

Het symposium werd georganiseerd door

lh

Vakgroep Luchthygiëne en Luchtverontreiniging van de
Landbouwhogeschool, en

g

Sectie Milieuchemie van de Koninklijke Nederlandse Chemische
Vereniging

De voorbereiding was in handen van

Prof. Dr. E.H. Adema (voorzitter)

Dr. B.H. Bibo

Dr. J.S.M. Boleij

Dr. B.F. Saris

Drs. P. Winkel

Drs. S. Zwerver / Ir. L.C. van Beckhoven

Mete-00-1

PROCEEDINGS VAN HET
SO₂-SYMPOSIUM
WAGENINGEN
19 en 20 MAART 1980



1980

Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie
Wageningen

BIBLIOTHEEK

LANDBOUW- en HUISGEBOUW

15N 120267-01

ISBN 90 220 0749 9

© Pudoc - Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie,
Wageningen, 1980

No part of this book may be reproduced in any form or by any electronic or mechanical means, including information storage and retrieval systems, without written permission from the publishers, except for review purposes.

Printed in the Netherlands.

E.H. Adema, Voorwoord	VII
L. Ginjaar, Opening van het SO ₂ -symposium op 19 maart 1980	1
VOORDRACHTEN EERSTE DAG	
A.A.M.F. Staatsen, Inleiding op het thema van het SO ₂ -symposium	7
A.A.T. van Rhijn, Energie scenario's in het SO ₂ -beleid	11
J. Swager, Uitworp van SO ₂ bij de verschillende scenario's	15
N.D. van Egmond, Concentraties en herkomst van SO ₂	21
R.W. Boerée, Financiële en sociaal-economische aspecten van het SO ₂ -beleid	27
S. Zwerver, Beleidskeuzen, die hebben geleid tot het uitworpplafond	33
Samenvatting algemene discussie	40
VOORDRACHTEN TWEDE DAG	
K. Biersteker, Effecten van SO ₂ op de menselijke gezondheid	47
A.C. Posthumus, Effecten van SO ₂ op planten en ecosystemen	61
P.A.R. Post van der Burg en P.J.W.M. Müskens, De praktische uitvoering van het SO ₂ -beleid in het Rijnmondgebied	68
D.K.J. Tommel en W.T. de Vries, Het zwaveldioxide-beleid en de praktijk van de vergunningverlening in Groningen	74
F.W. v.d. Bruggen en A.J. Elshout, Technologische methoden ter beperking van de zwaveldioxyde-emissie	78
P.G. Meerman, Samenvatting discussie afval bij onttzwavelingsprocessen	88
C.W.J. van Koppen, Samenvatting discussie wervelbedverbranding	90
W.P.M. van Swaay, A. Blik en P.M.M. Blauwhoff, Bijdrage aan SO ₂ -symposium 19 en 20 maart 1980 te Wageningen	92
W.P.M. van Swaay, Samenvatting discussie kolenvergassing	95
SAMENVATTING AFSLUITENDE DISCUSSIE, STELLINGEN EN RESOLUTIES	
Samenvatting afsluitende discussie	99
Stellingen en resoluties	101
POSTERS	
U. Spitsbergen en Ch.J. Vincent, Testprogramma kalk voor zwavelbinding bij AFBC	107
T.B. Ridder en H.F.R. Reijnders, Sulfaat-gehalte in de neerslag	109
L.J. van der Eerden, SO ₂ - en NO ₂ -effecten op planten in Nederland	110
H. van Dop, T.B. Ridder, J.F. van Tonkelaar en N.D. van Egmond, Sulphur dioxide measurements on the 213 meter tower at Cabauw, the Netherlands	111
L.J. Brasser, H.S.M.A. Diederer, Onderzoek naar sulfaatvorming aan aerosoldeeltjes aan de T.H. Eindhoven	112

Aanbevelingen voor een samenhangend nationaal programma SO ₂ -onderzoek	113
Fläkt B.V., Rookgasreiniging - wat kost dat?	114
M.P.J. Pulles en J.J.G. Verburg, Beïnvloeding van de luchtkwaliteit door industriële SO ₂ bronnen binnen Zuid-Holland	115
Rookgasontzwaveling	116
H.G. Wolting, Invloed van de combinatie SO ₂ + NO ₂ op planten	117
F.T.M. Nieuwstadt en H. van Duuren, Dispersion experiments from a high source	118
J. Mooi en A.E.G. Tonneijck, Invloed van SO ₂ , O ₃ en SO ₂ + O ₃ op planten	119
H. van Dam, G. Suurmond, C.J.F. ter Braak, De invloed van zure neerslag op diatomeeën en chemie van vennen	120
T. de Wit, E. Jansen en H. van Dobben, Invloed van luchtverontreiniging op natuurlijke ecosystemen	121
CBS, Activiteiten luchtverontreiniging	122
A. Verver, A. Blik en W.P.M. van Swaay, Ontzwaveling bij energie opwekking via de vergassing van steenkool	123
A.A. Olsthoorn, Economische schade aan materialen door SO ₂	124
Register	126

Prof.Dr. E.H. Adema

Het is niet zonder reden, dat juist nu bijzondere aandacht geschonken wordt aan de verontreiniging van de atmosfeer door zwaveldioxide. Hoewel nitreuze gassen, aerosolen of zware metalen ook minstens zo problematisch zijn is zwaveldioxide gekozen als thema voor het tweedaagse symposium.

Ontwikkelingen op allerlei met elkaar samenhangende gebieden als de economie, energiebehoefte, de organisatie van de beleidsvorming, de voorraden aan zwavelarme fossiele brandstoffen en de ontwikkelingen op het gebied van de verbrandingstechnologieën zijn aanleiding geweest tot het doen van deze keuze. Het schaarser wordende aardgas heeft reeds geleid tot afspraken tussen de Overheden en electriciteitsproducenten in het "Brandstoffen Inzet Plan voor Centrales". Hiermee werd als het ware opnieuw de invoering ingeleid van meer zwavelhoudende brandstoffen t.b.v. de stroomopwekking. In de onlangs verschenen twee delen van de nota Energiebeleid van het Ministerie van Economische Zaken zijn een aantal scenario's geschetst van mogelijke ontwikkelingen van de energiebehoefte en de mogelijkheden om daarin te voorzien.

De wijze waarop het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne inhoud wil geven aan het milieubeheer m.b.t. deze ontwikkelingen is neergelegd in een nota, het zgn. SO₂-beleidskaderplan. Dit plan beoogt onder meer tot een betere afstemming te komen van de verschillende beleidsonderdelen energie, economie en milieu. Om dit te realiseren is in dit kaderplan een overlegstructuur aangegeven tussen de ministeries, lagere overheden en het bedrijfsleven.

Het doel van dit symposium was inzicht te verkrijgen respectievelijk te verschaffen in de wijze waarop het SO₂-beleidskaderplan tot stand is gekomen en wat de uitgangspunten zijn geweest, die geleid hebben tot een beleid zoals dat thans in het plan is voorgelegd. Ook was de bedoeling van dit symposium de huidige en toekomstige ontwikkelingen met betrekking tot de SO₂-problematiek ter discussie te stellen en zodoende te komen tot afstemming en planning van onderzoek.

Het heeft de voorbereidingscommissie dan ook zeer verheugd vertegenwoordigers van de Ministeries van Economische Zaken en Volksgezondheid en Milieuhygiëne bereid gevonden te hebben om inleidende voordrachten te houden ter toelichting op de energiescenario's en het SO₂-beleidskaderplan.

De voordrachten en discussies op de eerste dag van het symposium stonden in het teken van het beleid, waarbij een toelichting en een onderbouwing van de nota's is gegeven en soci-

aaleconomische en financiële consequenties van het voorgestelde beleid zijn behandeld.

Op de tweede dag van het symposium zijn de voordrachten en discussies gesplitst in parallelbijeenkomsten. Nadat aandacht is besteed aan de effecten van SO₂ op mensen, planten en ecosystemen, respectievelijk het SO₂-beleid en de vergunning verlening, is voorts ingegaan op de technologische ontwikkelingen van verbrandingsprocessen en de gevolgen van ontzwalingsprocessen voor het milieu.

Tijdens het symposium is er een onderzoeksmarkt gehouden, waar men door middel van een posterpresentatie en persoonlijke contacten kennis heeft kunnen nemen van de resultaten van onderzoek. Een kleine twintig presentaties genoten een levendige belangstelling. Ze zijn in de proceedings opgenomen.

Aan de oproep stellingen of conceptresoluties m.b.t. de SO₂-problematiek te formuleren is vanuit verschillende maatschappelijke posities gehoor gegeven. Ze zijn bij de plenaire discussie over de gehouden voordrachten mede in beschouwing genomen.

Het bleek echter niet mogelijk de ingediende concepten in voldoende mate aan de meningen van de deelnemers van het symposium te toetsen. De suggesties en denkbeelden die uit deze conceptresoluties spreken werden evenwel dermate waardevol, dat wij hebben gemeend deze onder de naam van de auteur integraal in deze proceedings te moeten opnemen. Uit de aard der zaak zal niet iedereen zich met de inhoud van deze concepten kunnen verenigen. Ze vertegenwoordigen derhalve de meningen van de genoemde auteurs en blijven dan ook voor hun verantwoordelijkheid.

Ik spreek mijn waardering uit jegens allen die aan de totstandkoming van dit symposium hun medewerking hebben verleend en hoop dat hun inspanning en de daaruit geresulteerde voordrachten, discussies en andere activiteiten tijdens dit symposium op enigerlei wijze hebben bijgedragen tot wat de bedoeling van dit symposium is geweest.

Dr. L. Ginjaar

Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne

Dames en heren,

Toen ik de eerste schreden zette op het interessante terrein van de chemie aan de hand van het verschijnsel van de chemische binding als electrostatisch verschijnsel, leefde ik in de veronderstelling, dat SO₂ een tamelijk eenvoudig zuurvormend oxide is. Dit is denk ik, vanuit een chemisch oogpunt ook juist, zij het dan ook dat we nu weten dat de chemische binding meer inhoudt dan een electrostatisch principe. Op het terrein van de milieuhygiëne echter, vooral waar het betreft de rol van SO₂ in het geheel van de luchtverontreiniging, gaat die eenvoud niet op. Dan blijken plotseling veel aspecten - zowel in maatschappelijke als technische zin - aan deze verbinding gebonden.

Nog maar net in functie als minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne werd ik aanstands beleidsmatig geconfronteerd met de mij - reeds uit andere hoofde bekende - SO₂-problematiek, welke dan nu gestalte heeft gekregen in een soort drieluik. Allereerst in het plan dat door insiders het BIPC genoemd wordt, het Brandstoffen Inzetplan Centrales en voorts in het SO₂-beleidskaderplan en de Kolennota (Nota Energiebeleid deel 2/Kolen). Deze plannen zijn nauw met elkaar verbonden. Het BIPC is daarbij gericht op slechts één sector, te weten onze electriciteitsvoorziening; het SO₂-beleidskaderplan daarentegen bestrijkt in beginsel alle maatschappelijke sectoren en heeft het beleid van de overheid ten aanzien van de bestrijding van de luchtverontreiniging door SO₂ tot onderwerp. Dat ook in het BIPC SO₂ ruimschoots aan de orde komt is uiteraard het gevolg van het feit, dat met de keuze van brandstoffen - gezien het gehalte aan zwavel in de meeste brandstoffen - de uitwerp van SO₂ nauw samenhangt, hetgeen voor één energiedrager nog eens geïllustreerd wordt in de Kolennota.

De plannen zijn inmiddels aan de Tweede Kamer der Staten-Generaal voorgelegd. Het SO₂-beleidskaderplan zal op 21 april a.s. in een openbare vergadering van de Vaste Commissie voor Milieuhygiëne van de Tweede Kamer der Staten-Generaal worden behandeld, terwijl het BIPC ook binnenkort door de Kamer zal worden behandeld.

Het energiebeleid is sterk in ontwikkeling en staat voortdurend ter discussie. Daarbij wordt door velen voor de daarbij optredende milieuproblematiek de omschakeling van aardgas op olie en kolen zoals die plaats gaat vinden, als de grote boosdoener gezien. Ik

denk echter dat het probleem verder terugligt. Door de hoge, en achteraf gezien, ondoordachte inzet van te veel aardgas in een te korte tijdsspanne bevond ons land zich ogenschijnlijk in een comfortabele positie waarin maatregelen ter bestrijding van de milieuvuiling achterwege konden blijven. Het gevolg is dat deze nu alsnog genomen moeten worden - te laat en bij een teruglopende economie - met als gevolg hogere kosten en - althans gedurende enkele jaren - hogere emissies dan wenselijk worden geoordeeld.

Inmiddels wordt het facet milieu steeds duidelijker, en in een steeds vroeger stadium bij de besluitvorming betrokken. Dit gebeurt door het stellen van grenzen, of in een later stadium, het opleggen van voorwaarden, maar ook door het scheppen van mogelijkheden. Dit laatste kan gebeuren door steun bij de ontwikkeling van schone technologieën waaronder ook nieuwe verbrandingstechnologieën, maar zeker ook door het geven van geldelijke steun. Als voorbeeld zou ik willen noemen de 10 tot 15 miljoen, d.i. 1/4 tot 1/3 van de investering, die ik heb aangeboden aan de Provinciale Gelderse Electriciteits Maatschappij, als bijdrage voor de bouw van een rookgasontzwavelingsinstallatie van 300 MWe bij de centrale te Nijmegen. Daarnaast heb ik aangeboden om een ont-NO_x-ing installatie volledig tot een bedrag van f 8 miljoen uit rijksmiddelen te financieren. Dit alles in overeenstemming met de beleidsvoornemens zoals die neergelegd zijn in het SO₂-beleidskaderplan en de Kolennota.

Tegen deze achtergrond heb ik met genoegen kennis genomen van het initiatief een SO₂-symposium in Nederland te organiseren en tevens volgaarne de uitnodiging aanvaard om dit symposium te openen. Ik acht dit symposium van belang, omdat hier de gelegenheid wordt geboden juist de feitelijke en technisch-wetenschappelijke gegevens te bespreken, die ook aan het beleidskaderplan ten grondslag liggen. Ik verwacht dat vandaag en morgen een uniek symposium gestalte gaat krijgen.

De grote belangstelling die er - nationaal en internationaal - voor SO₂ was en is, komt tot uiting in talloze symposia en congressen, waarin het onderwerp SO₂ op verschillende manieren wordt behandeld. Dit symposium onderscheidt zich van andere in die zin, dat hier een poging wordt gedaan het grensgebied tussen beleid enerzijds en technisch-weten-

schappelijke benaderingen anderzijds te exploreren. Alhoewel dit symposium in het teken van het SO₂-beleidskaderplan staat, betreft het hier vooral bijdragen over feiten en gegevens uit de sfeer van het onderzoek, alsmede de integratie van deze feiten en gegevens. Door aard en opzet van dit symposium wordt de zo noodzakelijke verbinding tussen beide gebieden gelegd. Dat deze verbinding noodzakelijk is, zal iedereen duidelijk zijn. Beleid dient men in het algemeen te baseren op feiten en wetenschappelijke gegevens voor zover deze beschikbaar zijn. Overigens - en dit even terzijde - zal men bij de beleidsvorming ook bij het ten dele of geheel ontbreken van gegevens toch niet kunnen ontkomen aan keuzen en beslissingen, ook al wordt dit juist op het terrein van de milieuhygiëne nog al eens gepropageerd. Beleid is in onze ingewikkelde samenleving een noodzaak. Gods water over Gods akker laten lopen kunnen wij ons in Nederland al lang niet meer veroorloven en en zeker niet op het gebied waar wij geconfronteerd worden met de samenhang tussen milieu - onder meer SO₂ - en energie.

Uiteraard kunnen wetenschappelijke gegevens in een beleidsplan slechts ten dele uit de verf komen. Maar daarmee zijn zij nog niet onbelangrijk. Beleid is veranderlijk of kan worden veranderd omdat het politieke keuzes in zich draagt; maar voor de feiten en gegevens waar het hier om gaat geldt dit - afgezien van de altijd nodige bijsstelling en aanpassing - niet. Zij zijn de basis voor het beleid in de toekomst en dragen aldus bij aan de continuïteit daarvan en de mogelijkheid tot sturen van maatschappelijke ontwikkelingen.

Het beleid tot bestrijding van de SO₂-verontreiniging zal vorm moeten krijgen binnen de ruimte die bepaald wordt door de doelstellingen en uitgangspunten van het gehele milieubeleid en van de overige daarbij betrokken beleidsterreinen.

Voor het concretiseren van een in de algemene doelstelling passend SO₂-beleid is het noodzakelijk de uitgangspunten daarvan aan te geven. Centraal moet hierbij worden gesteld, dat de samenleving niet alleen recht heeft op een schoon milieu, maar ook de plicht het natuurlijk milieu in stand te houden. Van dit centrale thema zijn een aantal uitgangspunten afgeleid, waarvan ik als eerste wil noemen, het terugdringen van de verontreiniging. Dit houdt enerzijds in de sanering van relatief sterk belaste regio's en milieu-compartmenten, anderzijds het zoveel mogelijk behouden van de toestand in relatief schone gebieden (stand still). De totale verontreiniging moet worden teruggedrongen binnen de grenzen die op grond van maatschappelijke inzichten worden aanvaard.

Een tweede uitgangspunt is de bestrijding

aan de bron. Voor het beperken van de toenemende SO₂-uitworp zou men in toenemende mate van laag-zwavelige brandstoffen gebruik kunnen maken. Aangezien deze brandstoffen in beperkte hoeveelheden in de natuur voorkomen, is het noodzakelijk om tot ontzwaveling van de brandstof over te gaan, voor kolen in het algemeen aan de winplaats, voor olie in de raffinaderij. Daarnaast kan men uitworpverminderende technieken toepassen; deze hebben het voordeel dat men hiermee minder afhankelijk is van de kwaliteit van de beschikbare brandstoffen. Onder deze categorie vallen de beperking van de vorming en vrijkoming van SO₂ in het verbrandingsproces, zoals bij wervelbedverbranding onder toevoeging van kalkhoudende stoffen en vergassing van olie en kolen, en de beperking van de uitworp van SO₂ door rookgasreiniging. Een voordeel van de laatste twee technieken ten opzichte van het verstoken van laag-zwavelige olie is ook dat deze een reductie van de uitworp van andere verontreinigende stoffen teweegbrengen. Daarentegen is een nadeel van deze technieken dat het afvalprobleem, dat met name bij kolenstoken ontstaat, er belangrijk door wordt vergroot.

De stand van de ontwikkeling van verbrandingstechnieken die kunnen leiden tot een lagere uitworp van zwavelverbindingen, is dusdanig dat de eerstkomende vijf à tien jaar vooral gedacht zal moeten worden aan de toepassing van brandstof- en rookgasontzwaveling naast het gebruik van laag-zwavelige olie. Helaas zal de laag-zwavelige olie vooralsnog geïmporteerd moeten worden wegens het nog steeds ontbreken hier te lande van installaties voor het ontzwavelen van residuale olie.

Ook de relatie met de maatschappelijke activiteiten is van belang. Activiteiten brengen verontreiniging met zich. In die gevallen dat deze activiteiten tot milieu-problemen leiden, dient niet alleen de aard en de omvang van deze verontreiniging vastgesteld te worden maar ook het belang van de activiteiten. Voor beide is het van belang toetsstenen te ontwikkelen. Een zeer belangrijke milieuhygiënische toetssteen is het uitworpniveau van ca. 500 miljoen kg per jaar als het niveau waarop de uitworp in Nederland zoveel mogelijk gestabiliseerd moet worden, dat in het SO₂-beleidskaderplan door de regering nog eens uitdrukkelijk als uitgangspunt en doelstelling bevestigd wordt.

Met het stellen van een begrenzing aan de totale uitworp van SO₂ in Nederland is in de eerste plaats een beleidsmatige vertaling voor SO₂ als zodanig gegeven van hetgeen met name in de Wet inzake de luchtverontreiniging is aangegeven als het voorkomen en beperken van luchtverontreiniging. Voorts zal het stellen van een beperking aan de uitworp van SO₂ er toe leiden dat alle

verschijnselen die daarmee samenhangen, zich in mindere mate zullen voordoen. Dat is allereerst de beperking van het gehalte aan SO_2 in de buitenlucht op leefniveau, van belang voor onze gezondheid. Als andere verschijnselen die beperkt worden, kunnen worden genoemd de natte en droge depositie van SO_2 op korte afstand van de bron, de omzetting tot zwavelzuur en sulfaten, het deelnemen aan fotochemische processen en het transport over lange afstand. Het is voorts nog ondoenlijk voor al deze aspecten van de SO_2 -problematiek afzonderlijk grenzen te stellen. Integrale beperking is het meest aangewezen middel.

Andere belangrijke toetsstenen in het milieuhygiënisch beleid zijn de normen voor luchtkwaliteit. Deze kunnen betrekking hebben op mens, flora, fauna of materialen. Door de Gezondheidsraad en de Raad inzake de luchtverontreiniging zijn advieswaarden vastgesteld, welke advieswaarden door de regering zijn overgenomen als richtlijn. Daarnaast is door de Wereldgezondheidsorganisatie, eveneens ter bescherming van de mens, een waarde voorgesteld als lange-termijndoelstelling. Voor de bescherming van gevoelige planten, dieren en materialen zijn daarnaast, zoals in het SO_2 -beleidskaderplan aangegeven, strengere normen nodig.

In het rijtje uitgangspunten komt ook nog voor het internationale aspect van grensoverschrijdende verontreiniging. Op de conferentie van de Verenigde Naties over het Menselijk Leefmilieu in 1972 is in Stockholm een declaratie aangenomen waarin bepaald is dat geen enkele schade door milieuverontreiniging aan andere landen toegebracht mag worden.

In het kader van de Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling is het principe aanvaard in een op 17 mei 1977 door de Raad van Ministers aangenomen aanbeveling dat het land van oorsprong van de verontreiniging in beginsel de door hem veroorzaakte verontreiniging op dezelfde wijze zou dienen aan te pakken als de verontreiniging van zijn eigen grondgebied (non-discriminatiebeginsel). Verder heb ik in november 1979 in de ECE een verdrag in het kader van de Economische Commissie voor Europa van de Verenigde Naties inzake het lange afstands-transport van verontreinigde stoffen mede-ondertekend.

Ook in de Europese Gemeenschappen komt het SO_2 -probleem regelmatig aan de orde, laatstelijk nog in december 1979, toen door de EG-milieu ministers een richtlijn voor de SO_2 -kwaliteitsnorm voor de buitenlucht werd goedgekeurd. Ik wil hieraan nog de opmerking verbinden, dat de EG-waarden soepeler zijn dan de in ons land gehanteerde waarden, maar dat zulks geen reden voor de Nederlandse Regering zal zijn om van de door haar gehan-

teerde waarden af te wijken.

Het voorgaande betekent dat de uitworp van SO_2 in Nederland mede moet worden beoordeeld aan de hand van het grensoverschrijdende karakter en daarmee samenhangende effecten op internationale schaal.

Ik ben van mening, dat de zorg voor het milieu niet onder- maar nevengeschikt is aan die van onze economie en dat dus het milieubeleid geïntegreerd dient te worden in het beleid van de overheid ten aanzien van economie en energie. Dit kan naar mijn mening, indien door het milieubeleid grenzen worden gesteld, die niet mogen worden overschreden, maar die tevens ruimte geven om andere aspecten van het overheidsbeleid tot hun recht te laten komen. Het uitworpplafond van 500 miljoen kg SO_2 per jaar voor Nederland dat in het SO_2 -beleidskaderplan wordt genoemd, is hiervan een voorbeeld. De integratie van het facet milieu in het totale overheidsbeleid vereist speciale aandacht waar het de sociaal-economische en de energie-politieke aspecten betreft. In het SO_2 -beleidskaderplan wordt naast het milieuhygiënische toetsingskader dan ook expliciet melding gemaakt van het sociaal-economische en het energie-politieke toetsingskader.

De aard van de in het SO_2 -beleidskaderplan voorgestelde maatregelen heeft ertoe geleid dat in het plan primair een macro-economische evaluatie heeft plaatsgevonden. Er zijn evenwel in het plan al een aantal berekeningen uitgevoerd die aangeven waar te zijner tijd de grootste gevolgen te verwachten zullen zijn. Het blijkt dat de economische gevolgen van het SO_2 -bestrijdingsbeleid zich in een beperkt aantal bedrijfstakken voordoen; dit heeft tot gevolg dat, mochten deze bedrijfstakken in de problemen raken door het SO_2 -beleid - wat ik overigens niet verwacht - de overheid snel en gericht hulp kan bieden. Overigens blijft uiteindelijk het macro-economisch effect van het SO_2 -bestrijdingsbeleid vrij bescheiden. De maximale negatieve invloed op de werkgelegenheid lijkt niet groter te zullen zijn dan 0,1 %. Een effect dat zo bescheiden kan zijn indien het grootste deel van de SO_2 -bestrijdingsapparatuur door Nederlandse bedrijven geleverd gaat worden. Dit vereist echter wel de bereidheid van de Nederlandse bedrijven om tijdig in te spelen op voorgestelde bestrijdingsmaatregelen. Ook dit is een aspect van de integratie van het facet milieu in het sociaal-economisch beleid. Overigens dient wel beseft te worden dat het voorkomen van schade door SO_2 -verontreiniging ook economische baten oplevert. Deze baten behoren mede in beschouwing te worden genomen, zodat een vollediger inzicht in de sociaal-economische effecten ontstaat. Aan de hand van genoemd toetsingskader kan een integratie van de milieuhygiënische, energetische en sociaal-

economische belangen plaatsvinden. Op deze wijze kunnen de verschillende onderdelen van het regeringsbeleid op elkaar afgestemd worden en kan een aanvaardbare vorm van selectieve groei gevonden worden, waarbij zowel de continuïteit als de selectiviteit op evenwichtige wijze behartigd kan worden.

Samenvattend: het beleid met betrekking tot de bestrijding van de zwaveldioxydeverontreiniging is een twee-sporen beleid, t.w. beperking van de uitworp tot een vastgesteld uitworpplafond en handhaving van een aanvaardbare kwaliteit van de buitenlucht. Dit beleid concretiseert dan vervolgens in een praktische vertaling: tot 1985 - het jaar waarin de totale emissie aan SO_2 weer beneden 500.000 ton per jaar moet liggen - hoofdzakelijk een beleid gebaseerd op reductie van het zwavelgehalte in olie, daarna onder handhaving van de voorgaande maatregelen toepassing van technologische processen, gericht op toepassing van hetzij minder uitworp veroorzakende verbrandingstechnieken, hetzij rookgasontzwavelingsprocédés. Maar in de tussenliggende periode zal de regering toepassing van nieuwe technieken en procédés bevorderen. Dit kan bij voorbeeld geschieden in de vorm van demonstratieprojecten, zoals de reeds eerder door mij genoemde installaties voor rookgasontzwaveling en ont- NO_x -ing te Nijmegen.

Met dit instrumentarium is het mogelijk de verschillende aspecten, die voor een SO_2 -bestrijdingsbeleid voor nu en in de toekomst van belang zijn, met elkaar in verband te brengen. Het betreft de economie, het energieverbruik, en de samenstelling van het brandstoffenpakket, de bestrijding van de uitworp en de daarmee samenhangende sociaal-economische consequenties en tenslotte de gevolgen voor de luchtverontreiniging. Aldus is het naar mijn mening mogelijk een consistent beeld in het beleidskaderplan te geven en voorts een duidelijke splitsing aan te brengen tussen beleidskeuzen enerzijds en gegevens en methode anderzijds.

Overigens betekende de keuze voor een kaderplan wél dat een aantal vragen nog beantwoord moet worden, n.l. die met betrekking tot de concrete bestrijding van de SO_2 . Daar zullen SO_2 -bestrijdingsprogramma's voor zorgen, driejaarlijkse programma's op te stellen in de programma advies-commissie samengesteld uit vertegenwoordigers van al die groeperingen, die op enigerlei wijze bij die problematiek betrokken zijn.

Op dit symposium echter zal de nadruk niet zo zeer liggen op de beleidsmatige aspecten van het plan, maar meer op de technisch-wetenschappelijke onderbouwing daarvan. Dit laatste is een naar mijn mening even belang-

rijke zaak. Ik ben dan ook blij, dat zoveel deskundigen hier in Wageningen verzameld zijn.

Met deze constatering en na de organisatoren te hebben geluk gewenst met hun initiatief, verklaar ik dit symposium voor geopend.



Mr. A.A.M.F. Staatsen, plaatsvervangend directeur-generaal voor de milieuhygiëne

Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne

Dames en Heren,

Het zal u niet verbazen, wanneer ik als goed ambtenaar in mijn inleiding op het thema van dit symposium zal voortgaan langs de lijnen die door de Minister bij de opening zijn uitgezet. Ook ik acht dit symposium van groot belang zowel vanwege het moment waarop het plaats vindt, als vanwege de aard en opzet daarvan.

Natuurlijk weet ik heel goed, dat al vele malen - zowel in Nederland als daar buiten - aan het onderwerp SO₂ aandacht werd besteed. Echter, ten aanzien van dit onderwerp staan wij op dit ogenblik voor beslissende keuzen. Om dit duidelijk te maken wil ik even terug naar het nog tamelijk recente verleden en de situatie toen, vergelijken met de situatie waarin wij ons nu bevinden.

In de zestiger jaren werd SO₂ gezien als een indicator voor luchtverontreiniging; voor een belangrijk deel was dat ook zo. In die periode werd voor de verwarming van huizen en kassen nog voornamelijk olie - en ook wel kolen - gestookt. Dit had tot gevolg, dat het verspreidingspatroon van luchtverontreiniging - voor zover dat toen werd onderkend - grotendeels samenviel met het patroon voor SO₂.

Aan het einde van de jaren zestig en in het begin van de jaren zeventig vond de overschakeling naar aardgas plaats. Lage bronnen - huizen en kassen - en ook een deel van de hoge bronnen - industrie en centrales - loosden vanaf die tijd geen of nauwelijks SO₂ meer.

Het toen gevoerde energie-beleid kwam het milieu goed van pas en plaatste Nederland internationaal gezien in een uitzonderlijke en relatief gerieflijke positie. Het SO₂-probleem zelf was daarmee echter niet van de baan, zoals moge blijken uit het feit dat in 1974 het besluit zwavelgehalte brandstoffen van kracht werd. Dit besluit bindt - zoals u zult weten - het zwavelgehalte van verschillende brandstoffen aan een maximum. Deze maxima zijn in de loop van de jaren verder verlaagd. Vorig jaar september nog werd het maximale gehalte aan zwavel voor zware stookolie van 2,5 op 2,0% gebracht; een aanscherping van het maximum voor het zwavelgehalte van gasolie ligt voor dit jaar in het verschiet.

Met de overschakeling van lage bronnen op aardgas veranderde het uitworp-patroon van SO₂ en daarmee ook het verspreidingspatroon.

SO₂ werd voornamelijk nog door bronnen met relatief hoge schoorstenen in de atmosfeer gebracht. In feite werden hiermee in Nederland de lokale problemen schijnbaar opgelost door toepassing van een "hoge schoorstenen"-politiek.

Zoals door de Minister reeds werd aangegeven, is als gevolg van de groei van het energiegebruik, en wijzigingen in het brandstoffenpatroon, de SO₂-uitworp na een periode van daling weer aan het stijgen. Ik wil dit illustreren aan de hand van de volgende cijfers. In 1965 bedroeg de totale uitworp van SO₂ in Nederland ca. 1000 miljoen kg per jaar. In 1975 was dit gedaald tot minder dan de helft daarvan: zo'n 450 miljoen kg. De laatste jaren treedt er echter weer een stijging op. In 1978 bleef de uitworp net onder de 500 miljoen kg SO₂ - het emissieplafond van het Indicatief Meerjarenprogramma Lucht 1975-1980 en van het SO₂-beleidskaderplan -, het vorig jaar steeg de uitworp tot 580 miljoen kg, maar dit jaar zal de uitworp waarschijnlijk al boven de 600 miljoen kg komen.

Met de daling van de uitworp in het verleden verbeterde ook de kwaliteit van de buitenlucht in Nederland. Tot 1970 kwamen met name in het Rijnmondgebied en in het Westland hoge SO₂-concentraties voor. Uit de resultaten van de regionale metingen (het landelijk meetnet was toen nog niet operationeel) blijkt, dat de adviesgrenswaarden van de Gezondheidsraad ruimschoots werden overschreden.

Aan het eind van de jaren zestig daalden de SO₂-concentraties. Omstreeks de jaren 1973 en 1974 werd een niveau bereikt, waarbij in Nederland deze advieswaarden nergens werden overschreden.

Sedert 1977 echter treedt weer een stijging van de concentraties op. In 1979 werd weer voor het eerst overschrijding van de advieswaarde op enkele punten in Nederland waargenomen.

Door de snelle veranderingen in de samenstelling van het nationale brandstoffenpakket is SO₂ niet meer zo zeer een indicator voor luchtverontreiniging, maar een indicator voor de wijze waarop wij in Nederland het vraagstuk van de energie benaderen. De uitworp van SO₂ is een indicator geworden, die aangeeft in hoeverre wij bereid zijn de consequenties voor het milieu te betrekken in de besluitvorming over b.v. productie en gebruik van energie, besparingen en energie-

intensieve activiteiten.

Dat het noodzakelijk is de SO_2 -uitworp te bestrijden, hangt direct samen met de ongewenste effecten van SO_2 en producten die daaruit kunnen ontstaan, op de gezondheid van mens en dier, op de flora en op materialen. SO_2 wordt voornamelijk bij de verbranding van zwavelhoudende brandstoffen zoals olie en kolen gevormd. Daarnaast leveren specifieke bronnen, bijvoorbeeld zwavelzuurfabrieken en zwavelterugwinningsinstallaties, een belangrijke bijdrage. Bij de verbrandingsprocessen en bij de zwavelzuurfabricage wordt tevens zwaveldioxide, SO_2 , gevormd dat aanzienlijk schadelijker is dan SO_2 . Als de verbranding tevens gepaard gaat met roetvorming, zal SO_2 zich hechten aan de roetdeeltjes. Dit zure roet is uit een oogpunt van volksgezondheid ongewenst.

Andere in milieuhygiënisch opzicht in dit verband zeer belangrijke stoffen zijn zwavelzuur en sulfaten. Deze worden op verschillende manieren in de atmosfeer uit SO_2 gevormd. Ook bepaalde metaalverbindingen (met name die van mangaan en ijzer) en roetdeeltjes bevorderen de oxidatie aanzienlijk. Wanneer de omzetting plaats vindt in waterdruppeltjes zal de zuurgraad in zo'n druppeltje steeds toenemen, waardoor de zwavelzuurvorming wordt afgeremd. In de lucht is echter altijd ammoniak, afkomstig van biologische afbraak, aanwezig. Dit zal met het gevormde zwavelzuur reageren met als gevolg dat de omzetting van SO_2 tot zwavelzuur kan doorgaan. Dit proces zelf voort tot dat geen SO_2 of NH_3 meer beschikbaar is of totdat het deeltje het aardoppervlak bereikt.

Behalve de chemische samenstelling (zwavelzuur, metaalsulfaten, ammoniumsulfaten) zijn overigens de grootte van de deeltjes en de waterdruppeltjes belangrijk. Deeltjes in een sulfaataerosol dat is ontstaan uit luchtverontreiniging zijn vaak kleiner dan 0,1 micrometer. Deeltjes van deze orde van grootte blijven lang zweven en kunnen diep in de luchtwegen doordringen.

Geschat wordt dat in totaal 20-50% van de SO_2 -uitworp op bovenstaande wijzen wordt omgezet. SO_2 , zwavelzuur en sulfaten worden tot op grote afstanden getransporteerd. Als gevolg daarvan treedt tot op grote afstand van de bronnen verzuring van de neerslag op. Dit effect wordt nog versterkt door het gebruik van hoge schoorstenen waardoor weliswaar de plaatselijke verontreiniging door SO_2 vermindert, maar het lange afstands-transport en de vorming van zwavelzuur en sulfaten toenemen. Door de zure neerslag kan verzuring van de bodem of het oppervlaktewater optreden. Ook de adsorptie van SO_2 aan het aardoppervlak draagt aan deze verzuring bij. Het is met name deze verzuring die steeds meer als een probleem van internationale betekenis wordt gezien. Algemeen wordt

nu erkend, dat de verzuring van meren in Scandinavië voor een deel het gevolg is van de SO_2 -uitworp in geheel Europa en als zodanig niet alleen als een lokaal probleem in Scandinavië kan worden aangemerkt. Overigens: dit probleem van de verzuring van meren is niet uitsluitend een Europees probleem; men kent het ook in de Verenigde Staten van Amerika en in Canada.

Dat ik juist stilsta bij de gevolgen van het transport van SO_2 over grote afstanden en de daaraan gekoppelde effecten van zure regen en de verzuring van bodem en meren heeft de volgende reden. Wij weten op grond van onze ervaringen uit het verleden heel goed, dat met het oog op de bescherming van de gezondheid van de mens de concentraties van zwaveldioxide in de buitenlucht beneden aanvaardbare grenzen gehouden dienen te worden. Wij hebben wat dat betreft aan het eind van de zestiger jaren in onder meer Rijnmond en in het Westland leergeld betaald. Wij beschikken over de adviezen van de Gezondheidsraad betreffende grenswaarden voor zwaveldioxide en standaardrook en roet, zwevend stof en zwavelzuur. Op grond daarvan weten wij dat een ongeremde toeneming van de uitworp tenslotte zal leiden tot overschrijding van wat wij als aanvaardbare grenzen beschouwen. Echter, de situatie is nu enigszins anders dan in het verleden. Immers, zoals al gezegd door overschakeling van lage bronnen op aardgas en de daarmee samenhangende verschuiving van de uitworp naar hoge schoorstenen heeft het verspreidingspatroon van SO_2 zich gewijzigd. De lucht in de omgeving van de industrie en de steden is schoner geworden, maar tegelijkertijd is de bijdrage aan het transport van SO_2 groter geworden. Nederland gaat nu al als netto-exporteur van SO_2 optreden.

De verschuiving van de uitworp naar hoge bronnen heeft vervolgens de noodzaak tot bescherming van de flora in natuurgebieden onder de aandacht gebracht. Deze gebieden liggen nu onder de rook van industriegebieden in binnen- en buitenland.

In verband met de noodzakelijke bescherming van de flora in natuurgebieden is in het SO_2 -beleidskaderplan de volgende richtlijn opgenomen: een 50-percentiel van 30 microgram per m^3 en een 98-percentiel van 100 microgram per m^3 . Het zal duidelijk zijn, dat de realisatie van deze richtlijn gezien de grote bijdrage van de buitenlandse bronnen, moeilijk zal zijn.

Uit het voorgaande zal denk ik ook naar voren zijn gekomen hoeveel complexer de besluitvorming ten aanzien van de bestrijding van SO_2 is geworden. Enerzijds is er de verwevenheid met de energieproblematiek. Als gevolg daarvan is de mogelijkheid SO_2 te bestrijden door het inzetten van aardgas niet langer zonder meer aanwezig. Anderzijds is de reikwijdte van het SO_2 -probleem in de

loop der jaren veranderd. Van een lokaal probleem heeft het zich ontwikkeld tot een regionaal en internationaal probleem. Daarmee dienen ook andere effecten van SO_2 in de besluitvorming te worden betrokken, dan alleen de effecten op de gezondheid van de mens.

Met het complexer worden van de besluitvorming worden ook hogere eisen aan de onderbouwing van het beleid gesteld.

Door het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne wordt ten behoeve van de onderbouwing van het beleid gestreefd naar een kwantitatieve benadering van de problematiek. Daartoe werden onder meer modellen ontwikkeld. Deze modellen - nodig voor een kwantitatieve beschrijving van de relatie tussen maatschappelijke ontwikkelingen enerzijds en de luchtverontreiniging door SO_2 anderzijds - bestrijken verschillende terreinen. Het betreft een sociaal-economisch model, dat in opdracht van het ministerie door het Engelse bureau Metra Consulting Limited werd ontwikkeld en het door TNO ontwikkelde rekensysteem luchtverontreiniging. Met het sociaal-economisch model kan in beeld worden gebracht hoe de ontwikkeling van de uitworp van SO_2 zal verlopen en welke sociaal-economische consequenties aan de bestrijding van SO_2 zijn verbonden. De invoergegevens zijn de economische groei, de verdeling daarvan over bedrijfstakken, de verdeling van energie-dragers over die bedrijfstakken en de mate van energiebesparing. Het rekensysteem luchtverontreiniging legt het verband tussen aan de ene kant de uitworp van SO_2 en de ontwikkeling daarin en aan de andere kant de inwerking op het milieu die daarvan het gevolg is. De uitkomsten van deze modellen liggen ten grondslag aan het SO_2 -beleidskaderplan. Tezamen met gegevens over technologische mogelijkheden werden modelmatige bestrijdingsplannen opgesteld, welke in het SO_2 -beleidskaderplan zijn opgenomen. Uiteraard is het van modellen, hoe goed ook, een grote stap naar het daadwerkelijk beleid. Dan moet daadwerkelijk rekening worden gehouden met de samenhang en verwevenheid van de SO_2 -bestrijding met onze economie en het energie-vraagstuk, alsmede de kosten van bestrijding. Daaraan vooraf gaat de beslissing over de beleidskeuzen, bestuurlijke organisatie en mogelijkheden.

Dezelfde elementen die in het SO_2 -beleidskaderplan zijn terug te vinden, komen ook terug in de opzet van dit SO_2 -symposium:

- Het eerste thema wordt gevormd door de herkomst van SO_2 en de samenhang van de SO_2 -bestrijding met onze sociaal-economische omstandigheden en het energievraagstuk, alsmede de kosten van bestrijding.
- Het tweede thema komt zowel vandaag aan de orde als morgen. Het betreft het gedrag van SO_2 in de atmosfeer en de inwerking van SO_2 .
Helaas ontbreekt op dit symposium informa-

tie over het effect op materialen. Overigens is dit ook weer een voorbeeld van de overeenkomst tussen dit symposium en het beleidskaderplan, want ook daar wordt het onderwerp slechts even aangeroerd. Het is zeker noodzakelijk aan dit belangrijke onderwerp de komende jaren meer aandacht te geven.

- Een derde thema is de technologie verbonden aan de bestrijding van de SO_2 -uitworp. Dit komt morgen uitvoerig aan de orde.
- Het vierde thema betreft de beleidskeuzen, de bestuurlijke organisatie en de bestuurlijke mogelijkheden. Onder dit thema valt ook de praktijk van de vergunningverlening, waarvan u morgen twee praktijkverslagen zult krijgen.

Op dit laatste thema zou ik nu nog wat verder willen ingaan. Het SO_2 -beleidskaderplan geeft kaders aan, maar geen concrete maatregelen. Terecht zult u zich afvragen wat de overheid nu van plan is te gaan doen. Een volledig antwoord kan ik u nog niet geven. Wel kan ik kort uiteenzetten welk begin van beantwoording in het SO_2 -beleidskaderplan is te vinden. De vraagtekens die nog overblijven zullen, zo is de bedoeling, worden weggenomen in de loop van de uitvoering daarvan.

In het beleidskaderplan zijn de lijnen aangegeven voor een nationaal beleid voor de bestrijding van SO_2 in de periode tot het jaar 2000. Aan de realisatie van dat beleid zal op verschillende bestuursniveau's moeten worden gewerkt: door de lagere overheden bij de vergunningverlening en door de centrale overheid bij het vaststellen van maatregelen van wetgevende en van financiële aard.

Een belangrijk vereiste bij een dergelijke beleidsvoering op verschillende bestuurlijke niveau's is uiteraard dat een goede afstemming wordt bereikt. Gelukkig bestaat er in het kader van de vergunningverlening een goed contact tussen vergunningverleners en de centrale overheid, in de figuur van de regionale inspecteurs van de volksgezondheid belast met het toezicht op de hygiëne van het milieu. Voorts is het een goede zaak, dat de driejaarlijkse bestrijdingsprogramma's waarin het SO_2 -beleidskaderplan voorziet, worden voorbereid in overleg met de lagere overheden. Dit overleg zal gestalte krijgen in de programma-adviescommissie. Deze commissie, waarin naast de lagere overheden ook het bedrijfsleven vertegenwoordigd zal zijn, zal zich vooral bezighouden met de vaststelling van de uitvoeringsmogelijkheden van de bestrijdingsprogramma's. Daaronder kan, naast de uitwerking van de technische haalbaarheid en van de kostenaspecten, ook de bestuurlijk-juridische uitvoerbaarheid worden begrepen. Op basis van de beoordeling van de programma-adviescommissie zal de Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne in overeenstemming met zijn ambtgenoot van Economische Zaken een keuze over het te volgen bestrijdingsprogramma doen. De te nemen

maatregelen zullen niet alleen op hun milieuhygiënische waarden worden getoetst, ze zullen ook op hun sociaal-economische en energie-politieke merites worden bekeken. Nadat de Raad inzake de Luchtverontreiniging over met name de beleidsmatige aspecten van het programma heeft kunnen adviseren, wordt het definitief vastgesteld.

De Wet inzake de luchtverontreiniging bevat een groot aantal mogelijkheden voor regelingen bij algemene maatregelen van bestuur. Ik noem hier slechts de productnormen voor brandstoffen, zoals die in het Besluit zwavelgehalte brandstoffen al zijn neergelegd, en de mogelijkheid van productnormen voor verbrandingstoestellen. Deze wet biedt echter nog niet alle mogelijkheden waaraan nu behoefte is: voor vaststelling van kwaliteitsnormen voor de buitenlucht is eerst nog een wetswijziging nodig. Maar, het zij nog eens gezegd, wettelijke regelingen alleen zijn niet voldoende. Op de uitvoering komt het aan.

Ik hoop, dat wij in de toekomst door een gezamenlijke inspanning aan de hand van het SO_2 -beleidskaderplan en eventuele provinciale SO_2 -plannen het SO_2 -probleem onder de knie zullen krijgen. Dat is - dat zij met nadruk hier gezegd - dringend noodzakelijk.

Inleiding door Mr. A.A.T. van Rhijn, plv. Directeur-Generaal voor Energie, Ministerie van Economische Zaken

Sedert 1 januari 1978 zijn de prijzen van de OPEC-ruwe olie gestegen tot een niveau van 223%, meer dan een verdubbeling in nog geen 1½ jaar tijd. Het directe gevolg daarvan is dat een bedrag van ongeveer 150 mrd. dollar extra moet worden betaald voor de in de gehele OESO geïmporteerde ruwe olie. 150 Mrd. dollar, dat is 2% van het bruto nationaal produkt van de OESO, dat wil zeggen bijna 400 gulden per hoofd van de bevolking of te wel 1500 gulden per gezin met 2 kinderen.

Wanneer iemand twee jaar geleden een dergelijke prijsontwikkeling zou hebben voorspeld, dan zou hij door niemand geloofd zijn - laat staan geprezen. Niettemin is het toch gebeurd. Eveneens zijn, op grond van het recente gedrag van de OPEC-landen, alsmede door de gebeurtenissen in Iran, de verwachtingen omtrent de totale beschikbaarheid van ruwe olie uit de OPEC-landen voor 1985 en 1990 drastisch gereduceerd vergeleken bij twee jaar geleden. Maar wie weet of deze verwachtingen uiteindelijk toch nog te optimistisch zullen blijken.

Het waren de onzekerheden t.a.v. de toekomstige ontwikkelingen op olie- en energiegebied, die in de afgelopen 5 à 10 jaar een sterke behoefte deden ontstaan aan een andere benadering dan die van de prognoses. Prognoses hebben de bedoeling een voorspelling te doen over de te verwachten gang van zaken; zij zijn gebaseerd op uit het verleden geconstateerde trends en samenhangen.

Bij een betrekkelijk stabiele ontwikkeling hebben prognoses voor de korte termijn inderdaad een redelijke betrouwbare voorspellende functie. Wanneer er echter trendbreuken optreden zoals in de oliecrisis van 1973/74 en ook nu weer in de laatste anderhalf jaar, dan komt men met prognoses niet ver meer. Er is nog een tweede probleem: op korte termijn zijn prognoses redelijk goed mogelijk. Voor de langere termijn - 5 jaar of langer - blijven zij evenwel zelfs bij redelijk stabiele ontwikkelingen, al nauwelijks meer een voorspellende waarde te hebben. Op het gebied van de energievoorziening bestaat echter de behoefte om zeker 10 à 15 jaar vooruit te kijken, zulks met name vanwege het lange tijdsverloop tussen (investerings-) beslissingen en het effect daarvan. De uitweg uit deze problemen is in de afgelopen jaren gevonden door een nieuwe methodiek, te weten de opstelling van scenario's. Scenario's hebben ten doel om uitgaande van be-

paalde veronderstellingen na te gaan wat de gevolgen van die veronderstellingen zouden kunnen zijn voor de toekomstige ontwikkeling. M.a.w. men tracht de afwezigheid van kennis te compenseren door op basis van - op zichzelf zo realistisch mogelijke - veronderstellingen te maken t.a.v. toekomstige ontwikkelingen en samenhangen en deze te kwantificeren.

Aan de hand daarvan kan men zich dan een zeker oordeel vormen over de consequenties en bovenal over de gevolgen die daaruit zouden moeten worden getrokken voor het te voeren beleid. Het is daarbij gewenst niet van één maar van verschillende veronderstellingen uit te gaan, omdat de toekomstige ontwikkelingen en de samenhangen onzeker zijn. Op deze manier is men op de best mogelijke wijze voorbereid op wat er zou kunnen gebeuren en kan men een maximaal flexibel beleid formuleren.

De scenario's van de energienota van 1979, waarop grosso modo ook de SO₂-beleidskaderplannota is gebaseerd, hebben als voornaamste uitgangspunten:

- economische groei. Dienaangaande zijn een hoog en een laag scenario opgenomen, waarbij het hoge scenario uitgaat van een groei van gemiddeld 3% en het lage van gemiddeld 2%.
- een aanmerkelijke besparing op het energieverbruik, in de nota reeds van 25 à 30%, maar sedert de laatste prijsverhogingen van olie zal dat percentage nog beduidend hoger liggen.
- een reële prijsstijging van de ruwe olie tot 2000 tot 200% vergeleken met 1978, een veronderstelling die door de feiten thans reeds achterhaald is.
- een geleidelijke ombuiging van de bedrijfstakkenstructuur in een minder energie-intensieve richting.
- een toename van de inzet van kolen in centrales vanaf 1990.

De berekeningen door het CPB, die hebben plaatsgevonden met behulp van de modellen waar het CPB normaal mee werkt, leiden tot de conclusie dat in het hoge scenario het totaal binnenlands energieverbruik zou toenemen tot 168 en in het lage tot 138, uitgaande van 1977=100. Hierbij zijn echter de recente olieprijsstijgingen slechts gedeeltelijk verdisconteerd. Doet men dat volledig dan komt men nog weer lager uit. Hoeveel precies is echter nog niet volledig doorgerekend. Deze concrete cijfers in de Energienota moeten echter niet als de meest waarschijnlijke wor-

den gezien. Zij zijn alleen gebruikt voor het trekken van een aantal conclusies t.a.v. de aard van het te voeren beleid.

De hoofdconclusies, die in de Energienota deel I getrokken worden, zijn:

- a) een intensief besparingsbeleid, erop gericht om de spanningen tussen vraag en aanbod en de afhankelijkheid van import zoveel mogelijk te verminderen.
- b) diversificatie, naar energiedragers en naar herkomst, teneinde de risico's en nadelige gevolgen van de totale energievoorziening zoveel mogelijk op te vangen op het gebied van
 - voorzieningszekerheid
 - milieu
 - veiligheid, en
 - kostenniveau.

In het SO₂-beleidskaderplan is grosso modo uitgegaan van dezelfde cijfers van het CPB, zij het dat een aantal varianten zijn geïntroduceerd.

Op grond hiervan komt deze nota tot de conclusie dat zonder nadere maatregelen de SO₂-uitworp zal stijgen van 469 mln. kg. in 1977 tot 2667 in het allerhoogste scenario (hoge groei, weinig gas, geen uitbreiding kernenergie) en 1054 in het laagste. Met maatregelen zouden deze niveaus tot 2000 zeer aanmerkelijk kunnen worden gereduceerd zij het in de aangenomen hoge scenario's niet tot de norm van 500 mln. kg.

Ik heb reeds eerder gesteld dat aan de cijfers uit dergelijke scenario's geen enkele voorspellende waarde mag worden toegekend; het zijn toekomstverkenningen op basis van veronderstellingen. Dit geldt voor de energie-scenario's uit de Energienota; dit geldt evenzeer voor de scenario's van het SO₂-beleidskaderplan. Tegen die achtergrond is het dan ook een goede aanpak, dat er een duidelijk onderscheid wordt gemaakt tussen het algemeen oriënterend SO₂-beleidskaderplan dat op de hele periode tot 2000 betrekking heeft enerzijds en de concrete bestrijdingsplannen die periodiek zullen worden opgesteld anderzijds. Deze laatste, die voor een bepaalde periode worden opgesteld, kunnen dan telkens rekening houden met en aangepast worden aan de ontwikkelingen zoals die zich intussen feitelijk hebben voorgedaan en in de nabije toekomst zullen voordoen, o.a. ook op technologisch gebied.

Dat tot een dergelijke aanpak alle aanleiding bestaat, heeft het afgelopen jaar duidelijk gedemonstreerd. In de eerste plaats zijn er omstandigheden te signaleren, die tot gevolg hebben dat de SO₂-uitworp minder is geweest, resp. zal zijn dan in de scenario's werd verondersteld. Zo is de SO₂-uitworp van de elektriciteitscentrales in 1979 naar schatting 150 mln. kilo minder geweest dan in 1977 in het kader van het BIPC (Brandstoffen Inzet

Plan Centrales) werd aangenomen, d.w.z. slechts de helft.

De belangrijkste factoren hieraan ten grondslag liggend zijn geweest dat,

- 1) het feitelijk zwavelgehalte in de ingezette brandstoffen lager lag dan in de berekeningen was aangenomen;
- 2) de centrales vanwege voorzieningsproblemen minder olie en meer gas hebben ingezet.

In de tweede plaats zal in de nabije toekomst, als gevolg van de gigantische prijsstijgingen van de energie, in de eerstkomende jaren de economische groei lager liggen dan zelfs in het lage scenario werd verwacht, zodat voorts nog het laagste scenario uit het beleidskaderplan in de komende tijd eerder de bovengrens dan de ondergrens zal vormen, met alle gevolgen vandien voor het niveau van de SO₂-uitworp.

Voorts zal als gevolg van diezelfde prijsstijgingen op langere termijn, ook bij een realisering van de economische groei, zoals verondersteld in het lage scenario in 2000 het energieverbruik niet 152% bedragen op basis 1977=100, zoals vóór de prijsstijgingen was berekend, maar niet meer dan 138, en waarschijnlijk nog lager, als gevolg van extra (snelle) energiebesparingen.

Uiteraard heeft dit ook weer zijn effecten in de vorm van een vermindering van de SO₂-uitworp.

Evenzo zullen de veel hogere prijzen een sterke stimulans vormen voor een snellere toepassing van kolenvergassing dan anders het geval zou zijn geweest.

Tenslotte zou de SO₂-uitworp niet onaanzienlijk beperkt worden, indien besloten zou worden, als resultaat van de Maatschappelijke Discussie, tot uitbreiding van de kernenergie. Zelfs met niet meer dan een matige bestrijding aan de bron en matige eisen t.a.v. het zwavelgehalte zou men op grond van de eerdergenoemde punten hoogst waarschijnlijk niet ver van de 500 mln. kg. norm verwijderd blijven als thans bij zware bestrijding aan de bron en zware eisen t.a.v. het zwavelgehalte bij het lage scenario (D).

Dit scenario lijkt thans zoals de vooruitzichten nu zijn qua economische groei het meest reëel, maar wellicht zelfs nog te optimistisch.

Waarom deze somberheid t.a.v. de economische groeiverwachtingen?

De verwachtingen t.a.v. het toekomstige olieaanbod en het prijsbeleid van de OPEC-landen zijn, op grond van de recente ervaringen en de OPEC termijn strategie besprekingen, zijn zoals in het begin reeds werd opgemerkt aanmerkelijk pessimistischer dan tot voor kort het geval was. De productie van een aantal OPEC-landen zal worden verminderd, hetgeen tot een opwaartse prijsdruk dreigt te leiden. Voorts is het de bedoeling van OPEC om regelmatig de prijs te verhogen aan de hand van inflatie, groei bruto nationaal product, dol-

larkoers en reële prijsstijging. Teneinde toch van de zijde van de olie-importerende landen de olievraag en de olieprijsstijgingen zoveel mogelijk in de hand te houden, wordt in het kader van het Internationaal Energie Agentschap te Parijs (IEA) gesproken over lagere olieconsumptie- en invoerdoelstellingen voor 1985 en 1990 dan tot voor kort het geval was. Er bestaat zelfs een streven om te komen tot de invoering van plafonds per land voor verbruik en/of invoer. Het is overigens een gelukkige omstandigheid voor Nederland dat in deze discussies de IEA-landen aanvaard hebben dat - in afwijking van de trend in vrijwel alle andere landen - de olie-invoer in Nederland binnen een ietwat dalend totaal importvolume voor de IEA in zijn geheel, nog aanmerkelijk zal mogen stijgen. Deze stijging is noodzakelijk in verband met de terugschakeling van gas naar olie in het kader van het BIPC.

Het zal echter duidelijk zijn dat ondanks deze voor Nederland gunstige regeling ernstig gevreesd moet worden dat door een algemeen krap olie-aanbod en verdere prijsstijgingen de mogelijkheden tot economische groei in de geïndustrialiseerde landen en daarmee ook in Nederland, zeer beperkt zullen zijn. Teneinde duidelijk te maken wat een lage groei betekent, is het goed zich te realiseren dat in Nederland alleen al 1,5 à 2% groei nodig zijn om de verworvenheden van dit ogenblik in stand te houden. Derhalve is een groei van 2 à 2,5% als aangenomen in het lage scenario bepaald geen overbodige luxe, zeker niet wanneer men zich daarbij realiseert dat er ook heden ten dage reeds niet kan worden voorzien in een heel aantal zaken, die juist voor het welzijn zo belangrijk zijn, terwijl we voorts in ons land met een onaanvaardbaar hoog werkloosheidsspeil worden geconfronteerd. Niettemin of zelfs dit lage percentage gehaald zal kunnen worden is onzeker.

Heb ik tot dusverre vooral aandacht besteed aan factoren die een drukkend effect op de uiteindelijke SO_2 -uitworp hebben, er zijn daarnaast ook andere elementen die in een tegengestelde richting werken. In dit verband dient met name genoemd te worden de relatieve schaarste en eventueel zelfs absolute schaarste aan laagzwavelige stookolie. Hiervoor zijn twee oorzaken aan te wijzen:

- 1) het relatief zwaarder worden van het aandeel van de zwaardere ruwe olie in het totale aanbod, wat gepaard gaat met een hoger zwavelgehalte,
- 2) het zich steeds verder doorzetten van de conversie, dat wil zeggen dat stookolie verder gekraakt wordt, teneinde een groter aandeel aan lichte produkten te verkrijgen uit een ton ruwe olie. Als gevolg hiervan zal laagzwavelige stookolie steeds moeilijker te verkrijgen zijn en zal deze stookolie ook steeds duurder worden.

Gezien het feit dat de energieprijzen voor de grote energie-gebruikers in Nederland toch

reeds hoger liggen in vele gevallen dan die in de omliggende landen, brengt dit onze energie-intensieve industrieën in aanmerkelijke concurrentieproblemen. Een extra probleem is dat het juist deze industrieën zijn die een belangrijke bijdrage aan onze export leveren en derhalve voor het betalingsbalansenwicht essentieel zijn. Hierbij moet met name gedacht worden aan de ook in het SO_2 -beleidskaderplan veelvuldig genoemde vier sectoren: grote chemie, metallurgie, raffinage en electriciteitsopwekking, voor wie de energiequote enige malen hoger ligt dan gemiddeld voor de industrie. Voor de concurrentiemoeilijkheden zijn vooral twee oorzaken aan te geven:

- in omliggende landen wordt een niet onbelangrijk deel van de electriciteit opgewekt hetzij met waterkracht, hetzij met bruinkolen, hetzij met kernenergie, die alle drie duidelijk goedkoper zijn,
- tariefstructuur in het buitenland, waarbij de kleine verbruiker relatief meer betaalt dan in ons land en de (grote) grootverbruiker minder, bovenal in het kader van de speciale contracten voor zeer grote grootverbruikers.

Het is duidelijk dat onder de zojuist geschetste omstandigheden bij de concrete vormgeving van het SO_2 -beleid in de periodieke beleidsplannen studies een zorgvuldige afweging zal moeten plaatsvinden van drie gelijkwaardige elementen: milieu, energievoorziening en economie, waarbij aan geen van deze elementen een absolute prioriteit boven de andere kan worden gegeven. Alle drie zijn immers voor onze Nederlandse samenleving van essentieel belang.

Bij de afweging zal voorts niet alleen naar de korte, maar ook naar de lange(re) termijn gekeken moeten worden. Het BIPC is daarvan een duidelijk voorbeeld. Op korte termijn leidt de overschakeling van gas op olie weliswaar tot een hogere uitworp, maar daarvoor wordt het mogelijk om op langere termijn het niveau van de uitworp te drukken. Tevens maakt het BIPC het mogelijk om thans, nu er nog olie beschikbaar is, gas te sparen als een strategische reserve voor de toekomst. Wanneer t.z.t. de voorziening met olie te kort zou schieten kan dat gespaarde gas worden ingezet en zodoende een deel van het tekort van onze olievoorziening opvangen. Tot een dergelijk beleid m.b.t. gas is alle aanleiding in het licht van de verwachtingen omtrent een op den duur steeds moeilijker wordende olievoorziening en dat juist in een periode waarin Nederland noodgedwongen zijn gasaandeel in de totale energievoorziening ziet verminderen.

