

# CONCEPT EVALUATIE VERZURING IN HET NMP3

## Verzuringbeleid op de lange baan?

Pauline G. Dougle  
Pieter Kroon

### **Opmerking vooraf**

Deze notitie bevat een weergave van de bevindingen van ECN-Beleidsstudies bij het evalueren van verzuring in het NMP3. Nog niet alle vraagpunten zijn in de rest van de tekst verwerkt zijn, gedeeltelijk omdat het antwoord hierop niet bekend is, of niet in de beperkte tijd is te vinden gedeeltelijk wegens tijdgebrek (ofwel een aantal zaken, vooral op het terrein van emissiebestrijding, wordt in de definitieve versie nog toegevoegd).

## Inhoud

Opmerking vooraf	1
Samenvatting en conclusies	2
Inleiding	5
De doelstellingen in het NMP3	5
Verzuringprocessen en effecten	6
De kritische depositieniveaus	8
Emissieverloop	14
Emissie, verspreiding en depositie van ammoniak	16
Biodiversiteit	17
Het anti-verzuringbeleid	18
Bestrijding van de verzuring	21
Het beleid in het NMP3	22
Bijlage 1 Verloop van emissies per doelgroep	25

## Samenvatting en conclusies

Het thema verzuring in het NMP3 [1] biedt weinig nieuw beleid. Op een aantal terreinen wordt nu om diverse redenen een afwachtende houding aangenomen. De bestaande beleidsmaatregelen zullen er echter niet toe leiden dat de milieudoelen gehaald worden.

Allereerst is er discussie of één van de verzuringsdoelstellingen niet opgetrokken kan worden van 1400 zuurequivalenten/ha/jaar naar 1800 z.eq./ha/j. Dit punt is in 1995 al aan de orde gesteld in de aanbieding van de eindrapportage van de derde en laatste fase van het Additioneel Programma Verzuringsonderzoek (APV) [2,3]. Op een aantal punten (Al-uitspoeling en Al-basen) blijken de bossen volgens het APV meer totaal zuur te kunnen verdragen. Ook wat betreft twee knelpunten van het stikstofaandeel (nutriënten onbalans en nitraatuitspoeling) ligt het kritische niveau hoger dan eerst gedacht werd. Voor het effect van stikstof op de vegetatieverandering in bossen, die de laagste kritische waarde heeft, zijn er geen verbeteringen. De norm voor het stikstofaandeel blijft op 1000 mol N/ha/j. Voor de overige natuurgebieden (heide, duinen, oppervlaktewateren) zijn er geen nieuwe inzichten voor wat betreft hun draagvlak voor depositie van zuur of stikstof; voor oppervlaktewater wordt bij 1400 z.eq./ha/j de kritische waarde voor zuur reeds overschreden, voor heide en duinen ligt bij 1400 z.eq./ha/j de grens. Wanneer het doel van het beleid is, bossen en natuurgebieden zoveel mogelijk veilig te stellen, moet daarom de doelstelling voor totaal zuur niet worden verhoogd van 1400 naar 1800 z.eq./ha/j. Voor bossen zou dit toelaatbaar zijn, maar voor overige natuurgebieden is een depositie van 1800 z.eq./ha/j teveel! Uiteindelijk is in het NMP3 toch de 1800 z.eq./ha/j gehandhaafd.

De vierde milieuverkenning [4] geeft niveau's aan voor 2010 van 2300 z.eq./ha/jaar en 1700 mol N/ha/j, die bij een normale economische groei ook richting 2020 stabiliseren. Ofwel de huidige doelstellingen worden niet gehaald, en er is ook na 2010 geen trend tot een verdere terugloop. Wel blijkt het SO<sub>2</sub>-aandeel tot 600 z.eq./ha/j te kunnen dalen; de zuur-doelstelling is blijkbaar makkelijker te halen dan de stikstofdoelstelling. Hieruit kan geconcludeerd worden dat in de toekomst het beleids-knelpunt volledig bij emissie van NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> komt te liggen.

Gezien de internationale schaalgrootte van de problematiek heeft het weinig zin om ver vooruit te lopen; immers 50% van de verzuring komt uit het buitenland. Wordt hier nader naar gekeken dan blijkt op dit moment [5] vooral SO<sub>2</sub> uit het buitenland te komen en NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> in veel

mindere mate. Het zou dan ook duidelijkheid geven indien er in het NMP3 niet alleen cijfers genoemd zouden worden voor het aandeel van het buitenland in de zuur-doelstelling, maar ook voor het aandeel in de stikstof-doelstelling. Hoewel een groot gedeelte van de Nederlandse emissie van  $\text{NO}_x$  en  $\text{NH}_3$  naar het buitenland gaat, kan extra binnenlandse aanpak van deze stoffen wel degelijk voor de stikstof-situatie tot een verbetering leiden.

Het Nederlandse beleid maakt om een tweetal redenen pas op de plaats. In de eerste plaats zijn er technische en economische knelpunten om de emissie verder terug te dringen. Aan de andere kant is de milieu-situatie in Nederland afhankelijk van het beleid in de ons omringende landen. In internationaal verband is er inmiddels een tweede  $\text{SO}_2$ -protocol, waarbij duidelijk naar de draagkracht van de bodem gekeken is. Voor  $\text{NO}_x$  (eis stabilisatie tussen 1987 en 1994) en VOS (-30%) is inmiddels ook een protocol van kracht. Deze laatste zijn echter niet op milieudraagkracht maar op kosteneffectieve maatregelen gebaseerd. Voor  $\text{NH}_3$  is er nog geen protocol. Volgens het NMP3 is een geïntegreerd protocol in voorbereiding met zowel  $\text{SO}_2$ , als  $\text{NO}_x$ , VOS en  $\text{NH}_3$ . Aangezien de nationale plannen een belangrijke basis van dit protocol vormen, en Nederland al aangegeven heeft een voorbehoud te willen maken ten aanzien van het halen van de 2010 doelstelling voor de uitstoot van  $\text{NO}_x$  en  $\text{NH}_3$ , mag verwacht worden dat dit protocol niet voldoende streng wordt om de milieu-doelstellingen te halen.

Dat Nederland niet hard aan zijn eigen emissie-doelstelling voor 2010 vast wil houden heeft een technische en economische oorzaak. Met de huidige middelen blijken de emissies van  $\text{NO}_x$  en  $\text{NH}_3$  niet voldoende terug te dringen, tenzij overgegaan wordt tot een fors onrealistisch volumegericht beleid. Het ziet er naar uit dat VROM aangekondigde maatregelen om de industriële  $\text{NO}_x$ -emissie terug te dringen <sup>6</sup>voorlopig nog wat uitgesteld heeft. Mischien dat kosten-verevening in dit kader van betekenis kan zijn. In de praktijk is hier echter internationaal nog vrijwel geen ervaring mee. Ook de handel in emissies -in de VS- staat nog in de kinderschoenen. Men kan zich afvragen of niet eerst met nieuwe strenge normen gekomen moet worden, met name zaken die aanpassingen van bestaande apparatuur nodig maken, en pas daarna met kostenverevening, ofwel een aanpassings-eis stellen waaraan door aankoop van emissierechten niet voldaan hoeft te worden. Dit werkt misschien beter dan het werken met plafonds, waardoor een verdelingsprobleem ontstaat. Bij de  $\text{NO}_x$ -emissie uit voertuigen ligt een fors knelpunt bij de zware dieselmotoren. Een echte kosteneffectieve oplossing is nog niet ontwikkeld. Het is wel mogelijk om middels uitlaatgas-reiniging (SCR) de uitlaatgassen van een fors deel van de  $\text{NO}_x$  te ontdoen. Dit systeem dat al wel bij stationaire dieselmotoren wordt toegepast, is echter nog steeds niet tot een zodanig niveau ontwikkeld dat massale toepassing bij vrachtwagens mogelijk is. Het duurder maken van de voertuigen heeft duidelijk niet de prioriteit van de vervoermiddelen industrie. Inmiddels wordt er in Nederland wel een eerste proef mee gedaan.

Ten aanzien van het terugdringen van de  $\text{SO}_2$ -uitstoot is de afgelopen jaren forse vooruitgang geboekt. Technisch en economisch zijn hierbij voldoende reductiemogelijkheden. Een probleem dat nog steeds speelt, betreft de emissie van grensoverschrijdend verkeer in dit geval zeeschepen (maar bij vliegtuigen is er een vergelijkbaar probleem). De aanpassing van het zwavelgehalte van bunkerolie (in NMP3 wordt verwezen naar het MARPOL-verdrag) is al 15 jaar een punt van discussie. Dit zou nu toch eens opgelost moeten zijn! Het is onbegrijpelijk dat zeeschepen op de Nieuwe Waterweg per kg brandstof 3 tot 5 keer zoveel  $\text{SO}_2$ -emitteren per kg brandstof als de bedrijven waar ze langs varen. De emissie van zeeschepen op de Noordzee is dan ook bijvoorbeeld substantieel ten opzichte van de emissie van heel Nederland.

Opmerkelijk is de inconsistentie in weergave tussen het beleid van VROM en de milieu-evaluaties en -verkenningen van het RIVM. VROM rekent de te hoge concentraties van troposferisch ozon (zomer-SMOG) tot het thema verzuring, waarschijnlijk wegens de schade

aan bossen. Het RIVM rekent ozon tot het thema verspreiding, een thema dat VROM ook kent, maar dan met een andere invulling. Een ander verschilpunt is dat het RIVM voor de evaluatie van de ozonoverschrijdingen EU-normen hanteert van 110 micro gram/m<sup>3</sup> (8 uur gemiddelde) voor de bevolking en een daggemiddelde van 65 micro gram/m<sup>3</sup> voor ecosystemen [4,5]. Het NMP3 gebruikt nog de waarden uit 1989 uit het Bestrijdingsplan Verzuring [7] van 160 micro gram/m<sup>3</sup> respectievelijk 100/50 micro gram/m<sup>3</sup> (groeiseizoen gemiddelde). Deze verschillen komen de duidelijkheid van de problematiek niet ten goede. Daarnaast kan men zich afvragen waarom VROM niet overstapt naar de EU-normen.

