie met een ruimtelijke resolutie van tenminste  $1 \times 1$  km te modelleren. De gebruikte emissies zijn afkomstig van bekende antropogene emissies binnen Europa. De verschillende verzurende en vermestende stoffen hebben eveneens een natuurlijke oorsprong en een bijdrage van antropogene bronnen buiten Europa. Voor prognoses waarbij berekeningen gemaakt voor het realiseren van verzuringsdoelstellingen (orde 300-1400 mol/ha per jaar) loopt bovenstaande bijdrage op tot substantiële bijdragen. Aanbevolen wordt om de ontwikkeling van de natuurlijk bijdrage en antropogene bronnen buiten Europa voor een volgende milieuverkenning meer gedetailleerd in kaart te brengen.

#### *Potentieel zuur en stikstofdepositie: Milieugebruiksruimte verzurende emissies*

Met als hypothetisch uitgangspunt dat verzurende emissie “uit” Europa als depositie binnen Europa zelf “gebufferd” dient te worden, blijkt Europa voldoende groot te zijn om onder de gemiddelde kritische depositie (waarbij schade aan ecosystemen kan herstellen) te blijven. Nederland echter, heeft ruim vijfmaal het Nederlandse landoppervlak nodig om alle verzurende emissies zonder schade op te kunnen nemen. In 2010 kan dit met ongeveer 35% afnemen.

#### *Potentieel zuur en stikstofdepositie: Bijdrage buitenland*

Er is een analyse gemaakt van de relatieve bijdrage van de verschillende landen in de zure depositie “op” Nederland. De Nederlandse bijdrage groeit tot 2010 ten opzichte van de omliggende landen. De natuurlijke achtergrond blijft in absolute zin vrij constant maar wordt in relatieve zin steeds belangrijker ten opzichte van de “directe” depositie ten gevolge van antropogene emissies.

#### *Potentieel zuur en stikstofdepositie: Beleidsanalyse*

Wanneer in Nederland door, vijf voor verzuring voornaamste, doelgroepen in de periode tussen 1980 en 1995 geen maatregelen waren genomen dan zou de depositie ca. 900 zeq/ha hoger hebben gelegen. De grootste bijdrage (ca. 40%) in de reductie is afkomstig van de

doelgroep landbouw. De bijdrage van de andere beschouwde doelgroepen bedraagt per doelgroep ten opzichte van 1980 ruim 100 zeq/ha per jaar.

*Potentieel zuur en stikstofdepositie: Monumenten*

Er is zeer beperkt en illustratief onderzoek gedaan naar hoe bepaalde zandstenen beelden de afgelopen dertig jaar hebben doorstaan. Er zijn naast luchtverontreiniging veel factoren die invloed hebben op de aantasting van beelden. De schade aan beelden van de Sint-Jan in Den Bosch blijkt niet groot te zijn.

*Effectindicatoren klimaatverandering*

Voor toekomstige milieuverkenningen kan meer dan voorheen aandacht besteed worden aan (mogelijke) effecten van klimaatverandering. Naast de “traditionele” effectindicatoren, zijnde de concentraties van broeikasgassen en de verandering in de gemiddelde temperatuur, komen meer specifieke indicatoren, gericht op het waarnemen van effecten op de natuur, de leefomgeving en gezondheid & risico's in aanmerking om opgenomen te worden in toekomstige milieuverkenningen. Aanbevolen wordt verder om een relatie af te leiden tussen graaddagen en de emissie toegekend aan de sector “ruimteverwarming”. Met deze relatie kan een terugkoppeling tot stand worden gebracht tussen de veronderstelde klimaatverandering in een bepaald zichtjaar en de gevolgen daarvan voor de emissie in dat zichtjaar. De schaalgrootte waarop nader aandacht aan deze indicatoren kan worden besteed is voor de prognose de Europese/mondiale schaal. Voor waargenomen veranderingen kan tevens de schaalgrootte Nederland hieraan worden toegevoegd.



## Literatuur

- Albers, R., J. Beck, A. Bleeker, L. van Bree, J. van Dam, L. van der Eerden, J. Freijer, A. van Hinsberg, M. Marra, C. v.d. Zalm, A. Tonneijck, W. de Vries, L. Wesselink, F. Wortelboer (2001), Evaluatie van de verzuringsdoelstelling: de onderbouwing, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM-rapport 725501.
- Beck, J.P., L. van Bree, M. van Esbroek, J. Frijer, A. van Hinsberg, M. Marra, K. van Velze, H.A. Vissenberg, W.A.J. van Pul (2001), Evaluatie van de verzuringsdoelstellingen: de emissievarianten. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM-rapport 725501 002.
- Bestrijdingsplan Verzuring (1989), Tweede Kamer, Den Haag.
- Brandes, L.J., A.H. Bakema, K. Buurman, H. van den Heiligenberg, D. Onderdelinden (2001), Factsheets, modellen en productielogistiek MV5. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM-rapport 408129007.
- COM 99;125 (1999), Voorstel voor een richtlijn van het Europees parlement en de raad inzake nationale emissiemaxima voor bepaalde luchtverontreinigende stoffen en betreffende ozon in de lucht. Publicatieblad van de Europese Gemeenschap, Luxemburg, ISSN 0254-1513, COM 125 def.
- Drissen, E., L.C. Braat, M.C.H. Witmer (2001), Scenario's voor de vijfde Nationale Milieuverkenning. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM-rapport 408129012. (in voorbereiding).
- Eerens, H.C., C.J. Sliggers, K.D. van den Hout (1993), The CAR model: the Dutch method to determine city street air quality. *Atmospheric Environment*, Vol. 27B, No.4, pp. 389-399.
- Eerens, H.C., J.A. van Jaarsveld, J. Peters (1999), European status fine particulates - Air quality: Trends, monitoring, background modeling. *Studies in Environmental Science* 72; Schneider, T. (ed.). *Air pollution in the 21<sup>st</sup> century Priority Issues and Policy*, Elsevier, Amsterdam.
- Erisman, J.W. (1991), Acid deposition in the Netherlands. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM-rapport 723001002.
- Erisman, J.W. (1991-2), Atmospheric deposition of acidifying compounds in the Netherlands, proefschrift, Rijksuniversiteit Utrecht, Utrecht.
- Erisman, J.W. en A. Bleeker (1997), Emission, concentration and deposition of acidifying substances. Uit: *Acid Atmospheric Deposition and its effects on terrestrial ecosystems in the Netherlands* (hoofdstuk 2). G.J.Heij and J.W.Erisman (Editors), Elsevier Science.
- EU (1999), Richtlijn 1999/30/EG van de raad van 22 April 1999 betreffende de grenswaarden voor zwaveldioxide, stikstofdioxide en stikstofoxiden, zwevende deeltjes en lood in lucht. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen No L 163/41.
- Feenstra, J.F. (1982), Cultuurgoederen en luchtverontreiniging; schade door luchtverontreiniging aan monumenten, kunstvoorwerpen, archieven en gebouwen. Instituut voor Milieuvraagstukken, Publicatiereeks Lucht, Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Leidschendam.
- Heij, G.J. en T. Schneider (eds.) (1991), Acidification research in the Netherlands. Final report of the Dutch priority programme on acidification. *Studies in Environmental Science* 46. Elsevier, Amsterdam.
- Heij, G.J. en J.W. Erisman, (eds.) (1995), Acid rain research: do we have enough answers?, *Proceedings of a Speciality Conference. Studies in Environmental Science* 64. Elsevier, Amsterdam.

- IPCC (2001), *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Edited by Bert Metz *et al.*, ISBN 0-521-80769-7 (hb), ISBN 0-521-01502-2 (pb) Cambridge University Press, Cambridge.
- Jaarsveld, J.A. van (1995), *Modelling the long-term atmospheric behaviour of pollutants on various spatial scales*. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- Jaarsveld, J.A. van, A. Bleeker, A., J.W. Erisman, G.J. Monteny, J. Duyzer, D. Oudendag, (2000a), *Ammoniak emissie-concentratie-depositie relaties op lokale schaal*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM-rapport 725601 001.
- Jaarsveld, J.A. van, A. Bleeker, N.J.P. Hoogervorst (2000b), *Evaluatie ammoniak emissiereducties met behulp van metingen en modelberekeningen*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM-rapport 722108 025.
- Keller, M. J., Heldstab, T. Künzle (1997), *NO<sub>2</sub>-Immisionen in der Schweiz 1990-2010*. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) Schriftenreihe Umwelt Nr. 289, Bern.
- KNMI (2000a), *De Toestand van het klimaat in Nederland 1999*. KNMI, De Bilt, Onder redactie van G. P. Konnen. Internet-versie: <http://www.knmi.nl/voorl/nader/klim/klimaatrapportage.html>
- KNMI (2000b), *European Climate Assessment 2000*. Voorlopige gegevens verkregen van KNMI, zie: <http://www.knmi.nl/samenw/eca/>), De Bilt.
- KNMI (2000c), *Gegevens geleverd door KNMI*. Afdeling Klimatologische Dienstverlening, De Bilt.
- Kramer A. en J.F. Feenstra (1986), *Schade aan natuursteen in Nederlandse monumenten*, Rijksdienst voor Monumentenzorg/SDU uitgeverij, Den Haag.
- Leeflang, K.W.H. (1938), *De chemische samenstelling van den neerslag in Nederland*, Chemisch weekblad, no 35. pp. 658-664.
- Milieucompendium (1999), *Intern concept 2 juli 1999*, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- MV5 (2000), *Nationale milieuverkenning 5 2000-2030*, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven
- Oene, H. van, F. Berendse, C.G.F. de Kovel (1999), *Model analysis of the effect of historic CO<sub>2</sub> levels and nitrogen inputs on vegetation succession*, *Ecological Applications*, 9(3), pp. 920-935, Ecological Society of America.
- Posch, M., P.A.M. de Smet, J.-P. Hettelingh and R.J. Downing (eds.) (1999), *Calculating and Mapping of Critical Thresholds in Europe: Status Report 1999*, National Institute of Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven, RIVM report 259101 009.
- Pruppers, M.J.M. (ed.) (1996), *Achtergronddocument bij "Cumulatie van milieurisico's voor de mens: geografische verschillen in Nederland, paragraaf 4.5 De berekening van de concentraties van stikstofdioxide en ozon (pag 39-43)*, RIVM-rapport nr 610127 002, Bilthoven.
- RDMZ (1999a), *Nieuwsbrief Rijksdienst voor de Monumentenzorg*, nr 6 1999. Zeist.
- RDMZ (1999b), *RDMZ Info restauratie en beheer nr. 16*, Rijksdienst voor de Monumentenzorg, Zeist.
- Loon, M van (1997), *Numerical methods in smog prediction*. Proefschrift Universiteit van Utrecht, Utrecht.
- RIKZ (2000), *Dillingh, D., J.G. de Ronde, P.F. Heinen, intern rapport*, RIKZ, Lelystad.
- RIVM (1998), *Luchtkwaliteit; Jaaroverzicht 1998 en 1999*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM-rapport 725301 006.

- Thomas, R, W.G. van Arkel, H.P. Baars, E.C. van Ierland, K.F. de Boer, E. Buijsman, T.J.H.M. Hutten, R.J. Swart (1988), Emissie van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, VOS en NH<sub>3</sub> in Nederland en Europa in de periode 1950-2030. Bilthoven, RIVM-rapport 758472 002.
- Vissenberg, H.A., H.J.Th.M. Bloemen, H.C. Eerens, W.J.M. Smeets en L.J. Brandes (2001), SIGMA - a postprocessor for air quality assessments. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven. (in voorbereiding).
- Vonk, M., D.C.J. van der Hoek,, D. van der Meent, F.G. Wortelboer, J.R.M. Alkemade (2001), Berekening van effecten van milieu op natuur ten behoeve van de 5<sup>e</sup> Nationale milieuverkenning, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM-rapport 408129 017. (in voorbereiding)
- VROM (1985), Zure regen. Brochure van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Vijfde druk, Den Haag.
- Wee, G.P. van, M.A.J. Kuijpers-Linde en O.J. van Gerwen (2001), Emissies en kosten tot 2030 bij het vastgesteld milieubeleid; achtergronddocument bij de Nationale Milieuverkenning 5. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM-rapport 408129 013.





## Bijlage 1: Parameters CAR-model in MV5

Tabel I.1.a Emissiefactoren bij verschillende rij snelheden (in g/km, m.u.v. BAP in mg/km en geur in g.e./km).

Stof	Jaar	Emissiefactor	Snelheid (km/h)							
			13	19	26	44	50	80	100	120
NO <sub>x</sub>	1990	Ep	1.57	1.41	1.35	1.30	1.29	2.05	2.56	3.37
		Ev	23.48	17.74	17.13	15.56	15.04	14.18	14.45	-
	1995	Ep	1.09	0.98	0.93	0.87	0.85	1.36	1.70	2.24
		Ev	22.42	16.94	15.95	13.42	12.57	11.02	11.23	-
	1997	Ep	0.93	0.83	0.79	0.72	0.70	1.12	1.39	1.84
		Ev	20.67	15.62	14.67	12.24	11.42	9.78	9.97	-
	2010 <sup>EC</sup>	Ep	0.18	0.16	0.15	0.14	0.14	0.22	0.27	0.35
		Ev	7.88	5.96	5.59	4.65	4.34	3.68	3.75	-
	2020 <sup>EC</sup>	Ep	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.15	0.18	0.24
		Ev	5.06	3.82	3.59	2.98	2.78	2.36	2.41	-
	2030 <sup>EC</sup>	Ep	0.12	0.11	0.11	0.10	0.09	0.15	0.18	0.24
		Ev	5.07	3.83	3.59	2.99	2.79	2.37	2.41	-
	2010 <sup>GC</sup>	Ep	0.19	0.17	0.16	0.14	0.14	0.22	0.28	0.36
		Ev	9.34	7.06	6.62	5.51	5.14	4.36	4.45	-
	2020 <sup>GC</sup>	Ep	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.16	0.19	0.25
		Ev	8.43	6.37	5.98	4.98	4.64	3.94	4.02	-
	2030 <sup>GC</sup>	Ep	0.13	0.12	0.11	0.10	0.10	0.15	0.19	0.25
		Ev	8.46	6.39	6.00	4.99	4.65	3.95	4.03	-
PM10	1990	Ep	0.151	0.131	0.113	0.073	0.060	0.059	0.058	0.073
		Ev	1.933	1.484	1.336	0.957	0.831	0.720	0.667	-
	1995	Ep	0.109	0.095	0.084	0.059	0.051	0.051	0.051	0.064
		Ev	1.218	0.941	0.857	0.642	0.570	0.480	0.446	-
	1997	Ep	0.097	0.085	0.075	0.053	0.045	0.046	0.046	0.057
		Ev	0.865	0.673	0.620	0.485	0.440	0.373	0.348	-
	2010 <sup>EC</sup>	Ep	0.036	0.032	0.030	0.024	0.022	0.022	0.022	0.025
		Ev	0.198	0.166	0.158	0.138	0.131	0.120	0.115	-
	2020 <sup>EC</sup>	Ep	0.028	0.026	0.024	0.021	0.019	0.020	0.020	0.022
		Ev	0.168	0.144	0.138	0.122	0.116	0.108	0.105	-
	2030 <sup>EC</sup>	Ep	0.028	0.026	0.025	0.021	0.019	0.020	0.020	0.022
		Ev	0.166	0.142	0.136	0.121	0.115	0.107	0.104	-
	2010 <sup>GC</sup>	Ep	0.036	0.033	0.030	0.024	0.022	0.022	0.023	0.026
		Ev	0.195	0.164	0.157	0.136	0.130	0.119	0.115	-
	2020 <sup>GC</sup>	Ep	0.029	0.027	0.025	0.021	0.020	0.020	0.020	0.022
		Ev	0.166	0.143	0.137	0.121	0.116	0.107	0.104	-
	2030 <sup>GC</sup>	Ep	0.029	0.027	0.025	0.021	0.020	0.020	0.020	0.022
		Ev	0.164	0.141	0.135	0.120	0.115	0.107	0.103	-

EC European Coordination

GC Global Competition

Ep emissiefactor licht wegverkeer

Ev emissiefactor zwaar wegverkeer

PM10 primair fijn stof door verbranding + slijtage naar lucht

g.e. geureenheden

Stof	Jaar	Emissiefactor	Snelheid (km/h)								
			13	19	26	44	50	80	100	120	
CO	1990	Ep	15.73	12.56	10.39	5.77	4.24	5.39	6.16	8.10	
		Ev	9.48	7.28	6.23	3.52	2.62	2.30	2.12	-	
	1995	Ep	11.76	9.39	7.67	3.88	2.62	3.13	3.47	4.50	
		Ev	6.36	4.89	4.23	2.54	1.98	1.71	1.58	-	
	1997	Ep	10.11	8.07	6.57	3.22	2.11	2.44	2.66	3.43	
		Ev	5.07	3.89	3.40	2.15	1.73	1.47	1.35	-	
	2010 <sup>EC</sup>	Ep	3.89	3.11	2.53	1.23	0.80	0.91	0.98	1.24	
		Ev	2.17	1.67	1.47	0.95	0.78	0.66	0.61	-	
	2020 <sup>EC</sup>	Ep	2.96	2.36	1.92	0.93	0.60	0.69	0.74	0.95	
		Ev	1.84	1.41	1.24	0.81	0.66	0.56	0.51	-	
	2030 <sup>EC</sup>	Ep	2.98	2.38	1.94	0.94	0.61	0.69	0.75	0.96	
		Ev	1.83	1.41	1.24	0.80	0.66	0.55	0.51	-	
	2010 <sup>GC</sup>	Ep	3.89	3.10	2.53	1.23	0.79	0.91	0.98	1.23	
		Ev	2.15	1.65	1.45	0.94	0.77	0.65	0.60	-	
	2020 <sup>GC</sup>	Ep	2.81	2.24	1.83	0.89	0.57	0.65	0.71	0.89	
		Ev	1.83	1.41	1.24	0.80	0.66	0.55	0.51	-	
	2030 <sup>GC</sup>	Ep	2.85	2.28	1.85	0.90	0.58	0.66	0.72	0.91	
		Ev	1.82	1.40	1.23	0.80	0.66	0.55	0.51	-	
	Benzeen	1990	Ep	0.1260	0.1011	0.0837	0.0443	0.0312	0.0317	0.0321	0.0409
			Ev	0.1400	0.1003	0.0851	0.0460	0.0330	0.0277	0.0250	-
1995		Ep	0.0854	0.0685	0.0563	0.0283	0.0190	0.0190	0.0190	0.0240	
		Ev	0.0950	0.0681	0.0581	0.0323	0.0237	0.0175	0.0158	-	
1997		Ep	0.0712	0.0572	0.0469	0.0232	0.0153	0.0151	0.0150	0.0190	
		Ev	0.0745	0.0534	0.0459	0.0266	0.0201	0.0134	0.0121	-	
2010 <sup>EC</sup>		Ep	0.0180	0.0143	0.0117	0.0058	0.0038	0.0037	0.0037	0.0046	
		Ev	0.0186	0.0133	0.0115	0.0068	0.0053	0.0033	0.0030	-	
2020 <sup>EC</sup>		Ep	0.0137	0.0109	0.0089	0.0044	0.0029	0.0028	0.0028	0.0035	
		Ev	0.0158	0.0113	0.0098	0.0058	0.0045	0.0028	0.0026	-	
2030 <sup>EC</sup>		Ep	0.0134	0.0107	0.0088	0.0043	0.0028	0.0028	0.0028	0.0035	
		Ev	0.0157	0.0112	0.0097	0.0058	0.0044	0.0028	0.0025	-	
2010 <sup>GC</sup>		Ep	0.0185	0.0146	0.0120	0.0059	0.0039	0.0038	0.0038	0.0047	
		Ev	0.0184	0.0132	0.0114	0.0068	0.0052	0.0033	0.0030	-	
2020 <sup>GC</sup>		Ep	0.0136	0.0108	0.0088	0.0043	0.0028	0.0028	0.0028	0.0034	
		Ev	0.0157	0.0112	0.0097	0.0058	0.0044	0.0028	0.0025	-	
2030 <sup>GC</sup>		Ep	0.0132	0.0105	0.0086	0.0042	0.0028	0.0027	0.0027	0.0033	
		Ev	0.0156	0.0112	0.0096	0.0057	0.0044	0.0028	0.0025	-	
EC		European Coordination									
GC		Global Competition									
Ep	emissiefactor licht wegverkeer										
Ev	emissiefactor zwaar wegverkeer										
g.e.	geureenheden										

Tabel I.1.c Emissiefactoren bij verschillende rij snelheden (in g/km, m.u.v. BAP in mg/km en geur in g.e./km).  
(vervolg)

Stof	Jaar	Emissiefactor	Snelheid (km h <sup>-1</sup> )							
			13	19	26	44	50	80	100	120
BAP	1990	Ep	0.0074	0.0059	0.0049	0.0026	0.0018	0.0018	0.0018	0.0023
		Ev	0.1234	0.0884	0.0750	0.0405	0.0289	0.0244	0.0220	-
	1995	Ep	0.0055	0.0044	0.0036	0.0020	0.0014	0.0013	0.0013	0.0016
		Ev	0.0843	0.0604	0.0515	0.0287	0.0210	0.0155	0.0140	-
	1997	Ep	0.0049	0.0039	0.0033	0.0017	0.0012	0.0012	0.0011	0.0014
		Ev	0.0660	0.0473	0.0407	0.0236	0.0179	0.0119	0.0107	-
	2010 <sup>EC</sup>	Ep	0.0012	0.0010	0.0008	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
		Ev	0.0164	0.0117	0.0101	0.0060	0.0046	0.0029	0.0026	-
	2020 <sup>EC</sup>	Ep	0.0008	0.0007	0.0005	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
		Ev	0.0139	0.0100	0.0086	0.0051	0.0039	0.0025	0.0022	-
	2030 <sup>EC</sup>	Ep	0.0008	0.0006	0.0005	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
		Ev	0.0138	0.0099	0.0085	0.0051	0.0039	0.0025	0.0022	-
	2010 <sup>GC</sup>	Ep	0.0013	0.0010	0.0008	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
		Ev	0.0162	0.0116	0.0100	0.0059	0.0046	0.0029	0.0026	-
	2020 <sup>GC</sup>	Ep	0.0009	0.0007	0.0006	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
		Ev	0.0138	0.0099	0.0085	0.0051	0.0039	0.0025	0.0022	-
	2030 <sup>GC</sup>	Ep	0.0008	0.0006	0.0005	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
		Ev	0.0137	0.0098	0.0085	0.0050	0.0039	0.0025	0.0022	-
Geur	1990	Ep	0.114	0.061	0.044	0.026	0.020	0.035	0.036	0.046
		Ev	1.262	0.881	0.598	0.382	0.274	0.280	0.253	-
	1995	Ep	0.075	0.040	0.029	0.016	0.012	0.020	0.020	0.025
		Ev	0.860	0.600	0.410	0.270	0.198	0.177	0.160	-
	1997	Ep	0.062	0.033	0.024	0.013	0.009	0.016	0.016	0.020
		Ev	0.674	0.470	0.324	0.222	0.168	0.136	0.123	-
	2010 <sup>EC</sup>	Ep	0.012	0.007	0.005	0.003	0.002	0.003	0.003	0.004
		Ev	0.158	0.110	0.076	0.054	0.041	0.032	0.029	-
	2020 <sup>EC</sup>	Ep	0.012	0.006	0.005	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004
		Ev	0.143	0.100	0.069	0.049	0.038	0.029	0.026	-
	2030 <sup>EC</sup>	Ep	0.011	0.006	0.004	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004
		Ev	0.142	0.099	0.069	0.048	0.037	0.029	0.026	-
	2010 <sup>GC</sup>	Ep	0.012	0.006	0.005	0.003	0.002	0.003	0.003	0.004
		Ev	0.157	0.109	0.076	0.053	0.041	0.031	0.028	-
	2020 <sup>GC</sup>	Ep	0.012	0.006	0.004	0.002	0.002	0.003	0.003	0.004
		Ev	0.142	0.099	0.069	0.048	0.037	0.029	0.026	-
	2030 <sup>GC</sup>	Ep	0.011	0.006	0.004	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003
		Ev	0.141	0.098	0.068	0.048	0.037	0.028	0.026	-
EC	European Coordination									
GC	Global Competition									
Ep	emissiefactor licht wegverkeer									
Ev	emissiefactor zwaar wegverkeer									
g.e.	geureenheden									

Bron emissiefactoren geur basisjaar (1995): Miedema, H. *et al.* Belasting en hinder door geur van wegverkeer. Tijdschrift Lucht, nr. 2, juni 1996.

Tabel I.2.a Achtergrondconcentraties.

Jaar	Regio	NO <sub>x</sub> gem (ppb)	NO <sub>2</sub> gem (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> 98p (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> <sup>*</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	BAP (ng/m <sup>3</sup> )
1990	1100	14.4	19.5	57.5	79.4	38.1	0.29
	1110	24.2	28.6	71.9	70.9	40.8	0.29
	1200	31.5	33.5	79.6	66.9	43.0	0.29
	1210	31.8	33.7	79.9	66.8	44.2	0.29
	1220	23.6	28.1	71.1	71.3	45.9	0.29
	1300	15.9	21.2	60.2	77.9	39.5	0.29
	1400	20.7	25.7	67.3	73.6	44.1	0.29
	1410	39.1	37.4	85.8	63.9	45.0	0.29
	1500	17.1	22.4	62.1	76.7	41.7	0.29
	1510	22.2	27.0	69.4	72.2	43.0	0.29
	1520	27.0	30.7	75.2	69.2	46.8	0.29
	1600	21.1	26.1	67.9	73.3	45.7	0.29
	1610	24.4	28.7	72.0	70.8	47.9	0.29
	1620	30.9	33.1	79.0	67.0	47.9	0.29
1995	1100	12.4	17.3	54.0	81.5	32.7	0.25
	1110	21.0	26.0	67.8	73.4	34.9	0.25
	1200	27.5	30.9	75.5	68.9	36.7	0.25
	1210	28.2	31.4	76.3	68.4	38.1	0.25
	1220	21.2	26.2	68.1	73.1	40.3	0.25
	1300	13.6	18.8	56.4	80.1	33.7	0.25
	1400	18.5	23.7	64.1	75.4	38.9	0.25
	1410	36.1	36.0	83.6	64.9	38.8	0.25
	1500	14.7	19.9	58.1	79.1	35.3	0.25
	1510	19.1	24.3	65.1	74.9	36.5	0.25
	1520	23.8	28.3	71.4	71.2	40.2	0.25
	1600	18.1	23.4	63.7	75.8	38.2	0.25
	1610	21.4	26.3	68.3	72.9	40.4	0.25
	1620	26.6	30.3	74.6	69.4	40.2	0.25
1997	1100	11.4	16.1	52.1	82.7	31.6	0.23
	1110	19.1	24.3	65.1	74.9	33.5	0.23
	1200	25.1	29.2	72.8	70.5	35.1	0.23
	1210	26.3	30.1	74.3	69.7	36.7	0.23
	1220	20.2	25.3	66.7	74.0	39.1	0.23
	1300	12.5	17.5	54.4	81.3	32.5	0.23
	1400	17.7	23.0	63.0	76.1	37.6	0.23
	1410	33.5	34.6	81.4	65.8	37.3	0.23
	1500	13.5	18.6	56.1	80.3	34.1	0.23
	1510	17.6	22.9	62.9	76.2	35.2	0.23
	1520	22.3	27.1	69.5	72.4	38.9	0.23
	1600	16.7	22.0	61.5	77.1	37.0	0.23
	1610	19.9	25.0	66.2	74.3	39.2	0.23
	1620	24.8	29.0	72.5	70.5	39.0	0.23

O<sub>3</sub><sup>\*</sup> is het ozon niveau gerelateerd aan de 98-percentielwaarde van NO<sub>2</sub>

*Tabel I.2.b Achtergrondconcentraties, scenario European Coordination.*  
(vervolg)

Jaar	Regio	NO <sub>x</sub> gem (ppb)	NO <sub>2</sub> gem (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> 98p (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> * (µg/m <sup>3</sup> )	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	BAP (ng/m <sup>3</sup> )
2010 <sup>EC</sup>	1100	6.6	9.9	42.3	88.3	27.8	0.20
	1110	10.6	15.1	50.6	83.5	28.9	0.20
	1200	14.0	19.2	57.0	79.7	30.0	0.20
	1210	13.5	18.6	56.1	80.1	30.7	0.20
	1220	10.7	15.3	50.9	83.4	33.3	0.20
	1300	7.2	10.8	43.8	87.5	28.5	0.20
	1400	9.0	13.2	47.6	85.3	32.0	0.20
	1410	20.9	25.9	67.6	73.5	31.3	0.20
	1500	7.8	11.6	45.0	86.8	29.8	0.20
	1510	9.8	14.2	49.1	84.5	30.4	0.20
	1520	11.9	16.7	53.1	82.0	33.1	0.20
	1600	9.4	13.7	48.3	84.9	32.0	0.20
	1610	11.1	15.8	51.7	82.9	33.6	0.20
	1620	12.9	17.9	55.0	81.0	33.6	0.20
2020 <sup>EC</sup>	1100	6.1	9.2	41.2	88.9	27.4	0.15
	1110	9.7	14.0	48.8	84.6	28.5	0.15
	1200	12.7	17.7	54.7	81.1	29.5	0.15
	1210	12.3	17.2	53.9	81.6	30.2	0.15
	1220	10.0	14.5	49.6	84.2	32.9	0.15
	1300	6.6	10.0	42.5	88.1	28.1	0.15
	1400	8.5	12.5	46.5	86.0	31.6	0.15
	1410	18.3	23.6	64.0	75.5	30.8	0.15
	1500	7.2	10.7	43.6	87.5	29.3	0.15
	1510	9.0	13.1	47.4	85.3	30.0	0.15
	1520	10.9	15.6	51.3	83.3	32.6	0.15
	1600	8.7	12.7	46.8	85.7	31.5	0.15
	1610	10.2	14.7	49.9	84.0	33.0	0.15
	1620	11.9	16.8	53.2	82.1	33.0	0.15
2030 <sup>EC</sup>	1100	6.5	9.8	42.2	88.4	27.5	0.22
	1110	10.2	14.6	49.8	83.9	28.7	0.22
	1200	13.3	18.3	55.6	80.6	29.7	0.22
	1210	13.1	18.2	55.5	80.7	30.4	0.22
	1220	10.5	15.1	50.6	83.5	33.0	0.22
	1300	7.1	10.7	43.6	87.7	28.2	0.22
	1400	8.9	13.0	47.2	85.5	31.7	0.22
	1410	18.0	23.3	63.5	75.8	30.9	0.22
	1500	7.7	11.4	44.7	86.8	29.5	0.22
	1510	9.7	14.0	48.8	84.6	30.2	0.22
	1520	11.6	16.4	52.6	82.2	32.8	0.22
	1600	9.3	13.6	48.2	85.0	31.7	0.22
	1610	10.9	15.5	51.2	83.1	33.2	0.22
	1620	12.7	17.7	54.7	81.1	33.2	0.22