Een tweede belangrijk aspect is dat bij de afweging milieu enerzijds en economie en de toch al zorgelijke concurrentiepositie van de industrie anderzijds, niet alleen gelet moet worden op de kosten van het SO_2 -beleid, maar dat ook andere kostenverhogende milieumaat-

regelen in de beschouwing betrokken moeten worden en deze kunnen zeer aanzienlijk zijn. Tenslotte gaat de redenering dat tegenover de extra lasten voor het bedrijfsleven van het SO₂-beleid ook baten staan in de vorm van minder schade t.g.v. corrosie e.d. niet zonder meer op. De baten komen ten goede aan de Nederlandse samenleving in zijn geheel; de kosten moeten echter door een beperkte groep gedragen worden.

Wanneer ik tenslotte tot enkele conclusies mag komen:

- 1) scenario's zijn geen toekomstvoorspellingen, maar alleen hulpmiddelen bij het bepalen van het beleid voor een duidelijk onzekere toekomst. Aan de uit de scenario's voortvloeiende cijfers mag vooral geen grote waarde worden gehecht, omdat deze slechts op veronderstellingen zijn gebaseerd.
- 2) de recente ontwikkelingen op het gebied van olieprijsen en olie-aanbod alsmede de verwachtingen dienaangaande voor de toekomst zijn van dien aard dat gevreesd moet worden dat het aanvankelijk lage scenario wel eens eerder het hoge scenario zou kunnen worden, althans voorlopig. Dit heeft uiteraard gevolgen voor de SO₂-uitwerp en het SO₂-beleid.
- 3) bij het ontwikkelen van het concrete SO₂-beleid dienen de milieu-, energie- en economie-aspecten zorgvuldig tegen elkaar te worden afgewogen; van een primaat van een van de drie genoemde elementen kan moeilijk gesproken worden.
- 4) als vertegenwoordiger van het Ministerie belast met economie en energie heb ik een aantal aspecten naar voren gebracht die vanuit die hoek gezien speciaal relevant zijn.
- 5) het belichten van die aspecten betekent geenszins een terughoudendheid t.a.v. een effectief SO₂-beleid.
Als illustratie daarvan moge dienen dat op de begroting van Economische Zaken een post is opgenomen voor milieuvriendelijke technologieën, waaruit o.a. ook subsidies voor demonstratieprojecten op het gebied van luchtverontreiniging kunnen en zullen worden gefinancierd, zulks in overleg en nauwe samenwerking met het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.

Al zal het onder de door mij geschetste omstandigheden niet altijd gemakkelijk zijn, de ervaring heeft geleerd dat het in goed overleg steeds weer mogelijk is om in concreto tot een voor allen aanvaardbaar beleid te komen. Het is in het belang van ons allen dat dit ook op SO₂-gebied gebeurt.

Drs. J. Swager

Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne

Inleiding

De scenario's uit het SO₂-Beleidskaderplan sluiten nauw aan bij de energiestenario's uit de Nota Energiebeleid; toch zijn ze in een aantal opzichten geheel losstaand.

De energiestenario's die door het Centraal Plan Bureau worden ontwikkeld ten behoeve van het Ministerie van Economische Zaken kennen nog geen terugkoppeling naar milieufactoren, terwijl bovendien de scenario's in hun oorspronkelijke vorm nauwelijks toepasbaar zijn bij het beantwoorden van vragen op het milieuhygiënische beleidsterrein. Dit is de reden dat het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne al heel lang eigen onderzoekprogramma's heeft op dit gebied. Zo verricht het Instituut voor Milieuvraagstukken van de Vrije Universiteit in opdracht van het ministerie onderzoek naar mogelijkheden voor selectieve groei in de economie, dat wil zeggen: welvaart behouden, maar minder milieuverontreiniging. Vooral ook het model dat door Metra Consulting is ontwikkeld, en dat het mogelijk heeft gemaakt om het SO₂-beleidskaderplan te onderbouwen op de manier waarop dat nu is gebeurd, moet hier genoemd worden.

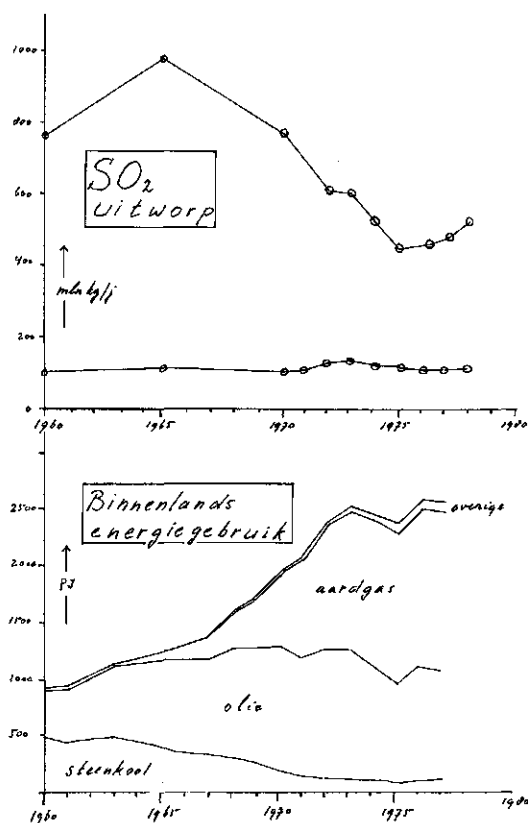
In dat SO₂-beleidskaderplan worden vier scenario's weergegeven. Daarvan zijn er twee nadere uitwerkingen van de scenario's uit de Nota Energiebeleid, deel I. Daarnaast zijn er twee "alternatieve" scenario's, waarbij het woord "alternatief" hier overigens niet zijn modieuze betekenis heeft; deze laatste twee scenario's verschillen namelijk slechts in beperkte mate in de keuze van de uitgangspunten. Dit is overigens een beperking die door velen wordt betreurd, vooral omdat de economische ontwikkelingen zich lijken te begeven buiten het nu aangegeven kader. In deze lezing is het niet mogelijk een heel nieuw scenario weer te geven; wel zijn enige nieuwe gegevens beschikbaar over de invloed van een lage economische groei.

Voordat wordt ingegaan op de mogelijke ontwikkelingen in de komende twintig jaar zoals die uit de scenario's volgen, zal eerst zo'n zelfde tijdsbestek teruggeblikt worden. Dit gebeurt aan de hand van een grafiek voor het binnenlandse energiegebruik.

Het energiegebruik en de SO₂-uitworp de afgelopen twintig jaar.

Uit de figuur is af te lezen dat de hoeveelheid kolen die gebruikt werd steeds afnam; het verbruik van olie steeg aanvankelijk zeer snel, maar omstreeks 1965 begon de opmars van het aardgas. Het Nederlandse aardgas bevat vrijwel geen zwavel; kolen wel, en olie zelfs nog meer. De zwavel die er inzit komt bij verbranding vrijwel allemaal in de lucht als SO₂. Als de hoeveelheid brandstof die verstoekt is en het zwavelgehalte daarvan bekend zijn, kan vrij eenvoudig de SO₂-uitworp berekend worden. Anderzijds, als de SO₂-uitworp beperkt moet worden, kan dat bijvoorbeeld bereikt worden door een bovengrens te stellen aan het zwavelgehalte van de brandstof.

Het toenemend oliegebruik zorgde voor een snelle stijging van de SO₂-uitworp. Omstreeks 1965 bereikte de SO₂-uitworp echter



z'n top, en ging daarna weer omlaag. Die daling is opmerkelijk, want het verbruik aan olie bleef stijgen tot aan de oliecrisis. Dat moet dus inhouden dat het gemiddelde zwavelgehalte van de olie daalde. Dit hangt samen met een dubbele ontwikkeling. Enerzijds kwam er vanwege de ernstige milieuproblemen steeds meer vraag naar laagzwavelige olie, terwijl anderzijds het aanbod van laagzwavelige olie uit landen als Lybië en Nigeria toenam. Het zwavelbesluit uit 1974 deed nauwelijks meer dan het bevestigen van de bestaande toestand.

Andere stoffen dan SO_2 .

Het breekpunt van deze ontwikkelingen kwam met de oliecrisis. Alvorens daarop wordt ingegaan, worden eerst een paar zijdelingse opmerkingen gemaakt over andere vormen van luchtverontreiniging. Er is al in eerdere lezingen gezegd dat je SO_2 kunt gebruiken als indicator voor het energiebeleid. Als je echter alleen naar SO_2 kijkt, kunnen toch wel gemakkelijk verkeerde conclusies worden getrokken.

In de figuur (zie volgende kolom) is van vijf verschillende soorten verontreiniging aangegeven wat de veranderingen zijn geweest in de periode 1960 tot en met 1977. Daarbij is voor de verschillende peiljaren steeds aangegeven wat de bijdrage is geweest van de mobiele en de vaste bronnen. Bij SO_2 is de bijdrage van mobiele bronnen bijna te verwaarlozen; bij een aantal andere vormen van verontreiniging is dat echter beslist niet het geval; bij de stikstofoxiden, koolmonoxide en de koolwaterstoffen zijn de mobiele bronnen het belangrijkste. Bij te veel aandacht voor SO_2 dreigt dus het gevaar dat de vervuiling door het verkeer uit het oog wordt verloren.

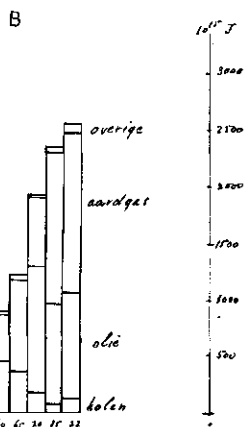
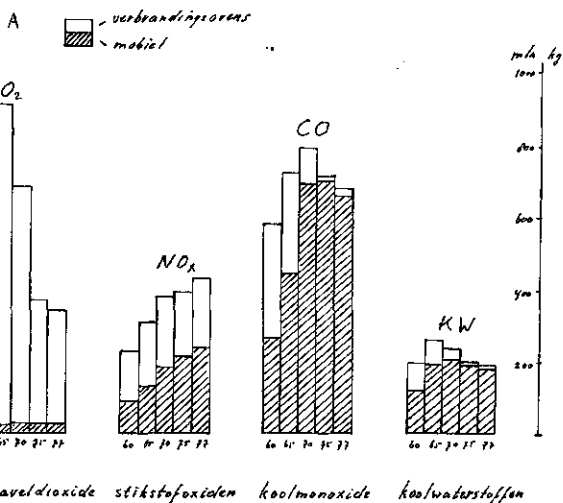
Wat ook aan de aandacht dreigt te ontsnappen zijn de procesuitwerpen. Sinds de oliecrisis is duidelijk dat er een grote invloed is van de beschikbaarheid en de prijs van energie op de manier waarop de economie zich ontwikkelt. Zo is er, bijvoorbeeld, ook een verband tussen de beschikbaarheid van het Groningse aardgas en de aanwezigheid in Groningen van fabrieken die met behulp van heel veel energie producten maken zoals aluminium en siliciumcarbide. Het zwavelvrije aardgas is er dus indirect de oorzaak van dat Delfzijl wat betreft SO_2 het meest vervuilde stukje Nederland is. Op soortgelijke wijze is de aanwezigheid van sterk vervuulende industrieën in het Sloegebied niet los te zien van de ruime beschikbaarheid van kernenergie en aardgas.

Na de oliecrisis

De gewijzigde beleidsinzichten na de oliecrisis hadden aanleiding gegeven tot het

A = Uitworp door verbranding van fossiele brandstoffen

B = Binnenlands energiegebruik



uithbrengen van de Energienota in 1974. Een van de nieuwe inzichten was dat in de toekomst kolen weer een belangrijke rol moesten spelen. Een andere was dat aardgas in principe niet meer gebruikt mocht worden voor grote vuurhaarden. Voor de electriciteitscentrales betekende dit, dat nieuwe gascontracten niet meer worden afgesloten en oude niet meer verlengd. Daardoor zou langzamerhand de ene centrale na de andere geen gas meer geleverd krijgen. Deze principebeslissing had nogal wat nare gevolgen, zoals een volledige afhankelijkheid van olie voor een centrale na afloop van een gascontract. Dit was de aanleiding om een alternatief plan voor de aardgasinzet bij centrales op te stellen, het inmiddels roemruchte BIPC: het brandstoffeninzetplan voor centrales.

Het BIPC

Het BIPC heeft een grote invloed op de uitwerp door elektriciteitscentrales. Deze bedroeg in 1977 zo'n 50 mln kg per jaar; door het BIPC zou dat in twee jaar kunnen oplopen tot zo'n 300 mln kg. De totale uitwerp in Nederland zou daarmee ver boven de 600 mln kg komen.

Nu kwam de stijging van de uitwerp niet geheel onverwacht. Een stijging was ook al uitgerekend in het eerste Indicatieve Meerjarenprogramma ter bestrijding van de luchtverontreiniging in 1976. Die berekeningen waren onder meer gebaseerd op de Energienota. De ontwikkelingen waren echter ver achter gebleven bij de verwachtingen, zodat bestrijdingsmaatregelen voorlopig niet nodig leken.

Het BIPC maakte een eind aan die illusies. In dat IMP-L had de regering namelijk verklaard dat de SO_2 -uitwerp beneden de 500 mln kg per jaar te willen houden, en nu dreigde overschrijding van die grens, zelfs voordat het IMP-L aan parlementaire behandeling was toegekomen.

Aangezien de hoofdpunten van de verdere ontwikkelingen bekend zullen zijn worden ze alleen maar even aangestipt. Het BIPC is inderdaad van start gegaan, al is de formele afronding nog steeds niet tot stand gekomen. Het maximum zwavelgehalte van stookolie werd verlaagd van 2,5 naar 2,0% per 1-9-1979 voor alle gebruikers, maar desondanks is de uitwerpgrens vorig jaar toch overschreden. Tenslotte is het SO_2 -beleidsplan dat werd aangekondigd en waarin de bestrijdingsmaatregelen op de wat langere termijn zouden komen inmiddels uitgebracht, maar dan als SO_2 -beleidskaderplan.

Het SO_2 -beleidskaderplan

In het SO_2 -beleidskaderplan zijn vier scenario's opgenomen die, zoals eerder vermeld, zijn opgesteld met behulp van het model dat door Metra Consulting is ontwikkeld. Belangrijke kenmerken van dat model zijn de uitgebreide onderverdeling naar bedrijfstakken, de verdeling per bedrijfstak naar energiesoorten, en de verdeling per bedrijfstak naar vuurhaarden. Deze laatste verdeling is gebaseerd op een uitvoerige enquête bij de bedrijven zelf. In het model wordt de energie-ontwikkeling berekend als een afhankelijke van de economische ontwikkeling.

De vier scenario's geven de SO_2 -uitwerp zonder nadere bestrijdingsmaatregelen. Daarbij is aangenomen dat per bedrijfstak en per brandstofsoort het zwavelgehalte hetzelfde blijft als dat in 1975 het geval was. Het effect van de wijziging van het zwavelbesluit vorig jaar is echter wel in rekening gebracht.

Van de vier scenario's komen de middelste twee, A en D, overeen met de scenario's uit

Algemene kenmerken van de scenario's

Scenario	A	B
macro-econ. groei ¹	matig tot hoog	matig tot hoog
1977-1985	3,4	3,4
1986-1990	3,0	3,0
1991-2000	3,3	3,3
sectorstructuur	ongewijzigd ²	ongewijzigd ²
aardgas	verwacht aanbod ³	bewezen reserves ³
kernenergie	uitbreiding met 3000 MWe na 1990	geen uitbreiding
energiebesparing	Nota Energiebeleid 1979	Energienota '74

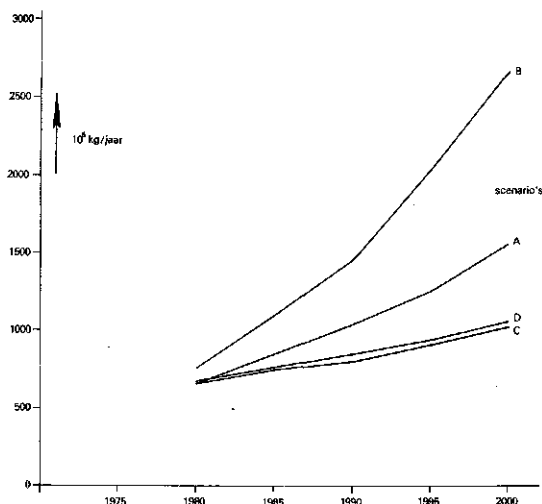
	C	D
laag tot hoog	laag tot hoog	
2,9	2,9	
2,1	2,1	
2,1	2,1	
nadruk op tertiaire en kwartaire sector	ongewijzigd ²	
verwacht aanbod ³		verwacht aanbod ³
geen uitbreiding		uitbreiding met 3000 MWe na 1990
Nota Energiebeleid 1979		Nota Energiebeleid 1979

¹ Gemiddelde jaarlijkse groei (in %) van de totale bruto toegevoegde waarde van bedrijven.

² M.u.v. verschuiving binnen de sector chemie naar meer hoogwaardige verwerking.

³ Cf. Plan van Gasafzet 1978.

Ontwikkeling van de SO_2 -uitwerp zonder nadere bestrijdingsmaatregelen



de nota Energiebeleid. De verschillen tussen deze twee betreffen de economische groei: A tamelijk hoog, D betrekkelijk laag, met een verschil in groeipercentage van ruwweg 1%. Dat ene procent betekent een verschil van 500 mln kg SO_2 in 2000. Dit is een betrekkelijk sterk effect, doordat in de scenario's de groei vooral plaats vindt in de energie-intensieve industrie. Doordat er een

zekere "basishoeveelheid" aardgas en kern-energie ter beschikking staat, zal de hogere groei vooral leiden tot de inzet van meer kolen en olie. Scenario B lijkt overdreven hoog. Toch zijn in dit scenario inzichten verwerkt zoals die nog maar kort geleden te vinden waren bij 's lands economen. Overigens berekende het IMP-L in 1976 zelfs nog een uitwerp van ruim 1400 mln kg SO_2 in 1985.

Over de verschillen in veronderstellingen tussen A en B valt het nodige te zeggen.

- a. de uitbreiding met 3000 MW kernenergie. Wanneer wordt aangenomen dat de vervangende brandstof kool zou zijn met 1% zwavel, betekent geen kernenergie zo'n 140 mln kg SO_2 meer; aangezien in het basisjaar 1975 kolen gemiddeld een lager zwavelgehalte hadden is in de scenario's het berekende effect van die 3000 MW overigens wat kleiner, nl. ruim 100 mln kg.
- b. Voor aardgas is in de Nota Energiebeleid de lange termijn doelstelling van de Gasunie overgenomen als uitgangspunt voor het beleid: het zgn. "verwachte aanbod". Uitgangspunt was daarvoor het "bewezen aanbod". Die twee schelen een slok op een borrel: een factor twee. Wanneer het effect wordt berekend op dezelfde manier als bij a., komt het verschil in gasinzet drie keer zo hoog uit als het effect van 3000 MW kernenergie.
- c. Het verschil in besparingsdoelstellingen geeft een zelfde effect als het aardgas-effect.

Een apart geval is scenario C. De belangrijkste veronderstelling betreft de sectorstructuur. Hierbij is aangenomen dat de groei niet plaats vindt bij de energie-intensieve bedrijfstakken zoals raffinage, maar juist bij arbeidsintensieve bedrijfstakken en ook wel de chemie. Het verschil is duidelijk. Scenario C blijft, bij eenzelfde macro-economische groei, steeds onder scenario D, zelfs ondanks dat in C geen nieuwe kerncentrales worden gebouwd. Overigens is die afwezigheid van kernenergie in dit scenario niet toevallig. Stroom uit kernenergie is net zo duur als stroom uit kolen, maar vraagt veel hogere investeringen. Bij lage economische groei is dat moeilijk op te brengen. Bovendien is een kerncentrale niet in staat om de snelle met-fluctuaties te volgen die samenhangen met het verbruikspatroon van de niet-continu bedrijven. Ook op die manier is er een koppeling van kernenergie met de groei van energie-intensieve continu bedrijven.

Er zijn enkele uitkomsten die nadere toelichting verdienen*.

*Deze volgen niet uit de figuur, maar zijn terug te vinden in het SO_2 -beleidskaderplan op blz. 42 en 132.

1^e. Een niet onaanzienlijke groei vindt plaats bij de zeescheepvaart. Dit is een zwakke plek in de scenario's. Er is uitgegaan van een schatting die gemaakt is voor de emissieregistratie. Voor de groei is dezelfde factor gebruikt als voor de vervoersector. Het is zeker van belang om na te gaan of deze veronderstelling toepasbaar is, ook omdat bunkerolie niet onder de regels van het zwavelbesluit valt.

2^e. Voor de processen worden hoge waarden berekend. Dit is gedeeltelijk een optische zaak. In de meeste overzichten, onder meer die van het CBS en van de emissieregistratie, worden de regeneratiegassen van een katalytische kraker opgenomen onder de brandstofuitwerpen van de raffinaderijen. Voor de scenario's is het noodzakelijk om deze uitwerpen onder te brengen bij de procesuitwerpen; ook overigens lijkt dit een betere indeling.

3^e. Vooral bij de chemie vindt een sterke stijging plaats van de uitwerp. De oorzaak is dat het hier gaat om een bedrijfstak met veel grote bedrijven die volgens het selectieve aardgasbeleid te zijner tijd moeten overschakelen op andere brandstoffen. Daar komt bij dat de chemie een van de trekpaarden van onze economie is. Vooral bij een ongewijzigde sectorstructuur zal de chemie dus sterk blijven groeien in de scenario's.

De bestrijdingsplannen

Een kaderplan geeft geen lijstje maatregelen, maar toont welke bestrijdingsmaatregelen er zijn en wat de gevolgen daarvan zijn. In het SO_2 -beleidskaderplan worden vier verschillende combinaties getoond: de zogenaamde "bestrijdingsplannen".

Bestrijdingsplan	Toepassing bestrijding aan de bron	Eisen zwavelgehalte brandstoffen
1	mild	mild
2	maximaal	matig
3	matig	maximaal
4	maximaal	maximaal

Met toepassing van bestrijding aan de bron wordt in eerste instantie gedacht aan rookgasontzwaveling: een bewezen techniek, die in vele varianten beschikbaar is, en die zowel voor oude als nieuwe bronnen, zowel voor olie als kolen toepasbaar is. Op de langere duur zullen ook technieken als wervelbedverbranding en kolenvergassing hun intrede doen. Verlaging van het zwavelgehalte van brandstoffen kan op verschillende manieren gebeuren. Er is van uitgegaan dat het aanvankelijk mogelijk is om de benodigde laagzwavelige olie te kopen op de wereldmarkt, maar dat over enige jaren residue-ontzwave-

ling aantrekkelijk wordt.

Bij het opstellen van deze modelmatige bestrijdingsplannen is de sociaal-economische haalbaarheid geen uitgangspunt geweest. Wel heeft steeds de technisch-economische haalbaarheid voorop gestaan, in de betekenis: als we het zouden willen, moet het ook kunnen. Enkele overwegingen zijn geweest:

- Bij rookgasontzwaveling is er een schaal-effect; grote installaties zijn in verhouding goedkoper dan kleine. Daarom is in het milde bestrijdingsplan een veel hogere grens aangehouden voor toepassing dan in de andere bestrijdingsplannen.
- Electriciteitsopwekking is de eerste bedrijfstak die aan de beurt is vanwege de grote bijdrage aan de toename van de SO_2 -uitwerp, maar ook omdat de bedrijven een monopoliepositie bezitten zodat er geen concurrentieproblemen ontstaan en de lasten bovendien maatschappelijk zeer breed en evenredig worden gespreid.
- Er is rekening mee gehouden dat de bouw bij bestaande vuurhaarden aanzienlijk duurder is dan bij nieuwe; in die bestrijdingsplannen waarbij toepassing bij bestaande bronnen is gedacht, is rekening gehouden met de nog resterende economische levensduur.

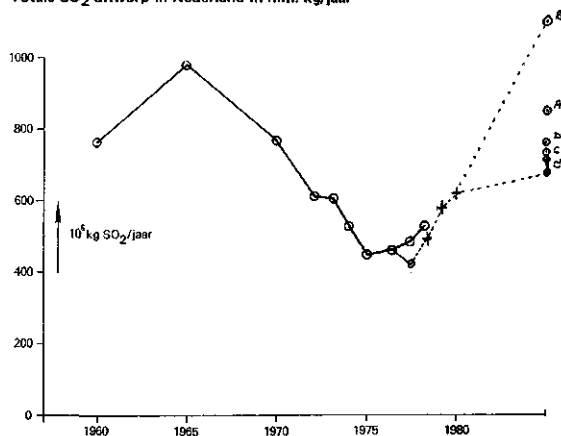
Verder is bij het opstellen van de plannen met een schuin oog gekeken naar de 500 mln kg grens.

Van al die bestrijdingsplannen is gekeken wat het effect is op de SO_2 -uitwerp, maar ook wat de invloed is op de behoefte aan laag- en hoogzwavelige olie, en wat de extra energiebehoefte is als gevolg van de installatie van ontzwavelingsinstallaties. Ook een aantal sociaal-economische gevolgen zijn bekend.

De volgende figuur geeft een samenvatting van de invloed op de SO_2 -uitwerp. Uitgebreide gegevens zijn te vinden in het SO_2 -beleidskaderplan, vooral in de bijlagen, en in de rapporten van Metra Consulting.

De grafieken tonen enkele eigenaardigheden. Allereerst dat er binnen de veronderstellingen van deze modelstudies in 1980 steeds overschrijding van het uitwerpplafond zal optreden. Pas omstreeks 1985 komt de uitwerp in sommige combinaties weer onder de grens. Dit komt ten eerste doordat het enige jaren zal kosten voordat installaties gebouwd zijn, en verder doordat het zwavelgehalte in 1980 nog niet verder verlaagd is; juridisch-technisch gezien is het nl. nauwelijks mogelijk om nog dit jaar een daartoe strekkende wijziging van het Zwavelbesluit te realiseren. Een tweede punt is dat vroeger of later de uitwerp toch weer omhoog gaat. In een interessant artikel in jaargang 1979 nummer 5 van Ekologie, het blad van Aktie Strohalm, staat de theorie van de N-curve beschreven. Die komt er op neer dat wanneer de oplossing van milieuproblemen wordt gezocht in technologische symptoombestrijding, dan de grafiek die de verontreiniging weergeeft een N-vorm krijgt. Aanvankelijk is het nl. mogelijk om die effecten de baas te worden, maar op den duur is het niet bij te benen. Het is duidelijk dat de modelstudies uit het SO_2 -beleidskaderplan deze theorie over symptoombestrijding zeker niet weerleggen.

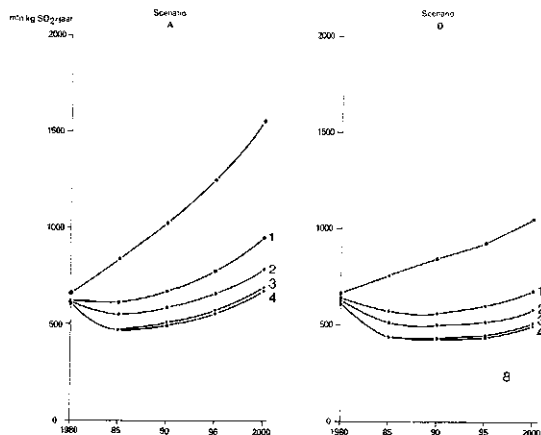
Totale SO_2 -uitwerp in Nederland in mln. kg/jaar



Actuele ontwikkelingen

Tot slot enkele actuele resultaten.

- Ten eerste de uitwerp in de afgelopen jaren. In de grafiek zijn de nieuwste schattingen ingetekend. Een zeer groot probleem is de beschikbaarheid van goede gegevens. Het duurt twee tot drie jaar tot er redelijk betrouwbare gegevens zijn en het maken van voorlopige schattingen, zoals hier gedaan wordt is een zeer hachelijke zaak. Het zou alle partijen zeer welkom zijn wanneer de gegevens sneller ter beschikking zouden komen.
- Een heel belangrijke factor is de uitwerp door centrales.



Het afgelopen jaar is door voorzieningsproblemen het oliegebruik ver onder de raming gebleven, en is er veel meer gas gestookt dan in de bedoeling lag. Mede daardoor is de totale SO_2 -uitworp in Nederland in 1979 nog onder de 600 mln kg gebleven: ongeveer 580 mln kg.

- De gevolgen van een lage economische groei:

Uit de berekeningen blijkt dat, indien tot het einde van deze eeuw de macro-economische groei gehandhaafd blijft op een niveau van een 0,5% per jaar, de SO_2 -uitworp in 1985 een piekniveau zal bereiken van 655.000 ton. Daarna blijft het niveau constant of neemt het enigszins af. Dit heeft enerzijds te maken met het feit dat de macro-economische groei voornamelijk gerealiseerd blijkt te worden door de dienstensector, terwijl anderzijds de gehanteerde energiebesparingsveronderstellingen er mede toe bijdragen dat het totale energiegebruik in Nederland na 1985 licht blijkt te gaan dalen. Toepassing van het lichtste bestrijdingsplan uit het SO_2 -beleidskaderplan heeft bij dit scenario tot gevolg dat het uitworpniveau in 1985 kan dalen tot 470.000 ton en in 2000 tot 385.000 ton. Toepassing van bronbestrijdingstechnologie vindt alleen plaats bij de elektriciteitscentrales. Hoewel dit voortvloeit uit de veronderstellingen van het bestrijdingsplan, moet bovendien verwacht worden dat in andere sectoren de matige economische ontwikkeling tot gevolg heeft dat er onvoldoende nieuwe ketelcapaciteit bijkomt, geschikt voor toepassing van bijvoorbeeld rookgasontzwaveling. In dit scenario is er dan ook van uitgegaan dat de beperking van de SO_2 -uitworp plaats vindt via verlaging van het maximum zwavelgehalte in de brandstoffen. De beperkte omvang van de bestrijding heeft daarbij tevens tot gevolg dat de economische gevolgen ervan slechts van zeer geringe omvang zijn.

- De laatste opmerkingen betreffen kolen. Zeer onlangs is de Nota Energiebeleid, deel 2, uitgebracht door de Minister van Economische Zaken in samenwerking met zijn collega van Volksgezondheid en Milieuhygiëne. In die nota staat ten aanzien van SO_2 een aantal doelstellingen genoemd. Zo zal bij nieuw te bouwen kolengestookte installaties de uitworp niet hoger mogen zijn dan 230 g SO_2 /GJ als jaargemiddelde, met een momentaan maximum van 280 g SO_2 /GJ. Aan deze voorwaarde kan worden voldaan door middel van rookgasreiniging of door inzet van laagzwavelige kolen (0,3%), hetzij door een combinatie van beiden. Ook wordt de wens uitgesproken om tot de bouw te komen van tenminste één, maar bij voorkeur twee rookgasontzwavelingsprojecten van verschillend type van 300 MWe elk. Inmiddels is duidelijk geworden dat de eerste installatie in Nijmegen komt. Over-

rigens is in die Kolennota geprobeerd om het SO_2 -probleem de aandacht te geven die het verdient zonder daarbij het zicht te verliezen op andere stoffen. Rookgasreiniging betekent daarom in de Kolennota ook heel wat méér dan alleen rookgasontzwaveling, net zoals luchtverontreiniging méér omvat dan alleen SO_2 .

Literatuur

- SO_2 -Beleidskaderplan, Tweede Kamer, zitting 1979-1980, 15 834, nrs. 1 - 2.
Metra Consulting Group Ltd., Lange termijn onderzoek naar de economische gevolgen van bestrijding van NO_x en SO_2 in Nederland, dl. 1: Samenvatting.
Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Leidschendam, V.A.R. 1978, 72.

N.D.van Egmond

Rijksinstituut voor de Volksgezondheid, Bilthoven

Inleiding

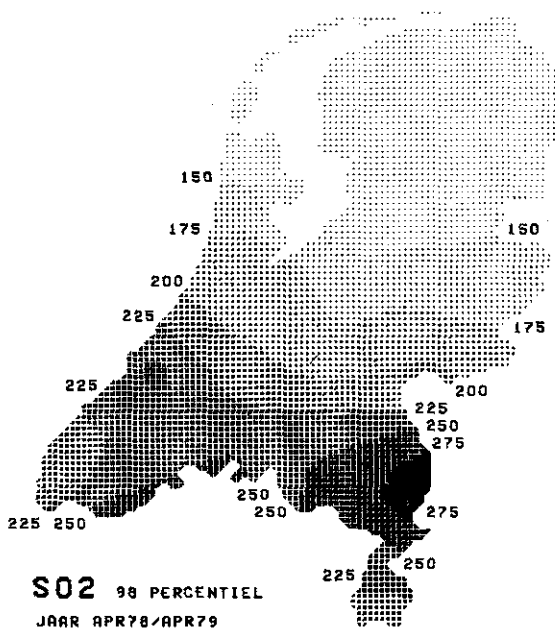
Zwaveldioxideconcentraties worden in Nederland sedert tientallen jaren gemeten. Sinds 1976 worden in het kader van het Nationaal Meetnet voor Luchtverontreiniging op meer dan 200 meetstations de uurgemiddelde concentraties bepaald op basis van een uniforme (coulometrische) meetmethode. Door de goede onderlinge vergelijkbaarheid van de verkregen meetuitkomsten kunnen conclusies worden getrokken over de SO_2 -verontreinigingsniveaus, zoals die zich thans in de verschillende delen van het land voordoen. De herkomst van de gemeten verontreiniging kan bij benadering worden vastgesteld door middel van aanvullende mobiele SO_2 -metingen in het geval van kortdurende perioden van hoge luchtverontreiniging en door modelberekeningen voor wat betreft de over langere termijn gemiddelde belasting. Van de optredende SO_2 -niveaus en de (geschatte) herkomst van deze verontreiniging zal hier een overzicht worden gegeven.

Het algemene zwaveldioxide niveau

In de periode 1968-1974 is het SO_2 -niveau in de stedelijke gebieden gedaald. Van Dop en Kruizinga (1976) concludeerden op grond van studie van het verloop van SO_2 -concentraties en relevante meteorologische parameters in het Rijnmondgebied dat deze daling moet worden toegeschreven aan een verlaging van het emissie-niveau; als belangrijkste factor werd hierbij het toenemend gebruik van aardgas voor ruimteverwarming aangemerkt. In het Rijnmondgebied bijvoorbeeld daalde de mediane SO_2 -concentratie van $105 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 1968 naar $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in 1974. Na 1974 is het stedelijk SO_2 -niveau gestabiliseerd. Buiten de stedelijke gebieden is van een beduidende trendmatige afname geen sprake geweest. Zo hebben de in de afgelopen 15 jaar te Oostvoorne gemeten concentraties zich op een min of meer constant niveau tussen 25 en $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gehandhaafd (DCMR, 1978).

Een sterke stijging van het SO_2 -niveau is opgetreden in het winterhalfjaar 1978/1979. Deze stijging is het gevolg van winterse weersomstandigheden met ongunstige atmosferische verspreidingscondities in combinatie met een verhoogde SO_2 -emissie door ruimteverwarming ten gevolge van de bijzonder lage temperaturen en hoge windsnelheden. Op 42 meetstations in het Rijnmondgebied, Zeeuws-Vlaanderen, Noord-Brabant en Limburg werd de grenswaarde van $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ voor het 98-percen-

tiel van de daggemiddelden overschreden. Het 98%-niveau is in kaart gebracht in figuur 1.



Figuur 1 - 98-percentielwaarden van daggemiddelde SO_2 -concentraties in $\mu\text{g}/\text{m}^3$; april 1978/1979

Uurgemiddelde concentraties overschreden in de winter 1978/1979 74 maal het door de Raad inzake Luchtverontreiniging geadviseerde 'emergency'-niveau van $830 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In het Rijnmondgebied deden deze hoge concentraties zich voor door stagnering van de atmosferische verspreiding terwijl in de landelijke gebieden van zuidelijk Nederland de overschrijdingen werden veroorzaakt door aanvoer van SO_2 vanuit buitenlandse brongebieden.

Overschrijdingen van de 50%-grenswaarde voor daggemiddelden hebben zich niet voorgedaan en zijn bij een toenemende emissie voorts nog niet in vergelijkbare mate te verwachten. Afgezien van de hoge waarden van $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Vlaardingen en Schiedam liggen de 50-percentielwaarden merendeels op een niveau van ongeveer $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit relatief lage niveau van de 50-percentielwaarden in vergelijking met de 98-percentielwaarden wordt ver-

klaard uit de excentrische ligging van de buitenlandse brongebieden ten opzichte van de Nederlandse meetnetstations. De geadviseerde grenswaarden voor het 50- en 98-percentage van respectievelijk 75 en 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zijn namelijk gebaseerd op de frequentieverdelingen van meetstations in stedelijke gebieden met grote aantallen uniform verdeelde SO_2 -bronnen.

Stedelijke en industriële gebieden; individuele puntbronnen

De SO_2 -concentratieverdeling in stedelijke gebieden kon voor de grootschalige invoering van aardgas voor ruimteverwarming gekarakteriseerd worden door min of meer concentrische iso-concentratielijnen over de stedelijke bebouwing; de hoogste concentraties deden zich voor in het centrum van het homogene bronnengebied. Na 1974 is dit nauwelijks meer het geval. In 1978 in Utrecht verrichte mobiele SO_2 -metingen geven geen duidelijk stadsprofiel meer te zien. Hoge concentraties blijken hoofdzakelijk op te treden op verkeerspleinen en binnenstadstraten waar sprake is van intensief gemotoriseerd (diesel-)verkeer. Om een indicatie te geven van de stedelijke concentraties zijn in tabel 1 de 50- en 98-percentielwaarden opgegeven van SO_2 -niveaus in een aantal stadscentra en de respectievelijke niet-stedelijke omgevingen, zoals die in de jaarperiode april 1978/ april 1979 gemeten werden.

Tabel 1. Percentielwaarden van daggemiddelde SO_2 -concentraties in $\mu\text{g}/\text{m}^3$; april 1978/1979

	stadsconcentratie		omgeving	
	50-perc.	98-perc.	50-perc.	98-perc.
Amsterdam	30	200	20	170
Rotterdam	40	260	30	190
Den Haag	26	235	24	190
Utrecht	28	220	18	200
Breda	40	275	30	255
Arnhem	30	205	20	215
Groningen	16	135	10	120

De 50-percentielwaarden in de stedelijke centra blijken voor $\pm 30\%$ aan de stedelijke emissie toegeschreven te moeten worden; voor de 98-percentielwaarden is dit slechts voor $\pm 15\%$ het geval. Geconcludeerd moet worden dat, met name voor de incidenteel optredende piekconcentraties, de stedelijke SO_2 -emissie van ondergeschikt belang geworden is. Uiteraard kan dit niet gesteld worden voor de emissie van andere luchtverontreinigende componenten zoals stikstofoxiden; SO_2 lijkt zijn indicatieve functie voor stedelijke verontreiniging verloren te hebben.

De SO_2 -niveaus in het Rijnmondgebied worden hoofdzakelijk bepaald door de emissies in het

industriegebied. In figuur 2 is het resultaat van een mobiele SO_2 -concentratiemeting over een route in het Rijnmondgebied gepresenteerd. De lengte van de verticale arcering is een maat voor de (momentane, lokale) SO_2 -concentratie en de optisch gemeten 'gaslast', de verticaal geïntegreerde concentratie waaruit de totale door de atmosfeer getransporteerde hoeveelheid SO_2 kon worden afgeleid. De belangrijkste SO_2 -uitworp blijkt in het Pernisgebied plaats te vinden. De uitworp in dit gebied en de omgeving van de 4e-5e petroleumhaven resulteerden in hogere niveaus in het concentratieprofiel en in de SO_2 -concentraties zoals die gelijktijdig door het vaste meetnet gemeten werden en in figuur 2 zijn ingetekend.

Buiten het Rijnmondgebied zijn elektriciteitscentrales de belangrijkste emittenten van SO_2 . Het toenemend gebruik van olie en steenkool heeft in de recente jaarperiode voor het eerst tot meetbare verhogingen van de uurgemiddelde concentratieniveaus in de orde van 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in de omgeving van centrales geleid. In de jaargemiddelde concentratie is van een verhoging nog nauwelijks sprake. Op basis van modelberekeningen (van der Kooy e.a., 1979) zou de jaargemiddelde bijdrage van centrales in centraal Nederland omstreeks 1985 10-20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bedragen. Het gemiddelde SO_2 -concentratieniveau ligt hier thans op 30-40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Schatting van bijdragen aan de lange termijn gemiddelde SO_2 -concentratie

De toetsing van SO_2 -concentraties aan de grenswaarden voor zowel het 50-percentiel (of lange termijn gemiddelden) als het 98-percentiel impliceert dat ook de voor deze niveaus verantwoordelijke emissie-bijdragen afzonderlijk voor lange termijn gemiddelden en korte termijn maximum concentraties geschat dienen te worden. De hiervoor vereiste numerieke modellen om het transport over middelgrote afstanden te simuleren zijn, wat Nederland betreft, nog in het ontwikkelingsstadium. In het kader van het LRTAP project (OECD, 1977) zijn door Noorse onderzoekers de bijdragen geschat van de verschillende Europese landen aan de in die landen voorkomende luchtverontreiniging. Evenals van het door Johnson (1978) ontwikkelde EURMAP-model zijn de berekeningen gebaseerd op een trajectoriënanalyse en geschatte SO_2 -emissies. Het ruimte-oplossend vermogen van dergelijke grootschalige modellen is echter gering en voor de Nederlandse situatie met relatief dichtbij gelegen buitenlandse brongebieden mag dan ook geen grote nauwkeurigheid worden verwacht.

Om ten behoeve van het door het Ministerie geëntameerde SO_2 -beleidskaderplan tot een schatting van de bijdragen aan de jaargemiddelde SO_2 -concentraties in Nederland te komen werden door TNO en RIV modelberekeningen uitgevoerd voor 1977. Wegens het nog niet beschikbaar zijn van gedetailleerde numerieke

De concentratieniveaus zoals die op basis van het CE-model worden toegeschreven aan Nederlandse en buitenlandse bronnen zijn in kaart gebracht in figuur 3.

De bijdrage van de categorie overige buitenlandse bronnen (tabel 3) is relatief groot doordat het model op grotere afstand van het meetgebied gelegen brongebieden niet meer (statistisch) van elkaar kan onderscheiden. Verreweg de grootste bijdrage wordt geleverd door zuidwestelijke windrichtingen. De in noordelijk België gelegen brongebieden kunnen blijkbaar het bij zuidwestelijke wind optredende concentratiepatroon maar ten dele verklaren. Inmiddels is de indruk versterkt dat brongebieden in noordelijk Frankrijk hierbij een belangrijke rol spelen.

De bijdrage van buitenlandse brongebieden aan de over Nederland gemiddelde concentratie wordt dus geschat op 70%. Zeediijk (1979) komt op grond van een zwavelbalans en een 'doos'-model tot een zelfde schatting. De bijdragen zoals die door de LRTAP en EURMAP modellen worden gegeven voor respectievelijk 1974 en 1973 zijn gepresenteerd in tabel 4.

Tabel 4 - Procentuele bijdragen aan de SO_2 -niveaus (droge depositie) in Nederland

bronnen	LRTAP (1974)	EURMAP (1973)
Nederland	60%	51%
Duitsland	10	18
België	7	15
Engeland	10	10
Overige buitenland	13	6

De grotere bijdragen van Nederland worden ten dele verklaard door voor 1973/1974 hogere binnenlandse SO_2 -emissies van + 600.000 ton/jaar (CBS, 1977). De betrouwbaarheid van de statistische schatting in de categorie overige buitenland (tabel 3) is relatief gering. Gezien het feit echter dat uitgaande van de bij benadering bekende buitenlandse SO_2 -emissies door middel van het Emissie-Concentratie model eveneens tot een bijdrage schatting van 70% voor buitenlandse bronnen gekomen wordt, mag worden geconcludeerd dat de werkelijke buitenlandse bijdrage in 1977 tussen de 60 en 70% gelegen heeft.

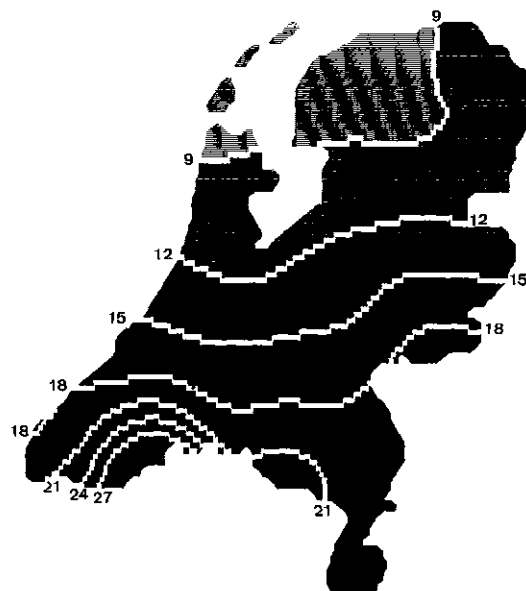
De bijdrage binnen het Rijnmondgebied ligt uiteraard hoger: de bijdrage van het Rijnmondgebied zelf bedraagt 50-60%.

Perioden met hoge SO_2 -concentraties

Evenals voor lange termijn gemiddelden zal de herkomst van verontreiniging in kortdurende perioden met hoge niveaus bij voorkeur bepaald worden op basis van numerieke modellen. Gaussische modellen lijken voor de beschrijving van transport over middelgrote afstanden in kortdurende perioden met beperkte atmosferische verdunning niet geschikt; de



Binnenlandse bronnen



Buitenlandse bronnen

Figuur 3 - Jaargemiddelde SO_2 -concentratie in $\mu g/m^3$ over 1977 voor Nederlandse en buitenlandse bronnen

meestal zwakke winden zijn hiervoor te variabel en van uitmiddelingseffecten is nauwelijks sprake. Numerieke modellen verkeren echter, zoals eerder betoogd, nog in het ontwikkelingsstadium en de complicaties die bij toepassing worden verwacht zijn betrekkelijk groot; de gemeten concentraties blijken namelijk vooral nog maar ten dele uit de be-

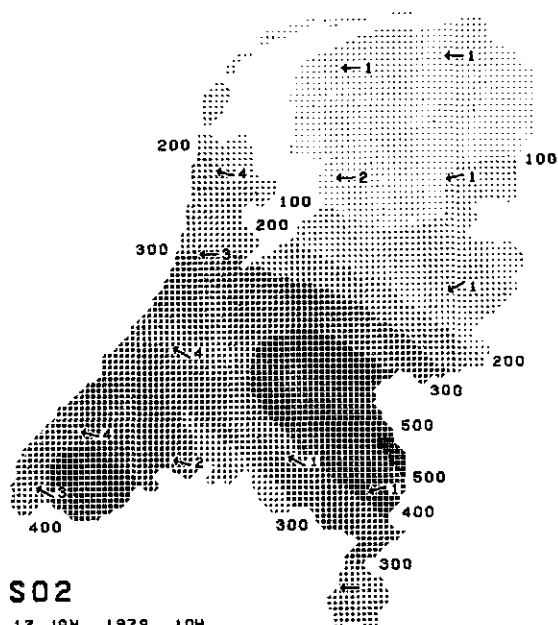
schikbare meteorologische parameters als mengvolume en verticale stabiliteit verklaard te kunnen worden.

Een indicatie van de betekenis van de verschillende brongebieden voor de incidenteel hoge niveaus zoals die zich tijdens periodes met ongunstige weersomstandigheden voordoen wordt echter gegeven door de meetresultaten van vaste meetstations (nationaal meetnet) en aanvullende transportmetingen. In de concentratievelden, zoals die door ruimtelijke interpolatie kunnen worden verkregen, worden namelijk onder alle weersomstandigheden benedenwinds van de grotere brongebieden zones van (meetbaar) hogere concentraties waargenomen. Bij wind uit richtingen tussen noord-oost (zuid-) en zuidwest wordt SO_2 aangevoerd vanuit Duitsland en België. Bij westelijke en noordelijke winden is de emissie in het Rijnmondgebied voor de in Nederland gemeten concentraties van betekenis, zones van hogere verontreiniging door aanvoer vanuit Engeland zijn nooit waargenomen.

Onder weersomstandigheden met beperkte verticale atmosferische verdunning stijgen de concentraties in de transportzones tot hoge niveaus. Zo werden bijvoorbeeld op 17 januari 1979 door aanvoer vanuit het Ruhrgebied over de as Nijmegen-Utrecht-Haarlem uurgemiddelde SO_2 -concentraties van 300 en $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bereikt. Aan de Duitse grens in Limburg steeg het niveau tot $1043 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het voorbelastingniveau voor het Rijnmondgebied bedroeg $\pm 350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het concentratieveld voor 10 uur is in kaart gebracht in figuur 4. Dergelijke onder specifieke omstandigheden optredende transporten zijn in hoge mate bepalend voor de in figuur 1 in kaart gebrachte 98-percentielwaarden en de overschrijding van de grenswaarde in de landelijke gebieden van zuidelijk Nederland (RIV, 1979).

Uit een grote reeks mobiel gemeten gaslast- en concentratieprofielen over dominerende SO_2 -transportzones werd afgeleid (Van Egmond e.a., 1978) dat in de meeste gevallen het transport van SO_2 grotendeels boven de menhoogte plaatsvindt en de grondconcentraties slechts gedeeltelijk of indirect (door fumigatie) worden beïnvloed. Deze conclusies zijn bevestigd door een studie naar het SO_2 -verloop op 3 niveaus in de raammast van het KNMI in Cabauw (van Dop e.a., 1980). De aanvoer vanuit het Ruhrgebied werd geschat op 200-300 ton/uur SO_2 , terwijl voor de brongebieden in noordelijk België, Gent/Zelzate, Antwerpen-Brussel en Tessenderlo een totale aanvoer van 60-90 ton/uur berekend werd. Het transport vanuit het Rijnmondgebied werd geschat op 30-60 ton/uur. De verwijdering van SO_2 door droge depositie en chemische omzettingen (oxidatie) varieerde tussen 6 en 20% per uur.

Ook in en benedenwinds van het Rijnmondgebied werden in de wintermaanden van 1979 hoge concentraties bereikt. In een door een sterke inversie en zeer zwakke wind beperkt mengvolume accumuleerde op 21 en 22 februari 1979 het SO_2 -niveau tot boven de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

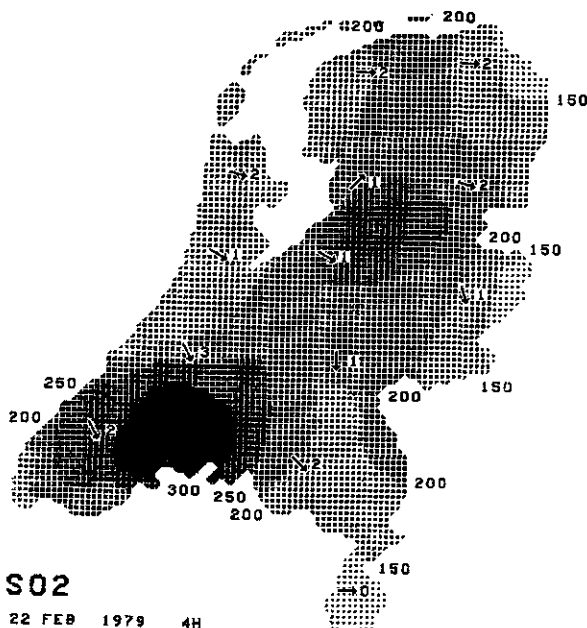


SO₂

17 JAN 1979 10H

Figuur 4 - SO_2 -concentratieveld in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ van 17 januari 1979, 10 uur

De sterk verontreinigde lucht werd in de vroege ochtend van 22 februari met een zwakke noordwestelijke wind over Noord-Brabant gevoerd en leidde daar tot hoge concentraties in landelijke gebieden. Het concentratieveld voor 22 februari 4 uur is gepresenteerd in figuur 5.



SO₂

22 FEB 1979 4H

Figuur 5 - SO_2 -concentratieveld in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ voor 22 februari 1979, 4 uur

Vooralsnog wordt uit dergelijke meetresultaten geconcludeerd dat de bijdrage van buitenlandse brongebieden voor de hogere percentielwaarden gelijk is aan of groter dan de respectievelijke bijdragen aan de lange termijn (jaar-)gemiddelde concentraties. Deze conclusie is gebaseerd op de volgende overwegingen:

1. De overschrijdingen van de 95%- en 98%-grenswaarden treden hoofdzakelijk op bij direct meetbare SO_2 -transporten over middelgrote afstand. Deze transporten laten zich in alle gevallen kwantificeren door middel van mobiele metingen. Fumigatie op zeer grote schaal domineert daarbij het concentratieverloop in de tijd voor alle meetstations in zuidelijk Nederland.
2. Grenswaarde-overschrijdingen in landelijke gebieden door aanvoer vanuit Rijnmond speelt buiten Zuid-Holland geen rol van betekenis. De optredende weertypen die met noordwestelijke wind gepaard gaan zijn meestal gunstig voor de verdunning (cyclonale circulatie; hoge windsnelheid en grote menghoogte).
3. De 50-percentielwaarden zijn laag ten opzichte van de 98-percentielwaarden. Het 98-percentielniveau wordt blijkbaar door excentrisch gelegen bronnen veroorzaakt. Bovendien liggen de 98-percentielwaarden in stedelijke gebieden slechts 15% hoger dan in de onmiddellijke omgeving (tabel 1).

De overschrijdingen binnen Rijnmond worden uiteraard voornamelijk door bronnen binnen Rijnmond teweeggebracht. De aldaar optredende hoge concentraties kunnen namelijk in vrijwel alle gevallen verklaard worden uit lokale pluimprofielen zoals die door middel van mobiele metingen verkregen kunnen worden en waarvan in figuur 2 een voorbeeld gegeven is. Wel kunnen incidenteel hoge voorbelastingsniveaus optreden; het in figuur 4 gepresenteerde concentratieveld is daar een voorbeeld van.

Literatuur

- De Nederlandse energiehuishouding, 1977, 4
Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS)
Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond (DCMR)
Jaarverslag 1978
- Van Dop, H en Kruizinga, S. (1976)
The decrease of sulfur dioxide concentrations near Rotterdam and their relation to some meteorological parameters during thirteen consecutive winters (1961-1974)
Atmospheric Environment 10, 1-4
- Van Dop, H., de Ridder, T.B., den Tonkelaar, J.F. en Van Egmond, N.D. (1980)
Sulphur dioxide measurements on the 213 meter tower of Cabauw, The Netherlands
In 1980 te publiceren in Atmospheric Environment
- Van Egmond, N.D., Tissing, O., Onderdelinden, D. en Bartels, C. (1978)
Quantitative evaluation of mesoscale air pollution transport
Atmospheric Environment 12, 2279-2287
- Van Egmond, N.D., Tissing, O. en Kesseboom, H. (1979)
Estimating contributions of some source areas to the measured yearly average SO_2 -concentration field in The Netherlands by dispersion-model parameter-optimization
Atmospheric Environment 13, 1551-1557
- Van Egmond, N.D. en Huygen, C. (1979)
Evaluation of a mesoscale model of the dispersion of sulphur dioxide
Proceedings Int. Techn. Meeting on air pollution modelling and its applications
Rome, 1979
- Eindrapport van het project "Berekenen Luchtkwaliteit", 1979
Commissie Milieuprojecten T.N.O.
- Johnson, W.B., Wolf, D.E. en Mancuso, R.L. (1978)
Seasonal and annual patterns and international exchange of SO_2 and SO_4^{--} concentration and deposition in Europe, as simulated by the EURMAP model
- Van der Kooij, J., Elshout, A.J. en Kleinbloesem, B.A. (1979)
 SO_2 -Problematiek und Energiepolitiek in den Niederlanden
Kema - Arnhem
- The OECD programme on long range transport of air pollutants; Measurements and Findings 1977
Dir. of Inform. OECD, 2 rue Andr. Pascal
75775 Paris, Cedex 16, France
- Zeedijk, H. 1979
Symposium Luchtverontreiniging door sulfaat-aerosol
Bond voor Materialenkennis

drs. R.W. Boerée

Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne

1. Inleiding

In het SO₂-beleidskaderplan wordt vrij veel aandacht besteed aan de financiële en sociaal-economische consequenties van het milieubeleid.

Daarmee wordt inhoud gegeven aan één van de drie in het plan voorkomende toetsingskaders, t.w. het sociaal-economische.

De beschreven sociaal-economische consequenties laten zich in drie categorieën indelen:

1. kostenverhogingen en daarmee gepaard gaande produktie- en werkgelegenheidseffecten als gevolg van de noodzaak tot het gebruiken van duurdere, laagzwavelige oliesoorten en bronbestrijdingstechnieken zoals rookgasontzwaveling.
2. produktie- en werkgelegenheidseffecten als gevolg van de noodzakelijk geworden vervaardiging van bestrijdingsapparatuur. Dat wil zeggen positieve effecten in wat wel de milieuproduktiesector wordt genoemd.
3. verminderde schade aan gezondheid, planten, dieren en materialen.

De laatste twee kunnen als de baten in engere en de baten in ruimere zin van het bestrijdingsbeleid beschouwd worden en kunnen als zodanig in mindering gebracht worden op de als eerste genoemde kostenverhogingen. Hiermee kan de werkgelijke invloed van het bestrijdingsbeleid op onze welvaart zichtbaar gemaakt worden.

In mijn beschouwing wil ik aan deze drie categorieën wat meer aandacht besteden, vnl. te illustreren aan de hand van cijfers uit het SO₂-beleidskaderplan.

Aan het slot van mijn beschouwing wil ik dan nagaan of deze drie categorieën van sociaal-economische gevolgen in principe een rationele besluitvorming over het SO₂-bestrijdingsbeleid toelaten of dat meer zaken in het geding gebracht moeten worden, waarbij ik met name wil ingaan op de vraag of de SO₂-uitworp niet effectiever door energiebesparende maatregelen bereikt kan worden.

2. Het economisch model

Zowel de kostenverhogingen als de produktie- en werkgelegenheidseffecten als gevolg van de vervaardiging van bestrijdingsapparatuur werden simultaan berekend met behulp van een economisch model dat eerder was ontwikkeld t.b.v. de studie over de lange termijn economische gevolgen van de bestrij-

ding van SO₂ en NO_x. Een studie die in opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne werd verricht door het Engelse bureau Metra. De details van het model staan uitvoerig beschreven, in het over de studie verschenen rapport.¹⁾

Enkele opmerkingen over het model wil ik echter nog wel maken teneinde de eigenschappen en beperkingen ervan en de betekenis daarvan voor de economische analyse van het SO₂-bestrijdingsbeleid aan te geven.

Het model kent geen terugkoppeling van de resultaten op de oorspronkelijke invoergegevens. De resultaten worden weergegeven in termen van een toestand die bereikt zou zijn indien geen bestrijdingsbeleid gevoerd zou zijn.

Bijv. bestrijdingsplan 4 leidt bij scenario A in 1990 tot een negatief werkgelegenheidseffect van 0,1%, d.w.z. in 1990 zou de werkgelegenheid 0,1% hoger geweest zijn indien bestrijdingsplan 4 niet was uitgevoerd.

Dit werkgelegenheidseffect wordt evenwel niet opnieuw in het model gevoerd om te zien wat hiervan de gevolgen zouden zijn voor de economische groei, de SO₂-uitworp, de benodigde bestrijding etc. Hoewel wetenschappelijk gezien erg aantrekkelijk is van een dergelijke terugkoppeling afgezien omdat de daarmee gepaard gaande modelmatige complexiteit niet zou kunnen opwegen tegen de uiteindelijke resultaten. Deze zouden n.l. nauwelijks afwijken van de toch al geringe eerste orde effecten. Als men dit zou doen dan zou het model ook zaken als ontwikkeling BNP, werkgelegenheid zelf moeten gaan voorspellen. Dit vraagt in feite uitbreiding van het model met dat van het CPB.

Het bovenstaande is slechts een betrekkelijk nadeel en wordt m.i. meer dan goedgemaakt door de bedrijfstaksgewijze opbouw van het model. Deze bedrijfstaksgewijze opbouw maakt het mogelijk bestrijdingsmaatregelen per bedrijfstak differentiëren, om zodoende in te kunnen spelen op de eigengeaardheid van elke bedrijfstak waar het de SO₂-uitworp betreft. Een eigengeaardheid die bepaald wordt door het brandstofpakket alsmede het aantal en de omvang van de vuurhaarden waarin dit brandstofpakket verstoekt wordt. Dit alles is in het model verwerkt zodat ook het verschil in economische gevolgen per bedrijfstak aangegeven kon worden.

1) Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne/Metra Consulting Ltd, Long term economic consequences of NO_x and SO₂ abatement Leidschendam/Londen april 1978.

3. Veronderstellingen.

De berekening van de economische gevolgen is uiteraard gebaseerd op een aantal aannames met betrekking tot de kosten van laagzwavelige oliesoorten en de bronbestrijdingstechnieken. De aannames voor de kosten van rookgasontzwaveling zijn gebaseerd op de ervaringen opgedaan met dergelijke installaties in Japan en de Verenigde Staten. De betrouwbaarheid van deze aannames is daarom vrij groot. Ik wil daar dan ook niet verder op ingaan.