## Inleiding

Op 27 september 1974 werd in Nederland met het Besluit zwavelgehalte brandstoffen een eerste stap gezet richting het terugdringen van de verzuring. Verzuring was op dat moment echter vrijwel onbekend; het besluit werd ingegeven door de gezondheidseffecten van te hoge SO<sub>2</sub>-concentraties in de Lucht. Op 13 november 1979 werd Genève het Verdrag betreffende grensoverschrijdende luchtverontreiniging getekend. Verzuring met als veroorzakers SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> was hieraan de orde, maar werd nog gezien als een probleem van vooral de Scandinavische landen. In januari 1984 stuurde de regering de notitie: "De problematiek van de verzuring" naar de Kamer. Verzuring was ook een Nederlands probleem geworden met als veroorzakers SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub>. Hierop volgde onderzoek, wetgeving, convenanten en internationale afspraken. Ozon, veroorzaakt door Vluchtige Organische Stoffen (VOS) en NO<sub>x</sub> bleek een medeveroorzaker van "verzuringseffecten" te zijn.

Inmiddels is Nederland bij het derde Nationaal Milieubeleidsplan (NMP3) aangeland. De daling van de SO<sub>2</sub>-uitstoot verloopt voorspoedig. Voor de overige stoffen, met name NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub>, is dit niet het geval. Aanvullend kosteneffectief beleid blijkt problematisch te zijn, en de doelstellingen worden naar een later tijdstip verschoven.

De VROM-raad zal een advies over het NMP3 uitbrengen. Ter voorbereiding van dit advies is ECN-Beleidsstudies gevraagd om een analyse van het verzuringsprobleem uit te voeren. De doelstelling van dit advies is:

- Beschrijving van het verzuringsprobleem (historische en recente ontwikkelingen).
- Kritisch evalueren van de aanpak (wat is er tot nu toe gedaan?)
- Waarom worden doelstellingen niet gehaald?
- Hoe past het NMP3 in dit beeld?.
- Aangeven van een aantal keuze mogelijkheden voor het NMP3.

## De doelstellingen in het NMP3

Het thema verzuring in het NMP3 omvat:

- aantasting van natuur en materialen door verzurende stoffen
- overbemesting met stikstof
- door ozon veroorzaakte bladschade bij planten en nadelige effecten op de gezondheid veroorzaakt door de stoffen SO<sub>2</sub> (zwaveldioxide), NO<sub>x</sub> (stikstofoxiden), NH<sub>3</sub> (ammoniak), VOS (vluchtige organische stoffen, ook wel aangeduid als koolwaterstoffen).

Het NMP3 noemt als bronnen:

van NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub> : verbrandingsemissie van industrie, raffinaderijen, energiesector, verkeer  
van NH<sub>3</sub> : dierlijke mest  
van VOS: verdamping brandstoffen en oplosmiddelen in diverse sectoren (industrie, raffinage, verkeer, huishoudens).

Verzuring is een grensoverschrijdend probleem; van de emissies in Nederland wordt het merendeel geëxporteerd: 66% van de SO<sub>2</sub>, 49% van de NH<sub>3</sub>, 91% van de NO<sub>x</sub> (nagaan; welke bron gebruikt het NMP3?). Bijna de helft (49%) van de depositie op Nederlands grondgebied is afkomstig uit buitenlandse bronnen.

Het doel van het beleid is het behoud van bossen en natuurgebieden zoveel mogelijk veilig te stellen.

De doelstellingen van het beleid worden uitgedrukt in een waarde voor de totale hoeveelheid zure depositie, met een maximum voor stikstof, en een maximale ozonconcentratie.

jaar	totaal potentieel zuur (mol/ha/j)	waarvan totaal stikstof (mol/ha/j)
2000	2400	1600
2010	1400 (na discussie over evt. 1800)	1000

Het Bestrijdingsplan verzuring [7] had al de onderstaande doelstellingen. Voor ozon hanteert het NMP3 dezelfde doelstellingen. Voor NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> gaat het NMP3 op 80% zitten in plaats van 80 tot 90% reductie.

	1994	2000	Lange termijn	Streef waarde
Zure depositie (eq. zuur per ha per jaar)	4000	2400	1400	400
Ozon (micro g/m <sup>3</sup> )				
* max uurgemiddeld		240 (max. 2 overschr./j)	240	120
* 8 uurgemiddeld		160 (max. 5 overschr./j)	160	
* groeizeizoen gemiddelde		100	100	50
Reductiedoelstellingen in % t.o.v.				
1980				
NH <sub>3</sub>	30%	70% <sup>1</sup>	80 à 90%	
NO <sub>x</sub>	20%	50%	80 à 90%	
SO <sub>2</sub>	60%	80%	80 à 90%	
VOS	30%	60%	80	

<sup>1</sup> doelstelling verschoven naar 2005

## Verzuringprocessen en effecten

### Onbalans

Met betrekking tot verzuring is momenteel in Nederland de combinatie van een overmaat aan stikstofdepositie en met verzuring van de bodem de oorzaak van de meest nadelige effecten: vegetatieveranderingen. Het verlies van vele zeldzame planten brengt tevens het verdwijnen van allerlei dieren met zich mee. Stikstof en verzuring vormen daarmee met name een bedreiging voor de biodiversiteit.

In combinatie met bodemverzuring zorgt de overmaat aan gedeponeerd stikstof voor een onbalans in de nutriëntenvoorziening van planten en bomen. Dit is het belangrijkste proces in Nederland. De bodemverzuring leidt tot uitspoeling van voedingsstoffen zoals kalium, magnesium en calcium, waardoor de verhouding tussen deze stoffen en de hoeveelheid stikstof scheef komt te liggen. De te grote hoeveelheid stikstof die op en in de bodem terecht komt, maakt dat deze verhouding nog verder uit balans raakt. Al deze processen vallen onder de noemer verzuring, wat nogal eens tot verwarring leidt.

De nutriëntenonbalans komt neer op overbesteding met en verdringing van voedingsstoffen door stikstof. Dit laatste speelt vooral in sterk zure, voedingsarme en slecht ontwaterde gronden

(O<sub>2</sub>-gebrek). Daar is de nitrificatie geremd, met als gevolg ophoping van NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Dit ammonium verdringt andere basische kationen die de planten als voeding nodig hebben. Deze eenzijdige voeding kan leiden tot gebreksverschijnselen bij de planten.

### **Veroorzakers**

Deze belangrijkste effecten zijn indirecte effecten van verzuring. De indirecte effecten van verzurende stoffen hangen samen met de depositie van SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> en de stoffen die daaruit worden gevormd:

- SO<sub>2</sub> wordt geoxideerd tot het sterk zuur zwavelzuur, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- NO<sub>x</sub> wordt geoxideerd tot het sterke zuur salpeterzuur, HNO<sub>3</sub>
- Een deel van het zwavelzuur en salpeterzuur reageert met NH<sub>3</sub> tot deeltjesvormige luchtverontreiniging
- NH<sub>3</sub> versnelt de vorming van zwavelzuur uit SO<sub>2</sub>
- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en/of NH<sub>3</sub> vormen na depositie plantenvoeding; een overmaat aan NH<sub>4</sub><sup>+</sup> leidt tot overbemesting
- NO<sub>x</sub> en HNO<sub>3</sub> -depositie leidt eveneens tot plantenvoeding en overbemesting
- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> wordt door bacteriën in de bodem omgezet in nitraat, waarbij zuur vrijkomt

### **Directe effecten**

Directe effecten zijn het gevolg van hoge concentraties van verzurende stoffen in de lucht. SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> komen niet of nauwelijks meer voor in zulke hoge concentraties in Nederland, dat er ernstige directe effecten optreden, behalve op korstmossen. Gevoelige korstmossen zijn verdwenen in Nederland. VOS en NO<sub>x</sub> leiden echter onder zonnige omstandigheden tot de vorming van O<sub>3</sub> en leidt tot naald- en bladschade bij gevoelige plantensoorten, een versterking van de directe effecten van SO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> op planten versterkt [3]. Directe effecten van ammoniak, beschadiging van bladeren en naalden van planten en bomen, treden alleen op bij zeer hoge concentraties nabij bronnen [8].

### **Bodemverzuring**

In de bodem regelen evenwichtsprocessen de zuurgraad; als de hoeveelheid zuur enigszins toeneemt, zijn er buffermechanismen waardoor de zuurgraad weer afneemt. (Zuur = H<sup>+</sup>; pH = maat voor zuurgraad: logaritme van de concentratie H<sup>+</sup>; hoe zuurder, hoe groter de concentratie, hoe lager de pH.) Daarbij wordt het zuur uitgewisseld tegen andere stoffen, die als buffer optreden; voedingsstoffen (basische kationen) en aluminium.

Bij verzuring wordt de toename van de hoeveelheid zuur zo groot, dat de natuurlijke regeling wordt verstoord en de buffers gaandeweg uitgeput raken. De hoeveelheden vrijgemaakte voedingsstoffen en aluminium worden te groot. Een deel van de voedingsstoffen spoelt uit de wortelzone van de bodem uit naar het grondwater en is niet langer beschikbaar voor planten; de bodem wordt daardoor armer aan voedingsstoffen en dit kan gebreksverschijnselen opleveren bij de planten.

Het aluminium is giftig; teveel aluminium in het water dat in de bodem zit, leidt tot beschadiging van plantenwortels en van wortelschimmels die de plant nodig heeft voor de opname van voedingsstoffen en water. Ook dit kan leiden tot gebreksverschijnselen bij de plant en en grotere gevoeligheid voor droogte.

Ook het grondwater, dat onder andere dient voor de bereiding van drinkwater, raakt door verzuring vergiftigd met aluminium dat uit de bodem uitspoelt naar het grondwater.