O<sub>3</sub>\* is het ozon niveau gerelateerd aan de 98-percentielwaarde van NO<sub>2</sub>

*Tabel I.2.c Achtergrondconcentraties, scenario Global Competition.  
(vervolg)*

Jaar	Regio	NO <sub>x</sub> gem (ppb)	NO <sub>2</sub> gem (µg/m <sup>3</sup> )	NO <sub>2</sub> 98p (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> <sup>*</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	PM10 (µg/m <sup>3</sup> )	BAP (ng/m <sup>3</sup> )
2010 <sup>GC</sup>	1100	6.9	10.3	43.0	87.8	27.8	0.20
	1110	11.2	15.9	51.8	82.8	29.0	0.20
	1200	14.8	20.0	58.3	78.9	30.0	0.20
	1210	14.2	19.4	57.4	79.5	30.8	0.20
	1220	11.0	15.7	51.5	83.1	33.4	0.20
	1300	7.5	11.2	44.4	87.1	28.5	0.20
	1400	9.3	13.5	48.0	85.1	32.0	0.20
	1410	20.5	25.5	67.0	73.7	31.3	0.20
	1500	8.1	12.0	45.7	86.3	29.7	0.20
	1510	10.3	14.8	50.1	83.8	30.4	0.20
	1520	12.4	17.4	54.2	81.3	33.1	0.20
	1600	9.9	14.4	49.5	84.1	32.0	0.20
	1610	11.6	16.5	52.8	82.2	33.6	0.20
	1620	13.6	18.7	56.2	80.3	33.6	0.20
2020 <sup>GC</sup>	1100	7.2	10.7	43.6	87.5	27.5	0.15
	1110	11.6	16.4	52.6	82.4	28.7	0.15
	1200	15.1	20.4	58.9	78.7	29.8	0.15
	1210	14.8	20.0	58.3	78.9	30.6	0.15
	1220	11.4	16.2	52.3	82.5	33.1	0.15
	1300	7.9	11.7	45.2	86.8	28.2	0.15
	1400	9.6	13.9	48.7	84.5	31.8	0.15
	1410	20.1	25.2	66.5	74.0	31.1	0.15
	1500	8.5	12.6	46.6	85.9	29.5	0.15
	1510	10.9	15.5	51.2	83.1	30.2	0.15
	1520	13.0	18.0	55.1	80.9	32.8	0.15
	1600	10.5	15.0	50.4	83.7	31.7	0.15
	1610	12.1	17.0	53.6	81.7	33.2	0.15
	1620	14.1	19.3	57.2	79.7	33.2	0.15
2030 <sup>GC</sup>	1100	8.1	11.9	45.5	86.5	27.8	0.22
	1110	13.1	18.1	55.3	80.7	29.1	0.22
	1200	16.9	22.2	61.8	76.8	30.2	0.22
	1210	16.8	22.1	61.6	77.0	31.0	0.22
	1220	12.7	17.7	54.7	81.1	33.5	0.22
	1300	8.9	13.1	47.4	85.5	28.5	0.22
	1400	10.6	15.2	50.7	83.4	32.2	0.22
	1410	21.3	26.2	68.1	73.1	31.4	0.22
	1500	9.8	14.2	49.1	84.5	29.8	0.22
	1510	12.5	17.4	54.2	81.3	30.6	0.22
	1520	14.8	20.0	58.3	78.9	33.2	0.22
	1600	12.1	17.0	53.6	81.9	32.1	0.22
	1610	13.9	19.0	56.7	80.0	33.6	0.22
	1620	16.1	21.4	60.5	77.6	33.7	0.22

O<sub>3</sub><sup>\*</sup> is het ozon niveau gerelateerd aan de 98-percentielwaarde van NO<sub>2</sub>

Tabel I.3 Toename concentratie in stad per kilometer bebouwing ( $\alpha$ ).

Jaar	NO <sub>x</sub> gem (ppb/km)	NO <sub>2</sub> gem ( $\mu\text{g m}^{-3} \text{ km}^{-1}$ )	NO <sub>2</sub> 98p ( $\mu\text{g.m}^{-3} \text{ km}^{-1}$ )	O <sub>3</sub> <sup>*</sup> ( $\mu\text{g.m}^{-3} \text{ km}^{-1}$ )	PM <sub>10</sub> ( $\mu\text{g.m}^{-3} \text{ km}^{-1}$ )	BAP ( $\text{ng.m}^{-3} \text{ km}^{-1}$ )
1990	4.9	3.5	4.6	-4.6	1.3	0.29
1995	4.3	3.2	4.4	-4.4	1.0	0.25
1997	4.0	3.1	4.3	-4.3	1.0	0.23
2010 <sup>EC</sup>	2.2	1.9	3.3	-3.3	0.7	0.20
2020 <sup>EC</sup>	2.0	1.8	3.2	-3.2	0.7	0.15
2030 <sup>EC</sup>	2.1	1.9	3.3	-3.3	0.7	0.22
2010 <sup>GC</sup>	2.3	2.0	3.4	-3.4	0.75	0.20
2020 <sup>GC</sup>	2.4	2.1	3.4	-3.4	0.75	0.15
2030 <sup>GC</sup>	2.7	2.3	3.6	-3.6	0.75	0.22

EC European Coordination

GC Global Competition

Tabel I.4 Verhouding  $P_x$  tussen 98-percentielwaarde en jaargemiddelde.

Stof		Wegtype				
		1	2	3A	3B	4
NO <sub>2</sub>	98-p (1h)	2.10	2.10	2.00	2.00	2.10

Tabel I.5 Regiofactor  $F_{\text{regio}}$  (meerjarige meteo).

Regio	$F_{\text{regio}}$
1100	0.92
1110	0.92
1200	0.99
1210	0.99
1220	0.99
1300	1.00
1400	0.83
1410	0.99
1500	1.14
1510	1.14
1520	1.14
1600	1.15
1610	1.15
1620	1.15

*Tabel I.6 Volume ontwikkelingen binnen de bebouwde kom (1995=1).*

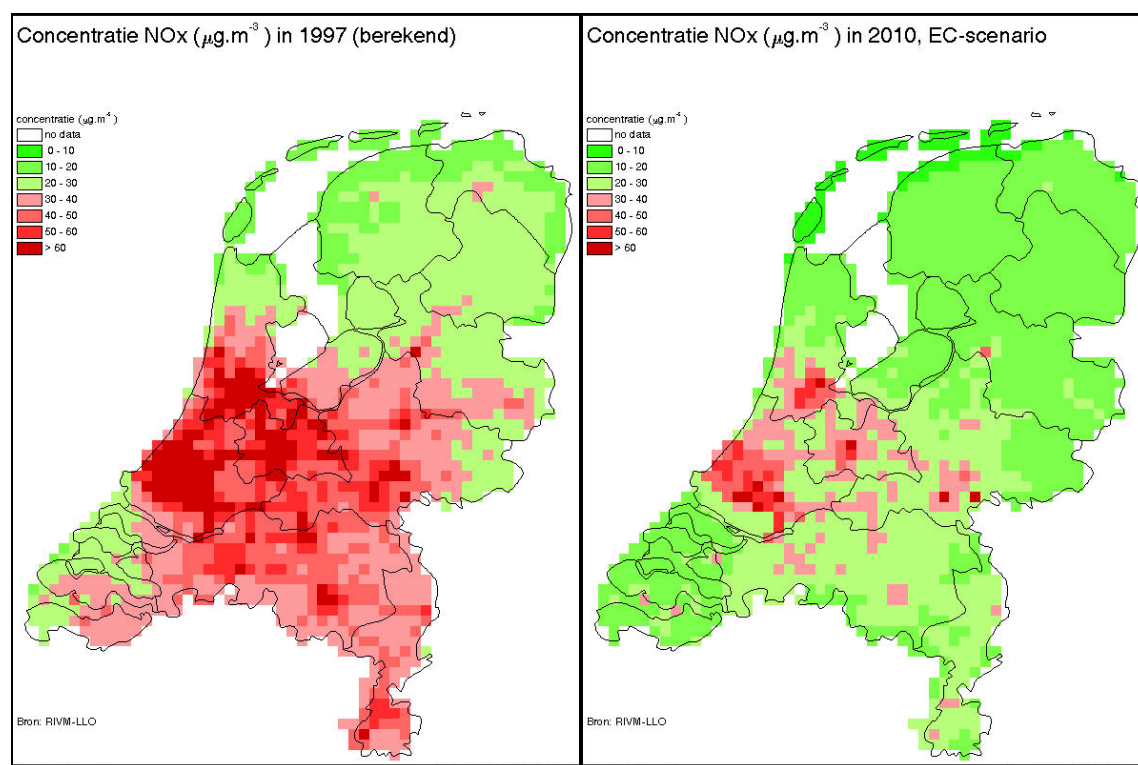
Jaar	Prestatie		Lengte wegen	Intensiteit	Aandeel Zwaar verkeer
	Licht verkeer	Zwaar verkeer			
1990			0.949	0.987	1.101
1995	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1997			1.030	0.980	1.010
2010 <sup>EC</sup>	1.223	1.142	1.142	1.067	1.000
2020 <sup>EC</sup>	1.361	1.233	1.233	1.098	1.000
2030 <sup>EC</sup>	1.457	1.320	1.320	1.098	1.000
2010 <sup>GC</sup>	1.233	1.180	1.180	1.043	1.000
2020 <sup>GC</sup>	1.420	1.289	1.289	1.096	1.000
2030 <sup>GC</sup>	1.568	1.384	1.384	1.126	1.000
EC	European Coordination				
GC	Global Competition				



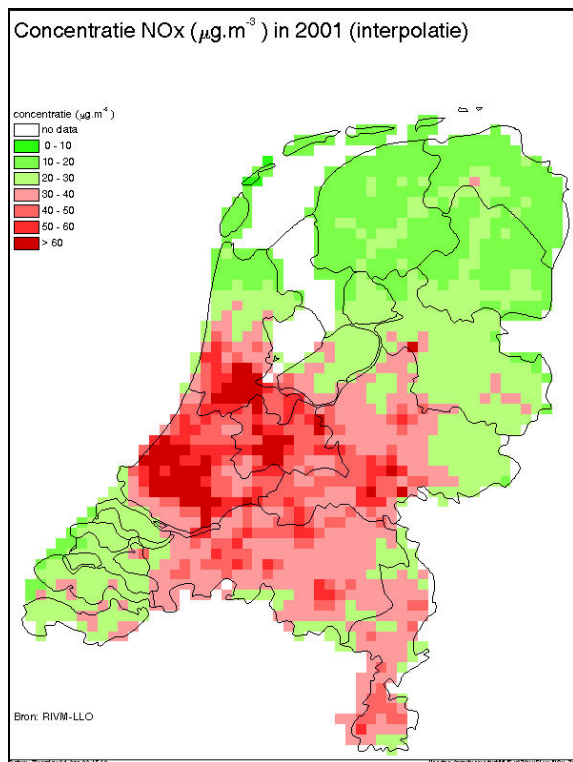
## Bijlage 2: EU-norm voor stikstofoxide ter bescherming van ecosystemen

### Inleiding

Voor het vaststellen of de nieuwe (EU, 1999) Europese  $\text{NO}_x$ -norm voor ecosystemen ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) wordt overschreden dient tevens te worden nagegaan of het een aaneengesloten gebied van tenminste  $1000 \text{ km}^2$  betreft en dient het gebied geen stedelijke omgeving of snelwegen te bevatten. Er zijn verschillende benaderingen mogelijk om hier mee om te gaan. In deze bijlage zijn 4 benaderingen, uiteenlopend van een strikte interpretatie tot een milieuvriendelijke interpretatie uitgewerkt. Door een iteratie proces zijn de verschillende kaarten tot stand gekomen. Als basisgegevens zijn naast SIGMA resultaten ook gebruikt: bevolkingsbestanden voor 2010, het rijkssnelwegen bestand (VLN0\_96) en voor bebouwd gebied buiten steden (LGN-3, klasse 19-24). De huidige concentratie  $\text{NO}_x$  (1997) over Nederland en de prognose van de concentratie in 2010 wordt weergegeven in figuur II.1, deze kaarten worden gebruikt om de verschillende varianten nader te beschouwen. De geïnterpoleerde concentratie voor het jaar 2001 wordt weergegeven in figuur II.2.



Figuur II.1 Concentratie  $\text{NO}_x$  in 1997 en 2010 (volgens EC scenario). De gemiddelde concentratie over Nederland in 1997 bedraagt  $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en in 2010:  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .



Figuur II.2 Geïnterpoleerde concentratie NOx voor 2001. De gemiddelde concentratie over Nederland bedraagt  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

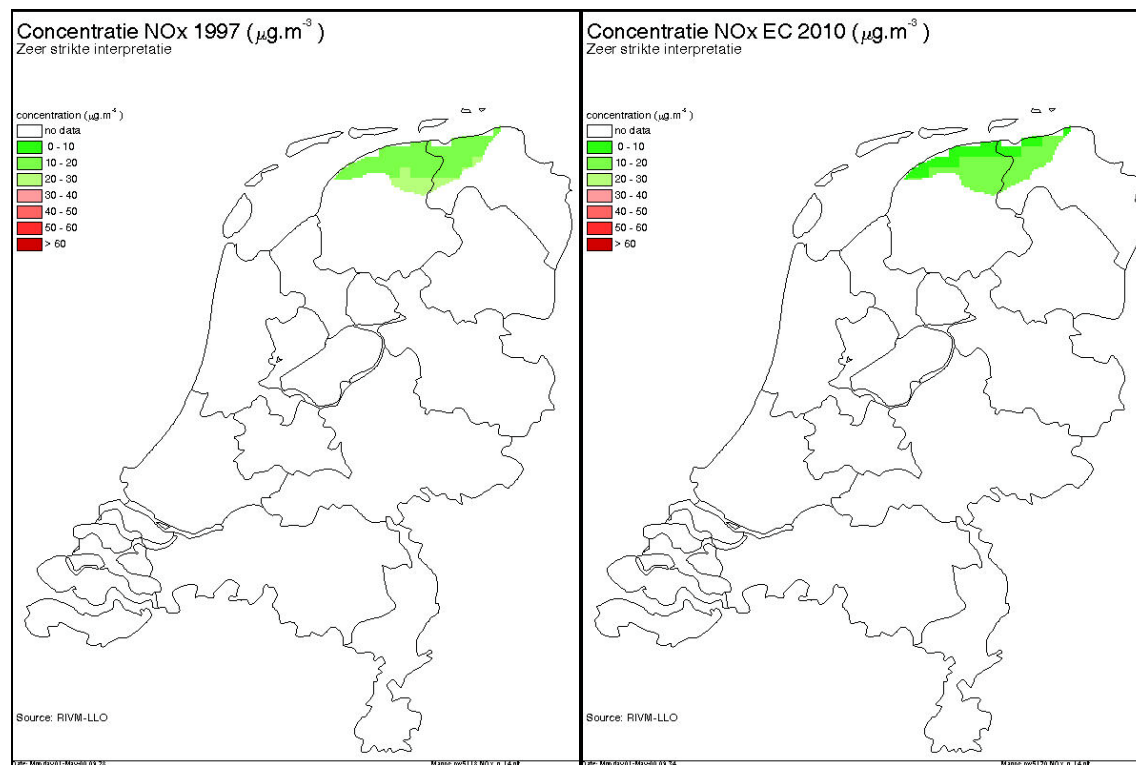
Voor de bescherming van ecosystemen en vegetatie zijn vier varianten gedefinieerd waarbij de monsterpunten met het oog op de bescherming van ecosystemen en vegetatie zich buiten een straal van 20 km van agglomeraties of 5 km van andere gebieden met bebouwing, industriële installaties (minimaal oppervlak  $4 \text{ km}^2$ ) of autosnelwegen bevinden. Ter indicatie: een monsternemingspunt moet zich op een zodanige plaats bevinden dat het representatief is voor de luchtkwaliteit in een gebied van minimaal  $1000 \text{ km}^2$  daaromheen. De lidstaten kunnen bepalen dat een monsternemingspunt op kortere afstand gelegen mag zijn of representatief mag zijn voor de luchtkwaliteit in een minder groot gebied in het licht van de geografische omstandigheden". In de tabellen bij de varianten wordt een samenvatting gegevens van de gehanteerde zones, de kaarten zijn een combinatie van de eerder weergegeven concentratie-kaarten en de beide kaarten met zones (ecosysteem en monsternemingspunt). Voor beide jaren (1997 en 2010) zijn bestanden met gegevens voor bevolking, snelwegen en industriële installaties voor 2010 gebruikt.

#### ***Zeer strikte interpretatie:***

- Voor de bepaling van gebieden van  $1000 \text{ km}^2$  wordt rondom de grote agglomeraties ( $>250.000$  inwoners) eerst een nieuwe polygoon getrokken met een afstand van 20 km tot het bebouwd gebied polygoon. Tevens wordt elke snelweg en bebouwd gebied met meer dan 20.000 inwoners een nieuwe polygoon getrokken op een afstand van 5 km van de snelweg of bebouwd gebied. De polygonen worden vervolgens omgezet in  $1 \times 1 \text{ km}$  grids en een overlay met het Nederlands grondgebied gemaakt. Van het gebied buiten de polygoongrids wordt bepaald of er aaneengesloten clusters/oppervlakken zijn van meer dan  $1000 \text{ km}^2$ .
- De gebieden die uit de selectie komen worden gemarkeerd in een  $1 \times 1 \text{ km}$  en  $5 \times 5 \text{ km}$  bestand.
- De berekende  $\text{NO}_x$  concentraties bestanden worden hiermee vermenigvuldigd en nagegaan wordt of er cellen met concentratie  $>30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  voorkomen, zo ja dan is het gehele aaneengesloten gebied in overschrijding.

Tabel II.1 Zones bij zeer strikte interpretatie.

Ecosysteem (1000 km <sup>2</sup> )	zone	monsternemingspunt	zone
• Agglomeratie > 250.000 inw.	20 km	• agglomeratie > 250.000 inw	20 km
• agglomeratie >20.000 – 250.000 inw.,	5 km	• agglomeratie >20.000 – 250.000 inw.,	5 km
• industriële gebieden (> 4 km <sup>2</sup> )		• industriële gebieden (> 4 km <sup>2</sup> )	
• snelwegen		• snelwegen	



Figuur II.3 Zeer strikte interpretatie voor de jaren 1997 en 2010.

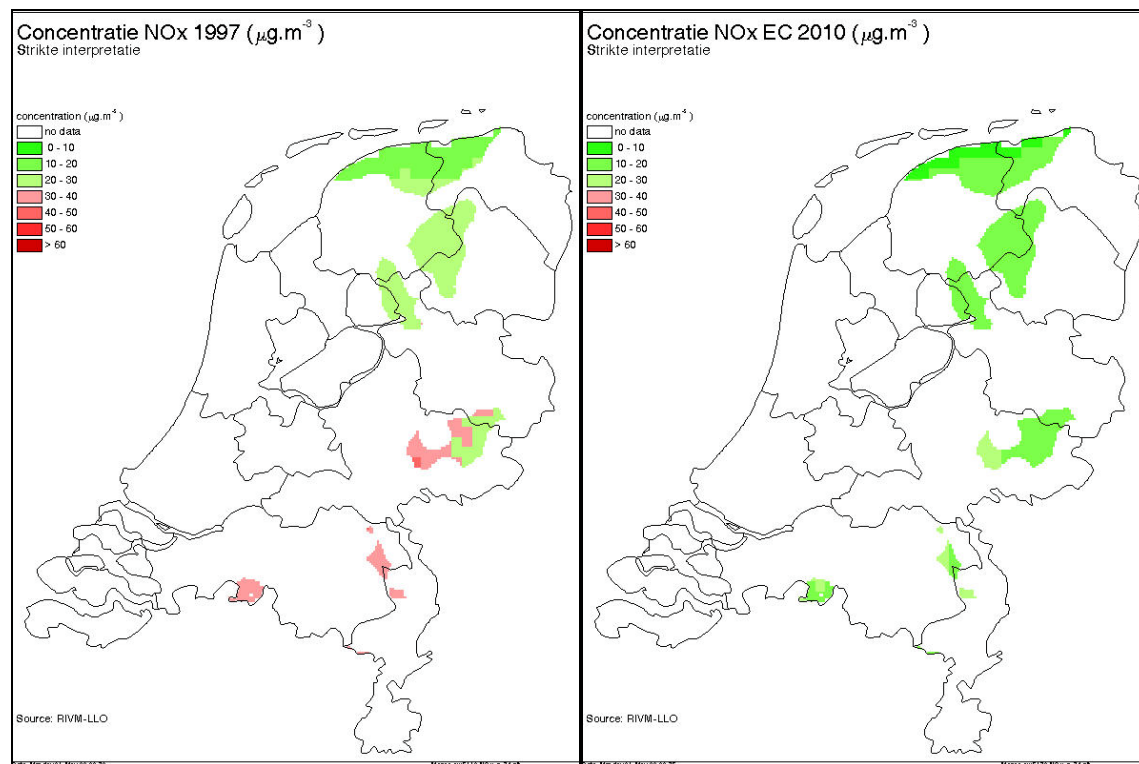
Bij de “zeer strikte interpretatie” worden in 1997 en in 2010 geen gebieden gevonden waar de concentratie hoger is dan 30 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>x</sub>.

### Strikte interpretatie

- Zoeksysteem naar gebieden van 1000 km<sup>2</sup> omvang vind plaats zonder een extra polygoon om het gebouwd gebied of de snelweg te plaatsen, dit geeft meer in aanmerking komende gebieden dan opties1.
- Het vergridde bestand uit optie 1 (voordat er werd gezocht naar gebieden van 1000 km<sup>2</sup> of groter) wordt over optie 2 gelegd en er wordt nagegaan of er locaties/grids (meetpunten) binnen de gebieden van optie 2 zijn die hiermee overlappen. Dit zijn de te markeren en te bewaken gebieden. Dit wordt als een 1x1km en 5x5 km APS-bestand uitgevoerd. Alle grids buiten de 1000 km<sup>2</sup> gebieden krijgen de code 0, alle gridcellen behorende tot een gebied maar niet in de overlap zitten krijgen code 1 en de overlap gebieden code 2.
- De berekende NO<sub>x</sub> concentraties bestanden worden hiermee vermenigvuldigd, nadat van de APS-gebiedsgridcellen er 1 eenheid vanaf is getrokken. Vervolgens wordt nagegaan of er cellen met concentratie >30 µg/m<sup>3</sup> voorkomen, zo ja dan is het gehele aaneengesloten gebied in overschrijding.

Tabel II.2: Zones bij strikte interpretatie

ecosysteem (1000 km <sup>2</sup> )	zone	monsternemingspunt	zone
• agglomeratie > 250.000 inw.	0 km	• agglomeratie > 250.000 inw	20 km
• agglomeratie >20.000 – 250.000 inw.,	0 km	• agglomeratie >20.000 – 250.000 inw.	5 km
• industriële gebieden (> 4 km <sup>2</sup> )		• industriële gebieden (> 4 km <sup>2</sup> )	
• snelwegen		• snelwegen	



Figuur II.4 Strikte interpretatie voor de jaren 1997 en 2010.

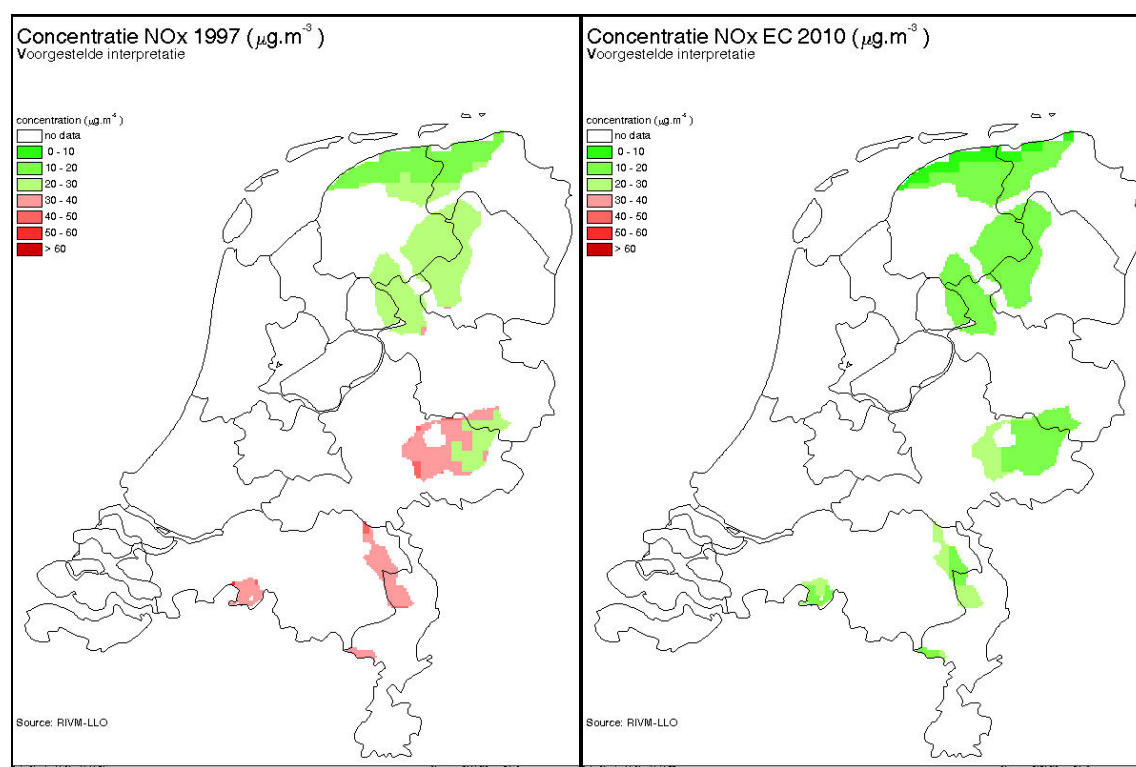
Bij de “strikte interpretatie” worden in 1997 gebieden gevonden waar de concentratie hoger is dan 30 µg.m<sup>-3</sup> NO<sub>x</sub>, deze gebieden worden niet meer waargenomen in 2010.

### ***Voorgestelde interpretatie:***

- Zelfde zoekstelsel naar gebieden van 1000 km<sup>2</sup> als in optie 2
- Voor steden tussen de 40.000 en 100.000 inwoners wordt de afstand verlaagd van 5 naar 2.5 km met als motivatie daar er op grotere afstand voor deze steden geen significante invloed meer is te verwachten. Voor steden tussen de 20.000 en 40.000 inwoners wordt de afstand verlaagd van 5 naar 1 km. Dit levert een nieuw bestand op waar locaties/meetpunten zijn binnen de gebieden waar normoverschrijding kan worden bepaald.
- De rest van de berekeningswijze conform optie 2.

Tabel II.3: Zones bij voorgestelde interpretatie

ecosysteem (1000 km <sup>2</sup> )	zone	monsternemingspunt	zone
<ul style="list-style-type: none"> <li>• agglomeratie &gt; 250.000 inw.</li> <li>• agglomeratie &gt;20.000 – 250.000 inw.,</li> <li>• industriële gebieden (&gt; 4 km<sup>2</sup>)</li> <li>• snelwegen</li> </ul>	0 km	<ul style="list-style-type: none"> <li>• agglomeratie &gt; 250.000 inw.</li> <li>• agglomeratie &gt;100.000 – 250.000 inw.</li> </ul>	20 km 5 km
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• agglomeratie &gt; 40.000 – 100.000 inw.</li> <li>• industriële gebieden</li> <li>• snelwegen</li> <li>• agglomeratie &gt;20.000 – 40.000 inw.</li> </ul>	2.5 km 1 km



Figuur II.5 Voorgestelde interpretatie voor de jaren 1997 en 2010.