Bij de kosten van laagzwavelige stookolie ligt dat echter anders. Zoals bekend mag worden verondersteld wordt het prijsverschil tussen laagzwavelige en hoogzwavelige stookolie, de zgn. zwavelpremie op de vrijemarkt bepaald. De zwavelpremie is daardoor een weinig stabiele grootheid. Ter illustratie kan vermeld worden dat de zwavelpremie, uitgedrukt per ton stookolie en per 1 procent zwavelverschil, jarenlang rond een niveau van f 10,-- heeft geschommeld om ten tijde van de Iraanse aanvoerbeperkingen plotseling te stijgen tot f 20,-- à f 25,--. Dit heeft evenwel niet lang geduurd, na enkele maanden werd weer een niveau van f 15,-- bereikt. Een dergelijk instabiele prijsontwikkeling is uiteraard moeilijk te gebruiken als basis van de kosten voor laagzwavelige stookolie. Daarom is in de berekeningen gekozen voor een oplossing m.n. gericht op het structureel te verwachten peil van de zwavelpremie. De zwavelpremie is daartoe gekoppeld aan de kosten van laagzwavelige stookolie indien deze verkregen zou worden door middel van z.g. residu-ontzwaveling. Dat wil zeggen bij de raffinaderijen worden installaties gebouwd die hoogzwavelige stookolie omzetten in laagzwavelige stookolie.

Deze oplossing is inderdaad voor discussie vatbaar maar m.i. pleiten de volgende argumenten sterk voor:

1. de relatieve schaarste t.o.v. hoogzwavelige stookolie zal zeer zeker toenemen waardoor de zwavelpremie structureel zal gaan stijgen. Het verkrijgen van laagzwavelige stookolie via residuontzwaveling wordt daarmee commercieel gezien een steeds aantrekkelijker optie. Meest recente schattingen wijzen erop dat, afhankelijk van de olie-soort, residuontzwaveling f 10 à f 20,-- per ton per % zwavelverschil kost. Residuontzwaveling kan dan als prijsleider voor de laagzwavelige olie gaan fungeren.
2. residuontzwaveling creëert een betalingsbalansvoordeel, i.p.v. laagzwavelige oliesoorten te importeren kunnen nu goedkopere hoogzwavelige oliesoorten ingekocht worden; daarnaast vergroot residuontzwaveling de zekerheid van voorziening

met olie omdat hoogzwavelige oliesoorten ruimer en op meer plaatsen te verkrijgen zijn dan laagzwavelige oliesoorten.

3. de bouw van residu-ontzwavelingscapaciteit creëert werkgelegenheid terwijl voorts een uitweg geboden wordt voor de huidige overgangscapaciteitsproblemen in de raffinage sector.

Deze argumenten wijzen allen in de richting van een toename van de residu-ontzwavelingscapaciteit in de wereld. Deze ontwikkeling naar een groter marktaandeel van de residuontzwaveling t.o.v. het gebruik van laagzwavelige ruwe olie hebben uiteindelijk geleid tot de in het model gemaakte kostenveronderstelling.

Naast de zwavelpremie wordt er m.b.t. de kosten van laagzwavelige stookolie ook nog het begrip p-formule gehanteerd. Deze p-formule staat voor de koppeling tussen de stookolie en de aardgasprijs. Deze koppeling is een aantal jaren geleden door de regering in het kader van het energiebeleid uitgevonden.

Achtergrond hiervan was dat er van beperking van het energiegebruik i.h.b. dat van aardgas geen sprake zou zijn indien de verkoopprijs van de laatste gebaseerd zou worden op zijn produktiekosten en niet op de prijs van het directe alternatief, stookolie. Hoe zinnig ook vanuit het gezichtspunt van energiebeleid, voor het voeren van het SO₂-beleid betekent het geen onverdeeld genoeg. Voorzover het SO₂-beleid immers gebruik moet maken van het verlagen van de het maximum zwavelgehalte in de brandstoffen is er door de zwavelpremie een opwaartse druk op de gemiddelde prijs van stookolie en daardoor, via de p-formule, op de aardgasprijs. Bij de huidige verhouding tussen het verbruik van stookolie en aardgas betekent de p-formule dat een initiële kostenverhoging bij de olie tot een 1 à 1½ maal zo groot effect bij het aardgas leidt. Gelukkig zit ook aan deze medaille een keerzijde. De hogere aardgasprijs leidt via de Gasunie tot hogere inkomsten van het Rijk. Ca. 85% van de opbrengst komt daar terecht. Zoals U in het SO₂-beleidskaderplan heb kunnen lezen heeft de Regering besloten deze onverwachte inkomsten weer terug te geven om zodoende het niet-bedoelde effect van de p-formule weer zoveel mogelijk te compenseren.

4. Resultaten; macro.

Na deze uiteenzetting over de veronderstellingen ontkom ik er niet aan U enige getallen voor te schotelen. Het zijn uiteindelijk de resultaten die tellen.

In de inleiding van de heer Swager heeft U al kennis kunnen maken met de vier bestrijdingsplannen en hun gevolgen voor de uitworp van SO₂. De verschillen in gestrengheid van

de uit te voeren bestrijding komen inderdaad ook tot uitdrukking in de economische gevolgen. De verschillen in economische gevolgen zijn per bestrijdingsplan evenwel veel minder geprononceerd dan de gevolgen van de SO₂-uitworp. Kijkt men bijvoorbeeld naar de uiteindelijke gevolgen voor de werkgelegenheid dan is het maximale negatieve effect 0,1%, welke combinatie van scenario en bestrijdingsplan men nu ook kiest.

In onderstaande tabel wordt dit geïllustreerd voor de scenario's A en D.

Tabel 1. Werkgelegenheidseffecten (in %) van bestrijding SO₂-uitworp, bedrijvensector totaal, scenario A en D.

Scenario bestrijdingsplan 1985 1990 2000

A	1	0,0	-0,0	0,0
	2	-0,1	-0,1	0,0
	3	-0,1	-0,1	-0,1
	4	-0,1	-0,1	0,0
B	1	0,0	0,0	0,0
	2	0,0	-0,1	0,0
	3	-0,1	-0,1	-0,1
	4	-0,1	-0,1	-0,1

De weergegeven effecten zijn per saldo; d.w.z. er is al rekening gehouden met de positieve effecten in de milieuproduktiesector.

Dat de verschillen in economische gevolgen zo weinig geprononceerd zijn wordt verklaarder als men beziet wat de jaarlijkse lasten van de SO₂-bestrijding nu eigenlijk betekenen, betrokken op het totaal van de sector bedrijven aan onze nationale produktie.

Tabel 2. Totale jaarlijkse kosten van bronbestrijding en/of laagzwavelige stookolie als % van de totale bruto toegevoegde waarde van de sector bedrijven (prijzen 1978)

Scenario bestrijdingsplan 1985 1990 2000

A	1	0,13	0,18	0,21
	4	0,24	0,33	0,43
B	1	0,19	0,27	0,4
	4	0,36	0,53	0,87
C	1	0,1	0,13	0,13
	4	0,18	0,24	0,27
D	1	0,1	0,14	0,14
	4	0,2	0,26	0,32

Uit deze tabel blijkt uiteraard een hoger aandeel voor de hoge groei-scenario's A en B. Ik zeg uiteraard, omdat relatief meer SO₂-uitworp bestreden moet worden waarbij bovendien relatief meer bronbestrijding toegepast kan worden. De hogere economische groei geeft immers meer mogelijkheden om bronbestrijding toe te passen bij nieuwe vuurhaarden. Door deze relatief hogere toepassingsgraad van bronbestrijding wordt ook verklaard dat in de hoge scenario's, ondanks het hogere kostenaandeel, geen significant hogere negatieve werkgelegenheidseffecten optreden. Vergelijk maar het werkgelegenheidseffect van A-4 en D-4, 0,0 resp. -0,1. De milieuproduktiesector illustreert hiermee zijn gewicht voor het SO₂-bestrijdingsbeleid. Uit een oogpunt van bestrijdingseffectiviteit zijn er echter wel enige kanttekeningen bij de toepassing van bronbestrijding te plaatsen. Aan de hand van de volgende tabel wil ik dat illustreren.

Tabel 3. Kosten-effectiviteit SO₂-bestrijdingsplannen, (10³xton teruggehouden SO₂/10⁹ x f investeringen)

Scenario bestrijdingsplan 1985 1990 1995 2000

A	1	247	271	293	291
D	1	268	314	232	313
A	4	222	212	207	192
D	4	244	224	216	197

In deze tabel is aangegeven hoeveel duizend ton SO₂ wordt tegengehouden voor elke miljard aan investeringen in bronbestrijding en residu-ontzwaveling. Voor de weergegeven jaren gaat het daarbij om gecumuleerde investeringen. Allereerst kan uit de tabel geleerd worden dat een hoog groei-scenario weliswaar meer mogelijkheden biedt voor de toepassing van bronbestrijding maar de gemiddelde effectiviteit van het bestrijdingsbeleid doet afnemen. Dat blijkt tevens als we naar de jaren 1995 tot 2000 kijken.

In die jaren neemt het gebruik van kolen voor ondervuring sterk toe, hetgeen de mogelijkheden van olie-ontzwaveling uiteraard extra beperkt. Ook bij vergelijking van bestrijdingsplan 1 en 4 blijkt dat, ongeacht het scenario, de grotere nadruk die in deze plannen op bronbestrijding ligt tot een gemiddeld lagere effectiviteit leiden. Overigens is met dit alles niet de staf gebroken over de toepassing van bronbestrijding. Meer overwegingen dienen hierbij en zijn in beschouwing genomen te worden. Een overweging, te wegen werkgelegenheidseffecten, heb ik al eerder genoemd. Een andere overweging is de wens de risico's van olieaanvoer te spreiden over meerdere olie-soorten, waaraan toepassing van bronbestrij-

ding kan bijdragen. De belangrijkste overweging om niet de staf te breken is m.i. evenwel dat het niet zozeer de bronbestrijding is die tot een gemiddeld beperkter effectiviteit van het SO₂-bestrijdingsbeleid leidt, maar dat dit in de eerste plaats toegeschreven moet worden aan een kennelijk onevenredige groei van de economie en de energie. Dit is volgens mij de belangrijkste reden waarom de hoge-groei-scenario's lager, scores dan de lage-groei-scenario's. De in de inleiding van de heer Swager genoemde N-kurve toont hier zijn geldigheid.

5. Resultaten: bedrijfstakken.

In het voorafgaande is alleen nog maar gesproken over de gevolgen voor de economie als geheel. Zoals ik eerder heb gezegd is het economische model gedesaggregeerd naar een 15-tal bedrijfssectoren om zodoende beter te kunnen nagaan welke bedrijfstakken in het bijzonder de gevolgen van het bestrijdingsbeleid zullen ondergaan.

Het zal U niet verwonderen dat de relatief energie-intensieve bedrijfstakken i.h.b. deze gevolgen ondergaan, bedrijfstakken die bovendien redelijk tot sterk geconcentreerd zijn, d.w.z. een beperkt aantal ondernemingen kennen waarvoor bovendien de mogelijkheden tot toepassing van bronbestrijding ruim aanwezig zijn.

De bedrijfstakken waar het om gaat zijn de electriciteitscentrales, de raffinaderijen, de chemie en de basis-metaal. Ter illustratie hiervan de volgende tabel.

Tabel 4. Totale jaarlijkse kosten van bronbestrijding en/of laagzwavelige stookolie (mln. glds., prijsniveau 1978) scenario D, bestrijdingsplan 4.

Sector	1985	%	1990	%	2000	%
Raffinage	44		78		207	
Chemie	24		33		291	
Basis-metaal	27		35		74	
electr. opw.	295		463		225	
	390	81,3	621	86,9	797	75,0
bedrijven totaal	482	100	713	100	1060	100

Wat niet uit deze tabel blijkt is de verdeling tussen bronbestrijdingskosten enerzijds en de kosten van laagzwavelige stookolie, i.h.b. waar het de electriciteitscentrales betreft. Wordt in 1985 het merendeel van de kosten in deze sector nog besteed aan laagzwavelige stookolie, in 2000 zijn de kosten praktisch alleen nog een gevolg van de exploitatie van bronbestrijding. Het merendeel van het produktievermogen bestaat immers tegen die tijd uit kolen-centrales, die

voornamelijk in de periode vanaf 1990 nieuw gebouwd zijn en uitgerust met rookgasontzwaveling. Bovendien is verondersteld dat vanaf 1990 alle nog bestaande olie gestookte centrales met een minimale levensduur van 15 jaar ook uitgerust zijn met rookgasontzwaveling. Het gevolg hiervan is dan ook dat tegen het eind van deze eeuw bij de electriciteitssector niet of nauwelijks nog laagzwavelige stookolie verstoekt wordt. Alle electriciteit wordt tegen die tijd opgewekt via nog bestaande gascentrales, en olie- en kolencentrales uitgerust met rookgasontzwaveling. In het SO₂-beleidskaderplan is ook de wens uitgesproken dat in 2000 alle daarvoor in aanmerking komende centrales uitgerust moeten zijn met rookgasontzwaveling. U ziet, dat kan. Dit betekent bovendien dat er in de sector electriciteitsopwekking een per saldo positief werkgelegenheidseffect optreedt. Hetzelfde geldt voor de raffinaderijen waar dit effect evenwel vnl. op rekening van de exploitatie van residu-ontzwavelingscapaciteit geschreven moet worden. Dit onderstreept nog eens de bijzondere betekenis van het toepassen van bronbestrijding voor het minimaliseren van de negatieve werkgelegenheidseffecten van het SO₂-bestrijdingsbeleid.

6. Baten.

Ik wil hiermee mijn beschouwing over de eerste twee elementen van het sociaal-economische toetsingskader afsluiten en aandacht besteden aan de werkelijke baten van het SO₂-bestrijdingsbeleid, te weten de schade aan de gezondheid van mens en milieu die door dit beleid vermeden wordt.

Ik leg deze scheiding tussen kosten en baten in engere zin enerzijds en baten in ruimere zin anderzijds zo nadrukkelijk omdat vermeden schade voor SO₂ weliswaar een wezenlijke bijdrage aan onze welvaart betekent maar zich volstrekt anders manifesteert dan bijvoorbeeld de kosten en baten van rookgasreiniging. Deze laatsten zijn voortdurend en onmiddellijk terug te vinden op de exploitatierekening van een vaak beperkt aantal ondernemingen, terwijl de baten veel diffuser verspreid zijn en mede daardoor niet of nauwelijks opgemerkt worden.

De kosten en baten zijn derhalve niet alleen over verschillende subjecten verdeeld, de concentratie en spreiding is ook zeer verschillend.

Daarbij komt dat de omvang van de baten zich slechts via omwegen laat vertalen naar economische grootheden die vergelijkbaar zijn met de kosten van een SO₂-beleid.

Schade aan gezondheid van de mens moet benaderd worden via medische kosten, gevolgen voor de levensduur, arbeidsproductiviteit e.d.; schade aan gewassen via gevolgen voor de oogstopbrengst; schade aan materialen via gevolgen voor het corrosietempo; en ga

zo maar door.

Een vrij moeizame weg die echter gevolgd zal moeten worden wil de beleidsmaker, de minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne bijvoorbeeld, een zo volledig mogelijk beeld kunnen krijgen van de voor- en nadelen van mogelijke beleidsopties. Het volgen van deze weg veronderstelt evenwel dat het mogelijk is de effecten van SO_2 -verontreiniging voor de gezondheid van mens en milieu bepaald kunnen worden. In principe is dat natuurlijk mogelijk. De praktijk tot op heden wijst evenwel anders uit. Hoewel we morgen van veel deskundiger mensen dan ik zullen kunnen horen wat er nu wel en niet bekend is, feit blijft dat tot op dit moment geen systematisch inzicht bestaat in het werkelijke effect van SO_2 -verontreiniging op mens en milieu in Nederland.

Een inzicht dat een noodzakelijke voorwaarde is voor het bepalen van de baten van SO_2 -beleid. In Nederland kennen we slechts één studie die getracht heeft de schade door luchtverontreiniging in kaart te brengen en te vertalen in economische termen. Dat is de studie van 1974 van het Instituut voor Milieuvraagstukken van de Vrije Universiteit van Amsterdam naar de schade door luchtverontreiniging in Nederland in 1970. Hoe waardevol deze studie ook mag zijn, iets wat ik volstrekt niet wil bagatelliseren, de schaderamingen zijn gebaseerd op relaties die slechts voor de situatie van de Verenigde Staten getoetst zijn en derhalve niet zonder meer geldig kunnen worden verklaard voor Nederland.

Al deze redenen hebben ertoe geleid dat in het SO_2 -beleidskaderplan niet al te nadrukkelijk, en zeker niet in kwantitatieve zin, een vergelijking is gemaakt tussen de kosten en de baten. Dat neemt niet weg dat in bijlage 8 van het plan een poging is gedaan om althans de orde van grootte te schatten van de schade door luchtverontreiniging door SO_2 bij ongewijzigd beleid. Daarbij is alleen getracht iets te ramen voor de schade aan de menselijke gezondheid op basis van de al eerder genoemde IvM-studie.

Tabel 5. Schade door luchtverontreiniging door SO_2 bij een ongewijzigd beleid (mln. glds, prijsniveau 1978)

Scenario	1985	1990	2000
A	1800	2200	3400
B	2350	3100	5800
C	1550	1700	2200
D	1600	1850	2300

De baten van het SO_2 -bestrijdingsbeleid zou-

den, uitgaande van deze cijfers tentatief benaderd kunnen worden door het verschil in schade bij ongewijzigd en bij gewijzigd beleid. Voor scenario D - bestrijdingsplan 4 zouden de baten in het jaar 2000 dan ca. f 1,2 mld. kunnen bedragen. Een qua orde van grootte uitermate betekenisvol getal als men bedenkt dat in dat jaar de gezamenlijke kosten van bestrijdingsplan 4 voor scenario D ca. f 1,1 mld. bedragen. M.i. een gegeven dat iedere beleidsmaker die zich sterk wenst te maken voor een voortvarend SO_2 -bestrijdingsbeleid een hart onder de riem kan steken.

7. Conclusies.

De beschouwing die ik totnutoe heb gewijd aan de verschillende elementen van het sociaal-economische toetsingskader rechtvaardigt de conclusie dat het niet louter de centjes zijn die tellen. Het gaat veel meer om de bijdrage van het SO_2 -beleid aan onze velvaart, zowel begrepen in termen van werkgelegenheid als in termen van verminderde schade.

Het rechtvaardigt ook de conclusie dat indien alleen gemeten in traditionele kosten-termen, SO_2 -bestrijdingsbeleid slechts een marginale invloed heeft op het economisch gebeuren en niet tot belangrijk nadelige effecten leidt. Ik wil er daarbij overigens op wijzen, dat wijzigingen van het Zwavelbesluit in neerwaartse richting in feite niet meer zijn dan het vastleggen van reeds bestaande situaties. Ik doel hierbij o.a. op de recente verlaging van het maximum zwavelgehalte van zware stookolie van 2,5% naar 2%. Nu kan men mij tegenwerpen dat ik weliswaar mooi heb aangetoond dat het SO_2 -beleid nauwelijks iets kost, veel SO_2 -beperking oplevert voor elke geïnvesteerde gulden, in feite zelfs welvaartsbevorderend is, maar dat ik nog niet heb aangegeven of dit nu werkelijk het maximum is dat er uit het SO_2 -beleid te halen is. Met andere woorden kan ik het geld niet beter besteden aan het bereiken van andere doelstellingen en toch de door mij bepleite SO_2 -beperking verwezenlijken.

D.w.z. kunnen we niet twee vliegen in een klap slaan. Gedacht wordt daarbij aan het energiebesparingsbeleid d.w.z. zowel energiebesparen als SO_2 -bestrijden. Op het eerste gezicht een solide tegenwerping zeker als men naar de Nota Energiebeleid deel I kijkt.

Daar wordt gesteld dat het voorgestelde energiebesparingsbeleid tot een beperking van de SO_2 -uitworp zou kunnen leiden van 56%, gerekend t.o.v. een energiegroei zonder dit besparingsbeleid.

Dat is een heleboel, qua omvang vergelijkbaar met de beperkingen die met bestrijdingsplan 4 gerealiseerd kunnen worden. Men moet dan echter wel bedenken dat de

scenario's van het SO₂-beleidskaderplan deze energiebesparing reeds meenemen en de daarmee gepaard gaande beperking van de SO₂-uitworp en dat het desondanks noodzakelijk is in aanvulling daarop bestrijdingsplannen op te zetten die in hun meest strenge vorm vaak nog niet eens in staat zijn de uitworp onder het plafond van 500.000 ton te houden.

In feite zouden de inspanningen voor het energiebesparingsbeleid verdubbeld moeten worden om de doelstellingen van het SO₂-beleid te realiseren. Dat betekent dan wel dat er tot 2000 nog eens 60 miljard geïnvesteerd moet worden in energiebesparing. Een bedrag dat het 10 tot 20-voudige is van de tot dat jaar benodigde investeringen in het SO₂-beleid.

U kunt natuurlijk zeggen, je doet de energiebesparingsinvesteringen niet alleen voor de SO₂-bestrijding.

Dat is juist. Maar als ik dan moet constateren dat de Nota Energiebeleid Deel I een beleid voorstelt dat nog maar de tot op de helft van de SO₂-doelstellingen kan komen; in die omvang al als ambitieus wordt beschouwd en bovendien in belangrijke mate geholpen moet worden door een aantal olie-sjeiks dan is dat al met al een te onzekere factor om je daar als SO₂-beleidsmaker op te verlassen.

Gesteld moet dan ook worden dat SO₂-beleid hopeloos zou zijn zonder een krachtige energiebesparing maar dat energiebesparingsbeleid het SO₂-beleid niet kan vervangen.

drs. S. Zwerver

Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne

Inleiding

Reeds in het Indicatief Meerjarenprogramma ter bestrijding van de luchtverontreiniging 1976-1981 werd het voornemen vastgelegd de totale uitworp van SO_2 in Nederland te beperken tot 500 miljoen kg per jaar. Daarmee werd gekozen voor een integrale beheersing van de luchtverontreiniging door SO_2 .

In het SO_2 -beleidskaderplan worden de overwegingen die hebben geleid tot dit maximum van 500 miljoen kg per jaar nader uitgewerkt.

Voorts wordt in het beleidskaderplan een getalsmatige onderbouwing van dit plafond voor de uitworp gegeven.

Aan de keuze van een uitworpplafond liggen de in hoofdstuk 2 van het beleidskaderplan gegeven uitgangspunten ten grondslag. Het betreft met name de uitgangspunten:

- terugdringen van de verontreiniging
- afweging van belangen
- internationale solidariteit ten aanzien van grensoverschrijdende luchtverontreiniging.

Bij de afweging van belangen treedt een confrontatie op tussen doelstellingen op verschillende beleidsterreinen.

Enerzijds betreft het het milieuhygiënische beleidsterrein, waarvoor de normen voor de luchtkwaliteit een belangrijke toetssteen zijn en anderzijds de terreinen waarop het sociaal-economische beleid en het beleid ten aanzien van de energie gestalte krijgt.

In deze bijdrage zal niet op de beleidsmatige afweging, die daarbij plaats dient te vinden, worden ingegaan. Dat is in onze maatschappij een taak voor bestuurders en politici. Hier zal worden aangegeven hoe op grond van milieuhygiënische overwegingen getalsmatige grenzen konden worden vastgesteld waarbinnen de beleidsmatige afweging van belangen plaats kon vinden en die geleid heeft tot het genoemde uitworpplafond.

Beschikbaarheid van kwantitatieve gegevens over SO_2

Om deze grenzen getalsmatig te kunnen aangeven is het natuurlijk van groot belang de relatie tussen enerzijds de uitworp van SO_2 in Nederland en anderzijds de luchtkwaliteit en het transport van SO_2 over onze grenzen te kennen.

De situatie was toen de voorbereiding van het SO_2 -beleidskaderplan een aanvang nam,

niet erg rooskleurig. Weliswaar was het "nationale model"¹⁾ beschikbaar, maar dit model is ontoereikend om het verband tussen de uitworp in Nederland en het ons omringende buitenland enerzijds en de luchtkwaliteit in Nederland en het transport van SO_2 over onze grenzen anderzijds in beeld te brengen. Daarvoor is de reikwijdte van dit model te beperkt. Deze reikwijdte strekt zich uit tot ongeveer 25 km van de bron.

Door de Organisatie van Economische Samenwerking en Ontwikkeling (OESO) werden berekeningen uitgevoerd betreffende het transport van SO_2 over grote afstanden en onder meer de verzuring van het regenwater die daarvan het gevolg is²⁾. De reikwijdte van het daarvoor gehanteerde model - vrijwel geheel West-Europa wordt bestreken - is meer dan voldoende voor Nederland, maar hier is het de wijdmazigheid die problemen oplevert. Nederland verdwijnt bijna in het gehanteerde rooster met een maaswijdte van 127 km x 127 km.

Hiermee zijn de problemen geschetst. Voor het SO_2 -beleidskaderplan bestond behoefte aan een interregionaal model (tot ca. 500 km), dat het gat tussen het nationale model en het OESO-model zou opvullen.

Niet alleen op het gebied van verspreidings- en transportmodellen werd een onbevredigende situatie aangetroffen. Voor de onderbouwing van het SO_2 -beleidskaderplan was het ook noodzakelijk over volledige en gedetailleerde gegevens betreffende de uitworp en de concentraties van SO_2 te beschikken.

In Nederland wordt de emissieregistratie uitgevoerd. Deze registratie omvat een groot aantal componenten. De emissieregistratie was bij de voorbereiding van het SO_2 -beleidskaderplan echter niet afgesloten, zodat nog niet voor alle delen van Nederland gegevens beschikbaar waren. Bovendien is deze registratie sterk "stationair" van karakter, dat wil zeggen de aangetroffen situatie wordt opgenomen en vertaald in de uitworp van de verschillende componenten, maar een directe toegang tot het verband uitworp enerzijds en ontwikkelingen in de economie - hetzij nationaal hetzij sectoraal - en het energieverbruik anderzijds ontbreekt. Dit laatste is wel opgenomen in een door het Engelse bureau Metra Consulting Group Limited uitgevoerde inventarisatie, die verricht werd in het kader van een door dit bureau ondernomen studie in opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne naar de economische consequenties op lange termijn van de bestrijding van NO_x en SO_2 ³⁾. De ge-

gevens uit deze inventarisatie waren wel toegesneden op de structuur van het SO₂-beleidskaderplan, maar niet volledig. De inventarisatie omvatte slechts de grote bronnen, onbestreken bleven de kleine industrie, scheepvaart, verkeer, huisbrand en kassen.

Dat ook op het terrein van de metingen de situatie nog niet ideaal is, werd door de Raad inzake de luchtverontreiniging in haar jaarverslagen geconstateerd⁴⁾. In Nederland zijn juist voor de component SO₂ - in het verleden en nu - vele metingen verricht. Vele instanties zijn op dit terrein actief. Toch of misschien juist daardoor is de toegankelijkheid tot de meetuitkomsten slecht. Hierdoor is het praktisch niet mogelijk snel en gericht het verloop van de SO₂-verontreiniging door de jaren heen in beeld te brengen.

Met dit sombere beeld dat ik heb trachten op te roepen, wil ik aangeven dat het bij de voorbereiding van het SO₂-beleidskaderplan ontbrak aan:

1. een goed georganiseerd en bereikbaar gegevensbestand op het gebied van de uitworp en de metingen, alsmede een geschikt transport- en verspreidingsmodel
2. een gestructureerd systeem, dat het mogelijk maakt uit geprojecteerde maatschap-

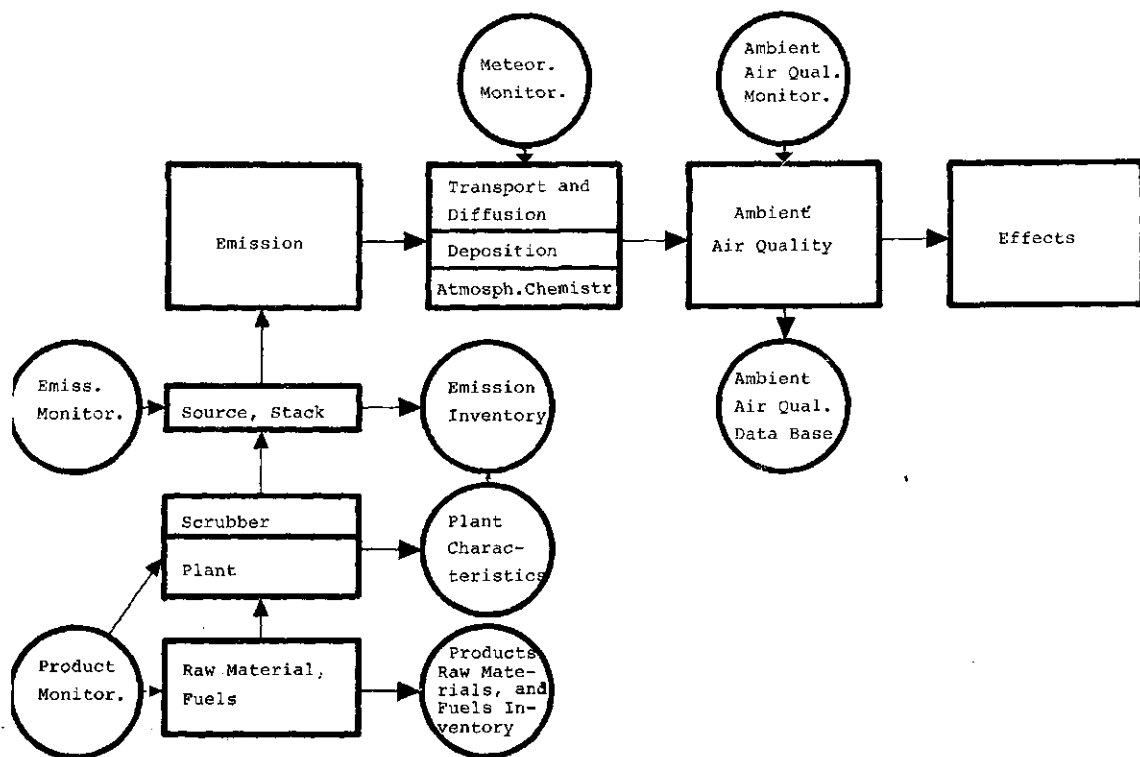
pelijke ontwikkelingen (economische groei; ver- of toedeling van brandstoffen; bestrijdingsprogramma's) de gevolgen voor de luchtkwaliteit te berekenen.

Rekensysteem luchtverontreiniging

De hiervoor geschetste situatie was al eerder onderkend en was de aanleiding geweest tot de opdracht aan TNO voor de opbouw van het rekensysteem luchtverontreiniging⁵⁾. Het doel van dit systeem is kwantitatieve gegevens en methoden op het gebied van de luchtverontreiniging te ordenen en met elkaar in verband te brengen. Hoe zo iets moet is in grote lijnen en in abstracte vorm vele malen gepresenteerd. Een voorbeeld daarvan is te vinden in figuur 1, die overgenomen is uit het rapport "Guidelines to air quality management systems, report no. 71", april 1979, dat werd opgesteld in het kader van een internationale studie van de NATO Committee on the challenges of modern society, genaamd "pilot study on Air Pollution Assessment Methodology and Modeling".

Het rekensysteem luchtverontreiniging wil iets dergelijks voor Nederland ook concreet vorm geven. Bovendien is in het rekensysteem voorzien in een koppeling met sociaal-economische modellen, economische scenario's,

Figuur 1.

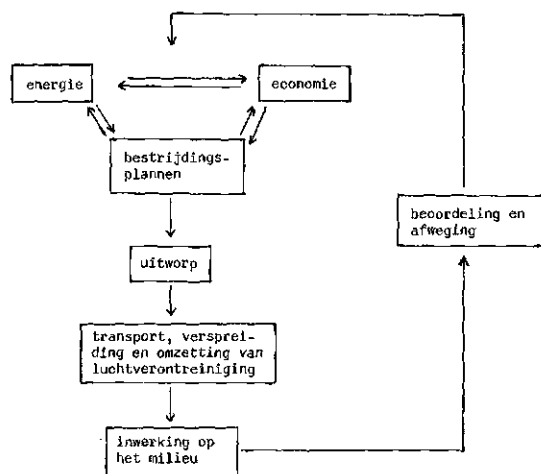


Air Quality Management System

uitworp-bestrijdingsplannen, ontwikkelingen in het verbruik van energie en de verdeling van de brandstoffen. Weer in abstracte vorm kan dat worden weergegeven als in figuur 2.

Figuur 2.

Systeemschema van het rekensysteem luchtverontreiniging



De start van het rekensysteem luchtverontreiniging en de voorbereiding voor het SO_2 -beleidskaderplan vielen vrijwel samen. Het lag dan ook voor de hand, dat in de eerste fasen van de opbouw van het rekensysteem de nadruk kwam te liggen op de component SO_2 .

Uitworp

Voor de uitworp van SO_2 moest worden voorzien in zowel een bestand van de feitelijke uitworp in het basisjaar 1977, als in bestanden die de naar individuele bronnen uitgesplitste uitworp cijfers voor alle combinaties van economische scenario's en bestrijdingsplannen in de verschillende peiljaren bevatten.

Hoe de methodiek van economische scenario's en bestrijdingsplannen met behulp van het economisch model leidt tot op het niveau van bedrijfstakken geaggregeerde uitworp cijfers, werd reeds besproken in de bijdragen van de heren Boeree en Swager. In totaal moesten zo 81 bestanden, die voor elke bron de bij het peiljaar en de combinatie van scenario en bestrijdingsplan behorende SO_2 -uitworp bevatten, worden ontwikkeld.

Het uitworpbestand van SO_2 voor het basisjaar 1977 kon worden samengesteld door combinatie van gegevens uit de emissieregistratie, de genoemde inventarisatie van METRA, gegevens verstrekt door de provincies, gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek en nader onderzoek van TNO. In de

tabel in figuur 3 - hierin is tevens een schatting van de nauwkeurigheid van de geografische toedeling van de uitworp opgenomen - wordt een beeld van de SO_2 -uitworp in Nederland gegeven. De totale uitworp bedroeg in 1977 ca. 470 miljoen kg SO_2 .

Figuur 3.

SO_2 -uitworp in Nederland per sector in 1977

SECTOR	UITWORP (ton SO_2 /jaar)			on nauwkeurigheid per kaartvierkant (%)
	meegemeld	niet meegemeld	totaal	
Industrie met gelokaliseerde bronnen	343.300	-	343.300	10
Industrie zonder gelokaliseerde bronnen	30.000	-	30.000	30
Ruimteverwarming	39.000	-	39.000	30
Wegverkeer	14.000	-	14.000	groot
Binnenscheepvaart	7.200	1.300	8.500	20
Zeescheepvaart	26.800	300	27.100	30 (Wester-schelde: 50%)
Tuinbouw	5.400	1.200	6.600	20
Overigen	-	1.300	1.300	-
Totaal	465.700	4.100	469.800	

Voorts werd aan de hand van nationale en regionale inventarisaties (West-Duitsland) en OESO-gegevens (België, Noord-Frankrijk) een schatting gemaakt van de uitworp in het Nederland omringende gebied (zie tabel in figuur 4).

Figuur 4.

Uitworp van SO_2 in het Nederland omringende gebied

uitworp (ton SO_2 /jaar)	
deel van de Bondsrepubliek West-Duitsland	3.000.000
België en N-Frankrijk	1.400.000
Transport en verspreiding van SO_2	

De vragen die bij een beleidsmatige afweging aan de orde komen zijn eenvoudig genoeg. Het betreft:

1. hoe gedraagt de luchtverontreiniging in Nederland (lucht kwaliteit; transport over de grens) zich als functie van maatschappelijke ontwikkelingen (scenario's en bestrijdingsplannen)
2. hoe en in welke mate kan de luchtverontreiniging in Nederland worden beheerst (uitworp in Nederland; buitenlandse uit-

worp).

Het beleid valt dus weinig te verwijten. Het zijn de technici die voor de problemen zorgen. Voor het antwoord op deze vragen is ten minste een rekenmethode nodig, die de gegevens over de uitworp van SO_2 in Nederland en het ons omringende buitenland vertaalt in concentraties in Nederland en de mate waarin transport over de grens plaats vindt. Voorts zou moeten kunnen worden aangegeven in welke mate de Nederlandse en de buitenlandse bronnen aan de concentraties in Nederland bijdragen. Zoals reeds eerder werd geconstateerd, was een daarvoor geschikte methode niet beschikbaar. Vandaar dat in het rekensysteem luchtverontreiniging aan model-ontwikkeling moest worden gedaan. Hiertoe werden op twee punten activiteiten ontwikkeld.

Door TNO werd voortgebouwd op het "nationale model". Dit model werd aangepast en uitgebreid, zodat het de verspreiding en het transport van SO_2 over afstanden van 300 tot 500 km redelijk zou kunnen beschrijven. Hiervoor moesten onder meer termen in het model worden opgenomen die de fysische (depositie) en chemische omzettingen in rekening brengen. Met deze ontwikkeling werd een voor de problematiek van het SO_2 -beleidskaderplan geschikt "source-receptor-model" verkregen (model dat uitgaande van de uitworp concentraties berekend).

Door het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid (RIV) werd van de andere kant uit gewerkt. Daar werd een "receptor-source" model ontwikkeld. Analyse van de metingen van het landelijk meetnet maakt het mogelijk het SO_2 -concentratiepatroon in Nederland te ontbinden in een aantal "deel-patronen", die vervolgens konden worden toegewezen aan grote binnenlandse en buitenlandse brongebieden. In de bijdrage van de heer Van Egmond werd reeds ingegaan op de mogelijkheden van dit model.

De rekenresultaten van deze twee onderling sterk verschillende modellen en de uitkomsten van het landelijk meetnet werden voor het jaar 1977 vergeleken. Op basis hiervan konden de prestaties van het TNO-model worden gewaardeerd. De waardering van deze prestaties betrof:

1. de berekening van de bijdrage van grote brongebieden (Rijnmond, Antwerpen, Roer)
2. de berekening van concentraties op korte afstand van de bronnen (Rijnmond)
3. de berekening van concentraties in een groot gebied (Nederland).

Voorts kon met het RIV-model het patroon van de "achtergrond"-concentraties worden vastgesteld. Deze concentraties worden voor een deel veroorzaakt door ver weg gelegen brongebieden (Engeland, Oost-Duitsland, Polen).

Na aanpassing van het TNO-model - voor korte afstanden bleek in eerste instantie een overschatting van de bijdrage van hoge bronnen op te treden - werd een goede overeenstemming tussen de resultaten van beide modellen onderling en de uitkomsten van de metingen verkregen.

Daarmee was een model gerealiseerd, dat met vertrouwen los kon worden gelaten op de verschillende combinaties van scenario's en bestrijdingsplannen.

Dit model berekent voor een rooster met een maaswijdte van minimaal 1 km x 1 km en maximaal 5 km x 5 km en met afmetingen in de orde van grootte van het Nederlandse grondgebied, per jaar gemiddelde concentraties. Dat slechts per jaar gemiddelde concentraties kunnen worden berekend en niet bijvoorbeeld "hoge percentielen" of "piekconcentraties" werd niet als een bezwaar gezien. Het SO_2 -beleidskaderplan richt de blik op een periode tot het jaar 2000. Voor een dergelijke periode is het in de eerste plaats van belang de verandering in het algehele niveau te kennen. Bovendien bestaat er, zoals uit de metingen blijkt, een vrij vast verband tussen enerzijds de per jaar gemiddelde concentratie en anderzijds de hoge percentielen. Het is niet aan te nemen, dat bij een niet al te grote verandering in het bronnenpatroon, dit verband sterk zal wijzigen.

Metingen

Sinds het landelijk meetnet voor luchtverontreiniging operationeel is, wordt beschikt over een toegankelijk bestand van SO_2 -metingen. In onderling verband geven deze metingen op landelijke schaal een voldoende gedetailleerd beeld van de SO_2 -verontreiniging.

Voor een regionale "fijnstructuur" en voor het verloop van de SO_2 -verontreiniging in de jaren toen het landelijk meetnet nog niet operationeel was, zijn ook de andere metingen van belang. Reeds werd geconstateerd dat de toegankelijkheid hiervan niet voldoende is. Voor een systematische aanpak hiervan ontbrak het aan tijd, in de periode waarin zowel de opbouw van het rekensysteem ter hand werd genomen als het SO_2 -beleidskaderplan werd voorbereid. Om toch een indruk te krijgen van het verloop van de SO_2 -concentraties werden voor twee gebieden (Rijnmond en Amsterdam) meetuitkomsten "met de hand" verzameld.

Onderbouwing van het uitworpplafond

Ogenschijnlijk was met het rekensysteem nu het gestelde doel bereikt. Uitworpbestanden waren beschikbaar; een transport- en verspreidingsmodel was ontwikkeld en gewaardeerd en het gehele systeem was geïmplementeerd op de computer. Voor welke combinatie van scenario's en bestrijdingsplannen dan ook, het systeem leverde op afroep de bijbe-

horende concentraties in Nederland, het aandeel daarin van binnenlandse en buitenlandse brongebieden en, indien gewenst, was het ook nog mogelijk de bijdrage van de Nederlandse bronnen op te splitsen naar de verschillende economische sectoren.

Al deze getallen konden op verschillende wijzen in beeld worden gebracht in de vorm van:

grafieken - het verloop van de concentratie (op een roosterpunt, gemiddeld over een gebied, etc.), als functie van scenario's en bestrijdingsplannen

tabellen - uitsplitsing naar de bijdragen van de brongebieden

concentratie patronen - iso-concentratie lijnen op de kaart van Nederland.

In hoofdstuk 7 van het SO₂-beleidskaderplan werden selecties van deze presentaties opgenomen.

Toch voldeed het geheel nog niet en wel om

de volgende redenen:

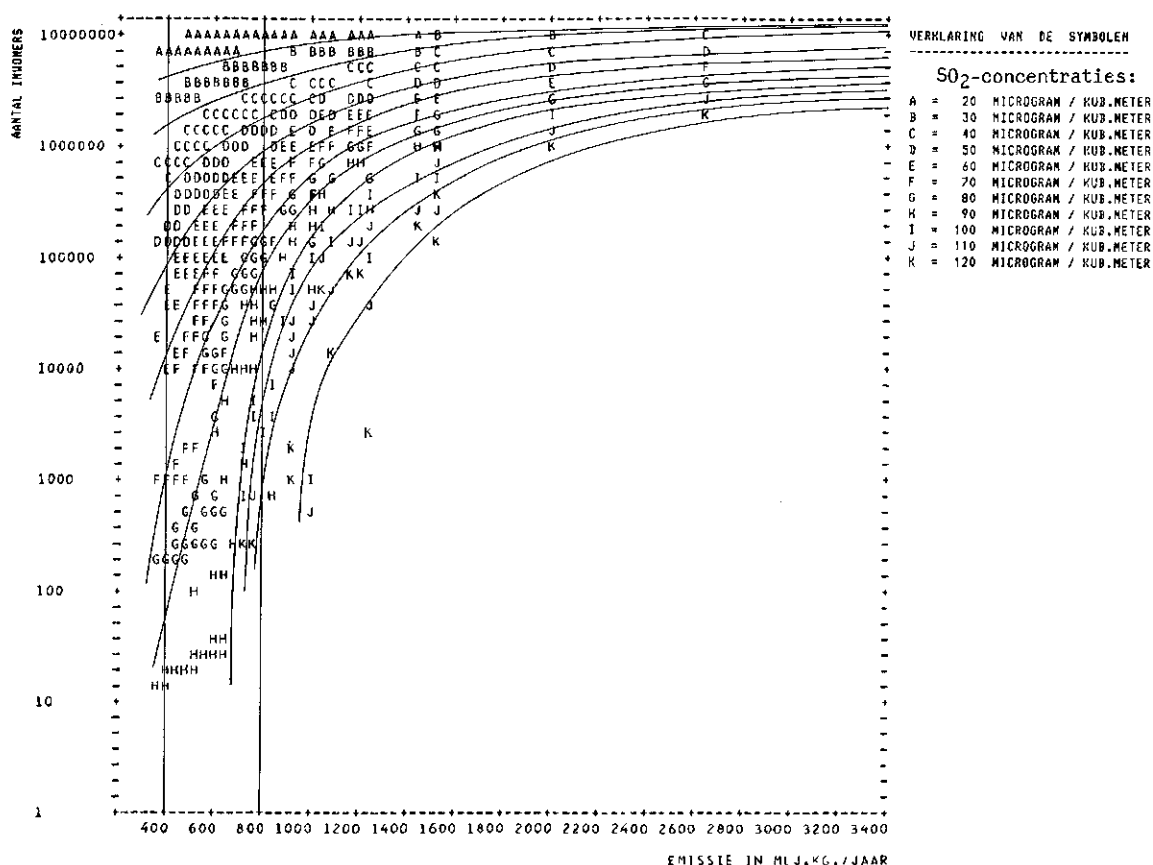
1. oorzaak (uitworp) en gevolg (concentraties) konden niet duidelijk verbonden worden gepresenteerd
2. de relatie met het te beschermen object (het SO₂-beleidskaderplan onderscheidt kwaliteitsnormen samenhangend met de bescherming van de mens respectievelijk de flora) komt niet duidelijk naar voren
3. de nu geproduceerde getallenbrij gaat ver voorbij aan de eenvoud van de eerder genoemde beleidsvragen.

Vandaar dat het noodzakelijk was groepering en reductie van gegevens toe te passen en een presentatievorm te zoeken, die duidelijk de relatie tussen oorzaak (uitworp) en gevolg (blootstelling van de mens dan wel de flora) in beeld zou brengen.

Deze presentatievorm werd gevonden in de hierna weergegeven figuren (figuur 5 en 6).

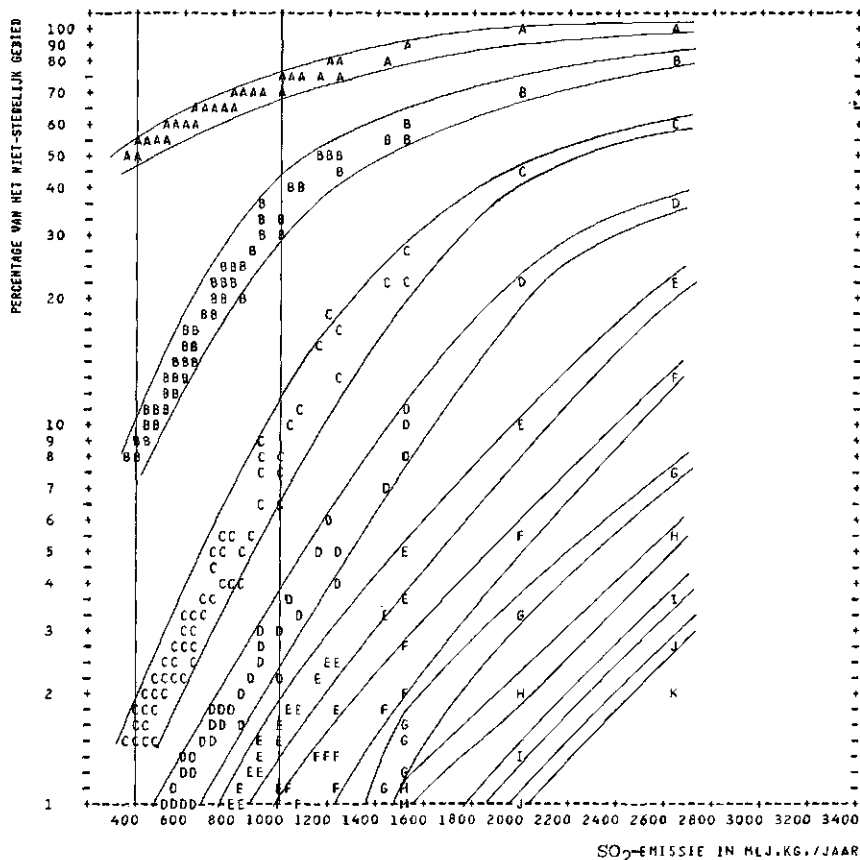
Deze figuren geven voor iedere uitworp - in feite een realisatie van een combinatie van een scenario en een bestrijdingsplan in

Figuur 5



Aantal inwoners in Nederland blootgesteld aan concentraties in de reeks 20 t/m 120 microgram SO₂ per m³ bij een bepaalde SO₂-uitworp

Figuur 6



VERKLARING VAN DE SYMBOLEN

SO₂-concentraties:

A	=	20	MICROGRAM / KUB.METER
B	=	30	MICROGRAM / KUB.METER
C	=	40	MICROGRAM / KUB.METER
D	=	50	MICROGRAM / KUB.METER
E	=	60	MICROGRAM / KUB.METER
F	=	70	MICROGRAM / KUB.METER
G	=	80	MICROGRAM / KUB.METER
H	=	90	MICROGRAM / KUB.METER
I	=	100	MICROGRAM / KUB.METER
J	=	110	MICROGRAM / KUB.METER
K	=	120	MICROGRAM / KUB.METER

Percentage van het niet-stedelijk gebied in Nederland, blootgesteld aan concentraties in de reeks 20 t/m 120 microgram SO₂ per m³ bij een bepaalde SO₂-uitwerp

een peiljaar - aan het aantal inwoners respectievelijk het percentage van het niet-stedelijk gebied, dat blootgesteld wordt aan een bepaalde concentratie.

Uit de figuren kan worden geconcludeerd, dat:

- er een duidelijk verband bestaat tussen de totale uitwerp in Nederland en de concentraties waaraan de bevolking respectievelijk het niet-stedelijk gebied wordt blootgesteld. Uit gevoeligheidsanalyses bleek dat dit verband tamelijk ongevoelig is voor variaties in het uitwerppatroon.
- bij een stijging van de totale uitwerp van 400 naar 800 miljoen kg SO₂ per jaar het aantal inwoners dat een concentratie ondervindt hoger dan het criterium voor de bescherming van de mens (het concentratietraject 60 - 90 microgram/m³) snel toeneemt.
- bij een stijging van de totale uitwerp van 500 naar 1000 miljoen kg SO₂ per jaar het percentage van het niet-stedelijk ge-

bied dat een concentratie ondervindt hoger dan het criterium voor de bescherming van de flora (het concentratie-traject 30 - 40 microgram per m³) snel toeneemt.

Met deze conclusies zijn daarmee de grenzen die gesteld worden aan de SO₂-concentraties in Nederland (kwaliteitsnormen) vertaald in grenzen voor de uitwerp.

Met het oog op de bescherming van de mens respectievelijk de flora dient de uitwerp in Nederland een uitwerppatroon van 400 - 800 miljoen kg per jaar respectievelijk 500 - 1000 kg per jaar, niet te boven te gaan.

Met het gegeven, dat - zoals uit de berekeningen van TNO en de OESO blijkt - Nederland bij een uitwerp hoger dan 500 miljoen kg per jaar als netto-exporteur van SO₂ gaat optreden en in het licht van het uitgangspunt van internationale solidariteit en de kennis over de ongewenste effecten van SO₂ op Europese schaal, zal het duidelijk zijn dat vanuit een milieuhygiënisch oogpunt een uitwerpplafond van 500 miljoen kg per jaar een bovengrens is. Op grond hiervan en na

toetsing met andere elementen van het regeringsbeleid zoals het sociaal-economisch en het energiebeleid, werd door het Kabinet besloten het SO₂-bestrijdingsbeleid te richten op de terugkeer tot een uitworp van ten hoogste 500 miljoen kg SO₂ rond 1985.

Referenties

1. Modellen voor de berekening van de verspreiding van luchtverontreiniging inclusief aanbevelingen voor de waarden van parameters in het lange termijn model. Staatsuitgeverij Den Haag, april 1976
2. The OECD programme on long range transport of air pollutants, OECD, 1977
3. Economische gevolgen bestrijding NO_x en SO₂ in Nederland, deel 1: samenvatting Metra Consulting Group Ltd. Verslagen, Adviezen, Rapporten no. 72, 1978; Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne
4. Overzicht van de toestand met betrekking tot de luchtverontreiniging in Nederland gedurende de jaren 1973 en 1974; Verslag van de Raad inzake de luchtverontreiniging; Verslagen, Adviezen, Rapporten no. 15, 1976; Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
Overzicht van de toestand met betrekking tot de luchtverontreiniging in Nederland gedurende de jaren 1975 en 1976; Verslag van de Raad inzake de luchtverontreiniging; Verslagen, Adviezen, Rapporten no. 59, 1978; Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
5. Nog niet gepubliceerd:
 - eindrapport "Berekenen Luchtkwaliteit", (eerste fase rekensysteem luchtverontreiniging) Commissie Milieuprojecten TNO, 1 oktober 1978.
 - rekensysteem luchtverontreiniging II, (tweede fase rekensysteem luchtverontreiniging) Commissie Milieuprojecten TNO, november 1979.

Voorzitter : W. van Dieren

Panelleden : Mr. J. W. Weck (Ministerie van Economische Zaken)

Drs. J. A. van den Bandt - Stel (Ministerie van Economische Zaken)

Drs. J. Swager (Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne)

Drs. R. W. Boerée (Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne)

Drs. S. Zwerver (Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne)

De discussie vond plaats aan de hand van de concept-resoluties en schriftelijk ingediende vragen. Na een inleiding door de voorzitter werd de discussie geopend aan de hand van een stelling, waarin sprake is van een voortrekkersrol van Nederland ten aanzien van de SO_2 -problematiek.

Vraag : Is het zo, dat Nederland een voortrekkersrol vervult en zo ja, is dat zinvol ?

Antwoord (Weck) : Een voortrekkersrol kan in dit geval tweërlei opgevat worden : a) is een kaderplan als zodanig een voortrekker in de manier van beleidsvorming ; en b) vervult het beleid zoals dat in het SO_2 -beleidskaderplan gevonden wordt, een voortrekkersrol ten opzichte van het buitenland ?

Op de eerste vraag is het antwoord ja ; het gebruik van scenario's, waarmee de mogelijke gevolgen van bepaalde ontwikkelingen kunnen worden nagegaan, waarna het concrete beleid in driejaarlijkse bestrijdingsplannen wordt uitgewerkt, is nieuw binnen de milieuhygiëne.

Over de tweede vraag kan in navolging van minister Ginjaar gesteld worden, dat de buitenlucht-norm voor SO_2 zoals Nederland zich die voorstelt ($75 \mu g m^{-3}$ als 50 percentiel), veel scherper is dan in het buitenland, met name bij de EEG ($120 \mu g m^{-3}$). Een eventuele voortrekkersrol moet niet alleen aan die norm worden afgemeten, ook aan wat er feitelijk gebeurt, en ook dan lopen we, samen met West-Duitsland, toch wel voorop. In verband met de internationale concurrentiepositie moet daar toch wel voor opgepast worden.

Swager : Een voortrekkersrol is moeilijk te beoordelen ; we zijn niet in alle opzichten zo voorlijk. Een rookgasreinigingsinstallatie zoals wij die gaan bouwen, is in Engeland al sinds 1931 of zo continu in bedrijf.

Boerée : Zo'n voortrekkersrol zou ook moeten blijken uit de economische gevolgen ; in de scenario's is deze rol ingebouwd en uit die berekeningen blijkt, dat dat nadelige concurrentie-effect niet of nauwelijks naspeurbaar is.

Opmerking : Met de stelling werd bedoeld, dat de Nederlandse emissie-bijdrage binnen Europa zo gering is, dat het willen vervullen van een voortrekkersrol geen effect zal hebben op de luchtkwaliteit in Zweden.

Vraag : Volgens Ginjaar zal het macro-economisch effect van het SO_2 -beleidskaderplan gering zijn, doordat de benodigde bestrijdingsapparatuur een stimulans voor de Nederlandse economie zou betekenen. Is de aanname van

fabricage daarvan in Nederland reëel en wat zijn de macro-economische gevolgen als deze apparatuur in het buitenland wordt gekocht ?

Antwoord (Boerée) : Algehele fabricage in Nederland is wat ambitieus ; inspringen van overheid en bedrijfsleven is vereist. Het lijkt er op, dat we de boot dreigen te missen, zodat een deel van de positieve werkgelegenheidseffecten wel eens niet zouden kunnen optreden.

Vraag : Wat is de argumentatie om, zoals in het SO_2 -beleidskaderplan is voorgesteld, de norm voor bescherming van gevoelige plantesoorten alleen toe te passen in natuurgebieden ?

Andere vraag : Is het niet zwak de normstelling voor landelijk gebied te baseren op één, overigens uitstekend, onderzoek ?

Antwoord (Zwerver) : Daar kan ik eigenlijk niets over zeggen ; er is een beleidskeuze gemaakt, op grond van weinig informatie.

Voorzitter : Er is kennelijk weinig onderzoek beschikbaar om dit beleid voldoende te kwantificeren.

Opmerking : Inderdaad. En nu er door de LaSOM pogingen worden gedaan om dat onderzoek te coördineren en in redelijke banen te leiden, blijkt, dat allerlei voorstellen in allerlei commissies en raden blijven ronddraaien, terwijl men weigert te beslissen.

Opmerking : Dit is volgens mij een duidelijk knelpunt. De SO_2 -beleidsmakers hebben in hun daden nooit laten merken, dat ze het belang van dit soort onderzoek voldoende inzien.

Opmerking : Uit de literatuur blijkt, dat de (hoge) buitenlandse normen daar zwaar onder discussie staan, laat staan de lage van ons. Het zou heel gezond zijn voor ons beleid die literatuur eens na te gaan.

Swager : Ten eerste mogen we vaak al gelukkig zijn met één gedegen onderzoek. Ten tweede merken we nogal eens, dat onderzoekers, die elders onvoldoende aan hun trekken komen, uiteindelijk bij het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne aankloppen. Soms terecht, maar vaak ook hebben we twijfels. We kunnen alleen dat onderzoek financieren, dat nauw aansluit bij onze beleidsbehoefte. Ten derde : we kennen de literatuur, we hebben ons terdege georiënteerd vóór we gingen schrijven. Behalve schrijvers, die de normen te laag vinden, kennen we er ook, die zeggen dat het allemaal niet zo meevalt. De W.H.O. heeft lager geadviseerd. We hebben gemeend ons te moeten aansluiten bij de adviezen van de Nederlandse

Gezondheidsraad.

Opmerking : Ik wilde even reageren op de opmerkingen over de norm ter bescherming van flora in beschermde natuurgebieden. Ik heb namelijk ook iets te maken met de opstelling van dit plan en ik zou willen wijzen op hoofdstuk 10, waar de beleidskaders geschetst worden, aan de hand waarvan concreet beleid gemaakt moet worden. Daar staat dan "voor de bescherming van natuurgebieden zijn strengere normen nodig, waarvoor mijn gedachten uitgaan naar een vijftig percentiel van 30 microgram per kubieke meter over een jaar gerekend." Wij waren ons zeer wel bewust, dat deze zaak niet uitgekookt is en daarom staat er, dat de gedachten van de minister daar naar uitgaan. Dit is iets, dat zeker nader uitgewerkt moet worden, maar als een eerste aanzet vonden we het toch uitermate belangrijk het hier in op te nemen.

Voorzitter : Terugkomend op de opmerking van de heer Swager, heb ik er geen bezwaar tegen, dat er zoiets bestaat als onderzoek dat per definitie beleidsonderbouwend moet zijn. Ik geloof, dat dat het kenmerk van het onderzoek zoals we dat in Nederland gewend zijn, ontkent. Ik geloof, dat we gewend zijn aan onafhankelijk onderzoek en dat het de taak van de overheid is om niet te vragen om een beleidsonderbouwend onderzoek, maar algemeen, ruim onderzoek zonder enige restrictie. We krijgen hoe langer hoe meer te maken met het feit, dat het eigen gelijk van het beleid betaald wordt en dat het ongelijk van het beleid niet betaald wordt, en ik vind dat heel hinderlijk. Je merkt soms, dat mensen bepaalde dingen niet willen zeggen in het openbaar, omdat men dan vreest, dat bepaalde subsidies worden ingetrokken. Die situatie is reëel in Nederland. Dat is gevaarlijk voor de onafhankelijkheid van het onderzoek. Ik ben het eigenlijk helemaal eens met mensen, die vragen om meer onderzoek, maar ik zou er dan voortaan bij willen zetten "onafhankelijk onderzoek", dus neem dat adjectief er altijd bij.

Swager : Ik denk, dat het erg onvriendelijk zou zijn ten opzichte van de mensen, die hebben meegewerkt aan de onderbouwing van dit beleidskaderplan, om te denken, dat zij zich door ons zouden laten vertellen wat er uit moet komen, die suggestie zou ik hier in ieder geval willen weerspreken voor het geval dat dat gedacht mocht worden.

Opmerking : Laatst nog heeft een aantal jonge mensen gevraagd om reviews te geven over verschillende onderwerpen van milieuhygiënisch karakter om daar een eigen onafhankelijk opstel over te maken van wat zij vinden dat er nodig is in Nederland te doen. Dit is in juni met het tweede grote LaSOM-rapport naar de Ministers van Wetenschapsbeleid en Volksgezondheid en Milieuhygiëne gestuurd en dat is ambtelijk zoek, ambtelijk ergens in een put, ambtelijk bij de Raad van Advies van dit en de Interdepartementale Commissie van dat, en dat is de narisheid,

het komt er niet uit en dat goede werk mag niet aan het licht komen, dat moet nog geheim blijven.