NO<sub>x</sub>-depositie leidt tot salpeterzuur in de bodem, dat splitst in H<sup>+</sup> en nitraat. Een deel van het nitraat wordt opgenomen door planten als meststof. NO<sub>x</sub> leidt aldus zowel tot verzuring als tot eutrofiëring (overbemesting). De overmaat aan nitraat spoelt uit naar het grondwater en leidt ook tot vergiftiging van het drinkwater. Uit onderzoek in 155 bos- en heideterreinen op arme

zandgronden blijkt dat in 20% van de gevallen de nitraatnorm voor drinkwater wordt overschreden en in 80% van de gevallen de aluminiumnorm voor drinkwater [8].

Ammoniak kan in de vorm van ammonium worden opgenomen door planten als voeding, maar ook kan ammonium door bacteriën worden omgezet in nitraat (nitrificatie). Daarbij komt zuur vrij. Ammoniak heeft daardoor zowel een verzurende als een vermestende werking.

### **Effect op de biodiversiteit**

Voor veel ecosystemen is stikstof de beperkende factor. Extra toediening van stikstof leidt dan tot forse groei van bovengrondse bestanddelen, die daardoor echter wel gevoeliger worden voor aantasting door insecten en schimmelziekten. Het wortelstelsel blijft in verhouding klein; dit maakt de plant gevoeliger voor droogte en vorst en storm (bomen) en het belemmert de opname van voldoende voedingsstoffen uit de bodem.

Effecten van een teveel aan stikstof zijn verder veranderingen in de vegetatie; alle minder algemene en zeldzame soorten zijn gebonden aan voedselarme milieus. In de competitie tussen zeldzame en stikstofminnende soorten, krijgen bij een toename van de hoeveelheid stikstof de laatsten de overhand. In de ondergroei in bossen gaan grassen, brandnetels en bramen overheersen. Heidegebieden vergrassen en gaan achteruit in soortenrijkdom. In zwak gebufferd oppervlaktewater maken karakteristieke planten plaats voor meer algemene soorten.

Verzuring en stikstof hebben ook invloed op het dierenleven: de mortaliteit van amfibieën neemt toe, het aantal vissoorten neemt af. De bodemfauna (schimmels, aaltjes, springstaarten) gaat achteruit in aantal en diversiteit, net als libelles, vlinders en broedvogels. Een bekend voorbeeld is dat de eischalen van koolmezen dunner worden, doordat ze te weinig huisjesslakken binnen kregen, hetgeen weer een gevolg was van de afname van de hoeveelheid kalk door de bodemverzuring.

In oppervlaktewater spelen ook evenwichtsprocessen een rol bij de regeling van de zuurgraad. Daarvoor is de uitwisseling van zuur tegen aluminium nog ernstiger; aluminium is zeer giftig voor vissen. Daarom liggen de effectdrempelwaarden voor oppervlaktewater lager.

De verzuring, inclusief de stikstofdepositie, leidt aldus tot een vermindering van de soortenrijkdom aan planten en dieren in Nederland. In het Natuurbeleidsplan (1990) is voor Nederland een ecologische hoofstructuur (EHS) vastgesteld, waarin natuurdoeltypen zijn vastgesteld die behouden dienen te blijven. Met de ondertekening van het Biodiversiteitsverdrag in Rio de Janeiro in 1992 en de ratificatie in 1994 heeft de Nederlandse regering zich verplicht te streven naar het behoud van de soortenrijkdom en hiernaar onderzoek te doen. Dit verdrag is in Nederland geïmplementeerd in het Strategisch Plan van Aanpak biologische diversiteit (1995). Het streven naar behoud van biodiversiteit stelt beperkingen aan de ruimte om de voortschrijding van de verzuring op zijn beloop te laten. In documenten over de aanpak van het behoud van de biodiversiteit wordt wel aangegeven dat dit milieu-eisen stelt, onder meer op het gebied van verzuring [9, 10, 11]. De link naar biodiversiteit wordt in het verzuringsbeleid echter nog niet expliciet gelegd.

### **De kritische depositieniveaus**

Deze doelstellingen in het NMP3 zijn gebaseerd op de resultaten van het Additioneel Programma Verzuringsonderzoek. Dit is het landelijk gecoördineerd verzuringsonderzoek, dat van 1984 tot en met 1994 is verricht. De eindrapportage van de tweede fase, uit 1991, was de



basis voor de tot nu toe geldende depositiedoelstellingen. De doelstellingen in het NMP3 zijn gebaseerd op de eindrapportage van de derde fase (1995).

Op basis van gezamenlijke onderzoeksinspanningen zijn twee typen effectdrempelwaarden vastgesteld. Kritische concentratieniveaus zijn die concentraties boven welke directe negatieve effecten op planten, ecosystemen of materialen kunnen plaatsvinden, volgens de huidige wetenschappelijke kennis. Kritische depositieniveaus zijn een kwantitatieve schatting van het depositieniveau van een of meer verontreinigende stoffen, waar beneden schadelijke effecten op specifieke gevoelige elementen van de omgeving, volgens de huidige wetenschappelijke kennis, niet optreden. Deze gelden voor een langere blootstellingsduur.

De kritische concentratie- en depositieniveaus hebben betrekking op effecten. Voor verschillende effecten van verzuring en stikstof zijn daarom verschillende drempelwaarden vastgesteld. Tevens zijn er verschillende drempelwaarden voor verschillende ecosystemen, omdat tussen verschillende combinaties van bodem- en vegetatietypen verschillen zijn in de gevoeligheid voor zuur en stikstof.

De hierna gepresenteerde tabellen geven de kritische depositiewaarden weer volgens het APV-III, voor bossen en voor niet-bosecosystemen, voor potentieel zuur en voor stikstof. De tabellen zijn aangevuld met de meest recente waarden voor het effect vegetatieverandering [12]. De ranges zijn het gevolg van onzekerheid in de data. Voor loofbos zijn geen kritische depositieniveaus bepaald voor de verhoogde gevoeligheid en de nutriënten-onbalans, wegens het ontbreken van voldoende gegevens.

ecosysteem	effect	kritische depositiewaarde voor potentieel zuur
naaldbos	Al-uitputting	1650
naaldbos	schade aan wortels, remming van opname	1900

ecosysteem	effect	kritische depositiewaarde voor potentieel zuur
loofbos	Al-uitputting	1800
loofbos	schade aan wortels, remming van opname	2450

ecosysteem	kritische depositiewaarde voor potentieel zuur
droge heidevegetatie	1100-1400
natte heidevegetatie	1100-1400
heideschraallanden	1000-1500
kalkgraslanden	>5000
duinvegetaties	1000-1500
zwak gebufferde wateren	400
bronnen en stromend water	500-1000

ecosysteem	effect / indicatie	kritische depositiewaarde voor stikstof
naaldbomen	remming van opname (nutriëntenonbalans)	1500-2000
naaldbomen	toename stressgevoeligheid	1500-3000

zeer arme naaldbossen	vegetatieveranderingen	500-700 [12]
overige naaldbossen	vegetatieveranderingen	700-1400
naaldbos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> uitspoeling naar grondwater	2150

ecosysteem	effect / indicatie	kritische depositiewaarde voor stikstof [3]
loofbomen	remming van opname (nutriëntenonbalans)	-
loofbomen	toename stressgevoeligheid	-
loofbos	vegetatieveranderingen	700-1400 [12]
loofbos	NO <sub>3</sub> uitspoeling naar grondwater	3000

ecosysteem	effect / indicatie	kritische depositiewaarde voor stikstof:
		<i>aanpassen + uitbreiden zie rapport Perspectieven... p. 13</i>
droge heidevegetatie	overgang dwergstruiken naar gras	1100-1400
natte heidevegetatie	overgang dwergstruiken naar gras	1200-1600
heideschraallanden	verdwijnen karakteristieke soorten	500-1100
kalkgraslanden	toename hoog gras, afname diversiteit	1000-1800
duinvegetaties	toename hoog gras, afname diversiteit	800-1400
zwak gebufferde wateren bronnen en stromend water	afname isoetide waterplanten	360-700 onbekend

Vegetatietype	effect [ 3]	Kritische depositiewaarde [12] (mol/ha/j)
heide	overgang dwergstruiken naar gras	1100-1600
kalkgrasland	toename hoog gras, afname diversiteit	1100-1800
duinvegetatie, kalkrijk	toename hoog gras, afname diversiteit	1100-1400
duinvegetatie, kalkarm	toename hoog gras, afname diversiteit	700-1100
hoogveen	vegetatieverandering	350-700
vennen	“	350-700
trilvenen	“	1400-2500
kalkrijke duinplassen	“	700-1400
droog schraalland, zolverhaververbond	“	1400-2200
droog schraalland,	“	1100-1400

De kritische depositieniveaus voor de vitaliteit van bossen (eigenlijk: bomen) zijn verhoogd ten opzichte van de vorige rapportage van het additioneel programma verzuringsonderzoek (deel II). Deze verhoging heeft aanleiding gegeven voor discussie over het verhogen van de zuurdepositiedoelstelling van 1400 naar 1800 z.eq./ha/j.

Het verschil tussen de oude en nieuwe waarden voor de kritische depositieniveaus komt deels doordat nieuwe gegevens beschikbaar zijn gekomen, maar ook doordat voor een deel andere criteria zijn gebruikt. Zo wordt de aluminium-concentratie in het bodemvocht niet langer beschouwd als betrouwbare indicator voor schade aan de wortelgroei van bomen, reden waarom dit criterium is vervallen. Verder is het criterium Al/Ca-verhouding  $<1$  vervangen door het criterium  $Al/(Ca+Mg+K) < 1$ , dat een betere relatie heeft met de optredende effecten. Dat ook Mg en K worden meegeteld, leidt tot hogere toegestane Al-concentraties en daardoor ook tot hogere kritische depositiewaarden. De kritische depositie in verband met nitraatuitspoeling is verhoogd doordat andere gegevens zijn gebruikt: er is gerekend met een hogere opname van stikstof in naaldbomen en met een hoger netto neerslagoverschot.