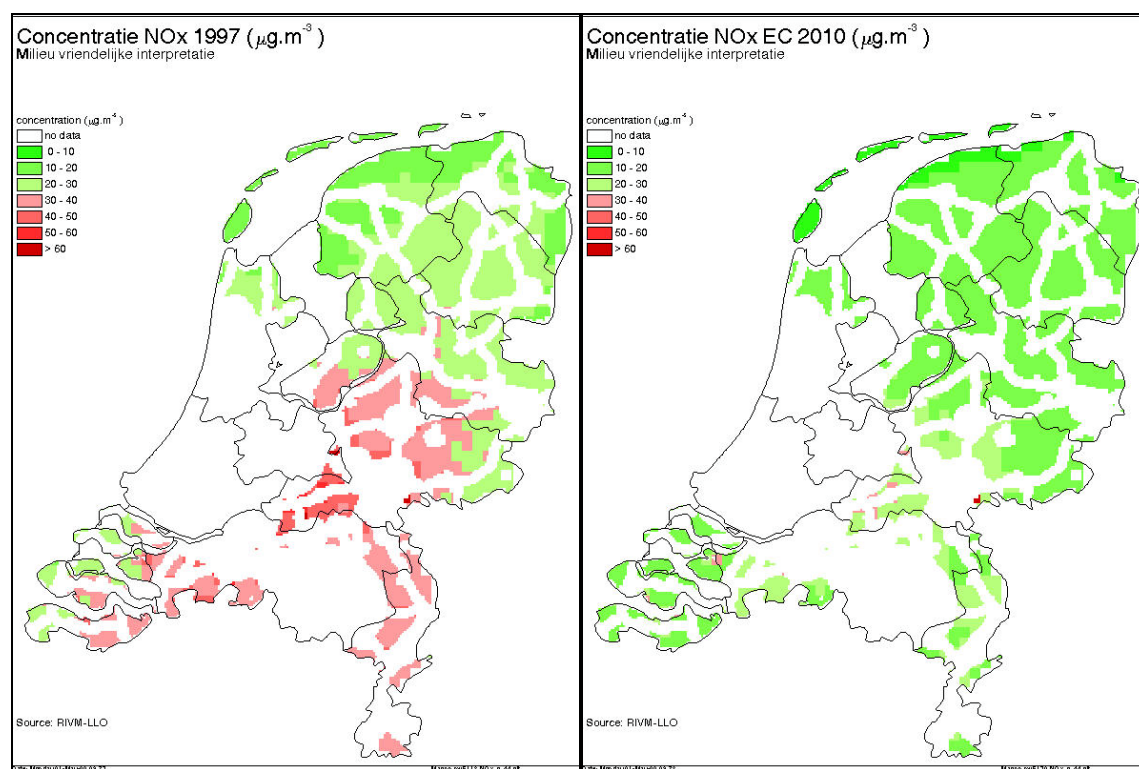
Bij de “voorgestelde interpretatie” worden in 1997 gebieden gevonden waar de concentratie hoger is dan  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{NO}_x$ , deze gebieden worden niet meer waargenomen in 2010.

### Milieu vriendelijke interpretatie

- Nederland maakt gebruik van de mogelijkheden om ook kleinere natuurgebieden/ecosystemen te beschermen en legt de grens op een minimale omvang van  $25 \text{ km}^2$  (één  $5 \times 5 \text{ km}$  gridcel). Hiermee wordt een nieuwe zoekstelsel naar in aanmerking komende gebieden opgestart
- De rest van de berekeningswijze conform optie 3.

Tabel II.4: Zones bij milieuvriendelijke interpretatie

ecosysteem (25 km <sup>2</sup> )	zone	monsternemingspunt	zone
• agglomeratie > 250.000 inw.	0 km	• agglomeratie > 250.000 inw.	20 km
• agglomeratie >20.000 – 250.000 inw.	0 km	• agglomeratie >100.000 – 250.000 inw.	5 km
• industriële gebieden (> 4 km <sup>2</sup> )			
• snelwegen		• agglomeratie > 40.000 – 100.000 inw.	2.5 km
		• industriële gebieden	
		• snelwegen	
		• agglomeratie >20.000 – 40.000 inw.	1 km



Figuur II.6: Milieu vriendelijke interpretatie voor de jaren 1997 en 2010.

Bij de “milieu vriendelijke interpretatie” worden in 1997 en in 2010 gebieden gevonden waar de concentratie hoger is dan  $30 \mu\text{g.m}^{-3} \text{NO}_x$ , in 2010 zijn dit enkele gebieden in Gelderland, Noord-Brabant en Zeeland.

## Bijlage 3: Feitenbladen

*Opmerking vooraf: feitenbladen dienen ter documentatie van het uitgevoerde onderzoek. Deze feitenbladen hebben geen 'editfase' doorlopen en zijn vrijwel zonder aanpassingen opgenomen. Qua layout en uitvoering zijn deze feitenbladen derhalve onderling niet consistent.*

### **Feitenblad 1: Potentiële blootstelling van de mens aan ozon**

0	<b>Titel</b>	Geef de naam van de indicator <b>Potentiële blootstelling van de mens aan ozon</b>
1	<b>Gegevens</b>	<p>Indibase nummer: Onderdeel van 1258IMK5  Stof: Ozon  Doelgroep: Alle doelgroepen + buitenland die VOS en NO<sub>x</sub> emitteren  Thema: Verzuring</p> <p>De waarde van de indicator is voor de zichtjaren berekend met behulp van de RIVM-EUROS en TNO-LOTOS modellen voor de berekening van de ozonconcentratie. Voor de verleden jaren zijn de gegevens uit de database van het landelijk meetnet luchtkwaliteit toegepast. Beide ozonmodellen zijn gridmodellen met een resolutie van ca 50 x 50 km<sup>2</sup>. De ozonconcentratie voor ieder uur in een scenariojaar wordt berekend uit de VOS, en NO<sub>x</sub> concentratie in samenspel met de heersende meteorologie. De VOS en NO<sub>x</sub> concentratie wordt berekend in afhankelijkheid van de MV5 emissiescenario's. Als parameter voor de potentiële blootstelling is de WHO streefwaarde voor de bescherming van de gezondheid van de mens toegepast. Deze grootte is gedefinieerd als het aantal dagen waarop de waarde van 120 µg/m<sup>3</sup> als glijdend 8-uur gemiddelde wordt overschreden.</p> <p>Gegevens over blootstelling van de mens zijn doorgeleverd aan LBM (Marten Marra). Daartoe zijn op dagbasis berekende 8-uurs maxima gegroepeerd in concentratieklassen en gecombineerd met bevolkingskaarten voor drie leeftijdsgroepen.</p> <p>In het MV5-document wordt primair gerapporteerd over de RIVM-EUROS resultaten. De TNO-LOTOS gegevens worden steeds ter verificatie gebruikt. In de zijlijn is het IIASA-RAINS model, vanwege de vele internationale beleidsmatige toepassingen, via het Internet gerund.</p>
2	<b>Invuller / datum</b>	Jeannette Beck (9 mei 2000), Michiel Roemer, TNO, (10 december 1999)
3	<b>Herkomst</b>	De EUROS-resultaten zijn berekend door Liesbeth de Waal en Ferd Sauter (RIVM). De LOTOS berekeningen zijn verricht door Michiel Roemer (TNO). De koppeling met demografische gegevens - van zowel EUROS als LOTOS- is uitgevoerd door Jeroen Dolmans (RIVM). De berekeningen zijn gecontroleerd door Michiel Roemer en Jeannette Beck.
4	<b>Beschrijving</b>	De ruimtelijke resolutie van LOTOS bedraagt 0.5° x 1.0°, terwijl het EUROS-model een grid van 0.55° x 0.55° gebruikt. Doordat EUROS met verschoven poolcoördinaten werkt, hebben beide modellen een resolutie van ca 50 x 50 km <sup>2</sup> . Concentraties worden voor iedere gridcel voor ieder uur gemodelleerd en worden gebruikt om inzicht te krijgen in de verwachte ontwikkelingen van de indicator in de jaren 2010, 2020 en 2030. Uit de concentraties is voor iedere dag het 8-uurs maximum berekend, dat vervolgens getoetst is aan de WHO streefwaarde.



		De EUROS en LOTOS rekenresultaten zijn een stap verder in de keten gebruikt door RIVM-LBM (feitenblad 3) om sterfte, ziekenhuisopname en andere gezondheidseffecten te berekenen. Daartoe is de potentiële blootstelling aan ozon berekend door de 8-uurs dagmaxima te combineren met de MV5 bevolkingskaarten.
5	<b>Rekenschema/ Methodebeschrijving</b>	EUROS, versie 4.4, is een generiek Euleriaans luchtverontreiniging transport model dat ontworpen is om dispersie, transport en chemie van componenten in de lage troposfeer over Europa te modelleren. In het geval van ozon worden de emissies van VOS en NO <sub>x</sub> , de verspreiding van ozon en intermediären en de verwijdering en omzetting van deze stoffen beschreven. Het model is in detail beschreven door van Loon (1996). Het TNO-LOTOS model is een Euleriaans 3D-model voor Europa waarin eveneens de emissies, verspreiding, omzetting en verwijdering van ozon en de voor ozon belangrijke stoffen beschreven worden. De hier gebruikte modelversie is bij TNO beschreven onder: LOTOS-MV5. Een uitgebreidere beschrijving is bij contactpersoon Michiel Roemer opvraagbaar.
6	<b>Onzekerheid</b>	<p><i>Situatie in het basisjaar (1994)</i></p> <p>In het algemeen geldt voor (ozon)modellen: "hoe meer je middelt, hoe beter je uitspraak". Op basis van de tijdseries van ozon kan gesteld worden dat ozonmodellen de gemiddelde niveaus (bv seizoens-, of maandgemiddelden) redelijk goed representeren in NW-Europa, en dat ook de dagelijkse en de synoptische variaties vrij goed benaderd worden. De extremen (minima en maxima) worden wel goed gedaan in timing maar minder goed in absolute waarde. Dit wordt geïllustreerd in figuur 1 (bijlage bij dit feitenblad) voor de gemeten en door EUROS berekende ozonconcentratie op station Wageningen in juli 1994. De in juli gemeten maandgemiddelde concentratie verschilt 7 µg/m<sup>3</sup> van de gemodelleerde waarde. Voor de periode april - september 1994 is het verschil 4 µg/m<sup>3</sup>. De grootte die voor de effectschatting gebruikt wordt, is dus bepalend voor de onzekerheden in en de inhoudelijke kwaliteit van de uitspraken.</p> <p>Het simuleren van het aantal overschrijdingen van de WHO-streefwaarde is voor modellen een lastige opgave omdat alleen naar het allerhoogste segment van de concentratie frequentie-distributie wordt gekeken. Als illustratie daarvoor wordt aangevoerd dat in 1994 op de regionale LML meetstations de drempel van 120 µg/m<sup>3</sup> altijd boven het 96-percentiel van de uurwaarden werd gevonden. EUROS modelleert deze drempel voor alle stations minimaal op het 95-percentiel. Uitgaande van de metingen werd in 1994 tijdens maximaal 4% van de uren, dat wil zeggen 350 uren, een waarde boven 120 µg/m<sup>3</sup> waargenomen. Het correct modelleren van het aantal overschrijdingen van de WHO streefwaarde in 1994 vereist dus dat het model voor circa 350 uren de piekconcentraties reproduceert. Strikt genomen kan een overschrijding van 120 µg/m<sup>3</sup> als 8-uur gemiddelde ook voorkomen door een mix van uren boven en onder de drempel van 120 µg/m<sup>3</sup>. Hier wordt slechts betoogd dat de "eland-test" van de WHO streefwaarde neerkomt op het kijken met een loep naar een heel klein deel van de gemodelleerde uren. De kwaliteit van de modeluitspraak zal daardoor geringer zijn dan wanneer bijvoorbeeld de jaargemiddelde concentratie een goede schatter zou zijn voor gezondheidseffecten.</p> <p>Ook valt op dat de spreiding van meetresultaten binnen 1 rooster cel aanzienlijk is. De stations Zegveld, Westmaas en Cabauw liggen in 1 EUROS-cel, maar het aantal gemeten overschrijdingen van de WHO streefwaarde liep in 1994 uiteen van 18 tot 27 op deze stations (EUROS: 16). In 1990 liep het gemeten aantal binnen dezelfde cel uiteen van 22 tot 36, terwijl het model 13 dagen berekende. Over het algemeen ligt de vergelijking tussen de metingen en EUROS binnen het</p>



2:1 en het 1:2 gebied (bijlage bij dit feitenblad, figuren 2 en 3). De grootste problemen treden op in de cellen met de hoogste  $\text{NO}_x$  emissie -en dus titratie-dichtheden (zie de cel met Westmaas, Zegveld, Cabauw). Geconcludeerd wordt dat er aanzienlijke variatie op de lokale schaal (binnen 50 km) optreedt die het model per definitie niet representeert. Mogelijk kan gridverfijning in die cellen de prestaties verbeteren. Het gemiddelde aantal overschrijdingen voor de Nederlandse meetstations komt vooralsnog binnen 30% overeen met het gemiddelde van de door EUROS berekende overschrijdingen voor de betreffende roosterzellen (zie de figuren 2 en 3, bijlage bij dit feitenblad).

Het seizoen waarover de modelberekeningen geëvalueerd worden, is eveneens een belangrijke factor. Ozonmodellen zijn in het verleden vooral gebruikt om piekwaarden tijdens smogsituaties te bestuderen. Gepubliceerde vergelijkingen tussen metingen en modelprestaties hebben daardoor meestal betrekking op de zomerperiode. In de zomer is fotochemische productie een van de belangrijkste processen. Gezondheids-deskundigen zijn echter van mening dat er voor ozon geen effectdrempel is, dat wil zeggen dat iedere concentratie -hoe laag ook- gezondheidseffecten veroorzaakt. Dit heeft tot gevolg dat er hogere eisen gesteld gaan worden aan modelresultaten voor de lente, herfst en winter. Omdat voor de bepaling van de ozonconcentratie in die seizoenen andere atmosferische processen (dispersie, transport, depositie, grootschalige achtergrond,  $\text{NO}_x$ -titratie) het accent hebben, is daarvoor meer aandacht nodig. EUROS en LOTOS zijn slechts matig geverifieerd voor de niet-smog periode van het jaar.

Opgemerkt kan worden dat LOTOS voor het basisjaar een Noord-Zuid gradiënt van het aantal overschrijdingen laat zien die van tegengesteld teken is aan de gradiënt in de metingen. EUROS laat een patroon zien dat gelijk loopt met de gradiënt in de metingen. Voor het correct modelleren van de gradiënt over Nederland moeten modellen de juiste balans vinden tussen het ozonreservoir dat doorgaans berekend wordt boven de Noordzee (door de lage depositiesnelheid op water), depositie op landoppervlak, chemische productie boven land, dispersie en transport.

#### *Toekomst en trends*

Voor modelverwachtingen onder emissiescenario's geldt: "hoe verder je van de huidige situatie afwijkt, hoe onzekerder je uitspraak wordt". Hoe goed zijn de ozonmodellen om in de toekomst te kijken? Dat is niet bekend, modellen zijn nooit gevalideerd op hun vermogen trends te berekenen, dat onderzoek komt nu (pas) op gang. Gesteld kan worden dat de meeste modellen ongeveer dezelfde uitkomsten geven als het gaat om ozonveranderingen als functie van (kleine) emissiewijzigingen; waarbij de gevoeligheid voor VOS emissiedalingen eenvormiger is dan voor  $\text{NO}_x$ . Oorzaken voor verschillen (die beleidsmatig uiterst relevant zijn) zijn nooit onderzocht.

De volgende observaties kunnen gemaakt worden:

1. In de meeste (alle?) W-Europese landen gaan de laatste jaren de jaarlijkse piekwaarden van ozon naar beneden. In dezelfde periode zijn ook de emissies gedaald. Hoewel het aandeel van andere factoren (meteo!) niet gekwantificeerd is, mag verondersteld worden dat de daling van piekwaarden kwalitatief in lijn is met modelverwachtingen.
2. In de metingen wordt voor parameters die meer in de buurt van het gemiddelde van de ozonverdeling zitten (jaargemiddelde, P50) geen duidelijk W-Europees samenhangend beeld waargenomen. Er zijn zowel opwaartse als neerwaartse trends geconstateerd wat mogelijk een gevolg kan zijn van de grote invloed die de meteorologische variabiliteit uitoefent op trends. De modellen "verwachten" voor de Benelux, W-Duitsland en Engeland, als gevolg van de

		<p>geconstateerde emissieveranderingen de laatste 10 jaar, een lichte stijging van ozon in de zomer, en een iets grotere stijging in de winter. Dit beeld wordt niet bevestigd door de Nederlandse stations die zowel voor de winter als de zomer een forse daling laten zien. Als dit beeld niet door de Duitse en Vlaamse stations wordt bevestigd kan het fenomeen niet snel verklaard worden, en mogelijk ook onze verwachtingen voor wat betreft het "voorspellend vermogen" van de modellen onder druk zetten.</p> <p>3. Zodra verder in de toekomst gekeken gaat worden, onder omstandigheden met zeer lage antropogene emissies, verschuift de ozonbalans in de richting van de grootschalige achtergrond. Er is momenteel veel discussie over de grootte en het teken van de hemisferische ozon concentratietrend. Het nauwkeurig volgen van deze discussie en het preciezer modelleren van de klimatologie van grootschalig ozon zal binnen LOTOS en EUROS meer aandacht moeten krijgen.</p>
7	<b>Invoer</b>	<p><b>EUROS</b> Emissies van SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, and VOS zijn beschikbaar voor 6 economische sectoren op het modelgrid. Van iedere sector zijn gegeven de gemiddelde emissiehoogte, warmteinhoud, het jaarlijkse emissietotaal en emissiefactoren voor de verdeling van de emissies over maand, dag en uur. Daarnaast is er dezelfde informatie voor belangrijke puntbron-emissies. Achtergrondconcentraties zijn genomen uit de literatuur en afhankelijk van maand en breedtegraad.</p> <p>EUROS gebruikt twee databases voor meteorologische gegevens. De Global Observational Data Set (ODS) van ECMWF/WMO bevat synoptische meteorologische observaties voor Europa (temperatuur, wolkenbedekking, luchtvochtigheid, neerslag). De "upper air data set" van het ECMWF bevat gegevens over temperatuur, windcomponenten en luchtvochtigheid op 5 drukniveaus (hoogten). Landgebruikgegevens komen van de European Land Use Database (0,17° x 0,17° grid, 18 x 18 km).</p> <p><b>LOTOS</b> Invoer bestaat uit achtergrondconcentraties van de 18 "langlevende" stoffen in het model, landgebruikgegevens, meteorologische gegevens voor het jaar 1994 en emissies. De achtergrondconcentraties zijn afkomstig uit een ander model, te weten het 2-D mondiale TNO-Isaksen model. Een beschrijving hiervan is bij contactpersoon (TNO) opvraagbaar. Deze invoer bestaat uit de maandgemiddelde concentraties over breedtebanden van 36-45N, 46-55N, etc waarbij in de verticale richting een resolutie van 500 m wordt aangehouden. Er is geen onderscheid in west-oost richting. De landgebruikgegevens zijn afkomstig uit het PELINDA-bestand dat voornamelijk is gebaseerd op waarnemingen van de NOAA-satelliet. De meteorologische gegevens (wind, temperatuur, instraling, bedekkingsgraad, vocht) zijn afkomstig van de Freie Universität Berlin. De tijdsresolutie bedraagt 3 uur. De belangrijkste invoer zijn de emissiegegevens van NMVOS, NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub>. Deze gegevens voor 1994 en voor de toekomst (scenario's) zijn door RIVM-LLO aangeleverd. Controle op de invoer is door Roemer uitgevoerd. De emissies van CO en CH<sub>4</sub> zijn voor alle berekeningen op het niveau van 1994 gehouden. Voor CO zijn de cijfers afkomstig uit het EMEP99 rapport, de CH<sub>4</sub> zijn van TNO afkomstig.</p>
8	<b>Overige opmerkingen</b>	In een beknopt achtergrondrapport worden de resultaten van de scenarioberekeningen van EUROS en LOTOS kwantitatiever beschreven.
9	<b>Referenties</b>	Beschrijving van EUROS:

- 1) M. van Loon (1996), Numerical methods in smog prediction, dissertatie Universiteit van Utrecht, Nederland.
- 2) C.M.J. Jacobs en W.A..J. van Pul (1996), Long-range Atmospheric transport of persistent organic pollutants, I: Description of surface - Atmospheric Exchange Modules and implementation in EUROS, RIVM rapport 722401013, Bilthoven, Nederland.

Beschrijving van het LOTOS model in algemene zin:

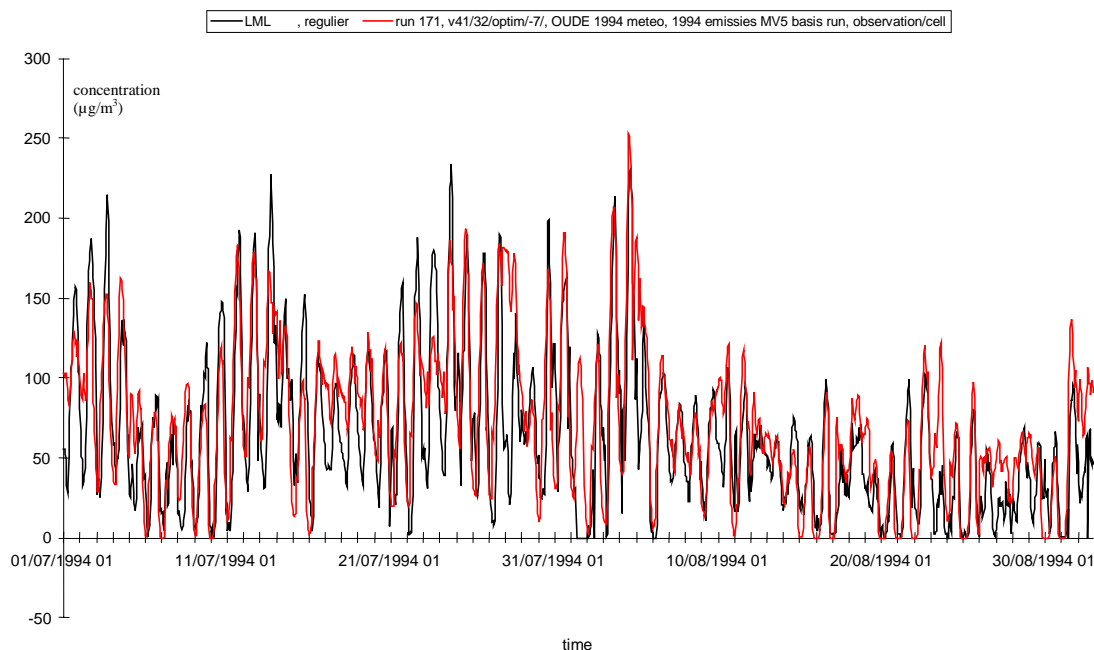
- 1) Builtjes, TNO-rapport R92/240, Apeldoorn.
- 2) Roemer, M. Proefschrift Universiteit Utrecht, Utrecht.

Een specifieke beschrijving van de hier gebruikte LOTOS versie is beschikbaar bij Roemer

## Bijlage feitenblad 1: Figuren 1-3

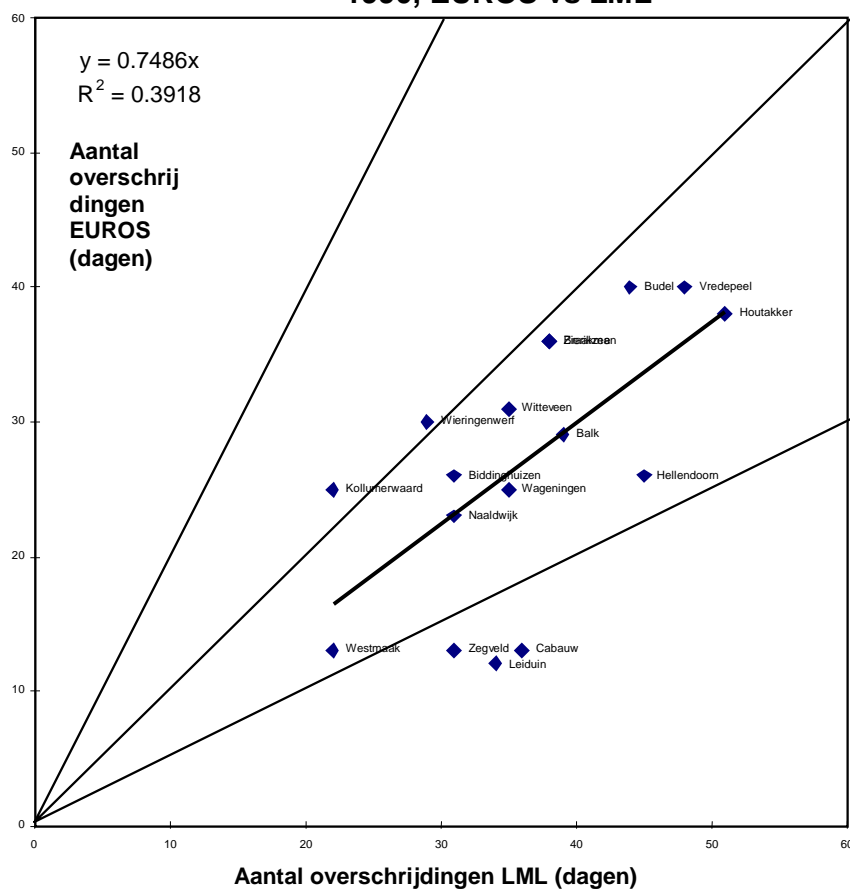
(plotted 30-03-2000 00, 13:20:05)

### concentration O<sub>3</sub>, Wageningen



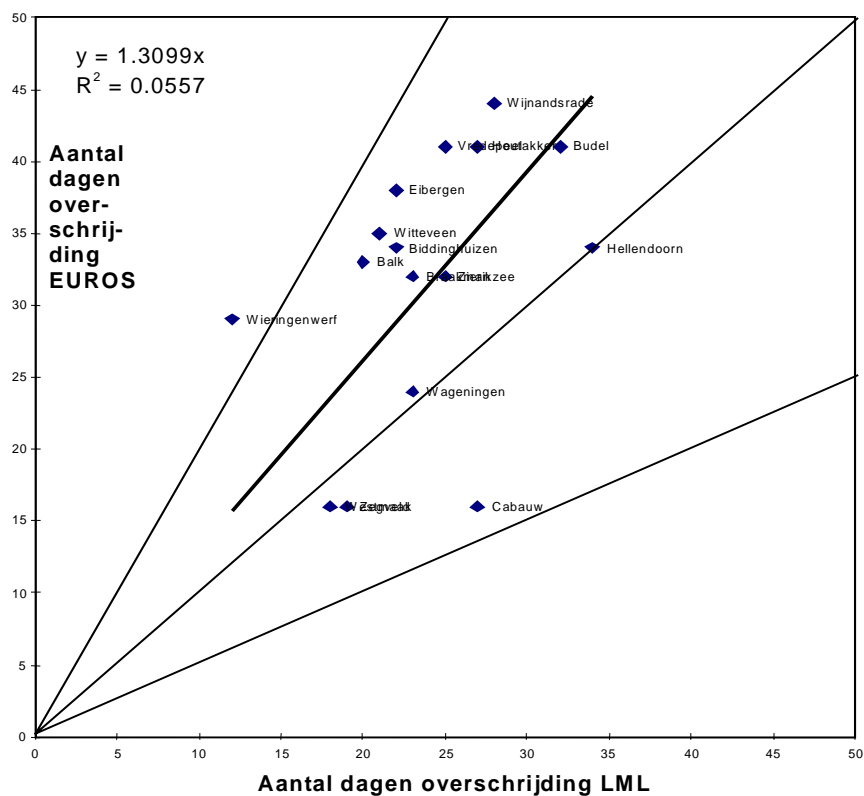
### Aantal overschrijdingen van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8h gemiddeld)

#### 1990, EUROS vs LML



### Aantal overschrijdingen van $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8h gemiddeld)

#### 1994, LML vs EUROS



**Feitenblad 2: Blootstelling van gewassen en natuurlijke vegetatie aan ozon**

0	<b>Titel</b>	Geef de naam van de indicator <b>Blootstelling van gewassen en natuurlijke vegetatie aan ozon</b>
1	<b>Gegevens</b>	<p>Indibase nummer: Onderdeel van 1258IMK5</p> <p>Stof: Ozon</p> <p>Doelgroep: Alle doelgroepen + buitenland die VOS en NO<sub>x</sub> emitteren</p> <p>Thema: Verzuring</p> <p>De waarde van de indicator is voor de zichtjaren berekend met behulp van de RIVM-EUROS en TNO-LOTOS modellen voor de berekening van de ozonconcentratie. Beide modellen zijn gridmodellen met een resolutie van ca 50 x 50 km<sup>2</sup>. De ozonconcentratie voor ieder uur in een scenariojaar wordt berekend uit de VOS, en NO<sub>x</sub> concentratie in samenspel met de heersende meteorologie. De VOS en NO<sub>x</sub> concentratie wordt gemodelleerd in afhankelijkheid van de MV5 emissiescenario's. Als parameter voor de blootstelling is de AOT40 grootte voor de bescherming van gewassen en natuurlijke vegetatie toegepast. De indicator sommeert alle overschrijdingen van een drempelwaarde van 40 ppb (= 80µg.m<sup>-3</sup>), in mei, juni en juli en tijdens daglichturen.</p> <p>In het MV5 document wordt primair gerapporteerd over de RIVM-EUROS resultaten. De TNO-LOTOS gegevens worden steeds ter verificatie gebruikt. In de zijlijn is het IIASA-RAINS model, vanwege de vele internationale beleidsmatige toepassingen, via het Internet gerund.</p>
2	<b>Invuller / datum</b>	Jeannette Beck (9 mei 2000), Michiel Roemer, TNO, (10 december 1999)
3	<b>Herkomst</b>	De EUROS resultaten zijn berekend door Liesbeth de Waal en Ferd Sauter (RIVM). De LOTOS berekeningen zijn verricht door Michiel Roemer (TNO). De koppeling met natuur gegevens -van EUROS- is uitgevoerd door Jeroen Dolmans (RIVM). De berekeningen zijn gecontroleerd door Michiel Roemer en Jeannette Beck.
4	<b>Beschrijving</b>	De ruimtelijke resolutie van LOTOS bedraagt 0.5° x 1.0°, terwijl het EUROS model een grid van 0.55° x 0.55° gebruikt. Doordat EUROS met verschoven poolcoördinaten werkt, hebben beide modellen een resolutie van ca 50 x 50 km <sup>2</sup> . Concentraties worden voor iedere gridcel voor ieder uur gemodelleerd en worden gebruikt om inzicht te krijgen in de verwachte ontwikkelingen van de indicator in de jaren 2010, 2020 en 2030. Uit de concentraties is de AOT40 som berekend, die vervolgens getoetst is aan de kritische waarde.
5	<b>Rekenschema/ Methodebeschrijving</b>	EUROS, versie 4.4, is een generiek Euleriaans luchtverontreiniging transport model dat ontworpen is om dispersie, transport en chemie van componenten in de lage troposfeer over Europa te modelleren. In het geval van ozon worden de emissies van VOS en NO <sub>x</sub> , de verspreiding van ozon en intermediären en de verwijdering en omzetting van deze stoffen beschreven. Het model is in detail beschreven door van Loon (1996). Het TNO-LOTOS model is een Euleriaans 3D-model voor Europa waarin eveneens de emissies, verspreiding, omzetting en verwijdering van ozon en de voor ozon belangrijke stoffen beschreven worden. De hier gebruikte modelversie is bij TNO beschreven onder: LOTOS-MV5. Een uitgebreidere beschrijving is bij contactpersoon Michiel Roemer opvraagbaar.
6	<b>Onzekerheid</b>	<p><i>Situatie in het basisjaar (1994)</i></p> <p>In het algemeen geldt voor (ozon)modellen: "hoe meer je middelt, hoe beter je uitspraak". Op basis van de tijdseries van ozon kan gesteld worden dat</p>

ozonmodellen de gemiddelde niveaus (bv seizoens-, of maandgemiddelden) redelijk goed representeren in NW-Europa, en dat ook de dagelijkse en de synoptische variaties vrij goed benaderd worden. De extremen (minima en maxima) worden wel goed gedaan in timing maar minder goed in absolute waarde. Dit wordt geïllustreerd in figuur 1 (bijlage bij dit feitenblad) voor de gemeten en door EUROS berekende ozonconcentratie op station Wageningen in juli 1994. De in juli gemeten maandgemiddelde concentratie verschilt  $7 \mu\text{g.m}^{-3}$  van de gemodelleerde waarde. Voor de periode april - september 1994 is het verschil  $4 \mu\text{g.m}^{-3}$ . De grootte die voor de effectschatting gebruikt wordt, is dus bepalend voor de onzekerheden in en de inhoudelijke kwaliteit van de uitspraken.