Vraag : Is de conclusie, dat een toe- of afname van de uitworp in het buitenland weinig invloed heeft op het aantal inwoners van Nederland, dat aan concentraties boven de richtlijn van de Gezondheidsraad wordt blootgesteld, wel juist? De berekeningen zijn gebaseerd op jaargemiddelden, terwijl de problemen zich blijkens het verhaal van de heer van Egmond juist voordoen bij heel hoge concentraties.

Antwoord (Zwerfver) : In bepaalde gebieden is de bijdrage van het buitenland inderdaad groot. Dat geldt vooral in de niet dichtbevolkte gebieden. In de buurt van onze eigen brongebieden, waar de meeste Nederlanders wonen, is die bijdrage van het buitenland veel geringer.

Opmerking (van Egmond) : De gegevens, die ik vanochtend liet zien, golden voor 1977. Door de KEMA is eens uitgerekend, dat de elektriciteitscentrales straks in centraal Nederland zo'n 20 microgram gaan bijdragen. Dan tuimelt de bijdrage van de buitenlandse bronnen daar van 70 tot 40% en dat gaat aardig in de richting van wat de heer Zwerfver liet zien voor de komende jaren.

Vraag : De SO₂-scenario's zijn gebaseerd op economische scenario's van het Ministerie van Economische Zaken. Andere scenario's gaan uit van dalend energieverbruik en dan krijg je heel andere uitkomsten. Waarom worden die andere scenario's niet uitgewerkt en aan een forum als dit ter discussie voorgelegd?

Antwoord (mw. van den Bandt) : Inderdaad gaan de gebruikte scenario's uit van 2 en 3% groei en momenteel zitten we daar onder. In de energienota is daar uitvoerig op ingegaan. Als we de groei van de bevolking willen opvangen en het huidige welvaartspeil willen handhaven, is 2% nodig. Een nul- of één procent groei zou een scenario opleveren, dat er energetisch en milieuhygiënisch gezien wellicht plezieriger uitziet dan de gebruikte, maar dat zou grote problemen op sociaaleconomisch gebied opleveren. We hebben ons gebaseerd op de sociaaleconomische uitgangspunten, zoals die door de regering geaccepteerd zijn.

Boeree : Ik wil dit wel ondersteunen; we hebben vanochtend even aangegeven wat de gevolgen zouden kunnen zijn van een macrogroei van ½%, zonder ons te bekommeren om werkgelegenheid en inkomens. En dat zijn de punten, die op dit moment onvoldoende uitgewerkt zijn in milieuscenario's. Ik denk, dat als je gaat praten over milieuscenario's en dat ook serieus als overheid wil gaan uitwerken, je dan ook bereid moet zijn om inderdaad de keuzen die daar impliciet aan zijn, te verwezenlijken, en ik denk, dat op dit ogenblik die ruimte daar niet voor aanwezig is.

Opmerking : De vraag was naar een onafhan-

kelijk scenario, gebaseerd op het optimale hoofdelijke energieverbruik in Nederland, en de vraag wanneer daar ooit eens een onderzoek naar gepleegd wordt.

Antwoord (Boerée) : In de eerste plaats weet ik niet wat het optimale energieverbruik is en in de tweede plaats, als U dat wel kunt definiëren, kunt U dan ook aangeven hoe dat bereikt moet worden, wat de consequenties zijn en of men inderdaad in Nederland bereid is om die consequenties te dragen, want daar gaat het om. Wij zijn natuurlijk als ministeries en eigenlijk als regering niet bezig met vrijblijvend wetenschappelijk onderzoek.

Opmerking : Daarover is in 1975 een publikatie verschenen in PT-Procestechniek, waarin de vraag naar dit optimale energieverbruik gesteld is. De vraag naar het onderzoek daarnaar.

Voorzitter : Datgene, dat net is gesteld, dat je voor het handhaven van het welvaartspeil in Nederland een basisgroei nodig hebt, is vanmorgen door de heer van Rijn in deze zaal neergezet, zo van dat is zo. Ik denk, dat je in Nederland vele economen kunt vinden, die zeggen, dat het niet zo is en ook wat dat betreft is het merkwaardig, dat die niet aan het woord komen en dat ze ook niet aan het woord mogen komen in een energiescenario, dat je hier op dit gebied opstelt. Ten tweede hebben milieu-organisaties, samen vijfhonderdduizend leden representerend, een commentaar geschreven op het beleidsplan SO_2 en daarbij ook verwezen naar de onontkoombaarheid van het zoeken naar dat nulgroei-scenario. Er is dus een conflict aan het ontstaan tussen de opvatting van een aantal ministeries, dat aan bepaalde randvoorwaarden niet wordt getornd, en een deel van de samenleving dat zegt dat die randvoorwaarden de belangrijkste zijn waar je aan moet tornen.

Weck : Er is gesproken over het in een diepe put raken van onderzoeksvoorstellen ; dat wil ook wel eens gebeuren met beleidsnota's. Tusschen het Metra-rapport en het verschijnen van het SO_2 -plan is bijna drie jaar verstreken. Daardoor zijn de nieuwste scenario's niet meegenomen. Er zit gewoon een na-ijl-tijd van een jaar tussen. Een ander punt is in hoeverre de overheid bereid is alternatieve scenario's in haar beschouwingen te betrekken. Daarover is onlangs in de Kamer uitgebreid gediscussieerd, en in die discussie heeft de Minister van Economische Zaken toegezegd om aan alternatieve scenario's aandacht te besteden in het kader van de twee jaar durende brede maatschappelijke discussie. Die scenario's moeten dan natuurlijk wel binnen die twee jaar verwezenlijkt kunnen worden.

Opmerking : Kunnen we accepteren, dat zo'n scenario binnen twee jaar klaar moet zijn, terwijl er zulke belangrijke zaken bij de BMD aan de orde zijn ? Reeds in 1975 is gevraagd naar zo'n onderzoek ; dat moet wel degelijk goed gebeuren voor we er conclusies uit trekken.

Opmerking : Dit is niet het jaar nul, maar het jaar plus drie of vier !

Voorzitter : Inderdaad is dat alternatief door de overheid jarenlang getraineed en op dit moment is de tijdnood daar en wordt de tijdnood als argument gebruikt, en dat is de vervalsing van het debat.

Boerée : We hadden het zojuist over een milieuscenario en daarvoor even over normen en effecten van SO_2 . Kan iemand van de wetenschappelijke mensen, die hier in de zaal zijn, dan specifiek voor SO_2 aangeven wat er in zo'n milieuscenario zou moeten, want ik hoor 75 microgram, maar het zou ook nog wel eens hoger kunnen zijn of lager. Ik bedoel, waar praten we eigenlijk over ? Als men hier al zo verdeeld is, wat is dan een milieuscenario ?

Vraag : Hoe is het immissieplafond van vijfhonderdduizend ton SO_2 afgeleid, hoe zijn voor de Nederlandse bevolking de expositieparameters gehanteerd, hoe groot is de bevolking, die in de diverse scenario's is blootgesteld aan de mediaan van bijvoorbeeld 100, 125, 150 microgram per kubieke meter, hoe groot is de frequentie van blootstelling aan piekwaarden van bijvoorbeeld 1000, 2000 of 3000 microgram per kubieke meter, die bij de ontwikkeling van toetsingscriteria toelaatbaar zijn geacht ? Is in het licht van de SO_2 -effecten op de gezondheid dit laatste criterium niet relevanter dan indicaties over een gemiddelde of middelbare expositie in termen van een vijftig percentiel ?

Antwoord (Zwerfer) : De Gezondheidsraad spreekt dan wel niet over vijfhonderdduizend ton zwaveldioxide, maar heeft wel adviezen voor grenswaarden opgesteld en die vijfhonderdduizend ton zwaveldioxide is gebaseerd op die criteria, die vertaald zijn naar emissies toe.

Reactie : Ik kan me voorstellen, dat U zegt, nou in het licht van een stand-still beginsel wil ik proberen te mikken op bijvoorbeeld vijfhonderdduizend ton, dat is een mooi rond getal en er is niets tegen om dat getal te koesteren en dan te kijken wat de implicaties zijn van dat getal en dat kun je op verschillende manieren toetsen en dan kun je telkens kijken, past het zus, past het zo ; kom ik dan niet te veel in strijd met dit uitgangspunt of met dat en als dat allemaal niet te veel in strijd is met elkaar, dan zeg je, nou dat is fijn. Maar daaraan ligt niet een idee ten grondslag. Mijn vraag komt neer op wat ik geformuleerd heb : Wat zijn de uitgangscriteria geweest ? Bijvoorbeeld, hoeveel mensen zijn er blootgesteld tegelijkertijd aan concentraties en expositieduren, die relevant zijn in het licht van de gezondheid ?

Voorzitter : Ik zal niet meer toelaten, dat hier een antwoord op komt en wel omdat dit eigenlijk een hele goede afsluiting is van de discussie, omdat U het probleem weer heeft teruggezet op de plaats waar het thuishoort. Het is een ernstig probleem en de manier waarop het beslist over het probleem tot stand

komt, bevalt sommigen van ons niet en dat is naar mijn gevoel heel duidelijk hier gesteld. We hebben meer theorie nodig, uitgangspunten, versterking, omdat het probleem inderdaad zo geweldig groot is. Als wij pleiten voor het beperken, het in de hand krijgen van een economisch expansieproces, dan is dat niet omdat wij alleen maar naar die plantjes en die beestjes kijken, maar omdat dat een voorwaarde is voor het bestaan. U hebt misschien ergens gelezen, dat de vruchtbaarheid van de westerse bevolking afneemt door de invloed van polychloor-bivinylen op het sperma, ik noem maar een kleinigheidje, wel, dat is een echt probleem, dat is niet iets van vandaag of morgen, dat verdwijnt niet meer. Als zo iets er is, dan zal dat de komende eeuwen bij ons blijven en steeds ernstiger worden. Het is de essentie van milieubeleid, dat je je met dat soort zaken bezig houdt. Dat wil evenwel niet zeggen, dat we als consequentie daarvan dan onze energievoorraden in het vervolg maar moeten halen uit het reformhuis.



K. Biersteker

Landbouwhogeschool, Wageningen

Samenvatting

Het is kostbaar conventionele brandstoffen (kolen, olie) te gebruiken voor energieopwekking zonder SO₂-emissies. Vanuit de samenleving wordt daarom terecht de vraag gesteld hoe schadelijk SO₂ is voor de volksgezondheid. Er is in de loop van de achter ons liggende 20 jaren veel epidemiologisch en experimenteel onderzoek verricht om deze vraag te beantwoorden. Ondanks dat is het nog steeds onmogelijk precies af te bakenen wat gezondheidkundig acceptabel is. Dit houdt verband met:

1. de verschillen in gevoeligheid bij de onderzochte populaties.
2. de aanwezigheid van nevenverontreinigingen in de buitenlucht naast SO₂.

Het laat zich niet aanzien dat er op korte termijn verandering komt in deze complicaties. Hoewel er stemmen opgaan de "SO₂" risico's wat gemakkelijker op te vatten dan vroeger, zijn er medisch gezien geen argumenten een tolerantere normstelling voor SO₂ na te streven in Nederland dan door de Gezondheidsraad in 1971 en 1974 werd geadviseerd.

1. Inleiding

Het eerste historische gedocumenteerde slachtoffer van SO₂-luchtverontreiniging betrof Plinius de Oudere. Hij was admiraal van de Romeinse vloot en leidde in dat kader een reddingsoperatie toen de Vesuvius in 69 A.D. uitbarstte. Tijdens deze reddingsoperatie zakte hij op het strand in elkaar en overleed kort daarna. Hij stond volgens de geschiedschrijver Tacitus, die deze zaken vastlegde, bekend als CARRA-lijder.

Wij mogen aannemen dat er tijdens de eruptie van de Vesuvius grote hoeveelheden SO₂ (en H₂SO₄ en sulfaten) vrijkwamen in de atmosfeer en dat de concentraties (hoewel nooit gemeten) uitgingen boven de door de WGO en Gezondheidsraad voorgestelde richtwaarden die wenselijk zijn met het oog op de volksgezondheidsbescherming. Deze advieswaarden zijn vervat in tabel 1.

Aangetekend zij dat de Wereld Gezondheidsorganisatie kort geleden een nog wat lagere richtwaarde heeft gepubliceerd voor SO₂ volgens tabel 2.

Onze kennis over effecten van SO₂ op de gezondheid van de mens steelt voornamelijk op vrij harde epidemiologische gegevens die in de '50-er en '60-er jaren in Engeland werden genoteerd. Daarbij dient wel te worden aangegeven dat SO₂ en roet in die tijd de enige

Tabel 1. Advieswaarden van de WGO (1972) en Gezondheidsraad (1971) voor SO₂ en roet.

	SO ₂	Roet (µg/m ³)
<u>WGO</u>		
dagwaarde (98 percentiel)	200	120 (µg/m ³)
jaargemiddelde	60	40 "
<u>Gezondheidsraad</u>		
dagwaarde (98 percentiel)	250	<90 "
jaargemiddelde	75	<30 "

WGO, 1972; Gezondheidsraad, 1971

Tabel 2. Advieswaarden van WGO (1979) voor SO₂ en roet.

	SO ₂	Roet (µg/m ³)
dagwaarde	→ 100-150	100-150 "
jaargemiddelde	→ 40-60	40-60 "

WGO, 1979

op routinematige wijze gemeten luchtverontreinigingscomponenten waren. Na het invoeren van de Clean Air Act in Engeland in 1956 zijn eerst de roet en later ook de SO₂-concentraties sterk gedaald. Hoewel het niet geheel uit te sluiten is dat niet gemeten andere luchtverontreinigingscomponenten een schadelijk effect hadden is in de luchtverontreinigingsleer de verdenking op SO₂ en roet in interactie blijven rusten.

Het is mijn bedoeling via een terugblik op deze ervaringen een schatting te maken van de risico's die wij in Nederland lopen bij het loslaten van de reeds ingeburgerde advieswaarden voor SO₂ die de Gezondheidsraad in 1971 gekoppeld aan roetwaarden voorstelde.

Daarnaast hoop ik wat nieuwere gegevens die zich dankzij experimenteel werk met SO₂ aftekenen in deze gedachtegang te betrekken. Dat het niet lukt SO₂ vrij te pleiten als verdachte, zal misschien sommige aanwezigen teleurstellen, anderen niet verrassen.

Tabel 3. Luchtverontreinigingsrampen

Plaats	Datum	Effect en aantal	Omstandigheden en vermoedelijke oorzaak
Maasvallei, België; cokesovens, hoogovens staal, glas, zink en zwavelzuurfabrieken	1-6 decem- ber 1930	60 doden, 'duizenden zieken'; hoesten, kortademigheid, pijn in de borst, oog en neus irri- tatie traden op	Inversie en windstilte gedurende 1 week in 15 mijl rivierdal; rook en prikkelende gassen; zwaveloxiden, zwavelzuurnevel en vermoedelijk fluoriden; geschatte hoeveelheid zwaveldioxide 25-100 mg/m ³
Donora, Pa., U.S.A.; zinksmelter, draad- coatingfabriek, staal- fabriek, zwavelzuur- fabriek	27-31 okto- ber 1948	6000 van de 14.000 tellende bevolking ziek, 1400 vroegen medische verzorging, 17 doden; hoesten, pijnlijke keel, be- klemd gevoel in de borst, brandende en tranende ogen, bra- ken, misselijkheid, overdadige neusaf- scheiding	Temperatuur-inversie en mist langs hoefijzervormig dal van Monongahela rivier; zwaveloxiden, rook en zink- deeltjes aanwezig; vermoedelijk zwa- velzuurnevel; geschatte hoeveelheid zwaveldioxide 1,5 - 5,5 mg/m ³
Poza Rica, Mexico; petrochemische fa- brieken, zwavel- waterstofwinning	24 no- vember 1950, 16.45- 17.10 uur	22 doden, 320 in ziekenhuis opgeno- men; acute zwavel- waterstofvergifti- ging: bewusteloos- heid, duizeligheid, hevige irritatie van de ademhalings- organen, verlies van reukzin	Mist, matige wind, zwavelwaterstof- emissie wanneer brander op 4 dagen oude zwavelwaterstofwinning uitvalt bij toenemende uitstoot van zwavel- waterstof; emissie bestond gedurende slechts 25 minuten
Londen, Engeland	5-9 de- cember 1952	3500-4000 doden in de week van 5-12 december meer dan te verwachten was voor vergelijkbare weken; doodsoorza- ken: chronische bronchitis, bron- chopneumonie en hartinfarcten; toe- nemende ziekenhuis- opnames voor adem- halingsstoornissen en hartinfarcten	'Erwtensoepe' mist en temperatuurinver- sie belasten het grootste deel van V.K.; rook en zwaveldioxyde ophoping in stilstaande lucht; gemeten rookge- haltes van 4,5 mg/m ³ , zwaveloxide con- centraties van 3,75 mg/m ³
Londen, Engeland	janua- ri 1956	1000 extra doden t.g.v. een veront- reinigingsepisode	Uitgebreide mist, omstandigheden verge- lijikbaar met de episode in 1952; viel samen met de Clean Air Act in het Parlement
Londen, Engeland	5-7 de- cember 1962	700 extra doden die waren toe te schrijven aan een verontreinigings- episode; het me- disch noodprogram- ma functioneerde	Hevige mist en inversie; zwaveldioxide- peil hoger dan in 1952, maar roetcon- centratie lager; alarm in werking

Vrij naar Calabrese (1978)

2. Luchtverontreinigingsrampen

We spreken van echte luchtverontreinigingsrampen als de concentraties van luchtverontreinigende stoffen ergens in de buitenlucht zo hoog worden dat er een direct waarneembare en imposante stijging van de morbiditeit en mortaliteit optreedt bij hieraan blootgestelde mensen.

Zoals uit tabel 3 blijkt is het aantal redelijk gedocumenteerde luchtverontreinigingsrampen of -episoden tot nu toe niet erg groot in de vakliteratuur. Wij kunnen hierbij onderscheid maken tussen industriële rampen (bijv. Poza Rica, waar H_2S ontsnapping uit een overbelaste fakkeld de oorzaak was) en rampen die berustten op urbane bronnen, d.w.z. op een veel minder duidelijk te definiëren mengsel van stedelijke vormen van luchtverontreiniging, hoofdzakelijk SO_2 en roet.

Londen heeft naam gemaakt door het bij herhaling optreden van ernstige luchtverontreinigingsrampen. New York heeft zijn best gedaan in de pas te blijven maar zoals we nog zullen zien was wat zich in New York afspeelde kinderspel vergeleken bij Londen. Tabel 4 toont dat er na de tweede wereldoorlog in Londen, maar hoogstwaarschijnlijk ook al daarvoor, in de wintermaanden dramatische sterftepieken voorkwamen.

Tabel 4. Oversterfte in Londen tijdens luchtverontreinigingsepisoden in de winter

Jaar	aantal personen	24-uurs maxima $\mu g/m^3$	
		SO_2	Roet
1948	750	2150	2780
1952	4000	3830	4460
1956	1000	1430	2830
1957	750	3335	2417
1959	250	1850	1723
1962	700	3834	3144
1975	200	994	546

Holland e.a. (1979)

In de tijd gerekend vielen deze samen met sterke stijgingen van de meetuitkomsten van SO_2 en roet. Voor de berekening zijn, behalve in 1952 en 1962, wekelijkse sterftecijfers gebruikt om de oversterfte te schatten. Tevens zijn de 24-uurs maxima voor SO_2 en roet vermeld. Het valt op dat 1952 er uitspringt als een heel ongelukkig jaar. Het feit dat er meer oversterfte was dan vroeger bij de grote epidemieën van pest en influenza in Londen spreekt boekdelen.

Tabel 5 is daarom ook informatief, omdat deze laat zien dat artsen niet via een diagnose, hoogstens door een stijging van het totaal aantal consulten dat om diverse

redenen ingeroepen wordt, op het spoor komen van een luchtverontreinigingsramp in zo'n stad als Londen. Er is m.a.w. geen typische doodsoorzaak. Mensen overlijden alleen maar versneld aan een veelvoud van doodsoorzaken, al springen bronchitislijders er proportioneel gezien duidelijk uit. Gezonde personen lopen waarschijnlijk weinig risico te overlijden.

Engelse epidemiologen hebben uiteraard met spanning uitgezien naar de gevolgen van de Clean Air Act van 1956 die politiek gezien een direct gevolg was van de mistramp in 1952. Deze wet verbood het gebruik van vetkolen in gevaarlopende gebieden. Aangetekend moet worden dat de roetcijfers van 1952 een grove onderschatting van de werkelijkheid waren, omdat de filters in 1952 volkomen waren dichtgekoekt. In ieder geval zijn er na 1962, doordat Londen geleidelijk verlost werd van zijn pea-soup of erwtensoepmist in de wintermaanden, geen soortgelijke rampen meer waargenomen, ondanks nog altijd vrij hoge SO_2 belastingen. De luchtverontreinigingsepisode in Londen in december 1962 ging met veel lagere roetconcentraties gepaard dan in 1952 bij ongeveer even hoge SO_2 -concentraties (als in 1962). Er waren ongeveer 3300 sterfgevallen minder dan in 1952.

De laatste luchtverontreinigingsepisode van betekenis die Londen meemaakte trad op in december 1975 (Holland e.a., 1979). Er werden toen op 15 en 16 december 24-uurs maxima van bijna $1000 \mu g SO_2/m^3$ en ruim $500 \mu g$ roet/ m^3 , gemeten. En er waren circa 200 extra sterfgevallen in de mistweek. Omdat er lage temperaturen waren is niet duidelijk welke rol de luchtverontreiniging afzonderlijk speelde. Waarschijnlijk zitten wij hier op de grens van een bij een zeer grote populatie direct via sterftevermeerdering registreerbaar effect van SO_2 en roet.

De stad New York heeft geen vetkolenverbod nodig gehad, maar is wel tot een drastische verlaging van het toegestane zwavelgehalte van stookolie overgegaan naar aanleiding van veel minder indrukwekkende sterftecijfers. In tabel 6 zijn de stijgingen in de sterftecijfers aangestreept, die voor 1953 door Greenburg e.a. (1962) werden toegeschreven aan urbane luchtverontreinigingsepisoden. Vergelijken met de Londense cijfers is er sprake van een veel kleiner effect. In Londen was er een verdrievoudiging van de sterftecijfers, in New York bedroeg de stijging ongeveer 10%, net als bij de zojuist genoemde laatste episode in Londen in 1975. New York bezat in die jaren nog geen luchtverontreinigingsmeetnet; maar kende geen erwtensoepmist. Een 10% stijging is blijkbaar ongeveer de grens van wat wij epidemiologisch bij dagsterftecijfers zonder ingewikkelde statistische berekeningen met luchtverontreiniging in verband weten te brengen, omdat andere natuurlijke factoren als sterke temperatuurdaling ook sterftevermeerderingen kunnen geven in gematigde klimaten.

Tabel 5. Wekelijkse sterfte in Londen met vermelding van doodsoorzaken in december 1952

Oorzaak	Aantal doden in de week eindigend op:				Gemiddeld aantal doden per week in de weken eindigend op 22 en 29 nov. en 6 dec.		Gemiddeld percentage doden van de eerste 3 weken voor de week eindigend op:			
	22 nov.	29 nov.	6 dec.	13 dec.	20 dec.	27 dec.	13 dec.	20 dec.	27 dec.	
				(smog)						
Longtuberculose	18	19	14	77	37	21	17.0	453	218	124
Longkanker	38	27	45	69	32	36	36.7	188	87	98
Hartziekten	225	272	273	707	389	272	256.7	275	152	106
Hoge bloeddruk	12	17	19	47	36	21	16.0	294	225	131
Ziekten van de stofwisseling	27	23	26	46	31	32	25.3	82	123	127
Griep	1	7	2	24	9	6	3.3	720	270	180
Longontsteking	31	28	45	168	125	91	34.7	486	363	264
Bronchitis	46	73	76	704	396	184	65.0	1083	609	283
Andere ademhalingsstoornissen	10	8	9	52	21	13	9.0	578	233	144
Moelijk vast te stellen oorzaken	19	26	25	79	35	37	23.3	339	150	159
Alle andere oorzaken	326	353	411	511	412	316	363.3	140	113	87
Totaal	753	853	945	2484	1523	1029	850.3	292	179	121

Piersteker (1975)

Biersteker (1975)

Tabel 7. Sterfte in opeenvolgende 10 dagen perioden vanaf 24 november in 1962 en 1961 Rotterdam e.o.

Periode	Rotterdam apart		Rotterdam e.o.		Omgeving apart		Controle	
	1962	1961	1962	1961	1962	1961	1962	1961
24 nov.-4 dec.	178	+ 1*	411	+ 8	233	219	- 4	300
4 dec.-14 dec.	202	+21	472	+36	270	240	+15	312
14 dec.-24 dec.	174	- 2	382	+ 2	208	208	- 3	336

* Verschil in 1962 met gemiddelde sterfte van 1961 en 1962.

Zelf werd ik in 1963 in Rotterdam geconfronteerd met de interessante vraag of in Rotterdam meetbare luchtverontreinigingseffecten bestonden. De toenmalige directeur van de G.G. en G.D. trok mij aan om ondermeer deze vraagstelling te bestuderen. Als slot van dit onderdeel van mijn bijdrage aan het SO₂-symposium wil ik U graag kort de bevindingen uit

Tabel 6. Sterftestijgingen in New York tijdens luchtverontreiniging in 1953

Datum	1952	1953	1954
1	245	227	232
2	228	208	215
3	268	224	235
4	222	217	220
5	204	233	212
6	241	208	222
7	237	235	208
8	211	229	237
9	224	237	224
10	210	218	219
11	221	237	227
12	204	218	203
13	235	200	211
14	238	238	217
15	224	245	210
16	212	260	224
17	237	257	223
18	197	198	229
19	198	218	250
20	227	264	234
21	223	256	228
22	234	254	228
23	236	255	232
24	222	232	210
25	208	226	178
26	190	209	213
27	199	221	216
28	217	199	219
29	208	214	225
30	230	240	234
Totaal	6.653	6.877	6.635

Greenburg (1962)

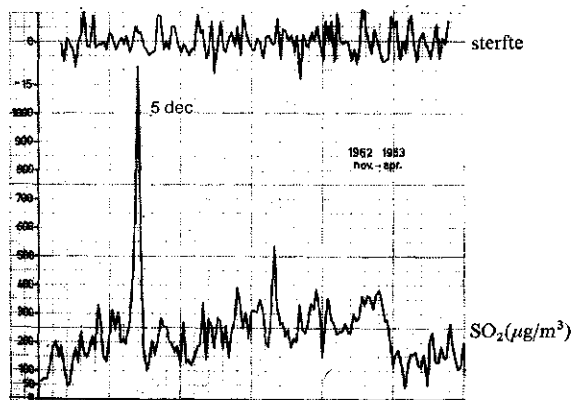
dit nu al weer historie geworden onderzoek (her)presenteren.

In figuur 1 ziet U dat er in Rotterdam in het centrum van de stad op 5 december 1962 een belangrijke stijging van de SO₂-concentratie tot ongeveer 1500 µg SO₂/m³ was. De mist in de stad was toen zo dicht dat vele Rotterdammers moeite hadden hun werkplaats (en later weer hun woonhuis) te vinden. De roetconcentraties stegen ook aanzienlijk en behaalden er waarden van ongeveer 1500 µg/m³.

M.b.v. een voortschrijdend 15 dagengemiddelde werden de dagelijkse sterftedeviaties berekend. Uit figuur 1 blijkt dat er geen opvallend effect was op de sterfte; in feite waren er in de sterftecurve herhaaldelijk even grote excursies naar boven op dagen met veel geringere luchtverontreiniging. Een

maximale schatting van de oversterfte wordt gegeven in tabel 7 (Burema e.a., 1964). Wel waren er aanwijzingen dat het aantal oudere personen dat voor cardiorespiratoire aandoeningen gehospitaliseerd werd in de mist-

Figuur 1. Sterfte in Rotterdam (deviaties van 15 dagengemiddelden) in 1962 en SO₂-concentraties



week in Rotterdam verhoogd was (Biersteker, 1966).

Indien we nu, achteraf, deze waarnemingen uit Londen, New York en Rotterdam op één rij zetten, zou het ook zeer bevreemdend zijn geweest in Rotterdam een duidelijke oversterfte te hebben geregistreerd, tenzij de Rotterdammers een voor luchtverontreiniging bijzonder gevoelige populatie vormen.

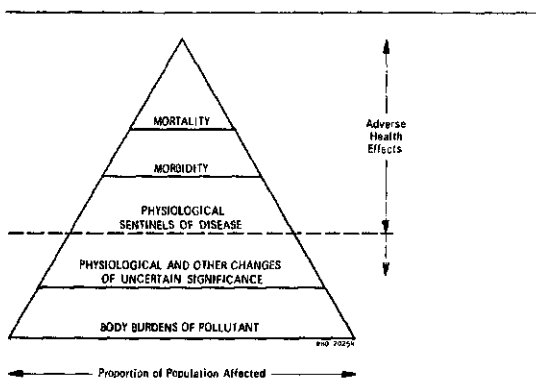
3. Micro-rampen

Het lijkt m.i. geen twijfel dat er zonder imposante stijging van de sterftcijfers toch wel nadelen zijn verbonden aan luchtverontreinigingsepisoden, ook aan die van kleiner formaat dan in Londen in 1952 en 1962 optraden. De Rotterdamse episode van 1962 behoort in feite tot deze soort effecten.

Voor Engelse epidemiologen was dit uiteraard ook wel voor de hand liggend. Als figuur 2 treft U een in de milieuhygiëne steeds terugkerend model aan, dat de klassen van effecten aangeeft waarmee groepen mensen op milieufactoren kunnen (zullen) reageren. Bovenaan staat als top van de ijsberg de sterfte. Daaronder volgen meer goedaardige, maar hoogstwaarschijnlijk op grotere schaal voorkomende 'nadelige' effecten. Aan de basis van de driehoek staan effecten waarmee wij niet goed raad weten. Ze verraden wel dat er iets gebeurt in het kader van de

evenwichten die het menselijk gezondzijn kenmerken (de homeostasis of bewaking van

Figuur 2. Schematisch model van biologische reacties van de mens op milieu-verontreiniging



WHO, 1972

deze evenwichten), maar we weten medisch nog niet goed of we dit moeten veroordelen of tolereren. Voor wat betreft onnatuurlijke stressoren neigen we in het algemeen tot afwijzing van deze reacties, omdat ze primair geen voordelen hebben.

Ook hier hebben de Britse epidemiologen duidelijkheid geschapen, zowel voor wat betreft de mortaliteit als de morbiditeit (de sterftedeviaties en de deviaties in ziekenhuisopnamen). Tabel 8a en 8b laten zien dat vanaf ongeveer 500 $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ en 500 $\mu\text{g roet}/\text{m}^3$ de sterfte en het aantal ziekenhuisopnamen voor cardiorespiratoire aandoeningen in Londen correleerden met SO_2 en roet in de eind vijftiger jaren (Martin, 1964). Er was geen goede afgrenzing naar onder te maken maar volgens Britse onderzoekers (Holland e.a., 1979) zijn er later geen aanwijzingen gevonden voor correlaties bij lagere verontreinigingsniveaus. De meest conservatieve schatting is dat er in ieder geval bij een combinatie van 750 $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ en 700 $\mu\text{g roet}/\text{m}^3$ consistent effecten optreden.

Op grond van het driehoeksmodel in figuur 2 zou morbiditeit een numeriek grotere eenheid opleveren dan mortaliteit. Dat dit niet uit Martin's cijfers blijkt houdt misschien verband met de beperking tot ziekenhuisopnamen. Lawther e.a. (1970) gebruikten daarom een andere methode om effecten van geringe graden van luchtverontreiniging in Londen op te sporen. Zij lieten grote groepen bronchitislijders dagboekjes bijhouden, waarin genoteerd werd hoe zij zich iedere dag voelden: beter, gelijk of slechter dan op de voorgaande dag. Zoals uit figuren 3 en 4

Tabel 8a. Dagelijkse mortaliteit en morbiditeit (deviatie van het voortschrijdende 15-dagengemiddelde) en dagelijkse concentraties SO_2 in Londen in de winters 1958-1959, 1959-1960

SO_2 24-uurs- gemid- delden	Mortaliteit (alle doods- oorzaken)	Morbiditeit (cardio- respiratoire aan- aandoeningen)
1,281	+ 7	+21
1,107	+41	+29
1,070	+60(gem. ⁺ 39,6)	+ 3(gem. ⁺ 12,8)
990	+63	+11
932	+27	0
875	+26	+22
867	+20	+ 3
841	+ 2(gem. ⁺ 19,2)	+11(gem. ⁺ 12,8)
827	+28	+ 5
824	+44	+27
812	- 5	+ 9
784	+12	+ 3
738	+47	+32
721	+27	+ 4
704	+33(gem. ⁺ 16,0)	0(gem. ⁺ 6,9)
686	+21	+ 7
675	+ 3	- 6
612	-20	+ 5
609	- 4	+16
606	+22	+ 1
575	+21	+11
575	+12	+ 2
572	+47(gem. ⁺ 11,6)	+21(gem. ⁺ 5,1)
546	-20	- 9
538	+10	+ 5
526	0	+ 1
489	-13	+11
480	+27	0
478	0	- 7
466	+ 9	0
463	+33	+ 5
460	+16(gem. ⁺ 9,0)	+ 4(gem. ⁺ 2,2)
449	- 5	- 5
420	- 1	+12
409	+15	0

Martin (1954)

blijkt was er in de eind vijftiger jaren een duidelijke verslechtering op de dagen met verhoogde SO_2 - en roetconcentraties. Tegen het eind van de zestiger jaren is deze correlatie niet meer terug te vinden. De onderzoekers zijn van mening dat er een SO_2 -concentratie van 600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in combinatie met 300 $\mu\text{g roet}/\text{m}^3$ nodig is om het effect te registreren.

Zelf heb ik in Rotterdam indertijd een bestand aan ernstige CARA-patiënten onder het gemeentepersoneel uitgenodigd mee te doen om dagboekjes bij te houden. Het bleek al ras dat er door uitval via allerlei winterseizoengebeurtenissen om te beginnen een heel grote groep deelnemers nodig is; en het onderzoek mislukte.

Wel verrichtte Wever (1977) in Nederland

Tabel 8b. Dagelijkse mortaliteit en morbiditeit (deviaties van het voortschrijdende 15-dagengemiddelde) en dagelijkse concentratie roet in Londen in de winters 1958-1959, 1959-1960.

roet 24-uurs gemiddelde in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mortaliteit (alle doods- oorzaken)	Morbiditeit cardiorespira- toire aandoen- ingen)
1,510	+60	+ 3
1,433	+39	+22
1,350	+44	+27
1,310 >1100	+10(gem. ⁺ 40,0)	+ 5(gem. ⁺ 12,9)
1,308	+41	+29
1,162	+63	+11
1,140	+23	- 7
1,095	+12	+ 3
1,085	- 5	+ 9
1,040	+27	0
1,000 900-1100	+21(gem. ⁺ 15,6)	+ 7(gem. ⁺ 4,9)
999	+26	+22
980	+21	+ 1
969	+ 3	- 6
940	+20	+ 3
770	-21	- 5
760	+33	+ 5
740	+22	-12
736	+21	+11
730 700-900	- 4(gem. ⁺ 9,2)	+16(gem. ⁺ 2,4)
730	0	- 7
720	+25	+ 5
708	-20	+ 5
700	+27	+ 4
690	+16	+ 2
690	+12	+ 2
663	+15(gem. ⁺ 13,0)	0(gem. ⁻ 0,7)
660 600-700	+22	+ 1
602	-20	- 9
600	+33	0
570	-13	+11
563	+ 9	0
540	+31	- 7
540	-11	+ 8
540 500-600	- 1(gem. ⁺ 5,2)	+12(gem. ⁺ 3,2)
529	+16	+ 4
520	+ 6	-10
510	+34	+ 7
500	-24	+ 4

Martin (1954)

een onderzoek met dagboekjes in het Rijnmond-gebied naar aanleiding van de ernstige smogklachten in 1971. Bijna 800 vrouwen uit Vlaardingen en Ommoord deden mee aan het bijhouden der dagboekjes. Zij werden eens per week bezocht. Op dagen met meer luchtverontreiniging werden meer klachten over oogprikkeling gevonden. Hoesten trad als vertraagd effect op. De correlatie bestond voor ozon en aldehyden, doch niet voor SO_2 .

4. Effecten op longfuncties

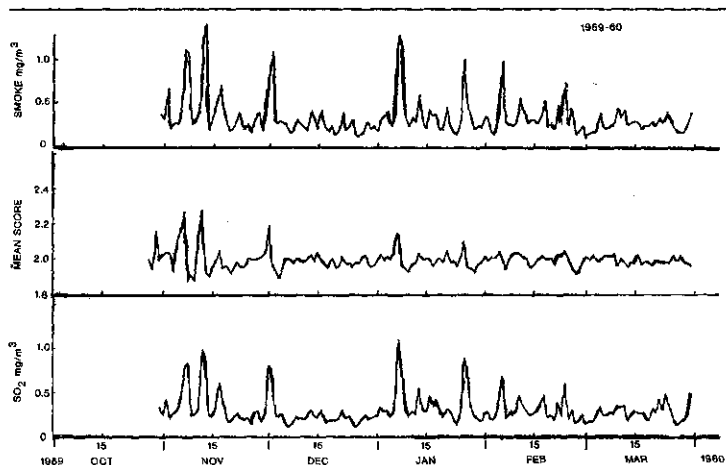
Met name over de effecten van SO_2 op longfuncties is het moeilijk iets met zekerheid te bewijzen. Men gebruikt hiervoor in de epidemiologie meestal transversaal onderzoek, waarbij populaties met hogere en lagere SO_2 -belasting worden vergeleken. In ieder transversaal onderzoek van dit type geldt dat de vergeleken populaties verder in alle opzichten vergelijkbaar moeten zijn en zo niet, dat men statistisch kan corrigeren voor verschillen in bijv. huisvesting, beroep, rookgewoonten, etc.

Een van de onderzoeken die methodologisch redelijk voldoen is het onderzoek in Leicester geweest, dat twee keer kinderen vergeleek (Lunn e.a., 1967; Lunn e.a., 1970). Als interventie fungeerde weer de Clean Air Act van Engeland, waardoor de rookconcentratieverschillen tussen de 'schone' wijk en de verontreinigde wijken sterk afnamen blijkens tabel 9. Het was opvallend dat ook de eerst bestaande verschillen in CARA-symptomen en longfuncties na de interventie sterk afnamen.

In Nederland is voor zover mij bekend slechts twee keer geprobeerd interventiestudies te maken. De eerste studie betrof een vergelijking tussen Westlandse en Walcherense schoolkinderen (Biersteker e.a., 1976). Het Westland was toen in het onderzochte gebied nog niet ongeschakeld op aardgas. Bij het onderzoek bleek dat Walcherense kinderen iets hogere longfuncties hadden, jongens zowel als meisjes. Ook waren er iets minder CARA-symptomen in Zeeland. Het lag in de bedoeling dit onderzoek dat in 1973 werd uitgevoerd, na de omschakeling op aardgas te herhalen, maar dit wacht op een subsidie.

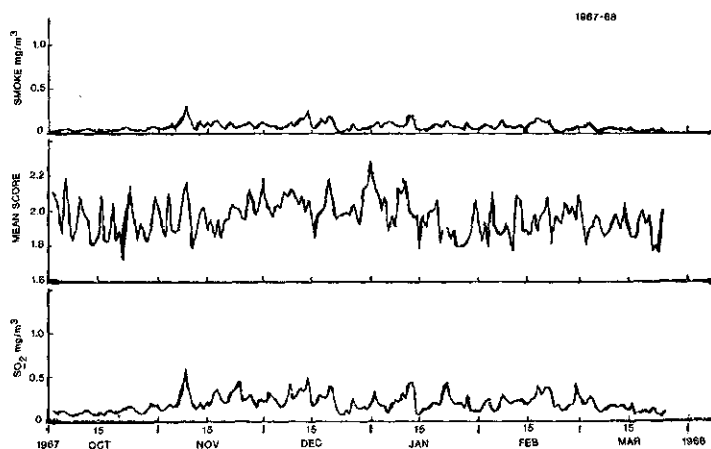
Het tweede interventieonderzoek trad ongepland op. In het Vlaardingen-Vlagtwedde onderzoek bij volwassenen (het VlaVlaproject) ontdekten van der Lende en Huygen (1978) dat er, tegen de verwachtingen in bij het longfunctieonderzoek in 1972 hogere waarden gevonden werden dan in 1969. Omdat longfuncties bij het ouder worden geleidelijk iets dalen, vroeg dit om een verklaring. Bij vergelijking van de luchtverontreinigingsconcentraties bleken de in figuur 5 weergegeven verhogingen in 1969 te hebben bestaan. De conclusie was dat er vermoedelijk een tijdelijke daling van de longfuncties was opgetreden door de hogere belasting bij het eerstverrichte onderzoek. Deze moet dan, als SO_2 de oorzaak was, zijn opgetreden bij dagwaarden van minder dan $300 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$. De Vlaardingse bevindingen worden gesteund door de experimenten van Lawther en zijn medewerkers, die jarenlang zichzelf als controle gebruikten om effecten van de Londense luchtverontreiniging op hun longfuncties vast te leggen. Opvallend was ook hier een tendens tot hogere waarden na de Clean Air Act. Wel wijzen de onderzoekers erop dat luchtverontreiniging slechts een der vele variabelen was die in-

Figuur 3. Conditie van bronchitispatiënten op basis van gemiddelde score.
Londen 1959-1960.



Lawther e.a. (1970)

Figuur 4. Conditie van de patiënten en concentraties van rook en zwavel-
dioxide. Londen 1967-1968.



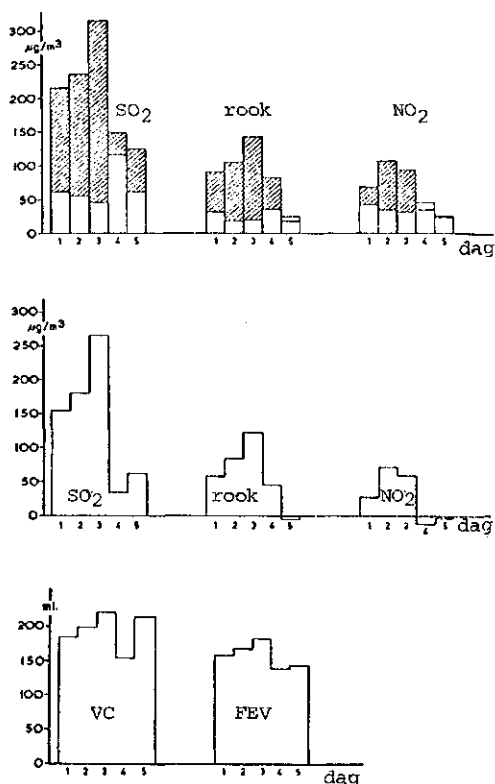
Lawther e.a. (1970)

Tabel 9. Luchtverontreiniging in Sheffield in 1964 en 1968.

	Greenhill		Longley		Park		Attercliffe	
	1964	1968	1964	1968	1964	1968	1964	1968
rook (jaargemiddelde)	97	48	230	141	262	118	301	169
SO ₂ (jaargemiddelde)	123	94	181	166	219	186	275	253

Naar Lunn e.a. (1970)

Figuur 5. Verschil in luchtverontreinigingsconcentraties in Vlaardingen in 1969 en 1972 en verschillen in longfunctie.



Van der Lende en Huygen (1978)

vloed op de individuele schommelingen hadden (Lawther e.a., 1974).

Van der Maas (1979) deed in Nederland epidemiologisch onderzoek naar de betekenis van de luchtverontreiniging in Amsterdam-Noord. Hij onderzocht o.a. longfuncties en door de ouders gemelde CARA-klachten van schoolkinderen. Hij onderzocht kinderen van dezelfde leeftijd (10-11 jaar) uit de rest van Amsterdam, Vlaardingen en Hoorn als controlegroep. Verder had hij (v.d. Maas, 1973) een eenvoudiger opgezette studie gemaakt van kinderen uit Amsterdam-Noord, waarbij kinderen uit andere wijken van Amsterdam en den Helder als controlepopulatie dienden. Van der Maas kwam op grond van beide studies tot de volgende conclusies over de kinderen uit Amsterdam-Noord. Bij meisjes waren er geen significante verschillen in longfuncties, voor jongens waren de longfuncties in Hoorn beter dan in de overige plaatsen. Voor luchtwegaandoeningen waren er in Hoorn ook lagere scores, bij jongens zowel als bij meisjes. Bij weglaten van Hoorn bleven er echter weinig significante verschillen over met de andere groepen.

Een voorzichtige interpretatie van zijn ge-

gevens is dat met name kinderen in Amsterdam-Noord ongunstig afstaken bij andere onderzochte kinderen. Daarbij rijst de dan helaas onbeantwoord gebleven vraag waarom bijv. Vlaardingen, dat zeker een naar Nederlandse maatstaven flink verontreinigd woongebied is, er niet slechter afkomt. Gaat het hier om niet gemeten en dus onbekende luchtverontreinigingscomponenten in Amsterdam-Noord of hebben andere factoren een rol gespeeld? Van der Maas heeft zijn uiterste best gedaan hierover opheldering te geven, maar slaagde hier ondanks een gedetailleerd databestand niet in.

Van der Lende e.a. (1979) deden nog een tweede ontdekking met hun longitudinaal opgezette VlaVla-onderzoek. Bij vergelijking van de leeftijdsafhankelijke trends in longfuncties vonden zij een zwak maar significant verschil tussen Vlaardingen en Vlagtwedde. Als ik hun nog voorlopige manuscript goed begrijp, zijn er in Vlaardingen aanvankelijk hogere longfunctiewaarden gevonden, maar in de loop van het nu meer dan 10 jaren durende onderzoek zijn de oorspronkelijk hogere longfuncties in Vlaardingen iets sterker gedaald dan in Vlagtwedde, bij rokers

zowel als niet-rokers. Dit zou er voor pleiten dat, als alle andere variabelen gelijk zijn geweest, de luchtverontreiniging in Vlaardingen (ondanks de betrekkelijk lage niveau's van SO_2 en roet in het achterons liggende decennium) op lange termijn een nadelig effect heeft gehad. Omdat longitudinaal onderzoek bij volwassenen in Nederland verder niet bestaat (en ook elders vrijwel niet) is het belangrijk dat dit onderzoek doorgaat.

5. Nog subtielere effecten

Wanneer SO_2 de epitheel laag van de luchtwegen of de alveoluswand passeert, rijst de vraag of SO_2 systeem-effecten buiten de long kan hebben. Om deze vraag te beantwoorden hebben Rajagopalan en Johnson (1977) proeven met ratten gedaan. Normaliter worden zwavelverbindingen, die o.a. met voedsel regelmatig aangeboden worden, als anorganische sulfaten met de urine uitgescheiden. Dit gebeurt m.b.v. het enzym sulfiet-oxidase, dat in de lever, doch ook in de long voorkomt. Ontbreekt dit enzym, zoals in zeldzame gevallen bij de mens, of (kunstmatig veroorzaakt) bij het proefdier, dan verschijnen er abnormale metabolieten als sulfiet en thiosulfaat in de urine. Uit post-mortem bepalingen van het enzym in long en lever concluderen zij dat er zelfs bij 5 ppm SO_2 in de lucht geen enkel gevaar bestaat dat de long het SO_2 niet kan ontgiften (zie tabel 10).

Een andere vraag waarover veel te doen is betreft de schadelijkheid van H_2SO_4 dat tijdens smogs van zowel oxyderend als reducerend type gevormd zou kunnen worden (Biersteker, 1976). Bates e.a. (1973) hebben bijv. verondersteld dat de Rijnmondsmog van 1971, voorzover er effecten op de luchtwegen waren, te wijten was aan H_2SO_4 -formatie. Zij zagen hierin een bevestiging van hun experimentele werk met vrijwilligers die gelijktijdig aan concentraties SO_2 en O_3 werden blootgesteld. Deze gecombineerde expositie veroorzaakte dalingen in longfuncties, die met de verontreinigingen afzonderlijk niet optraden. Amdur (1974) haakte hierop in in haar Cumming's Memorial Lecture maar stelde later (1979) vast dat bij proefdieren geen potentiëring optrad en dat er in de proefkamers ook geen H_2SO_4 gevormd werd tijdens de proefopzet. Omdat bij de mens normaliter NH_3 in de uitademingslucht voorkomt, is het niet uitgesloten dat, zelfs als er SO_2 en/of H_2SO_4 ingeademd wordt, onmiddellijk omzetting in ammoniumzouten volgt. Verder herhaalden Bedi e.a. (1979) de experimenten van Bates; zij konden geen duidelijke synergistische effecten van 0,4 ppm O_3 plus 0,4 ppm SO_2 vinden, want er was geen verschil tussen ozon alleen en O_3 plus SO_2 bij deze concentraties, die ook door Bates e.a. werden gebruikt.

Tabel 10. Metabolisme van SO_2 en bisulfiet in de mens.

Orgaan	mmol/dag
<u>Lever</u>	
Totale capaciteit voor oxidatie van HSO_3^-	4.000-8.000
Gemiddelde endogene productie van HSO_3^-	25
Gemiddelde opname van HSO_3^- via voedsel (USA)	0,2
<u>Long</u>	
Totale capaciteit voor oxidatie van SO_2	150
Maximale opname van ingeademde SO_2 bij 5 ppm	1,3

Rajagopalan e.a. (1977)

Gause e.a. (1979) probeerden de vraag over de mogelijke omzetting van SO_2 tot schadelijker verbindingen met proeven in vivo en in vitro te beantwoorden. Zij gebruikten daarvoor ratten en celcultures van alveolaire macrophagen van apen. Zij zijn van mening dat er in de buitenlucht omzetting van SO_2 tot radicalen plaats vindt, zowel door bestraling met licht als door de aanwezigheid van o.a. metaalstofdeeltjes. Verder menen zij dat ook in vivo radicalen worden geproduceerd, dus in het cytoplasma van cellen, en dat waterstofatomen worden gevormd, die zeer reactief zijn. Daarmee zetten zij het mechanisme van de schade die ioniserende straling en SO_2 veroorzaken in feite op één lijn.

Experimenteel vonden zij verhoogde activiteit van plasmamembraanenzymen bij concentraties van 0,5 ppm SO_2 . Analooq zou er bij infecties van de long verlaagde weerstand bestaan t.g.v. SO_2 toevoer.

Hoewel hun verhaal speculatieve elementen bevat is het vermeldenswaard, omdat SO_2 in zijn biokinetiek tot nu toe misschien als een onschuldiger verbinding wordt beschouwd dan met de werkelijkheid overeenstemt. De tegenstrijdigheid tussen het werk dat bij de cavia's en andere dieren verricht werd en hun werk is misschien verwarrend, maar in feite zochten de eerste onderzoekers naar morfologische veranderingen, een grove parameter, de laatste naar biochemische veranderingen, een gevoelige parameter. Aanwezigheid van de laatste soort effecten bij afwezigheid van de eerste soort is op zichzelf niet onmogelijk in de milieuhygiëne.

Ook zijn er dierexperimenteel aanwijzingen dat SO_2 als co-carcinogeen kan werken (Laskin e.a. 1976).

6. Carginogene risico's

Het zal naar mijn mening weinig moeite kosten ook in Nederland aan te tonen dat op grond van geografische verschillen in longkankersterfte een verdenking op SO_2 valt als verklarende variabele.

Kortgeleden publiceerden Hayes e.a. (1980) een nodale kartografie van de sterfte aan long- en maagkanker in Nederland. Zij schrijven een rol toe aan luchtverontreiniging omdat Noord en Zuid Holland v.w.b. longkanker hoog uitvallen vergeleken met de agrarische provincies Groningen, Friesland, Drenthe en Zeeland. Zelf heb ik ook op deze verschillen gewezen in 1966, doch toen ruimte overgelaten voor de mogelijkheid dat het hier ging om tijdsvertraging bij het inburgeren van rookgewoonten.

Het is in dat verband misschien interessant enkele ontwikkelingen in trends te tonen die de longkankersterfte in Nederland in deze gebieden kenmerkte in de achter ons liggende jaren. Uit figuren 6 t/m 8 blijkt duidelijk dat de inhaaleffecten van longkankersterfte in de agrarische provincies die wij constateren hoogstwaarschijnlijk berusten op een tragere opmars van sigaretroken in de agrarische provincies. De tegengestelde verklaring, nl. dat de SO_2 -belasting in de agrarische gebieden de laatste tijd zo sterk gestegen zou zijn, dat dit de verschillen in trends verklaart, lijkt veel minder plausibel.

7. Advieswaarden

Er is reeds door vele onderzoekers gepoogd d.m.v. experimentele begassing met SO_2 van proefdieren en proefpersonen (vrijwilligers) na te gaan hoe schadelijk SO_2 -inhalatie is voor de volksgezondheid.

Daarbij dient onmiddellijk aangetekend te worden dat experimenten alleen waardevol voor een volksgezondheidsbeleid zijn, als zij nauw aansluiten bij de werkelijkheid waarmee het volksgezondheidsbeleid wordt geconfronteerd. Deze werkelijkheid is dat er in een miljoenenpopulatie altijd vele potentiële slachtoffers zitten van gewijzigde milieuvoorwaarden, of dit nu temperatuur, vochtigheid, SO_2 -gehalte van de buitenlucht betreft. Het is daarom zeer de vraag of experimenten (alleen al uit oogpunt van ethiek) zo opgezet kunnen en mogen worden, dat deze zekerheid bieden dat er een verantwoord beleid op gebaseerd kan worden.

Als uitvlucht worden door de volksgezondheidsdeskundigen daarom (en niet alleen v.w.b. het SO_2 -beleid) veiligheidsfactoren gehanteerd. Deze variëren echter zeer sterk. Als ik deze veiligheidsfactoren citeren moet, sta ik zelf altijd weer verbaasd. Voor wat betreft SO_2 hebben wij genoeg genomen met een factor 2 in WGO verband. Voor wat betreft carci-

nogene verbindingen is, uitgaande van dierexperimentele gegevens, een factor 5000 verdedigbaar op grond van verschillen in gevoeligheid bij dieren (10), diersoorten (10), menselijke gevoeligheid (10) en onzekerheid over gevoeligheidsverschillen voor kanker bij de mens (5).

Wanneer we voor SO_2 gemakshalve uitgaan van epidemiologische gegevens, lijkt een veiligheidsfactor 2 bescheiden en wel op zijn plaats. In dat geval komen wij op grond van de eerder gepresenteerde gegevens uit op een SO_2 -concentratie voor beginnende effecten van ongeveer $600\text{--}750 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in combinatie met roetconcentraties van $300\text{--}700 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bij de eerste combinatie van waarden zijn nadelige effecten bij bronchitislijders beschreven. Bij de tweede combinatie van waarden zijn verhoogde sterftecijfers en verhoogde ziekenhuisopnames te verwachten. Als we een veiligheidsfactor 2 toepassen op deze dagwaarden, zijn advieswaarden van $300 \mu\text{g} \text{SO}_2/\text{m}^3$ en $150 \mu\text{g} \text{roet}/\text{m}^3$ het gevolg. Rekening houdend met percentielen en mediane waarden over een jaar, zijn de advieswaarden van tabel 1 tot stand gekomen.

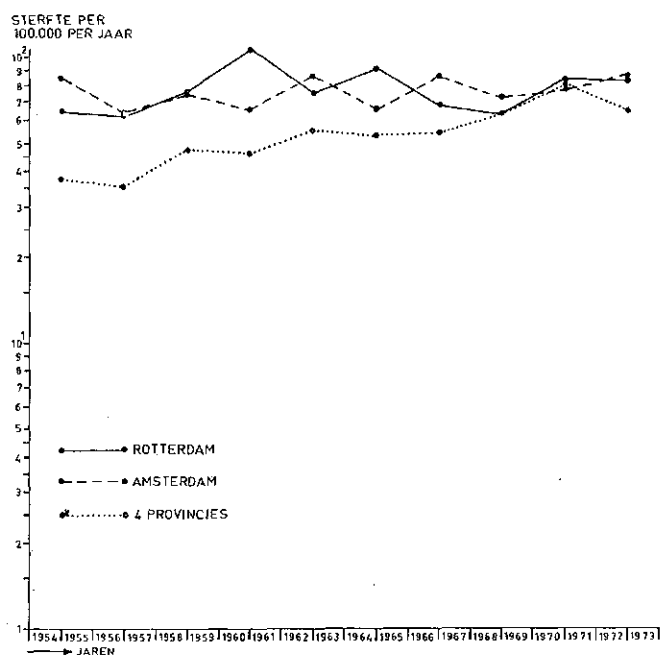
In die adviezen van de Gezondheidsraad van 1971 en 1974 is, zonder voorkennis van de publicaties van Holland e.a. (1979), eigenlijk alleen gebruik gemaakt van ook door deze deskundigen als bruikbaar aangeprezen studies, nl. die van Martin (1964), Lawther (1970) en Lunn (1970). Ik ben, gezien ook allerlei onbesproken gebleven nieuwere onderzoeksgegevens (N.A.S., 1978; Biersteker, 1976) van mening dat er geen ruimte is tolerantere SO_2 en roetwaarden te adviseren. In het Gezondheidsraad advies is bovendien bewust gebruik gemaakt van de Nederlandse situatie, waarin lagere roetwaarden bestaan.

Dat de WGO in haar laatste advieswaarden in dat opzicht niets inlevert over en weer, maar SO_2 en roet getalmatig gelijk schakelt en daardoor op nog lagere advieswaarden voor SO_2 uitkomt, is internationaal gezien verdedigbaar, maar geeft m.i. geen aanleiding voor Nederland geen vertrouwen te hebben in de voorstellen die door de Gezondheidsraad gedaan werden.

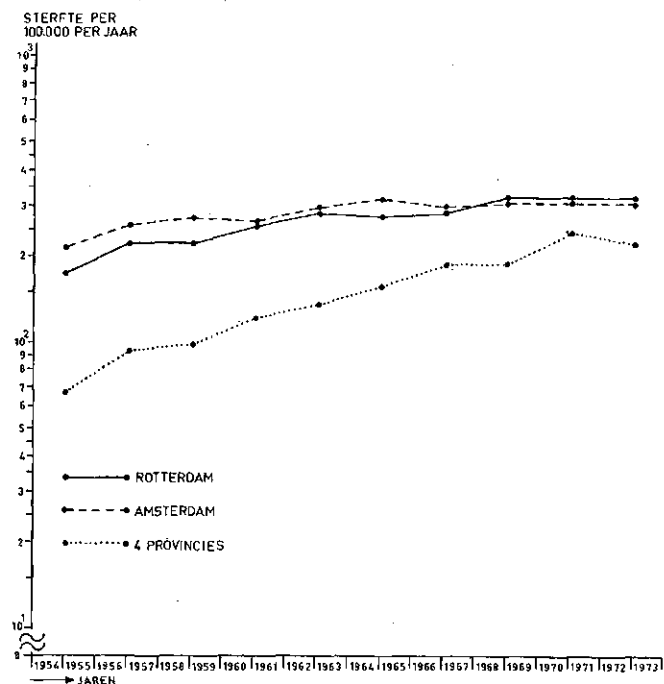
Literatuur

- Amdur, M.O. & D.W. Underhill, 1978. Respiratory response of guinea pigs to ozone alone and with sulfur dioxide.
Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 39:958-961
Bates, D.V. & M. Hazucka, 1973. The short term effects of ozone on the human lung.
NASNRC Proc. Conf. on Air pollutants, Washington, DC, US Govt Printing Office.
Bedi, J.F. e.a., 1979. Human exposure to SO_2 and O_3 : absence of a synergistic effect.
Arch. Env. Health 34:235-239.
Biersteker, K., 1973. Biologische aspecten van de conventionele luchtverontreiniging.