Rechtvaardigen de waarden in APV-III een verhoging van de kritische zuurdepositiewaarde naar 1800 z.eq ha<sup>-1</sup>j<sup>-1</sup> ?

Uit de tabellen blijkt, dat 1800 z.eq/ha/j voor de vitaliteit van bossen voldoende is, met uitzondering van het criterium Al-uitputting. Volgens het APV-III betekent dit, dat de buffercapaciteit van de bodem langzaam achteruit gaat en in een periode van 100 à 200 jaar zal zijn uitgeput.

Wanneer de doelstelling van het beleid louter is gericht op het behoud van de bosvitaliteit (boomvitaliteit), dan zou verhoging naar 1800 z.eq./ha/j op basis hiervan redelijk zijn. Een depositie van 1800 z.eq/ha/j is echter teveel voor alle ecosystemen (zie tabel); daar treden bij lagere deposities al veranderingen op in de vegetatie. Voor deze systemen zou het beter zijn de doelstelling van 1400 z.eq/ha/j te handhaven.

Bij een stikstofdepositie die beneden de beleidsdoelstelling van 1000 mol/ha/j blijft, wordt in loofbos en in naaldbos vegetatieverandering voorkomen. Voor nitraat-uitspoeling wordt daarmee niet de streefwaarde voor naaldbos gehaald, maar wel de drinkwaternorm voor zowel naald- als loofbos.

Omdat het belangrijkste effect van verzuring in Nederland de combinatie is van bodemverzuring en stikstofdepositie, kunnen de grenswaarden voor zuur en stikstof niet los van elkaar worden gezien.

Overschrijding van de kritische waarden leidt tot een risico op effecten, met name het verdwijnen van soorten. De grootte van het risico is afhankelijk van de mate en de duur van de overschrijding. Voor enkele natuurdoeltypen zijn modelberekeningen gedaan hoeveel procent van de soorten verdwijnt als functie van de overschrijding van de kritische waarde. Daar zijn enkele voorlopige resultaten uit voortgekomen. Dit is gedaan voor verschillende natuurdoeltypen. Bij het kritische depositieniveau zou 40-60% van de soorten beschermd zijn, bij overschrijding van de kritische waarde met een factor 2 slechts 10- 30%, zoals te zien in de figuur [19]. Om welke soorten het precies gaat en het tempo waarmee, is niet goed bekend [12].

*figuur toevoegen*

Via 'expert judgement' zijn verhoogde kritische waarden afgeleid die kunnen worden gehanteerd wanneer effectgerichte maatregelen worden toegepast. Dit zijn extra beheersmaatregelen, die gericht zijn op ongedaan maken van de effecten van verzuring en eutrofiëring. Deze effectgerichte maatregelen zijn tot nu toe gezien als overbruggingsmaatregelen, die nodig zijn zolang de depositie nog niet voldoende is verminderd. Wanneer deze echter blijvend zouden worden toegepast, zouden nadelige effecten pas optreden bij een hogere depositie. Zo ontstaan de 'kritische depositiewaarden met EGM.' Deze staan een hogere depositie toe, namelijk die waarbij er bij toepassing van deze extra maatregelen geen schadelijke effecten optreden. Deze zijn zo'n factor 2 groter dan de echte kritische waarden, waarbij aangetekend moet worden dat dit niet geldt voor bosecosystemen, trilvenen en zure vennen, omdat effectgerichte maatregelen daarvoor niet mogelijk zijn. De als overbruggingsmaatregelen bedoelde maatregelen worden op deze manier gebruikt om de doelstelling aan te passen [19].

De figuur laat de ruimtelijke verdeling van de kritische depositiewaarden zien voor alleen ammoniak, ter bescherming van de Ecologische Hoofdstructuur, uitgaande van de laagste range van kritische waarden voor vegetatieveranderingen en de aangepaste kritische waarden.. Daarbij zijn aannamen gedaan over de depositie van  $\text{NO}_x$ .

*invoegen figuur*

Overigens moet onderscheid worden gemaakt tussen vitaliteit van bossen en kwaliteit van bosecosystemen. In het eerste geval gaat het louter om de bomen in het bos (eigenlijk boomvitaliteit), in het tweede geval gaat het ook om de vegetatie onder de bomen en de dieren die in het bos leven.

### **Onzekerheden**

De kritische depositieniveaus voor deze twee effecten verschillen in hardheid. De kritische belastingen voor Al-uitputting en schade aan wortels zijn afgeleid met behulp van laboratoriumexperimenten en modellen. Overschrijding van deze kritische waarden zijn een indicatie dat het niet goed gaat met het bos, maar een eenduidige relatie met de vitaliteit van bomen (blad- en naaldbezetting en -verkleuring) is moeilijk te leggen. Voor de vitaliteit zijn namelijk zeer vele andere stressfactoren en de combinatie daarvan (ziekte, droogte, plagen en dergelijke) van belang. De relatie van de afname van de vitaliteit van bossen en bodemverzuring alleen is alleen in zeer extreme omstandigheden aangetoond.

De kritische belastingen voor vegetatieveranderingen door stikstof in combinatie met verzuring zijn harder, omdat ze niet alleen zijn bepaald met behulp van modellen, maar tevens op basis van veldonderzoek. De zo bepaalde kritische waarden worden ruimschoots overschreden en hoewel de onzekerheid kan oplopen tot circa 50%, blijken de genoemde effecten in het veld ook daadwerkelijk op te treden. [<sup>13</sup>

De onzekerheid in de kritische waarden is een gevolg van de onzekerheden in modelveronderstellingen en invoergegevens, zoals aangegeven is in het rapport van APV-III. Het Heidelberg Appeal Nederland (HAN), een groep kritische wetenschappers, legde sterk de nadruk op deze onzekerheden en beweerde dat daarom geen beleid gebaseerd kon worden op deze kritische waarden. In de discussie tussen de onderzoekers speelde opnieuw het misverstand dat een van de conclusies van de eerste fase van het APV zou zijn geweest, dat 80% van de bomen zou doodgaan. Deze interpretatie van de formulering dat 20% van de bomen beschermd zou zijn bij een kritische waarde van 2400 mol/ha/j heeft in 1988 tot grote commotie in de media geleid. Vergeleken bij deze (niet-wetenschappelijke) veronderstelling valt de boomvitaliteit inderdaad mee: 25% van de bossen is in vitaliteit aangetast [12]. De uitkomst van een bijeenkomst van de onderzoekers uit het APV en het Heidelberg Appeal Nederland met politici, voorjaar 1996, was de uitkomst dat het HAN zich uiteindelijk wel liet overtuigen dat voor vegetatieveranderingen kritische waarden konden worden opgesteld. Maar het HAN benadrukte dat de politiek dan keuzen moet maken welke natuur behouden dient te blijven en welke niet en wat daarvan de economische en maatschappelijke consequenties zijn, en dat daarop dan de kritische waarden gebaseerd moeten zijn [<sup>14</sup>.

Het onderzoek naar verzuring heeft tot 1995 plaatsgevonden in het kader van het Additioneel Programma Verzuringsonderzoek. Daaruit is voor de landelijke en regionale schaal voldoende kennis voortgekomen, maar met name over de lokale schaal bestaan nog veel vragen. Sinds 1997 loopt het Stikstofonderzoeksprogramma, afgekort STOP. Dit richt zich met name op de vertaling van stikstofemissies op lokale en regionale schaal naar de effecten op natuurgebieden en het ontwikkelen en combineren van methodes om deze vertaling te kunnen maken. Ook wordt onderzoek gedaan om de onzekerheid in de kritische waarden te verkleinen en om mogelijk verschillende beschermingsniveaus aan te geven voor de belasting van natuurdoeltypen, niet alleen voor ammoniak maar ook voor stikstofdioxide. Het onderzoek is erop gericht een instrument te maken waarmee bepaalde afwegingen voor maatregelen kunnen worden gemaakt, zoals lokale versus regionale of landelijke schaal, NO<sub>x</sub> (verkeer) versus NH<sub>x</sub> (landbouw) en de keuze voor maximaal toelaatbare effecten.

## Emissieverloop

In bijlage 1 is aangegeven hoe het emissieverloop per doelgroep is, inclusief de verwachting in het European Coordination scenario (EC; nog zonder het NMP3 beleid). Voor VOS ligt het doel in 2000 op 193 kton terwijl in EC-2000 267 kton gerealiseerd wordt (38% teveel). Voor  $\text{NH}_3$  ligt het doel op 82 kton. Hier wordt in EC-2000 132 kton gerealiseerd (61% te veel). Voor  $\text{NO}_x$  ligt het doel op 249 kton en de realisatie in EC-2000 op (80% te veel). Voor  $\text{SO}_2$  tenslotte is 92 kton het doel en de realisatie 94 kton (2% teveel). Het beeld voor de lange termijn doelstelling (in Bestrijdingsplan Verzuring [7] gekoppeld aan 2010) is voor de vier stoffen niet beter. Voor VOS,  $\text{NH}_3$  en  $\text{NO}_x$  zal de uitstoot in 2010 naar verwachting de lange termijn doelstelling overtreffen. De overschrijdingspercentages zullen naar verwachting van dezelfde orde of nog hoger zijn dan die gekoppeld zijn aan de doelstelling voor 2000. Voor  $\text{SO}_2$  is er in EC-2010 ook sprake van een overschrijding. In principe is deze overschrijding gezien de aard (gekoppeld aan het zwavelgehalte van de brandstof) en de bronnen (grote vuurhaarden of "via" grote oliestromen in de raffinaderijen) van de emissie wel tot het gewenste niveau terug te dringen.