Het simuleren van AOT40 komt neer op het kijken met een vergrootglas (de achtergrond van  $80 \mu\text{g/m}^3$  wordt eraf gehaald) naar de duur en hoogte van pieken in de fenomenologie van ozon. Veel ozondrempels hebben een binair karakter, dat wil zeggen wél of níet overschreden. De grootte van de overschrijding is dan niet van belang. In het geval van AOT40 echter, moet een model én goed presteren voor de duur én voor de hoogte van de piek. De discrepantie tussen metingen en modellen blijkt dan de moeite waard te zijn. Zowel voor EUROS als LOTOS komt het gemiddelde van AOT40 voor de Nederlandse meetstations binnen 25% overeen met het gemiddelde van de berekende AOT40 voor de betreffende roostercellen. Op basis van de vergelijking voor individuele meetstations liggen de resultaten binnen een factor 2.

Opgemerkt kan worden dat LOTOS een Noord-Zuid gradiënt van AOT40 laat zien die van tegengesteld teken is als de gradiënt in de metingen. Ook valt op dat de spreiding van meetresultaten binnen 1 roostercel aanzienlijk is. Geconcludeerd wordt dat er aanzienlijke variatie op de lokale schaal (binnen 50 km) optreedt die het model per definitie niet representeert.

Ook valt op dat de spreiding van meetresultaten binnen 1 roostercel aanzienlijk is. De stations Zegveld, Westmaas en Cabauw liggen in 1 EUROS-cel, maar de gemeten AOT40 som liep in 1994 uiteen van 12 tot  $18 \text{ mg.m}^{-3}.\text{h}$  op deze stations (EUROS: 9). In 1990 liep de gemeten som binnen dezelfde cel uiteen van 13 tot  $19 \text{ mg.m}^{-3}.\text{h}$ , terwijl het model  $6 \text{ mg.m}^{-3}.\text{h}$  berekende (figuren-2 en -3). De grootste problemen treden op in de cellen met de hoogste  $\text{NO}_x$  emissie -en dus titratie- dichtheden (zie de cel met Westmaas, Zegveld, Cabauw). Geconcludeerd wordt dat er aanzienlijke variatie op de lokale schaal (binnen 50 km) optreedt die het model per definitie niet representeert. Mogelijk kan gridverfijning in die cellen de prestaties verbeteren.

Opgemerkt kan worden dat LOTOS voor het basisjaar een Noord-Zuid gradiënt in AOT40 laat zien die van tegengesteld teken is aan de gradiënt in de metingen. EUROS laat een patroon zien dat gelijk loopt met de gradiënt in de metingen. Voor het correct modelleren van de gradiënt over Nederland moeten modellen de juiste balans vinden tussen het ozonreservoir dat doorgaans berekend wordt boven de Noordzee (door de lage depositiesnelheid op water), depositie op landoppervlak, chemische productie boven land, dispersie en transport.

#### *Toekomst en trends*

Voor modelverwachtingen onder emissiescenario's geldt: "hoe verder je van de huidige situatie afwijkt, hoe onzekerder je uitspraak wordt". Hoe goed zijn de ozonmodellen om in de toekomst te kijken? Dat is niet bekend, modellen zijn nooit gevalideerd op hun vermogen trends te berekenen, dat onderzoek komt nu (pas) op gang. Gesteld kan worden dat de meeste modellen ongeveer dezelfde uitkomsten geven als het gaat om ozonveranderingen als functie van (kleine) emissiewijzigingen; waarbij de gevoeligheid voor VOS emissiedalingen

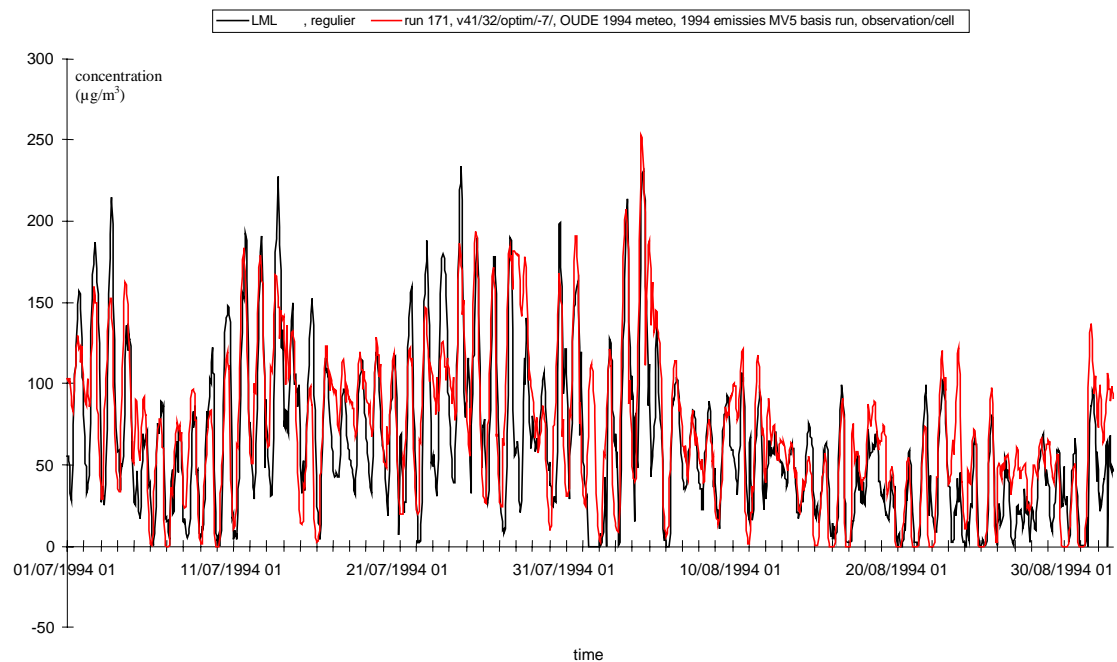
		<p>eenvormiger is dan voor NO<sub>x</sub>. Oorzaken voor verschillen (die beleidsmatig uiterst relevant zijn) zijn nooit onderzocht.</p> <p>De volgende observaties kunnen gemaakt worden:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. In de meeste (alle?) West-Europese landen gaan de laatste jaren de jaarlijkse piekwaarden van ozon naar beneden. In dezelfde periode zijn ook de emissies gedaald. Hoewel het aandeel van andere factoren (meteo!) niet gekwantificeerd is, mag verondersteld worden dat de daling van piekwaarden kwalitatief in lijn is met modelverwachtingen.</li> <li>2. In de metingen wordt voor parameters die meer in de buurt van het gemiddelde van de ozondistributie zitten (jaargemiddelde, P50) geen duidelijk W-Europees samenhangend beeld waargenomen. Er zijn zowel opwaartse als neerwaartse trends geconstateerd wat mogelijk een gevolg kan zijn van de grote invloed die de meteorologische variabiliteit uitoefent op trends. De modellen “verwachten” voor de Benelux, W-Duitsland en Engeland, als gevolg van de geconstateerde emissieveranderingen de laatste 10 jaar, een lichte stijging van ozon in de zomer, en een iets grotere stijging in de winter. Dit beeld wordt niet bevestigd door de Nederlandse stations die zowel voor de winter als de zomer een forse daling laten zien. Als dit beeld niet door de Duitse en Vlaamse stations wordt bevestigd kan het fenomeen niet snel verklaard worden, en mogelijk ook onze verwachtingen voor wat betreft het “voorspellend vermogen” van de modellen onder druk zetten.</li> <li>3. Zodra verder in de toekomst gekeken gaat worden, onder omstandigheden met zeer lage antropogene emissies, verschuift de ozonbalans in de richting van de grootschalige achtergrond. Er is momenteel veel discussie over de grootte en het teken van de hemisferische ozon concentratietrend. Het nauwkeurig volgen van deze discussie en het preciezer modelleren van de klimatologie van grootschalig ozon zal binnen LOTOS en EUROS meer aandacht moeten krijgen.</li> </ol>
7	<b>Invoer</b>	<p><b>EUROS</b></p> <p>Emissies van SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, and VOS zijn beschikbaar voor 6 economische sectoren op het modelgrid. Van iedere sector zijn gegeven de gemiddelde emissiehoogte, warmteinhoud, het jaarlijkse emissietotaal en emissiefactoren voor de verdeling van de emissies over maand, dag en uur. Daarnaast is er dezelfde informatie voor belangrijke puntbron-emissies. Achtergrondconcentraties zijn genomen uit de literatuur en afhankelijk van maand en breedtegraad.</p> <p>EUROS gebruikt twee databases voor meteorologische gegevens. De Global Observational Data Set (ODS) van ECMWF/WMO bevat synoptische meteorologische observaties voor Europa (temperatuur, wolkenbedekking, luchtvochtigheid, neerslag). De "upper air data set" van het ECMWF bevat gegevens over temperatuur, windcomponenten en luchtvochtigheid op 5 drukniveaus (hoogten). Landgebruikgegevens komen van de European Land Use Database (0,17° x 0,17° grid, 18 x 18 km).</p> <p><b>LOTOS</b></p> <p>Invoer bestaat uit achtergrondconcentraties van de 18 “langlevende” stoffen in het model, landgebruikgegevens, meteorologische gegevens voor het jaar 1994 en emissies. De achtergrondconcentraties zijn afkomstig uit een ander model, te weten het 2-D mondiale TNO-Isaksen model. Een beschrijving hiervan is bij contactpersoon (TNO) opvraagbaar. Deze invoer bestaat uit de maandgemiddelde concentraties over breedtebanden van 36-45N, 46-55N, etc. waarbij in de verticale richting een resolutie van 500 m wordt aangehouden. Er is geen onderscheid in west-oost richting.</p>

		<p>De landgebruikgegevens zijn afkomstig uit het PELINDA-bestand dat voornamelijk is gebaseerd op waarnemingen van de NOAA-satelliet. De meteorologische gegevens (wind, temperatuur, instraling, bedekkingsgraad, vocht) zijn afkomstig van de Freie Universität Berlin. De tijdsresolutie bedraagt 3 uur. De belangrijkste invoer zijn de emissiegegevens van NMVOS, NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub>. Deze gegevens voor 1994 en voor de toekomst (scenario's) zijn door RIVM-LLO aangeleverd. Controle op de invoer is door Roemer uitgevoerd. De emissies van CO en CH<sub>4</sub> zijn voor alle berekeningen op het niveau van 1994 gehouden. Voor CO zijn de cijfers afkomstig uit het EMEP99 rapport, de CH<sub>4</sub> zijn van TNO afkomstig.</p>
8	<b>Overige opmerkingen</b>	<p>In een beknopt achtergrondrapport worden de resultaten van de scenarioberekeningen van EUROS en LOTOS kwantitatiever beschreven.</p>
9	<b>Referenties</b>	<p>Beschrijving van EUROS:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) M. van Loon (1996), Numerical methods in smog prediction. Proefschrift, Universiteit van Utrecht, Nederland.</li> <li>2) C.M.J. Jacobs en W.A.J. van Pul (1996), Long-range Atmospheric transport of persistent organic pollutants, I: Description of surface – Atmospheric Exchange Modules and implementation in EUROS, Bilthoven, RIVM-rapport 722401 013.</li> </ol> <p>Beschrijving van het LOTOS model in algemene zin:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Builtjes, P. TNO-rapport R92/240. Apeldoorn</li> <li>2) Roemer, M. Proefschrift Universiteit Utrecht, Utrecht.</li> </ol> <p>Een specifieke beschrijving van de hier gebruikte LOTOS versie is beschikbaar bij Roemer</p>

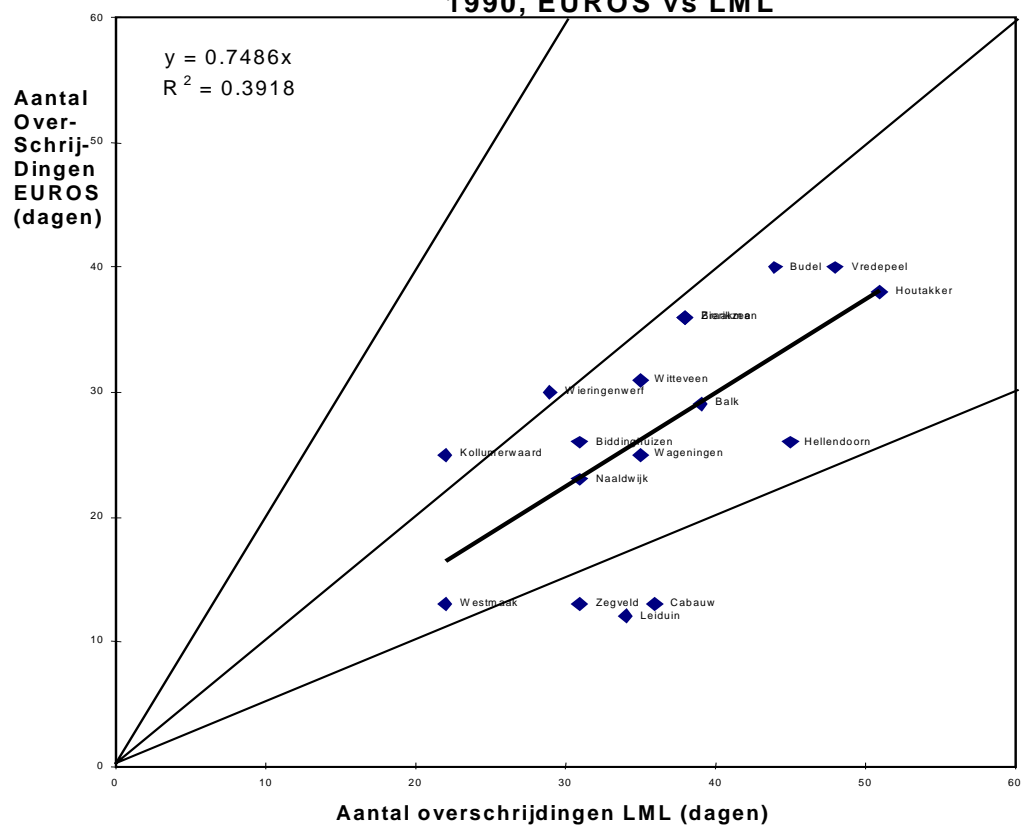
## Bijlage feitenblad 2: Figuren 1-3



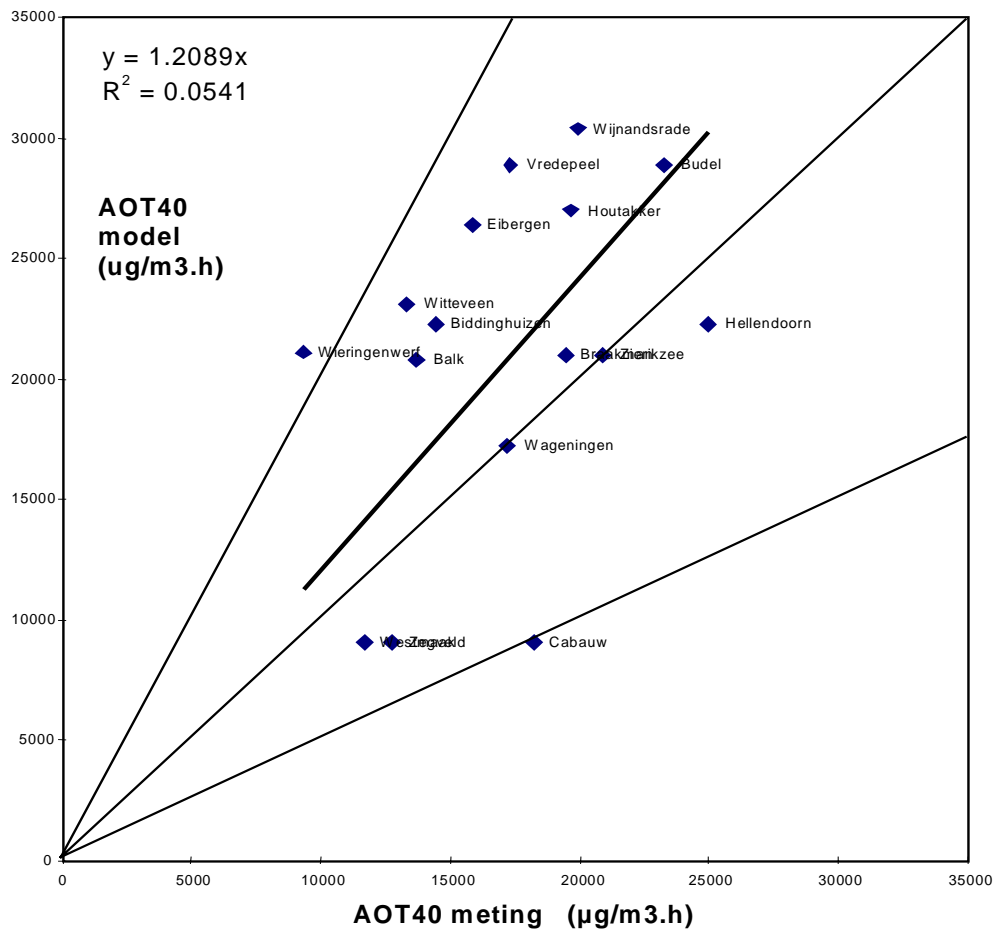
(plotted 30-03-2000 00, 13:20:05)

**concentration O<sub>3</sub>, Wageningen**

(plotted 11-05-2000 00, 14:04:35)

**Aantal overschrijdingen van 120 µg/m<sup>3</sup> (8h gemiddeld)  
1990, EUROS vs LML**

(plotted 11-05-2000 00, 13:57:51)

**AOT40 ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{h}$ ) 1994, LML vs EUROS**

**Feitenblad 3: Vroegtijdige sterfte en spoedopnamen in ziekenhuizen geassocieerd met  $PM_{10}$  en  $O_3$** 

1	<b>Gegevens</b>	Vroegtijdige sterfte en spoedopnamen in ziekenhuizen geassocieerd met fijn stof en ozon. Indicatorcode: 0890IGL1.
2	<b>Invuller / datum</b>	M. Marra RIVM/LBM 19 september 2000
3	<b>Herkomst</b>	Berekend door M. Marra RIVM/LBM. Gecontroleerd door P.H. Fischer RIVM/LBM.
4	<b>Beschrijving</b>	Sterfte voor alle oorzaken exclusief ongevallen en het aantal spoedopnamen in ziekenhuizen wegens respiratoire en cardiovasculaire aandoeningen toegeschreven aan de gemeten of gemodelleerde niveaus van luchtverontreiniging door fijn stof en ozon. De effecten zijn beschreven als het gemiddelde jaarlijkse aantal gevallen dat kan worden toegeschreven aan het gemeten jaargemiddelde van de daggemiddelde $PM_{10}$ -concentraties en het gemiddelde van de dagelijkse 8-uurs gemiddelde ozonconcentraties.
5	<b>Rekenschema</b>	Relatieve risico's voor de associaties van sterfte en spoedopnamen in ziekenhuizen in Nederland <sup>1,2</sup> zijn omgerekend naar fracties van het totale risico wat kan worden toegeschreven aan een toename in de concentratie van $1 \mu g/m^3$ , het attributieve risico. Het absolute aantal gevallen van het effect wat is toe te schrijven aan de gemeten of gemodelleerde niveaus van luchtverontreiniging werd berekend door het attributieve risico te vermenigvuldigen met de gemiddelde concentratie en het totaal gevallen van het effect. <sup>3</sup>
6	<b>Onzekerheid</b>	De berekeningen van de gezondheidsrisico's zijn gebaseerd op de schattingen van de relatieve risico's. De gerapporteerde bijbehorende boven- en ondergrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval <sup>1,2</sup> zijn gebruikt voor het maken van een schatting van het interval waarbinnen het werkelijke risico zich bevindt met een statistische waarschijnlijkheid van 95%. Onzekerheden in de scenarioberekeningen van de niveaus van de luchtverontreiniging en de demografische ontwikkelingen en onzekerheden in de leeftijdspecifieke sterfte- en het aantal spoedopnamen zijn niet verwerkt in de berekeningen. Tevens is verondersteld dat de sterfte- en opnamecijfers in de komende 30 jaar niet zullen veranderen.
7	<b>Invoer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luchtkwaliteitgegevens 1997: populatie gewogen gemiddelde concentraties <math>PM_{10}</math> en ozon (aangeleverd door RIVM/LLO);</li> <li>• Gemodelleerde <math>PM_{10}</math>- (OPS) en ozonconcentraties (EUROS) voor 2010-2030, scenario's EC en GC (aangeleverd door RIVM/LLO);</li> <li>• Demografische gegevens: verdeling over Nederland en leeftijdopbouw van de bevolking (aangeleverd door RIVM/LLO);</li> <li>• Prognoses voor de omvang van en de leeftijdsopbouw van de Nederlandse bevolking in 2010-2030, scenario's EC en GC (aangeleverd door RIVM/LLO);</li> <li>• Leeftijd- en oorzaaksspecifieke sterftecijfers (uit CBS-statistieken);</li> <li>• Leeftijd- en diagnosespecifieke aantal spoedopnamen in ziekenhuizen (aangeleverd door RIVM/VTV);</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Resultaten van twee Nederlandse epidemiologische onderzoeken. Hierin zijn de uitkomsten gerapporteerd van Poissonregressie-analyses van de dagelijkse variatie in totale sterfte en sterfte door respiratoire en cardiovasculaire oorzaken<sup>1</sup> respectievelijk spoedopnamen in ziekenhuizen vanwege respiratoire en cardiovasculaire aandoeningen<sup>2</sup> in relatie tot de dagelijkse variatie in de concentraties PM<sub>10</sub> en ozon voor vier respectievelijk drie leeftijdscategorieën. In deze analyses is gecorrigeerd voor versturende variabelen als meteorologie, griep epidemieën en cyclische variaties en trend. De effecten in de populatie zijn in deze onderzoeken gerapporteerd als relatieve risico's gerelateerd aan de daggemiddelde PM<sub>10</sub>-concentratie respectievelijk de dagelijkse 8-uurs gemiddelde ozonconcentratie tussen 12.00 en 20.00 uur.</li> </ul> <p>De aangeleverde gegevens zijn handmatig gecontroleerd op fouten en inconsistenties.</p>
8	<b>Overige opmerkingen</b>	<p>In epidemiologisch onderzoek zijn associaties met diverse componenten van het luchtverontreinigingsmengsel waargenomen. Het is vaak niet mogelijk om de gezondheidseffecten aan een van de afzonderlijke componenten van het mengsel van gassen en deeltjes toe te schrijven.</p> <p>Bij de berekeningen van de gezondheidsrisico's van fijn stof en ozon wordt evenwel een causaal verband verondersteld. Bovendien wordt verondersteld dat er een lineair verband is tussen de concentratie en het effect en dat er geen drempelwaarde bestaat waaronder geen effecten optreden.<sup>3-5</sup></p>
9	<b>Referenties</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Hoek G, Verhoeff A, Fischer P (1997). Daily mortality and air pollution in the Netherlands, 1986-1994. Rapport nr 1997-481. Landbouwwuniversiteit Wageningen.</li> <li>Vonk JM, Schouten, JP (1998). Daily emergency hospital admissions and air pollution in the Netherlands, 1982-1986 and 1986-1995. Rapport nr VROM reg #96.140072. Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.</li> <li>Van Aalst RM, Bloemen HJTh, Van Bree L, Buringh E, Diederens HSMA, Fischer PH, De Hollander AEM, Houthuijs DJM, Könemann WH, Lebrecht E, De Loos S, Marra M, Rombout PJA, Van Scheindelen HJ. Kwantitatieve schatting van het gezondheidseffect voor de Nederlandse bevolking door blootstelling aan PM<sub>10</sub> ("fijn stof"). RIVM rapport nr 623710 002 (1995).</li> <li>Bloemen HJTh, Van Bree L, Buringh E, Fischer PH, De Loos S, Marra M, Rombout PJA. Fijn stof in Nederland; een tussenbalans. RIVM rapport nr 650010006 (1998).</li> <li>Rombout PJA, Bloemen HJTh, Van Bree L, Buringh E, Cassee FR, Fischer PH, Freijer JJ, Kruize H, Marra M, Opperhuizen A. Health risks in relation to air quality, especially particulate air matter. RIVM rapport nr 650010020 (2000).</li> </ol>

**Feitenblad 4: Kilometer weglengte van verkeerswegen in steden met overschrijding van grenswaarden**

0	<b>Titel</b>	<b>Naam van de indicator</b> meter weglengte van verkeerswegen in steden met overschrijding van grenswaarden
1	<b>Gegevens</b>	<b>Beschrijving in algemene termen</b> <i>Uit welke gegevens is de indicator opgebouwd:</i> Tabel met per jaar, per stof het aantal kilometer weglengte van verkeerswegen in steden met overschrijding van grenswaarde <i>Stof:</i> Jaargemiddelde NO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> en benzo(a)pyreen (BAP) <i>Doelgroep:</i> Verkeer <i>Thema:</i> Verstoring
2	<b>Invuller / datum</b>	<b>Naam invuller en datum van invullen factsheet</b> K. van Velze (26 mei 2000)
3	<b>Herkomst</b>	<b>Naam contactpersoon</b> K. van Velze <b>Naam controleur</b> H. Noordijk
4	<b>Beschrijving</b>	<b>Beschrijving van product</b> De indicator geeft de omvang weer van overschrijdingen van grenswaarden in verkeerssituaties, uitgedrukt in kilometer weglengte met overschrijding grenswaarde. Onder verkeerssituaties wordt verstaan de directe omgeving van verkeerswegen (tot enkele tientallen meters afstand) waar mensen kunnen worden blootgesteld aan concentraties die zijn verhoogd t.g.v. het verkeer op die weg. In de praktijk worden trottoirs langs verkeerswegen in steden beschouwd. <b>Detailniveau ruimte en tijd</b> Ruimtelijke resolutie: 5 tot 30 m. Dekking: steden met meer dan 40 duizend inwoners in Nederland Temporele resolutie: 1 jaar Tijdshorizon: 1990 – 2030 Economische scenario's: EC, GC <b>Toepassingen</b> Geen doorlevering, indicator is eindproduct
5	<b>Rekenschema/ Methodebeschrijving</b>	<b>Stappenschema</b> De hier beschreven methode wordt aangeduid met CARVMK wat staat voor de combinatie van het CAR-model met een database van verkeerswegen in steden (Verkeers Milieu Kaarten) met de benodigde invoergegevens voor het CAR-model. 1. Met VMKPLUS zijn scenario-gegevens ingevoerd voor basis- en zichtjaren, t.w.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scenario-namen (MV5EC en MV5GC, worden in vrijwel alle bestandsnamen opgenomen);</li> <li>• mtv-indices (ontwikkeling weglengte, gemiddelde verkeersintensiteit en gemiddeld aandeel zwaar verkeer in steden), bepaald door LAE m.b.v. model PION;</li> <li>• gemeentegegevens (o.a. aantal inwoners en oppervlakte) voor nieuw zichtjaar (2030), uit praktische overwegingen gelijk gesteld aan 1995 (evenals de jaren 2010 en 2020, deze waren reeds in MV4 ingevoerd)</li> </ul> 2. Met VMKPLUS zijn jaarbestanden aangemaakt voor basis- (1990, 1995, 1997; scenario MV5EC) en zichtjaren (2010, 2020, 2030; scenario's MV5EC en MV5GC) 3. Modelparameters voor CAR-model bepalen voor elk scenario-jaar

(meest m.b.v. Excel) en opnemen in de zgn. dbfiles (ascii op unix):

- a. WIND – Regiofactor in 14 pluimregio's (in file Fregio.xls op basis van langjarige KNMI-gegevens: windsnelheid "norm", dit in tegenstelling tot MV4 waar nog LML-meteo werd gebruikt)
  - b. EMISSIE – Emissiefactoren (in  $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{s}$ ) voor licht en zwaar verkeer gedifferentieerd naar snelheid (emissiefactoren bepaald door LAE met FACTS en ATTACK; omrekening in gewenst format in file "EMF MV5 (8-10-1999).xls")
  - c. ACHTER – Achtergrondconcentraties in 14 pluimregio's (berekening  $\text{NO}_x$  in file PAR\_ $\text{NO}_x$ \_MV5.xls,  $\text{PM}_{10}$  in PAR\_ $\text{PM}_{10}$ \_v02.xls, waarin concentraties op LML-locaties bepaald zijn uit SIGMA-grids met behulp van programma *gridcell*; voor BAP is een schatting voor het landelijk gemiddelde gemaakt aan de hand van vergelijking van trend met andere componenten (in file ALFA\_en\_BAP.xls)
  - d. STAD – Alfa is de toename van het achtergrondniveau per km bebouwing. De methode voor bepaling van alfa zoals die gebruikt wordt bij blijkt bij toepassing op SIGMA-grids te ongevoelig is om een trend te beschrijven. In vergelijking met de trend uit LML-resultaten wordt een bevredigend resultaat bereikt door alfa als een percentage van de regionale achtergrond te beschrijven (+ aanpassing eenheden). Het percentage is vastgesteld m.b.v. LML-gegevens over de periode 1991-1998: per jaar is vastgesteld wat het gemiddelde van alle regionale achtergrondconcentraties is en welk percentage hiervan overeenkomt met alfa (in file: Ca\_ $\text{NO}_x$ \_LML.xls in "D:\mod\car param"). Het gemiddelde over de jaren ( $\text{NO}_x$  20%,  $\text{NO}_2$  gem 12,5%) is het percentage gebruikt t.b.v. MV5 voor de bepaling van alfa uit de regionale achtergrond (in file PAR\_ $\text{NO}_x$ \_MV5.xls). Voor  $\text{PM}_{10}$  is alfa wel volgens de standaard methode berekend (in file PAR\_ $\text{PM}_{10}$ \_v02.xls). Voor BAP is alfa geschat op dezelfde wijze geschat als de achtergrondconcentraties (in file ALFA\_en\_BAP.xls)
  - e. PRATIO – Verhouding tussen percentielwaarde en jaargemiddelde (=1 want percentielen hier n.v.t.).
  - f. COMP – Naam component en grenswaarde
  - g. CBS – Dbfile t.b.v. programma *weglengt* met totaal aantal inwoners in Nederland per klasse van stadsomvang (zichtjaren zijn gelijk genomen aan 1995, evenals voor individuele steden in stap 1 VMKPLUS-gemeentegergegevens)
4. Met het programma *vmk\_mk\_conc* (= CAR-model) de jaarbestanden (vmk-files) doorrekenen (met script), resultaten in con-files. Stoffen  $\text{NO}_x$  (voor stap 5),  $\text{PM}_{10}$  en BAP.
  5. Alternatieve berekening  $\text{NO}_2$  uit  $\text{NO}_x$  met programma *sappho\_car* dat aan con-file met  $\text{NO}_x$  een kolom  $\text{NO}_2$  toevoegt (d.w.z.  $\text{NO}_2$  berekening is niet standaard CAR-model)
  6. Berekend zijn concentraties langs alle verkeerswegen in 23 steden (con-files). Deze resultaten worden statistisch geëxtrapoleerd naar nationaal niveau op basis van de omvang van de steden (aantal inwoners), en weergegeven in een frequentieverdeling met weglengte per concentratieklasse, met het programma *weglengt*. Berekeningen (met script) resulteren in ovsch-files met km weglengte in steden in Nederland waar overschrijding van de grenswaarde optreedt. Bij de berekeningen is rekening gehouden met meteorologisch ongunstig jaar door de grenswaarde met 10% te corrigeren.