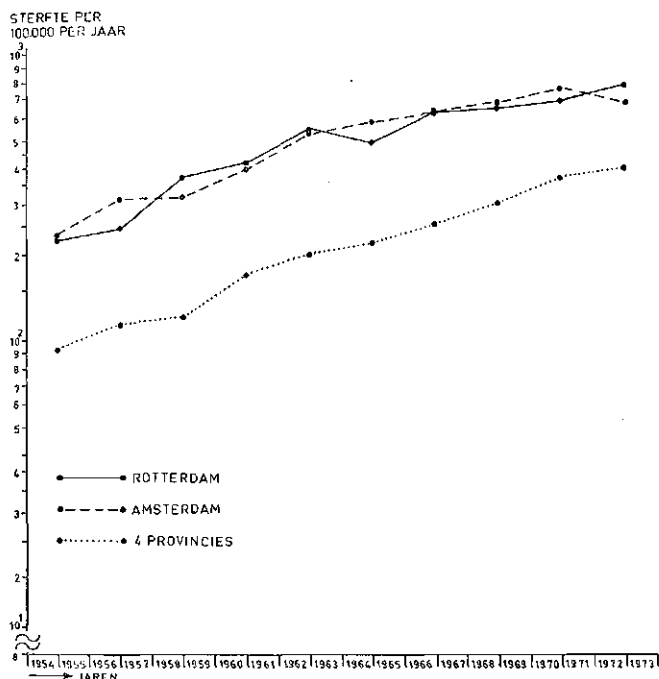
Figuur 6. Sterfte ten gevolge van longkanker bij mannen in de leeftijdsgroep 45-54 jaar



Figuur 7. Sterfte ten gevolge van longkanker bij mannen in de leeftijdsgroep 55-64 jaar



Figuur 8. Sterfte ten gevolge van longkanker bij mannen in de leeftijdsgroep 65-74 jaar



- T. Soc. Geneesk. 51:126-134.
- Biersteker, K. & R.L. Zielhuis, 1975. Inleiding in de milieuhygiëne. Stafleu, Leiden.
- Biersteker, K., 1975. Air pollution incident in Rotterdam, 1971. Env. Res. 10:348-354.
- Biersteker, K., 1976. Sulfur dioxide and suspended particulate matter. Env. Research 11:287-304.
- Biersteker, K., K.F. Kerrebijn & P. van Leeuwen, 1976. Luchtverontreiniging en CARA bij schoolkinderen in twee Nederlandse gebieden met duidelijk verschillende zwaveldioxydebelasting. Ned. Tijdschrift voor Geneesk. 120/11:349-358.
- Biersteker, K., 1976. Sulfur dioxide and suspended particulate matter. Where do we stand? Env. Research 11:287-304.
- Calabrese, E.J., 1978. Pollutants and high risk groups. John Wiley and Sons, New York.
- Gause, E.M. e.a., 1977. In vivo and in vitro effects of SO_2 upon biochemical and immunological parameters. In: S.D. Lee, Biochemical effects of environmental pollutants. Ann Arbor Science.
- Gezondheidsraad, 1971. Advies inzake Grenswaarden SO_2 . Verslagen en Mededelingen, VoMil.
- Gezondheidsraad, 1975. Advies inzake de vaststelling van grenswaarden roet, zwevend stof en zwavelzuur. Verslagen, adviezen, rapporten, VoMil.
- Greenburg, L. e.a., 1962. Report of an air pollution incident in New York City, november 1953. Pub. Health Rep. 77:7-16.
- Hayes, R.B., P.F.A. de Guchteneire & G.A. van der Knaap, 1980. Geographic distribution of cancer mortality in the Netherlands. Studiecentrum Sociale Oncologie, Stichting Wilhelmina Fonds, Rotterdam.
- Holland, W.W. e.a., 1979. Health effects of particulate pollution: reappraising the evidence. Am. J. Epidemiology 110:533-651.
- Laskin, S. e.a., 1976. Combined carcinogen-irritant animal inhalation studies. In: Air pollution and the lung. Ed. Aharonson e.a. Wiley, New York.
- Lawther, P.J., R.E. Waller & M. Henderson, 1970. Air pollution and exacerbations of bronchitis. Thorax 25:525-539.
- Lawther, P.J., A.G.F. Brooks, P.W. Lord, et al., 1974. Day-to-day changes in ventilatory function in relation to the environment. Part III. Frequent measurements of peak flow. Environ. Res. 8:119-130.
- Lende, R. v.d., T. Kok, J. Schouten & N.G.M. Orie. De invloed van luchtverontreiniging op het verloop van de longfunctie (VE en ESC). Nog in manuscript.
- Lende, R. v.d. & C. Huygen, 1978. Epidemiological surveys on effects of air pollution in the Netherlands.

- VDI Berichte nr. 314.
- Lunn, J.E., J. Knowelden & A.J. Hendyside,
1976. Patterns of respiratory illness in
Sheffield infant schoolchildren.
Br. J. Prev. Soc. Med. 21:7-16.
- Lunn, J.E., J. Knowelden & J.W. Roe, 1970.
Patterns of respiratory illness in Shef-
field junior schoolchildren.
Br. J. Prev. Soc. Med. 24:223-228.
- Maas, P.J. v.d., 1979. CARA bij kinderen in
verband met luchtverontreiniging en andere
factoren.
Proefschrift, Rotterdam.
- Martin, A.E., 1964. Mortality and morbidity
statistics and air pollution.
Proc. Royal Soc. Med. 57:969-975.
- National Academy of Sciences, 1978. Sulfur
Oxides.
Washington, DC.
- Rajagopalan, K.V. & J.L. Johnson, 1977. Bio-
logical origin and metabolism of SO_2 .
In: J.A. Lee, Biochemical effects of envi-
ronmental pollutants, Ann Arbor Science.
- Shy, C.M., 1979. Epidemiologic evidence and
the U.S. Air Quality Standards.
Am. J. Epid. 110:661-671.
- WGO, 1972. Air quality criteria and guides
for urban air pollutants.
Technical report series no. 506, Genève.
- WGO, 1979. Sulfur oxides and suspended parti-
culate matter.
Env. Health Criteria reeks no. 8, Genève.

A.C. Posthumus

Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Wageningen

Inleiding

SO₂ is vanouds bekend als een luchtverontreinigingscomponent die effecten kan veroorzaken aan planten en daardoor ook aan ecosystemen. SO₂ van natuurlijke oorsprong (b.v. van vulkanen) heeft reeds in de oertijden invloed kunnen uitoefenen op de wisselende vegetatie van deze aarde, maar ook van anthropogene SO₂ dat door extra bedrijvigheid van de mens aan de atmosfeer werd toegevoegd, zijn reeds lange tijd effecten op de vegetatie bekend. Ruim honderd jaar geleden was Stöckhardt (1850 en 1871) in staat om in een systematisch opgezette proefserie aan te tonen dat SO₂ de vegetatie beschadigt. In 1883 werden door von Schröder en Reuss gegevens gepubliceerd over de mate van beschadiging van planten door SO₂. Zo werd o.a. vermeld dat symptomen van chronische beschadiging voorkwamen na 365 "berokingen" in de loop van 60 dagen met 1 ppm SO₂. Wislicenus berichtte in 1901 dat blootstelling aan 2 ppm SO₂ gedurende de gehele groeiperiode chronische beschadiging veroorzaakte aan jonge sparrebomen. In het licht van hierna te bespreken resultaten van meer recent onderzoek is het duidelijk dat deze resultaten te verklaren zijn op grond van ongeschikte technische en analytische toerusting.

Intussen is de SO₂-emissie van anthropogene oorsprong mondiaal gezien sterk toegenomen door bekende oorzaken en ook de toename in de effecten hiervan aan planten, zowel in natuurlijke vegetaties als ook in door de mens gevormde agro-ecosystemen, is niet uitgebleven. Om hiervan een extreem voorbeeld te geven, kan verwezen worden naar de totale verwoesting van de vroeger aanwezige natuurlijke begroeiing (natuurlijk bos) in de omgeving van Sudbury in Ontario, Canada. Dat ook heden ten dage nog dergelijke beïnvloeding plaatsvindt, wordt geïllustreerd door recente beelden van de nog aanwezige resten van de bebossing op de heuvels rondom een ertsroosterfabriek in Wawa, eveneens in Ontario. Waarschijnlijk zijn deze effecten veroorzaakt door SO₂ en andere componenten (waaronder zware metalen) tezamen.

In Nederland is de situatie gelukkig nooit op grote schaal zo ernstig geweest, maar toch zijn uit het verleden wel enige duidelijke gevallen van lokale beschadiging van de vegetatie door SO₂ en andere componenten bekend (Spierings, 1960). Ook zeer recent nog (oktober-november 1978) zijn door onderzoekingen van ons instituut (van der Eerden, 1979) gevallen van duidelijke beschadigingen van

cultuurgewassen aan acute effecten van SO₂ en NO_x geweten. Het is ook zeer waarschijnlijk dat in het verleden in Nederland chronische effecten van SO₂ aan natuurlijke en gekweekte planten zijn voorgekomen. Hierbij kunnen we denken aan de uitsterfing van verschillende soorten zeer gevoelige korstmossen, zoals onderzocht door de Wit (1976), maar ook aan verlaging van de opbrengsten van land- en tuinbouwgewassen, veroorzaakt door niet direct zichtbare vermindering van de produktie en kwaliteit van de planten.

Het is nu de bedoeling om de huidige situatie en de mogelijke, toekomstige ontwikkeling wat betreft de SO₂-invloed op planten en ecosystemen in Nederland te behandelen. Hiervoor lijkt het nuttig om enige algemene, fytotoxicologische kennis wat betreft de effecten van luchtverontreiniging op planten te bespreken, alvorens in te gaan op de effecten van SO₂ en volgprodukten op planten en ecosystemen.

Effecten van luchtverontreiniging op planten in het algemeen

De effecten van luchtverontreiniging op planten kunnen gezien worden als het eindresultaat van een ketenproces, bestaande uit verschillende deelprocessen, waarvoor eventueel modellen kunnen worden ontwikkeld. Aan het begin van het ketenproces staan het ontstaan, het transport, de omzettingen en de uiteindelijke verspreiding van de luchtverontreiniging in bepaalde immissieconcentraties tot op het niveau waar de planten leven. Daar vindt dan de opvang van de luchtverontreiniging door de planten plaats in de vorm van bepaalde fysische processen. Hierna komt de voor de plant specifieke inwerking van de luchtverontreiniging, die verschillend is voor verschillende componenten, plantesoorten en omstandigheden. Deze inwerkingen vinden plaats via allerlei biochemische en fysiologische processen. De effecten die dan ontstaan aan de plant bestaan in principe uit biochemische, fysiologische en morfologische veranderingen, die tot uiting komen als wijzigingen in samenstelling, functionering en structuur van de plant, vergeleken met de situatie zonder luchtverontreiniging.

Opvang van luchtverontreiniging door planten kan plaats vinden via droge en natte depositie. Bij de droge depositie hebben we te maken met gas dat opgevangen wordt door ad- en absorptie (bij de normale gasuitwisseling van de plant via de huidmondjes) en

met opvangen deeltjes die aan het plantoppervlak (vnl. bladoppervlak) worden geadsorbeerd, b.v. in de waslaag van de cuticula. Bij de natte depositie gaat het om luchtverontreiniging die is opgelost in water dat ofwel direct, in het horizontale vlak, door de planten wordt opgevangen als neerslag, ofwel na de opvang door bomen en struiken daarna indirect door andere planten wordt ontvangen via het druppel vanaf kronen of het afstromen langs takken en stammen.

De inwerking van luchtverontreiniging op planten kan in principe plaats vinden op verschillende plaatsen en verschillende manieren: direct als gas of vloeistof op het buiten- en/of binnenoppervlak van de plant, na oplossing ter plaatse in water op het buiten- en/of binnenoppervlak van de plant, of na oplossing en transport naar elders in de plant (b.v. door diffusie naar dieper gelegen weefsels of zelfs met de transpiratiestroom mee naar randen en toppen van bladeren). Deze laatste manier van inwerken is waarschijnlijk het belangrijkste.

Na de opvang van droge of natte depositie vindt al dan niet opgelost in water verdere penetratie in de plant plaats. Voor de penetratie in gasvorm, die waarschijnlijk erg belangrijk is in relatie tot de effecten van luchtverontreiniging op planten en voor de uiteindelijke oplossing in het waterig milieu van de cellen zijn verschillende factoren van belang. Voor de penetratie van gas van buiten naar binnen zijn van belang: de externe concentratie van het gas, de expositietijd, de diffusieweerstand (bestaande uit grenslaagweerstand, huidmondjesweerstand en interne weerstand in het bladweefsel), de windsnelheid en andere factoren die direct of indirect de opname van het gas door de plant bepalen (temperatuur, luchtvochtigheid, licht). Voor het vormen van een bepaalde concentratie van opgeloste stof in de cellen zijn van belang: de interne concentratie en de verblijftijd van het gas in de plant, de oplosbaarheid van het gas in water, de temperatuur en de omzetting, afbraak en afvoer van de stof in de plant. Voor de penetratie in opgeloste vorm zijn uiteraard andere factoren belangrijk, zoals natte depositie of beschikbaarheid van water aan de buitenkant van de plant, oplosbaarheid van de component in water en de doorlaatbaarheid van de cuticula en epidermis van de plant.

De inwerking zelf wordt bepaald door de interne concentratie van de component op de plaats van de werking, de inwerkingstijd, de gevoeligheid van het betreffende object (organellen, cellen etc.) en enige interne omgevingsfactoren zoals temperatuur, pH, redoxtoestand etc. Het zal duidelijk zijn dat het uiteindelijke effect hierdoor behalve van de externe concentratie van de luchtverontreinigingscomponent, de expositietijd en de omgevingsfactoren, ook van

specifieke eigenschappen van de plant afhankelijk is. Dit betreft dan zowel genetisch bepaalde, morfologische, fysiologische en biochemische eigenschappen, als ook door uit- en inwendige omstandigheden beïnvloede voedings- en ontwikkelings toestanden.

Wat betreft de effecten die kunnen ontstaan, zijn er verschillende indelingen mogelijk. We zullen hier alleen de duidelijk onderscheiden groepen noemen, maar er bestaan natuurlijk ook overgangsvormen daartussen. We onderscheiden positieve en negatieve, zichtbare en verborgen, directe en indirecte, acute en chronische effecten. Bovendien kunnen al deze soorten effecten zich manifesteren op de verschillende organisatieniveau's zoals ecosysteem, plant, orgaan, cel en organel, terwijl het duidelijk is dat de oorsprong van alle effecten is gelegen op het subcellulaire, of eerder nog moleculaire niveau, waar de reacties plaats vinden.

Bij het bestuderen van de effecten van luchtverontreiniging aan planten wordt veel aandacht besteed aan de belasting-effectrelatie, die ook van primair belang is bij het afleiden van criteria voor het stellen van normen voor luchtverontreiniging. Hoewel we meestal niet weten hoeveel van een bepaalde component in de plant wordt opgenomen in een bepaalde tijd, kan toch op basis van de bekende immissieconcentratie en de expositietijd worden gesproken van een bepaalde belasting. Dezelfde belasting kan echter bij verschillende plantesoorten, maar ook bij dezelfde plantesoort in verschillende condities verschillende effecten veroorzaken. Dit is te verklaren door de invloed van de verschillende interne en externe factoren bij het tot stand komen van de effecten. Door experimenteel onderzoek, o.a. door van Haut (1961), is verder bekend geworden dat bij kort-durende begassing de invloed van de concentratie belangrijker is dan van de expositietijd. Volgens Guderian (1977) is de opnamesnelheid het meest bepalend voor het effect. Overigens kunnen bij sterk verschillende expositietijden t.a.v. eenzelfde luchtverontreinigende component totaal verschillende effecten optreden. Ook bestaan er duidelijke verschillen tussen de effecten van continue en intermitterende blootstellingen aan luchtverontreiniging. Tussperiodes zonder belasting geven de planten kans voor detoxificatie en hoe langer deze tussenperiode is in verhouding tot de begassingsperiode des te geringer zijn de effecten. En, zoals te verwachten is, zijn de effecten van de wisselende concentraties in de buitenlucht ook anders dan die van continue nagenoeg gelijk blijvende concentraties bij vele begassingsexperimenten. Pieken in de concentraties vormen hierbij in het algemeen een extra belasting.

Men kan de invloeden van concentratie en expositietijd afzonderlijk onderzoeken, door één van beide constant te houden en de ander te variëren. Als voorbeeld kan gewezen wor-

den op onderzoek van Guderian (1977) naar de invloed van de tijd bij begassing met een vaste concentratie van SO_2 . Men kan echter ook alleen zoeken naar die concentraties die bij verschillende expositietijden in bepaalde condities juist geen gedefinieerd effect meer veroorzaken en daardoor de totale effectgrenslijn voor een bepaalde plantesoort bepalen. Zo kan men dan in principe voor verschillende plantesoorten in allerlei stadia en condities de belasting-effectrelaties vaststellen, om uiteindelijk te komen tot een gezamenlijke effectgrenslijn.

Op basis van deze gezamenlijke effectgrenslijn zou nu aangegeven kunnen worden welke concentratie, ook bij blootstelling hieraan op de lange termijn, geen enkel effect heeft. Dit geeft als norm voor luchtverontreiniging uitgebreide waarborgen voor de planten, maar planten kunnen gedurende kortere tijden ook hogere concentraties verdragen, zoals blijkt uit het verloop van de effectgrenslijn. Voor alle soorten van effecten op de vele verschillende plantesoorten in alle mogelijke stadia en condities zijn de belasting-effectrelaties nog lang niet bekend. In principe kan echter het verband worden weergegeven door een effectgrenslijn en het deel van deze lijn dat betrekking heeft op realistische expositietijden kan gebruikt worden voor het vaststellen van maximaal toelaatbare concentraties gedurende verschillende tijden.

Een moeilijkheid bij het vaststellen van deze grenswaarden is dat er verschillende combinatie-effecten van verschillende luchtverontreinigingscomponenten kunnen optreden bij planten. Zowel additieve, synergistische, als ook antagonistische werkingen van twee of meer componenten zijn bekend. In verband met mogelijke synergistische combinatie-effecten moet men voor sommige componenten, o.a. SO_2 , een extra veiligheidsmarge aannemen. Ook de effectverhogende werking van pieken in het concentratieverloop maken een extra veiligheidsmarge in de adviesnormen gewenst.

Effecten van SO_2 op planten

Om de effecten van SO_2 op planten (voornamelijk hogere planten) te leren kennen, lijkt het zinvol om de mogelijke inwerkingen op verschillende delen van de plant aan de hand van de weg van de penetratie van SO_2 in de plant, zoals schematisch weergegeven in figuur 1, te bespreken. Tevens kan tegelijkertijd worden aangegeven in welke categorie de effecten thuishoren.

Extern SO_2 kan bij planten met een duidelijke cuticula bij chronische inwerking een effect veroorzaken in de vorm van meer wasproductie (Keller et al., 1976). Via de cuticula komt overigens maar heel weinig SO_2 in de plant binnen; het meeste SO_2 penetreert via de huidmondjes. Deze huidmondjes vormen ook de plaats waar een belangrijk effect van

SO_2 optreedt, te weten het effect op de turgor van de sluitcellen en buurcellen, waardoor de huidmondjes meer open of dicht gaan (afhankelijk van de omstandigheden) en daardoor meer of minder transpiratie en opname van CO_2 en luchtverontreiniging mogelijk maken (Mansfield, 1976). Het mechanisme van dit effect is niet goed bekend, maar wel is bekend dat het een rol kan spelen bij het optreden van synergistische effecten van b.v. O_3 en SO_2 (Unsworth et al., 1972).

Na penetratie in de intercellulaire ruimten (ademholte) kan het SO_2 oplossen in het water aan de buitenkant van en in de wanden van de parenchymcellen van het blad. Hierbij ontstaan bisulfiet (HSO_3^-) en sulfiet (SO_3^{--}) ionen die bij lage pH oxyderend werken. Het zijn vooral deze stoffen die schadelijke werkingen uitoefenen op bepaalde onderdelen van de cellen. Allereerst de celmembraan (complexe structuur van eiwitten en lipiden) kan hierdoor worden aangetast, waardoor de semi-permeabiliteit verloren gaat en plasmolyse van de cel kan optreden. Maar ook in de cel, zonder of voordat deze plasmolyseert, kunnen allerlei organellen (o.a. chloroplasten), functies van stoffen (zoals chlorofyl) en metabolische ketens (b.v. van CO_2 -metabolisme) door de oxyderende (bi) sulfietionen worden verstoord. Door onderzoek van Ziegler (1975) is bekend geworden dat bepaalde enzymen van de fotosynthese (ribulose 1,5-difosfaatcarboxylase en fosfo-enolpyruvaatcarboxylase) door sulfiet worden geremd. SO_3^{--} kan via de foto-oxydatie zelf ook verder worden geoxydeerd tot het voor de plant ongevaarlijke, zelfs nuttige SO_4^{--} .

Op grond van bovengenoemde subcellulaire mechanismen kunnen cellen afsterven en bladeren chlorose (vergeling door afbraak van chlorofyl) en necrose vertonen. Meestal zijn deze effecten voornamelijk in het bladmoes tussen de nerven aanwezig en soms kunnen ze zo sterk optreden dat hele bladeren snel verouderen en afsterven. De plant als geheel kan hierdoor groeiremming vertonen, versneld verouderen of ook geheel afsterven in het ergste geval. Naast deze duidelijk zichtbare, acute of chronische effecten kunnen echter ook andere negatieve effecten optreden die niet meteen opvallen. Groeiremming door fotosynthesevermindering kan ook een chronisch effect zijn van relatief lage SO_2 -concentraties, evenals verminderde fertiliteit en verhoogde vorst- en ziektegevoeligheid, die kunnen leiden tot indirecte effecten.

Positieve effecten van SO_2 kunnen volgens o.a. Leone en Brennan (1972) bij planten op S-arme gronden ontstaan doordat het uit SO_2 gevormde SO_4^{--} kan voorzien in de normale S-voedingsbehoefte van de planten. Dit treedt echter alleen op bij lage concentraties van SO_2 zodat geen fytotoxische niveau's van SO_3^{--} kunnen ontstaan. Het SO_3^{--} wordt dan gedetoxificeerd tot SO_4^{--} dat via sulfatreductie tot S^{--} wordt omgezet. Overigens zouden lage concentraties van HSO_3^- ook stimu-

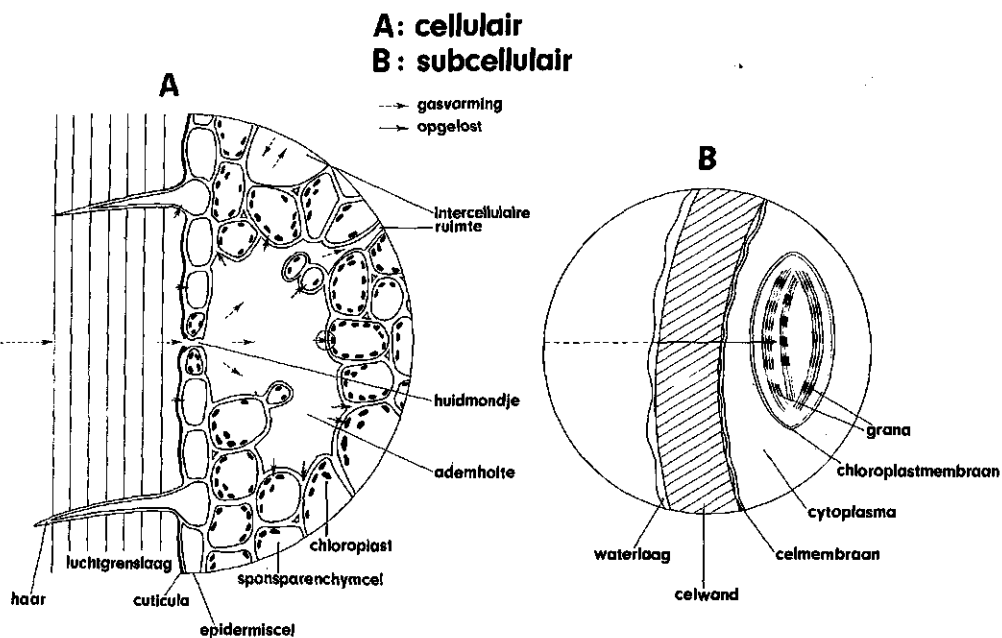


Fig. 1: Schema van penetratie van luchtverontreiniging in bladweefsel van een plant

lerend kunnen inwerken op de processen van de CO_2 -assimilatie, maar al snel worden hogere HSO_3^- -concentraties negatief door de interactie met het metabolisme van HCO_3^- .

Zoals reeds besproken is voor luchtverontreiniging in het algemeen, is ook voor SO_2 de belasting-effectrelatie van belang bij het bestuderen van de effecten op planten. Hiertoe kan voor iedere plantensoort in allerlei stadia en condities, voorzover gegevens bekend zijn, een effectgrenslijn worden vastgesteld, nadat is afgesproken wat als effect wordt gedefinieerd. Hierbij kan dan onderscheid worden gemaakt tussen acute effecten van relatief hoge concentraties en chronische effecten van lage concentraties. Maar men kan ook één gezamenlijke effectgrenslijn van al deze effecten vaststellen, nadat is bepaald wat het minimale, acute en wat het minimale, chronische effect is dat in beschouwing wordt genomen. Wanneer hiervoor resp. een bladbeschadiging van 10% van het oppervlak en een significante opbrengstvermindering van de droge stof wordt gekozen, worden een aantal gegevens uit de internationale vakliteratuur weergegeven door figuur 2. Hierin is onderscheid gemaakt tussen de gezamenlijke effectgrenslijn A voor een groot aantal cultuurplanten die gevoelig tot matig gevoelig zijn voor SO_2 en de effectgrenslijn B voor enkele zeer gevoelige,

natuurlijke plantensoorten.

Indien op grond van de gegevens in figuur 2 een adviesnorm voor SO_2 zou moeten worden vastgesteld, zou dit betekenen dat voor de bescherming van de groep cultuurplanten een groeiseizoengemiddelde (gedurende 7 maanden) van ca $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, een maandgemiddelde van ca $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en een daggemiddelde van ca $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ niet mag worden overschreden. Wordt als doel gesteld ook de allergevoeligste, wilde plantensoorten te beschermen, dan liggen deze waarden vermoedelijk op resp. 20, 30 en $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Zoals te verwachten is, worden ook de effecten van SO_2 op planten duidelijk beïnvloed door verschillende, andere parameters. Men zal dus hiermee rekening moeten houden bij het vaststellen van adviesnormen. De effectgrenslijn zal moeten worden vastgesteld op basis van gegevens over de gevoeligste plantensoorten in de gevoeligst makende omstandigheden. Dus ook het voorkomen van andere luchtverontreinigingscomponenten, zoals O_3 , NO_x en bepaalde metalen, zal men hierbij moeten betrekken vanwege de mogelijke combinatie-effecten. Vooral de synergetische effecten, zoals bekend van $\text{SO}_2 + \text{O}_3$ en van $\text{SO}_2 + \text{NO}_2$, spelen hierbij een belangrijke rol.

Wat betreft de huidige situatie in Nederland kan gesteld worden dat gedurende de

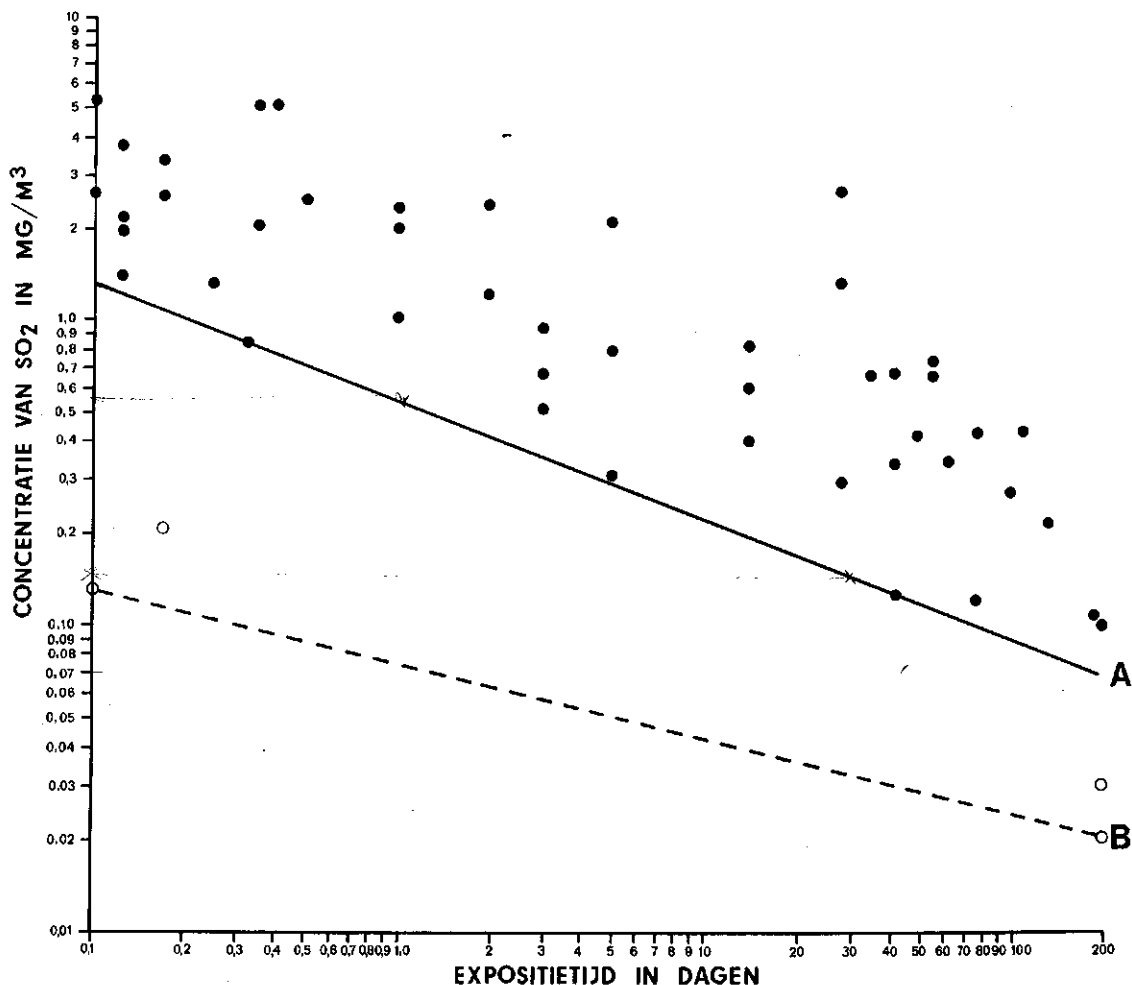


Fig. 2: Ligging van de gezamenlijke effectgrenslijn t.a.v. SO₂ voor een aantal gewassen (A) en voor enkele zeer gevoelige plantensoorten (B)

laatste jaren slechts incidenteel een zodanige luchtverontreiniging met SO₂ is voorgekomen dat daarvan acute effecten aan hogere planten zijn waargenomen. Ook in het Nationaal Meetnet voor Luchtverontreiniging zijn vanaf 1973 tot nu toe slechts éénmaal (november 1978) acute SO₂-effecten aan indicatorplanten (klaversoorten) waargenomen. Chronische effecten van SO₂ aan zeer gevoelige plantensoorten zoals bepaalde korstmossen zijn echter waarschijnlijk wel aanwezig geweest op plaatsen waar deze planten nog voorkomen. Dit zou kunnen blijken uit de duidelijk kleinere afmetingen en geringere vitaliteit van deze planten vergeleken met vroeger (de Wit, 1978).

Omtrent chronische effecten aan cultuurgewassen in de praktijk is niets met zekerheid bekend, maar het is wel waarschijnlijk

dat SO₂ samen met andere componenten invloed op groei en produktie heeft gehad, zonder dat dit temidden van de effecten van allerlei andere factoren is opgevallen. Invloeden van deze andere factoren, zoals meteorologische parameters, bodem en bemesting, zullen waarschijnlijk groter geweest zijn.

In proefkasjes in het gebied westelijk van Rotterdam, die met al dan niet door actieve kool gefilterde lucht werden geventileerd, is intussen door ons wel aangetoond dat de ongefilterde lucht een opbrengstreductie van 20 tot 40% veroorzaakte bij enkele tuinbouwgewassen. Dit kan echter veroorzaakt zijn door een mengsel van luchtverontreinigingscomponenten, waaronder ook SO₂. Bovendien zullen ook de kasomstandigheden invloed hebben gehad op dit effect,

zodat voor de praktijk in de volle grond andere verschillen te verwachten zijn (waarschijnlijk kleinere).

Met de voor de toekomst te verwachten stijgingen van de SO_2 -concentraties voor ogen is het wel mogelijk te voorspellen dat bij ongewijzigd bestrijdingsbeleid de effecten van SO_2 op planten zullen toenemen. Chronische effecten op zeer gevoelige, wilde plantesoorten zullen dan kunnen voorkomen over het hele land, waar de jaargemiddelde concentratie van SO_2 kan oplopen tot 20-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit zelfde is mogelijk ten aanzien van minder gevoelige cultuurgebieden in bepaalde gebieden van Nederland (1% van totaal oppervlak), waar de jaargemiddelde concentratie van SO_2 waarden kan bereiken van 80-190 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Bovendien wordt de kans op acute effecten voor beide groepen van planten ook aanmerkelijk hoger.

Effecten van SO_2 en volgprodukten op ecosystemen

SO_2 zelf en ook volgprodukten zoals H_2SO_4 en sulfaten kunnen, ofwel via effecten op planten, ofwel via effecten op andere onderdelen van ecosystemen (zoals dieren, micro-organismen, water en bodem) ook duidelijke effecten op ecosysteemniveau veroorzaken. Deze effecten bestaan meestal uit numerieke verschuivingen tussen de aanwezige soorten van organismen, verstoringen van bepaalde subtiele evenwichten, vermindering van de diversiteit van het systeem door het verdwijnen van de meest kwetsbare soorten en daardoor afname van de stabiliteit van het gehele systeem.

De directe invloed van SO_2 op gevoelige plantesoorten in de zin van beïnvloeding van groei en reproductie is het duidelijkste, directe effect dat binnen ecosystemen verdere, indirecte effecten kan veroorzaken. Men kan hiervoor wijzen op het voorbeeld van de verdwijning van gevoelige korstmossen uit verschillende geïndustrialiseerde en geurbaniseerde gebieden in Nederland, zoals aangetoond door de Wit (1976). Aan de causaliteit van het verband tussen dit verdwijnen van korstmossen en de stijgende SO_2 -belasting is wel getwijfeld, maar uit het onderzoek is toch wel gebleken dat de samenhang met SO_2 zeer sterk was. Het is echter waarschijnlijk dat ook andere factoren, inclusief andere luchtverontreinigingscomponenten, hebben meegewerkt aan het verdwijnen van deze korstmossen.

Een voorbeeld van indirecte effecten van SO_2 houdende luchtverontreiniging op ecosystemen wordt waarschijnlijk gedemonstreerd door het verdwijnen van gevoelige soorten van eencellige kiezelwieren (diatomeën) uit het fytoplankton van vennen, waar de zure neerslag vanuit de lucht de enige toevoer van water is (van Dam, 1978). Het voorkomen van steeds meer zwavelzuur en salpeterzuur

in de steeds zuurder wordende neerslag zal vermoedelijk de oorzaak hiervan zijn. Voor grote delen van het oppervlaktewater in Nederland zal deze invloed geen rol spelen, vanwege de vele, reeds aanwezige, bufferende componenten. Bovendien komen de zeldzaamste plantesoorten daar al lang niet meer voor. Voor bepaalde, voedselarme gronden kan echter de depositie vanuit de lucht ook een verrijkende invloed hebben, waardoor de plantesoorten die aan deze minimale voedingstoestanden zijn aangepast, het gevaar lopen te worden verdrongen door andere, algemenere soorten.

Een ander indirect effect van SO_2 is de afname van de decompositiesnelheid van de strooisellaag in de vegetatie door remming van allerlei microbiologische afbraakprocessen. Daardoor krijgen bepaalde organismen binnen een ecosysteem meer en andere minder kansen. En ook de mineralisatie van organisch materiaal wordt hierdoor geremd.

Welke alle huidige invloeden van SO_2 en volgprodukten zijn op de verschillende ecosystemen in Nederland, is moeilijk precies te zeggen. Hierover is te weinig onderzoek verricht en daarom is het probleem ook vaak onderwerp van speculaties. Het is echter wel aannemelijk dat bij toenemende SO_2 -belasting deze invloeden groter zullen worden. De meest gevoelige organismen wat betreft de reacties op SO_2 zelf, beïnvloeding door zure regen en overbemesting met sulfaat, zullen het eerst verdwijnen en plaats maken voor meer resistente soorten. Verarming van het totale biologische milieu zal het gevolg zijn, maar dit zal vermoedelijk zeer geleidelijk gebeuren. Ook zullen door mutatie en selectie weer nieuwe, resistente rassen kunnen ontstaan.

Conclusies

Samenvattend kan gesteld worden dat SO_2 en de volgprodukten ervan duidelijke effecten op planten en ecosystemen kunnen veroorzaken. Deze effecten kunnen van verschillende aard zijn en in verschillende mate ingrijpen in de normale functionering van de organismen en de systemen, waartoe deze behoren. Zowel in de praktijk van de land-, tuin- en bosbouw, als ook in de meer natuurlijke ecosystemen kunnen ongunstige effecten worden verwacht van stijgende concentratieniveaus van SO_2 .

Om hiertegen maatregelen te treffen, zal men gegevens over de belasting-effectrelaties van SO_2 in relatie tot planten moeten gebruiken bij het afleiden van criteria voor het vaststellen van adviesnormen. Dan zullen waarschijnlijk de voor SO_2 geldende adviesnormen van de Gezondheidsraad die berusten op gegevens over effecten van SO_2 op de menselijke gezondheid, moeten worden verlaagd indien men ook de allergevoeligste plantesoorten wil beschermen. Dit is een keuze die

ook anders kan worden bepaald en die ook gedifferentieerd kan worden naar de aard van het betreffende gebied. Dit gebeurt in de voorstellen in het SO₂-beleidskaderplan van de nationale overheid (1979), maar dat betekent wel dat men de gevoeligste planten in de meest belaste gebieden niet beschermt.

Voor het ondersteunen van boven bedoeld beleid zijn echter nog veel gegevens nodig die alleen door middel van onderzoek kunnen worden verkregen. Uit epidemiologisch onderzoek verkrijgt men informatie over mogelijke correlaties, maar minder of niet over causaliteit. Daarvoor zal gedegen experimenteel onderzoek noodzakelijk zijn. Op het niveau van individuele planten kan dat ook in de aanwezige en binnenkort te verwachten faciliteiten in ons instituut gerealiseerd worden. Op ecosysteemniveau is dit veel minder eenvoudig en het is maar te hopen dat onderzoekvoorstellen over de invloed van luchtverontreiniging op vegetaties, zoals voorbereid in een speciale studie voor de Landelijk Stuurgroep Onderzoek Milieuhygiëne door Bovenkerk et al. (1979), ook eens een kans zullen krijgen om uitgevoerd te worden.

Literatuur

- Bovenkerk, M., L.J.M. van der Eerden, E.H.T. Kruit & H. Uppelschoten, 1979. De invloed van luchtverontreiniging op vegetaties. Vooronderzoek om te komen tot een onderzoekvoorstel voor het bepalen van de invloed van luchtverontreiniging op vegetaties in Nederland. Rapport van IPO, LH en RIN, Wageningen en Leersum.
- Dam, H. van, 1978. Hydrobiologische gevolgen van luchtverontreiniging. *Natuur en Milieu* 78 (7-8): 10-12.
- Eerden, L. van der, 1979. Evaluatie gewasbeschadiging door luchtverontreiniging in Zuid-Holland en Zeeland in oktober en november 1978. IPO-rapport R 208.
- Guderian, H., 1977. Air pollution. Phytotoxicity of acidic gases and its significance in air pollution control. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Haut, H. van, 1961. Die Analyse von Schwefeldioxidwirkungen auf Pflanzen im Laboratoriumversuch. *Staub* 21: 52-56.
- Keller, Th., H. Schwager & D. Yeemeiler, 1976. Der Nachweis winterlicher SO₂ Immissionen an jungen Fichten. *Eur. J. For. Pathol.* 6: 244-249.
- Leone, I.A. & E. Brennan, 1972. Modification of sulfur dioxide injury to tobacco and tomato by varying nitrogen and sulfur nutrition. *J. Air Pollut. Contr. Assoc.* 22: 544-547.
- Mansfield, T.A., 1976. Stomatal behaviour. Chemical control of stomatal movement. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. B* 273: 541-550.
- Schröder, J. von & C. Reuss, 1883. Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch und die Oberharzer Hüttenrauchschäden. P. Parey Verlag, Berlin.
- Spierings, F., 1960. Invloed van luchtverontreiniging op land- en tuinbouwgewassen in de nabijheid van enkele industrieën in Nederland. Mededeling No 217 van het IPO, Wageningen.
- Stöckhardt, J.A., 1850. Über die Einwirkung des Rauches von Silberhütten auf die benachbarte Vegetation. *Polyt. Centr. Bl.* 257.
- Stöckhardt, J.A., 1871. Untersuchungen über die schädlichen Einwirkungen des Hütten- und Steinkohlenrauches auf das Wachstum der Pflanzen, insbesondere der Fichte und Tanne. *Tharandt. Forstl. Jb.* 21: 218.
- Unsworth, M.H., P.V. Biscoe & H.R. Pinckney, 1972. Stomatal responses to sulphur dioxide. *Nature* 239: 458-459.
- Wislicenus, H., 1901. Vorträge gehalten auf der Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker. *Z. Angew. Chem.* 28: 689-712.
- Wit, A. de, 1976. Epiphytic lichens and air pollution in the Netherlands. *RIN Verhandelingen*, 8.
- Wit, A. de, 1978. Korstmossen en luchtverontreiniging in Nederland. *Natuur en Milieu* 78 (7-8): 3-9.
- Ziegler, I., 1975. The effect of SO₂ pollution on plant metabolism. *Residue Rev.* 56: 79-105.

ir. P.A.R. Post van der Burg en dr. P.J.W.M. Müskens

Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond, Schiedam

Inleiding

Toen ik enige tijd geleden een uitnodiging ontving om op dit SO₂-symposium een inleiding te verzorgen over het SO₂-beleid en de praktische uitvoering daarvan in het Rijnmondgebied, realiseerde ik mij dat het woord SO₂, of liever gezegd de inmiddels een begrip geworden uitdrukking SO₂, juist vanuit dit Rijnmondgebied zijn tocht door Nederland begon.

Zó onbekend was het woord SO₂ zo'n tien jaar geleden nog, dat een toehoorder tijdens een lezing over milieu bij het horen van deze uitdrukking verontwaardigd uitriep of één Esso-raffinaderij (de SO₁) nog niet genoeg was, en dat een tweede Esso-raffinaderij wellicht tot nog meer klachten vanuit de bevolking zou leiden.

Waarschuwingmeetnet

In de tweede helft van de zestiger jaren lanceerde dr. L.A. Clarenburg, staffunctionaris bij het openbaar lichaam Rijnmond, de idee om met behulp van de in de buitenlucht aanwezige SO₂ de cumulatie van luchtverontreinigende

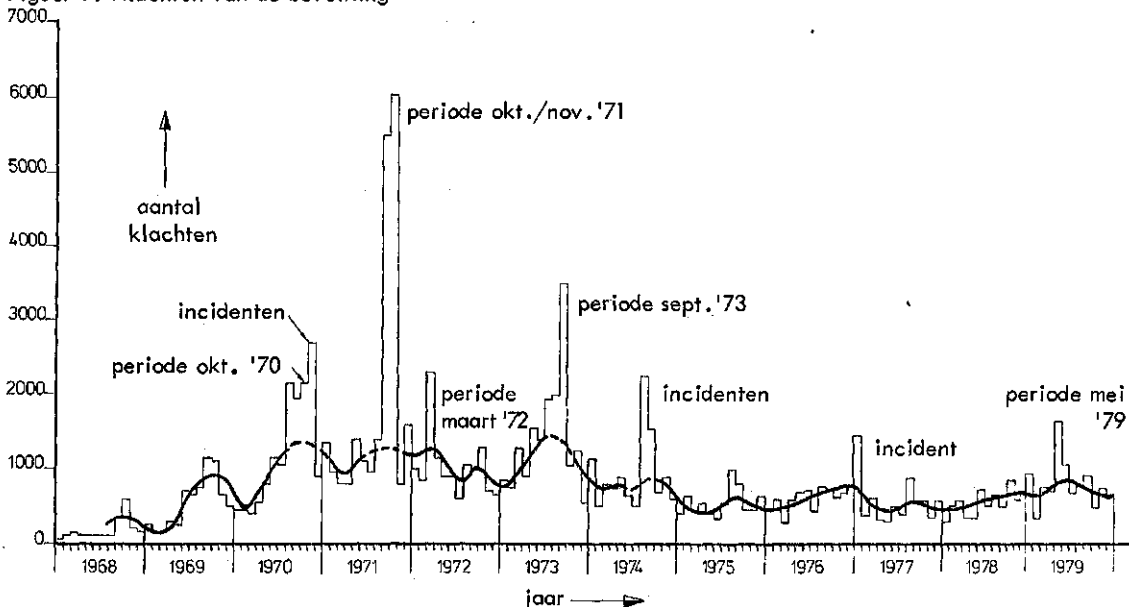
componenten te voorspellen.

Het lag in de bedoeling, indien deze gedachte zou slagen, dat vooral de industrie via maatregelen de uitworp van allerlei emissies zou beperken, om zodoende het optreden van hoge piekwaarden te helpen voorkomen, en daarmee de overlast voor de bevolking te verminderen.

Samen met Philips, die hier een unieke gelegenheid zag zijn SO₂-meetapparatuur in de praktijk te toetsen, en tevens ongekende reclamemogelijkheden, is toen het bekende Rijnmond-waarschuwingmeetnet van start gegaan. Dit waarschuwingmeetnet werd, samen met een klachten-telefoon, de Centrale Meld- en Regelkamer (CMRK) gedoopt.

Lange tijd is om het woord "regel" in deze naam vaak schamper gelachen. Er zou weliswaar gewaarschuwd worden, maar weinig of niets geregeld. Wel werden door een viertal controleurs zo goed en zo kwaad als dat kon, veroorzakers van overlast, en met name van stank, opgespoord, en -zij het na screening in een commissie waarin ook de Rijnmondindustrie zitting had- in een kwartaal-verslag publiekelijk bekend gemaakt. Het was dan

Figuur 1. Klachten van de bevolking



ook begrijpelijk dat de bedrijven in het Rijnmondgebied een optimaal functioneren van deze controleurs zoveel mogelijk belemmerden, gunstige uitzonderingen natuurlijk daargelaten.

Bundeling van krachten

Mede omdat maatregelen die door de industrie tijdens waarschuwingscodes van de CMRK genomen werden niet erg veel voorstelden, kwam het, bij extreem stabiele meteorologische omstandigheden, in 1970, 1971 en 1972 tot een aantal forse smogperiodes.

Dat deze smogperiodes ook duidelijke hinder voor de Rijnmondbevolking met zich meebrachten, toont het verloop van het aantal klachten, uitgezet in een grafiek als functie van de tijd (figuur 1).

Zeer duidelijk schiet de periode oktober/november 1971, met zo'n 12.000 klachten, erboven uit, maar ook de periode in de herfst van 1970 en die in het voorjaar van 1972 vertonen duidelijke pieken.

Deze smogperiodes waren voor de toenmalige staatssecretaris van Volksgezondheid, dr. Kruisinga, aanleiding om het Rijnmondgebied uit te roepen tot saneringsgebied, een jaar voordat, in september 1972, de Wet inzake de luchtverontreiniging van kracht werd.

Deze -voorbarige- afkondiging van de staatssecretaris, die ondanks het feit dat de Wet inzake de luchtverontreiniging nog niet van kracht was, kort daarop door het kabinet werd gedekt, heeft mede tot gevolg gehad dat besloten werd alle "milieukrachten" die in het Rijnmondgebied aanwezig waren, te bundelen in één organisatie, de Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond (D.C.M.R.).

Naast deze ambtelijke bundeling vond een politieke bundeling plaats in de vorm van een saneringscommissie onder voorzitterschap van de Commissaris van de Koningin in Zuid-Holland. Onder deze saneringscommissie ging onder meer een technische saneringscommissie aan het werk om een pakket van maatregelen samen te stellen ten einde op een zo efficiënt mogelijke wijze herhaling van smogperiodes te voorkomen.

Codesysteem

Al deze elkaar snel opvolgende ontwikkelingen op milieugebied hebben toentertijd zowel de industrie als de overheid zodanig verrast, dat van een doordacht milieubeleid nog geen sprake was. Het gevolg daarvan was, dat zoveel mogelijk die acties op milieutechnisch gebied werden ondernomen die als het ware voor de hand lagen, en dat die maatregelen genomen werden die met zo weinig mogelijk kosten het meeste effect zouden sorteren.

Het was dan ook een min of meer logische ontwikkeling dat met name de industrie in het Rijnmondgebied positief reageerde op de voorstellen van Rijnmond om via waarschuwingscodes tijdens stabiele weersomstandigheden piekemissies te voorkomen. Emissiebeperkende maatregelen tijdens die codes zouden de klachtengolven kunnen verminderen en daarmee de publieke, en dus politieke, druk tot het nemen van vaak veel duurdere structurele maatregelen kunnen laten afnemen.

Tussen de industrie in het Rijnmondgebied en de D.C.M.R. is toen een systeem opgezet waarbij tijdens de bekende Rijnmondcodes een welomschreven aantal maatregelen ter beperking van emissies genomen wordt. De rol die het SO₂-waarschuwingssysteem daarbij speelde, is geleidelijk aan verminderd; vooral de meteorologische parameters, in combinatie met een langdurige ervaring, zijn nu bepalend bij het uitgeven van codes.

De samenwerking die hierbij tussen industrie en overheid is opgebouwd, wordt door beide als zeer positief ervaren en kan als uniek in de wereld worden bestempeld.

In het laatste jaarverslag van de D.C.M.R. is nagegaan in hoeverre SO₂-immissies kunnen worden voorspeld aan de hand van enkel en alleen de laatst bekende gemeten SO₂-concentraties. Gebleken is dat een dergelijke voorspelling over meer dan vijf uur niet meer betrouwbaar is.

Vooral met het verminderen van de SO₂-uitwerp door het overschakelen op zwavelarme brandstof is een aantal uren gemoeid. De D.C.M.R. onderzoekt nu of en op welke wijze het codesysteem, dat in hoge mate berust op ervaring uit het verleden en waarbij, zoals gezegd, niet alleen immissiegegevens maar vooral ook de weersvoorspelling worden betrokken, in een of meer modellen kan worden beschreven. Op deze manier hopen we tot een nog beter waarschuwingssysteem te komen dan we nu al hebben om o.a. SO₂-emissies te beperken.

Ook in het SO₂-beleidskaderplan wordt hiervoor de aandacht gevraagd. Wellicht zal het beschikbaar hebben van gegevens uit het landelijk meetnet een iets betere voorspelling mogelijk maken, ook al moeten ten aanzien daarvan de verwachtingen niet te hoog gespannen zijn.

Wel is duidelijk dat een draaiboek slechts een administratieve handeling is als er niet een goed werkend systeem mee verbonden is, dat garandeert dat werkelijk tot snelle emissiebeperkende maatregelen wordt overgegaan.

SO₂-invloeden van buitenaf

Steeds meer is gebleken dat de zogenaamde smogperiodes zich niet beperken tot het Rijnmondgebied, maar zich voordoen over veel grotere oppervlakten.

Natuurlijk werd dit tien jaar geleden ook al onderkend, hetgeen blijkt uit het invoeren van een voorbelasting van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 in het bestand van het Rijnmondmeetnet voor die weersomstandigheden waarbij aanvoer van vuile lucht uit België of Duitsland verwacht kan worden.

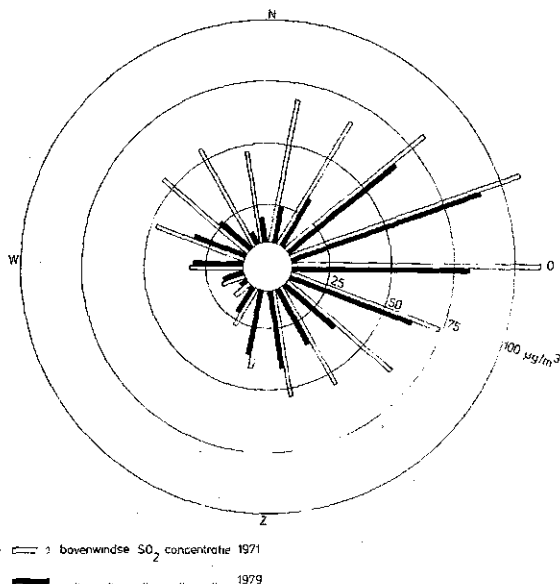
Een nog grotere SO_2 -importeur echter was het kassengebied ten noorden van het Rijnmondgebied. Door de invoering van aardgas is de import van SO_2 vanuit het kassengebied langzamerhand afgenomen van $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tot circa $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ op het moment.

Ook dit punt werd tien jaar geleden onderkend, maar men stond er toen tamelijk machteloos tegenover. Niet alleen viel het kassengebied buiten het saneringsgebied, maar ook was daar nog geen aardgasleidingnet voorhanden. Bovendien beschikte praktisch geen enkele tuinder over een hinderwetvergunning en toonde de plaatselijke overheid weinig animo om daaraan een einde te maken.

Een uitzondering vormde de overheid in het Rijnmondgebied, die op advies van de D.C.M.R. een laag zwavelgehalte in de stookolie aan de tuinders binnen het Rijnmondgebied heeft opgelegd.

Achteraf kan de invloed van het kassengebied zeer duidelijk gedemonstreerd worden door vergelijking van de windrichtingsverdeling van de bovenwindse concentraties (de aanvoer van buiten af dus) van de jaren 1971 en 1979. Het is duidelijk dat vooral bij windrichtingen tussen noord-west en noord de aanvoer in 1971 aanzienlijk groter was dan in 1979. De reductie is meer dan een factor 2 (figuur 2).

Figuur 2. Verloop bovenwindse SO_2 -concentraties als functie van de windrichting



Saneringscommissie

Het gebrek aan animo gold trouwens ook voor de (technische) saneringscommissie, die -door de omstandigheden gedwongen- aan de grootste bronnen van luchtverontreiniging, i.c. de vele grote schoorstenen met hun uitworp van SO_2 , NO_x en roet, voorbijging en geen dwingend pakket van maatregelen voorschreef om met name de uitworp van SO_2 te beperken door het bouwen van meer ontzwavelingsfabrieken of andere maatregelen om de SO_2 -emissies te verminderen. Men heeft zich toen feitelijk beperkt tot het terugbrengen van koolwaterstofemissies uit tanks, om hiermee de kans vooral op smog te verminderen.

Normstelling

De gemeenteraad van Rotterdam probeerde een duidelijke daad te stellen door mede in verband met de SO_2 -emissies, een immissienorm voor roet aan te nemen voor Hoek van Holland.

Hier werd voor het eerst een combinatie gemaakt van SO_2 en roet. Dit is van groot belang omdat juist roet en NO_x , wellicht meer nog dan SO_2 , tot de direct waarneembare luchtverontreiniging aanleiding geven. Wie heeft niet vaak de bruine lucht boven het Rijnmondgebied zien hangen die het gevolg is van het verstoken van vooral zware stookolie? Vooral daarom is het terugschakelen van gas op olie een punt van zorg, omdat dit zeker niet alleen met meer SO_2 -emissies gepaard zal gaan. Teveel ligt nog steeds het accent op SO_2 , zoals ook in het SO_2 -beleidskaderplan weer het geval is.

Een onderzoek over het jaar 1978 naar de relatie tussen klachten over luchtverontreiniging en immissies wijst in de richting, dat veeleer andere componenten dan SO_2 gerelateerd zijn aan het aantal klachten. Met name de variaties in de koolwaterstofconcentraties en, in wat mindere mate, de veranderingen in de NO_2 -concentraties blijken samen te gaan met het toe- of afnemen van het aantal klachten.

Een tot heden nog moeilijk grijpbaar gebleken bron van SO_2 en roet is de scheepvaart.

Naast piekemissies van roet, die veel directe overlast voor de bevolking veroorzaken, blijkt deze bron belangrijk bij te dragen tot de SO_2 -immissies, vooral doordat op geringe hoogte geëmitteerd wordt.

Aan deze problematiek wordt in het SO_2 -beleidskaderplan weinig aandacht besteed, laat staan dat mogelijke oplossingen worden aangegeven.

Het was dan ook een hele opgave toen zo'n zeven, acht jaar geleden de D.C.M.R. zijn werkzaamheden aanvatte en ten aanzien van SO_2 geen ander beleid

kreeg aangereikt dan de opdracht, dat een stringent vergunningenbeleid moest worden gevoerd.

Ten aanzien van SO_2 is dat vertaald met de uitwerking van het waarschuwingscodesysteem, en in de vergunningensfeer door in alle vergunningen voor te schrijven dat het zwavelgehalte in stookolie 1% S of minder moest bevatten.

Een uitzondering daarop vormen de vijf raffinaderijen in het Rijnmondgebied, waarvoor door het provinciaal bestuur een plafond voor SO_2 -emissies is of wordt opgelegd. Omdat hier een duidelijke daad is gesteld door de regionale overheid ten aanzien van SO_2 -emissies, waartegen althans één bedrijf in beroep is gegaan, wordt met spanning gewacht op een uitspraak van de Raad van State hierover.

Naast het Zwavelbesluit, waarin sinds september vorig jaar een zwavelgehalte van 2% voor zware stookolie is voorgeschreven, kan de overheid hiermee laten zien dat het ernst is met het beperken van de SO_2 -uitwerp.

Een complicatie doet zich voor bij die raffinaderijen waar een sterke procesmatige binding bestaat met de (petro)chemische installaties van het bedrijf.

Indien hier meer dan 1% S in de brandstof wordt toegestaan, betekent dit een belangrijk voordeel ten opzichte van chemische fabrieken die niet deel uitmaken van zo'n complex en die een 1% zwavelgehalte in hun vergunning opgelegd hebben gekregen. Hoe moeilijk dit ook is, toch wordt ge-

tracht hierin via vergunningvoorschriften een scheiding aan te brengen. Vele bedrijven hebben echter in het verleden een vergunning gekregen op basis van aardgas. Als straks eventueel op het stoken van olie moet worden overgegaan, ligt hier een interessante problematiek, die nog de nodige discussies zal uitlokken.

Dat onder andere deze problematiek om een oplossing (op niet al te lange termijn) vraagt mag blijken uit de tabel in figuur 3, waarin het aantal meetpunten per jaar is weergegeven waarop de norm van de Gezondheidsraad is overschreden.

Figuur 3.

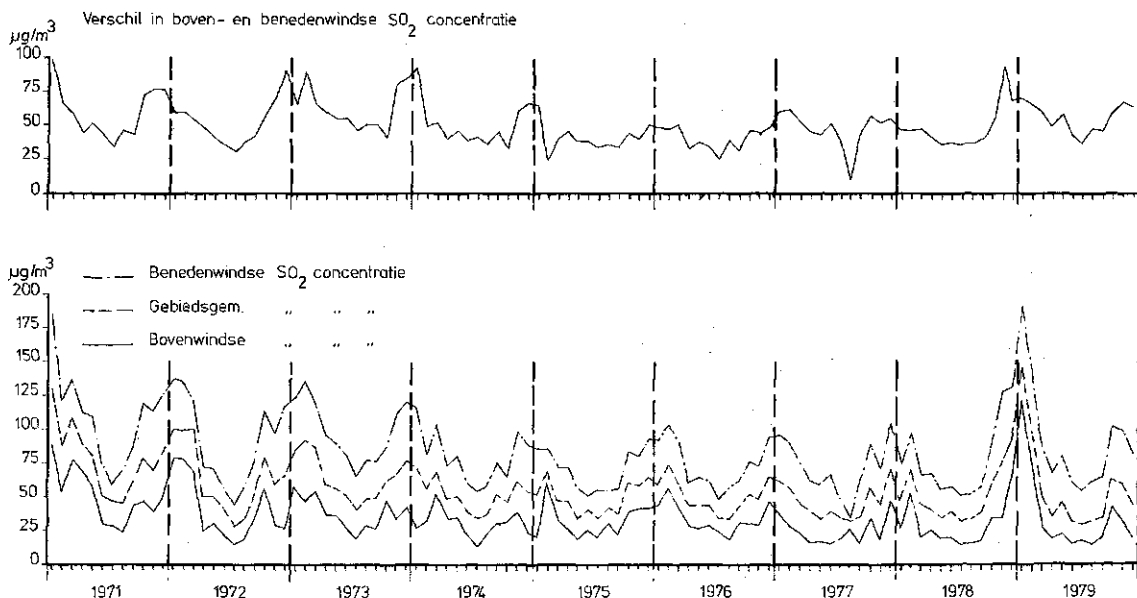
SO_2 -norm Gezondheidsraad op 24-uurswaarden :

50 percentiel	$75 \mu\text{g}/\text{m}^3$
95 percentiel	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Meetpunten met normoverschrijding

Jaar	Aantal meetpunten met normoverschrijding
1971	10
1972	4
1973	0
1974	0
1975	0
1976	0
1977	0
1978	1
1979	4

Figuur 4. Verloop SO_2 -concentraties over de periode 1971 - 1979



Figuur 3 laat zien dat het aantal overschrijdingen is afgenomen in de periode 1971 tot 1977. Vanaf 1978 is er weer sprake van een toename.

We kunnen dit nog duidelijker laten zien aan de hand van een grafiek, waarin het verloop van de bovenwindse, de benedenwindse en de gebiedsgebiedsmiddelste concentraties is weergegeven (figuur 4).

We zien hier dat de normoverschrijdingen in 1978 en 1979 hoofdzakelijk te wijten zijn aan de periode december 1978 tot februari 1979. Dit was een periode met vrij lage temperaturen, tijdens welke er tevens sprake is van een hoge invoer van buitenaf.

Daarnaast lijkt er echter ook sprake te zijn geweest van een toename van de eigen bijdrage sinds 1977, zodat toch geconcludeerd kan worden dat men in de toekomst voorbereid moet zijn op het voorkomen van nog meer normoverschrijdingen. Deze voorbereiding dient echter zowel regionaal als nationaal te gebeuren.

SO₂-beleidskaderplan

Na dit "te korte" overzicht van de SO₂-aanpak in het Rijnmondgebied, waarin maar een deel van alle aspecten die hiermee verband houden is genoemd, nog enige opmerkingen over het kort geleden gepubliceerde SO₂-beleidskaderplan.

Na het lezen van dit stuk was mijn reactie die van iemand die nu niet meer, zoals een jaar of vijf geleden, van vele details van deze materie op de hoogte was: wat brengt dit plan nu voor nieuws? In hoeverre "beheren" wij de SO₂-problematiek in de ware zin van het woord?