Figuur 1 geeft het verloop van de emissie in de tijd naar de diverse stoffen [4, <sup>15</sup>]. De emissie van  $\text{NH}_3$  voor de periode 1960-1975 is hierbij door ECN ingeschat op basis van de omvang van de veestapel. Opgemerkt kan hierbij nog worden dat de emissie van  $\text{NH}_3$  sterk afhankelijk is van de gekozen emissiefactoren. Hier zitten nogal wat onzekerheden in. De allereerste emissiecijfers die gepubliceerd werden wijken dan ook af van de hier weergegeven cijfers. Voor VOS is de "historische" emissie in de loop van de tijd ook "toegenomen"; mede door de inventarisatie van het programma KWS-2000 zijn nieuwe emissies aan het licht gekomen. In figuur 2 is een deel van deze emissie weer aanwezig, maar nu omgerekend naar zuurequivalent. Duidelijk is hier te zien dat de emissie aan verzurende stoffen (met name door  $\text{SO}_2$ ) rond 1960-1980 aanzienlijk hoger was dan nu het geval is. De figuur geeft tevens aan dat het knelpunt (los van de verspreiding van de stoffen) duidelijk bij  $\text{NH}_3$  en  $\text{NO}_x$  komt te liggen.

Figuur 3 geeft het plaatje voor de Nederlandse depositie verdeeld naar de drie stoffen. Aangezien  $\text{SO}_2$  voor een belangrijk deel in Nederland blijft en  $\text{NO}_x$  (volgens de nieuwste inzichten) juist veel minder is het beeld iets anders dan bij de emissies. Ook zitten hier natuurlijk de buitenlandse bronnen bij. Niettemin is duidelijk dat het stikstofaandeel in de verzurende depositie substantieel (te veel) is.



*Toevoegen figuur 1 t/m 3*

## **Emissie, verspreiding en depositie van ammoniak**

De emissie van ammoniak is van 254 miljoen kg in 1980 afgenomen tot 150 miljoen kg in 1996 [5]. Dit is berekend met behulp van modellen, waarin met landelijk gemiddelde emissiefactoren wordt gewerkt. De onzekerheid in het landelijk gemiddelde cijfer is 25-30%. Regionaal en lokaal is de onzekerheid groter. De emissiefactoren worden wel afgeleid uit metingen. Ook worden metingen gebruikt om na te gaan in hoeverre de modelberekeningen kloppen.

Van de totale ammoniak-uitstoot komt ca. 30% terecht binnen vijf km van de bron, 20% zelfs binnen een straal van een km. De helft van de ammoniak die vrijkomt (stallen, mestopslagen, beweiding van vee, bemesting van bouw- en weiland) slaat neer in de vorm van ammoniak. De andere helft reageert met zwavelzuur en salpeterzuur in de lucht tot ammoniumverbindingen. Deze kunnen over grotere afstanden worden verplaatst, tot 1000 km, alvorens het ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) neerslaat.

De hoogste concentraties en deposities van ammoniak en ammoniumverbindingen worden gevonden in de directe nabijheid van stallen in gebieden waar de intensieve veehouderij is geconcentreerd: Oost-Brabant, Noord-Limburg, de Gelderse Vallei. Daar zijn gebieden waar meer dan 5000 mol/ha/j neerslaat, terwijl in Zeeland en Groningen de gemiddelde depositie minder dan 1500 mol/ha/j bedraagt.

Voor de depositie van ammoniak is de concentratie van belang; bij hogere concentraties, zoals rondom bronnen, is de depositie groter. Ten tweede speelt de aard van het terrein een rol. Waar het terrein ruwer wordt, zoals bij een bosrand, veranderen de windbewegingen en neemt de depositie toe. De structuur van het bos (hoogte en dichtheid van de bomen e.d.), is ook sterk bepalend voor de depositie.

De droge depositie van ammoniak en ammonium op bossen is ongeveer 18% hoger dan het gemiddelde in Nederland [8].

De gevoeligheid voor stikstof (en verzuring) is sterk verschillend van gebied tot gebied. (bijvoorbeeld kalkloze zandgronden zijn gevoelig voor zowel verzuring als eutrofiëring, hoogveengronden en kalkrijke zandgronden en hellinggronden zijn eutrofiëringsgevoelig). De voor stikstof en verzuring meest gevoelige gebieden zijn juist die gebieden waar de intensieve veehouderij, de belangrijkste bron van ammoniak-emissies, is gevestigd.

Een beleidsmatige koppeling van het verzuringsbeleid aan de het beleid met betrekking tot de ruimtelijke inrichting van Nederland, vastgelegd in de nota Nederland 2030, ligt voor de hand. In recente onderzoeken wordt daartoe een aanzet gegeven door de relatie te leggen tussen de ammoniak-emissie en de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) waarnaar gestreefd wordt in het Natuurbeleidsplan (1990). De Nederlandse  $\text{NH}_3$ -bronnen dragen voor een groot deel bij aan de totale N-depositie op de EHS, mede gezien het feit dat de bronnen liggen in of nabij EHS-gebieden. Er kan gedacht worden aan gebiedsgerichte maatregelen en aan verplaatsing van landbouw- of natuurfuncties.

In een onderzoek van onder andere het RIVM wordt bekeken hoe met behulp van ecosysteem-specifieke kritische waarden voor verschillende gebieden in Nederland verschillende emissieplafonds kunnen worden vastgesteld. Volgens de gebruikte scenario's worden natuur en landbouw ruimtelijk van elkaar gescheiden. Met behulp van een model dat emissie-depositierelaties voor ammoniak bevat is, uitgaande van de natuurdoelstellingen en bijbehorende kritische waarden, de optimale ruimtelijke verdeling van de emissie berekend.



Uitgaande van een vastgestelde totale depositie wordt in sommige regio's de emissie verlaagd en in andere verhoogd, zo dat de natuurdoelen nog volledig gerealiseerd kunnen worden. Dit betekent verplaatsing van de bronnen (lees: de intensieve veehouderij) naar gebieden ver van de te beschermen natuurgebieden: Zeeland, West-Nederland en de Flevopolder. Bij een verplaatsing van ca. 14 van de totaal 50 kton NH<sub>3</sub>-emissie wordt dan wel de gehele EHS beschermd.

Nog niet is duidelijk wat de sociaal-maatschappelijke en financieel-economische gevolgen zouden zijn. Dit soort maatregelen zou moeten worden meegenomen in discussies omtrent de toekomstige ruimtelijke ontwikkeling van Nederland, aangezien het een alternatief kan zijn voor relatief dure technische maatregelen en verdergaande volume-maatregelen om de doelstellingen te halen.

## **Biodiversiteit**

Biodiversiteit is de verscheidenheid aan soorten en de variatie binnen soorten en de verscheidenheid aan ecosystemen. Biodiversiteit wordt, samen met energie en ruimte, door Minister van VROM gezien als de belangrijkste duurzaamheidsvariabele.

De slechte milieukwaliteit heeft een negatief effect op de biodiversiteit. Vooral de bossen met een hoge natuurwaarde worden bedreigd. Van de circa 100 inheemse boom- en struiksoorten (braamstruiken niet meegerekend) is bijna de helft nu zeldzaam tot zeer zeldzaam. Vermesting en verzuring horen tot de belangrijkste bedreigingen, naast versnippering en verdroging. ongeveer 90% van de bossen is gevoelig voor verzuring, ongeveer 52% van de bossen is gevoelig voor vermisting, 31% is matig gevoelig en 17% is niet gevoelig. De internationaal belangrijkste ecosystemen in Nederland zijn de duinen, getijdengebied en de Noordzee en de vochtige voedselarme delen van de hogere zandgronden. Dit is bepaald volgens een indeling van natuurlijke en halfnatuurlijke leefgebieden (habitats) in de Europese Unie volgens de Habitatrictlijn van de EU. Deze ecosystemen leveren een belangrijke bijdrage aan de internationale biodiversiteit. De overige belangrijke systemen, de riviersystemen en estuaria, en voedselarme hogere zandgronden, zijn zwaar aangetast en voldoen niet of nauwelijks aan de natuurlijke criteria van de Habitatrictlijn. De laatste zijn aangetast door vermisting, verdroging, en ontginning.

Ter voorbereiding van de Perspectievennota Nederland 2030, zijn verkenningen gedaan naar mogelijke toekomstige ruimtelijke indeling van Nederland<sup>[16]</sup>. Onder de opgaven waarvoor het ruimtelijk beleid staat, is de eigenwaarde van natuur, landschap en biodiversiteit. Bij dat onderwerp wordt de vraag gesteld, welke ruimtelijke voorwaarden moeten worden gecreeerd voor het behoud en het versterken van de biodiversiteit in ons land. Vier ruimtelijke perspectieven resulteren. Deze zijn gebaseerd op een dertiental discussiescenario's, waarvan er een met name gericht is op het creëren van kansen voor behoud en versterking van de biodiversiteit in ons land, door het scheppen van ruimte voor delta's, wadden, duinen, laagveengebieden, grote rivieren en zoetwatergetijdengebieden. Een koppeling met de ruimtelijke patronen van emissies van verzurende en vermestende stoffen is daarbij niet gemaakt, maar zou wel mogelijk zijn. Op deze manier kan een koppeling worden gelegd tussen naar regio gedifferentieerd verzuringsbeleid en de ruimtelijke inrichting van Nederland.

### *Speelruimte*

*Gezien doelstellingen biodiversiteit weinig speelruimte.*

*Speelruimte zit met name in gebiedsgerichte differentiatie, gekoppeld aan ruimtelijke indeling van Nederland.*

*Vereist keuze tussen handhaven doelstelling en ingrijpende maatregelen nemen, of doelstellingen laten varen.*

*Uitruil  $NO_x / NH_3$  en  $SO_2$ . „niet effectief; duidelijke effecten stikstof.  $NO_x$  ook ozonvorming, deeltjesvorming (verontreiniging door “fijn stof” o.a. luchtwegaandoeningen, zie Milieubalans 1997)*

*Nitraatnormen; we moeten ons houden aan de nitraatrichtlijn van de EU. Nitraat in grondwater niet alleen van belang voor drinkwater, maar stroomt op den duur ook uit naar oppervlaktewater, waar het een eutrofiërende werking heeft.*

## **Het anti-verzuringbeleid**

Het probleem van de verzuring kwam begin 1983 op de beleidsagenda van het luchtverontreinigingsbeleid te staan [17].