#### **Toegepaste Modellen en Programma's**

- SAPPHO (Statistics for Assessment of Percentiles and PHOtochemistry) – SAPPHO berekent de concentratie  $\text{NO}_2$

rechtstreeks uit  $\text{NO}_x$  met een regressie-model gebaseerd op empirisch vastgestelde relaties (uit LML gegevens 1991-1998). Geen gebruik wordt gemaakt van andere parameters zoals bijvoorbeeld  $\text{O}_3$ . De methode is eerder toegepast in het CUMU-project (Pruppers et al., 1996). Met het beschikbaar komen van meetgegevens over meer jaren zijn regressie-coëfficiënten herberekend waarbij  $\text{O}_x$  niet langer afhankelijk is gesteld van  $\text{NO}_x$  maar van de wortel uit  $\text{NO}_x$ . De nauwkeurigheid is verbeterd in vergelijking met CUMU. Voor  $\text{NO}_2$  gemeten versus  $\text{NO}_2$  berekend is de regressielijn  $y = 0.945 x + 1.4$  met  $R^2 = 0.94$  ( $N=280$ ). De resterende afwijking is op 10 punten na kleiner dan 15%.

Rekenregels zijn (concentraties in ppb):

$$K = 0,27 \text{ NO}_x + 4,5$$

$$\text{O}_x = 1,3 \sqrt{\text{NO}_x} + 27,4$$

$$\text{NO}_2 \text{ volgt met wortelformule uit } K = (\text{NO} \cdot \text{O}_3)/\text{NO}_2$$

$$1 \text{ ppb NO}_2 = 1,882 \mu\text{g/m}^3 \text{ NO}_2$$

Rekenprogramma is *sappho\_car* voor CARVMK con-files (met  $\text{NO}_x$  concentraties).

- CARVMK – Aanduiding voor de combinatie van de database VMKPLUS en de rekenprogramma's *Vmk\_mk\_conc* (het CAR-model) en *Weglengt* (extrapolatie van steekproef naar nationaal niveau), zie aldaar.
- CAR-model – Verspreidingsmodel voor berekening van luchtkwaliteit langs een verkeersweg op basis van emissiefactoren en karakteristieken van de weg (verkeersintensiteit, snelheid, bebouwing e.d.), zie Eerens (1993), Vissenberg (1998)
- VMKPLUS – Database met Verkeers Milieu Kaarten van 23 gemeenten. De 23 steden worden als een steekproef beschouwd van alle steden in Nederland. (w4gl-scherm versie: VMKPLUSTEST, directory: /users10/modellen/carvmk/test/bin)
- *Vmk\_mk\_jaarbestand* – Programma (versie: 15 dec 1997, dir: /users10/modellen/carvmk/operatio, runnen vanuit VMKPLUS) dat uit database VMK's van gemeenten ophaalt en samenvoegt tot één zgn. jaarbestand (ascii-file met extension vmk) waarbij weglengte en intensiteit worden gecorrigeerd voor betreffend jaar met behulp van zgn. mtv-indices voor totale weglengte, gemiddelde verkeersintensiteit en gemiddelde aandeel vrachtverkeer binnen de bebouwde kom (afkomstig van LAE: model PION).
- *Vmk\_mk\_conc* – Programma (versie: 28 oktober 1998, dir: /users10/modellen/carvmk/ontwik/develop/tmp.wilco; waarin enkele bugs verwijderd sinds MV4: te strenge controle gevelgegevens, foutje in fotochemie), runnen vanaf commando line of met script, dat CAR-modelberekening uitvoert met wegvak gegevens in jaarbestand (vmk-file) en resultaten (concentratie op trottoir en bij gevel) in con-files schrijft.
- *Weglengt* – Programma (versie: 21-3-1997, dir: /users10/modellen/carvmk/operatio, runnen vanaf commando line of met script) dat uit de con-files berekent langs hoeveel km weglengte er overschrijding van de grenswaarde optreedt in deze 23 steden. Naast overschrijding wordt ook een frequentieverdeling berekend voor concentraties op trottoir en bij gevel. Op basis van inwonersaantallen van de beschikbare steden vindt extrapolatie naar nationaal niveau plaats.
- *Gridcell* – Programma (versie: 1.01 juni 1997) dat voor LML-locaties de bijbehorende concentratie opzoekt in een aps-grid.
- *sappho\_car* – Programma (versie: 20 oktober 1999) voor  $\text{NO}_x$  –  $\text{NO}_2$  conversie in CARVMK con-files (met  $\text{NO}_x$  concentraties)

6	<b>Onzekerheid</b>	<p><b>Invoergegevens</b></p> <p>De volgende invoergegevens zijn bronnen van onzekerheden:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Meteorologie – Er is sprake van een onzekerheid ten gevolge van jaar tot jaar wisselende meteorologische omstandigheden. Afhankelijk van de meteorologische condities treden fluctuaties op van 10%. Modelberekeningen worden uitgevoerd met gemiddelde meteorologie.</li> <li>2. Achtergrondconcentraties – Voor de nauwkeurigheid van achtergrondconcentratie NO<sub>x</sub> zie MV5-factsheet verzuring. Voor de nauwkeurigheid van achtergrondconcentratie PM<sub>10</sub> zie MV5-factsheet fijn stof.</li> <li>3. Emissiefactoren – Zie factsheet bij LAE.</li> <li>4. Verkeers- en omgevingskenmerken – VMK's bevatten de inputgegevens m.b.t. een wegvak (verkeer en omgeving) voor CAR-berekeningen. Per wegvak kunnen er grote mutaties plaatsgevonden hebben sinds de inventarisatie. Omdat met grote aantallen wegvakken wordt gerekend (ca 9 duizend) wordt verondersteld dat statistisch gezien de invloed op de nauwkeurigheid op geaggregeerd niveau meevalt. Geschatte nauwkeurigheid per wegvak 20%, op geaggregeerd niveau 10%.</li> <li>5. Ontwikkeling verkeer – De nauwkeurigheid van ontwikkelingen van totale lengte van verkeerswegen, de gemiddelde verkeersintensiteit en het gemiddeld aandeel vrachtverkeer, alle drie binnen de bebouwde kom. Zie factsheet bij LAE.</li> </ol> <p><b>Modelonzekerheden</b></p> <p>De volgende rekenstappen zijn bronnen van onzekerheden:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conversie NO<sub>x</sub> in NO<sub>2</sub> – Gebruikt model is SAPPHO. Een empirisch model op basis van meetnetgegevens. De berekende NO<sub>2</sub> concentraties hebben een standaard deviatie van 10% voor hoge concentraties (stad, straat), en 5% voor lage concentraties (regio). Dit is dezelfde orde van grootte als voor metingen op jaarbasis (onzekerheid 5-10%), zie RIVM (1999).</li> <li>2. CAR-model – Met het CAR-model berekende concentraties wijken met een zekerheid van 70% minder dan 30% af van de feitelijke waarde, conform de in de besluiten luchtkwaliteit gestelde eisen.</li> <li>3. VMK-extrapolatie naar nationaal niveau – Het totaal aantal steden van meer dan 40 duizend inwoners bedraagt ca 80, de steekproef van omvat 23 steden. De opschaling geschiedt per klasse (40-100, 100-250, &gt; 250 duizend) waarna wordt gesommeerd. De invloed van de opschaling op de onnauwkeurigheid hangt vooral af van hoe representatief de steekproefsteden zijn wat betreft spreiding over Nederland, regionale achtergrondconcentraties, type bebouwing (laag/hoog), emissiedichtheid (verkeer, industrie), totale lengte en locatie (centrum, rondwegen) van wegen e.d. Bij gebrek aan reverentiemateriaal is de invloed op de onnauwkeurigheid niet bekend.</li> </ol> <p><b>Grootte van onzekerheden</b></p> <p>Op onderdelen is de onnauwkeurigheid groot. Desondanks is de verwachting dat en bij beschouwing op geaggregeerd niveau (grote aantallen) de onnauwkeurigheid gunstiger uitvalt. Bij deze benadering is het effect van systematische fouten groter dan willekeurige fouten. De onnauwkeurigheid in de CARVMK berekeningen heeft als belangrijkste oorzaken de onnauwkeurigheid van de VMK's in de database (m.n. de extrapolatie van de weggegevens naar toekomst) en de opschaling van 23 steden naar nationaal niveau. De uiteindelijke onzekerheid in de weglengte wordt geschat op 100%. Deze schatting is ongunstiger dan bij de MB waar alleen recente jaren worden doorgerekend, zie ook MB99-factsheet FS_VT1.doc.</p>



7	Invoer	<p><b>Gebruikte gegevens en herkomst</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>NO<sub>x</sub> grids NL</u> afkomstig van H. Vissenberg, berekend met SIGMA. Files (datum: 16-2-2000, dir: /proj/sigma/output.MV5): mv5111.0000000b.plt - 1990 mv5116.0000000b.plt - 1995 mv5118.0000000b.plt - 1997 mv5120.0000000b.plt - 2010<sup>EC</sup> mv5121.0000000b.plt - 2010<sup>GC</sup> mv5122.0000000b.plt - 2020<sup>EC</sup> mv5123.0000000b.plt - 2020<sup>GC</sup> mv5124.0000000b.plt - 2030<sup>EC</sup> mv5125.0000000b.plt - 2030<sup>GC</sup></li> <li>• <u>PM10 grids NL</u> afkomstig van H. Vissenberg, berekend met SIGMA. Files (datum: 3-5-2000, dir: /proj/sigma/outMV5.v02): mv5311.fijnstof.plt - 1990 mv5316.fijnstof.plt - 1995 mv5318.fijnstof.plt - 1997 mv5320.fijnstof.plt - 2010<sup>EC</sup> mv5321.fijnstof.plt - 2010<sup>GC</sup> mv5322.fijnstof.plt - 2020<sup>EC</sup> mv5323.fijnstof.plt - 2020<sup>GC</sup> mv5324.fijnstof.plt - 2030<sup>EC</sup> mv5325.fijnstof.plt - 2030<sup>GC</sup></li> <li>• <u>Bevolkingsgrids</u> met inwonersaantallen per km<sup>2</sup> afkomstig van A. Camu (via O-schijf). Files (datum 19-11-1999, dir: /mv5/mv5kvv/data): new_clv1km95.aps - 1995 new_clv1km10ec.aps - 2010<sup>EC</sup> new_clv1km10gc.aps - 2010<sup>GC</sup> new_clv1km20ec.aps - 2020<sup>EC</sup> new_clv1km20gc.aps - 2020<sup>GC</sup> en (datum 24-11-1999): new_volk30ectot_1.aps - 2030<sup>EC</sup> new_volk30gctot_1.aps - 2030<sup>GC</sup></li> <li>• <u>Emissiefactoren verkeer</u> afkomstig van R.v.d. Brink, via e-mail dd 8-10-1999. File (datum 8-10-1999, dir: /mv5/mv5kvv/data): CAR-emissiefactoren (8-10-99).xls</li> <li>• <u>Mtv-indices</u> (ontwikkeling weglengte, gemiddelde verkeersintensiteit en aandeel zwaar verkeer binnen de bebouwde kom) afkomstig van J.A. Annema (PION), via e-mail dd 16-11-1999. File (datum 16-11-1999, dir: /mv5/mv5kvv/data): karello2.xls</li> <li>• <u>Meteo</u>: Langjarige (1961-1990) gemiddelde windsnelheden per KNMI-station zijn gebruikt voor de bepaling van Fregio voor elk van de 14 regio's (dit in tegenstelling tot MV4 waar nog gebruik werd gemaakt van meteo uit het LML, deze functie van het LML is inmiddels beëindigd). Bron: KNMI (1998).</li> <li>• <u>Aantal inwoners per gemeente</u>: Aantallen inwoners van de 23 steden in 1995 in VMKPLUS volgens CBS (Statistisch Jaarboek 1996, op 1/1/1995)</li> </ul> <p><b>Scenario-veronderstellingen</b> MV5EC en MV5GC. Geen scenario-veronderstellingen toegevoegd.</p> <p><b>Controle op invoer gegevens</b> Emissiefactoren: Vergelijking met MB99-gegevens (heden) en MV4-gegevens (zichtjaren). Het heden komt goed overeen. Voor de zichtjaren zijn de emissiefactoren gedaald sinds MV4 hetgeen te verklaren is door uitbreiding van het pakket maatregelen. Daarnaast zijn er sinds MV4 enkele verbeteringen door LAE aangebracht in de procedure voor emissiefactoren. Mtv-indices: Vergelijking met MB99-gegevens (heden) en MV4-gegevens (zichtjaren). Het heden komt goed overeen, voor de zichtjaren wijken de indices voor verkeersintensiteit af van MV4. Nu wordt in steden een toename van de verkeersintensiteit op een gemiddelde verkeersweg verwacht tegen stabilisatie in MV4. Voorts valt op dat het aandeel zwaar verkeer in steden constant is in alle</p>
---	--------	--

		jaren en scenario's, maar er wel een verschuiving van overige wegen naar hoofdwegen plaats vindt. Uit navraag bij J.A. Annema blijkt dit overeen te komen met de scenario-veronderstellingen.
8	<b>Overige opmerkingen</b>	<p><b>Omzetting NO<sub>x</sub> in NO<sub>2</sub></b>  Voor de conversie van NO<sub>x</sub> concentraties in NO<sub>2</sub> en O<sub>3</sub> in het grid voor Nederland is gebruik gemaakt van SAPPHO. In MV4 is dezelfde methode (de CUMU-versie) toegepast. Sindsdien is er een Zwitserse (eveneens empirische) methode beschikbaar gekomen. Uit een testset van LML-gegevens 1991-1998 blijkt dat de nauwkeurigheid aantoonbaar slechter is dan van de CUMU – methode. Bovendien levert de methode geen O<sub>3</sub>, nodig voor CAR. Gekozen is voor de CUMU-methode, bijgesteld m.b.v. LML-gegevens uit recente jaren, en SAPPHO gedoopt. Het CAR-model omvat een module voor berekening van NO<sub>2</sub> concentraties uit achtergrondconcentraties NO<sub>2</sub> en O<sub>3</sub>, en NO<sub>x</sub> – verkeersemissies. Berekening van O<sub>3</sub> in de zichtjaren en de fotochemische parameters K en β hebben een grote onzekerheid. Een alternatieve methode is berekening van NO<sub>x</sub> concentraties met CAR gevolgd door conversie naar NO<sub>2</sub> m.b.v. SAPPHO. Uit berekeningen voor een testset van straten met een LML-meetpunt blijkt de nauwkeurigheid van de resultaten van beide methoden van dezelfde orde te zijn. In verband met consistentie met berekeningen van achtergrondconcentraties is gekozen voor CAR-berekeningen met NO<sub>x</sub> – NO<sub>2</sub> omzetting volgens SAPPHO.</p>
9	<b>Referenties</b>	<p><b>Dossiers</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Map “MV5”: aantekeningen, verslagen e.d. van besprekingen</li> <li>• Map “LAE-gegevensverstrekking t.b.v. CAR/VMK”: hardcopy van mailtjes + files op diskette.</li> <li>• Map “CARVMK berekening (MV4, MB-19xx, MV5)”: CAR parameters en resultaten van berekeningen.</li> </ul> <p><b>RIVM-rapporten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruppers et al (1996). Paragraaf 4.5 De berekening van de concentraties van stikstofdioxide en ozon (pag 39-43) in: Pruppers, M.J.M. (edit.), Achtergronddocument bij “Cumulatie van milieurisico”s voor de mens: geografische verschillen in Nederland. RIVM-rapport nr 610127002. Bilthoven: 1996.</li> <li>• RIVM (1999). Meten, rekenen en onzekerheden. De werkwijze van het RIVM-Milieuonderzoek. RIVM-rapport nr 408129005. Bilthoven: 1999.</li> <li>• Velze, K.van, G.P. van Wee, H.C. Eerens, Urban street air quality. In RIVM, Annual Scientific Report 1996. Bilthoven, 1997 (pp 34-36).</li> <li>• Vissenberg, H.A., K. van Velze, Handleiding CAR-AMvB programma (versie 2.0). RIVM-rapport nr 722101035, Bilthoven: 1998.</li> </ul> <p><b>Publicaties</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eerens, H.C., C.J. Sliggers, K.D. van den Hout, The CAR model: the Dutch method to determine city street air quality. Atm. Env. Vol. 27B, No. 4, pp. 389-399, 1993.</li> <li>• KNMI, Jaaroverzicht van het weer in Nederland, jaar 1997. KNMI ISSN 0167-8248. De Bilt: 1998.</li> </ul> <p><b>Overig</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MB-1999-Factsheet trend normoverschrijding drukke straten. File: Fs_VT1.doc (d.d. 2-6-1999, dir milpce71: D:\1a\mb99).</li> <li>• MV5-Factsheet: Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging – verzuring –. File: BABC_verz_V01_feitenblad.doc (dir: ../mv5/mv5alg/feitenblad).</li> </ul>

***Feitenblad 5: Ontwikkelingen in het percentage van de bevolking dat hinder ondervindt van geur ten gevolge van wegverkeer***

1	<b>Gegevens</b>	<p><i>Titel:</i> Ontwikkelingen in het percentage van de bevolking dat hinder ondervindt van geur ten gevolge van wegverkeer</p> <p><i>Indibase-nummer:</i> 1267IMK1</p> <p><i>Stof:</i> Geur</p> <p><i>Doelgroep:</i> Verkeer</p> <p><i>Thema:</i> Verstoring</p>
2	<b>Invuller / datum</b>	Karel van Velze (26 mei 2000)
3	<b>Herkomst</b>	LLO - Karel van Velze
4	<b>Beschrijving</b>	<p><i>Algemeen:</i> Geurconcentraties bij de gevels van woningen langs drukke verkeerswegen in steden zijn berekend met CARVMK. Uit deze geurbelasting is vervolgens de respons uitgedrukt in percentages van de bewoners dat ernstig gehinderd, gehinderd en enigszins gehinderd is.</p> <p><i>Ruimtelijke resolutie:</i> 5 tot 30 m.</p> <p><i>Dekking:</i> steden met meer dan 40 duizend inwoners in Nederland</p> <p><i>Temporele resolutie:</i> 1 jaar</p> <p><i>Tijdshorizon:</i> 1990 – 2030</p> <p><i>Economische scenario's:</i> EC, GC</p> <p><i>Toepassingen:</i> geen doorlevering, indicator is eindproduct</p>
5	<b>Rekenschema/ Methodebeschrijving</b>	<p>Stappen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebruik is gemaakt van CARVMK, zie feitenblad BI_0314IMK1_feitenblad.doc</li> <li>• De parameters geur voor het CAR-model zijn ontleent aan Miedema et al (1996), waarbij de ontwikkeling in emissiefactoren voor geur gelijk is verondersteld aan die voor VOS (file: EMF MV5 (8-10-99).xls)</li> <li>• Berekening van geurconcentraties (98-percentielwaarden) bij de gevel van woningen met CARVMK, resultaat betreft alle drukke wegen in alle steden in Nederland</li> <li>• Bepaling geurhinder met behulp van regressiemodel</li> </ul> <p><i>Gebruikte modellen en programma's:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CARVMK, zie verder feitenblad BI_0314IMK1_feitenblad.doc</li> <li>• Regressiemodel voor conversie van geurbelasting (98-percentielwaarden) in geurhinder, afgeleid t.b.v. MV4 (zie INF-geur) uit figuur 2 (links) in Miedema et al (1996):</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- percentage ernstig gehinderd = <math>10.8 * \log(C98) + 3</math></li> <li>- percentage gehinderd = <math>21.1 * \log(C98) + 7.5</math></li> <li>- percentage enigszins gehinderd = <math>15.4 * \log(C98) + 16</math></li> </ul>
6	<b>Onzekerheid</b>	<p><i>Oorzaken:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gemeten emissiefactoren (peiljaar 1995) en andere geur-parameters voor CAR</li> <li>• schatting van emissiefactoren voor overige jaren</li> <li>• concentratie berekening CAR</li> <li>• opschaling naar nationaal niveau</li> <li>• gebruikt regressiemodel voor blootstelling-responsrelaties</li> </ul> <p>Grootte van onzekerheid: Uit vergelijking (zie INF_geur) met resultaten van andere onderzoeken CBS(1995) en TNO (1994), wordt geschat dat de onzekerheid van de hinderpercentage een factor twee bedraagt.</p>
7	<b>Invoer</b>	<i>Literatuur:</i> CAR-parameters geur en blootstelling-respons gegevens uit

		<p>Miedema et al (1996)</p> <p><i>File:</i> Emissiefactoren VOS voor verkeer afkomstig van R.v.d. Brink, via e-mail dd 8-10-1999. File (datum 8-10-1999, dir: /mv5/mv5kvv/data): CAR-emissiefactoren (8-10-99).xls</p> <p><i>Scenario-aannames:</i> Geen scenario-veronderstellingen toegevoegd</p>
8	<b>Overige opmerkingen</b>	Verondersteld is dat de achtergrondconcentratie voor geur gelijk aan nul is.
9	<b>Referenties</b>	<p><b>Dossiers</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Map “MV5”: aantekeningen, verslagen e.d. van besprekingen</li> <li>• Map “LAE-gegevensverstrekking t.b.v. CAR/VMK”: hardcopy van mailtjes + files op diskette.</li> <li>• Map “CARVMK berekening (MV4, MB-19xx, MV5)”: CAR parameters en resultaten van berekeningen.</li> </ul> <p><i>Feitenbladen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• INF_geur (MV4 documentatie, op optical MV4)</li> <li>• BI_0314IMK_feitenblad.doc, directory: \\dirac\mv5\mv5alg\feitenblad</li> </ul> <p><i>Literatuur:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Miedema, Den Tonkelaar en De Jong (1996). Belasting en hinder door geur van wegverkeer. Tijdschrift Lucht nr 2 juni 1996.</li> <li>• CBS (1995) De leefsituatie van de Nederlandse bevolking</li> <li>• TNO (1993) Hinder door milieuverontreiniging in Nederland, peiling 1993.</li> </ul>

***Feitenblad 6: Oppervlakte van Nederland en percentage van Nederlandse bevolking blootgesteld aan een jaargemiddelde concentratie NO<sub>2</sub> van 40 µg/m<sup>3</sup> of hoger***

0	<b>Titel</b>	<b>Naam van de indicator</b> Oppervlakte van Nederland en percentage van Nederlandse bevolking blootgesteld aan een jaargemiddelde concentratie NO <sub>2</sub> van 40 µg/m <sup>3</sup> of hoger
1	<b>Gegevens</b>	<b>Beschrijving in algemene termen</b> Tabel met per jaar: 1. Oppervlakte van Nederland (in km <sup>2</sup> ) met een jaargemiddelde concentratie NO <sub>2</sub> van 40 µg/m <sup>3</sup> of hoger 2. Percentage van Nederlandse bevolking (%) in woonomgeving blootgesteld aan een jaargemiddelde concentratie NO <sub>2</sub> van 40 µg/m <sup>3</sup> of hoger <b>Stof</b> Jaargemiddelde NO <sub>2</sub> <b>Doelgroep</b> Alle doelgroepen <b>Thema</b> Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging; Verstoring
2	<b>Invuller / datum</b>	<b>Naam invuller en datum van invullen factsheet</b> K. van Velze (22 mei 2000)
3	<b>Herkomst</b>	<b>Naam contactpersoon</b> K. van Velze <b>Naam controleur</b> H. Noordijk
4	<b>Beschrijving</b>	<b>Beschrijving van product</b> Gebruik is gemaakt van achtergrondconcentraties NO <sub>x</sub> in een grid over Nederland, berekend met een verspreidingsmodel (SIGMA) uit NO <sub>x</sub> -emissies van alle doelgroepen in binnen en buitenland. De concentraties NO <sub>x</sub> zijn met behulp van een empirisch model gebaseerd op meetnetgegevens (LML), geconverteerd in concentraties NO <sub>2</sub> . Aan de hand van de concentraties NO <sub>2</sub> (in een 1x1 km-grid) zijn frequentieverdelingen bepaald van oppervlakte en van aantallen mensen per blootstellingsniveau (klassenbreedte 1 µg/m <sup>3</sup> ). De laatste met gebruik van een 1x1 km-grid met aantallen inwoners. Uit de frequentieverdeling zijn oppervlakte (in km <sup>2</sup> ) en aantal mensen (in %) voor 40 µg/m <sup>3</sup> en hoger afgeleid. Tevens zijn ruimtelijk gemiddelde en bevolkingsgewogen gemiddelde concentraties NO <sub>2</sub> bepaald. De waarde van 40 µg/m <sup>3</sup> komt overeen met de voorgenomen EU-grenswaarde voor de jaargemiddelde concentratie NO <sub>2</sub> (van kracht per 2010). Impliciet is verondersteld dat de concentratie aan de gevel van de woning een goede indicator is voor de blootstelling van bewoners. Geen rekening is gehouden met lokaal verhoogde concentraties bij woningen gelegen langs drukke verkeerswegen in stedelijk gebied. <b>Detailniveau ruimte en tijd</b> Ruimtelijke resolutie: 1x1 km Dekking: geheel Nederland, met uitsluiting van gridcellen geheel gelegen in buitenwater of IJsselmeer Temporele resolutie: 1 jaar Tijdshorizon: 1980 – 2030 Economische scenario's: EC, GC <b>Toepassingen</b> Geen doorlevering, indicator is eindproduct