Werden wij in het verleden begunstigd door de aanwezigheid van voldoende aardgas, steeds werd opzij gegaan als weerstanden van economische, financiële of juridische aard te groot bleken te zijn. Dit is geen verwijt, wel een constatering die het ergste doet vrezen als straks het door de minister verdedigde emissieplafond van 500.000 ton SO₂/jaar steeds verder wordt overschreden. Wat doet men als dit plafond straks tot 700.000 of 800.000 ton SO₂/jaar is gestegen?

Weliswaar staat in het beleidskaderplan dat via een programma-adviescommissie driejaarlijkse programma's moeten worden opgesteld, vanaf 1980 nota bene, maar doet men ook dan daadwerkelijk iets of laat men zich, zoals tot nu toe voor een groot deel het geval is geweest, leiden door allerhande externe ontwikkelingen?

Het feit dat VNO en NCW hun voorkeur uitspreken voor een immissieaanpak met een verdelingsplan voor zwavelarme brandstoffen, en emitteren via hoge schoorstenen als een effectief middel kwalificeren, in plaats van een beperking via een

emissieplafond, doet het ergste vrezen. De praktijk leert namelijk dat het opleggen van concrete maatregelen vanuit een immissienorm veel moeilijker hard te maken is dan vanuit een emissienorm, dus vanuit een emissieplafond.

In het beleidskaderplan worden twee gebieden onderscheiden waar verschillende immissienormen zullen gelden, geïndustrialiseerde en dichtbevolkte gebieden enerzijds en natuurgebieden anderzijds. Hoe gaat men dit straks voor het Rijnmondgebied invullen, ik denk in het bijzonder aan het Voornse Duinengebied? Nee, het hanteren van immissienormen zal geen goed instrumentarium geven om althans voor het Rijnmondgebied concrete maatregelen door te voeren. Dit wordt in feite ook op pagina 91 van het milieukaderplan onderkend met de zin -ik citeer-: "Als aanvulling op het beleid ter beperking van de totale uitwerp is een beleid ter beheersing van de luchtkwaliteit noodzakelijk". Hierin stelt men dus dat het beleid primair gericht zal zijn op emissieplafonds, waarbij indien nodig een immissienorm een steun in de rug kan zijn.

In het plan worden geen concrete beleidsmaatregelen aangekondigd.

Het eerste bestrijdingsplan voor 1980 - 1982 zal mijns inziens uitsluitend moeten geven over dergelijke concrete maatregelen.

In het plan stelt men dat jaarlijks afgewogen wordt of het nodig is "specifieke bestrijdingstechnieken in gang te zetten". Men zal dus bij het vaststellen van de driejaarlijkse bestrijdingsplannen hierover een concrete voorstelling van zaken moeten hebben. Het is onduidelijk of het overleg hierover reeds is gestart en hoe dit eerste plan van de programma-adviescommissie wordt voorgelegd.

Ook onduidelijk is de verhouding van deze commissie met de Raad inzake de Luchtverontreiniging, welke invloed en bevoegdheden hij heeft ten aanzien van de vaststelling van het bestrijdingsplan, en hoe deze programma-adviescommissie wordt samengesteld.

Interessant is in hoeverre de inspraakgedachte, die als een rode draad door onze moderne milieuwetgeving loopt, vastgehouden zal worden.

Zullen de lagere overheden nog ruimte overhouden om verdergaande maatregelen te treffen of zullen zij aan de bestrijdingsplannen met handen en voeten gebonden zijn, om over inspraak van de bevolking nog maar te zwijgen?

Allemaal vragen waarop tijdens dit symposium wellicht meer duidelijkheid kan worden gegeven.

Ik wil besluiten met de opmerking dat, met begrip voor het feit dat het hier een kaderplan betreft, toch de indruk bij mij achterblijft, dat het ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne

gedwongen is zich sterk te onderwerpen aan het door het ministerie van Economische Zaken te voeren beleid ten aanzien van de economie en de energie.

Het is te hopen dat het gestelde op pagina 9 van het beleidskaderplan, namelijk "dat een integratie van de milieuhygiënische, energetische en sociaal-economische belangen zal plaatsvinden", zo zal worden vertaald, dat de milieuhygiënische verlangens op een minstens gelijkwaardige wijze zullen worden meegewogen.

D.K.J. Tommel en W.T. de Vries

Provinciale Waterstaat van Groningen

Ons is gevraagd uiteen te zetten hoe het gepresenteerde beleid in het zwaveldioxide beleidskaderplan, op grond van onze ervaringen al dan niet kan worden gerealiseerd en waar eventuele knelpunten liggen.

Bestuurlijke bevoegdheden. Gedeputeerde Staten van de provincie hebben de bevoegdheden krachtens de Wet inzake de luchtverontreiniging (WLV) om vergunning te verlenen aan bedrijven welke behoren tot met name genoemde categorieën van inrichtingen welke aanmerkelijke luchtverontreiniging kunnen veroorzaken. Bedrijven welke niet onder de WLV vallen, maar alleen onder de Hinderwet (HW) krijgen hun vergunning van burgemeester en wethouders van de gemeente van vestiging. Zowel provincies als gemeenten beïnvloeden door hun vergunningenbeleid de mate van luchtverontreiniging door bedrijven. Om de emissies van bijvoorbeeld zwaveldioxide te bestrijden kunnen aan zowel WLV- en HW-vergunningen voorschriften worden verbonden, welke het gebruik van schone brandstoffen voorschrijven, of andere emissiebeperkende maatregelen. Ook kan het gebruik van schoorstenen van een voldoende hoogte worden voorgeschreven, waardoor de immissieconcentratie laag wordt gehouden.

Het rijk voert een collectief beleid via het z.g. Zwavelbesluit (een van de uitvoeringsbesluiten van de WLV), waarin een maximaal zwavelgehalte is vastgelegd in brandstoffen zoals lichte en zware stookolie en steenkool. Hierbij moet wel worden bedacht dat gemeenten en provincies te allen tijde bevoegd zijn om lagere zwavelgehalten voor te schrijven. Dit is een punt dat nogal eens aan de aandacht ontsnapt!

Gezien deze globaal geschetste verdeling van bevoegdheden is het juist dat men spreekt van een beleidskaderplan, temeer daar het rijk tot op heden niet de bevoegdheid heeft om op voorhand aan gemeenten en provincies een bepaald beleid bij de uitvoering van HW en WLV voor te schrijven. Deze versnippering van bevoegdheden, hoe ook historisch en politiek verklaarbaar, maakt het beheersen van de luchtkwaliteit wezenlijk gecompliceerder dan b.v. het beheersen van de waterkwaliteit.

Beleidsinstrumenten van de provincie Groningen. De bekende nota milieunormen van de provincie Groningen, welke is vastgesteld in 1976 en herzien in 1978, bevat immissienormen voor waterverontreiniging, geluidshinder, luchtverontreiniging en risico's.

Bezien wij het beleid inzake de luchtverontreiniging, dan blijkt het beleid van de provincie Groningen overeen te komen met het milieubeleid van rijk en andere provincies: het zoveel mogelijk bestrijden van de verontreiniging bij de bron, met inzet van de best uitvoerbare technieken. De milieunormen, ondermeer vastgesteld voor circa 80 luchtverontreinigende verbindingen en groepen van verbindingen, dienen als toetssteen voor dit beleid. De normen voor luchtverontreiniging zijn zoveel mogelijk als jaargemiddelde vastgesteld, dit om te kunnen aansluiten op de beschikbare verspreidingsmodellen. In het kader van dit symposium zijn de volgende normen van belang (alle concentraties als jaargemiddelde in microgram per kubieke meter):

norm	verbinding
65	zwaveldioxide
5	zwavelzuur
15	roet
0,2	meerkernige aromatische koolwaterstoffen
65	de som van stikstofmonoxide en stikstofdioxide (berekend als stikstofdioxide)

Deze getallen onderstrepen de noodzaak om elk van de componenten van het totale pakket aan luchtverontreiniging dat ontstaat bij de verbranding van fossiele brandstoffen, te beschouwen bij het overwegen van de in aanmerking komende milieubescherpende maatregelen.

Bij het bepalen van de toekomstige mate van luchtverontreiniging spelen de z.g. verspreidingsberekeningen een belangrijke rol. Daarom is in de nota milieunormen vastgelegd hoe deze berekeningen zullen worden uitgevoerd, nl. met het z.g. "nationale model". Hierop is wel een uitzondering gemaakt voor de berekening van de pluïmstijging, welke in Groningen met de KSLA-formule gebeurt in plaats van met de formule van Briggs. Artikel 26 van de WLV geeft gedeputeerde staten de taak om bij de vergunningverlening rekening te houden met in de toekomst te verwachten ontwikkelingen op het gebied van de luchtverontreiniging. Uit dit wetsartikel kan worden geconcludeerd dat rekening moet worden gehouden met het cumulatieve karakter

van de luchtverontreiniging. Op grond hiervan werd het opstellen van een zwaveldioxide beleidsplan gezien als een noodzaak om de vergunningverlenende taak naar behoren uit te kunnen voeren.

Zwaveldioxide beleidsplan. Reeds in augustus 1977 verscheen het rapport inzake het zwaveldioxide-beleid in de regio Groningstad, in november 1978 verscheen de vervolgstudie welke de rest van de provincie behandelde.

De directe aanleiding voor deze studie was de ophanden zijnde overschakeling van het schone aardgas op zware stookolie door enkele grootverbruikers van aardgas. Vooral de Hunzencentrale (600 MW elektrisch vermogen) en de beide suikerfabrieken in de gemeente Groningen zijn grote brandstofverbruikers en zijn ongunstig gesitueerd t.o.v. de geconcentreerde woonbebouwing.

Om de te verwachten zwaveldioxideconcentraties op leefniveau te kunnen bepalen, moeten zowel de zwaveldioxide-emissies in het gebied als de zwaveldioxide-achtergrondconcentraties worden bepaald. De achtergrondconcentratie is afkomstig van vele verspreide kleine bronnen en van grotere bronnen op grote afstand. Aan de hand van de verwachte stijging van de landelijke zwaveldioxide-emissies, de huidige gemeten concentraties en rekening houdend met het beleid van gemeenten en provincies, komt men tot een achtergrondconcentratie welke na 1985 tot 40 microgram per kubieke meter kan oplopen in de maanden september-december.

Met het nationaal verspreidingsmodel zijn voor verschillende combinaties van op korte termijn mogelijke beleidsmaatregelen - zwavelgehalte van de olie; schoorsteenhoogte - de resulterende zwaveldioxideconcentraties berekend en de isoconcentratielijnen weergegeven op een topografische kaart van het gebied. Door deze overzichtelijke presentatie kan men zich snel een beeld vormen van de mate van luchtverontreiniging welke de diverse beleidsvarianten tot gevolg zullen hebben. Ook bleek onmiddellijk dat de provincie regelen moest optreden bij de vergunningverlening krachtens de WLV om te hoge zwaveldioxideconcentraties te voorkomen. De Hunzencentrale speelt in de regio Groningenstad een dominerende rol. Naar aanleiding van dit rapport zijn reeds twee maatregelen getroffen: de Suikerunie heeft een 100 m hoge schoorsteen gebouwd, terwijl de Hunzencentrale olie met niet meer dan 1% zwavel mag stoken. (De 5 schoorstenen van de centrale zijn 120 m hoog.)

Ondertussen werd begonnen met de zwaveldioxidestudie voor de gehele provincie. Ook hier is een schatting gemaakt van de te verwachten achtergrondconcentratie, welke tot 25-30 microgram per kubieke meter zal kunnen oplopen.

Voor de bepaling van het toekomstige emissiepatroon is niet alleen rekening gehouden

met het overschakelen op olie door bedrijven welke minstens 12 miljoen kubieke meter gas per jaar verbruiken, maar ook met de overschakeling op olie door bedrijven met een jaarverbruik van minstens 5 miljoen kubieke meter gas.

Voor de zwaveldioxideconcentraties blijkt het verleggen van deze grens van 12 naar 5 miljoen kubieke meter van betrekkelijk weinig invloed. In Oost-Groningen resulteert dit in een stijging van 5 microgram per kubieke meter; in de rest van de provincie is het verschil veel minder.

Natuurlijk vormt de situatie in de in Oost-Groningen sterk vertegenwoordigde bedrijfstakken (papier- en kartonindustrie) een onzeker element in het bepalen van de te verwachten emissies. Fusies en sluitingen kunnen het beeld sterk beïnvloeden. Ook het AVEBE-concern is bezig met een gigantische reorganisatie van het productie-apparaat. Een nuttige nevenconclusie uit deze studie is dat de schoorsteenhoogten zoals bepaald volgens het Handboek Hinderwet (nog steeds door veel milieudiensten geraadpleegd) in het algemeen te laag zijn voor deze groep van brandstofverbruikers.

De zwaveldioxidesituatie in Oost-Groningen is niet verontrustend, al zal de overgang van gas op zware stookolie beslag leggen op een groot deel van de hinderruimte, d.i. het verschil tussen de zwaveldioxidenorm en de achtergrondconcentratie. Rondom Delfzijl wordt het luchtverontreinigingsbeeld gedomineerd door Elektro Schmelzwerke Delfzijl, terwijl Aluminium Delfzijl ook een duidelijk merkbare bijdrage levert.

Zwavelzuur en roet. In een bijlage bij de vervolgstudie voor de gehele provincie wordt ingegaan op de luchtverontreiniging door de (zeer schadelijke) stoffen zwavelzuur en roet.

Na een uiteenzetting van de milieuhygiënische aspecten en de vorming van zwavelzuur in ketelinstallaties, wordt de omzetting van zwaveldioxide in zwavelzuur in de atmosfeer behandeld en de belangrijke rol welke roet daarbij speelt, belicht. Uit de in het rapport aangehaalde literatuur kan men zich een beeld vormen van de beschikbare mogelijkheden voor de bestrijding van zwavelzuur en roet, waarbij zelfs een besparing op het brandstofverbruik mogelijk is. In elk geval dient veel meer dan tot op heden gebruikelijk is, een beleid te worden gevoerd dat is gericht op het reguleren van alle vluchtige zwavelverbindingen en niet slechts van zwaveldioxide. Het spreekt vanzelf dat tegelijkertijd de overige vormen van luchtverontreiniging, zoals stikstof-oxiden, toxische sporenelementen en radioactiviteit, dienen te worden beschouwd. Gezamenlijke provinciale aanpak. Op grond van onze ervaringen in Groningen kunnen wij instemmen met wat de minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne schrijft op blz.

91-92 van zijn beleidskaderplan:

"Gezien de bestuurlijke taakverdeling komt de aanpak van regionale knelpunten in eerste aanleg tot de verantwoordelijkheid van de lagere overheden. De rijksoverheid zal in het algemeen het nationale kader moeten scheppen; aan nadruk op regionalisatie bij het rijksbeleid, bijvoorbeeld in de vorm van een saneringsbeschikking voor zwaveldioxide, lijkt mij gezien de actieve houding van de lagere overheden en hun mogelijkheden om op grond van hun wettelijke bevoegdheden een beleid te ontwikkelen, op dit ogenblik geen behoefte. In de praktijk blijken er voldoende mogelijkheden in het kader van de vergunningverlening op grond van de HW en WLW te zijn".

Dank zij een tamelijk geïsoleerde ligging van de provincie Groningen t.o.v. grote brongebieden van luchtverontreiniging in binnen- en buitenland en relatief geringe emissies op het eigen grondgebied, was het opstellen van een zwaveldioxide-beleidsplan voor Groningen een betrekkelijk eenvoudige zaak, evenals het aangeven van concrete maatregelen om de luchtverontreiniging zo laag mogelijk te houden. Voor enkele andere provincies zal het opstellen van een eigen zwaveldioxide-beleidsplan ingewikkelder zijn, doch de noodzaak van dergelijke beleidsplannen is evident. Bij een juiste aanpak zal ook rekening kunnen worden gehouden met de onderlinge beïnvloeding van de provincies en met emissies uit het buitenland (vooral in de grensgebieden).

Enkele provinciale ambtenaren hebben het initiatief genomen om een voor alle provincies bruikbaar beleid te formuleren, uitgaande van de doelstelling om niet meer dan 500.000 ton zwaveldioxide per jaar op Nederlands grondgebied te emitteren. De beleidsuitgangspunten zijn:

- 1° geen opvulling van normen (stand-still beginsel)
- 2° de beste uitvoerbare technieken toepassen; in sommige gevallen de beste bestaande technieken
- 3° aanhouden van de in het kaderplan genoemde grenswaarden voor de zwaveldioxide-immissieconcentraties voor stedelijke en landelijke gebieden
- 4° zoveel mogelijk voorkomen dat alarmfaseregelingen moeten worden gebruikt
- 5° alarmfase-regelingen opzetten, waar dit nodig kan zijn
- 6° verontreiniging van andere milieucompartimenten - water, bodem - zoveel mogelijk beperken.

Hiervoor zijn de volgende maatregelen nodig, welke ook - maar niet alleen - door de provincies kunnen worden bevorderd:

- a bij voorkeur niet-energie-intensieve industrie aantrekken
- b energie besparen: gebruik van restwarmte van elektrische centrales en afvalverbrandingsinstallaties; thermische isolatie van gebouwen, warmte/kracht koppeling en

"total-energy" systemen

- c selectieve inzet van aardgas en steenkool
- d steenkool op moderne wijze toepassen, zoals wervelbedverbranding en vergassing
- e ontzwavelen van steenkool en olie
- f rookgassen reinigen met processen welke bruikbare producten leveren: gips, zwavelzuur, zwavel
- g voldoende hoge schoorsteen toepassen
- h een heffing invoeren op zwaveldioxide emissies.

Uit deze opsomming blijkt duidelijk dat slechts door voortdurende samenwerking tussen rijk, provincies en gemeenten een sluitend beleid kan worden gevoerd.

Beziet men de bijdragen van de verschillende groepen van emittenten aan de totale zwaveldioxide-emissies en aan de immissieconcentraties, dan blijkt dat emissiebeperkende maatregelen - met het oog op het aanhouden van het 500.000 ton/jaar plafond - vooral bij de grote emittenten moeten worden getroffen: dus in de sectoren raffinage, chemie, elektrische centrales. Deze maatregelen moeten aan het individuele bedrijf worden aangepast.

De zogenaamde collectieve emissies - van huishoudens, overheid, kleine bedrijven - zullen vooral met collectieve maatregelen moeten worden bestreden, zoals gebruik van restwarmte voor verwarming van kassen en woningen, selectieve inzet van aardgas en verscherping van het Zwavelbesluit. Deze maatregelen zijn niet zozeer gericht op het aanhouden van het emissieplafond, doch vooral op het verminderen van de relatief grote bijdrage van deze collectieve emissies aan de immissieconcentraties.

Elke provincie kan op basis van deze uitgangspunten en beschikbare maatregelen, en uitgaande van de huidige en toekomstige zwaveldioxide-emissies, een eerste versie maken van het provinciale zwaveldioxide-beleidsplan. Vervolgens kunnen de provincies deze plannen in hun totaliteit en onderlinge samenhang bezien, waarbij ter sprake komt de evenwichtigheid van het beleid, het totaal van de zwaveldioxide-emissies en de effectiviteit van de milieubescherpende maatregelen in verhouding tot de kosten ervan.

Hierbij is het nodig dat één gemeenschappelijk rekensysteem voor de verspreiding van de luchtverontreiniging wordt gebruikt, waardoor ook worden berekend de bijdragen aan de immissieconcentraties vanuit naburige provincies en grensstreken in het buitenland.

Het is niet uitgesloten dat het beleid op onderdelen toegankelijk is voor een gestructureerde optimalisatie, met gebruikmaking van lineaire en niet-lineaire programmeringstechnieken. Deze planningstechnieken, welke in de praktijk vaak m.b.v. een computer worden uitgevoerd, zijn erop gericht om beperkte hulpmiddelen zodanig te verdelen over een aantal concurrerende activiteiten,

dat het best mogelijke resultaat wordt bereikt. Toepassingen hiervan op het gebied van de luchtverontreiniging zijn reeds in de literatuur beschreven. Een aantal randvoorwaarden kan worden geformuleerd, zoals een landelijk emissieplafond en grenswaarden voor immissieconcentraties. Rekening kan worden gehouden met de beperkingen in het beschikbaar zijn van aardgas voor de verschillende categorieën van gebruikers. Ook de kosten van de verschillende individuele en collectieve emissiebeperkende maatregelen zijn bekend, evenals de bijdragen van de emittenten aan de totale emissie en aan de immissieconcentraties. De niet-lineaireiteit van dit optimalisatieprobleem komt voort uit de mogelijke kwalitatieve verschuivingen in het emissiepatroon, zoals meer of minder emissies uit oppervlaktebronnen ten opzichte van emissies uit hoge schoorstenen.

Deze optimalisatie is alleen mogelijk wanneer de eisen vanuit het milieuhygiënisch beleid zodanig worden geformuleerd dat er speelruimte is in de verwezenlijking ervan. Deze eisen dienen zich te richten op de te bereiken resultaten, en niet zozeer op de wijze waarop deze resultaten moeten worden behaald. Er moet zoveel mogelijk speelruimte zijn voor een lonende optimalisatie. Ook dit aspect dient ter sprake te komen in het overleg over de provinciale zwaveldioxide-beleidsplannen.

Na dit overleg kunnen de provinciale beleidsplannen worden bijgesteld. Sterk ingrijpende wijzigingen kunnen een volgende overlegronde noodzakelijk maken, doch na een aantal iteraties kunnen de beleidsplannen in voldoende mate op elkaar zijn afgestemd.

Résumé. Samenvattend kunnen wij stellen, deels op grond van onze ervaringen, dat

- 1^o het mogelijk lijkt de beleidsuitgangspunten in het zwaveldioxide beleidskaderplan te realiseren;
- 2^o hiervoor onmisbaar is een nauwe samenwerking tussen rijk, provincies, gemeenten en andere overheids- en semi-overheidsinstellingen;
- 3^o wezenlijke elementen in het beleid zijn de op elkaar afgestemde provinciale zwaveldioxide beleidsplannen;
- 4^o eveneens van cruciaal belang is een optimalisatie van het beleid; wegens de grote sommen gelds welke zijn gemoeid met de bestrijdingsmaatregelen, is een goede afweging noodzakelijk van de kosten van deze maatregelen tegen de resultaten ervan.

F.W. v.d. Brugghen

A.J. Elshout

N.V. KEMA

1 Inleiding

Er bestaan in principe verschillende mogelijkheden om de uitwerp van zwaveldioxyde bij het gebruik van fossiele brandstoffen voor energie-opwekking te beperken. Daartoe kan op een aantal plaatsen in het systeem van energie-opwekking met fossiele brandstoffen worden ingegrepen. De volgende mogelijkheden zijn aan te geven:

- ontzwaveling van de brandstof
- ontzwaveling tijdens de verbranding
- ontzwaveling van de rookgassen

Vanzelfsprekend wordt het doel van emissievermindering ook bereikt door gebruik van reeds van nature zwavelarme brandstoffen of door toepassing van kernenergie.

Bovengenoemde indeling leidt voor de drie belangrijkste fossiele brandstoffen, aardgas, olie en kolen tot de volgende methoden ter beperking van de zwaveldioxyde-emissie:

- | | |
|-----------|--|
| aardgas | - verwijdering van eventueel aanwezige H_2S |
| aardolie | - verwijdering van zwavelverbindingen door hydrogenering |
| | - vergassing en produktie van een zwavelarm stookgas |
| | - wervelbed-verbranding |
| | - rookgasontzwaveling |
| steenkool | - verwijdering van pyrieten |
| | - ontsluiting van de kool en verwijdering van organische zwavelverbindingen (o.a. liquefactie) |
| | - vergassing en produktie van zwavelarm stookgas |
| | - wervelbed-verbranding |
| | - rookgasontzwaveling |

Van de genoemde methodieken zullen in het kort beschrijvingen worden gegeven, waarbij gezien de veelheid van bestaande processen niet naar volledigheid kan worden gestreefd.

Het toepassen van ontzwavelingsprocessen heeft onvermijdelijk de vorming van zwavelhoudende bijprodukten met mogelijke milieuhygiënische implicaties tot gevolg. Ook op de problematiek van dit aspect zal kort worden ingegaan.

Tenslotte zal in het kort een overzicht worden gegeven van de activiteiten die op dit gebied in Nederland gaande zijn.

2 Ontzwaveling van de brandstof voor het gebruik

2.1 Aardgas

Het gelukkige feit doet zich voor dat het belangrijkste Nederlandse aardgasvoorkomen praktisch geen H_2S bevat. Op veel plaatsen ter wereld wordt echter aardgas met een vaak zeer hoog H_2S -gehalte gewonnen. Er zijn een groot aantal processen ontwikkeld om H_2S uit aardgas te verwijderen (1). De geconcentreerde H_2S kan bijvoorbeeld met behulp van het Claus-proces in elementaire zwavel worden omgezet. Veel van deze processen zijn ook geschikt voor de verwijdering van H_2S uit het gas dat ontstaat na vergassing van kolen of olie.

2.2 Aardolie

2.2.1 Katalytische hydrogenering

Bij de katalytische hydrogenering wordt de te ontzwavelen olie samen met waterstof bij hoge temperatuur en druk over een katalysator geleid. De in de olie aanwezige zwavelverbindingen worden voor een belangrijk deel omgezet in H_2S . Deze H_2S kan worden afgescheiden en vervolgens in elementaire zwavel worden omgezet. Katalytische hydrogenerende ontzwaveling is voor verwerking van lichte en middel-destillaten een standaardproces binnen het raffinaderijbedrijf. Dit heeft ondermeer bedrijfstechnische achtergronden, namelijk het produceren van zwavelarme grondstoffen voor verdere verwerking in de raffinaderij.

Door het actueel worden van de luchtverontreinigingsproblematiek is er tevens belangstelling ontstaan voor de ontzwaveling van zware residuale oliën. Voor de ontzwaveling van deze zware aardolieprodukten kunnen twee werkwijzen worden onderscheiden namelijk de zogenaamde directe en indirecte werkwijze.

Bij de directe werkwijze wordt alle te ontzwavelen olie samen met waterstof over de katalysator geleid.

Bij deze directe ontzwaveling van zware oliën doen zich een aantal problemen voor:

- in de olie aanwezige zware metalen als V en Ni hechten zich aan het oppervlak van de katalysator en veroorzaken desactivering.
- in de olie aanwezige asfaltenen veroorzaken door kooksvorming een blokkering van de actieve plaatsen op het katalysator-

oppervlak.

- de zwavelverbindingen, met name die in de asfaltenen zijn zeer gecompliceerd en vragen een actieve katalysator en "zware" procescondities.

Bovenstaande betekent dat de katalysator regelmatig dient te worden vervangen (bijvoorbeeld ieder half jaar) en dat bij hoge temperatuur en druk dient te worden gewerkt (bijvoorbeeld 450°C en 10 MPa). Dit resulteert in kostbare, zware apparatuur en een relatief groot waterstofverbruik, hetgeen te vertalen is naar een groot eigen energieverbruik van de ontzwavelingsinstallatie. De ontwikkeling moet dan ook worden gericht op verbetering van de eigenschappen van de katalysator (groter opnamevermogen voor zware metalen, geringe neiging voor de absorptie van asfaltenen) om en een langere standtijd en mildere procescondities te kunnen realiseren. Een overzicht van deze ontwikkelingen wordt gegeven door Ohtsuka (2). Er zijn voor de directe ontzwaveling verschillende processchema's voorgesteld, waarbij de reactie niet in één keer in één reactor, maar in stappen in verschillende in serie geschakelde reactoren wordt uitgevoerd. In de opeenvolgende processtappen kunnen verschillende katalysatoren worden gebruikt. Het is ook mogelijk een ontmetalliseringsstap voor te schakelen (3), om daarmee de katalysator te beschermen voor desactivering door zware metalen. De mate van ontzwaveling, die kan worden bereikt, is voornamelijk afhankelijk van de procescondities, maar 70-80% is goed haalbaar. Bij verdergaande ontzwaveling neemt in het bijzonder het waterstofverbruik en daarmee het energieverbruik sterk toe. Bij het indirecte proces wordt de olie eerst aan vacuum-destillatie onderworpen. De vacuum-gasolie en het vacuum-residu kunnen vervolgens weer met elkaar worden gemengd.

Bij deze indirecte ontzwaveling zijn de procestechnische problemen minder groot. De vacuum-gasolie laat zich door het lage metaal- en asfalteen-gehalte gemakkelijk ontzwavelen. Een nadeel van de indirecte methoden is echter zonder meer dat het te bereiken ontzwavelingspercentage beperkt is; alle in het vacuumresidu aanwezige zwavel wordt teruggevonden in het uiteindelijke produkt.

Ontzwaveling van residuale olie is over de wereld minder verspreid dan ontzwaveling van lichte olie. Voorloper op het gebied van de ontzwaveling van residuale olie is Japan.

Tabel 1 geeft een overzicht van de ontwikkeling van de in dat land geïnstalleerde capaciteit.

Uit de tabel blijkt dat de huidige Japanse capaciteit ca 20.10⁶t/a en 45.10⁶t/a voor respectievelijk atmosferisch residu en vacuum gasolie is. Het is de vraag of ontzwaveling van residuale oliën voor West-Europa

Tabel 1 Capaciteit van ontzwavelingsinstallaties voor residuale oliën in Japan (BPSD Barrel per stream Day) (4)

jaar	Atmosferisch residu	Vacuum-gasolie
1967	4.000	-----
1970	112.760	256.000
1972	190.760	529.000
1975	289.000	910.500
1976	394.000	956.500
1977	424.000	956.500

in de toekomst een belangrijke rol zal kunnen gaan spelen bij het oplossen van de zwavelproblematiek. Het verwerken van olie door de oliemaatschappijen zal gericht zijn op het verkrijgen van een grotere opbrengst aan "witte" produkten (white barrel policy). Het aanbod van residuale oliën zal daardoor minder worden. Bovendien zal de kwaliteit van de aangeboden residuale oliën waarschijnlijk relatief slecht zijn (hoog zwavel-, stikstof en asgehalte), waardoor de ontzwaveling procestechnisch problematisch kan worden.

Het is wel, zo dat de toenemende hoeveelheid lichte produkten wel praktisch zwavelvrij kan worden geleverd. De totale zwaveluitvoer als gevolg van het gebruik van olie zal daardoor waarschijnlijk afnemen, ook indien geen ontzwaveling van residuale olie wordt toegepast.

2.2.2 Vergassing van olie, gevolgd door reiniging van het verkregen gas

Door partiële verbranding met zuurstof of lucht bij een temperatuur van 1200-1500°C kan olie worden omgezet in een stookgas met als brandbare componenten CO en H₂. De in de olie aanwezige zwavelverbindingen worden bij deze reactie omgezet in H₂S (ca 95%) en COS (ca 5%). Deze beide verbindingen kunnen worden uitgewassen waarna een praktisch zwavel- en stofvrij gas ontstaat. Aan de te vergassen olie worden voor wat betreft de samenstelling, dus zwavel- en zwaar-metaalgehalte, nauwelijks eisen gesteld. De twee bekendste processen, het Shell Gasification Process en het Texaco Partial Oxidation Process werken bij verhoogde druk (5). Met deze beide processen is vooral voor de produktie van synthese-gassen voor de kunstmestindustrie reeds veel ervaring opgedaan. Bij de partiële oxydatie met lucht ontstaat een gas met hoog stikstofgehalte (ca 60%) en derhalve een lage calorische waarde (bijvoorbeeld 4600 kJ/kg).

Interessant is in dit geval de mogelijkheid een vergassingseenheid en een elektrische centrale (STEG) volledig te integreren (6), waarbij de bij de vergassing ontstane warmte in de elektrische centrale kan worden gebruikt.

Shell, KEMA en het GEB-Rotterdam hebben een studie naar deze mogelijkheid verricht. De onzekerheid over de beschikbaarheid van zware residuale olie tegen een aantrekkelijke prijs is één van de redenen voor het niet doorzetten van dit project.

2.3 Kolen

De zwavel kan in kolen in 3 vormen aanwezig zijn:

- Organische zwavel: de zwavel is homogeen verdeeld over de koolstofmatrix. Verwijdering kan alleen plaatsvinden door aantasting van de koolstofmatrix door een chemische behandeling.
- Sulfaat : een klein gedeelte is aanwezig als ijzer- of calciumsulfaat, maximaal ca 0,1%. Deze geringe hoeveelheid is niet van belang.
- Pyriet : pyriet is op vele manieren gedispergeerd in de kool. Een gedeelte is aanwezig in kleine stukjes (10-100 µm) en homogeen verdeeld over de kool, terwijl ook stukken met een grootte van 5-30 cm voorkomen. Deze pyritische zwavel kan met behulp van fysische wastechnieken verwijderd worden.

2.3.1 Directe ontzwaveling van kolen

De directe ontzwaveling van kolen is er op gericht door toepassing van voornamelijk fysische scheidingstechnieken de pyritische zwavel te verwijderen. In het algemeen berusten deze scheidingstechnieken op het verschil in dichtheid tussen de kool en de pyriet. Voorbeelden zijn ondermeer concentratietafels en hydrocyclonen. Een andere mogelijkheid is flotatie, waarbij vooral een verschil in "bevochtigings"-eigenschappen een rol speelt (8). Dergelijke processen waren reeds eerder ontwikkeld en grootschalig toegepast voor de scheiding van as en kool. De scheiding van pyriet en kool vraagt meer inspanning, omdat de kool in de regel fijner moet worden gemalen om de pyriet toegankelijk te maken voor verwijdering. Een probleem bij deze directe ontzwaveling is de opslag van het pyriethoudende produkt. Door zelfontbranding kan een bron van SO₂ ontstaan en het grondwater kan met sulfaat worden verontreinigd (9). De belangrijkste energieverliezen die optreden zijn de onvermijdelijke afvoer van kool met pyriet en de maaarbeit. De mate van ontzwaveling die kan worden bereikt is uiteraard sterk afhankelijk van het pyriet-

gehalte en van de vorm waarin de pyriet aanwezig is. Directe ontzwaveling en dan speciaal de verwijdering van pyriet kan ook langs chemische weg plaatsvinden. Een voorbeeld hiervan is het zogenaamde Meyers-proces (10) waarbij pyritische zwavel door oxydatie wordt omgezet in oplosbaar sulfaat.

Het ligt overigens voor de hand de pyriet-verwijdering zoveel mogelijk te combineren met de asverwijdering en deze uit te voeren bij de mijn.

2.3.2 Kolenvergassing

Kolenvergassing kan op velerlei wijzen worden uitgevoerd waarbij gedacht kan worden aan pyrolyse, hydrogenering en partiële verbranding. In het bijzonder deze laatste mogelijkheid staat sterk in de belangstelling. Deze wijze van steenkoolvergassing kan op verschillende manieren worden uitgevoerd:

- vast-bed (tegenstroom-principe)
- wervel-bed (dwarsstroom-principe)
- entrained-bed (gelijkstroom-principe)

In tabel 2 zijn van een aantal processen gegevens samengevat.

De kwaliteit van het verkregen produktgas kan sterk verschillen en is ondermeer afhankelijk van het gekozen vergassingsmiddel, het processtype en de procescondities.

Tabel 2: Overzicht van een aantal kolenvergassingsprocessen

type		Status	Kolentoevoer	druk bar	Uitlaat temperatuur vergasser °C
VAST BED	Lurgi (O ₂)	Commercieel 200 MW gas	Geclassificeerd 6-40 mm niet bakkend	30	500 - 700
	Lurgi (lucht)	Demonstratie installatie 90 MW gas	Geclassificeerd 6-40 mm niet bakkend	23	500 - 700
WERVEL BED	Winkler (O ₂)	Commercieel max. 250 MW gas	Gebroken laag stofgehalte	1	850 -1100
	Rygas (O ₂)	Pilot plant 25 MW gas	Gemalen en opgemengd met olie tot slurry	70 - 80	650 - 950
	Westinghouse (lucht)	Pilot plant 4 MW gas	Gebroken 4 mm	10 - 20	1000 -1100
	U-gas	Pilot plant	Gebroken < 6,5 mm	25	1050
ENTRAINED BED	Koppers Totzek (O ₂)	Commercieel 175 MW gas	Gemalen tot poederkool	1	1500 -1900
	Shell-Koppers (O ₂)	O ₂ -Pilot Plant 40 MW gas Lucht: laboratorium schaal	Gemalen tot poederkool	30 - 40	1500 -1900
	Saarberg Otto (O ₂)	Pilot plant 50 MW gas zuurstof en lucht	Gemalen	25	1500 -1900
	Texaco (O ₂)	Pilot plant 40 MW gas zuurstof	Poederkool met water tot slurry	tot 40	1500

Vergassing met zuurstof geeft een midden-calorisch gas (10 - 15 MJ/m³) met als belangrijke brandbare componenten CO, H₂ en CH₄. Dit midden-calorisch gas kan eventueel door methanisering worden omgezet in praktisch zuiver methaan met een calorische waarde van van ca 40 MJ/m³. Bij vergassing met lucht ontstaat een laagcalorisch gas (5 - 7 MJ/m³) met een stikstofgehalte van 50 a 60%.

De in de kolen aanwezige zwavel wordt bij de vergassing voor een belangrijk deel omgezet in H₂S dat met behulp van bekende technologieën kan worden uitgewassen. De zwavelbinding die bereikt kan worden is afhankelijk van de efficiëntie van het uitwasproces en van de verdere verwerking van de H₂S tot zwavel of zwavelzuur.

Kolenvergassing is tot op heden voornamelijk toegepast voor de produktie van een synthegas-mengsel voor de chemische industrie. Dit verklaart de relatief geringe kennis over vergassing met lucht.

In de toekomst zal kolenvergassing ook bij de openbare gas- en elektriciteitsvoorziening een rol kunnen gaan spelen. Voor de gasvoorziening kan primair worden gedacht aan het bijmengen van "kolengas" bij hoogcalorisch aardgas.

Voor elektriciteitsproduktie is het aantrekkelijk de kolenvergassingsinstallatie en de centrale (STEG) volledig te integreren. De bij de vergassing geproduceerde warmte kan bij de elektriciteitsproduktie worden benut.

Dit laatste aspect is een algemeen probleem bij toepassing van kolenvergassing. Het is onvermijdelijk dat bij kolenvergassing een hoeveelheid warmte vrijkomt. Deze zal in veel gevallen buiten de vergassingsinstallatie ingezet moeten worden om kolenvergassing energetisch aanvaardbaar te doen zijn.

In tabel 3 zijn van de drie belangrijkste industriële kolenvergassingsprocessen, de rendementcijfers samengevat (11).

Tabel 3 Rendement van 3 industriële kolenvergassingsprocessen

	koolomzetting vergassings-* rendement	
Lurgi	99%	75-85
Winkler	90%	75
Koppers Tot zek	90-96%	70-75

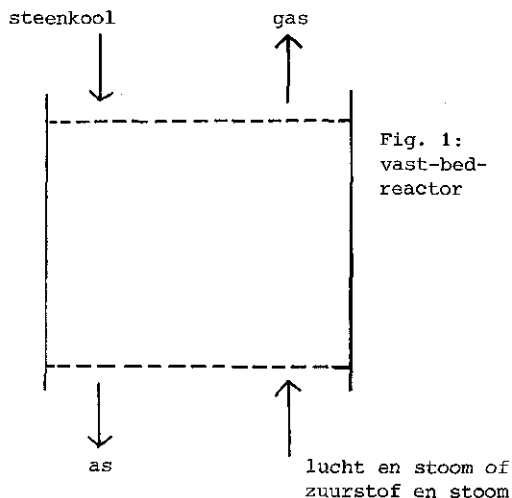
*Vergassingsrendement=

$$\frac{\text{chemisch gebonden energie in gas}}{\text{chemisch gebonden energie in kolen}}$$

De verschillende procestypen zullen in het kort worden beschreven.

2.3.2.1 Vast-bed-proces

Bij kolenvergassing in een vast-bed (fig. 1)



wordt de steenkool boven in de reactor gevoerd en de vergassingsmiddelen (zuurstof en stoom of lucht en stoom) onder in de reactor. Het hete ruwe produktgas verlaat de reactor aan de bovenkant, terwijl de as aan de onderzijde van de reactor afgevoerd wordt. De meest verbreide representant van vergassing in een vast-bed is het Lurgi-proces dat op uitgebreide schaal commerciële toepassing gevonden heeft, ondermeer in het Sasolcomplex in Zuid-Afrika.

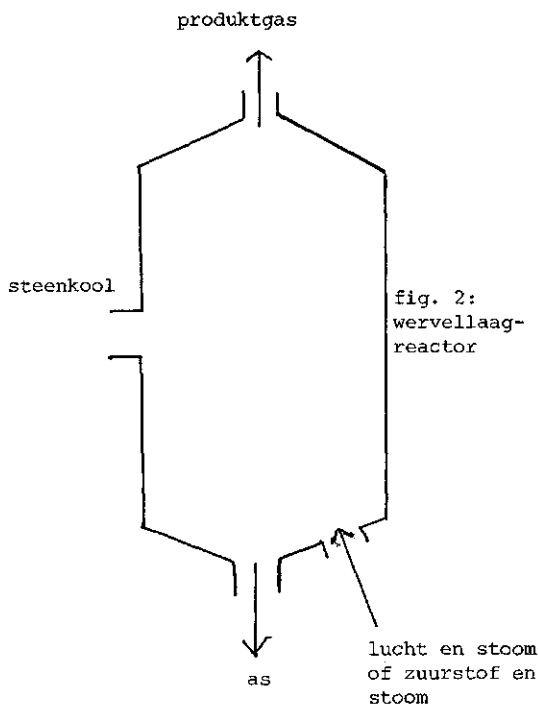
Het vast-bed-vergassingsproces kan uitgevoerd worden met zuurstof of met lucht als vergassingsmiddel. De vergassing met zuurstof heeft tot nu toe de meeste toepassing gevonden.

Voordelen van het vast-bed-proces zijn onder meer: het werken onder druk, hetgeen de compactheid van de installatie bevordert, de praktisch volledige omzetting van de kolen, een relatief laag zuurstofverbruik en weinig meegesleurde vaste deeltjes in het gas. Nadelen van het proces zijn de gevoeligheid voor het kolentype (geen bakkende kool, hoogstens zwak bakkende kool), de noodzakelijke deeltjes-grootte van de voeding (alleen deeltjes tussen 3 en 50 mm kunnen vergast worden), de vorming van bijprodukten (teer, fenolen, ammoniak) en een relatief grote hoeveelheid te zuiveren proceswater. De verdere ontwikkeling is gericht op reactoren met een aftap van vloeibare slak en vermindering van de gevoeligheid voor het kolentype.

2.3.2.2 Wervel-bed

De kooldeeltjes worden dwars op de wervellaag in de reactor gebracht terwijl zuurstof of lucht en stoom onder in de reactor worden gevoerd. Het ruwe produktgas verlaat aan de bovenzijde de reactor terwijl de as beneden uit de reactor afgevoerd wordt.

Een commerciële representant van het vergassen in een wervellaag is het Winkler-proces.



Dit proces is eenvoudig en kan in grote eenheden worden toegepast. Het Winkler-proces werkt bij atmosferische druk met in de wervellaag een temperatuur van 800-1000°C. Nadelen van het Winkler-vergassingsproces zijn onder meer: het werken bij atmosferische druk met als gevolg daarvan volumineuze apparatuur, de onvolledige omzetting van de kolen en het feit dat reactieve kolen worden vereist. De ontwikkelingen op het gebied van vergassen in een wervel-bed zijn gericht op het werken bij hoge druk (40-80 bar) met meerdere bedden in serie. Voorbeelden van deze ontwikkeling, die in het bijzonder gericht is op de produktie van SNG, zijn het Hy-gas, Bi-gas, en Synthaneproces.

2.3.2.3 Entrained-bed-proces (poederkoolver-gassing)

Het entrained-bed-proces (fig. 3) is een vergassingstechniek waarbij zeer fijne kooldeeltjes met zuurstof of lucht in een betrekkelijk kleine reactorruimte worden vergast. Er kan ook stoom worden toegevoegd. De kooldeeltjes worden in zeer korte tijd (binnen enkele seconden) vergast. De temperatuur in de reactor ligt gemiddeld rond 1500°C. De as uit de steenkool is bij deze temperatuur vloeibaar en kan als zodanig worden afgetapt. Het Koppers Totzek-proces is de belangrijkste commerciële representant van het entrained-bed-proces-type. Dit proces werkt bij atmosferische druk en heeft als voordelen: praktisch ongevoelig voor de kolensoort, bijna geen

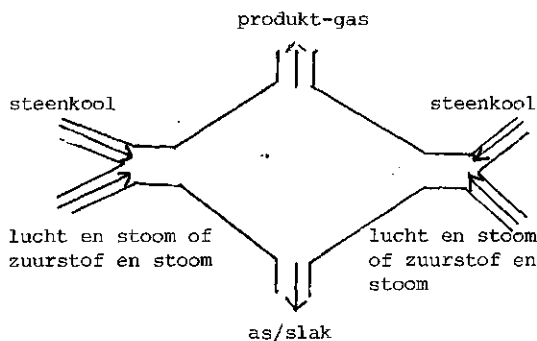


Fig. 3: Entrained-bed-reactor

ongewenste bijprodukten (zoals teer, fenolen en dergelijke), een relatief geringe produktie van te reinigen proceswater en geagglomereerde as (slak). Nadelen zijn het relatief hoge zuurstofverbruik, de versterkte vorming van HCN en de kritische regelbaarheid die het gevolg is van de zeer kleine kolenhoeveelheid in de reactor. De huidige ontwikkeling van het entrained-bed-proces is gericht op het werken onder druk en de mogelijkheid van vergassing met lucht. Representanten van deze nieuwe ontwikkeling zijn het Shell-Koppers-proces, het Texaco-proces en het Saarberg-Otto-proces.

2.3.3 Vloeibaar maken van kolen

De techniek voor het fabriceren van vloeibare brandstoffen uit kolen is reeds voor het begin van de Tweede Wereldoorlog in Duitsland tot ontwikkeling gebracht. Er stonden twee processen centraal namelijk het Bergius-proces en het Fischer-Tropsch-proces. Het Bergius-proces is een katalytische hydrogenering van in vloeibare koolwaterstoffen gesuspenderde kolen. Het proces vindt plaats bij 400-450°C en 100 bar of meer. Er zijn naast het oorspronkelijk gebruikte ijzeroxyde nog verschillende andere katalysatoren ontwikkeld onder meer op basis van tinverbindingen en cobalt-molybdeen. Als suspenderingsmiddel wordt over het algemeen een deel van het vloeibare produkt teruggevoerd. Bij de hydrogenering gaat een groot deel van de kolen in "oplossing". De zwavelverbindingen worden gedeeltelijk omgezet in H₂S. Een van de grote procestechnische problemen is de scheiding tussen "kolenoplossing" en de onopgeloste rest, het minerale residu. Er zijn filtratie- en sedimentatietechnieken in ontwikkeling. De mate waarin de hydrogenering wordt voortgezet is afhankelijk van het gewenste produkt. Indien, zoals bijvoorbeeld momenteel in de USA, de ontwikkeling is gericht op een as- en zwavelarme brandstof voor ketels (zogenaamde Solvent Refined Coal) dan kan met oplossen worden volstaan.

Als lichtere koolwaterstoffracties verlangd worden, is een verdere verwerking met aangepaste, uit de petroleumindustrie bekende, technieken nodig.

Het Fischer-Tropsch-proces is gebaseerd op een katalytische reactie tussen CO en H₂ waarbij koolwaterstoffen worden gevormd. Hier is dus eerst een vergassing van de kolen nodig

3 Ontzwaveling tijdens de verbranding (wervellaagverbranding)

Kolen of olie kunnen in een wervellaag van inert materiaal bij een relatief lage temperatuur van 850-900°C worden verbrand. Door toevoeging van kalksteen of andere geëigende materialen aan het fluid-bed kan de tijdens de verbranding gevormde SO₂ worden gebonden. De ontwikkeling van de fluid-bed verbrandingstechnologie was oorspronkelijk gericht op een compacter ketelbouw, waarbij men gebruik hoopte te maken van de zeer goede warmte-overdracht in een fluid-bed. Momenteel is de mogelijkheid om SO₂ te binden verreweg het belangrijkste. De verbranding kan zowel atmosferisch (AFBC) als onder druk (PFBC) plaats vinden. De ontzwaveling die bereikt kan worden is afhankelijk van de toegevoegde hoeveelheid absorptiemiddel. Voor het bereiken van bijvoorbeeld 90% ontzwaveling zal zeker veel meer dan de stoichiometrische hoeveelheid kalksteen toegevoegd moeten worden. Dit heeft een duidelijk nadelige invloed op de hoeveelheid zwavelhoudend bijproduct die geproduceerd wordt. Regeneratie van het gewonnen CaSO₄ lijkt praktisch uitgesloten en gebruik van andere absorptiemiddelen als BaTiO₃ stuitt op het bezwaar van te hoge kosten.

De hoeveelheid zwavelhoudend afval bij een ontzwaveling van 90% bij verbranding van kolen met 2% S bedraagt ca 280 kg per ton kolen. Het verbrandingsrendement dat met een wervellaagketel bereikt kan worden is afhankelijk van de toegepaste gassnelheid en de constructie tussen 85 en 96%. Dit kan eventueel worden verbeterd door terugvoer van afgevangen vliegas.

Een bijkomend voordeel van wervellaagverbranding lijkt de mogelijkheid tot beperking van de NO_x-uitwerp te zijn. De in de praktijk gemeten NO_x-concentraties zijn echter tot heden hoger dan op grond van de lage verbrandingstemperatuur van 900°C in eerste instantie werd verwacht. Hiervoor zijn twee oorzaken aan te wijzen:

- de temperatuur aan het brandende oppervlak van de kooldeeltjes die in de orde van grootte van 1100°C is, is aanzienlijk hoger dan de bulktemperatuur van de wervellaag;
- het blijkt dat voornamelijk de stikstof die gebonden in de brandstof aanwezig

is, wordt geoxydeerd.

Opgemerkt wordt dat bij de conventionele stooktechniek ook een verdere reductie van de NO_x-vorming mogelijk is door aanpassing van de branderconstructie. Ook hier wordt de ondergrens door de in de brandstof aanwezige stikstof bepaald. Vooralsnog lijkt de atmosferische wervellaagketel het meest geschikt voor industriële toepassingen of stadsverwarming; dus voor vermogens van beperkte omvang. Voor grotere eenheden, in het bijzonder voor elektriciteitsproductie zullen grote wervelbedden of serieschakelingen moeten worden toegepast en het probleem van de oververhitting moeten worden opgelost. PFBC lijkt potentieel meer mogelijkheden te bieden voor elektriciteitsproductie. Het tot heden maximaal gerealiseerde vermogen is 30 MWe (120 MWth). Deze eenheid in Rivesville (USA) heeft echter tot dit moment weinig succesvol geopereerd.

4 Ontzwaveling na de verbranding

Rookgasontzwaveling is lang een zeer omstreden techniek geweest, maar langzamerhand beginnen de technologische kennis en de opgedane ervaring zo groot te worden dat met behulp van sommige processen redelijk betrouwbare installaties gebouwd kunnen worden.

Rookgasontzwaveling wordt zowel achter olie- als kolengestookte ketels toegepast. Er zijn op het gebied van rookgasontzwaveling twee landen toonaangevend, namelijk de USA en Japan, terwijl in de BRD een bescheiden begin gemaakt is met het installeren van rookgasontzwaveling. In Japan wordt rookgasontzwaveling toegepast zowel bij elektriciteitscentrales als bij de industrie en wel in het bijzonder bij de metallurgische industrie. Het totale aantal gebouwde installaties is meer dan 1000 en de totale verwerkingscapaciteit is zeer uiteenlopend: van 20.000 m³/h bij industriële afgassen tot 15.000 m³/h voor rookgassen van een 500 MW-centrale.

Het merendeel van de rookgasontzwavelingsinstallaties bij centrales is gebouwd achter oliegestookte ketels en is in de regel ontworpen voor een zwavelgehalte van 2 tot 3% in de olie. De bouw van rookgasontzwavelingsinstallaties achter nieuw te bouwen oliegestookte centrale ketels werd in 1978 niet meer overwogen. Kolengestookte centrales van enige omvang zijn in Japan maar zeer beperkt operationeel. De Electric Power Development Company bedrijft een kolengestooktvermogen van 1280 MW, dat geheel voorzien is van rookgasontzwaveling.

Voor kolengestookte centrales die mogelijk in de toekomst zullen worden gebouwd, beschouwt men rookgasontzwaveling op dit

moment als de enige mogelijkheid om de zwaveldioxyde-uitworp te beperken. In de USA richt men zich primair op kolengestookte ketels van centrales, waarbij het zwavelgehalte van de kolen zeer uiteenlopend kan zijn: 0,4-5,5% S. In september 1979 waren er 56 eenheden operationeel met een verwerkingscapaciteit equivalent met 19.387 MWe. De totale operationele verwerkingscapaciteit achter elektrische centrales overtreft in de USA daarmee ruimschoots die in Japan.

De totale verwerkingscapaciteit van rookgasontzwavelingsinstallaties achter industriële ketels was eind 1978 in de USA $9.4 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{h}$ (equivalent met ca 3000 MWe) en daarmee aanmerkelijk kleiner dan in Japan.

Met de USA voorgestelde nieuwe normen voor SO_2 -uitworp door elektrische centrales (New Source Performance Standards) zal bij iedere nieuwe kolencentrale een rookgasontzwavelingsinstallatie moeten worden gebouwd.

In de BRD zijn enige installaties in gebruik of in aanbouw achter kolengestookte ketels van elektrische centrales. In tegenstelling tot de in Japan en de USA gevolgde lijn, waar bijna steeds de gehele hoeveelheid rookgas wordt ontzwaveld, heeft men in de BRD voor de eerste installaties gekozen voor een geleidelijke aanpak, dat wil zeggen men ontzwavelt slechts 20-25% van de rookgassen, met de optie voor een mogelijke verdere uitbouw.

Rookgasontzwavelingsprocessen kunnen worden ingedeeld in natte en droge processen. Bij natte processen worden de rookgassen in contact gebracht met een waterige oplossing of suspensie, waarin de zwaveloxyden worden gebonden. De rookgassen worden hierbij in de regel gekoeld tot ca 60°C en er vindt tevens verzadiging met waterdamp plaats. Directe emissie van dergelijke relatief koude en met waterdamp verzadigde rookgassen kan ondermeer corrosie van rookgaskanalen bevorderen, aanleiding geven tot pluimvorming op de schoorsteen met de kans op uitregening en de verspreiding van de rookpluim in de atmosfeer beïnvloeden. Om deze problemen te omzeilen wordt dan ook in de regel een zekere herverhitting van de rookgassen toegepast. Deze herverhitting betekent energieverlies, en heeft een nadelige invloed op het totale rendement van de elektriciteitsopwekking. De benodigde hoeveelheid warmte is ca $1 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$. Globaal kan worden gesteld dat per $^\circ\text{C}$ herverhitting 0,05-0,06% van de voor de ketel benodigde primaire energie wordt gebruikt. De mate van herverhitting is sterk van de ter plaatse van de centrale heersende omstandigheden afhankelijk. In de USA wordt als regel een waarde van 20- 30°C gehanteerd, in Japan gaat men verder

en totale herverhitting is geen zeldzaamheid.

Bij de droge processen wordt de zwaveldioxyde aan het oppervlak van een vaste stof gebonden en afkoeling van de rookgassen vindt hierbij niet plaats. Herverhitting kan derhalve achterwege blijven. Een andere mogelijke wijze van indeling is die naar de aard van het zwavelhoudend eindproduct. De drie belangrijkste procesgroepen die men kan onderscheiden zijn:

- wegwerpprocessen
- gipsprocessen
- regeneratieve processen

De wegwerpprocessen leveren een volledig onbruikbaar bijproduct, dat moet worden afgevoerd naar bijvoorbeeld een gecontroleerde stortplaats, een verlaten mijn of de oceaan. Praktisch alle wegwerpprocessen gebruiken als grondstof kalk of kalksteen. Het eindproduct is een moeilijk ontwaterbare $\text{CaSO}_3\text{-CaSO}_4$ slib met thixotrope eigenschappen. Een bijzonder type wegwerpproces is het in Noorwegen ontwikkelde zee-waterproces. Dit proces maakt gebruik van de natuurlijke alkaliteit en buffering van oceanisch zeewater. Het met SO_2 beladen zeewater wordt al dan niet na beluchting geloosd.

Gipsprocessen leveren gips dat potentieel bruikbaar is als alternatief voor natuurlijk gips. Bovendien wordt verwacht dat gips, als goed gedefinieerd product, zich eventueel gemakkelijker gecontroleerd laat opslaan, als geen gebruiksmogelijkheden bestaan. De gipsprocessen gebruiken, zoals de meeste wegwerpprocessen, kalk of kalksteen als grondstof.

Bij de regeneratieve processen wordt het reagens waaraan de SO_2 wordt gebonden teruggewonnen. In de regel ontstaat hierbij een geconcentreerde SO_2 -stroom die zich met uit de chemische industrie bekende processen laat omzetten in bijvoorbeeld zwavel of zwavelzuur. Er kan vrij algemeen worden gesteld dat regeneratieve processen bestaan uit drie stappen: absorptie van SO_2 , desorptie van de SO_2 en verdere verwerking van de SO_2 tot het gewenste eindproduct.

In Japan wordt voor de grote rookgasontzwavelingsinstallaties praktisch alleen maar gebruik gemaakt van gipsproducerende processen; in de USA wordt voornamelijk gebruik gemaakt van wegwerpprocessen op basis van kalk of kalksteen. De BRD richt zich voorlopig heel sterk op gipsproducerende processen. Regeneratieve processen hebben nog geen doorbraak kunnen bereiken.

De toepassingen op een schaal equivalent met 100 MWe zijn praktisch op de vingers van één hand te tellen. Behalve het kostenaspect speelt hierbij zeker de gecompliceerdheid en het sterke chemische karakter van de installaties een rol.

Er moet nog melding worden gemaakt van de ontwikkeling van een type wegwerpproces,

dat momenteel in de USA zeer sterk in de belangstelling staat, namelijk de toepassing van sproeidroging. Het absorptiemiddel voor SO₂ wordt fijn verstoven in de te ontzwavelen rookgassen. De SO₂ wordt gebonden terwijl de druppels opdrogen. Het droge, met SO₂ beladen absorptiemiddel, wordt met behulp van E-filters of doekfilters van de rookgassen gescheiden. De te bereiken ontzwavelingsefficiëntie is beperkt tot ca 70%. Dit processtype is daarom zeer geschikt voor laagzwavelige Western-coal. Een groot voordeel van deze werkwijze is dat herverhitting achterwege kan blijven. In tabel 4 is een overzicht gegeven van de belangrijkste operationele processtypen.

Tabel 4
Belangrijkste operationele rookgasontzwavelingsprocessen

processtype	grondstoffen	primair bijproduct	ontwikkelingsstatus
kalksteen/slib	kalksteen	CaSO ₃ -slib	commercieel, kolen en olie USA
kalk/slib	kalk	CaSO ₃ -slib	commercieel, kolen en olie USA
dubbel alkali/slib	NaOH of Na ₂ CO ₃ en CaO of CaCO ₃	CaSO ₃ -slib	sinds kort commercieel voor industriële ketels USA
zeewater	zeewater		commercieel voor kleine oliegestookte ketels, Noorwegen
kalksteen/gips	kalksteen	gips	commercieel, olie en kolen, Japan
kalk/gips	kalk	gips	commercieel, olie en kolen, Japan en BRD
dubbel alkali/gips	NaOH of Na ₂ CO ₃ en CaO of CaCO ₃	gips	commercieel voor olie Japan
Wellman Lord	NaOH of Na ₂ CO ₃	SO ₂	commercieel voor olie Japan, recent commercieel voor kolen USA
magnesiumoxyde	MgO	SO ₂	commercieel voor olie Japan demonstratie voor kolen USA
actieve cokes	actieve cokes	SO ₂	demonstratie kolen BRD
sproeidroging	diversen	Broegpoeder (CaSO ₃ /CaSO ₄)	pilot plant USA

Toepassing van rookgasontzwaveling lijkt op dit moment het meest logisch voor grote kolengestookte ketelinstallaties, waarvoor nauwelijks andere methoden kunnen worden genoemd ter beperking van de SO₂-emissie.

Kleinschalige toepassing van rookgasontzwaveling voor industriële ketels en industriële afgassen vindt in Japan op vrij grote schaal plaats. In de USA moeten worden gerekend op een uitbreiding van de nu nog betrekkelijk geringe verwerkingscapaciteit achter industriële ketels en installaties nu de regering het voornemen heeft de voorschriften te verscherpen. Rookgasontzwavelingsinstallaties zijn omvangrijk en vragen een flink grondoppervlak en dat kan in het bijzonder bij reeds bestaande installaties wel eens niet voorhanden zijn. Bovendien neemt onvermijdelijk de betrouwbaarheid van het totale complex af en dit is in het bijzonder van belang voor de elektriciteitsproducenten.

5 Problematiek van de zwavelhoudende bijprodukten

Alle processen die worden ingezet ter voorkoming van de emissie van zwaveloxyden

leveren onvermijdelijk een zwavelhoudend bijproduct, terwijl in verschillende gevallen ook nog totaal andere bijprodukten ontstaan. In tabel 5 wordt een globaal overzicht van deze bijprodukten gegeven.