Geruime tijd werd verzuring als een buitenlands probleem gezien: Noorse en Zweedse meren raakten verzuurd door  $SO_2$ -emissies uit West-Europa die over lange afstand werden getransporteerd, onder andere vanuit Nederland.

In 1976 werd in het Indicatief Meerjarenprogramma Lucht mede daarvoor een nationaal emissieplafond voor  $SO_2$  ingesteld. Tegelijkertijd paste dit emissieplafond in een beleid dat gericht was op het beperken van de lokale luchtverontreiniging door  $SO_2$ .

In 1981 en 1982 kwamen er berichten over massale bossterft in Oost- en West-Duitsland, als gevolg van de verzuring. Daardoor werd bossterfte in Nederland ook een binnenlands verzuringprobleem. Het doel van het luchtverontreinigingsbeleid verschoof daarmee van bescherming van de volksgezondheid naar bescherming van ecosystemen.

De agendering van het verzuringprobleem begon met de Motie De Boois (1983): een verzoek om breed, inventariserend onderzoek naar de schade aan de bodem door verzuring en een programma van maatregelen ter bestrijding van die schade. De motie leidde tot een inventariserend onderzoek. Een andere belangrijke impuls voor het Nederlands wetenschappelijk onderzoek naar verzuring was het tweedaags ‘Zure regensymposium’ in november 1983.

In september 1983 en januari 1984 verschenen het IMP Lucht en de Notitie inzake de problematiek van de verzuring. Daarin ging men ervan uit dat de Nederlandse bodem een depositie van 1800 zuurequivalenten zou kunnen verdragen. In 1984 werd de aanzet gegeven tot het Additioneel Programma Verzuringsonderzoek (APV). De latere beleidsdoelstellingen werden rechtstreeks afgeleid uit dit nationale programma voor verzuringsonderzoek.

VROM wilde aanvankelijk de nadruk leggen op de bestrijding van  $NO_x$  en  $NH_3$ , ook al was dat het moeilijkst en het duurst, om de raffinaderijen en elektriciteitscentrales en daarmee de energie-intensieve industrie te ontzien.

Van de Centrale Raad voor de Milieuhygiëne en van milieu-organisaties kwam de kritiek, dat met  $SO_2$ -bestrijding veel sneller resultaten konden worden geboekt. Ook het Europees Parlement was die mening toegedaan. Een Optimalisatiestudie wees uit dat  $NO_x$ - en  $NH_3$ -bestrijding inderdaad relatief duur waren.

In het IMP Lucht werd het tempo van de  $NO_x$  en  $NH_3$ -bestrijding verlaagd. De  $SO_2$ -bestrijding werd echter niet geïntensiveerd. Het wetenschappelijk argument hiervoor was, dat de bodem

meer zuur zou kunnen verdragen, namelijk 3000 zuurequivalenten, omdat een deel van de stikstofdepositie niet verzurend zou werken.

Het soort maatregelen waarmee de emissiereductie bereikt zou moeten worden waren end-of-pipe technieken. De Tweede Kamer aanvaardde een motie, dat kolencentrales met een levensduur tien jaar of meer binnen vijf jaar rookgasreiniging zouden moeten toepassen. Dit was de enige keer dat een TK-motie werd aanvaard die tot een daadwerkelijke aanscherping van het beleid leidde. De motie was overigens door VROM uitgelokt.

Het inzicht dat een groot deel van de stikstofdepositie niet verzurend zou werken, bleek bij de Tussentijdse evaluatie in 1987 niet juist te zijn. De depositiedoelstelling moest daarom worden verlaagd naar 700 à 2100 zuurequivalenten. Echter, de doelstelling van 3000 z-eq kon al niet worden gehaald (economische groei, toename automobilititeit, verwachting toename kolenstook). De wetenschappelijke onzekerheid omtrent die verlaagde waarden werd daarom aangegrepen (door de Stuurgroep, waarin ook de Ministeries vertegenwoordigd waren) om de depositiedoelstelling nog niet aan te scherpen.

In 1988 verschenen het Eindrapport eerste fase van het APV en even later *Zorgen voor morgen*. In beide rapporten stond dat de depositie terug zou moeten naar 1400 z-eq. In *Zorgen voor morgen* werd gepleit voor verdergaande maatregelen dan de end-of-pipe technieken: inherent schone technologie en efficiency-verbetering.

Het NMP, dat volgde op beide rapporten, stelde 1400 z-eq als doel voor 2010 en als tussendoelstelling voor 2000 werd 2400 z-eq gekozen, waarmee 20% van de bossen veilig gesteld zou worden en die grotendeels met behulp van end-of-pipe technieken zou kunnen worden bereikt. Deze formulering leidde tot grote commotie omdat zij door de pers was opgevat als zou 80% van de bossen doodgaan; hetgeen de onderzoekers niet hadden bedoeld te zeggen.

Daarop verscheen het Bestrijdingsplan Verzuring ('89). De maatregelen betroffen een end-of-pipe aanpak, en energiebesparing (in het kader van de klimaatproblematiek). Aanscherping van emissie-eisen moesten leiden tot 2400 z-eq in 2000. Volgens het RIVM zou het echter leiden tot niet minder dan 3500 z-eq. Voorjaar 1990 kwam er een convenant met de Sep tot stand. Dit maakte het mogelijk dat in het NMP Plus de doelstelling van 2400 z-eq nog enkele jaren naar voren kon worden gehaald.

In 1991 verscheen het eindrapport van de tweede fase van het APV, dat volgens de onderzoekers niet noopte tot aanscherping van de doelstellingen. Bij 2400 z-eq zou zelfs 55 à 60% van het bos beschermd zijn en bij 1400 z-eq zowel bos als hei als drinkwater.

Echter, volgens de tweede Nationale Milieuverkenning van het RIVM (1991) zouden de NMP-doelstellingen, met name voor 2010, niet worden gehaald. De verwachting voor het jaar 2000 was 2700 z-eq, voor 2010 was de verwachting 2900 z-eq.

Wel werd verwacht het in principe mogelijk zou zijn, wanneer beleid met betrekking tot vrachtvervoer zou worden aangescherpt en in de veeteelt emissie-arme stallen zouden worden ingevoerd en de automobilititeit in volume zou worden ingeperkt tot 35%.

In de derde Nationale Milieuverkenning (1993) was de verwachting 2700 z-eq in 2000. Boosdoener was met name het vrachtverkeer. Wanneer het efficiency-verbeteringsbeleid uit de Notitie Derde Fase mestbeleid zou worden uitgevoerd en gehandhaafd, zou het in de veeteelt goed gaan. Na 2000 zou de beperking van de automobilititeit belangrijk worden voor de doelstelling voor 2010.

Het voorgenomen automobilititeitsbeleid, het vrachtvervoerbeleid en het ammoniakbeleid was echter nog niet vastgesteld en ook de resultaten ervan waren nog niet zeker.

Het Plan van Aanpak beperking ammoniak-emissie van de landbouw (1990) kondigde diverse brongerrichte maatregelen aan, die waren gericht op de huisvesting van vee, het afdekken van de mestopslag, de samenstelling van veevoeding, het emissie-arm uitrijden van mest, mestverwerking en mineralenboekhouding. Bij algemene maatregelen van bestuur kregen deze maatregelen in de jaren daarop hun beslag. Zo werd via de AMvB “Besluit Mestbassins Hinderwet” in 1991 gestart met de gefaseerde invoering van de afdekverplichting voor mestopslagen gebouwd na 1987. In 1992 ging de emissie-arme aanwending van mest van start via de AMvB “Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen”. In 1995 wordt emissie-arm aanwenden van mest in heel Nederland verplicht. In 1993 vond een evaluatie plaats van het ammoniakbeleid. Daarin werd de conclusie getrokken dat met het geformuleerde beleid 50% ammoniakreductie haalbaar is. Met maximale inspanning op het punt van de veevoeder-aanpassingen en emissie-arme stallen zou in het jaar 2000 70% emissiereductie mogelijk zijn. Vanaf 1993 worden emissie-arme stallen, zgn. Groen Label-stallen, gestimuleerd via de VAMIL-regeling en door subsidie. Bovendien behoeven aan deze stallen de eerstkomende 16 jaar geen aanpassingen aan deze stallen te worden gedaan om de ammoniak-emissie te beperken.

Het beleid voor de periode 1995-2000 wordt vastgesteld in de Notitie Mest- en Ammoniakbeleid derde fase. Daarin wordt een maximale uitstoot per hectare vastgesteld voor grondgebonden veehouderij en een ammoniakheffing, aan intensieve veehouderij worden huisvestingseisen gesteld en voor zwaarbelaste gebieden wordt aanvullend beleid geformuleerd. In 1994 treedt de Interimwet Ammoniak en Veehouderij in werking. Deze heeft als doel het vergunningen-probleem op te lossen en bedrijfsontwikkeling te stimuleren [18]

Het mestbeleid is tot dusverre niet zozeer gericht op het verminderen van de stikstofgift aan de bodem, maar vooral op het beperken van ammoniak-emissies uit de mest. (alhoewel de melkquota wel geleid hebben tot een afname van het hoeveelheid rundveemest en recentelijk uit het oogpunt van dierwelzijn tot een inkrimping van de varkensstapel met 25% is besloten.) Dit wordt gedaan door verbieden van mestaanwending in de winter, het injecteren of onderwerken van mest verplicht te stellen, emissies uit stallen te beperken en mestopslagplaatsen af te dekken.

Er zijn geluiden te horen dat de NH<sub>3</sub>-emissiereductie via het mestbeleid ernstig tegenvalt. Uit nog niet gepubliceerd onderzoek blijkt dat de mestmaatregelen lang niet zo goed hebben gewerkt als werd verondersteld. In de Milieubalans 1997 wordt ervan uitgegaan dat tussen 1990 en 1996 37% emissiereductie heeft plaatsgevonden. Metingen wijzen er echter op dat dit veel minder is: slechts 10 à 20%. De oorzaken hiervoor zijn nog niet precies bekend. Het is mogelijk dat de ammoniak, die zo veel mogelijk in de mest wordt gehouden om de NH<sub>3</sub>-emissie te beperken, na onderwerking van de mest in de bodem toch weer als NH<sub>3</sub> vrijkomt via diffusie door de bodem of door de huidmondjes van de planten. Naar verwachting zal de Minister van VROM de Tweede Kamer hierover een dezer dagen inlichten.