5	<b>Rekenschema/ Methodebeschrijving</b>	<p><b>Stappenschema</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uitgangspunt is 5x5 km-grid met NO<sub>x</sub>-achtergrondconcentraties (berekend met SIGMA, zie factsheet verzuring)</li> <li>2. NO<sub>x</sub> – NO<sub>2</sub> conversie met behulp van programma <i>sappho_grid</i>, resulterend in een 5x5 km-grid met NO<sub>2</sub>-achtergrondconcentraties.</li> <li>3. Omzetting van 5x5 km-grid NO<sub>2</sub> in een 1x1 km-grid met behulp van programma <i>grid521km</i>, resulterend in een 1x1 km-grid met NO<sub>2</sub> achtergrondconcentraties</li> <li>4. Uit het NO<sub>2</sub> -grid en het bevolkingsgrid (beiden 1x1 km) wordt met het programma <i>bevexpo</i> de frequentieverdeling voor bevolking en voor oppervlakte berekend per klasse van 1 µg/m<sup>3</sup>.</li> <li>5. Nabewerking van de twee frequentieverdelingen voor vaststelling van oppervlak en percentage bevolking in klassen van 40 µg/m<sup>3</sup> en hoger met behulp van een Excel-sheet (NO200exc.xls).</li> </ol> <p><b>Toegepaste Modellen en Programma's</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• SAPPHO (Statistics for Assessment of Percentiles and PHOtochemistry) – SAPPHO berekent de concentratie NO<sub>2</sub> rechtstreeks uit NO<sub>x</sub> met een regressie-model gebaseerd op empirisch vastgestelde relaties (uit LML gegevens 1991-1998). Geen gebruik wordt gemaakt van andere parameters zoals bijvoorbeeld O<sub>3</sub>. De methode is eerder toegepast in het CUMU-project (Pruppers et al., 1996). Met het beschikbaar komen van meetgegevens over meer jaren zijn regressie-coëfficiënten herberekend waarbij O<sub>x</sub> niet langer afhankelijk is gesteld van NO<sub>x</sub> maar van de wortel uit NO<sub>x</sub>. De nauwkeurigheid is verbeterd in vergelijking met CUMU. Voor NO<sub>2</sub> gemeten versus NO<sub>2</sub> berekend is de regressielijn <math>y = 0.945 x + 1.4</math> met <math>R^2 = 0.94</math> (N=280). De resterende afwijking is op 10 punten na kleiner dan 15%. Rekenregels zijn (concentraties in ppb):  <math>K = 0,27 NO_x + 4,5</math>  <math>O_x = 1,3 \sqrt{NO_x} + 27,4</math>  NO<sub>2</sub> volgt met wortelformule uit <math>K = (NO \cdot O_3)/NO_2</math>  1 ppb NO<sub>2</sub> = 1,882 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub>  Rekenprogramma is <i>sappho_grid</i> (versie: 8 november 1999) voor aps-grids. <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Grid521km</i> – programma (versie 1.00, 5-11-1999) dat een aps-grid van 5x5 km omzet naar 1x1 km d.m.v. interpolatie tussen de waarden van 8 omliggende punten in het grid.</li> <li>• <i>Bevexpo</i> – programma (versie: 26 november 1999) dat uit een concentratie-grid en een bevolkingsgrid de frequentieverdeling voor bevolking en oppervlakte berekent per klasse van 1 µg/m<sup>3</sup></li> </ul> </li> </ul>
6	<b>Onzekerheid</b>	<p><b>Invoergegevens</b></p> <p>De volgende invoergegevens zijn bronnen van onzekerheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Meteorologie – Er is sprake van een onzekerheid ten gevolge van jaar tot jaar wisselende meteorologische omstandigheden. Afhankelijk van de meteorologische condities treden fluctuaties op van 10%. De modelberekeningen zijn uitgevoerd met gemiddelde meteorologie.</li> <li>• Bevolkingsbestanden – Voor de nauwkeurigheid van absolute aantallen en de ruimtelijke verdeling wordt verwezen naar de betreffende MV5-factsheet. Zie ook 7.3 “Controle op invoergegevens”.</li> <li>• Achtergrondconcentraties NO<sub>x</sub> – Voor de nauwkeurigheid van achtergrondconcentratie NO<sub>x</sub> zie MV5-factsheet verzuring. Zie ook 7.3 “Controle op invoergegevens”.</li> </ul> <p><b>Modelonzekerheden</b></p> <p>De volgende rekenstappen zijn bronnen van onzekerheden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversie NO<sub>x</sub> in NO<sub>2</sub> – Gebruikt model is SAPPHO. Een empirisch model op basis van meetnetgegevens. De berekende NO<sub>2</sub> concentraties</li> </ul>

		<p>hebben een standaard deviatie van 10% voor hoge concentraties (stad, straat), en 5% voor lage concentraties (regio). Dit is dezelfde orde van grootte als voor metingen op jaarbasis (onzekerheid 5-10%), zie RIVM (1999).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpolatie 5x5 km-grid naar 1x1 km-grid met <i>grid521km</i>. De onnauwkeurigheid van het 1x1 km-grid is gelijk aan die van het oorspronkelijke 5x5 km-grid.</li> <li>• Voor de jaren 1980, 1986 en 1990 zijn geen inwoner-grids beschikbaar. Gebruik is gemaakt van het bestand 1995. Door gebruik te maken van percentages in plaats van absolute aantallen is de invloed op de nauwkeurigheid gering en verwaarloosbaar verondersteld in vergelijking met de andere onzekerheden.</li> </ul> <p><b>Grootte van onzekerheden</b></p> <p>Per gridcel is de onnauwkeurigheid groot. Desondanks is de verwachting dat en bij beschouwing op geaggregeerd niveau (grote aantallen) en van de ontwikkeling in de tijd (relatief t.o.v. basisjaar) de onnauwkeurigheid gunstiger uitvalt. Bij deze benadering is het effect van systematische fouten groter dan van willekeurige fouten. Een onderscheid kan worden gemaakt tussen de historische jaren en de zichtjaren. In de zichtjaren bevindt het “staartje” van de frequentieverdeling bevindt zich rond de waarde van <math>40 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2</math>. De oppervlakte en het percentage mensen blootgesteld een concentratie <math>\text{NO}_2</math> van <math>40 \mu\text{g}/\text{m}^3</math> of hoger wordt daarmee zeer gevoelig voor de nauwkeurigheid van de <math>\text{NO}_2</math> concentraties in het input-grid. Een afwijking van 5% in <math>\text{NO}_2</math> leidt al grofweg tot een factor 2 in het aantal blootgestelde mensen. Een afwijking van 10% in <math>\text{NO}_2</math> kan al betekenen dat er in het geheel geen blootstelling meer plaats vindt. De geschatte nauwkeurigheid van oppervlakte en percentage mensen blootgesteld aan een concentratie <math>\text{NO}_2</math> van <math>40 \mu\text{g}/\text{m}^3</math> of hoger is voor 1980-1995 een factor 2 en voor de zichtjaren een factor 10.</p>
7	Invoer	<p><b>Gebruikte gegevens en herkomst</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u><math>\text{NO}_x</math> grids NL</u> afkomstig van H. Vissenberg, berekend met SIGMA. Files (datum: 16-2-2000, dir: /proj/sigma/output.MV5):  mv5111.0000000b.plt - 1990  mv5116.0000000b.plt - 1995  mv5118.0000000b.plt - 1997  mv5120.0000000b.plt - 2010<sup>EC</sup>  mv5121.0000000b.plt - 2010<sup>GC</sup>  mv5122.0000000b.plt - 2020<sup>EC</sup>  mv5123.0000000b.plt - 2020<sup>GC</sup>  mv5124.0000000b.plt - 2030<sup>EC</sup>  mv5125.0000000b.plt - 2030<sup>GC</sup></li> <li>• <u>Bevolkingsgrids</u> met inwonersaantallen per <math>\text{km}^2</math> afkomstig van A. Camu (via O-schijf). Files (datum 19-11-1999, dir: /mv5/mv5kvv/data):  new_clv1km95.aps - 1995  new_clv1km10ec.aps - 2010<sup>EC</sup>  new_clv1km10gc.aps - 2010<sup>GC</sup>  new_clv1km20ec.aps - 2020<sup>EC</sup>  new_clv1km20gc.aps - 2020<sup>GC</sup>  en (datum 24-11-1999):  new_volk30ectot_1.aps - 2030<sup>EC</sup>  new_volk30gctot_1.aps - 2030<sup>GC</sup></li> </ul> <p><b>Scenario-aannames</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Voor de jaren 1980, 1986 en 1990 zijn geen inwoner-grids beschikbaar. Gebruik is gemaakt van het bestand 1995.</li> <li>• MV5EC en MV5GC: geen scenario-veronderstellingen toegevoegd.</li> </ul> <p><b>Controle op invoer gegevens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u><math>\text{NO}_x</math> grids</u>: <math>\text{NO}_x</math> concentraties zijn vergeleken met LML-meetresultaten. De berekende concentraties <math>\text{NO}_x</math> (SIGMA) zijn in vergelijking met LML-meetwaarden in 1980 met gemiddeld 35% overschat, in 1986, 1990 en 1995 met 10 à 15% overschat en in 1997 niet overschat. In</li> </ul>

		<p>stadsachtergrond situaties is de overschatting 30 tot 40% voor de jaren 1980 – 1995, in 1997 10%.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Bevolkingsgrids:</b> Totaal aantal inwoners Nederland bepaald en voor 1995 (15221184) gecheckt met CBS Statistisch Jaarboek 1998 (15424100 op 1/1/1995) – conclusie: 1,3 % lager dan CBS, hetgeen acceptabel is. De ruimtelijke verdeling is niet getoetst.</li> </ul>
8	<b>Overige opmerkingen</b>	<p><b>Overige opmerkingen</b>  <i>NO<sub>x</sub> – NO<sub>2</sub> conversie</i>  Voor de conversie van NO<sub>x</sub>-concentraties in NO<sub>2</sub> in het grid voor Nederland is gebruik gemaakt van SAPPHO. In MV4 is dezelfde methode (de CUMU-versie) toegepast. Sindsdien is er een Zwitserse (eveneens empirische) methode beschikbaar gekomen. Uit een testset van LML-gegevens (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub> en O<sub>3</sub>; 1991-1998 blijkt dat de nauwkeurigheid van de Zwitserse methode aantoonbaar minder is dan van de SAPPHO –methode. Bovendien levert de methode geen O<sub>3</sub>, hetgeen gewenst is voor berekeningen met CARVMK ten behoeve van de indicator 0314IMK5.</p>
9	<b>Referenties</b>	<p><b>Dossiers</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Map “MV5”: aantekeningen, verslagen e.d. van besprekingen</li> </ul> <p><b>RIVM-rapporten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pruppers <i>et al</i> (1996). Paragraaf 4.5 De berekening van de concentraties van stikstofdioxide en ozon (pag 39-43) in: Pruppers, M.J.M. (edit.), Achtergronddocument bij “Cumulatie van milieurisico”s voor de mens: geografische verschillen in Nederland. RIVM-rapport nr 610127002. Bilthoven: 1996.</li> <li>• RIVM (1999). Meten, rekenen en onzekerheden. De werkwijze van het RIVM-Milieuonderzoek. RIVM-rapport nr 408129005. Bilthoven: 1999.</li> </ul> <p><b>Overig</b>  MV5-Factsheet: Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging – verzuring –. File: BABC_verz_v01_feitenblad.doc (dir: ../mv5/mv5alg/feitenblad).</p>



**Feitenblad 7: MV5 Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging – fijn stof -**

0	<b>Titel</b>	MV5 Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging – fijn stof -
1	<b>Gegevens</b>	<p>MV5 Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging – fijn stof -</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jaargemiddelde concentratie PM<sub>10</sub>, voor Nederland op 5x5 km grid, (periode 1980 – 2030)</li> <li>• Percentage landoppervlak met fijn stof concentraties boven 30 resp. 40 µg.m<sup>-3</sup></li> <li>• Aantal personen blootgesteld aan fijn stof per leeftijdscategorie (jaargemiddeld), voor Nederland, tabel (periode 1980 – 2030)</li> <li>• Indicator: 0310IMK3, 0310IMK4, 0310IMKf</li> </ul>
2	<b>Invuller / datum</b>	H.A. Vissenberg (LLO), versie: 23 mei 2000 (09:00 uur)
3	<b>Herkomst</b>	<p>De resultaten zijn gebaseerd op schaling van emissiegegevens van PM<sub>10</sub>, NH<sub>x</sub>, NO<sub>y</sub> en SO<sub>x</sub> voor het basisjaar 1995 behorende bij MB98. Op basis van deze emissiegegevens zijn met het verspreidingsmodel OPS concentratie- en depositievelden berekend, met behulp van de emissiegegevens voor MV5 zijn de berekende velden geschaald (SIGMA versie 1.0). Bij de nabewerking is een “onverklaarde deel toegevoegd.</p> <p>Met bevolkingskaarten en concentratiekaarten wordt de blootstelling per leeftijdscategorie berekend.</p> <p>contactpersoon emissieleverantie MB98: Bart Wesselink (LAE),  contactpersoon emissieleverantie MV5: Hans van den Berg (LAE),  contactpersoon bevolkingskaarten MV5 (1x1 km): Annemarieke Camu (LLO)  contactpersonen OPS, SIGMA-berekeningen en nabewerking: Hans Eerens en Harald Vissenberg (LLO).</p>
4	<b>Beschrijving</b>	<p>Jaargemiddelde concentratie van fijn stof over de jaren 1980 – 1997 en EC en GC scenario voor 2010, 2020 en 2030, kaarten met een grid-resolutie van 5x5 km, eenheid µg/m<sup>3</sup>.</p> <p>Aantal blootgestelde personen per leeftijdscategorie over de periode 1980 - 1997 en voor de scenario's EC en GC voor 2010, 2020 en 2030, op basis van de jaargemiddelde concentratie fijn stof, eenheid aantal blootgestelde personen (-).</p> <p>Leverantie aan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hans Eerens (LLO): <ul style="list-style-type: none"> <li>– Hans Eerens, kaarten met jaargemiddelde concentratie over Nederland over de periode 1980 – 1997 en scenario's EC en GC 2010, 2020 en 2030.</li> <li>– Grafiek met percentage van oppervlak boven de norm van 30 en 40 µg.m<sup>-3</sup>.</li> </ul> </li> <li>• Paul Fischer (LBM): <ul style="list-style-type: none"> <li>– Tabel met aantal personen per leeftijdscategorie blootgesteld aan jaargemiddelde concentraties boven de 30 en 40 µg/m<sup>3</sup>, voor de jaren 1980 – 1997 en de scenario's EC en GC 2010, 2020 en 2030.</li> </ul> </li> </ul>
5	<b>Rekenschema</b>	<p>Het hieronder beschreven rekenschema beschrijft de totstandkoming van de in “beschrijving” genoemde producten. Het rekenschema bestaat uit een algemeen deel en een specifieke beschrijving voor de verschillende onderdelen.</p> <p>Algemeen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Met behulp van het verspreidingsmodel <b>OPS</b> (versie opsexp8e) zijn op basis van de emissiegegevens voor het basisjaar 1995 van PM<sub>10</sub>, NH<sub>x</sub>, NO<sub>y</sub> en SO<sub>x</sub> voor MB98 concentratie- en secundaire concentratie-velden berekend, op</li> </ul>

basis van langjarige meteorologische omstandigheden. De verspreidingsberekeningen voor Nederland zijn per sub-categorie van de doelgroepen berekend. Voor het buitenland zijn 8 landclusters gedefinieerd waarbij de afstand tot Nederland en de economische ontwikkeling bepalend waren voor de samenstelling van de cluster. Per landcluster en per doelgroep zijn de verspreidingsberekeningen uitgevoerd. In totaal zijn 582 concentratievelden van primair en secundair aerosol berekend voor het basisjaar 1995; 440 bestanden voor PM<sub>10</sub> (88 x 5), 18 bestanden voor NH<sub>x</sub>, 62 voor NO<sub>x</sub> en 62 voor SO<sub>x</sub>.

- Op basis van de emissiegegevens (LAE levering van 10 februari 2000, bestand: "LLO\_LEVERANTIE MV5-KPA 10 feb 2000.xls") voor MV5 zijn schalingsfactoren berekend voor de afzonderlijke bestanden voor de te onderscheiden jaren 1980 – 1997 en scenario's (EC, GC 2010, 2020 en 2030). Emissies voor het buitenland voor PM<sub>10</sub> zijn alleen voor de jaren 1980, 1985, 1990 en 1995 geleverd. Voor de tussenliggende jaren zijn de emissies lineair geïnterpoleerd. Voor 1996 en 1997 is ervan uitgegaan dat er geen veranderingen in emissies zijn opgetreden ten opzichte van 1995.
- **SIGMA (versie 1.06)** is een eenvoudig hulpmiddel om op basis van nieuwe inputgegevens (emissies) de bijbehorende (primaire en secundaire) concentratie velden te berekenen door gebruik te maken van schalingsfactoren. Ten behoeve van deze indicatoren zijn met emissiebestanden, waarin de bronnen gedetailleerd beschreven staan, verspreidingsberekeningen met het OPS-model uitgevoerd voor het basisjaar 1995. Per doelgroep en per land(cluster) zijn (primaire en secundaire) concentratievelden beschikbaar. De schalingsfactor voor de emissie voor die specifieke doelgroep en land(cluster) is de verhouding van de emissie ten opzichte van die van het basisjaar. Hiermee worden per doelgroep en per land(cluster) de concentratievelden fijn stof berekend. De meestal grote rekeninspanning die noodzakelijk is om een specifiek jaar te berekenen is met deze methode geminimaliseerd en de flexibiliteit vergroot. Een belangrijke veronderstelling is wel dat de verandering in de input (emissies) lineair op de output (concentratie- en depositievelden) doorwerkt, een veronderstelling die overigens in de berekeningswijze zoals tot nu toe gehanteerd eveneens wordt gehanteerd. De flexibiliteit van het systeem komt tot uiting doordat een verandering in een specifieke doelgroep in (bijvoorbeeld) het verre buitenland apart kan worden geëvalueerd zonder uitgebreide berekeningen.
- De emissies zijn alleen de bekende antropogene emissies, de verschillende componenten hebben eveneens een natuurlijke oorsprong. Verder zijn er andere stofvormige deeltjes die niet door de antropogene emissies worden beschreven, worden emissies onder- of overschat en zijn er andere onzekerheden. Door gebrek aan kennis over het onverklaarde deel wordt de onderstaande nuloptie gehanteerd. Het **onverklaarde deel** van de verschillende componenten is in tijd maar niet in ruimte gelijk. Voor het basisjaar 1995 zijn de over de periode 1993 – 1997 de verschillen tussen de gemeten en berekende concentraties aan fijn stof gemiddeld en vervolgens geïnterpoleerd over Nederland. Het resultaat is een geïnterpoleerde kaart van de verschillen over Nederland over een periode van vijf jaar, de zogenaamde verschilkaart voor het **onverklaarde deel**. Deze kaart wordt – zoals hierboven aangegeven - vooralsnog constant in tijd verondersteld. De gemiddelde concentratie van het onverklaarde deel is 19,4 µg.m<sup>-3</sup> met waarden die liggen tussen 18,6 en 20,5 µg.m<sup>-3</sup>.
- Het onverklaarde deel draagt een substantieel deel bij aan de totale fijn stof concentratie met name in de toekomst.
- Overschrijding van 30 resp. 40 µg.m<sup>-3</sup> is berekend met behulp van het programma **gridstat**. Met MatMan is van de resultaat kaart 30 resp. 40

		<p><math>\mu\text{g.m}^{-3}</math> afgetrokken en vervolgens zijn de statistieken berekend met het programma <b>gridstat</b>. Doordat <b>gridstat</b> alleen positieve waarden kan meenemen in de statistiek berekening worden de waarden lager dan 30 resp. 40 <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math> niet meegenomen. Het aantal gridcellen boven deze concentraties is een maat voor het landoppervlak boven 30 resp. 40 <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Met het programma <b>expo</b> wordt de blootstelling per leeftijdscategorie berekend. Hiervoor wordt de absolute concentratie van fijn stof samen met het bevolkingsbestand vergeleken met de norm van 30 en 40 <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>. Het resultaat hiervan is de bevolkingsgewogen concentratie en het aantal personen boven de norm. Voor de historische jaren te weten: 1980, 1990, 1994 – 1997 is door gebrek aan bevolkingsbestanden het bevolkingsbestand voor 1995 gehanteerd.</li> </ul> <p><b>Producten:</b> bestanden staan op de MV5-directory onder directory: /home/llo/u9/mbmv/mv5/mv5alg/producten/</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>LLO: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fijn stof concentratie kaarten voor de periode 1980 – 1997 en de scenario's EC en GC voor 2010, 2020 en 2030, met een grid-resolutie van 5x5 km over Nederland (eenheid <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>)</li> <li>path/bestand: m_b_pm_40/mv53kk.fijnstof.plt kk = 01 (1980), 02 (1981), 03 (1982), 04 (1983), 05 (1984), 06 (1985), 07 (1986), 08 (1987), 09 (1988), 10 (1989) 11 (1990), 02 (1991), 13 (1992), 14 (1993), 15 (1994), 16 (1995), 17 (1996), 18 (1997), 20 (EC 2010), 21 (GC 2010), 22 (EC 2020), 23 (GC 2020), 24 (EC 2030) en 25 (GC 2030).</li> <li>Tabel met gemiddelde jaargemiddelde concentraties over Nederland, met daarbij het landoppervlak boven de norm van 30 en 40 <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>.</li> <li>path/bestand: m_b_pm_40/000303-a.xls tabblad: concentratie</li> </ul> </li> <li>LMB: <ul style="list-style-type: none"> <li>Tabel met bevolkingsgewogen concentraties fijn stof en het aantal personen boven de norm van 30 en 40 <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math>, voor de jaren 1980, 1990, 1994 – 1997 en de scenario's EC en GC 2010, 2020 en 2030.</li> <li>path/bestand: m_b_pm_40/000303-a.xls tabblad: blootstelling</li> </ul> </li> </ul>
6	<b>Onzekerheid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De grote van de totale onzekerheid wordt bepaald door de cumulatie van onzekerheden in emissies, modelberekeningen en niet verklarende bijdragen. In dit deel wordt alleen de onzekerheden ten gevolge van de modelberekeningen en niet verklarende bijdragen beschreven.</li> <li>Een eenduidige uitspraak over de onzekerheid van de verspreidingsberekeningen met het verspreidingsmodel OPS (versie opsexp8e) is niet te doen. OPS is een model waarbij de concentratie en depositie onder meer afhankelijk zijn van de depositiesnelheid. Een lage depositiesnelheid heeft een lage depositie en een hoge concentratie tot gevolg, doordat het model rekening houdt met deze massa-balans heeft een overschatting van de concentratie een onderschatting van de depositie tot gevolg. Voor de beschrijving van fijn stof is naar het primaire deel PM<sub>10</sub> ook de bijdrage van secundair aërosol belangrijk, dit te modelleren secundair aërosol bestaat uit NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> en SO<sub>2</sub>. <ul style="list-style-type: none"> <li>Worden de metingen op LML-stations vergeleken met de berekende waarde in de gridcell van 5x5 km waarin het station ligt dan worden onder- en overschattingen waargenomen.</li> <li>De ammonium concentratie (secundair aërosol) wordt door de berekeningen onderschat tussen de 4 en de 16%. Een belangrijke kantekening moet hierbij worden gemaakt dat het “ammoniak-gat” niet bij de berekeningen is verdisconteerd.</li> </ul> </li> </ul>

sec NH3 metingen en berekeningen (µg/m3)				
jaar	1993	1994	1995	1996
aantal stations	5	7	7	7
LML-station	3.1	2.5	2.4	2.5
MV5-berekeningen	2.9	2.1	2.3	2.3
verschil (model - meting)/meting	-9%	-16%	-4%	-9%

- De nitraat concentratie (secundair aerosol) wordt door de berekeningen overschat met 2 tot 20%.

sec NO2 metingen en berekeningen (µg/m3)				
jaar	1993	1994	1995	1996
aantal stations	5	7	7	7
LML-station	5.0	4.6	4.3	4.3
MV5-berekeningen	5.7	4.7	5.2	5.0
verschil (model - meting)/meting	13%	2%	21%	16%

- De sulfaat concentratie (secundair aerosol) wordt door de berekeningen met 10 tot 40% overschat.

sec SO2 metingen en berekeningen (µg/m3)				
jaar	1993	1994	1995	1996
aantal stations	5	7	7	7
LML-station	5.1	4.2	3.7	4.0
MV5-berekeningen	5.7	5.5	5.2	5.0
verschil (model - meting)/meting	11%	31%	39%	27%

- De totale fijn stof concentratie is opgebouwd uit een primair PM<sub>10</sub> deel en de secundaire concentratie van de hierboven vermelde stoffen. De totale fijn stof concentratie wordt met ongeveer 50% onderschat, logischerwijs verdwijnt deze onderschatting bijna geheel als de correctie voor het onverklaarde deel wordt toegevoegd.

PM10 (excl. onverklaarde deel)						
jaar	1992	1993	1994	1995	1996	1997
aantal stations	10	11	14	14	14	14
LML-station	44.0	40.9	38.6	39.4	43.5	41.2
MV5-berekeningen	23.4	22.6	21.7	20.4	19.5	18.9
verschil (model - meting)/meting	-47%	-45%	-44%	-48%	-55%	-54%

PM10 (incl. onverklaarde deel)						
jaar	1992	1993	1994	1995	1996	1997
aantal stations	10	11	14	14	14	14
LML-station	44.0	40.9	38.6	39.4	43.5	41.2
MV5-berekeningen	42.9	42.0	41.1	39.8	38.9	38.3
verschil (model - meting)/meting	-3%	3%	6%	1%	-11%	-7%

Uit deze bovenstaande tabellen blijkt dat de uiteindelijke onder- en overschatting op de LML-stations van de modelberekeningen inclusief correctie voor het onverklaarde deel tussen de 11% onderschatting en 6% overschatting ligt.

- Onzekerheden in de fijn stof concentraties over Nederland gemiddeld zijn door de schaling van de berekeningen op de metingen van 1995 moeilijk in te schatten. Hieronder volgt een samenvatting van de metingen in een jaar en de berekende concentraties die berekend zijn met langjarige meteorologische omstandigheden (1 op 1 vergelijken is daardoor niet mogelijk).

jaar	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
MilieuCompendium 1999	42	39	37	37	41	39	33
MV5 (excl. onverklaarde bijdrage)	21.8	20.5	19.1	17.9	17.1	16.6	
MV5 (incl. onverklaarde bijdrage)	41.2	39.9	38.5	37.3	36.5	36.0	

Bron: Milieucompendium 1999, tabel D1.6

- Onzekerheden bij de berekening van de blootstelling van de verschillende leeftijdscategorieën op basis van bevolkingsbestanden wordt in deze factsheet niet beschouwd (zie betreffende factsheet).

## 7 Invoer

De invoer is op te splitsen in drie sets:

1. Basisset voor het jaar 1995, waarbij bronnenbestanden zijn aangeleverd voor de stoffen PM<sub>10</sub>, NH<sub>x</sub>, NO<sub>y</sub> en SO<sub>x</sub>. De emissies zijn beschreven naar plaats, bronhoogte, warmte-inhoud, emissie en doelgroep.
2. Emissie totalen per doelgroep per land van PM<sub>10</sub>, NH<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub> voor de jaren 1980 – 1998 en de scenario's EC en GC voor de jaren 2010, 2020 en

		<p>2030.</p> <p>3. Bevolkingsbestanden voor de leeftijdscategorieën 0-44 jaar, 45-64 jaar, 65-74 jaar, ouder dan 75 jaar en 7-12 jarigen met een grid-resolutie van 1x1 km over Nederland, voor het jaar 1995 en de scenario's EC en GC 2010, 2020 en 2030.</p> <p>Een inhoudelijke controle van de gegevens onder ad. 1 heeft plaatsgevonden door terugkoppeling van de geleverde gegevens met de leverancier. Een inhoudelijke controle van de emissiegegevens onder ad. 2 heeft niet plaatsgevonden, wel heeft een vergelijking met eerdere leveranties plaatsgevonden, waarbij grote verschillen door de leverancier van de emissies konden worden verklaard. Controle van de gegevens onder ad. 3 is niet uitgevoerd ten behoeve van deze berekening, daarvoor wordt verwezen naar de betreffende factsheet.</p>
8	<b>Overige opmerkingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bij de berekeningen voor de MV5 zijn de emissies voor Duitsland voor NH<sub>3</sub>, NO<sub>y</sub> en SO<sub>x</sub> gesplitst in afzonderlijke bijdrage voor Oost- en West-Duitsland (zie factsheet: MV5 Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging – verzuring -). Voor PM<sub>10</sub> was deze scheiding nog niet mogelijk door gebrek aan tijd.</li> </ul>
9	<b>Referenties</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>J.A. van Jaarsveld, 1990, An operational atmospheric transport model for priority substances; specification and instruction for use. Bilthoven, RIVM report no. 222501002.</li> <li>J.W. Erisman, 1992, Atmospheric deposition of acidifying compounds in the Netherlands. Proefschrift, ISBN 90-393-0351-7.</li> <li>G.J.Heij and T. Schneider (Editors), 1994, Dutch Priority Programme on Acidification. Eindrapport Additioneel Programma Verzuringsonderzoek, derde fase (1991-1994), Dutch priority programme on acidification, Rapport nr. 300-05</li> <li>G.J.Heij and T. Schneider (Editors), 1991, Acidification research in the Netherlands, Final report of the Dutch priority programme on acidification. Chapter 3 by J.W. Erisman and G.J.Heij, Concentration and deposition of acidifying compounds. Elsevier Science B.V., Studies in Environmental Science 46, 51-96.</li> <li>G.J.Heij and W.J. Erisman (Editors), 1997, Acid Atmospheric Deposition and its Effects on Terrestrial Ecosystems in the Netherlands. Chapter 2 by J.W. Erisman and A.Bleeker, Emission, concentration, and deposition of acidifying substances. Elsevier Science B.V., Studies in Environmental Science 69, 21-81.</li> <li>B.Wesselink, et al., 1998, Achtergronddocument bij emissieleveranties uit RIM+ ten behoeve van het OPS model. RIVM-intern document.</li> <li>CBS-RIVM, 1999, Milieucompendium 1999, ISBN 90 14062 29 X.</li> <li>H.A.Vissenberg, H.J.Th.M.. Bloemen, 2000, Technisch rapport SIGMA (werktitel), Bilthoven, RIVM.</li> </ul>