Tabel 5 Bijprodukten van ontzwavelingstechnologie

brandstof	ontzwavelingsproces	zwavelhoudend bijproduct	andere bijprodukten
aardgas	H ₂ S wassing	zwavel	
aardolie	hydrogenering vergassing	zwavel zwavel	afvalwater/ ammoniak
kolen	pyriet wassing	pyriet/koolmengsel	
	vergasning	zwavel	afvalwater
	liquefactie	zwavel	kool met as
	fluid-bed verbranding	as, gips, kalkmengsel	
	rookgasontzwaveling	gips, CaSO ₃ -slib, zwavelzwavelzuur, ammoniumsulfaat etc.	afvalwater

De hoeveelheden afval die kunnen ontstaan zijn van dien aard dat zowel bij een deponie als een nuttig gebruik problemen moeten worden verwacht. Tabel 6 geeft een overzicht van de jaarlijkse hoeveelheid bijprodukten die verschillende ontzwavelingstechnologieën leveren ten behoeve van een 600 MWe centrale.

Van de in de tabel 7 genoemde produkten zijn er potentieel een aantal bruikbaar:

gips	-bouwindustrie
zwavelzuur	-kunstmestindustrie
zwavel	-kunstmestindustrie
geconcentreerde SO ₂	-kunstmestindustrie
natriumsulfaat	-papierindustrie
ammoniumsulfaat	-landbouw

Voor de scrubberslib en de fluid-bed asresten zijn niet direct toepassingsmogelijkheden aan te geven en voorlopig lijkt deponie de enige mogelijkheid.

De hoeveelheden in tabel 6 kunnen worden vergeleken met de Nederlandse produktie- en importcijfers die gegeven zijn in tabel in tabel 7 (CBS).

Er zijn dus voor een aantal produkten potentiële mogelijkheden voor de afzet op de Nederlandse markt, maar dit zal wel gepaard gaan met grote verstoringen. Bovendien moet voor met name gips een binnen niet te lange tijd verzadiging worden verwacht.

In Japan is het probleem van de verzadiging

Tabel 6

Jaarlijkse hoeveelheid bijprodukten van ontzwarelingstechnologiën ten behoeve van 600 MWe centrales.

(6000 bedrijfsuren, 90% ontzwareling, t/a)

<u>Rookgasontzwareling</u>	<u>olie 2%S</u>	<u>kolen 1,5%S</u>
kalkslib incl. 60% water	170.000	186.000
kalksteenslib incl. 60% water	160.000	177.000
gips	79.000	87.000
zwavel	14.500	16.000
Na ₂ SO ₄ (Wellman-Lord)	6.500	7.200
(NH ₄) ₂ SO ₄	60.000	67.000
zwavelzuur	45.000	50.000
geconcentreerde SO ₂	29.000	32.000
<u>fluidbed-verbranding</u>		
kalksteen excl. as	150.000	170.000
<u>oliehydrogenering</u>		
zwavel	14.500	
<u>olievergassing</u>		
zwavel	15.000	
<u>kolenvergassing</u>		
zwavel		15.000

Tabel 7

Nederlandse produktie of invoer van verschillende chemische produkten (jaar 1976, t/a). (CBS).

zwavelzuur	1.462.000	produktie
zwavel	398.000	invoer
gips	490.000	invoer

van de markt reeds duidelijk voelbaar. Voor gips verwacht men in 1980 een overschot van 11,3 10⁶ ton, afkomstig van de rookgasontzwareling en de kunstmestindustrie. Deze verzadiging van de markt wordt ondermeer aangevoerd als reden voor het niet verder bouwen van rookgasontzwarelingsinstallaties achter nieuwe oliegestookte centrales. De verwachting is dat in 1980 ook een zwaveloverschot zal ontstaan, hetgeen dan voornamelijk moet worden teruggevoerd op de olie-ontzwareling door de raffinaderijen.

In de USA is op dit moment praktisch de gehele rookgasontzwarelingscapaciteit gebaseerd op slibproducerende processen en deponie daarvan is onvermijdelijk. Men begint echter de problemen van de deponie van de moeilijk handelbare thixotrope slib te onderkennen en tracht, hetzij door

stabilisatie met toevoegmaterialen, hetzij door gedeeltelijke oxydatie tot gips, het produkt beter handelbaar en minder gevoelig voor uitloogbaarheid te maken. Het lijkt niet waarschijnlijk dat er in Nederland veel plaatsen gevonden kunnen worden waar een dergelijke deponie kan plaats vinden.

FBC-afval is momenteel een nog moeilijk probleem. Bruikbaarheid als bijvoorbeeld bouw materiaal moet nog worden bewezen en voor deponie geldt hetzelfde als voor scrubberslib. Er bestaat hoop dat door het optreden van cementreacties bij deponie een weinig doordringbaar materiaal ontstaat, zodat uitloogproblemen worden omzeild.

6 Ontwikkelingen in Nederland

6.1 Aardgas

Het uitwassen van H₂S uit aardgas vindt in ons land niet plaats. De tot heden bekende voorraden bevatten geen of weinig H₂S. Zouden voorkomens met een hoog H₂S-gehalte ontdekt worden dan staan technieken ter beschikking om H₂S uit te wassen.

6.2 Aardolie

Katalytische hydrogenering van lichte aardolie fracties vindt in ons land bij verschillende raffinaderijen plaats. Residuale oliën worden in ons land niet ontzwareld. Er is reeds gewezen op de "white-barrel" politiek van de oliemaatschappijen. De hoeveelheid residuale olie zal daardoor afnemen en het is de vraag of over enige tijd één enkele raffinaderij voldoende residuale olie produceert om bouw van een H.D.S.-installatie aantrekkelijk te maken. In dit geval zou gedacht kunnen worden aan een pool van residuale oliën van verschillende raffinaderijen.

Vergassing van residuale oliën voor de energievoorziening lijkt weinig waarschijnlijk, omdat geen olievoorziening tegen een economisch aantrekkelijke prijs kan worden gegarandeerd.

6.3 Kolen

Directe ontzwareling van kolen in ons land lijkt weinig zinvol. Het is het meest logisch pyrietafscheiding, samen met asverwijdering, bij de mijn uit te voeren. Er is dan een oplossing voor het afvalprobleem en bovendien mag worden aangenomen dat het produkt een hogere calorische waarde heeft, waardoor de transportkosten relatief dalen. Voor liquefactie tot SRC (Solvent Refined Coal) geldt hetzelfde als voor pyrietafscheiding: fabricage bij de mijn geeft een hoogwaardiger produkt, waarbij een deel van de fabricagekosten kunnen worden terugverdiend door de mindere transportkosten. Liquefactie tot "witte" produkten lijkt voorts als voor West-Europa weinig aantrekkelijk. Dit zal mede worden beïnvloed door de ontwikkeling van de

olieprijs. Het is derhalve wel van belang de lopende ontwikkelingen te blijven volgen.

Voor steenkoolvergassing bestaan in Nederland verschillende plannen. De Gasunie gaat na of door middel van een vast-bed proces gas kan worden geproduceerd voor bijmengen bij hoog-calorisch aardgas. Shell heeft plannen voor de bouw van een vergassingsinstallatie in Moerdijk. Het gas zou worden geleverd aan een STEG eenheid van de PNEM. KEMA en GEB-Rotterdam maken op dit moment een richtontwerp voor een geïntegreerde kolenvergassingsfabriek en STEG-installatie. Basis voor deze studie is het Texaco-proces.

Wervelbedverbranding wordt in kleine pilot-plants onder meer onderzocht door TH-Twente, TNO en ECN. Op industriële schaal zijn ontwikkelingen gaande bij Shell, DSM en GEB-Rotterdam. Shell onderzoekt de mogelijkheid van de bouw van een installatie voor 50 t/h stoom. DSM heeft plannen voor de bouw van een installatie voor 110 t/h stoom. GEB-Rotterdam bestudeert de mogelijkheid één van de ketels van de centrale Waalhaven om te bouwen.

De PGEM evalueert op dit moment aanbiedingen voor een rookgasontzwavelingsinstallatie met een capaciteit van 20% van de rookgassen van eenheid 13 der Centrale Gelderland in Nijmegen. Hier is gekozen voor kalk/kalksteen - gips processen. Ook de PNEM beziet op dit moment de mogelijkheden voor rookgasontzwaveling bij eenheid 8 van de Amercentrale.

Het GEB-Rotterdam heeft het voornemen de problemen te bestuderen die samenhangen met het zeewater-proces. De KEMA heeft een proefinstallatie van beperkte omvang, waarin van verschillende processen op meer fundamentele wijze fysische en chemische aspecten bestudeerd kunnen worden.

7 Literatuur

- 1 M.S. Edwards. H₂S-Removal processes for Low-BTU Coal gas. ORNL TM 60-77, jan. 1979
- 2 T. Ohtsuka. Catalysts for Hydrodesulfurization of Petroleum Residues Cat. Rev. Sci. Eng. 16 (2) (1979) 291
- 3 V.V. Manshilin. Demetallization Catalyst P.B. 285-937. jun 78
- 4 H. Takisawa. MITI Japan. Persoonlijke mededeling
- 5 L.J. Buividas. Chem. Eng. Progress 70 (10) (1974) 21
- 6 J.W.T.M. Braam. cs. Clean Energy Production from heavy residual fuel oil gasification-based combined cycle power stations. Second Seminar on the Desulfurization of fuels and Combustion gases, Washington nov. 1975

- 7 J.F. Tummers cs. Richtontwerp SGP-STEG installatie. KEMA DPB/7231-10/10 jul 1976
- 8 A.W. Deurbrouck. Physical Coal Cleaning Second Seminar on the Desulfurization of fuels and combustion gases. Washington nov. 1975
- 9 S. Pfadt. R. Lach. Safe Storage of pyrite containing coal refuse Second Seminar on Desulfurization of fuel and combustions gases. Washington nov. 1975
- 10 L. Lorenzi. Chemical Coal Cleaning Second Seminar on Desulfurization of fuels and combustions gases. Washington nov. 1975
- 11 H.D. Schilling. cs. Kohlenvergassung. Glück auf Verlag. Essen 1979

Prof. Dr. P.G. Meerman

Wij hebben gediscussieerd over de afvalproblematiek en hebben die groot gevonden. Dat was na de voordracht van de heer Van der Bruggen al een duidelijke zaak. Je moet natuurlijk nu uit al die narigheden de minst nare kunnen kiezen, en dan hangt er maar van af wat voor prioriteit je stelt. En wat voor prioriteit je stelt, dat zal een politieke keuze moeten zijn. Als je als prioriteit het milieu stelt, dan moet je niet aan ontzwaveling beginnen en dan moet je niet aan fluid-bed techniek beginnen, want dan krijg je in het algemeen gips en daar weet je eigenlijk niet veel mee te doen. Dat is weer een milieubelasting en dan kun je spreken van een behoud van de ellende. Eén opmerking wil ik maken: regeneratieve ontzwaveling op grote technische schaal zou een oplossing kunnen zijn, mogelijk wel erg duur, maar uit milieuoogpunt aanvaardbaar. Die technische realisatie echter op grote schaal is er helaas nog niet. Er blijft dan over de vergassing en wij zien wel dat ook die vergassing grote milieuproblemen met zich mee zal brengen, zij het dan geen probleem van zwavel of zwavelverbindingen, maar een probleem van waterverontreiniging en natuurlijk zoals bij alle kolenverbranding bodemverontreiniging.

De waterverontreiniging is principieel wel oplosbaar maar zal toch ook veel moeite en veel geld vergen. Concluderend kunnen wij stellen dat deze prioriteit vergassing de enige toekomstmogelijkheid voor het kolen stoken is.

Nu de economische prioriteit. Als je zegt ik wil voor minimum kosten de kolenverwerking tot stand brengen, dan zie ik dat die minimumkosten bij de fluid bedverbranding optreden. Je moet zeker geen ontzwaveling kiezen, want dat is een hele dure zaak en de economie van het vergassen ligt daar wat tussenin. Vergassen zou misschien uit economisch oogpunt nog wel aanvaardbaar zijn.

Ten derde is gezegd, wat is de betrouwbaarheid op dit moment. Wat moeten we doen in bestaande centrales in nu te bouwen eenheden. Helaas is dan alleen de ontzwaveling met gipsproductie de mogelijkheid en we staan dus voor het blok als wij inderdaad vandaag onze electriciteitsproductie zodanig moeten maken dat we kolen verstoren en dat wij daar een ontzwaveling aan moeten verbinden. Het is dus een moeilijke keus die wij zullen moeten gaan doen.

Ook zijn vanwege die geweldige problemen bij de zwavelverwijdering nog een paar andere zaken aan de orde geweest.

Ten eerste: Als die kolenzaak zo moeilijk en zo duur wordt, moeten we dan toch niet het alternatief kernenergie mede in beschouwing nemen.

Ten tweede: moeten we niet meer doen en zorgen dat het snel aan de orde komt, de vergassing ondergronds.

Ten derde: moeten we niet helemaal afstappen van deze wijze van electriciteitsopwekking, maar moeten we naar gedecentraliseerde systemen.

En ten vierde, en dat is gisteren ook in het kader van onderzoek aan de orde geweest: hoe kunnen we naar een beperking van het gebruik. Hoe kunnen we naar een scenario dat aan electriciteitsproductie minder vraagt dan het gebruik van vandaag. Over deze zaken is géén conclusie getrokken.

Overigens zijn de narigheden met gips door enige deelnemers weersproken. Er is gewezen op mogelijkheden in de bouwmarkt, die men in Duitsland wel vindt en in Nederland niet. Er is de vraag gesteld, waarom gipsplaten van fosforzuur gips die een zekere radioactiviteit hebben wel in Nederland worden ingevoerd maar niet in Nederland worden geproduceerd. Er is gesproken over het thans experimenteel aan de orde zijnde gebruik van gips in cementvervangende stoffen en er is gesproken over de oplossing tussen aanhalingstekens van het storten van gips in zeewater.

Wat we zien als conclusie is het volgende.

Moeten we op grond van kolen of olie aan centrales beginnen die een zeker zwavelgehalte in hun brandstof tolereren dan is alleen een gipsproces de mogelijkheid. Kolenvergassing zien we, ik dacht over een breed front, als de oplossing voor de toekomst. We hebben het nog even gehad over de chemische zwavelverwijdering aan de bron, dus van de kolen zelf, maar dat is nog slechts in een laboratoriumstadium en zal zeker in de komende tien of twintig jaar nog niet aan de orde zijn.

Er blijven vragen over aan de overheid. Er is gezegd; een jaar of vijftien geleden dachten we allemaal aan kernenergie, toen is aan de Nederlandse industrie gezegd, spring daarop in, ga dus meedoen aan ontwikkelen van apparatuur. Dat heeft veel geld gekost en het is niets geworden. Lopen we dit gevaar ook niet als we de Nederlandse industrie vragen om aan bepaalde kolenprocessen zijn medewerking en zijn onderzoek te geven en investeringen te doen. Krijgen we dan ook niet weer binnen een paar jaar te horen dat het niet doorgaat. Dat is een duidelijke vraag aan de overheid. Ten tweede is ook in deze discussie de beruchte vijfhonderdduizendtons hamvraag die gisteren niet beantwoord is, aan de orde geweest. Ik hoop dat die straks, eventueel in de algemene discussie, van de zijde van de overheid een beantwoording krijgt. Dank U wel meneer de voorzitter.

Voorzitter: Is er iemand die naar aanleiding van de samenvatting van de discussie nog opmerkingen heeft?

Opmerking: Ik wil uit mijn eigen vakgebied als econoom toch nog wel een opmerking maken. Het frappeerde mij, dat U een maatstaf voor economie, naar mijn indruk aan een soort absolute maatstaf ontleende, van hoe goedkoop mogelijk. Terwijl economie bij uitstek een wetenschap is van waaruit kan ik kiezen en wat zijn de alternatieven. Zou U bij een dergelijke maatstaf voor economie ook steeds een min zetten of zou U daarbij bijvoorbeeld de prijs van kolen ook in aanmerking kunnen nemen?

Meerman: Hier is in feite alleen beschouwd, en dat geef ik graag toe, de negatieve kosten die veroorzaakt worden door zwavelverwijdering. Er is gezegd, zwavelverwijdering kost zoveel per ton en ja, als U met kolen aankomt die maar weinig zwavel bevatten, waar ik dus weinig kosten in hoeft te stoppen, dan zou ik die kolen alsnog voor een proces dat hier negatief beoordeeld is, in aanmerking kunnen laten komen.

Opmerking: Ik vraag mij af of ook beschouwd is de mogelijkheid om brandstofzuivering toe te passen om thuis was minder problemen te krijgen.

Meerman: Bij het kolenwassen, zoals dat dan heet, waarbij dan as en in het bijzonder ook zwavel verwijderd worden, zie ik op dit ogenblik niet het bereiken van een zodanige toestand, dat daar achteraf bij de plaats van stoken niet nog een zwavelverwijdering moet worden toegepast.

Ik zie in de fysische verwijdering van zwavel niet voldoende om hier met kolen te komen die een voldoende laag zwavelgehalte hebben. De processen om chemisch die zwavel te verwijderen zijn voor zover mij bekend, nog zodanig in een laboratoriumstadium, dat we daarmee voorlopig niet hoeven te rekenen op grote schaal.

Prof. Ir. C.W.J. van Koppen

We hadden in de groep wervelbedverbranding een betrekkelijk gemakkelijke taak. Allereerst omdat, en dat is getalsmatig, de groep niet zo erg groot was, 'n man of veertig schat ik en omdat bovendien iedereen van harte heeft meegewerkt om een zinnige discussie te voeren. Het onderwerp was daarnaast ook van een beperkter omvang dan in andere fora. Ik kan een anderhalf uur discussiegesprek betrekkelijk kort samenvatten overeenkomstig de wens van de voorzitter en zou dan willen beginnen met te stellen dat zonder dat daar uitvoerig over gesproken is men unaniem van mening was dat het besparen op energiegebruik in zekere zin de maatregel was die vooraf ging aan elke discussie over de milieuconsequenties van het stoken van kolen en de daaraan verbonden SO_2 -uitworp. De meer technische, meer inhoudelijke discussie ten aanzien van de milieu-aspecten kon zich dus wat dat betreft onder een parapluie vinden. Wat al geconstateerd is door collega Meerman is eigenlijk ook in onze groep geconstateerd, dat wervelbedverbranding voor een deel de wet van behoud van ellende demonstreert. Je krijgt de zwavel niet in de vorm van zwaveldioxyde in de lucht maar wel in de vorm van gips meestal op de begane grond. Dan kun je dus zeggen dan ben ik erop vooruit gegaan en dat is ook zo, je hebt het nu in de hand, maar weet nog niet wat je er verder op een fatsoenlijke manier mee moet doen. Ongeveer 20% in gewichtseenheden uitgedrukt van verstookte tonnen steenkool krijg je vrij aan as plus afgewerkte toeslagstoffen. Je kunt met een zeer gematigd optimisme menen dat je hier gedeeltelijk in bijvoorbeeld toeslagstoffen bij de wegebouw e.d. een toepassing zou kunnen vinden, maar het blijft een vorm van gips dat nu eenmaal meer een afvalstof dan een grondstof is in onze samenleving. De opnamecapaciteit is nog niet volledig geëxploreerd en daar zou zeker nog wat aan te doen zijn. Heel speculatief was de idee dat de mineralen die althans volgens een elementaire analyse in de afgewerkte afvalstoffen voorkomen mogelijk daaruit gewonnen zouden kunnen worden, maar hoe dat feitelijk zou moeten worden uitgevoerd is op dit moment nog nauwelijks in het laboratoriumstadium. Om de ins en outs van wervelbedverbranding definitief te kunnen beoordelen werd om een aantal redenen een demonstratie-unit meer dan noodzakelijk geacht en dan liefst op wat korte termijn. Alleen al de vraag of afvalstoffen in de wegebouw benut zouden kunnen worden kan op dit moment niet eens worden beantwoord omdat er eenvoudig geen afvalstoffen zijn, omdat er geen demonstratieplant is. En ook bijv. het probleem van de variatie van de kolen. We mogen voorlopig niet op een eigen kolenproduc-

tie met gestandaardiseerde maten en samenstelling enz. rekenen.

We zullen waarschijnlijk de goedkoopste kolen van het moment gaan kopen en dan krijg je dus wel eens wat verandering. Die variatie kan alleen in een demonstratie-unit werkelijk hard worden onderzocht. De wervelbed-verbrandingstechniek is nog niet volledig uit-ontwikkeld, ook dat geeft onzekerheden over wat wervelbedverbranding wel en niet kan voorstellen. Andere toeslagstoffen zijn denkbaar, zijn al geëxploreerd hier en daar, maar daar blijven dus vragen bij over. De vraag waar de toeslagstoffen vandaan moeten komen is nog niet beantwoord, er zijn ook daar weer vele mogelijkheden. Je kunt een stukje van Limburg afgraven, je kunt het aan de Belgen overlaten om dit soort acties in hun eigen land uit te voeren of aan de Engelsen of aan de Duitsers. Overal is wel kalksteen te vinden, ook waarschijnlijk wel kalksteen of dolomiet die als toeslagstof bruikbaar is. De opsomming die ik nu gegeven heb die maakt duidelijk dat er wel veel aspecten aan vast zitten en het pleidooi voor een nationaal onderzoekprogramma op dit terrein hoefde nauwelijks gehouden te worden. Het was voor sommigen een troost te weten dat er zelfs aan gewerkt werd en dat zelfs met een zekere snelheid. Er was wat controverse over de ins en outs van atmosferische wervelbedverbranding, van wervelbedverbranding onder druk, van kolenvergassing. We zijn er niet erg uitvoerig op ingegaan. We weten er eigenlijk nog te weinig van om echt definitieve conclusies te kunnen trekken, tenminste andere conclusies dan de globale die juist mijn rechterbuurman al heeft gepresenteerd vanuit de andere groep. Wervelbedverbranding is wel goedkoper, maar niet zo erg schoon als vergassing zou kunnen zijn als het allemaal goed ging en dat brengt me dan op het laatste punt wat ik naar voren wilde brengen, de betrekkelijke monopoliepositie van de electriciteitsproducten bij de productie van electriciteit. Daar werd door de voorzitter geprobeerd wat nuancering in aan te brengen.

Ik ken verschillende mensen in de electriciteitsbedrijven en ik weet dat ze zich echt serieus zorgen maken over de energievoorziening maar ik kan anderen geen ongelijk geven dat je naar buiten daar niet altijd, ja zelfs maar zelden toch iets van merkt. Maar dit ging niet meer over wervelbedverbranding. Voorzitter: Is er iemand die daar nog iets aan zou willen toevoegen?

Opmerking: Gips wordt als groot milieukwaad aangemerkt en dat zal het ongetwijfeld zijn, maar wat is nu kwaaiër, het hebben van gips in vaste vorm waar je nog mee kiezen kunt of SO_2 waarbij je geen keuze meer hebt.

Van Koppen: Ik kan misschien nog even memoreren dat ik al wat milieuproblemen betreft heb opgemerkt vanuit de groep wervelbedverbranding dat inderdaad de afvalstof in vaste vorm toch wat handelbaarder was en meer onder controle was dan uiteraard SO_2 die in de lucht is. Je bent er dus wel op vooruitgegaan, maar je bent niet helemaal droog komen te staan, zo is het ook niet.

Opmerking: Het heeft mij getroffen dat U zo weinig bekend is over de inspanningen die bij de Nederlandse centrales gedaan worden om zo verantwoord mogelijk electriciteit op te wekken. Dat U denkt dat deze centrales zo weinig doen heeft ook te maken met het feit, dat de centrales electriciteit moeten opwekken omdat er om gevraagd wordt.

Er is opgemerkt, dat gedecentraliseerd opwekken mogelijkwerwijs een interessant aspect zou zijn. En verondersteld wordt, dat de Nederlandse centrales op dat punt niet actief zijn. Met die gedecentraliseerde opwekking wordt bedoeld de waterkrachtkoppeling. Zoiets is mogelijk voor de primaire brandstof gas of olie, niet voor kolen. Het betekent dus dat een deel van de elektrische energie met gas of olie opgewekt zou moeten worden, waar we juist over willen gaan naar kolen.

Andere nadelen zijn dat de milieu-uitwerp op een hoogte plaatsvindt die veel lager is dan de centrales doen. Bovendien zou die waterkrachtkoppeling overwegend in particuliere bedrijven optreden, en heeft U niet het idee dat de overheid een zeer grote inspraak wil hebben bij de opwekking van energie?

Ten derde wil ik U dan nog een idee geven van mogelijkheden en dan praat ik over de regio Dordrecht. Er is geïnventariseerd hoeveel daarvan door warmtekrachtkoppeling opgewekt zou kunnen worden en dat bleek $1\frac{1}{2}$ tot 2% van de vraag te zijn.

Meerman: Wat ik heb opgemerkt over gedecentraliseerde electriciteitsopwekking was de weergave van een discussie, was niet mijn mening.

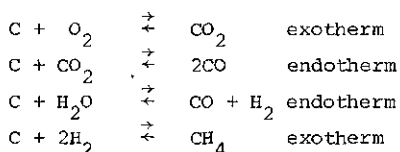
Opmerking: Zo straks is nog even de kolenprijs gememoreerd, ter opwekking zou ik toch even willen zeggen dat de kosten van ontzwaveling van kolen de electriciteitsprijs nog altijd goedkoper laat zijn dan van oliegestookte centrales zonder ontzwaveling. We hebben dus wat dat aangaat de tijd mee. Een ander punt waarmee we de tijd meehebben is dat we wat gips aangaat beginnen in een markt waarvan ik vanochtend gehoord heb dat daar 480 duizend ton per jaar van geïmporteerd wordt in Nederland terwijl het demonstratieproject van de PEGEM waarbij 300 megawatt ontzwaamd zal worden veertigduizend ton gips zal produceren van een zuivere kwaliteit. Dat betekent dat we nog een aantal centrales vooruit kunnen voor- dat wij een gipsoverschot in Nederland kunnen verwachten.

KOLNVERGASSING

W. P. M. van Swaay, A. Blik en P. M. M. Blauwhoff

Technische Hogeschool Twente, Enschede, Nederland

Kolnvergassing biedt interessante mogelijkheden om bij het gebruik van kolen als primaire energiebron de milieubelasting te reduceren, doordat sterke vermindering van de uitworp van SO₂ gerealiseerd kan worden. Kolnvergassing is een oud proces, waarover al veel geschreven is. Het doel van deze inleiding is om in een zeer beperkt kader een schets te geven van de principiële technische mogelijkheden, de huidige stand van zaken. Vergassen houdt in het overdragen van de verbrandingswarmte van steenkool naar een gasvormige energiedrager en wel zoveel mogelijk in de vorm van verbrandingswaarde en zo min mogelijk in de vorm van voelbare warmte. Het proces wordt uitgevoerd, omdat het vele voordelen heeft om een gasvormige energiedrager te hebben. In vergelijking met vaste brandstof is een gas eenvoudiger te reinigen (belangrijk voor behoud van milieu en installatie), te transporteren en beter te verbranden met lagere luchtvermaat. Bovendien kan gas worden gestookt in machines met inwendige verbranding (turbines, motoren). Bij vergassen worden de kolen achtereenvolgens opgewarmd en gedroogd, ontgast (pyrolyse) en op een complexe manier worden de daarbij gevormde producten met een vergassingsmiddel in reactie gebracht. Dit vergassingsmiddel kan zijn lucht, zuurstof, CO₂, stoom of mengsels van deze gasen of H₂. De reacties, die plaatsvinden, zijn globaal te beschrijven met de volgende evenwichtsreacties:



De samenstelling van het productgas wordt bepaald door de kolenvoeding, vergassingsmiddel en procescondities, zoals druk, temperatuur en toevoer van warmte (bijvoorbeeld Nucleaire warmte of chemisch gebonden zoals bij het CO₂ acceptor process (1)). Men deelt de productgasen in naar hun verbrandingswaarden,

- Lage Joulewaarde gas (3,5 - 7 MJ/Nm³)
Afkomstig van luchtvergassing, toepassing stookgas.
- Midden Joulewaarde gas (9 - 15 MJ/Nm³)
Verkregen door vergassing met zuurstof en/of stoom. Toepassing na reiniging; stookgas, synthesesgas voor chemische producten (methanol, amoniak, etc.) en voor vloeibare

brandstoffen productie, of voor hoog Joulewaarde gas via Methanisering. Verder ook voor bijmengen in aardgas onder verlagening van de Wobbe index.

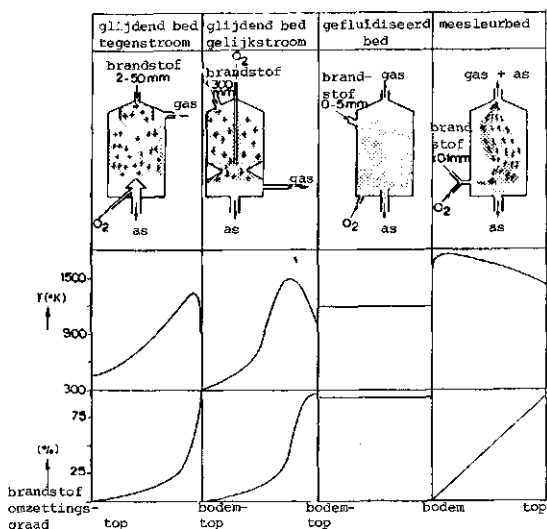
- Hoog Joulewaarde gas (20 - 30 MJ/Nm³)
Wordt verkregen door vergassing met waterstof of uit methanisering. Wordt toegepast als aanvulling of vervanging van aardgas. Wij zullen het vervolg van onze beschouwing concentreren op de vergassingsprocessen via partiële oxidatie met zuurstof of lucht gemengd met stoom (of CO₂), waarbij laag en midden Joulewaarde gasen worden geproduceerd. We laten aldus cyclische en complexe meertrapsprocessen, waarbij gepoogd wordt om min of meer direct een hoog Joulewaarde gas te maken, buiten discussie.

Uitvoeringsvormen van steenkoolvergassingsreactoren

Figuur 1 geeft een overzicht van de toegepaste reactoren. Niet afgebeeld zijn de gesmolten zout- (2,3) of ijzerbad reactoren, deze zijn wat betreft temperatuur en conversie profielen te vergelijken met het fluid bed. Ook wordt voorbij gegaan aan ondergrondse vergassing.

De reactoren van figuur 1 zijn alle reeds lang bekend, maar moderne ontwikkelingen zijn de

Fig. 1.



sterk vergrote capaciteit per reactor en vergassing bij verhoogde druk (bijvoorbeeld 30 Bar). Tabel 1 geeft een overzicht van typische kenmerken.

Tabel 1.

eigen-schappen	tegen-stroom	gelijk-stroom	fluid bed	entrained bed
warmte economie	++	+	+	-
stuk grootte	2-50 mm	2-50 mm	0-5 mm	< 0.1 mm
as	L of S	S	S	L
teervrij gas	--	+	-	++
commercieel atm.	++	+	++	++
bewezen druk	++	-	+	+
bakkende kolen	+	?	+	++
omzettingsgraad	++	+	-	++
voorbeelden	Lurgi	-	Winkler	Shell/ Koppers Texaco

De gelijkstroom glijdend bed reactor wordt in Nederland bestudeerd en ontwikkeld aan de T.H.T. voor kleinschalige toepassingen (1 - 20 MW_T), de andere processen zijn vooral bestemd voor grootschalige toepassing.

Ontzwaveling

Men kan zwavel verwijderen uit de voeding (wordt hier niet besproken), in de vergassingsreactor, uit het hete productgas, na koeling uit het koude productgas, tijdens de verbranding of uit het rookgas (wordt hier niet besproken).

Ontzwaveling in de vergassingsreactor

Vaak wordt hierbij kalk of dolemiet gebruikt (CO₂ acceptor proces (1), Chemical Active fluid bed CAFB proces van Exxon/Westinghouse (4)). De zwavel wordt hierbij gebonden tot CaS, welke of (gedeeltelijk) geregenereerd of tot CaSO₄ opgewerkt dient te worden. Deze procédé's lenen zich voor tweetrapsverbrandingssystemen en lijken aantrekkelijk. Probleemgebieden zijn het afvalmateriaal (gemengd met as), het ontzwavelingsrendement en het gebrek aan commerciële ervaring. Andere processen met gesmolten zout (2) (3) en gesmolten ijzer (5) zijn in ontwikkeling.

Ontzwaveling van het hete productgas

Dit kan aantrekkelijk zijn, omdat in een tweetraps verbrandingsproces de voelbare warmte van het productgas efficiënt gebruikt kan worden en omdat het dauwpunt van het gas niet gepasseerd wordt, ontstaat geen stroom verontreinigd water.

Wel kan in het gas aanwezige teer een probleem vormen.

In tabel 2 staan een aantal absorptiemiddelen met bijbehorende temperaturen. De meeste processen hebben ook een regeneratiestap. De regeneratie is echter lang niet altijd compleet,

Tabel 2.

Batelle	gesmolten alkali zouten	H ₂ S/COS	900°C
I.G.T.-Meissner Consolidation-Coal	gesmolten metalen	H ₂ S/COS	480°C
U.S. Bureau of Mines	MgO.CaCO ₃	H ₂ S/COS	900°C
Babcock & Wilcox	Fe ₂ O ₃ /vliegias	H ₂ S/COS	815°C
Institute of Mining and Mineral Research (Univ. Kentucky)	FeO	H ₂ S/COS	650°C
	FeO in steenkool-as	H ₂ S/COS	800°C

vooral niet bij CaO/CaCO₃.

Lage temperatuur sorptieprocessen

Bij deze processen dient het productgas afgekoeld en gereinigd te worden van teer, as, e.d. Naast een aantal processen met vaste adsorptiemiddelen (bijvoorbeeld het ijzer aarde proces) zijn vooral de processen met regenererbare vloeistoffen van belang. Tientallen processen zijn bekend, berustende op fysische absorptie of een chemische evenwichtsreactie in de oplossing. Het zijn in wezen concentreringsprocessen en bij het strippen wordt een geconcentreerd H₂S-houdend gas geproduceerd, welke in een zogenaamde Claus eenheid met lucht wordt geoxideerd tot elementaire zwavel. Deze processen zijn commercieel bewezen, maar de problemen zijn het hoge CO₂-gehalte van vele steenkoolgassen, waarvan de absorptie veelal ongewenst is en COS wat soms apart gehydrolyseerd dient te worden, omdat het anders onvoldoende absorbeert.

De Claus eenheid kan verder nog uitgerust worden met een afgasreinigingsinstallatie, waarbij het laatste restje zwavel verwijderd wordt en teruggevoerd naar de Claus (bijvoorbeeld Shell SCOT proces).

Soms tracht men absorptie/regeneratie en omzetting tot elementaire zwavel te combineren. Zulke processen kunnen uitgevoerd worden in de vloeistoffase (bijvoorbeeld Stretford) of op een vaste fase (bijvoorbeeld actieve kool).

Toepassingen

Behalve toepassing van kolengas ter vervanging van aardgas en als grondstof voor de chemische industrie kunnen ook toepassingen bij elektriciteitscentrales (bijvoorbeeld in een gecombineerde cyclus, fig. 2) en bij lokale energie opwekking (fig. 3) van betekenis zijn (bijvoorbeeld blokverwarming, wijkverwarming, industrieel fornuis, proceswarmte generatie, enz.). Bij lokale energieopwekking is vooral de uitvoeringsvorm van de ontzwaveling van belang. Een simpel proces hiervoor met afvoer, liefst in de vorm van elementaire zwavel zou deze route zeer aantrekkelijk kunnen maken ten opzichte van alternatieven (rookgas ontzwaveling, fluid bed combustion).

Fig. 2. Vereenvoudigd schema van een elektrische centrale met gecombineerde cyclus.

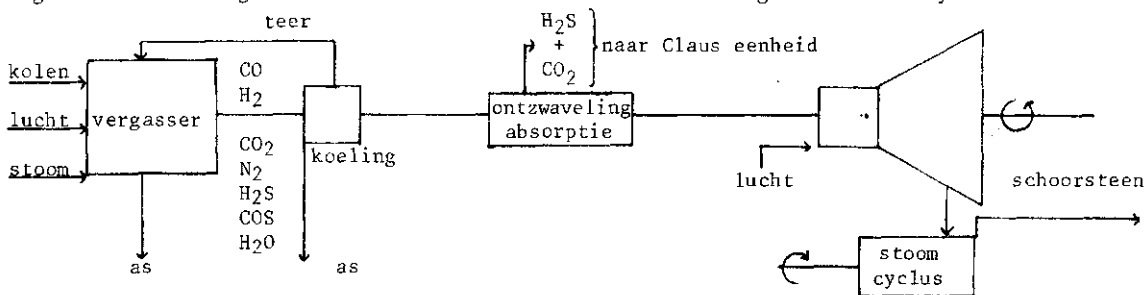
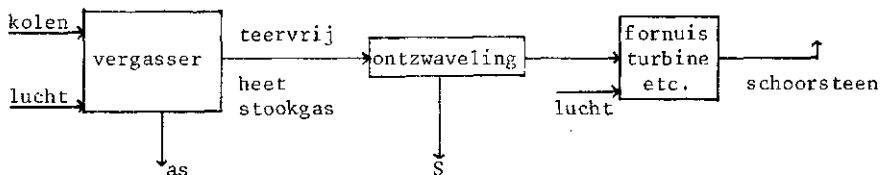


Fig. 3. Voorbeeld van toepassing van steenkoolvergasser bij lokale energie opwekking.



References

- (1) Dravo Corpor. ; Handbook of gasifiers and treatment systems ; NTIS, FE - 1772 - 11. Febr. 1976.
- (2) Kellog Co. ; Development of the Kellog Coal Gasification Process ; NTIS ; FE - 380 - T1, 1964.
- (3) A. L. Kohl ; The molten salt coal gasification process ; C.E.P. ; Aug. '78, p. 73 - 79.
- (4) D. L. Keairns ; A.I.Ch.E. Symp. Sci. ; no. 156, vol. 72, p. 103 - 116.
- (5) P. J. la Rosa ; Symp. Clean Fuels from Coal ; I.G.T. Chicago, 1973.

Prof. Dr. Ir. W.P.M. van Swaay

Onze discussie is begonnen met een overzicht van de vergassingsprocessen en de mogelijkheden tot ontzwaveling daarbij. Dat heeft een verwarrend aantal mogelijkheden opgeleverd, vergassen is ook al oud, het stamt uit 1800 en sinds die tijd zijn er een heleboel dingen bijgekomen. Allereerst zijn we begonnen in de discussie met te constateren, dat je een hele stroom hebt van stoffen, dus brandstoffen en afvoerstoffen, afvalproducten, zelfs is op een gegeven moment aan de orde gesteld dat je eigenlijk weer terug moet naar het hele energieplaatje. Dat heb ik gelukkig op het laatste moment weten te verhoeden en verder werd er geroepen om een helder en duidelijk rapport waar alles nou eens leesbaar op een rijtje in stond. Waarschijnlijk was dat onder invloed van al die ingewikkelde processen die in de inleiding over het bord hebben geweeft. Daarbij is verwezen naar stukken van TNO en NEOM waar al een gedeelte van deze verhelde-rende rapporten in hebben gestaan. Een van de eerste conclusies die getrokken werd is dat vergassen in principe de SO_2 -missie tot vrijwel nul kan reduceren bij gebruik van hoogzwavelige kolen. As daarentegen blijft een complex probleem. Je hebt vergassingsprocessen die vloeibare as maken en die lijkt veel beter bestand tegen uitlogen, maar ook daaraan werd geknabbeld, want ook de samenstelling van as heeft hier nog veel mee te maken. Goede mogelijkheden voor vergassing zijn 2-traps verbrandingssystemen, waarbij je dus eerst een gas maakt in je vergasser, dat reinigt en dan vervolgens verbrandt. Eenvoudige atmosferische systemen die zouden bijna meteen al kunnen beginnen en die zijn dan ook al aan het beginnen. Er zijn voorbeelden van vrij grote installaties die in aanbouw zijn en die werken dan bijvoorbeeld met gips. Een nadeel is dan weer de afvalstroom maar daarvan wordt beweerd dat die minder is dan bij fluid-bed-verbranding. Iets moeilijker, maar toch ook erg aantrekkelijk voor de toekomst, is het bij hoge temperatuur ontzwavelen van het geproduceerde gas onder productie van zwavel. Er wordt in Nederland nog heel erg veel zwavel geïmporteerd en we kunnen een heel erg lange tijd dat gat proberen op te vullen met zwavel die we terugwinnen uit het ontzwavelen bij vergassen, voordat we het, zoals opgemerkt is, terug moeten brengen naar de mijnen in Sicilië. Bij de centrales ligt misschien de toepassing van vergassen van kolen wat verder weg, daar zal niet een eenvoudige atmosferische vergasser een rol gaan spelen maar drukvergassen. Die introductie wordt nog belemmerd, doordat je een complexe chemische fabriek in een centrale gaat introduceren waar dat bedrijf natuurlijk niet in die vorm aan gewend is.

Vooraf de flexabiliteit vormt een probleem bij ontzwavelingsinstallaties die het pure, mooie gele zwavel moet produceren. Het is erg moeilijk om die heel snel op de fluctuerende vraag naar electriciteit te laten reageren. Daar zijn allerlei oplossingen voor bedacht, o.a. het maken van een soort buffer waarin H_2S voorlopig onder druk kan worden opgeslagen. Een hele belangrijke vraag is er op het laatst nog gekomen en die is: gaat de kolenvergassing decentraal gebeuren, of zullen we in Nederland alleen maar een paar hele grote centrale vergassingsinstallaties krijgen, die gas produceren dat in pijplijnen gestopt kan worden naar individuele verbruikers. Daar is echter geen helder antwoord op gekomen.

Opmerking: Ik hoorde een opmerking die mij een beetje heeft verbaasd, nl. dat bij toepassing van kolenvergassing en electriciteitsproductie een zeer grote ontzwaveling met gemak zou kunnen worden bereikt bij gebruik van hoogzwavelige kolen. Kunt U me dat verklaren? Wij dachten dat 80 - 85% een zeer redelijke waarde is voor ontzwaveling.

Van Swaay: Ja, dat is gedeeltelijk ook zeker juist. Ik heb heel duidelijk genoemd dat in principe de SO_2 -emissie belangrijk teruggedrongen kan worden. Waar het economische optimum ligt, dat is voor mij een nog niet opgeloste vraag. Het is inderdaad zo, dat een ontzwavelingsinstallatie op zichzelf ook nog zwavel door laat slippen, maar ook daar bestaan in ieder geval technische oplossingen voor. Je hebt zelfs processen die 100% selectief zijn, je denkt dan aan processen die een gecombineerde Claus-reactie en de adsorptie in een vloeistof uitvoeren. Ik dacht dat ook hier nog wel ontwikkeling nodig is, maar dat je toch kunt zeggen dat het in principe tot een buitengewoon hoge ontzwavelingsgraad zou kunnen leiden waarvan het economische optimum nog onduidelijk is op dit moment.

Opmerking: Naar aanleiding van een opmerking wil ik ingaan op het feit dat door het goedkoper zijn van kolen het mogelijk zou zijn om ontzwaveling met kolen gecombineerd een goedkoper alternatief te doen zijn dan een op zichzelf van olie uitgaande gestookte centrale. Ik kan inderdaad stellen dat op dit moment het prijsverschil er is, maar ik geloof dat het wel wat optimistisch is, te verwachten, dat dit voor de nabije toekomst ook zo blijft. We kunnen er gerust van uitgaan dat die prijzen zich wel in evenwicht gaan begeven en dat als de verschillende kolenproducerende landen wat duidelijker aan de wereldhandel gaan deelnemen er waarschijnlijk wel iets van een kolen-Opec oftewel een Kopec te verwachten is.

Voorzitter : Prof. Dr. D.J. Kuenen

Panelleden : Prof. Dr. K. Biersteker (Landbouwhogeschool)

Ir. P.A.R. Post van der Burg (Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond)

Dr. D.K.J. Tommel (Provinciale Waterstaat van Groningen)

Ir. F.W. van der Bruggen (KEMA)

Ir. L.C. van Beckhoven (Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne)

Vraag: In welk tempo worden de provinciale SO₂-bestrijdingsplannen opgesteld en past dit tempo in het schema voor het bestrijdingsprogramma 1980/1982?

Antwoord (Tommel): Invulling van het beleidskaderplan door regionale plannen is op korte termijn noodzakelijk. Bedacht dient wel te worden, dat een beperkte hoeveelheid mankracht voor dit opstellen beschikbaar is, die uit andere werkzaamheden vrijgemaakt moet worden. Ook de wet algemene bepalingen Milieuhygiëne zal in uitvoering extra mankracht vergen.

Vraag: In hoeverre wordt de industrie betrokken bij het opstellen van de provinciale plannen?

Antwoord (Tommel): Het betrekken van de industrie bij het opstellen van de plannen is uiteraard noodzakelijk. Dit, omdat inzicht in de ontwikkeling van toekomstige emissies over pakweg vijf jaar bij belangrijke SO₂-emittanten nodig is om een goede planning te maken. Gedetailleerd inzicht in uitbreidingsplannen, opbouwplannen en saneringsplannen is onontbeerlijk.

Vraag: Zullen provincies bereid zijn om in hun bestrijdingsplannen maatregelen op te nemen, die hun gunstig effect zullen hebben op andere provincies?

Antwoord (Tommel): Ik denk dat het redelijk is aan te nemen dat provincies daartoe bereid zijn. Het Brandstoffen Inzet Plan Centrales met verschuiving van de inzet van brandstoffen over de centrales en gelijktijdig daarmee over de provincies is reeds een voorbeeld van die bereidheid. Wel zullen deze zaken veel overleg vergen.

Vraag: Waarom wijken de provinciale overheden af van de in het beleidskaderplan voorziene overschrijding van het emissieplafond van vijfthonderdduizend ton SO₂?

Antwoord (Tommel): Deze vraag zal op een misverstand berusten. Het uitgangspunt voor de provinciale bestrijdingsplannen is, dat deze moeten passen in het beleidskaderplan voor de totale SO₂-emissie.

Vraag: Heeft het opstellen van provinciale beleidsplannen zin voor provincies, waar voorts nog geen overschrijding van immissienormen te verwachten is en waar een voorkeur bestaat voor de vestiging van weinig energie-intensieve bedrijven?

Antwoord (Tommel): Ook dan is er voldoende reden om tot bestrijdingsplannen te komen. De overschrijding, die er niet is kan komen en

bovendien zijn de immissienormen voor niet stedelijke gebieden zodanig, dat het de vraag is of er veel gebieden in Nederland zijn waar we geen problemen zullen kennen. Ook zullen deze provincies in het kader van het landelijk beleid tot terugdringing van de SO₂-uitstoot tot vijfthonderdduizend ton hun, zij het misschien geringe, bijdrage moeten leveren.

Vraag: Is er in de provinciale beleidsplannen een voldoende afweging van milieubeleid tegenover energiebeleid en economisch beleid?

Antwoord (Tommel): De provincies doen die afweging ook nu reeds bij elke vergunningverlening krachtens de Hinderwet of de Wet Luchtverontreiniging. Inbedding van die afweging in een totaalplan schept zowel voor Provinciale Staten, Gedeputeerde Staten alsook voor vergunningplichtige bedrijven meer duidelijkheid, dan de huidige afweging per geval, waar deze afweging vaak meer impliciet gebeurt.

Vraag: Bestaat er een verschil in eisen t.g.v. de SO₂-uitworp bij vergunningverlening aan bestaande en nieuwe installaties, op grond van de bijdrage in de immissieconcentratie, het landelijk emissieplafond van vijfthonderdmiljoen kilo SO₂ per jaar of op grond van de "best practicable means"?

Antwoord (Tommel): De "best practicable means" zal in het algemeen voor nieuwe installaties iets anders inhouden, dan voor bestaande installaties. Ten aanzien van het stoken van zwavelarme olie hoeft er geen verschil te bestaan, dit verschil kan echter wel bestaan.

Vraag: Zijn er concrete voorbeelden van verleende vergunningen aan bestaande installaties met dit soort eisen?

Antwoord (Tommel): Jazeker, om één van de voorbeelden te noemen; bij de overschakeling van de Hunzencentrale van gas op olie hebben Gedeputeerde Staten van Groningen gesteld, dat een S-gehalte in de olie van maximaal 1% voldoet aan het principe van "best practicable means".

Vraag: Hanteert Groningen het begrip "Hinder ruimte" en hoe verhoudt zich dit begrip met begrippen als "standstill" en "niet opvullen van immissienormen"?

Antwoord (Tommel): Als antwoord op deze vraag wil ik verwijzen naar de nota Milieuhygiënische Normen van de Minister van V & M. De Hinderruimte geeft aan of een provincie nog vergunningen voor nieuwe industriële activiteiten af kan geven. De norm mag in geen geval als grens overschreden worden. Bij elke vergunningaanvraag wordt echter met het

"standstill principe" en de "best practicable means" gewerkt, of zelfs wel met stringentere voorwaarden om opvulling van de norm te voorkomen.

Vraag: Heeft het zin normen op te stellen voor SO_2 -immissie, wanneer de overheid ontwikkelingen in de energievoorziening en de grensoverschrijdende luchtverontreiniging niet in de hand heeft?

Antwoord (Van Beckhoven): De normen zullen niet onmiddellijk en ten allen tijde in de hand gehouden kunnen worden doch zijn noodzakelijk om tot een beleid te kunnen komen.

Vraag: Hebben volggroepen van SO_2 in de vorm van sulfieten en sulfaten en zwavelzuur en mogelijke begeleidende zuren als salpeterzuur, chloorwaterstofzuur en waterstoffluoride welke bij verbranding van steenkool en volgreacties kunnen ontstaan, een rol gespeeld in de normstelling voor SO_2 ?

Antwoord (Biersteker): De Gezondheidsraadcommissie heeft wel gefilosofeerd over wat er in luchtverontreinigingsepisodes behalve SO_2 nog meer in de lucht aanwezig zal zijn geweest, doch inbouw van de invloed van SO_2 -volggroepen in de SO_2 -norm bleek niet haanteerbaar. Een zwavelzuurnormstelling werd niet mogelijk geacht, wel werd gesteld, dat zwavel in de vorm van sulfaat niet meer dan 10% van het gehalte aan SO_2 zou mogen bedragen.

Chloorwaterstofzuur en waterstoffluoride zullen van veel geringere betekenis zijn dan SO_2 , behalve in de buurt van specifieke bronnen.

Vraag: De SO_2 -concentraties bij ongewijzigd bestrijdingsbeleid maken het waarschijnlijk, dat de gevoeligste wilde plantesoorten over het hele land door chronische effecten beschadigd zullen worden en minder gevoelige soorten, voornamelijk cultuurgewassen, in 1% van het land. Het risico van acute effecten neemt voor beide groepen toe. Dienen adviesnormen van SO_2 voor het hele land niet te worden verlaagd tot het niveau dat nu alleen voorgesteld wordt voor natuurgebieden?

Antwoord (Biersteker): De waarden, die voor natuurgebieden zouden moeten gelden zouden in de buurt van 20 tot 30 $\mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$ moeten liggen en dan nog is er een lange termijn effect. De Gezondheidsraad zal de regering met deze gegevens confronteren waarna een politieke beslissing genomen dient te worden.

Opmerking: Nu zijn onze vennen en natuurgebieden economisch en maatschappelijk uiterst marginaal doch in Scandinavië waar deze problematiek veel sterker speelt heeft men berekend dat zelfs indien Nederland, Duitsland en België de SO_2 -emissie tot de helft zouden reduceren dit slechts enkele tienden in de pH van het regenwater zou schelen met daaraan gekoppeld een geringe verbetering voor het aquatische ecosysteem. Dit dient echter niet als vrijbrief voor polluitie opgevat te worden.

Vraag: Wat denkt de overheid op het terrein van de beschikbaarheid van laagzwavelige olie te ondernemen als zij het beleid niet afhankelijk wil maken van toevallige situaties op de oliemarkt en de bouw van residu ontzwave-

lingsinstallaties niet in het belang is van de oliemaatschappijen in Nederland?

Antwoord (Van Beckhoven): Het ontzwavelen van brandstof is voor een SO_2 -beleid inderdaad van groot belang. Wanneer wordt gesteld, dat de bouw van ontzwavelingsinstallaties niet in het belang is van de oliemaatschappijen, dan zal dit op zowel de financiering als op technische problemen slaan. Met betrekking tot de financiering heeft de mogelijkheid van bepaalde constructies, waarin de overheid op de één of andere manier deelneemt, niet te worden uitgesloten. Over de technische problemen kan ik echter geen oordeel geven.

Voorzitter: Wie wil wel op deze technische aspecten ingaan?

Antwoord: Het noemen van technische problemen verbaast mij, gezien het geïnstalleerde vermogen voor het ontzwavelen van brandstof met name in Japan. Ook binnen het koninkrijk bestaat op Aruba ontzwavelingscapaciteit om aan te tonen hoe dit werkt.

Voorzitter: Wie nog economische-, ethische- of andere argumenten?

Antwoord: Daar beslis ik niet over, maar daar is de logistiek technische vraagstelling niet door veranderd. Het is onjuist subsidie te geven voor iets, dat in een totaal kader niet past.

Opmerking: Dit alles geldt voor het nu toegestane maximum zwavelgehalte in brandstoffen. Wordt dat gehalte verlaagd, dan verandert de hele logistiek en calculatie drastisch.

Vraag: De door de heer Van der Bruggen genoemde kosten van honderd gulden per m^3 voor residuale ontzwaveling zijn onvolledig. In dit getal is return on investment inbegrepen en geen opbrengst van witte kraakproducten gecalculeerd. Hiermee rekening houdend lijken de kosten zich dan rond de vijf en twintig gulden per m^3 te bewegen.

Antwoord (Van der Bruggen): De gepresenteerde gegevens zijn gebaseerd op kosten welke in Japan zijn opgevraagd. Ook de Stichting Conca-we noemt een bedrag van honderd gulden per m^3 in een rapport over deze problematiek, dat zeer binnenkort zal verschijnen.

In het slotwoord na de plenaire discussie moet het de voorzitter van het hart dat er in dit gezelschap veel over SO_2 en energie is gesproken, maar ook veel over het milieu. Nu is het besef van het belang van het milieu reeds lang doorgedrongen tot biologen en sociologen en het is interessant te zien hoe steeds meer anderen als chemici, technologen, economen, bedrijfskundigen en kapitalisten dit belang van het milieu gaan inzien. Grote belangstelling is goed, maar hoedt U voor gezapigheid.

Voorafgaande aan het symposium bestond de gelegenheid concept-stellingen en -resoluties in te dienen. Deze zijn tijdens het symposium gebruikt om de verschillende discussies gestalte te geven. Tijdens het symposium is besloten niet te proberen enige stelling of resolutie als besluit van het symposium aanvaard te krijgen. Afgesproken is de ingediende stellingen en resoluties in de proceedings op te nemen.

Drs. R.C. van Apeldoorn, Drs. H. van Dam,
Dhr. H.F. van Dobben, Dr. A. de Wit - Rijks-
instituut voor Natuurbeheer

Uit het weinige onderzoek, dat is verricht naar de effecten van luchtverontreiniging op organismen en ecosystemen in Nederland blijkt, dat deze groot kunnen zijn. Deze effecten treden al op bij SO_2 -gehalten, die nog beneden de huidige adviesnormen liggen. Het is tevens zeer waarschijnlijk, dat zich de laatste decennia ten gevolge van luchtverontreiniging in natuurgebieden negatieve veranderingen voordoen, die vroeger geweten werden aan verkeerd "onderhoud" (maaien, begrazen, kappen, etc.). Om inzicht te krijgen in de werkelijke oorzaak van deze veranderingen is het dringend gewenst de invloed van luchtverontreiniging op levensgemeenschappen nader te onderzoeken.

Dr. L.A. Clarenburg - Openbaar Lichaam Rijnmond

Gezien de thans reeds optredende overschrijding van de in het SO_2 -beleidskaderplan genoemde grenswaarden ter bescherming van de gezondheid van de mens en a fortiori de grenswaarden ter bescherming van de flora, welke overschrijdingen in de toekomst verder toe lijken te nemen indien geen maatregelen worden genomen, is het noodzakelijk op zo kort mogelijke termijn over te gaan tot thans bestaande reductie-technieken, te weten het verlagen van het (maximaal toegelaten) zwavelgehalte in olie, door ook residuale olie te gaan ontzwavelen en kolen, het toepassen van rookgasontzwaveling op ondervuuringinstallaties.

Nu een programma voor de bestrijding van zwaveldioxide nog ontbreekt, lijkt het onmogelijk op de - noodzakelijk geachte - korte termijn over te gaan tot een adequate reductie van de emissies.

Het is zeer zinvol te komen tot internationaal overleg, enerzijds om te komen tot het terugdringen van de bijdrage van het buitenland aan de totale concentratie van zwaveldioxide, anderzijds om voordeel te trekken van in Duitsland aanwezige kennis en ervaring ten aanzien van emissie-beperkende maatregelen. De emissies van chemische processen, waarvoor in het SO_2 -beleidskaderplan een aanzienlijke

uitbreiding wordt voorzien, worden ongemoeid gelaten door het Besluit zwavelgehalte brandstoffen. Aangezien het voor de hand zal liggen dat deze emissies toenemen als gevolg van een toename van de ontzwavelingsactiviteiten en derhalve ook de daarmee samenhangende proces-emissies plaatsvinden in het Rijnmondgebied, waar thans de in het SO_2 -beleidskaderplan genoemde normen reeds worden overschreden, is het noodzakelijk ook de emissies van processen te reduceren door toepassing van commercieel beschikbare gasreinigingstechnieken. Hoewel de concentraties van SO_2 in Nederland thans in aanzienlijke mate worden bepaald door emissies van buitenlandse brongebieden, zal echter doordat - althans in West-Duitsland, de belangrijkste daarvan - rookgasontzwaveling steeds meer terrein wint, als gevolg van de verwachte toename van de emissies in Nederland, de relatieve bijdragen van buitenlandse brongebieden aan de concentraties in Nederland, in ieder geval op de korte termijn sterk afnemen en derhalve de Nederlandse bijdrage sterk toenemen. Hierdoor kan een groter deel van de concentraties in Nederland beïnvloed worden door het treffen van maatregelen in Nederland.

Ing. F.C. van Emmeloort Stein - Stichting
Europaort / Botlet Belangen

Ter vermindering van ongewenste pieken in lokale SO_2 -concentraties op leefniveau tijdelijk inzetten van laagzwavelige brandstoffen. Ongewenste luchtverontreinigingssituaties die het gevolg kunnen zijn van bijzondere weersomstandigheden, worden in Rijnmond vermeden door het tijdig uitgeven van waarschuwingscodes door de Centrale Meet- en Regelkamer van de Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond op grond waarvan door de lokale industrie emissiebeperkende maatregelen worden genomen. Met deze aanpak, die in vrijwillige samenwerking tussen overheid en industrie tot stand is gekomen, is thans 10 jaar ervaring opgedaan.

Om te bereiken dat schaarse en/of kostbare brandstoffen, zoals aardgas en laagzwavelige stookoliën, optimaal kunnen worden ingezet en verdeeld op die plaatsen en in die tijden, waar dat uit het oogpunt van luchtkwaliteit het meeste gewenst is, verdient het aanbeveling:

- in samenwerking tussen Centrale overheid, regionale overheden, bedrijfsleven en anderen, zoals het KNMI en het RIV, ook in andere daarvoor in aanmerking komende regio's soortgelijke systemen te ontwikkelen als in Rijnmond, welke systemen in eerste instantie gericht dienen te zijn op het vermijden van ongewenste pieken in lokale SO_2 -concentraties op leefniveau door het tijdelijk inzetten van laagzwavelige brandstoffen.
- in dezelfde samenwerkingsverbanden tevens de inzet van laagzwavelige brandstoffen te coördineren naar analogie van de opzet, zoals vermeld in het Brandstofinzetplan Centrales.

Ir. J. Hellemans - Bureau Milieuhygiëne VNO/
NCW

Nu blijken de Kolennota en het SO₂-beleidskaderplan de herintroductie van kolen op grote schaal is te verwachten, is een vroegtijdige aanpak van het afvalprobleem dat hiermee gepaard gaat, geboden. Dat geldt niet alleen voor de conventionele stooktechnieken, maar met name ook voor de nieuwe verbrandingstechnologieën (wervelbedverbranding, bepaalde processen kolenvergassing) en voor rookgasontzwaveling.

Het laat zich aanzien dat niet voor al het afval een nuttige toepassing in bv. bouw of wegenbouw gevonden kan worden; al of niet permanente opslag van het afval is in ieder geval onvermijdelijk. Gelet op de problemen rond de invoering van de Wet Chemische Afvalstoffen (het vinden van locaties voor de opslag van niet-verwerkbare afvalstoffen), is een spoedige en voortvarende aanpak noodzakelijk. Voorkomen moet worden dat een situatie ontstaat die vergelijkbaar is met de introductie van kernenergie.

Ir. W. Herpen - Provinciale Waterstaat Utrecht

1. Voor een SO₂-beleid is het gewenst te beschikken over een plan met de selectieve inzet van brandstoffen (speciaal aardgas en kolen).
2. Een heffing op zwavelhoudende brandstoffen met fondsvorming zal de toepassing van SO₂-beperkende technieken bevorderen.