*Overzicht van een aantal wetten en nota's:*

---

*Richtlijn grote stookinstallaties, EG, 1988.*

*BEES ('87)*

*Richtlijn ammoniak en veehouderij ('87, Hinderwet)*

*Plan van aanpak ammoniakbestrijding landbouw? ('89)*

*Notitie Verkeer en milieu*

*Overlevingsplan Bos en Natuur*

*idee Verzuringsfonds*

*Commissie realisatie mestverwerking (uitstel inkrimping veestapel) '88-93?*

*Notitie uitvoering verzuringsbeleid ('91)*

---

---

*evaluatie ammoniakbeleid 1992*  
*Notitie derde fase (1993)*  
*Notitie regionale ammoniakproblematiek (1993)*  
*Vierde Milieuverkenning, 1997*  
*Natuurbeleidsplan (NBP), 1990*  
*Nota Ecosystemen in Nederland, 1995.*  
*Strategisch Plan van Aanpak biologische diversiteit, 1995*

---

## **Bestrijding van de verzuring**

Verzuring is een grensoverschrijdend probleem. Bestrijding van verzuring is dan ook niet alleen een nationale zaak. Een fors gedeelte van de Nederlandse emissie verdwijnt over de landgrenzen. Aan de ander kant waait een groot deel van de stoffen die het thema verzuring bepalen vanuit het buitenland Nederland binnen. Het is dan ook niet mogelijk om met nationaal beleid de verzuring op te lossen.

Een belangrijk aspect dat hierbij een rol speelt is de verhouding tussen tussen de import en export van de verschillende verzurende stoffen. Naarmate de import van stoffen t.o.v. de export groter wordt neemt het nut van binnenlandse emissiereductie af. Het heeft in principe de voorkeur die emissies te reduceren die juist in Nederland de problemen veroorzaken. Het reduceren van stoffen die in grote mate in andere landen problemen veroorzaken heeft niet veel nationale zin indien dit niet wederzijds is. Dit laatste levert alleen nationale kosten op waartegenover weinig nationale milieubaten staan. Nederland moet niet te ver voor de muziek uitlopen.

Dit leidt tot voor het thema verzuring tot een drie sporenbeleid:

- Nationale emissiereductie indien via verdragen omliggende landen hetzelfde doen
- Nationale emissiereductie indien de milieubaten in Nederland opwegen tegen de kosten
- Investeren in technische ontwikkeling, om zo de kosten te reduceren.

Hoewel in eerste instantie alle drie de sporen gevolgd worden, zijn ze niet allemaal even succesvol gebleken. Het blijkt dat het vrij moeilijk is om andere landen mee te trekken in hoge reductiedoelstellingen. Voor een deel wordt dit veroorzaakt omdat niet alle landen dezelfde last van verzuring hebben, bijvoorbeeld door bodemgesteldheid en meest optredende windrichting. Op het gebied van SO<sub>2</sub> zijn hele goede prestaties vericht NO<sub>x</sub> blijft hierbij wat achter. Voor VOS is de zaak nog in een eerste besprekingsfase. Voor NH<sub>3</sub> staat er nog geheel niets op papier.

Nederland is een klein land als er van de emissie veel de grens over gaat neemt de kosteneffectiviteit van emissiereductie af. Bij de prioriteitstelling kan dit dus een belangrijke factor zijn. Het blijkt dat juist in dit cijfer veel beweging geweest is. zie tabel. Het probleem ligt niet in de heersende windrichting. Wel in de depositiesnelheid en de optredende reacties. Er ligt hier blijkbaar dus een forse onzekerheid. Pas indien hier voldoende harde gegevens over zijn heeft het nut om op basis van dit soort gegevens een gebiedsgericht beleid te gaan voeren.

Ten aanzien van technische ontwikkeling zijn in Nederland diverse initiatieven geweest (super claus; lage NO<sub>x</sub>-gasbranders, katalysator regeling voor LPG, gasmotorregelingen, emissiearme stallen, onderwerken van mest). Ofwel, er is juist technologie ontwikkeld voor die zaken waar een specifiek voor Nederland noodzakelijke techniek nodig was. Een eigen industrie was hierbij een belangrijk gegeven. In andere gevallen was er sprake van demonstratieprogramma's van technieken die al in het buitenland ontwikkeld waren. Kijkt men echter naar bijvoorbeeld de

zware dieselmotor, het belangrijkste knelpunt op het gebied van emissiereductie, dan blijkt de voldoende schone zware dieselmotor niet ontwikkeld te zijn. Er hebben wel ontwikkeling plaatsgevonden, maar er is niet met Nederlands onderzoeksgeld een doorbraak geforceerd.

De kosten voor verzuring bedragen volgens het NMP3 in 1995 1750 mln gld/jaar. In het themadocument van VROM [18] gebaseerd op de Milieubalans 1996 wordt geproken over 2004 mln gld/jaar waarvan o.a. 6% voor landbouw, 27% voor energie (incl raffinaderijen), 7% voor industrie en 58% voor verkeer.

#### Milieukosten in mln gld/j (prijsspeil 1997)

	1995	2010 MV4	2010 + NMP3 beleid	2010 + NMP3 opties
kosten verzuring	1750	2875	3705	3771
totaal	17744	24304	25420	25836
milieukosten aandeel	10%	12%	15%	15%
verzuring				

### Het beleid in het NMP3

Het NMP3 vat het beleid tot nu toe gericht op het verminderen van de emissies als volgt samen:

NH <sub>3</sub>	het emissiearm aanwenden van mest,
SO <sub>2</sub> en NO <sub>x</sub>	het gebruik van laagzwavelige brandstoffen, bestrijdingsmaatregelen als gevolg van het BEES, convenanten,
NO <sub>x</sub>	verbetering van automotoren, katalysatoren voor personenauto's,
VOS	maatregelen op het gebied van verkeer , het programma KWS-2000 (voor raffinaderijen en industrie).

Het effect van het beleid tot nu toe, is dat de tussendoelstellingen voor 1994 voor SO<sub>2</sub> en NH<sub>3</sub> (bijna) zijn gehaald, maar voor NO<sub>x</sub> niet.

Belangrijk voor de vermindering van de SO<sub>2</sub>-depositie is, naast de emissiereductie in Nederland van 70% ten opzichte van 1980, de emissiereductie geweest in de omringende landen, variërend van 43% (Groot-Brittannië) tot 69% (België).

De prognose van het RIVM luidt dat bij voortzetting van het huidige beleid de doelen voor 2000 en 2010 niet worden gehaald. Knelpunten vormen met name de NO<sub>x</sub>- en de NH<sub>3</sub>-emissie.

Het RIVM heeft een aantal scenario's doorgerekend waarin wordt gespeeld met de doelstellingen van het ammoniakbeleid [19]. Daarbij zijn scenario's gebruikt uit de Vierde Milieuverkenning (1997) die aannamen doen over de economische ontwikkelingen en het nationale en internationale milieubeleid. In geen van de scenario's werden de reductiedoelstellingen voor stikstof gehaald. Aan het meest gunstige scenario zijn daarom aanvullende technische, ruimtelijke en volume-maatregelen toegevoegd a f 2 miljard per jaar, waaronder het verplichten van stallen met 70% emissiereductie ten opzichte van nu gangbare stallen, vergroten van de afzet van dierlijke mest in akkerbouwgebieden, en vermindering van

de productie van vleesvee en het aantal varkens. Daarmee wordt een reductie berekend van 79% in 2020 (doelstelling: 70%).

De effecten worden doorgerekend van gebiedsgerichte (het aanleggen van bufferzones rond natuurgebieden) en effectgerichte maatregelen (bijvoorbeeld maaien of bekalken om de schade door eutrofiëring teniet te doen) en van het creëren van 'hot spots' biodiversiteit op andere plaatsen (compensatiebeginsel). Gebiedsgerichte maatregelen zijn bijvoorbeeld bufferzones rond natuurgebieden, waar zich geen bedrijven meer bevinden. Daarmee is gemiddeld 10% depositiereductie te bewerkstelligen, maar de variatie, afhankelijk van de omstandigheden, is groot. 'Hot spots biodiversiteit' zijn aaneengesloten gebieden (> 5000 ha) binnen de EHS waar op dit moment nog veel doelsoorten voorkomen die gevoelig zijn voor vermesting. Het compensatiebeginsel houdt in, dat dit soort gebieden die onvoldoende beschermd worden, blijven bestaan, maar dat elders in relatief schone gebieden vergelijkbare natuurdoelen worden gerealiseerd, met totaal een even groot areaal (dat moet dan wel inpasbaar zijn in die relatief schone gebieden).

Bij het handhaven van de ruimtelijke koppeling van landbouw en natuur wordt berekend dat ook bij deze vergaande emissiereducties in 2020 niet de gehele EHS is beschermd. In het overgrote deel kan wel de bosvitaliteit worden beschermd, maar meer dan de helft van de belangrijke ecosystemen, met een grote biodiversiteit en een oppervlakte van meer dan 5000 ha, is niet beschermd. Ook compensatie van door ontwikkeling van vergelijkbare natuurdoelen in het Noorden van het land vereist ter plekke structurele effectgerichte en gebiedsgerichte maatregelen. Dit is in strijd met het streven van het natuurbeleid naar natuurlijkheid, ofwel afname van het beheer.