**Feitenblad 8: MV5 Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging – verzuring -**

0	<b>Titel</b>	MV5 Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging – verzuring -
1	<b>Gegevens</b>	<p>MV5 Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging - verzuring -</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Depositie potentieel zuur NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>x</sub>, totaal N, voor Nederland, kaarten 5x5 km grid, (periode 1950 – 2030).</li> <li>• Depositie potentieel zuur NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>x</sub>, totaal N en voor Nederland, tabel bijdrage per doelgroep (landbouw, verkeer en vervoer, overig en buitenland), (periode 1980 - 2030).</li> <li>• Indicator 0369IMK1, 0369IMK3, 0369IMK4 en 0369IMKf.</li> </ul>
2	<b>Invuller / datum</b>	H.A. Vissenberg (LLO), versie: 03 juli 2000
3	<b>Herkomst</b>	<p>De indicatoren zijn gebaseerd op schaling van emissiegegevens van NH<sub>x</sub>, NO<sub>y</sub> en SO<sub>x</sub> ten opzichte van het basisjaar 1995 behorende bij MB98. Op basis van deze emissiegegevens zijn met het verspreidingsmodel OPS concentratie- en depositievelden berekend, met behulp van de emissiegegevens voor MV5 zijn de berekende velden geschaald (SIGMA versie 1). Bij de nabewerking is een constante waarde voor de “natuurlijke bijdrage” toegevoegd.</p> <p>contactpersoon emissieleverantie MB98: Bart Wesselink (LAE),  contactpersoon emissieleverantie MV5: Hans van den Berg (LAE),  contactpersonen OPS, SIGMA-berekeningen en nabewerking: Hans Eerens en Harald Vissenberg (LLO).</p>
4	<b>Beschrijving</b>	<p>Depositie potentieel zuur, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> en NH<sub>x</sub> en totaal stikstof over de jaren 1950 – 1997 en EC-, GC-scenario voor 2010, 2020 en 2030.</p> <p>Jaargemiddelde depositie:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gemiddeld over Nederland,</li> <li>• kaart over Nederland met een grid-resolutie van 5x5 km,</li> <li>• tabellen met jaargemiddelde Nederland-gemiddelde bijdrage per doelgroep.</li> </ul> <p>De eenheid van de gegevens is <math>\text{mol H}^+ \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}</math> voor potentieel zure depositie, <math>\text{mol N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}</math> of <math>\text{mol H}^+ \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}</math> voor depositie van totaal stikstof, NO<sub>x</sub> en NH<sub>x</sub> en <math>\text{mol S} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}</math> of <math>\text{mol H}^+ \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}</math> voor depositie van SO<sub>x</sub> afhankelijk van de vraagstelling.</p> <hr/> <p>Leverantie aan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• MV5 Vermesting: <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>STONE</b>, Arthur Beusen (CIM) tabel met jaargemiddelde deposities van NH<sub>3</sub> en NO<sub>2</sub> over de jaren 1980-1997 en scenario's (EC, GC, 2010, 2020 en 2030), eenheid: <math>\text{mol N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}</math>.</li> <li>– <b>AquAcid</b>, Rick Wortelboer (LWD), kaarten (5x5 km ASCII-grid) met natte, droge, totale depositie en verschil tussen deposities voor de scenario jaren; over Nederland van NH<sub>x</sub>, NO<sub>y</sub> en SO<sub>x</sub>, voor 1950, 1980 – 1997 en scenario's (EC, GC 2010, 2020 en 2030), eenheden: <math>\text{mol N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}</math> voor NH<sub>x</sub> en NO<sub>y</sub> en <math>\text{mol S} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}</math> voor SO<sub>x</sub>.</li> </ul> </li> <li>• MV5 Natuur land: <ul style="list-style-type: none"> <li>– SMART (ECO) J.Kros (Staring Centrum), Dick van de Meent (ECO) en Rob Alkemade (LBG), kaarten (5x5 km ASCII-grid) met depositie van NH<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> en SO<sub>2</sub> voor de 1950, 1955, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995 en scenario's EC, GC 2010, 2020 en 2030, eenheid <math>\text{mol H}^+ \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}</math>.</li> <li>– PROMISE Ron van Dijk (LAE t.b.v. RIZA), kaarten (5x5 km APS-grid)</li> </ul> </li> </ul>

		met totale depositie N over Nederland voor 1995 en scenario's (EC, GC 2010, 2020 en 2030), eenheid: <i>mol N.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup></i> .																																																																																																																																																																																																													
5	Rekenschema	<p>Het hieronder beschreven rekenschema beschrijft de totstandkoming van de in “beschrijving” genoemde producten. Het rekenschema bestaat uit een algemeen deel en een specifieke beschrijving voor de verschillende onderdelen.</p> <p>Algemeen</p> <ul style="list-style-type: none"><li>Met behulp van het verspreidingsmodel <b>OPS (versie opsexp8e)</b> zijn op basis van de emissiegegevens voor het basisjaar 1995 van NH<sub>x</sub>, NO<sub>y</sub> en SO<sub>x</sub> voor MB98 concentratie en depositievelden berekend, op basis van langjarige meteorologische omstandigheden. De verspreidingsberekeningen voor Nederland zijn per sub-categorie van de doelgroepen berekend (doelgroep indeling zie <i>tabel 1</i>). Voor het buitenland zijn verspreidingsberekeningen uitgevoerd voor West- en Oost Duitsland en 7 landclusters, de afstand tot Nederland en de economische ontwikkeling bepalend voor de landen in een cluster. Per land(cluster) en per doelgroep zijn de verspreidingsberekeningen uitgevoerd. In totaal zijn 157 bestanden met velden voor concentratie, droge-, natte- en totale depositie en concentratie van secundair aërosol berekend voor het basisjaar 1995; 19 bestanden voor NH<sub>x</sub>, 69 voor NO<sub>x</sub> en 69 voor SO<sub>x</sub>.</li></ul> <p><b>Tabel 1. Doelgroep/categorie-indeling bij verspreidingsberekeningen</b></p> <table><tr><th>code</th><th>description</th><th>NHx</th><th>NOy</th><th>SOx</th></tr><tr><td colspan="5"><b>(BBBB) The Netherlands</b></td></tr><tr><td>0110</td><td>industry: Food beverages and tobacco industry</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0120</td><td>industry: Oil refinery</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0130</td><td>industry: Chemical industry</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0140</td><td>industry: Building material ceramics and glass industry</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0150</td><td>industry: Iron and steel industry</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0160</td><td>industry: Cement industry</td><td>-</td><td>X</td><td>-</td></tr><tr><td>0170</td><td>industry: Metallurgical industry</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0180</td><td>industry: Others</td><td>X</td><td>X</td><td>-</td></tr><tr><td>0210</td><td>energy: Power plants</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0220</td><td>energy: Diffuse sources</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0310</td><td>traffic: Cars</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0320</td><td>traffic: Light duty vehicles</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0330</td><td>traffic: Heavy duty vehicles</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0340</td><td>traffic: Coaches</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0350</td><td>traffic: Tire wear</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>0360</td><td>traffic: Pavement wear</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>0370</td><td>traffic: Rail transport</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0386</td><td>traffic: Ships (domestic ships)</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0387</td><td>traffic: Ships (sea-ships on the Netherlands)</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0388</td><td>traffic: Ships (recreation)</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0390</td><td>traffic: Other</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0410</td><td>agriculture: Livestock breeding</td><td>X</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>0460</td><td>agriculture: Others</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0510</td><td>other human act: Waste burning</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0610</td><td>other human act: Trade (non)comm. services and government</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0710</td><td>other human act: Builing industry and demolition</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>0810</td><td>other human act: Consumers</td><td>X</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td colspan="5"><b>Foreign countries</b></td></tr><tr><td>0001</td><td>agriculture</td><td>X</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>1000</td><td>combustion in power plants</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>1010</td><td>combustion in processes iand industry</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>1020</td><td>processes in the industry</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>1040</td><td>transportation (without international shipping)</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>1050</td><td>domestic combustion and combustion in trade</td><td>-</td><td>X</td><td>X</td></tr><tr><td>1060</td><td>agriculture</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>1080</td><td>combustion in industry</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>1090</td><td>combustion in power plants</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>1100</td><td>warehousing</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr><tr><td>1110</td><td>waste burning</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr></table> <ul style="list-style-type: none"><li>Op basis van de emissiegegevens (LAE levering van 10 februari 2000, bestand: “LLO_LEVERANTIE MV5-KPA 10 feb 2000.xls”) voor MV5 zijn schalingsfactoren berekend voor de afzonderlijke bestanden voor de te onderscheiden jaren 1980 – 1997 en scenario's (EC, GC 2010, 2020 en 2030). Aanvullend zijn voor de jaren 1950, 1955, 1960, 1965, 1970 en 1975</li></ul>	code	description	NHx	NOy	SOx	<b>(BBBB) The Netherlands</b>					0110	industry: Food beverages and tobacco industry	X	X	X	0120	industry: Oil refinery	X	X	X	0130	industry: Chemical industry	X	X	X	0140	industry: Building material ceramics and glass industry	X	X	X	0150	industry: Iron and steel industry	X	X	X	0160	industry: Cement industry	-	X	-	0170	industry: Metallurgical industry	X	X	X	0180	industry: Others	X	X	-	0210	energy: Power plants	-	X	X	0220	energy: Diffuse sources	-	X	X	0310	traffic: Cars	-	X	X	0320	traffic: Light duty vehicles	-	X	X	0330	traffic: Heavy duty vehicles	-	X	X	0340	traffic: Coaches	-	X	X	0350	traffic: Tire wear	-	-	-	0360	traffic: Pavement wear	-	-	-	0370	traffic: Rail transport	-	X	X	0386	traffic: Ships (domestic ships)	-	X	X	0387	traffic: Ships (sea-ships on the Netherlands)	-	X	X	0388	traffic: Ships (recreation)	-	X	X	0390	traffic: Other	-	X	X	0410	agriculture: Livestock breeding	X	-	-	0460	agriculture: Others	-	X	X	0510	other human act: Waste burning	X	X	X	0610	other human act: Trade (non)comm. services and government	-	X	X	0710	other human act: Builing industry and demolition	-	X	X	0810	other human act: Consumers	X	X	X	<b>Foreign countries</b>					0001	agriculture	X	-	-	1000	combustion in power plants	-	X	X	1010	combustion in processes iand industry	-	X	X	1020	processes in the industry	-	X	X	1040	transportation (without international shipping)	-	X	X	1050	domestic combustion and combustion in trade	-	X	X	1060	agriculture	-	-	-	1080	combustion in industry	-	-	-	1090	combustion in power plants	-	-	-	1100	warehousing	-	-	-	1110	waste burning	-	-	-
code	description	NHx	NOy	SOx																																																																																																																																																																																																											
<b>(BBBB) The Netherlands</b>																																																																																																																																																																																																															
0110	industry: Food beverages and tobacco industry	X	X	X																																																																																																																																																																																																											
0120	industry: Oil refinery	X	X	X																																																																																																																																																																																																											
0130	industry: Chemical industry	X	X	X																																																																																																																																																																																																											
0140	industry: Building material ceramics and glass industry	X	X	X																																																																																																																																																																																																											
0150	industry: Iron and steel industry	X	X	X																																																																																																																																																																																																											
0160	industry: Cement industry	-	X	-																																																																																																																																																																																																											
0170	industry: Metallurgical industry	X	X	X																																																																																																																																																																																																											
0180	industry: Others	X	X	-																																																																																																																																																																																																											
0210	energy: Power plants	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0220	energy: Diffuse sources	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0310	traffic: Cars	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0320	traffic: Light duty vehicles	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0330	traffic: Heavy duty vehicles	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0340	traffic: Coaches	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0350	traffic: Tire wear	-	-	-																																																																																																																																																																																																											
0360	traffic: Pavement wear	-	-	-																																																																																																																																																																																																											
0370	traffic: Rail transport	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0386	traffic: Ships (domestic ships)	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0387	traffic: Ships (sea-ships on the Netherlands)	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0388	traffic: Ships (recreation)	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0390	traffic: Other	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0410	agriculture: Livestock breeding	X	-	-																																																																																																																																																																																																											
0460	agriculture: Others	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0510	other human act: Waste burning	X	X	X																																																																																																																																																																																																											
0610	other human act: Trade (non)comm. services and government	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0710	other human act: Builing industry and demolition	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
0810	other human act: Consumers	X	X	X																																																																																																																																																																																																											
<b>Foreign countries</b>																																																																																																																																																																																																															
0001	agriculture	X	-	-																																																																																																																																																																																																											
1000	combustion in power plants	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
1010	combustion in processes iand industry	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
1020	processes in the industry	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
1040	transportation (without international shipping)	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
1050	domestic combustion and combustion in trade	-	X	X																																																																																																																																																																																																											
1060	agriculture	-	-	-																																																																																																																																																																																																											
1080	combustion in industry	-	-	-																																																																																																																																																																																																											
1090	combustion in power plants	-	-	-																																																																																																																																																																																																											
1100	warehousing	-	-	-																																																																																																																																																																																																											
1110	waste burning	-	-	-																																																																																																																																																																																																											

de historische emissies voor NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub> zoals vermeld in RIVM-rapport 758472002 gehanteerd. Voor de ontbrekende Nederlandse emissie voor de jaren 1950 en 1955 is het totaal van Nederland geschaald met de bekende verdeling over de doelgroepen van 1960.

- Voor de SO<sub>2</sub>-emissies van de sub-categorie “elektriciteitscentrales” in 1950, is op basis van gegevens van LAE een bronnenbestand gemaakt waarmee met **OPS (versie opsexp8e)** verspreidingsberekeningen zijn uitgevoerd
  - Voor de SO<sub>2</sub> emissie door de categorie “huishoudens” in 1950 is op basis van de bevolkingskaart voor 1950 een nieuw ruimtelijke emissie berekend, waaruit met **SRM-Applicator** de depositie van SO<sub>x</sub> is berekend, voor 1950.
  - Voor NH<sub>x</sub> doelgroep “landbouw” is eveneens een nieuw ruimtelijk depositie patroon berekend met **SRM-Applicator**, voor het jaar 1950.
  - Deze drie nieuwe ruimtelijke gegevens zijn geschaald voor de jaren 1950 tot en met 1965, vanaf 1970 wordt de ruimtelijke informatie gehanteerd zoals deze voor 1995 is beschreven.
- **SIGMA (versie 1.06)** is een eenvoudig hulpmiddel om op basis van nieuwe inputgegevens (emissies) de bijbehorende concentratie- of depositievelden te berekenen door gebruik te maken van schalingsfactoren. Ten behoeve van deze indicatoren zijn met emissiebestanden waarin de bronnen gedetailleerd beschreven staan verspreidingsberekeningen met het OPS model uitgevoerd, voor het basis jaar 1995. Per doelgroep en per land(cluster) zijn concentratie- en depositievelden beschikbaar. De schalingsfactor is gebaseerd op de emissie voor die specifieke doelgroep en land(cluster). Op basis van schalingsfactoren per jaar, per doelgroep en per land(cluster) is de depositie van potentieel zuur, (nat, droog en totaal) NO<sub>x</sub>, (nat, droog en totaal) SO<sub>x</sub>, (nat, droog en totaal) NH<sub>x</sub> en totaal N berekend. De meestal grote rekeninspanning die noodzakelijk is om een specifiek jaar te berekenen is door deze methode geminimaliseerd, een belangrijke veronderstelling is wel dat de verandering in de input (emissies) lineair op de output (concentratie- en depositievelden) doorwerkt. Deze beperking wordt gecompenseerd door de flexibiliteit van het systeem. Een verandering van de input van een doelgroep in het verre buitenland heeft geen invloed op een verandering van de input van de doelgroep in bijvoorbeeld Nederland, doordat de relatie tussen input en output voor elke specifieke doelgroep bekend is.
  - De emissies zijn alleen de bekende antropogene emissies, de verschillende componenten hebben eveneens een natuurlijke oorsprong. Door gebrek aan kennis over deze natuurlijke bijdrage wordt de onderstaande optie gehanteerd. De **natuurlijke bijdrage** van de verschillende componenten is in tijd en ruimte gelijk, de bijdrage van halogenen en organische zuren wordt gelijk verdeeld over de drie componenten (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> en NH<sub>x</sub>).

**Tabel 2. Natuurlijke bijdrage aan verzurende componenten**

Component	natte depositie	droge depositie	totale depositie (mol H <sup>+</sup> .ha <sup>-1</sup> .a <sup>-1</sup> )
SO <sub>x</sub>	84	24	108
NO <sub>x</sub>	36	13	49
NH <sub>x</sub>	27	48	75
halogenen	3	3	6
org.zuren	30	30	60
<b>totaal pot.zuur</b>	<b>180</b>	<b>118</b>	<b>300</b>

bron: Erisman, J.W. en A. Bleeker (1997)

**Producten:**

bestanden staan op de MV5-directory onder directory:  
/home/llo/u9/mbmv/mv5/mv5alg/producten/



- **MV5 Vermesting:**
  - **STONE** (CIM), tabel met gemiddelde depositie over Nederland voor  $\text{NH}_x$  en  $\text{NO}_x$  voor jaren 1980-1997 en scenario's (EC, GC 2010, 2020 en 2030), (mol N/ha per jaar). De berekende kaarten met deposities voor  $\text{NH}_x$  en  $\text{NO}_x$  over Nederland betreft alleen de antropogene bijdrage, een constante waarde in ruimte en tijd wordt als “natuurlijke” bijdrage bij de berekende depositie opgeteld. Voor de totale “natuurlijke” depositie van  $\text{NH}_x$  wordt 97 mol N/ha per jaar gehanteerd en voor de “natuurlijke” depositie van  $\text{NO}_x$  71 mol N/ha per jaar (97 mol is opgebouwd uit 75 mol uit tabel 2 en  $\frac{1}{3}$  deel van de som van halogenen en organische zuren (= 22 mol N) eveneens uit tabel 2. Hetzelfde geldt voor de “natuurlijke depositie” van  $\text{NO}_x$  71 = 49 (tot dep  $\text{NO}_x$ ) +  $\frac{1}{3}$  deel van de som van halogenen en org.zuren).
  - path/bestand: levering\_A\_Beusen/feb\_2000/int00tjg\_v02.xls
  - **AquAcid** (LWD), 102 kaarten (5x5 km ASCII-grid) met natte en droge depositie over Nederland van  $\text{NH}_x$ ,  $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_x$  voor 1950, 1955, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 1997 en scenario's (EC, GC 2010, 2020 en 2030), (mol  $\text{H}^+$ .ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>). De berekende kaarten over Nederland met droge en natte depositie van  $\text{NH}_x$ ,  $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_x$  betreft alleen de depositie door antropogene bronnen, een constante waarde in ruimte en tijd wordt als “natuurlijke” bijdrage bij de berekende deposities opgeteld ( $\text{SO}_x$ : 130,  $\text{NO}_x$ : 71 en  $\text{NH}_x$ : 97. Waarbij geldt dat dit de waarde is uit tabel 2 plus een evenredige verdeling van de som van halogen en organische zuren; elk  $\frac{1}{3}$  deel van 66 mol). De eenheid van de depositie in mol N/ha per jaar respectievelijk mol S /ha per jaar. In tabel 2 wordt deze natte en droge depositie als gevolg van “natuurlijke” bronnen beschreven.
- path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/d\_NH3\_djjjj.asc  
path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/d\_NOx\_djjjj.asc  
path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/d\_SO2\_djjjj.asc  
path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/d\_NH3\_njjjj.asc  
path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/d\_NOx\_njjjj.asc  
path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/d\_SO2\_njjjj.asc  
**d**\_ = depositie, **d** = droge depositie, **n** = natte depositie en **jjjj** = jaar, 1950, 1955, 1960, 1970, 1975, 1980, 1985, 1990, 1995, 1997, EC10, EC20, EC30, GC10, GC20 en GC30.
- 24 kaarten (5x5 km ASCII-grid) verschillen tussen de jaren 2010-2020 en 2020-2030 voor de scenario's EC en GC voor  $\text{NH}_x$ ,  $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_x$  (mol N.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup> resp. mol S.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>).
- path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/d\_NH3vdscjj.asc  
path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/d\_NOxvdscjj.asc  
path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/d\_SO2vdscjj.asc  
path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/d\_NH3vnscjj.asc  
path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/d\_NOxvnscjj.asc  
path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/d\_SO2vnscjj.asc  
**d**\_ = depositie, **vd** = delta droge depositie, **nd** = delta natte depositie, **sc** = scenario EC of GC en **jj** = 12: 2010 – 2020 en 23: 2020 – 2030.
- 30 kaarten (5x5 km ASCII-grid) met concentraties over Nederland van  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_2$  voor 1950, 1980, 1995, 1997 en scenario's (EC, GC 2010, 2020 en 2030), ( $\text{NH}_3$  en  $\text{SO}_2$  in  $\mu\text{g.m}^{-3}$  en  $\text{NO}_x$  in ppb).
- path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/c\_NH3\_jjjj.asc  
path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/c\_NOx\_jjjj.asc  
path/bestand: levering\_R\_Wortelboer/feb\_2000/c\_SO2\_jjjj.asc  
**c**\_ = concentratie en **jjjj** = jaar, 1950,, 1980, 1995, 1997, EC10, EC20, EC30, GC10, GC20 en GC30.
- **MV5 Natuur land:**
  - **SMART** (ECO), 90 kaarten (5x5 km ASCII-grid) met depositie over

		<p>Nederland van <math>\text{NH}_x</math>, <math>\text{NO}_x</math> en <math>\text{SO}_x</math>, voor jaren 1950, 1955, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980 – 1997 en scenario's (EC, GC 2010, 2020 en 2030) (<math>\text{mol H}^+/\text{ha}</math> per jaar). Voor de Nederlandse <math>\text{NH}_3</math>-deposities van de doelgroep landbouw is voor de periode 1950 tot en met 1965 een andere ruimtelijke verdeling gehanteerd dan de periode 1970 – 1997. De depositiekaart voor 1950 is gebaseerd op bewerking van KOBALT. De Nederlandse <math>\text{SO}_x</math>-depositie van de sub-categorie “diffuse bronnen” is berekend voor 1950 en 1995, voor 1950 is het ruimtelijke patroon gebaseerd op het bevolkingsbestand van 1950 (dmv SRM-Applicator) en voor 1995 obv de in het emissiebestand beschreven verdeling. Voor zowel de <math>\text{NH}_3</math> depositie door de doelgroep landbouw en de <math>\text{SO}_2</math> depositie door de sub-categorie “diffuse bronnen” worden schalingen uitgevoerd voor de jaren 1950, 1955, 1960 en 1965 ten opzichte van 1950, voor de overige jaren schaling ten opzichte van 1995. Naast deze antropogene bijdrage wordt evenals in de eerdere beschrijvingen een extra bijdrage door natuurlijke bronnen opgeteld. De totale natuurlijke depositie van <math>\text{NH}_x</math> wordt gesteld op <math>97 \text{ mol H}^+.\text{ha}^{-1}.\text{a}^{-1}</math>, de natuurlijke depositie van <math>\text{NO}_x</math> op <math>71 \text{ mol H}^+/\text{ha}</math> per jaar, en de natuurlijke depositie van <math>\text{SO}_x</math> op <math>130 \text{ mol H}^+.\text{ha}^{-1}.\text{a}^{-1}</math> (<math>\text{SO}_x</math>: 130, <math>\text{NO}_x</math>: 71 en <math>\text{NH}_x</math>: 97 dit zijn de gegevens uit tabel 2 plus een evenredige verdeling van de som van halogen en organische zuren; elk <math>\frac{1}{3}</math> deel van 66 mol).</p> <p>path/bestand: levering_J._Kros/feb_2000/<b>dep_NH3jjjj</b>.asc  path/bestand: levering_J._Kros/feb_2000/<b>dep_NO2jjjj</b>.asc  path/bestand: levering_J._Kros/feb_2000/<b>dep_SO2jjjj</b>.asc</p> <p><b>dep_</b> = depositie en <b>jjjj</b> = 1950, 1955, 1960, 1965, 1970, 1975, 1980 – 1997, EC10, EC20, EC20, GC10, GC20 en GC30.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>PROMIS</b> (LAE), 7 (5x5km APS-grid) met totale depositie N over Nederland voor 1995 en scenario's (EC, GC 2010, 2020 en 2030), (<math>\text{mol N}.\text{ha}^{-1}.\text{a}^{-1}</math>). De berekende kaarten met deposities voor <math>\text{NH}_x</math> en <math>\text{NO}_x</math> over Nederland betreft alleen de antropogene bijdrage, een constante waarde in ruimte en tijd wordt als “natuurlijke” bijdrage bij de berekende depositie opgeteld. De natuurlijke depositie van <math>\text{NH}_x</math> en <math>\text{NO}_x</math> wordt gesteld op <math>100 \text{ mol N}.\text{ha}^{-1}.\text{a}^{-1}</math>, dit in overeenstemming met de natuurlijke bijdrage voor het project “Herijking verzuringdoelstellingen”. (<i>nb 124 mol (tabel 2, <math>\text{NO}_x</math>: 49 + <math>\text{NH}_x</math>: 75) zou inconsistent zijn met de andere leveranties in MV5-kader</i>).</li> <li>– path/bestand: levering_R_van_Dijk/feb_2000/mv51<b>kk</b>.tot_N100.plt  <b>kk</b> = 16 (1995), 20 (EC 2010), 21 (GC 2010), 22 (EC 2020), 23 (GC 2020), 24 (EC 2030) en 25 (GC 2030).</li> </ul>
6	<b>Onzekerheid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De grote van de totale onzekerheid wordt bepaald door de cumulatie van onzekerheden in emissies, modelberekeningen en niet verklarende bijdragen. In dit deel wordt alleen de onzekerheden ten gevolge van de modelberekeningen en niet verklarende bijdragen beschreven.</li> <li>• Een eenduidige uitspraak over de onzekerheid van de verspreidingsberekeningen met het verspreidingsmodel OPS (versie opsexp8e) is niet te doen. OPS is een model waarbij de concentratie en depositie onder meer afhankelijk zijn van de depositiesnelheid. Een lage depositiesnelheid heeft een lage depositie en een hoge concentratie tot gevolg, doordat het model rekening houdt met deze massa-balans heeft een overschatting van de concentratie een onderschatting van de depositie tot gevolg. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Worden de metingen op LML-stations vergeleken met de berekende waarde van het grid (5x5 km) waarin dit station ligt dan kan voor <math>\text{NH}</math>, <math>\text{NO}_x</math> en <math>\text{SO}_2</math> het volgende worden beschreven.</li> <li>– Voor ammoniak-concentraties geven berekeningen een onderschatting tussen de 2 en de 36%. Hierbij moet de kantekening worden gemaakt dat</li> </ul> </li> </ul>

het “ammoniak-gat” niet is verdisconteerd in de berekeningen. De berekeningen zijn uitgevoerd met langjarige meteorologische omstandigheden waardoor deze beperkt vergelijkbaar zijn met niet voor meteorologie gecorrigeerde meetgegevens.

*Tabel 3 Vergelijking van NH<sub>3</sub> metingen met berekeningen*

NH<sub>3</sub> metingen en berekeningen (µg/m<sup>3</sup>)

jaar	1993	1994	1995	1996	1997
aantal stations	6	8	8	5	7
LML-station	8.8	9.8	9.4	7.6	11.4
MV5-berekeningen	8.6	8.1	7.2	4.9	7.7
verschil (model – meting)/meting	-2%	-17%	-23%	-36%	-33%

- De concentratie berekening van stikstofdioxide wordt met ongeveer 20-50% overschat, wat een onderschatting van 20-50% van de depositie tot gevolg heeft.

*Tabel 4 Vergelijking van NO<sub>x</sub> metingen met berekeningen*

NO<sub>x</sub>-metingen en berekeningen (ppb)

Jaar	1980	1990	1995	
Aantal stations	12	24	31	
LML-station	32	26	24	
MV5-berekeningen		49	31	29
Verschil (model – meting)/meting	53%	19%	22%	

- De berekende zwaveldioxide concentraties worden tussen de 20 en 40% onderschat.

*Tabel 5 Vergelijking van SO<sub>2</sub>-metingen met berekeningen*

SO<sub>2</sub>-metingen en berekeningen (µg/m<sup>3</sup>)

Jaar	1980	1990	1995
Aantal stations	13	27	32
LML-station	34	13	13
MV5-berekeningen		24	10
Verschil (model – meting)/meting	-28%	-20%	-42%

- Onzekerheden ontstaan ook door het toepassen van verschillen in methodiek bij de OPS-berekeningen zijn alleen “bekende” antropogene bronnen meegenomen bij de berekeningen terwijl DeadM uit gaat van gemeten concentraties. Onzekerheden als gevolg van consistentie wordt op basis van onderstaande tabel toegelicht. Vergelijking van actuele gegevens ten opzichte van OPS-berekeningen met langjarige meteorologische omstandigheden is niet eenvoudig. In deze tabel staan eerder gepubliceerde actuele concentraties en deposities (Jaaroverzicht luchtkwaliteit, en MB99). Het verschil als gevolg van verschillende benaderingen leidt tot een onderschatting van de potentieel zure depositie en totaal depositie stikstof tussen de 5 en 20%.

*Tabel 6. De met SIGMA berekende resultaten voor de MV5 in vergelijking tot eerder gepubliceerde gegevens*

			jaar	1980	1990		1995		
			eenheid	JO'86	MV5	JO'90	MV5	JO'95	MV5
SO2 conc			ug/m3	17	17	9	8	4.4	5.5
NOx conc (regionaal)* <sup>1)</sup>			ppb	16	26	23	25	19	22
NOx conc (stad)			ppb	36		47		43	
NH3 conc			ug/m3	-	7	-	7	-	6
SO2 dep	droog	mol SO2/ha	1100	1002	440	480	410	318	
	nat	mol SO2/ha	370	477	230	240	140	159	
	totaal	mol SO2/ha	1600	1478	670	720	550	477	
NO2 dep	droog	mol NO2/ha	1300	566	700	546	450	467	
	nat	mol NO2/ha	400	269	290	266	290	226	
	totaal	mol NO2/ha	1200	835	990	811	710	694	
NH3 dep	droog	mol NH3/ha	730	1385	1700	1377	1000	1127	
	nat	mol NH3/ha	620	447	680	447	610	377	
	totaal	mol NH3/ha	2300	1833	2400	1823	1600	1504	
			jaar	1980	1990		1995		
			eenheid	MB99	MV5	MB99	MV5	MB99	MV5
dep.pot.zuur			mol H+/ha	7200	5920	4600	4370	4000	3452
tot.dep.N			mol N/ha	3100	2767	2900	2734	2900	2298

\*1) voor de MV5-berekeningen is geen onderscheid gemaakt naar regionaal of stad, de in deze tabel vermelde waarden zijn gemiddeld over Nederland.