Het NMP3 bevat het volgende beleid:

#### ***Doelstellingen en taakstellingen***

- Aanpassen van de depositiedoelstellingen aan inzichten uit het APV-III dat bossen iets meer stikstof en iets meer zuur kunnen verdragen: 80% (niet 90%) reductie van NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub>; de zuurdoelstelling van 1400 z-eq/ha/j wordt gehandhaafd, niet opgetrokken naar 1800 z.ezq/ha/j (hierover is discussie geweest).
- Voor 2010 wordt een voorbehoud gemaakt bij de doelstellingen voor NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> dat er technische doorbraken plaats moeten vinden.
- Doorschuiven van de taakstelling voor NO<sub>x</sub> van 2000 naar 2005 (hetzelfde is eerder al gedaan voor NH<sub>3</sub>).
- Verkeer en vervoer; doelstellingen NO<sub>x</sub> p.m., eventueel doorschuiven doelstelling 2000 naar 2005. Nieuwe taakstelling in SVV3.
- Afstemming taakstellingen en totale doelstelling voor NO<sub>x</sub> aan einde planperiode obv evaluatie van de bestrijdingsmogelijkheden.
- Taakstelling 67 kton NO<sub>x</sub> voor 2005 voor industrie, raffinaderijen en energiesector. Instrument: kostenverevening. Bij uitblijven aanpak bedrijfsleven: regulerende instrumenten
- Uitrust NO<sub>x</sub>-reductie tegen SO<sub>2</sub>-reductie voor laatste 'dure kilotonnen'.
- Geen taakstelling voor huishoudens voor NH<sub>3</sub>.

#### ***Huidig beleid***

- Het beleid op het gebied van verkeer en vervoer dat is vastgelegd in EU-verband (o.a. in kader Auto-Olie programma)
- en in de nota's Voertuigtechniek en brandstoffen, Transport in Balans, het tweede Structuurschema verkeer en vervoer, getiteld Samen werken aan bereikbaarheid, Milieu en Economie en in het programma Transactie.

- Het huidig ammoniakbeleid wordt uitgevoerd. Dit is waarschijnlijk niet voldoende voor de taakstelling van 2000 (2005), maar dit wordt opnieuw bezien na de NMP3-planperiode.

#### ***Internationaal beleid***

- Uit het UN-ECE protocol vloeien nationale emissieplafonds voort voor NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> en VOS ter bestrijding van verzuring, vermesting en ozonvorming.
- In het kader van de EU verzuringsstrategie wil Nederland zich niet binden aan de doelstelling van 120 kton NO<sub>x</sub> en 54 kton NH<sub>3</sub>, maar deze afhankelijk stellen van het beschikbaar komen van kosteneffectieve bestrijdingstechnieken.
- Steun voor het standpunt van de Europese Commissie dat het maximum S in bunkerolie 1,5% mag bedragen in de Noordzee en Oostzee, op basis van het MARPOL-verdrag.

#### ***Nieuw beleid***

- Voor stimulering van de introductie van schone voertuigen heeft het kabinet *f* 185 miljoen beschikbaar gesteld.
- Geen voortzetting KWS-2000 in huidige vorm.
- Nagaan welke onderzoeken en maatregelen nodig zijn ivm aantasting cultuurgoederen door verzuring obv evaluatie deltaplan voor cultuurbehoud 1998.

#### ***Instrumenten***

- Effectgerichte maatregelen in het kader van het Overlevingsplan bos en natuur.
- Wens tot invoering van kostenverevening als instrument; dit houdt in dat bedrijven onderling financieel bijdragen om emissies op die plaatsen te reduceren waar dat het meest kosteneffectief is. Overleg met het bedrijfsleven heeft echter nog niet geleid tot principeafspraken.
- Uitgangspunt VOS-beleid is bijdrage huishoudens en bedrijfsleven. Doel 80% emissiereductie tov '80. Voorkeur voor Europese aanpak door middel van regelgeving.
- Regelgeving obv BEES en wetgeving tav CV-installaties voor realisatie NO<sub>x</sub>-taakstellingen voor andere stationaire bronnen.
- Ondersteuning NO<sub>x</sub>-reductie door middel van subsidiëring van nageschakelde technieken; *f* 165 miljoen vrijgemaakt.
- Aanpassing BEES om kostenverevening mogelijk te maken en te voldoen aan de in voorbereiding zijnde wijziging van de EU-richtlijn "grote stookinstallaties".



## Bijlage 1 Verloop van emissies per doelgroep

Tabel B1.1 Emissiecijfers volgens MV3 (EC= European Coordination scenario).

	1985	1990	1995	2000 EC	2010 EC	2020 EC
<b>VOS</b>						
Consumenten	47	45	34	29	34	40
Verkeer en vervoer	227	197	151	105	64	66
Industrie	114	102	79	63	71	79
Handel, Diensten en Overheid	38	40	27	17	19	20
Bouw	26	24	26	22	19	21
Energiebedrijven	19	20	28	21	17	15
Raffinaderijen	16	15	11	6	7	7
Overige	1	1	3	3	3	2
Totaal	488	444	359	267	233	250
evt. doel				193	117	
<b>NH<sub>3</sub></b>						
Consumenten	9	11	7	7	8	8
Landbouw	239	220	144	121	100	91
Industrie	8	6	5	4	4	4
Handel, Diensten en Overheid	0	0	0	0	0	0
Totaal	256	236	156	132	112	104
evt. doel				82	50	
<b>NO<sub>x</sub></b>						
Consumenten	26	21	22	21	16	13
Verkeer en vervoer	335	351	314	261	210	241
Landbouw	6	10	15	27	29	23
Industrie	84	76	65	69	67	65
Handel, Diensten en Overheid	14	11	12	17	18	16
Energiebedrijven	88	81	57	37	34	37
Raffinaderijen	20	19	18	15	14	15
Overige	7	5	3	3	3	3
Totaal	580	574	506	448	390	414
evt. doel				249	120	
<b>SO<sub>2</sub></b>						
Verkeer en vervoer	23	27	31	22	26	29
Industrie	68	50	31	24	24	25
Energiebedrijven	67	48	17	13	10	9
Raffinaderijen	87	70	59	33	29	30
Afvalverwijdering	3	3	1	1	1	1
Overige	8	5	4	1	1	2
Totaal	256	203	143	94	91	96
evt. doel	255	203	142	94	92	97
				92	56	

- 
- <sup>1</sup> Concept NMP3: deel III, hoofdstuk 2 De Milieuthema's, Verzuring 07-11-97
- <sup>2</sup> Ministerie van VROM  
De problematiek van de verzuring  
Tweede Kamer vergaderjaar 1994-1995, 18255, nr. 65, 11 mei 1995
- <sup>3</sup> Heij, G.J., T.Schneider,  
Eindrapport Additioneel Programma Verzuringsonderzoek, derde fase (1991-1994)  
Rapport nr. 300-05, Bilthoven, RIVM, 1995
- <sup>4</sup> RIVM, et. al.,  
Nationale Milieuverkenning 4 1997-2020,  
Alphen aan de Rijn, Samson H.D. Tjeenk Willink bv, 1997
- <sup>5</sup> RIVM, et. al.,  
Milieubalans 97; Het Nederlandse milieu verklaard,  
Alphen aan de Rijn, Samson H.D. Tjeenk Willink bv, 1997
- <sup>6</sup> Jonge, L. de  
"BEES; begin of einde"  
Themadag vereniging Krachtwerktuigen: Energie in ontwikkeling; paradox of natuurwet, Ede, 15 december 1993
- <sup>7</sup> Ministeries van VROM, V&W, L&V,  
Bestrijdingsplan Verzuring  
Tweede Kamer vergaderjaar, ,1989
- <sup>8</sup> Lekkerkerk, L.C.A., G.J. Heij, M.J.M. Hootsmans  
Ammoniak de feiten  
Rapport nr. 300-06, Bilthoven, RIVM, april 1995
- <sup>9</sup> Leven in verscheidenheid. Advies van RMNO en NRLO voor het stimuleringsprogramma Biodiversiteit, Rijswijk, RMNO/NRLO, augustus 1997.
- <sup>10</sup> Advies Biodiversiteit. Omgevingskwaliteit voor biodiversiteit. Onderzoekprogrammering en hanteren van onzekerheden. RMNO, NRLO, RMB, RNB. Rijswijk, december 1995.
- <sup>11</sup> Rapport Biodiversiteit. Omgevingskwaliteit voor biodiversiteit. Onderzoekprogrammering en hanteren van onzekerheden. RMNO, NRLO, RMB, RNB. Rijswijk, december 1995.
- <sup>12</sup> Klein, M.H.J. H.M. Beije, A. Bleeker, J.W. Erisman, H.H. Luesink, D.A. Oudendag, L. Lekkerkerk.  
De effecten van de Integrale Notitie Mest- en Ammoniakbeleid op de ammoniakproblematiek in relatie tot natuur en bos in de ecologische hoofdstructuur. IKC-Natuurbeheer, C-9, Wageningen, 1996.
- <sup>13</sup> Erisman, J.W. en W. de Vries.  
Verzuring in Nederland. In: Bodem, nr. 3, augustus 1997.
- <sup>14</sup> J.W. Erisman, ECN, mondelinge mededeling, februari 1998.
- <sup>15</sup> CBS  
Totale emissie door menselijke activiteiten  
Versie van juli 1993
- <sup>16</sup> Nederland 2030 - Eindspel. Verkenning ruimtelijke perspectieven. Ministerie van VROM, 1997.
- <sup>17</sup> Dinkelman, G.H.,  
Verzuring en broeikaseffect: de wisselwerking tussen problemen en oplossingen in het Nederlandse luchtverontreinigingsbeleid (1970-1994)  
Utrecht, Van Arkel, 1995
- <sup>18</sup> Themadocument 1996 Verzuring. Stand van zaken verzuringsbeleid 1996. Effecten, huidige doelstellingen en huidige resultaten. VROM, DG-Milieubeheer, directie Lucht en Energie. Den Haag, december 1996.
- <sup>19</sup> Erisman, J.W. et al.  
Perspectieven voor de oplossing van de ammoniakproblematiek in de Nederlandse natuur.  
Rapport nr. 722108021. RIVM, et. al. Bilthoven, augustus 1997.