*bronnen:*

1980: Luchtkwaliteit Jaarverslag 1986 (RIVM rapportnr. 228703002)

1990: Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 1990 (RIVM rapportnr. 222101015)

1995: Jaaroverzicht Luchtkwaliteit 1995 (RIVM rapportnr., 722101028)

MB99: MilieuBalans 1999

- Onzekerheden in de nabewerkingen kunnen in geringe mate worden gedefinieerd door het gebrek aan kennis over de (natuurlijke) processen. Depositie van verzurende componenten uit natuurlijke bronnen. Natuurlijke bronnen van verzurende componenten zijn bodem, vulkanen, oceanen, bliksem, in het wild levende dieren en branden. Het betreft de componenten SO<sub>x</sub>, NO<sub>y</sub>, NH<sub>x</sub>, halogenen en organische zuren. In Erisman (1992) wordt deze potentieel zure depositie geschat op 300 mol H<sup>+</sup>.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>. Hierbij is niet de bijdrage door H<sub>2</sub>S en PAN meegenomen. Door onvoldoende informatie en kennis over de natuurlijke deposities is alleen de uitspraak te doen dat de onzekerheid groot is.

## 7 Invoer

De invoer is op te splitsen in drie sets:

4. Basisset voor het jaar 1995, waarbij bronnenbestanden zijn aangeleverd voor de stoffen NH<sub>x</sub>, NO<sub>y</sub> en SO<sub>x</sub>. De emissies zijn beschreven naar plaats, bronhoogte, warmte-inhoud, emissie en doelgroep.
5. Emissie totalen per doelgroep per land van NH<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub> voor de jaren 1980 – 1997 en de scenario's EC en GC voor de jaren 2010, 2020 en 2030.
6. Emissie totalen per land en voor Nederland per categorie van NH<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub> voor de jaren 1950 – 1975 waarbij de ontbrekende categorieën in Nederland voor 1950 en 1955 zijn geschaald naar 1960. Schaling van de buitenlandse emissies heeft plaatsgevonden naar de verschillende landclusters. Voor Nederlandse NH<sub>x</sub> emissies en voor de SO<sub>x</sub>-emissies van "diffuse bronnen", is met behulp van KOBALT een depositie-veld berekend voor 1950. Verder is aan de emissie gegevens van elektriciteitscentrales in 1950 (LAE, J.Spakman en J.A.Oude Lohuis), de schoorsteenhoogte, warmte inhoud en coördinaten toegevoegd, vervolgens is met het OPS model (versie opexp8e) de bijbehorende concentratie- en depositie-velden berekend.

		Een inhoudelijke controle van de gegevens onder ad. 1 heeft plaatsgevonden door terugkoppeling van de geleverde gegevens met de leverancier. Een inhoudelijke controle van de emissiegegevens onder ad. 2 heeft niet plaatsgevonden, wel heeft een vergelijking met eerdere leveranties plaatsgevonden, waarbij grote verschillen door de leverancier van de emissies konden worden verklaard. Onder ad. 3 vermeldde emissies zijn gerapporteerd in RIVM-rapport 758472002, de nieuw berekende depositie velden zijn door inhoudelijk deskundige beoordeeld.
8	<b>Overige opmerkingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De gebruikte methode voor “verzuring en vermesting” wijkt af van de methode zoals deze voor de Milieubalans wordt gebruikt. Voor de Milieubalans wordt op basis van metingen en het model DeadM de deposities berekend. Uitgaande van emissie gegevens is met het OPS-model de verspreiding berekend van de bekende antropogene bijdrage, hierna worden verschillende nabewerkingen toegepast op het verschil tussen ‘metingen’ en berekeningen te kunnen verklaren.</li> <li>Consistentie over de volgende projecten MV5, NMP-4, “Herijking verzuringsdoelstellingen” en fijn stof onderzoek wordt zoveel mogelijk bereikt door dezelfde methode toe te passen, waarbij de kantenening moet worden gemaakt dat in de tijd verbeteringen kunnen worden toegevoegd.</li> <li>Het “ammoniak-gat” is niet verdisconteerd bij de MV5-berekeningen in tegenstelling tot de resultaten oa. in de MilieuBalans 99.</li> </ul>
9	<b>Referenties</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>J.A. van Jaarsveld, 1990, An operational atmospheric transport model for priority substances; specification and instruction for use. Bilthoven, RIVM report no. 222501002.</li> <li>J.A. van Jaarsveld, 1995, Modelling the long-term atmospheric behaviour of pollutants on various spatial scale, (proefschrift), Utrecht, Universiteit Utrecht, Faculteit Natuur- en sterrenkunde.</li> <li>J.W. Erisman, 1992, Atmospheric deposition of acidifying compounds in the Netherlands. Proefschrift, ISBN 90-393-0351-7.</li> <li>G.J.Heij and T. Schneider (Editors), 1994, Dutch Priority Programme on Acidification. Eindrapport Additioneel Programma Verzuringsonderzoek, derde fase (1991-1994), Dutch priority programme on acidification, Rapport nr. 300-05</li> <li>G.J.Heij and T. Schneider (Editors), 1991, Acidification research in the Netherlands, Final report of the Dutch priority programme on acidification. Chapter 3 by J.W. Erisman and G.J.Heij, Concentration and deposition of acidifying compounds. Elsevier Science B.V., Studies in Environmental Science 46, 51-96.</li> <li>G.J.Heij and W.J. Erisman (Editors), 1997, Acid Atmospheric Deposition and its Effects on Terrestrial Ecosystems in the Netherlands. Chapter 2 by J.W. Erisman and A.Bleeker, Emission, concentration, and deposition of acidifying substances. Elsevier Science B.V., Studies in Environmental Science 69, 21-81.</li> <li>B.Wesselink, et al., 1998, Achtergronddocument bij emissieleveranties uit RIM+ ten behoeve van het OPS model. RIVM-intern document.</li> <li>H.A.Vissenberg, H.J.Th.M.. Bloemen, 2000, Technisch rapport SIGMA (werktitel), Bilthoven, RIVM.</li> </ul>

***Feitenblad 9: Verzurende emissies gerelateerd naar landoppervlakte***

0	<b>Titel</b>	Verzurende emissies gerelateerd naar landoppervlakte
1	<b>Gegevens</b>	De verzurende emissie zijn per land geaggregeerd en uitgedrukt in zuurequivalenten. Deze emissie in zuurequivalenten is vervolgens gedeeld door een voor alle landen gelijke critical load per hectare. Hieruit volgt een oppervlakte die per land dusdanig is wordt afgedrukt dat een landenkaart ontstaat (in de kartografie wordt een dergelijke figuur een kartogram genoemd). <i>Indibase-nummer: 1291IIC3, stof: NH3, NOx en SO2, doelgroep: alle, thema: verzuring</i>
2	<b>Invuller / datum</b>	Jan D. van Dam, 19 mei 2000
3	<b>Herkomst</b>	Indicator is berekend door Jan D. van Dam en is tevens contactpersoon. De berekening is gecontroleerd door Peter de Smet (CCE).
4	<b>Beschrijving</b>	Kartogram geeft antwoord op vraag hoe groot een land dient te zijn wil het haar eigen verzurende emissie kunnen absorberen. Er zijn oppervlakten berekend per land voor 1995 en voor 2010 onder het EC-scenario.
5	<b>Rekenschema/ Methodebeschrijving</b>	Emissies (NH <sub>3</sub> , NO <sub>x</sub> en SO <sub>2</sub> ) per land zijn in H+ zuurequivalenten uitgedrukt. Dit is gedeeld door de critical load waarbij 98 % van de natuur wordt beschermd. Zo ontstaat een oppervlakte. Voor Nederland en het hele beschouwde gebied is het door de "emissie bezette gebied" gedeeld door de beschikbare oppervlakte per land.
6	<b>Onzekerheid</b>	De onzekerheid van het beeld dat het kartogram geeft kan direct afgeleid worden van de onzekerheid in de emissies.
7	<b>Invoer</b>	Verzurende emissies per land. Criterium beschouwen landen: Landen dienen te liggen in het gebied dat door Working Group on Effects of the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution beschouwd wordt. Verder wordt uitgegaan van de landen (of voormalige landen) waarvoor het LAE in het kader van de MV5 emissie data voor 1995 (+ prognose 2010) verzameld heeft. De emissies voor de stoffen NOx, NH3 en SO2 zijn gebruikt en afkomstig van het LAE (contactpersoon Hans van den Berg). De spreadsheet waar deze emissies uit afkomstig zijn heet: LLO_LEVERANTIE MV5-KPA 10 feb 2000.xls. De invoer is gecontroleerd door Harald Vissenberg LLO. De critical load is bepaald door Hans Eerens (LLO) (naam spreadsheet: op basis van gegevens van het Coordination Centre on Effects (Contactpersoon: Peter de Smet).
8	<b>Overige opmerkingen</b>	Figuur is gemaakt door Carol Bartels (CIM)
9	<b>Referenties</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Times Worldatlas</li> <li>• Working Group on Effects of the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (1999) Calculation and Mapping of Critical Thresholds in Europe; Status Report 1999. RIVM Report No. 259191009 Coordination Center for Effects, National Institute of Public Health and the Environment.</li> </ul>

***Feitenblad 10: Herkomst verzurende depositie op Nederland***

0	<b>Titel</b>	Herkomst verzurende depositie op Nederland
1	<b>Gegevens</b>	Emissies van NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> en NH <sub>3</sub> in kg van de landen; EU15 landen over de periode 1980 – 2030 Mondiale achtergrond: projectgroep Source-receptor-matrix (gemaakt door Hans Eerens en Harald Vissenberg) <i>Indibase-nummer: 1291IIC3, stof: NH3, NOx en SO2, doelgroep: alle, thema: verzuring</i>
2	<b>Invuller / datum</b>	Jan D. van Dam, 26 mei 2000
3	<b>Herkomst</b>	Indicator is berekend door Jan D. van Dam en is tevens contactpersoon.
4	<b>Beschrijving</b>	Figuur een beeld van de herkomst van de depositie op Nederland.
5	<b>Rekenschema/ Methodebeschrijving</b>	Emissies worden vermenigvuldigd met een source-receptor-matrix (opgesteld door Hans Eerens en Harald Vissenberg) waarbij de depositie in zuurequivalenten op Nederland afkomstig van Nederland, Duitsland, VK en Ierland en de overige EU15-landen is berekend. De mondiale achtergrond is hieraan toegevoegd.
6	<b>Onzekerheid</b>	De onzekerheid in de depositie van de uit de EU15 afkomstige stoffen is een functie van de betrouwbaarheid van de emissiecijfers die afkomstig is van het LAE (Hans van den Berg) en de source receptor matrix. De betrouwbaarheid van de source-receptor matrix is afhankelijk van de OPS-berekeningen die ten grondslag liggen aan de source receptor matrix. De mondiale achtergronddepositie is bepaald in een projectgroep onder leiding van Hans Eerens. De betrouwbaarheid daarvan is afhankelijk van de onderliggende gegevens.
7	<b>Invoer</b>	De emissies voor de stoffen NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> en SO <sub>2</sub> zijn afkomstig van het LAE (contactpersoon Hans van den Berg). De spreadsheet waar deze emissies uit afkomstig zijn heet: LLO_LEVERANTIE MV5-KPA 10 feb 2000.xls. De invoer is gecontroleerd door Harald Vissenberg LLO.
8	<b>Overige opmerkingen</b>	Geen
9	<b>Referenties</b>	LLO_LEVERANTIE 10 feb 2000.xls

***Feitenblad 11: Invloed beleid op het Nederlands aandeel in de potentiële verzurende depositie***

0	<b>Titel</b>	Invloed beleid op het Nederlands aandeel in de potentiële verzurende depositie
1	<b>Gegevens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effecten van maatregelen voor de voor verzuring meest relevante doelgroepen</li> <li>• Source-receptor-matrix</li> <li>• Reëel BBP tegen factorkosten</li> <li>• Realisatie verzurende depositie</li> </ul> <i>Indibase-nummer: 1257IMK1, stof: NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub>, doelgroep: alle, thema: verzuring</i>
2	<b>Invuller / datum</b>	Jan D. van Dam, 26 mei 2000
3	<b>Herkomst</b>	Indicator is berekend door Jan D. van Dam en is tevens contactpersoon. De berekening is gecontroleerd door Harald Vissenberg (LLO) en Hilbert Booij (LAE).
4	<b>Beschrijving</b>	Het LAE presenteert in de MV5 effecten van maatregelen op de emissie. Deze gegevens zijn gebruikt om de effecten van maatregelen in de voor verzuring meest relevante doelgroepen (Verkeer en Vervoer, Energiecentrales, Industrie, Landbouw en Raffinaderijen). Deze gegevens (vastgelegd in spreadsheets en afkomstig van Pauline Feimann, Hilbert Booij, Bart Wesselink, Petra van Egmond en Dominique Stein) zijn “door een source-receptor-matrix gehaald” waarna het effect van de per doelgroep geclusterde maatregelen in een grafiek is gepresenteerd.
5	<b>Rekenschema/ Methodebeschrijving</b>	Effecten van maatregelen op de emissie worden vermenigvuldigd met een factor die de relatie beschrijft tussen de emissie en depositie. Deze factor afgeleid van de source receptormatrix en is afhankelijk van de stof en de doelgroep. De effecten van de maatregelen worden per doelgroep geclusterd en gestapeld gepresenteerd. De referentielijn is het reële BBP tegen factorkosten.
6	<b>Onzekerheid</b>	De onzekerheid in de depositie is een functie van de betrouwbaarheid van het effect van maatregelen op de emissies. Deze gegevens zijn afkomstig van het LAE (Pauline Feimann, Hilbert Booij, Bart Wesselink, Petra van Egmond en Dominique Stein). De betrouwbaarheid van de source-receptor matrix is afhankelijk van de OPS-berekeningen die ten grondslag liggen aan de source receptor matrix.
7	<b>Invoer</b>	Gerealiseerde depositie in Nederland (Harald Vissenberg, spreadsheet “int00tjg_v02.xls”). Effecten op emissie maatregelen (diverse spreadsheets verzameld in 1257IMK1.xls, hierin staan de bronvermeldingen naar de spreadsheets van het LAE) Source-receptor-matrix gemaakt door Hans Eerens en Harald Vissenberg
8	<b>Overige opmerkingen</b>	Geen
9	<b>Referenties</b>	Methodebeschrijving: Harmelink, M.G.M., A.M Idenburg, D. Hoek, C.J. Peek, R.A.W. Albers, T.A. Meeder (1995) Een historische beleidsanalyse van effecten van het milieubeleid, rapportnr 251701019, RIVM, Bilthoven. Referentielijn: Centraal Economisch Plan (diverse jaren), Centraal Planbureau, Den Haag.



**Feitenblad 12: Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging – Noordzee -**

0	<b>Titel</b>	MV5 Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging – Noordzee -
1	<b>Gegevens</b>	MV5 Verzuring en grootschalige luchtverontreiniging - Noordzee - <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stikstof depositie op de Noordzee periode (periode 1985-2030)</li> <li>• Indicator [pm]</li> </ul>
2	<b>Invuller / datum</b>	Addo van Pul & H.A. Vissenberg (LLO), versie: 12 juli 2000
3	<b>Herkomst</b>	De indicatoren zijn gebaseerd op schaling van emissiegegevens van NH <sub>x</sub> en NO <sub>y</sub> voor de periode 1980 – 2030 en op EMEP source receptor matrices voor NH <sub>3</sub> en NO <sub>x</sub> .  contactpersoon emissieleverantie MV5: Hans van den Berg (LAE), contactpersonen Noordzee-berekeningen: Addo van Pul en Harald Vissenberg (LLO).
4	<b>Beschrijving</b>	<p>Depositie stikstof (NH<sub>3</sub> en NO<sub>x</sub>) op de Noordzee over de jaren 1985 – 1997 en EC-, GC-scenario voor 2010, 2020 en 2030.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• landbijdragen en totale depositie op de Noordzee</li> </ul> <hr/> <p>Leverantie aan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Bokhorst (RIKZ) spreadsheet met informatie over landbijdragen en de totale depositie (NH<sub>3</sub> en NO<sub>x</sub>) op de Noordzee voor de periode 1985-1997 en scenario's (EC, GC, 2010, 2020 en 2030), eenheid: <math>\text{mol N.ha}^{-1}.\text{a}^{-1}</math>.</li> </ul>
5	<b>Rekenschema</b>	<p>Het hieronder beschreven rekenschema beschrijft de totstandkoming van de in “beschrijving” genoemde product.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Op basis van de emissiegegevens (LAE levering van 10 februari 2000, bestand: “LLO_LEVERANTIE MV5-KPA 10 feb 2000.xls”) voor MV5 bevat emissie totale per land per jaar voor de te onderscheiden jaren 1980 – 1997 en scenario's (EC, GC 2010, 2020 en 2030).</li> <li>• EMEP Source Receptor Matrices (EMEP): de procentuele bijdrage van gemodelleerde emissies aan de totale depositie aan de verschillende gebieden (o.a. Noordzee). Report EMEP/MSR-W Report 1/98 Part 1 and Part 2 (resp. Table 2.8, 2.9 and Appendix E)</li> </ul> <p><b>Rekenschema:</b></p> $\text{deposition to NOS from country Y (kton N)} = (\text{SRM\_country\_Y\_NOS (100 ton N)} * 100) / ((\text{SRM\_country\_Y\_SUM (1000 ton NX\#)} * 1000) / f(\text{NX\#/N})) * \text{Emissie\_country\_Y (kg NX\#)} / (f(\text{NX\#/N}) * 10^6)$ <p><i>met: NOS</i>      <i>Noordzee,</i>  <i>country_Y land,</i>  <i>NX#</i>      <i>NH3 of NO2</i>  <i>f(NX#/N)</i>      <i>molmassa verhouding tussen NX# en stikstof (N)</i></p> <p><b>Producten:</b></p> <p>bestanden staan op de MV5-directory onder directory:  /home/llo/u9/mbmv/mv5/mv5alg/producten/levering_M_Bokhorst</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• spreadsheets 000124-b.xls en 000229-a.xls met daarin respectievelijk SRM en emissie-gegevens en “grids” met totale depositie op de Noordzee (<math>\text{mol N.ha}^{-1}.\text{a}^{-1}</math>).</li> <li>• EMEP grids (nrd.asc, nox.asc) met deposition van gereduceerd en geoxideerd stikstof in 1997 op de Noordzee (<math>\text{mg N.m}^{-2}</math>), down-load van EMEP-site.</li> </ul>

6	<b>Onzekerheid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De grote van de totale onzekerheid wordt bepaald door de cumulatie van onzekerheden in emissies, modelberekeningen en niet verklarende bijdragen.</li> </ul>
7	<b>Invoer</b>	<p>De invoer is op te splitsen in twee sets:</p> <p>7. Emissie totalen per doelgroep per land van NH<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub> voor de jaren 1980 – 1997 en de scenario's EC en GC voor de jaren 2010, 2020 en 2030.</p> <p>8. EMEP SRM's</p> <p>Een inhoudelijke controle van de emissiegegevens onder ad. 1 heeft niet plaatsgevonden, wel heeft een vergelijking met eerdere leveranties plaatsgevonden, waarbij grote verschillen door de leverancier van de emissies konden worden verklaard. Onder ad. 2 vermeldde gegevens zijn door EMEP gerapporteerd in rapport MSC-W Status Report 1998.</p>
8	<b>Overige opmerkingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li></li> </ul>
9	<b>Referenties</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>EMEP, 1998, MSC-W Status Report 1998, PART1; Estimated Dispersion of acidifying and eurotphyng compounds and comparison with observations &amp; Part 2; Nummerical Addendum, Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long range transmission of air pollutants in Europe, Transboundary Acidifying Air Pollution in Europe, Det Norske Meteorologiske Institutt, Research Report no. 66, July 1998, ISSN: 0332-9879.</li> </ul>

***Feitenblad 13: Effect van milieuverontreiniging op stenen monumenten***

0	<b>Titel</b>	Effect van milieuverontreiniging op stenen monumenten
1	<b>Gegevens</b>	Aantasting ten gevolge van luchtverontreiniging door twee op verschillende tijdstippen genomen foto's [indicode 1259] thema: verzuring.
2	<b>Invuller / datum</b>	Jan D. van Dam (LLO); 13 april 2000
3	<b>Herkomst</b>	Foto uit 1971 gemaakt door de Rijksdienst voor de Monumentenzorg (neg no.: 313.056; fotograaf: G. Dukker) en foto uit 2000 door Ernst Rozendal (fotograaf RIVM). Michiel van Hunnen (RDMZ) trad op als controleur / referent.
4	<b>Beschrijving</b>	Foto van dier op Sint Jan te Den Bosch Noordzijde schip; derde luchtboog in 1971 Foto van dier op Sint Jan te Den Bosch Noordzijde schip; derde luchtboog in 2000
5	<b>Rekenschema/ Methodebeschrijving</b>	Literatuuronderzoek en "inspectie ter plaatse" vastgelegd in foto's
6	<b>Onzekerheid</b>	Het is niet goed vast te stellen welke factoren en de weging daarvan de aantasting van het stenen monument hebben beïnvloed. Deze nuance is in de hoofdttekst aangebracht.
7	<b>Invoer</b>	Zie beschrijving.
8	<b>Overige opmerkingen</b>	Geen.
9	<b>Referenties</b>	VROM (1985) Zure regen. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Vijfde druk, Den Haag. RDMZ (1999a) Nieuwsbrief Rijksdienst voor de Monumentenzorg, nr 6 1999. Zeist. RDMZ (1999b) RDMZ Info restauratie en beheer nr. 16, Rijksdienst voor de Monumentenzorg, Zeist. Feenstra, J.F. (1982) Cultuurgoederen en luchtverontreiniging; schade door luchtverontreiniging aan monumenten, kunstvoorwerpen, archieven en gebouwen. Instituut voor Milieuvraagstukken, Publicatiereeks Lucht, Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Leidschendam. Kramer, A en J.F. Feenstra (ed.) (1986) Schade aan natuursteen in Nederlandse monumenten, Rijksdienst voor Monumentenzorg/SDU uitgeverij, Den Haag.

***Feitenblad 14: Verandering temperatuur op Europese stations in de periode 1951-1995 (waargenomen) en prognose 1990-2050 (berekend)***

0	<b>Titel</b>	Waargenomen verandering temperatuur op Europese stations in de periode 1951-1995 Prognose temperatuursverandering per decennium in Europa in de periode 1990-2050
1	<b>Gegevens</b>	De gepresenteerde indicator bestaat uit 2 delen: A) historische reeksen (afzonderlijke stations), B) imageberekeningen voor prognose  A) Voor een groot aantal Europese meteorologische stations zijn langjarige reeksen gemiddelde jaartemperatuur beschikbaar. Voor de periode 1951-1995 is de lineaire trend in temperatuur per decennium berekend (alleen stations met minimaal 90% jaren beschikbaar zijn meegenomen). B) Met het imagemodel (v.2.12) en volgens scenario IPCC-SRES-B2) is de jaargemiddelde temperatuur in 1995 en 2050 berekend. Het verschil tussen de velden geeft de temperatuursverandering (gedeeld door 5.5: per decennium). <i>[1230 (A+B)]—klimaatverandering - Europa</i>
2	<b>Invuller / datum</b>	Rob Sluijter, 10 mei 2000
3	<b>Herkomst</b>	A)De historische temperatuursreeksen voor de afzonderlijke stations zijn door het KNMI verzameld in het kader van het ECA2000 project (European Climate Assessment 2000). De trendberekeningen zijn uitgevoerd door KNMI. Contactpersoon is Albert Klein Tank. Uitdrukkelijk wordt hier gesteld dat het om voorlopige gegevens gaat. De gegevens kunnen niet worden gecontroleerd door RIVM aangezien het hier om afgeleide parameters gaat. Er wordt vanuit gegaan dat de geleverde gegevens de normale KNMI kwaliteitscontrole hebben gevolgd.  B)De Image prognose velden zijn aangeleverd door Eric Kreileman (RIVM). De velden waren gegenereerd in het kader van het Euromove-project.
4	<b>Beschrijving</b>	A) Afzonderlijke tijdreeksen meteorologische stations. Per station is de lineaire trend berekend en gegeven per decennium (min. 90% jaren dienen aanwezig te zijn). B) Image output gemiddelde temperatuur per cel (0.5/0.5 graad) voor het jaar 95 en zichtjaar 2050 (IPCC-SRES-B2 scenario). Verschil velden geeft temperatuursverandering.
5	<b>Rekenschema/ Methodebeschrijving</b>	Image 2.12 voor 1990/2050 Europese velden
6	<b>Onzekerheid</b>	A) Gegevens van afzonderlijke stations. Meteorologische metingen zijn in hoge mate gestandaardiseerd (WMO normen). Wel is het zo dat de omgeving van meetlocaties bij langdurig gebruik (decennia) langzaam van karakter kunnen veranderen. Als gevolg hiervan kan een meetreeks niet homogeen zijn. Er is geen informatie of dit probleem speelt bij (sommige) stations en of hier voor gecorrigeerd is.
7	<b>Invoer</b>	A) afzonderlijke tijdreeksen: lineaire regressie B) IPCC-SRES-B2 scenario, Image 2.12
8	<b>Overige opmerkingen</b>	Let op: A) voorlopige gegevens!

9	<b>Referenties</b>	<p>A) KNMI (Albert Klein Tank, Janet Wijngaard). European Climate Assessment 2000. Voorlopige gegevens per april 2000 (<a href="http://www.knmi.nl/samenw/eca/">http://www.knmi.nl/samenw/eca/</a>)</p> <p>B) Alcamo, J., E. Kreileman, M. Krol, R. Leemans, J. Bollen, J. Van Minnen, M. Schaeffer, S. Toet and B. de Vries (1998) Global modelling of environmental change: an overview of IMAGE 2.1. In: J. Alcamo, R. Leemans and E. Kreileman (eds.) Global change scenarios of the 21st century. Results from the IMAGE 2.1 model. pp. 3-94. Elsevier Science Ltd., Oxford.</p>
---	--------------------	---



## Bijlage 4      Verzendlijst

1. Mr.ir. J.H. Enter, Ministerie VROM/DGM, Directie Strategie en Bestuur
2. Dr.ir. B.C.J. Zoeteman, Plv. Directeur Generaal Milieubeheer, Ministerie VROM
3. Ir. A.P.M. Blom (VROM/DGM)
4. Drs. C.J. Sliggers (VROM/DGM)
5. Drs. H. Herremans (VROM/DGM)
6. Dr. K. Krijgsheld (VROM/DGM)
7. Dr. D. Dillingh (RIKZ)
8. Dr. J.G. de Ronde (RIKZ)
9. Dr. P.F. Heinen (RIKZ)
10. Dr. P.F. Havermans (RWS)
11. Dr. A.M.G. Klein-Tank (KNMI)
12. Dr. G.P. Konnen (KNMI)
13. Dr.ir. W. de Vries (Alterra)
14. Ir. J. Kros (Alterra)
15. Dr. M. Roemer (TNO)
16. Prof.dr.ir. P.J.H. Builtjes (TNO)
17. Dr.ing. J.W. Erisman (ECN)
18. Ing. A. Bleeker M.Sc. (TNO)
19. Depot Nederlandse Publicaties en Nederlandse Bibliografie
20. Directie RIVM
21. Ir. F. Langeweg (SV)
22. Ir. A.H.M. Bresser (LWD)
23. Ir. R. van den Berg (LBG)
24. Mw.dr. J. Hoekstra (LAE)
25. Drs. R.J.M. Maas (MNV)
26. Dr. ir. E. Lebret (LBM)
27. Dr.ir. D. van Lith (LLO)
28. Dr. A. Opperhuizen (TOX)
29. Dr. L.C. Braat (pl)
30. Mw.dr. M.C.H. Wittmer (plv pl)
31. Dr. R. Leemans (MNV)
32. Drs. B.J.E. ten Brink (LBG)
33. Dr.ir. D. van de Meent (ECO)
34. Drs. J.A. Bakkes (MNV)
35. Drs. O.J. van Gerwen (MNV)
36. Dr. E. Drissen (LAE)
37. Dr. H. van Grinsven (LBG)
38. Mw.drs. B.A.M. Staatsen (LBM)
39. Ing. M. Marra (LBM)
40. Dr. L. van Bree (LBM)
41. Dr.ir. E. Buringh (TOX)

42. Ir. P. H. Fischer (LBM)
43. Ir. K. Wieringa (MNV)
44. Dr. L. van Liere (LWD)
45. Drs. L.J. Brandes (LAE)
46. Prof.dr. G.P. van Wee (LAE)
47. Drs. A.E.M de Hollander (MNV)
48. Drs.ing. K.T. Geurts (LAE)
49. Mw.ir. P.F.L. Feimann (LAE)
50. Drs. J.A. Annema (LAE)
51. Mw.dr. M.A.J. Kuijpers-Linde (LAE)
52. Dr. A. Hinsberg (LBG)
53. Dr.ir. J.R.M. Alkemade (LBG)
54. Prof.dr. J.-P. Hettelingh (MNV)
55. Dr. M. Posch (MNV)
56. Ir. P.A.M. de Smet (MNV)
57. Drs. J.A. Oude Lohuis (LAE)
58. Dr.ir. B. Metz (MNV)
59. Drs. M.M. Berk (MNV)
60. Ir. B.J. de Haan (LBG)
61. Drs. J.M.M. Aben (LLO)
62. Ir. R.A.W. Albers (LLO)
63. Drs. E. Buijsman (LLO)
64. Ir. H.S.M.A. Diederer (LLO)
65. Ir. J. Jabben (LLO)
66. Dr.ing. J.A. van Jaarsveld (LLO)
67. Ir. P. Hammingh (LLO)
68. Dr. F.A.A.M. de Leeuw (LLO)
69. Drs. H. Noordijk (LLO)
70. Dr.ir. G.J.M. Velders (LLO)
71. Dr. J. Mathijssen (LLO)
72. P. Swaan (LLO)
73. Ir. W.J.A. Mol (LLO)
74. Ing. W.J de Vries (LLO)
75. Ing. H. Looyseghder (LLO)
- 76-83 Auteurs
- 84 SBD/Voorlichting & Public Relations
- 85 Bureau Rapportenregistratie
- 86 Bibliotheek RIVM
- 87 Bibliotheek LLO
- 88-110 Bureau Rapportenbeheer
- 111-130 Reserve exemplaren