Ir. H. Klaver - Provinciale Waterstaat Zuid-Holland

De wens van de overheid te komen tot een grotere diversificatie van de in Nederland toegepaste energiedragers (=brandstoffen) kan milieugevolgen hebben. Momenteel is de aandacht te eenzijdig gericht op de SO₂-problematiek voortvloeiend uit de terugschakeling van aardgas op olie en kolen. Het is noodzakelijk de andere milieuconsequenties (NO_x, stof, zware metalen, vaste afvalstoffen etc.) tegelijkertijd onder ogen te zien.

Mr. F. Kool - Bureau Milieuhygiëne VNO/NCW

De verzuring van Scandinavische meren mede als gevolg van transport van luchtverontreiniging in West- en Oost Europa, is een zorgwekkend probleem dat serieuze aandacht verdient, niet alleen voor de Scandinavische landen zelf, maar ook voor West- en Oost Europa. De oplossing ervan kan niet anders dan op internationale schaal bereikt worden. De Nederlandse emissiebijdrage is zo gering - ongeveer 1% - dat het willen vervullen van een voortrekkersrol geen effect zal hebben op de luchtkwaliteit in Zweden. Van groot belang is dan ook een concrete invulling

van de eind 1979 aangenomen ECE-conventie inzake grensoverschrijdende luchtverontreiniging.

Dhr. J.T.C. Krekels - NEOM B.V.

Bij een economisch fataal proces als rookgasontzwaveling dient men zorg te dragen voor het vermijden van energetisch extra fatale stappen. Als voorbeeld van dit laatste valt te beschouwen de productie van zwavel uit geabsorbeerd SO₂.

Ir. G.J.J. van der Laan - AKZO

Het verdient aanbeveling om bij het zoeken naar mogelijke verwerkingsmethoden voor afvalproducten van kolenstook, meer dan tot nu toe is geschied, aansluiting te zoeken bij wat hieromtrent in buurlanden (met name Engeland, West-Duitsland en Frankrijk) is bereikt c.q. wordt ontwikkeld.

Ir. J.J.G. Verburg - Provincie Zuid-Holland

Het is aan te bevelen bij de overwegingen omtrent de keuze van bestrijdingstechnieken voor SO₂, de aandacht vooral te richten op die methoden, die niet alleen de SO₂-emissie beperken, doch tevens de emissies van andere stoffen (zoals stof, stikstofoxiden, zware metalen) verminderen, en de vaste afvalproblematiek minimaliseren!

Ir. W. Visser - Bureau Milieuhygiëne VNO/NCW

De ontwikkelingen terzake van

- de dalende tendens in de groei van het energieverbruik
- de inzichten in de absolute en relatieve betekenis van de binnenlandse SO₂-emissies, tekenen zich zodanig af, dat het SO₂-beleid meer op de toekomst gericht kan worden derhalve op oplossingen die milieuhygiënisch optimaal zijn. Dit houdt in, dat de weg van rookgasontzwaveling dient te worden verlaten en dat het daarmee vrijkomende potentieel moet worden aangewend voor het versneld ontwikkelen van wervelbedverbranding en kolenvergassing.

Hierdoor kunnen de onzekerheden, die thans nog bestaan aangaande de plaats, die deze technieken in het totaalbeeld van de SO₂-emissiebestrijding kunnen innemen, sneller worden verminderd en de investeringsrisico's sneller worden verkleind.

De N-curve filosofie is op zichzelf natuurlijk juist. Het gaat echter om de praktische betekenis voor het SO₂-bestrijdingsbeleid. Deze vermindert naarmate het ontzwavelingsrendement van een proces gemakkelijker en goedkoper op hoge waarden kan worden gebracht, zoals dit bv. bij kolenvergassing het geval is.

Ir. J.Tj. van Vliet - Provinciale Waterstaat
Zuid-Holland

Er is langzamerhand zoveel kennis vergaard over SO_2 , dat we inmiddels een symposium over luchtverontreiniging kunnen houden.

Ir. H. Zeedijk - Technische Hogeschool Eindhoven

De huidige Nederlandse SO_2 -problematiek is het gevolg van de explosieve groei van de energie-intensieve industrie en kan het beste aangepakt worden door sanering van deze industrie en dus niet met bestrijdingsmaatregelen van SO_2 -emissie.



U. Spitsbergen en Ch.J. Vincent

WUB Werkgroep Gefluidiseerde verbranding T.H.T.

Thema

Een aantal West Europese kalksoorten werd onderzocht op het absorptievermogen voor SO_2 uit stookgas van atmosferische gefluidiseerde verbranding, (AFBC). Deze kalktypen kwamen voor dit onderzoek in aanmerking o.m. op economische gronden. Nederlands krijt (Limburgse "mergel") werd vergeleken met andere natuurproducten die afkomstig waren uit België, West Duitsland en Engeland. De Nederlandse krijttypen wijken o.m. af door hun structurele incoherentie en zijn daarom aangeduid met S ("Soft") ter onderscheiding van de veel hardere kalktypen H uit het buitenland.

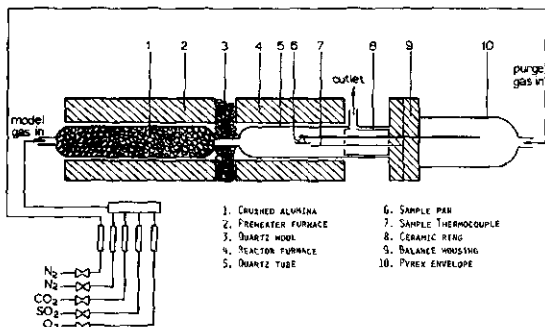


FIGURE 1A
MODIFIED DU PONT TGA APPARATUS, TO TEST 20 MG SAMPLES OF LIMESTONE ON SO_2 REACTIVITY

Methodieken

Laboratoriumschaalonderzoek (Fig. 1A en 2A) gaat vooraf aan pilot schaalproeven voor in situ zwavel afvang bij AFBC-omstandigheden (Fig. 3A).

Hoofconclusie

De grotere zwavel absorptie capaciteit van de Nederlandse krijtachtige kalktypen is af te leiden uit Fig. 1B, 2B en 3B. Bij in situ zwavel afvang dienen juiste procesparameters gehandhaafd te worden.

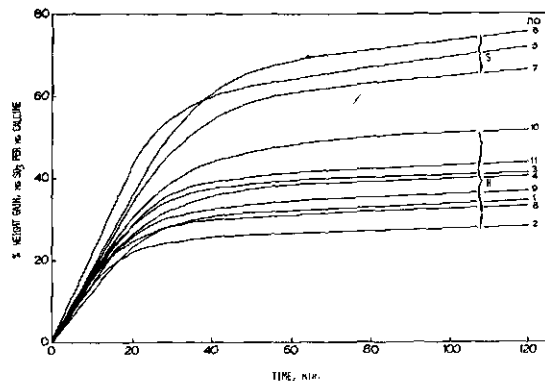


FIGURE 1B
WEIGHT CHANGES OF CALCINES OF 11 TYPES OF LIMESTONE DURING REACTION WITH $\text{SO}_2 + \text{NO}_2$

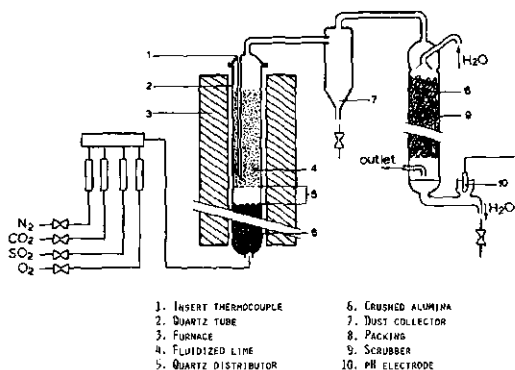


FIGURE 2A
QUARTZ AFBC REACTOR, INNER DIAMETER 4 CM AND FLUID BED HEIGHT 25 CM, TO TEST 10 G SAMPLES OF FLUIDIZED CALCINES ON SO_2 REACTIVITY

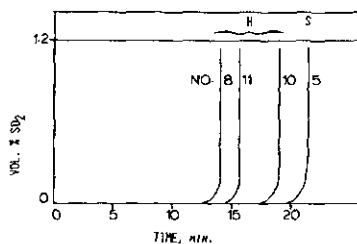


FIGURE 2B
BREAKTHROUGH CURVES OF A REACTANT GAS CONTAINING 1.2 VOL. % SO_2 , PASSED THROUGH FLUIDIZED CALCINES OF LINE TYPES NO, 8, 11, 10 AND 5

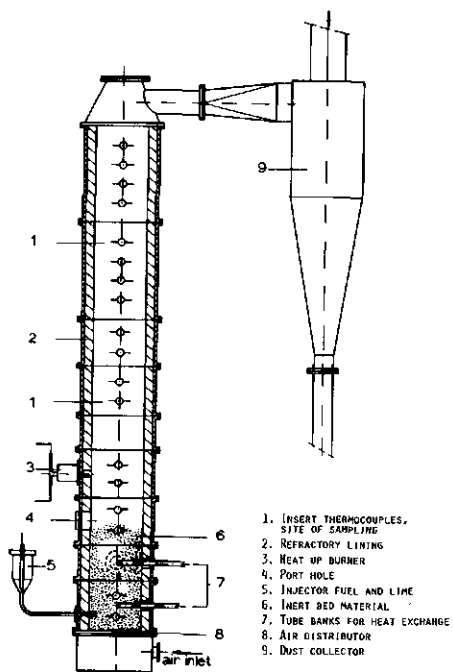


FIGURE 3A
 AFB COMBUSTOR. (INNER DIAMETER 0.30 M; TOTAL HEIGHT 3.20 M; STATIC BED HEIGHT 0.60 M), TO TEST ON SO_2 SULFUR RETENTION BY Limestone

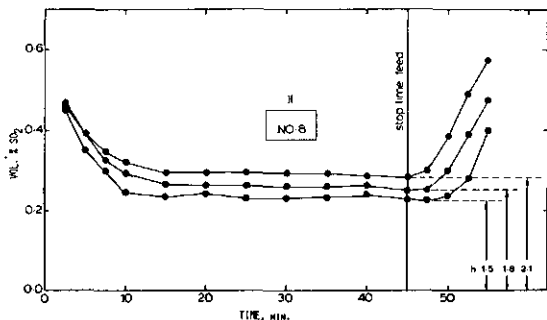
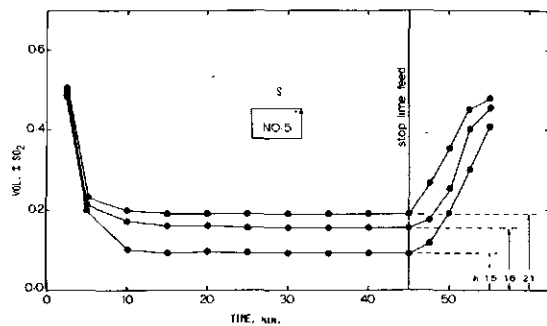


FIGURE 3B
 EFFECT OF LIME ADDITIONS ON THE SO_2 CONCENTRATION IN AFB GAS. PROCESS CONDITIONS: PARTICLE DIAMETER 0.10 - 0.25 MM; Ca/S RATIO = 2.2; $U_{FL} = 2.1, 1.8$ AND 1.5 (SEE $h, 1.5, 1.8$ AND 2.1 RESPECTIVELY)

L. J. van der Eerden
Instituut voor Plantenziektenkundig
Onderzoek, Wageningen

Samenvatting

In Nederland wordt af en toe SO₂-en NO_x-schade aan vegetaties geconstateerd en er zijn vermoedens over een omvangrijke schade. Er zijn echter belangrijke hiaten in onze kennis over deze materie. Om deze te helpen opvullen is een onderzoeksvoorstel geformuleerd.

FEITEN

- Tijdens luchtverontreinigings-episodes komt nu al schade van landbouwgewassen voor, bij stijgende concentraties gebeurt dat vaker.
- Vooral door SO₂ zijn gevoelige lichenen-soorten voor een belangrijk deel uit Nederland verdwenen.

Voorbeelden van schade aan landbouwgewassen :
Centrum Westland, half oktober 1978. Door een periode van enkele dagen, waarin de SO₂- en NO_x-concentraties duidelijk verhoogd waren, is bij een tiental telers beschadiging opgetreden aan sla, andijvie, tomaat, fresia en chrysant. Zeeland en Zuidhollandse eilanden, half november 1978. Door een periode van enkele dagen met vooral duidelijk verhoogde SO₂-concentraties, is een belangrijk deel van de spruitkooloogst in genoemd gebied beschadigd. Plaatselijk was ook boerenkool en prei beschadigd.

VERMOEDENS

Bij het stijgen van de SO₂-concentraties tot aan de SO₂-adviesnorm :

- Zal bijvoorbeeld de oogst van engels raai-gras met zo'n 10% verminderen en de groei van grove den met ongeveer 20%.
- Ook andere gevoelige planten (zoals soorten van ribes, boon, klaver, lucerne, weegbree en lichenen) kunnen niet groeien zonder risico voor beschadiging en groeireductie.
- Allerlei ecologische grootheden kunnen beïnvloed worden (soortensamenstelling, biologische afbraak, relatie ziekteverwekker - ziekte-drager enz.)

ONDERZOEKSVOORSTEL

Veldbegassing met SO₂-en NO_x van grasland

In opdracht van de LaSOM hebben onderzoekers van het IPO, RIN en de LH een onderzoeksvoorstel geformuleerd. Dit onderzoek moet aan het licht brengen wat de invloed van een chronische inwerking van SO₂ en NO_x is op een agrarische en een natuurlijke vegetatie onder praktijk-omstandigheden. Enige gegevens over het belangrijkste experiment in dit onderzoek zijn hier weergegeven :

vegetatie : 2 soorten grasland : /

- hoogproductief, soortenarm
- laagproductief, soortenrijk

plaats : noord- of noord-west Nederland

componenten : SO₂ en NO₂

combinaties :

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. controle | 2. SO ₂ |
| 3. SO ₂ + NO ₂ | 4. SO ₂ + NO ₂ + pieken |

concentraties :

zoals verwacht aan het einde van de jaren '80 en volgende jaren

velden : 40 x 40 m, 100 m van elkaar

begassingsduur : 5' jaar

parameters :

soortensamenstelling, fenologische toestand, weefselbeschadiging, parasitaire schimmels, productie boven- en ondergronds, bedekking, zodedichtheid, decompositie, bodemademhaling en andere fysische, chemische en anatomische plantparameters,
milieufactoren (klimaat, bodem, luchtverontreiniging)

personeel :

28 manjaren onderzoekerstijd, 28 manjaren assistententijd.

SULFUR DIOXIDE MEASUREMENTS ON THE 213 METER TOWER

AT CABAUAU, THE NETHERLANDS

H. van Dop*
 T. B. Ridder*
 J. F. den Tonkelaar*
 N. D. van Egmond**

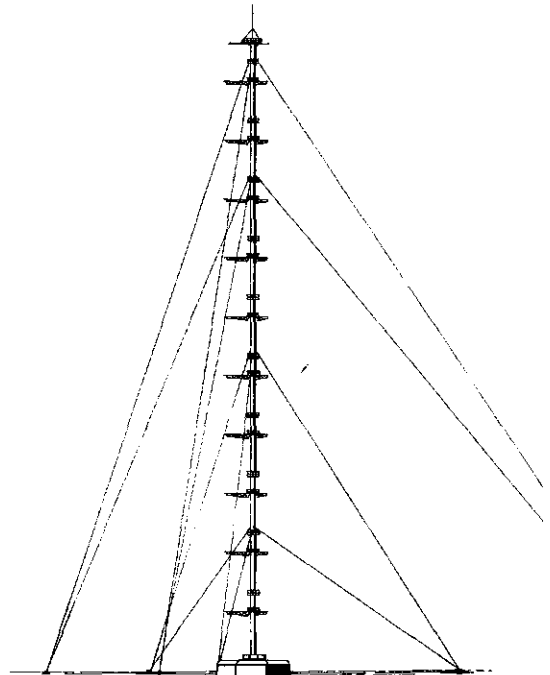
* Royal Netherlands Meteorological Institute,
 De Bilt

** National Institute of Public Health,
 Bilthoven, The Netherlands

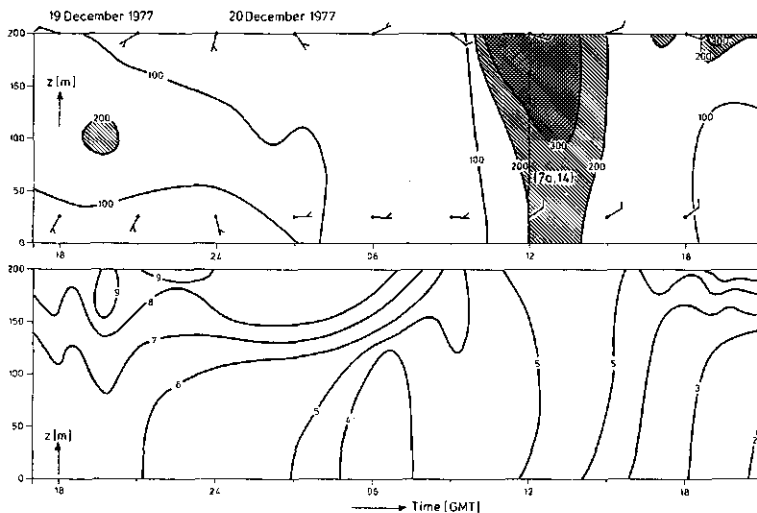
The sulfur dioxide concentrations at Cabauw have a yearly cycle at all levels. Superimposed on this cycle are the month-to-month fluctuations, which are mainly caused by meteorological factors and which occasionally affect the monthly values considerably. Surface concentrations of SO_2 are primarily determined by the intensity of vertical turbulent transport (and thus by stability), and by concentrations at elevated levels. Horizontal advection at ground level is of less importance. In other words, during daytime the surface concentration tends to attain the average boundary-layer concentration, due to enhanced mixing. High concentrations aloft will cause high ground-level concentrations.

High sulfur dioxide concentrations occur in the Netherlands mainly during stable weather conditions, when air masses travel over large source areas on the European continent. The stability of the boundary layer prevents surface concentrations from reaching the still much higher values aloft.

Only when vertical mixing increases (which happened only during a few hours in the episode) also high surface concentrations are observed.



The 213 m high meteorological tower at Cabauw. At 3, 100 and 200 m, air pollution monitors are installed which continuously measure SO_2 , NO_x and O_3 concentrations.



Time-height cross-section of SO_2 concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (upper diagram) and potential temperature ($^{\circ}\text{C}$) (lower diagram) on 19, 20 December 1977. Wind direction and speed at 20 and 200 m are indicated by flags. High concentrations of SO_2 , which are apparently present in more elevated layers as a result of transport from source areas in Belgium, are transported downwards by fumigation at 1200 GMT.

L.J. Brasser, H.S.M.A. Diederer

Technische Hogeschool Eindhoven

Samenvatting

Het aerosol onderzoekproject bevindt zich op het ogenblik in de eindfase van het voorbereidend onderzoek. De verscheidene analysemethoden die voor het onderzoek noodzakelijk zijn zijn ontwikkeld. De twee belangrijkste analysemethoden zijn:

- De kwantitatieve analyse van in water oplosbare ionogene componenten in aerosol m.b.v. isotachoforese.
- De kwantitatieve analyse van metalen in aerosol m.b.v. PIXE (Particle Induced X-ray Emission analysis).

Inleiding

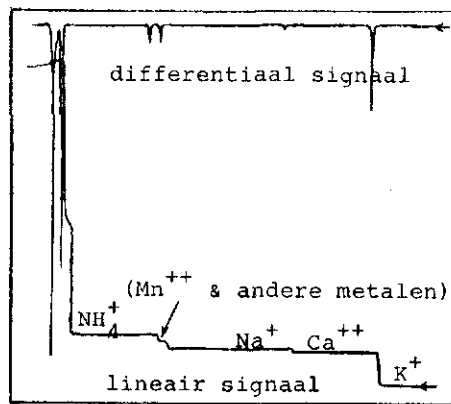
Het doel van het onderzoek is de heterogene oxidatie van SO_2 aan en in aerosoldeeltjes te onderzoeken, waarbij belangrijke factoren zijn de aanwezigheid van neutraliserende bestanddelen zoals NH_3 in de gasvorm en katalyserende bestanddelen in het aerosol zoals verbindingen van overgangsmetalen.

Beschrijving van de analysemethoden

Isotachoforese

Isotachoforese is een elektroforetische scheidingsmethode waarmee scheiding van zowel anionen als kationen mogelijk is, al naar gelang de richting van het elektrisch veld en de keuze van het elektrolietsysteem.

Er is een kwantitatieve analysemethode ontwikkeld om de hoeveelheid sulfaat, nitraat en ammonium in het aerosol te

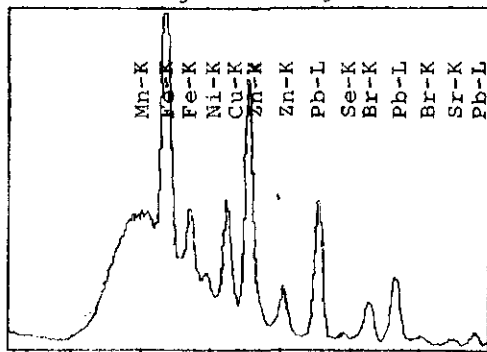


Scheiding van kationen

bepalen. Een uitbreiding tot gelijktijdige bepaling van andere ionen (o.a. Cl^- , F^- , PO_4^{3-} , K^+ , Na^+ , Ca^{+2}) is mogelijk.

PIXE

De analysemethode PIXE berust op het principe, dat als een stof met deeltjes wordt beschoten, deze een voor elk daarin aanwezig element karakteristieke röntgenstraling uitzendt.



PIXE van een aerosolmonster.

De gevoeligheid van de methode is groot (detectiegrens 10^{-12} gr). De analysetijd bedraagt enkele minuten.

AANBEVELINGEN VOOR EEN SAMENHANGEND NATIONAAL PROGRAMMA SO₂-ONDERZOEK

Subcommissie Luchtverontreiniging van de Commissie TNO voor het Onderzoek ten dienste van het Milieubeheer

Voorzitter: B.F. Saris te Arnhem

Secretaris: J. van Ham, SCMO-TNO, Postbus 186 te Delft

Inleiding

De Subcommissie Luchtverontreiniging fungeert als platform van de onderzoek-instellingen die zich bezighouden met luchtverontreinigingsonderzoek. De verwachting dat SO₂ in toenemende mate een probleem zal vormen was voor de Subcommissie aanleiding op intensieve wijze het onderzoek op dit gebied te analyseren met de bedoeling het beter te richten op de leemtes in de kennis en de uitwisseling van gegevens en de coördinatie op dit gebied te bevorderen.

Aanpak

Ter behandeling van het gestelde probleem werd een werkgroep gevormd, waarin een aantal betrokkenen bij de problematiek (gebruikers van onderzoekresultaten) deelnam: de Ministeries van V en M en EZ, de Elektriciteitsproducenten en de Olie-maatschappijen; voorzitter en secretaris van de Subcommissie.

Werkzaamheden

De werkzaamheden vingen aan met het inventariseren van het lopende SO₂-onderzoek in Nederland; gelijktijdig werd een werkprogramma opgesteld en gaandeweg verder uitgewerkt. Er werd een groot aantal contacten gelegd in den lande; middels een SO₂-informatiebulletin¹ werden geïnteresseerden van de activiteiten en de voortgang op de hoogte gehouden.

Tijdens de werkzaamheden werd geconstateerd dat er van de technologische methoden voor de SO₂-bestrijding geen overzicht in Nederland beschikbaar was. Op verzoek heeft een ad hoc werkgroep een overzicht opgesteld over een aantal bestrijdingstechnieken².

Gedurende de werkzaamheden is voortdurend gewerkt aan het formuleren van onderzoekaanbevelingen i.v.m. de SO₂-problematiek. Door de nauwe relatie met het energiegebruik strekken deze zich ook uit tot een aantal aspecten van het energie-onderzoek. Alvorens de slotversie van deze Aanbevelingen werd uitgebracht werden ze afgestemd op het door de Minister van Volksgezondheid en Milieu³ hygiëne uitgebrachte SO₂-beleidskaderplan⁴. De Aanbevelingen⁵ zijn, na voorbereiding in de Werkgroep SO₂-onderzoek, door de Subcommissie aanvaard en overgenomen en uitgebracht aan de Raad inzake de Luchtverontreiniging en aan de Vaste Kamercommissie Milieuhygiëne van de Tweede Kamer.

Samenvatting van de Aanbevelingen⁴

1. Het is van essentieel belang dat er een samenhangend SO₂-onderzoekprogramma voor de korte en langere termijn wordt opgesteld en dat dit als zodanig gaat functioneren. De uitvoering dient een gezamenlijke zaak te zijn van onderzoek-instellingen en hun opdrachtgevers, waar nodig in internationaal verband. Er zal afstemming dienen plaats te hebben met andere (toekomstige) programma's, zoals dat van NOK, LaSOM, REO, RMNO en COM.
2. Op basis van de gesignaleerde leemtes in de kennis dienen de volgende elementen een plaats in het programma te krijgen:
 1. Verspreiding; rekensysteem voor frequentieverdelingen.
 2. Effecten van SO₂ en volgprodukten op de mens.
 3. Effecten van SO₂ en volgprodukten op vegetaties.
 4. Effecten van SO₂ en volgprodukten op monumenten, materialen en kunstvoorwerpen.
 5. Effecten van SO₂ en volgprodukten op zuurgraad van de regen.
 6. Effecten van zure regen op eco-systemen.
 7. Meetmethoden voor deeltjes.
 8. Optimale methoden van rookgaswassing voor de Nederlandse situatie.
 9. Toepassing van de bijprodukten van SO₂-bestrijdingstechnieken.
 10. Storten en opslag van bijprodukten/afval van SO₂-bestrijding.
3. Het is gewenst in het kader van het energie-onderzoek maximale inspanningen te richten op:
 - vermindering verbruik primaire energiedragers (= energiebesparing);
 - ontwikkeling nieuwe verbrandingstechnieken, zoals wervelbedverbranding en kolenvergassing.

Referenties

1. Werkgroep SO₂-onderzoek. Informatiebulletin, nr. 5. 1 t/m 7 1977 - december 1979; met diverse bijlagen.
2. Rapport van de Technologische werkgroep SO₂-bestrijding, november 1978. Technologische methoden voor de beperking van de SO₂-emissie.
3. SO₂-beleidskaderplan. Kamerstuk 15834, zitting 1979-1980, oktober 1979.
4. Subcommissie Luchtverontreiniging, december 1979. Aanbevelingen voor Onderzoek m.b.t. de SO₂-problematiek.

Inleiding

De totale kosten voor een gasreinigingsinstallatie bestaan uit: investeringskosten, energiekosten en bedrijfs- en onderhoudskosten. Om verschillende typen gasreinigingsinstallaties op economische gronden te kunnen vergelijken, is het van het grootste belang dat deze kostensoorten met dezelfde uitgangsgegevens berekend worden d.w.z. met dezelfde leveringsomvang, inflatie, bankrente, energieprijzen, enz. Voor deze studie zijn de kosten voor rookgasreiniging van een kolengestookte centrale met de volgende installatietypen vergeleken:

Ontstoftingsinstallaties

- elektrostatische afscheider voor "normale" kolen.
- elektrostatische afscheider voor "moeilijke" kolen.
- doekfilterinstallatie van het "low ratio" type.
- doekfilterinstallatie van het type Fläkt-OPTIPULS.

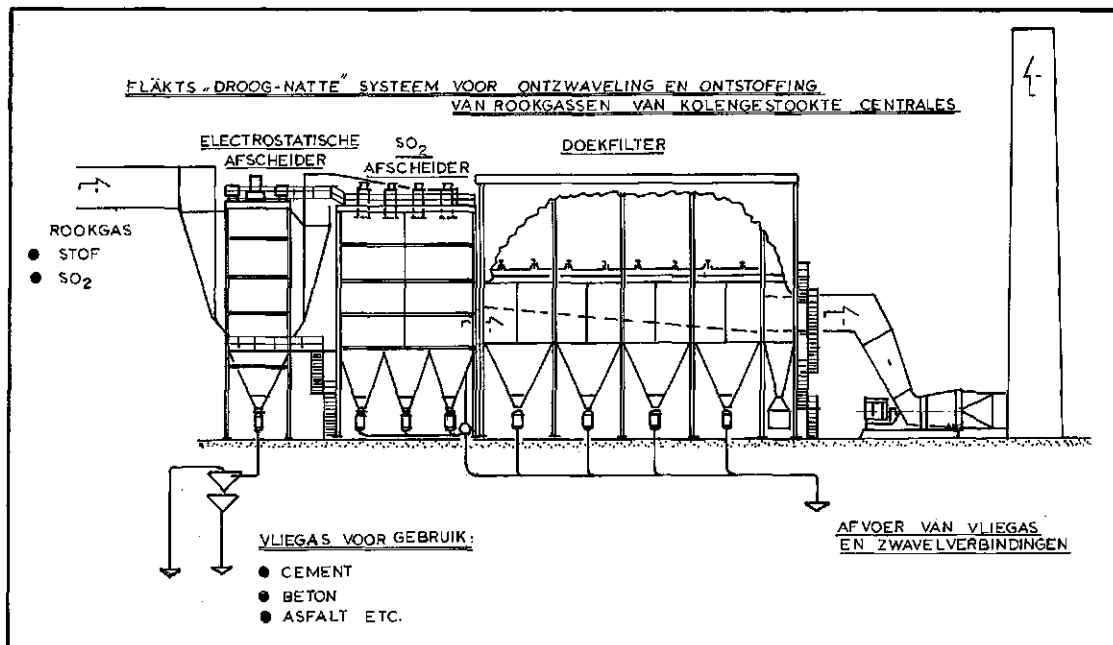
Ontzwavelingsinstallaties

- Fläkt's "droge-natte" systeem voor ontstofting en ontzwaveling.
- Konventioneel "nat" ontzwavelingssysteem.

Kosten voor rookgasreiniging

Installatie- type	Investerings- kosten hfl/kW	Totale kosten voor het eerste bedrijfs- jaar cent/kWh	Gem. totale jaarlijkse kosten over de gehele le- vensduur van de installatie cent/kWh
1)	60	0,21	0,25
2)	115	0,54	0,74
3)	132	0,65	0,87
4)	210	0,9	-
5)	270	1,15	-
6)	-	1,25	-

- 1) alleen ontstofting (gem. waarde).
- 2) ontstofting + ontzwaveling met Fläkt's "droge-natte" methode.
- 3) als 2) inclusief deponeringskosten.
- 4) ontzwaveling vlg. de konventionele "natte" methode exclusief ontstofting.
- 5) als 4) inclusief ontstofting.
- 6) als 4) inclusief ontstoftings- en slibdeponeringskosten.



M.P.J. Pulles en J.J.G. Verburg

Provinciale Waterstaat in Zuid-Holland, Den Haag

Samenvatting

Een methode die op snelle en relatief simpele wijze de gevolgen van een gewijzigde emissiesituatie op de grondconcentraties kwantitatief kan aangeven wordt gepresenteerd.

Deze methode wordt toegepast voor een analyse van de bijdrage van industriële SO₂ emissies nu en in de toekomst binnen Zuid-Holland aan de immissies binnen die provincie.

Inleiding

Volgens de meest recente meetcijfers is de dalende trend in de SO₂ immissieconcentratie tot staan gekomen en mogelijk kerwijs omgebogen in een stijging. Gedurende de winter van 1978/79 zijn overschrijdingen van de norm van de Gezondheidsraad waargenomen. Met de constatering dat 40% van de Nederlandse SO₂ uitworp binnen Zuid-Holland plaats vindt geeft dit aan dat een kwantitatieve inzicht in de beïnvloeding van de luchtkwaliteit door deze emissies noodzakelijk is. In deze bijdrage zal een rekenmethode worden gepresenteerd die dit kwantitatieve inzicht geeft en die op relatief simpele wijze kan worden gebruikt bij een bepaling van de luchtverontreinigingsgevolgen van mogelijk toekomstige veranderingen in de emissies.

Rekenmethode

De in de ERL geregistreerde SO₂ bronnen werden in een aantal groepen, waarvan verondersteld kan worden dat zij zich homogeen kunnen gedragen (industrietak, schoorsteenhoogte etc.), verdeeld. Voor iedere groep werd een immissiepatroon over de provincie berekend met behulp

van het Nationale Model. Voor de verticale dispersie coëfficiënten werden die volgens Pasquill gebruikt voor alle bronhoogten. Uit deze immissie patronen werd de uitgangssituatie door sommeren berekend. Door vergelijking met de eveneens in de ERL geregistreerde woningdichtheid, werd een ruimtelijke frequentieverdeling van de immissieconcentraties over de woningen van de provincie bepaald. Daarnaast werd de ruimtelijke frequentieverdeling over de oppervlakte van de provincie bepaald. De invloed van een bepaalde brongroep werd nu bepaald door de emissie van de betreffende groep te variëren en telkens de ruimtelijke frequentieverdelingen te bepalen. Het bleek dat de percentielwaarden van deze verdelingen in goede benadering lineair varieerden met de emissie van de beschouwde groep (afwijkingen kleiner dan 5%). Gebruik makend van deze ruimtelijke percentiel waarden is dan de luchtkwaliteit op zodanige wijze in een beperkt aantal kengetallen uit te drukken dat veranderingen in de emissies van een bepaalde groep (economische groei, rookgasreïning etc.) snel en eenvoudig kunnen worden vertaald in de gevolgen voor de SO₂ immissies. Deze kengetallen zijn zodanig dat ze een voor het beleid relevante informatie geven over de luchtkwaliteit; het toetsen aan grenswaarden geeft een mate van over-of onderschrijding aan.

Toepassing

Ter illustratie van de bovengeschetste rekenmethode worden hier de bijdragen van verschillende bedrijfstakken aan de lange termijn gemiddelde SO₂ immissies gegeven in termen van de ruimtelijke gemiddelden en de ruimtelijke 75 en 95 percentiel. Tevens is vermeld de totale emissie per groep in de uitgangssituatie.

Emitteergroep	Emissie (kg/uur) gem.	per woning		per vierkante kilometer			
		75 p	95 p	gem.	75 p	95 p	
metingen:							
1976/77		37	39	50	31	34	43
1977/78		35	40	46	30	31	40
1978/79		45	48	58	41	42	52
berekende bijdragen:							
Totaal industrie	23500	21,5	25,1	56,2	12,8	13,6	31,6
Olieraffinaderijen	18500	14,6	17,6	31,9	9,4	9,9	21,3
Chemische industrie	3000	5,2	4,4	19,5	2,2	2,2	5,2
Overige industrie	2000	1,8	3,1	4,8	1,1	1,6	5,2
Centrales op 1% olie	5700	3,2	4,7	4,0	2,7	3,3	6,1

ROOKGASONTZWAVELING

De Koninklijke Maatschappij "De Schelde" te Vlissingen ontwerpt en bouwt rookgasontzwavelingsinstallaties onder licentie van Saarberg-Hölder Umwelttechnik. Het Schelde-SHU proces is in staat met hoog rendement SO_2 , HCL en HF te verwijderen uit rookgasen afkomstig van bijvoorbeeld olie/kolen gestookte ketelinstallaties, vuilverbrandingsinstallaties, chemische fabrieken en sinter installaties.

Rookgasontzwavelingsinstallaties in bedrijf of in aanbouw met het SHU-proces:

- elektrische centrales

(kolen en/of olie)

125.000 Nm³/hr (40 MW) Saarbrücken

436.000 Nm³/hr (150 MW) Berlijn

436.000 Nm³/hr (150 MW) Berlijn

625.000 Nm³/hr (175 MW) Saarbrücken

840.000 Nm³/hr (230 MW) Völklingen

- vuilverbrandingsinstallaties

(SO_2 , HCL en HF)

30.000 Nm³/hr Neuenkirchen

57.000 Nm³/hr Herten

124.000 Nm³/hr Herten

- Chemische bedrijven

35.000 Nm³/hr bij extreme SO_2 -gehaltenes.

Het proces wordt gekenmerkt door de volgende bijzondere eigenschappen:

- toepassing van een heldere oplossing als wasvloeistof voor de absorptie van SO_2 , HCL en HF;
- de toevoeging van het additief mierenzuur om de wasvloeistof te bufferen en de pH tijdens absorptie vast te houden.
- de vorming van het in water oplosbare calciumbisulfiet in plaats van het onoplosbare calciumsulfiet;
- de vorming van gips van hoge kwaliteit in een geïntegreerde oxidatiestap;
- hoge ontzwavelingsgraad in combinatie met geringe hoeveelheden wasvloeistof;
- geen afzettingen of verstoppingen in het systeem;
- geringe personeelskosten;
- laag energieverbruik.

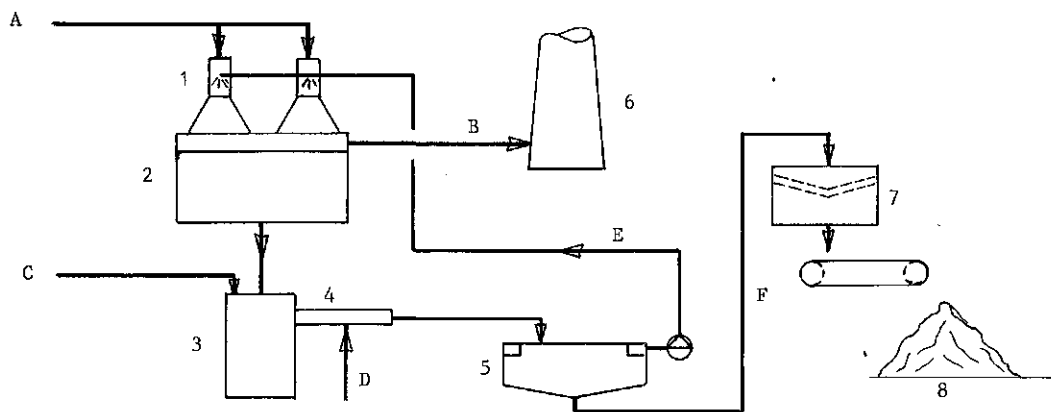
Inl: Kon. Mij. "DE SCHELDE"

Postbus 16

Vlissingen

tel: 01184 - 83911, toestel: 2582

telex: 55115



1. water
2. separator
3. oxidatietank
4. mengkanaal
5. bezinktank
6. schoorsteen
7. ontwatering
8. gips

- A ongezuiverde rookgassen
- B gezuiverde rookgassen
- C lucht
- D $\text{Ca}(\text{OH})_2$
- E wasvloeistof
- F gipsslurry

INVLOED VAN DE COMBINATIE $\text{SO}_2 + \text{NO}_2$ OP PLANTEN

H.G. Wolting

Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Wageningen

Experimenten: Kunstmatige begassing met de combinatie $\text{SO}_2 + \text{NO}_2$
 Begassingsduur: 3 weken gedurende 6 uur per dag
 Concentraties: SO_2 variërend van 140 - 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 NO_2 variërend van 85 - 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

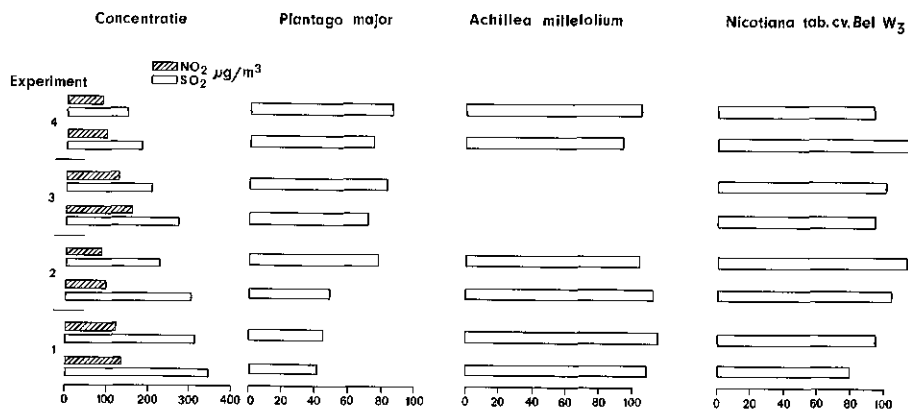


PLANTAGO MAJOR L.
 SO_2 : 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 NO_2 : 135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 SO_2 : 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 NO_2 : 96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

links: begast
 rechts: controle



Percentage droge stof t.o.v. controle



Algemene conclusies.

1. Plantago major is meer geschikt voor het aantonen van chronische effecten (groei-reductie); Nicotiana tab. cv. Bel W₃ is meer geschikt voor het aantonen van acute effecten (zichtbare symptomen).
2. Uit vergelijkingen met eerder uitgevoerd onderzoek moet worden afgeleid dat $\text{SO}_2 + \text{NO}_2$ synergistisch kan werken.
3. Bij de toepassing van Nicotiana tab. cv. Bel W₃ als indicator voor O_3 moet rekening worden gehouden met de invloed van $\text{SO}_2 + \text{NO}_2$ gezien de sterke overeenkomst in beschadigingssymptomen.

DISPERSION EXPERIMENTS FROM A HIGH SOURCE

F.T.M. Nieuwstadt and H. v. Duuren
K.N.M.I., De Bilt K.E.M.A., Arnhem

In the last decade a solution to the problem of maintaining a good air quality at ground level has been sought by building very tall stacks. Although these stacks do not lessen the impact of air pollution emissions on the total environment, they nevertheless reduce efficiently the local ground level concentrations near the source.

Dispersion estimates from these sources are based on empirical data. However, little experimental information is available on the dispersion from high sources. Therefore we performed a set of dispersion experiments from a meteorological mast situated near Cabauw in the Netherlands. At this mast a source height, H , of 200 m is possible. The tracer material is SF_6 . A full description of the experiments is given in ref. 1.

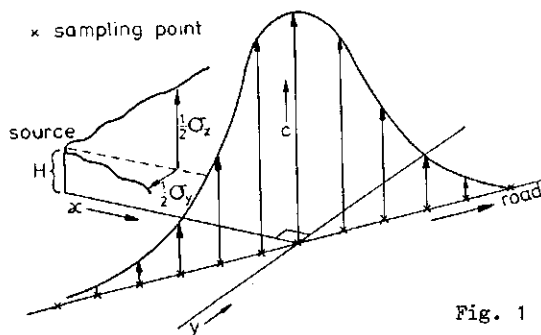


Fig. 1

A schematic view of the experimental set up is shown in Figure 1. It follows that the plume can be characterized by its horizontal and vertical dimensions, σ_y and σ_z respectively. The experimental results for these parameters are shown in Figure 2 and 3. For comparison we also show in these figures the well-known results of Pasquill-Gifford. An extensive discussion of these comparisons is given in ref. 1.

The results of these dispersion experiments will contribute to our knowledge of dispersion from high sources.

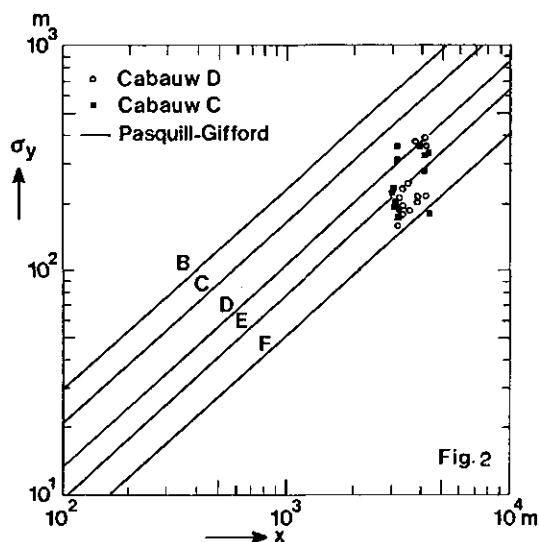


Fig. 2

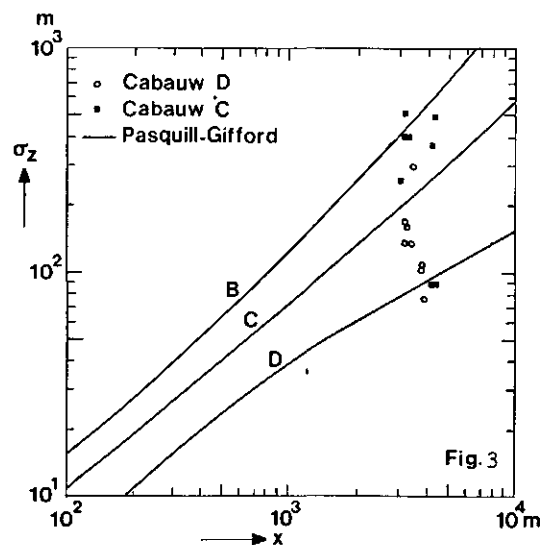


Fig. 3

Ref. 1. H. v. Duuren and F.T.M. Nieuwstadt. Dispersion experiments from the 213 m high meteorological mast at Cabauw in the Netherlands. 14ème colloque IRCHA, 5-8 Mai 1980, Paris.

INVLOED VAN SO_2 , O_3 EN $\text{SO}_2 + \text{O}_3$ OP PLANTEN

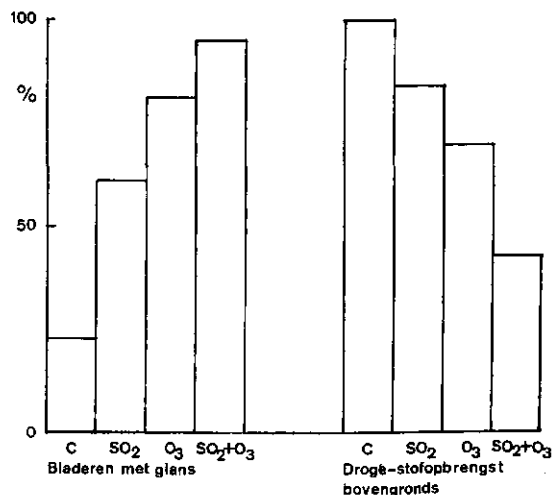
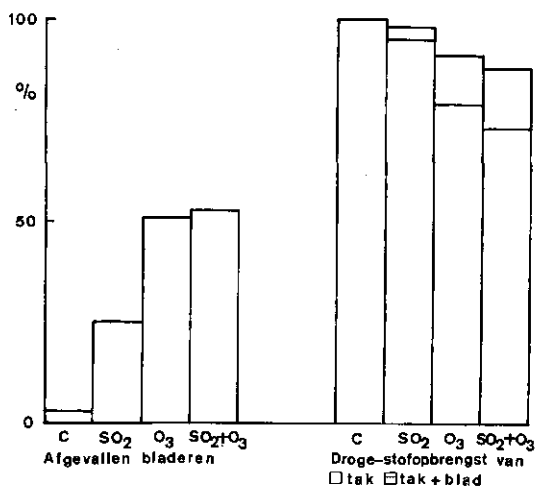
J. Mooi / A.E.G. Tonneijck

Instituut voor Plantenziektenkundig Onderzoek, Wageningen

Vanwege de verwachte stijging van SO_2 -concentraties in de buitenlucht en gezien de immer optredende beschadigingen bij gevoelige plantesoorten door O_3 , is het belangrijk de effecten van de combinatie $\text{SO}_2 + \text{O}_3$ te leren kennen. Om deze reden werden populieren (bladval in de praktijk) en grote weegbree (mogelijk nieuwe indicatorplant voor luchtverontreiniging) in speciale begassingskassen gedurende 4 weken blootgesteld aan SO_2 (160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 uur/etmaal), O_3 (70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 12 uur/etmaal) en de combinatie hiervan.

Populus x euramericana 'Dorskamp'

Plantago major L.



Algemene conclusies.

1. De in de praktijk geconstateerde bladval bij populier kan veroorzaakt worden door O_3 , mogelijk versterkt door de aanwezigheid van SO_2 .
2. Grote weegbree is niet geschikt voor het waarnemen van acute effecten, wel voor het vaststellen van chronische effecten van luchtverontreiniging.
3. De combinatie $\text{SO}_2 + \text{O}_3$ kan synergistisch werken.
4. Het effect van de combinatie $\text{SO}_2 + \text{O}_3$ kan niet verklaard worden door een ten gevolge van O_3 -invloed gewijzigde zwavelopname.

H. van Dam¹, G. Suurmond², C.J.F. ter Braak³

1. RIN, Leersum, 2. Vakgroep Natuurbeheer, LH, Wageningen, 3. IWIS-TNO, Wageningen

Vennen hebben een laag mineralengehalte en dus een lage buffercapaciteit. Zulke wateren zijn extreem gevoelig voor zure neerslag.

Diatomeeën of kiezelwieren, eencellige plantjes, zijn goede pH-indicatoren. Verzuuring veroorzaakt toename van zuurminnende soorten. Theoretisch wordt verwacht dat verzuuring de verscheidenheid binnen de vennen (diversiteit) en tussen de vennen (dissimilariteit) doet afnemen.

Er werden preparaten gemaakt van plankton-monsters, die rond 1920 en in 1978 in "ongerepte" vennen werden genomen. De tien vennen bij Oisterwijk en Kootwijk (groep I) hebben in hoofdzaak een zandige bodem en niet-humeus water. De zes vennen bij Dwingelo (groep II) hebben voornamelijk een venige bodem en humeus water. In elk preparaat werden 400 diatomeeën gedetermineerd en geteld.

Diatomeeën kunnen in pH-klassen worden verdeeld:

1. acidobiont (optimaal bij pH < ca 5,5)
2. acidofiel (optimaal bij pH < 7)
3. circumneutraal (optimaal bij pH = ca 7)
4. alkaliefiel (optimaal bij pH > 7)

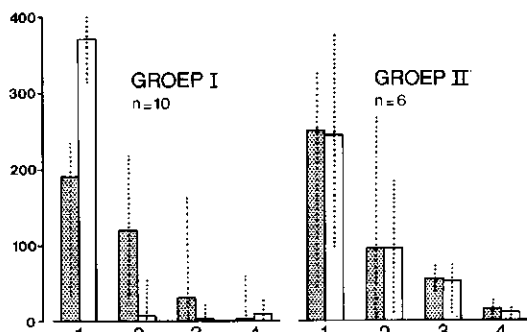


Fig. 1. Mediane aantallen diatomeeën per pH-klasse. ■ ca 1920, □ 1978, range.

Uit fig. 1 blijkt dat acidobionte soorten in groep I sterk zijn toegenomen. Ook de verschillen in pH tussen de vennen zijn afgenomen (schatting op grond van fig. 1 voor 1920: 4-6, meting 1978: 3,7-4,6. Uit de toename van maximum en minimum van acidobionte soorten in groep II blijkt dat sommige vennen bij Dwingelo zijn verzuurd.

De diversiteitsindices volgens Hill (1973) nemen in groep I significant af; in groep II is er een tendens tot toename van de diversiteit tussen 1920 en 1978.

De dissimilariteitsindex van Dyer (1978) neemt significant af in groep I. In groep II is geen duidelijke voor- of achteruitgang,

maar de soortensamenstelling verandert wel in de loop van zestig jaar.

De hoeveelheid van de soort *Eunotia exigua* verklaart 61% van de variatie tussen de monsters en neemt, het meest in groep I, tussen 1920 en 1978 sterk toe.

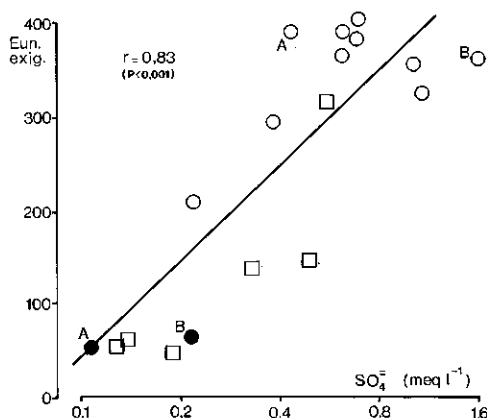


Fig. 2. Sulfaatconcentratie en *Eunotia exigua*. ● groep I ca 1920, ○ groep I 1978, □ groep II 1978

Uit fig. 2 blijkt dat er een logaritmisch verband is tussen het SO_4 -gehalte en het aantal *E. exigua* in de recente monsters. In de vennen A en B zijn beide grootheden sinds 1920 toegenomen. Sulfaat is sterk gecorreleerd met o.a. calcium en aluminium (Al max. 5 mg/l). *E. exigua* is resistent tegen hoge gehalten Al en zware metalen en wordt daarom vaak in "acid mine drainage" gevonden.

In groep II komen lagere SO_4 -gehalten voor dan op grond van de samenstelling van de neerslag wordt verwacht; hier vindt sulfaat-reductie plaats. In groep I zijn deze gehalten soms zeer hoog, met name in vennen die grondwater uit dennebos toegevoerd krijgen. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de hoge droge depositie van zwavelverbindingen in naaldbossen. De droogte van 1976 heeft het SO_4 -gehalte nog eens extra verhoogd.

Literatuur

- Dyer, P., 1978. An analysis of species dissimilarity using multiple environmental variables. *Ecology* 59:117-125.
Hill, M.O., 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54: 427-432.

T. de Wit, E. Jansen en H. van Dobben

Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum/Arnhem

Samenvatting

In grote delen van Nederland zijn veel korstmossen verdwenen. Het verdwijnen van korstmossen bleek sterk gecorreleerd met SO_2 -concentraties. Een dergelijke samenhang bestaat waarschijnlijk ook voor het verdwijnen van de cantharel. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen in hoeverre andere problemen in het natuurbeheer eveneens samenhangen met invloeden uit de lucht.

Korstmossen

In de jaren 1971 - 1974 werd een groot onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van korstmossen op bomen (zg. epifyten). Hiertoe werd Nederland verdeeld in hokken van 5x5 km. In ieder hok werd nagegaan, welke korstmos-soorten er voorkwamen. Met deze gegevens werd een globale soortenrijkdom-kaart gemaakt (fig. 1). Het bleek dat de epifytenrijkdom van een hok nauw samenhangt met de SO_2 -concentratie; bij hoge concentraties wordt de epifytenrijkdom vooral bepaald door de mediaan, bij lagere concentraties door de piekwaarden (fig. 2).

Cantharel

Uit een enquête onder paddestoel-kenners werden gegevens verkregen over groeiplaatsen van de cantharel in vroeger jaren. Deze vindplaatsen werden vanaf 1976 regelmatig bezocht. Op veel plaatsen bleek de cantharel te zijn verdwenen. De verdwenen cantharel-vindplaatsen liggen voor een groot deel in epifyten-arme hokken (fig. 3). Dit wijst op een samenhang tussen verdwijnen van de cantharel en SO_2 -concentraties.

Vergrassing

Toename van de hoeveelheden gras in heiden en bossen is een steeds vaker voorkomend probleem voor het natuurbeheer. Deze vergrassing kan deels veroorzaakt worden door een onjuist beheer, deels door daling van grondwatervlucht. Men vermoedt echter dat ook invloeden uit de lucht een rol spelen; hierbij wordt vooral gedacht aan de veranderde chemische samenstelling van de neerslag. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen in hoeverre deze veronderstelling juist is.

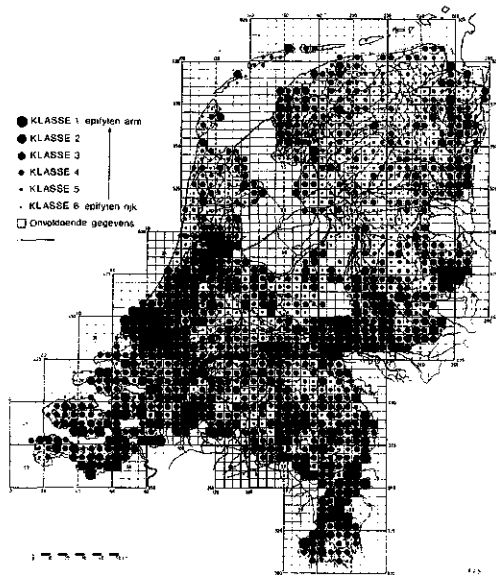


fig. 1: epifytenrijkdom in Nederland rond 1972

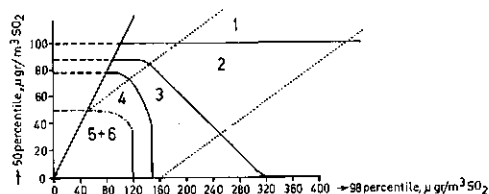


fig. 2: verband tussen epifyten-klasse en SO_2 -concentratie

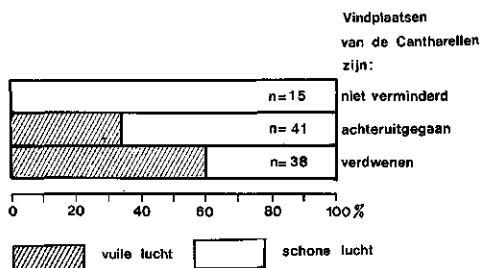


fig. 3: verband tussen achteruitgang van de cantharel en luchtverontreiniging

Literatuur

- Wit, T. de (1976): Epiphytic lichens and air pollution in the Netherlands. Bibl. Lichenol. 5, Cramer, Vaduz.
 Jansen, E. & de Wit, T. (1979): Veranderingen in de verspreiding van de cantharel in Nederland. Coolia 21, 117 - 123

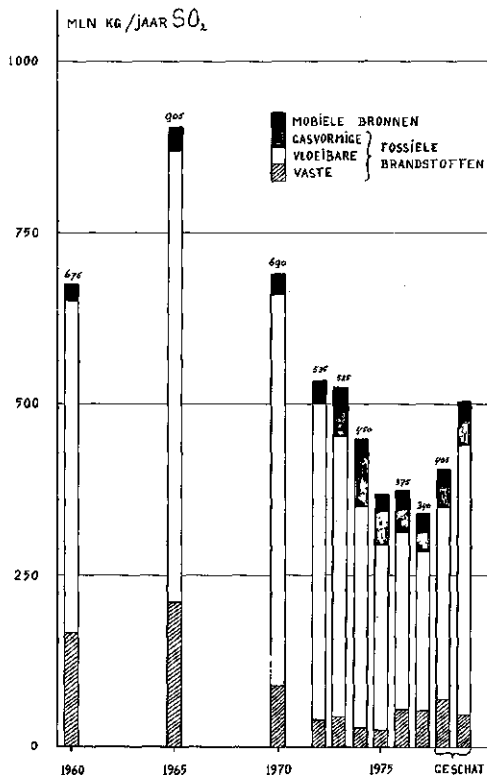


centraal bureau voor de statistiek

(AFDELING MILIEUHYGIËNE TE VOORBURG)

ZWAVELDIOXYDE - UITWORP

(EXCLUSIEF PROCES- EN ZEESCHEEPVAART-UITWORP)



SAMENWERKING MET O.A.: - PROJECT EMISSIEREGISTRATIE (VOMIL, V&W)
- CENTRAAL PLANBUREAU (EZ)
- NATIONALE VERKEERS- EN VERVOERREKENING (V&W)

PROGRAMMERING: CENTRALE COMMISSIE VOOR DE STATISTIEK
(ADVIESGIE, MILIEUSTATISTIEKEN)

PUBLIKATIE in: - CBS ALGEMENE MILIEUSTATISTIEK (2-JAARLIJKS)
- CBS STATISTISCH ZAKBOEK (JAARLIJKS)
- CBS STATISTISCH BULLETIN (ZODRA KLAAR)
- CBS ONDERWERPSTUDIES (AD-HOC)
- VIDITEL (VIEWDATA-PROEFPROJECT PTT, TV + TFN)
- TIJDSCHRIFTEN EN HANDBOEK LUV0 (VERMANDE)

INLICHTINGEN: 070 - 69 43 41 tot 3159 (P. SCHAAKE)

ACTIVITEITEN LUCHTVERONTREINIGING

1. EMISSIES

LANDELIJKE JAARTABELLEN VANAF 1960.
TIJDSPIP: ZODRA BASISINFORMATIE BESCHIKBAAR
(ENERGIE- EN VERKEERSGEGEVENS).
- DOOR FOSSIELE BRANDSTOFFEN IN OVENS,
NAAR VAST, VLOEIBAAR EN GAS EN
30 ECONOMISCHE SECTOREN.
- DOOR MOBILE BRONNEN: WEGVERKEER
(NAAR SOORT), LUCHTVAART (GRONDUITWORP),
RAIL EN LANDBOUWERKTUIGEN.

2. CONCENTRATIES BUITENLUCHT

JAARSTATISTIEK VANAF 1977 MET VOORLOPIGE
UITKOMSTEN METINGEN APRIL 19X - MAART 19(X+1).
OVERZICHT VAN ALLE OPERATIONELE VASTE
MEETPUNTEN IN NL. EN DE MEESTE MEET-
RESULTATEN. (BEPERKTE VERSPREIDING).
TIJDSPIP: 6 MAANDEN NA EINDE MEETJAAR.

3. BESTUURLIJKE MAATREGELEN

TABELLARISCHE OVERZICHTEN 1 X PER 2 JAAR (AM).

4. AD-HOC STUDIES

- EMISSIES PER REGIO.
- VERMEDEN EMISSIES EN IN DE TOEKOMST
TE VERMIJDEN EMISSIES.
- KOSTEN (VERMEDEN) LUV0. (SAMEN MET O.A.F.D.
MILIEUKOSTEN)
- INPUT-OUTPUT STUDIES NAAR GECUMULEERDE
UITWORP PER BEDRIJFSTAK. (H.A.F.D. NATIONALE
REKENINGEN)
- MILIEU-INDICATOREN VOOR SELECTIEF GROEI-
BELEID.
- GEVOLGEN LUV0 VOOR OBJECTEN EN SUBJECTEN.
(ENQUÊTES + LITERATUUR)
- DEELNAME WERKGROEPEN ETC.

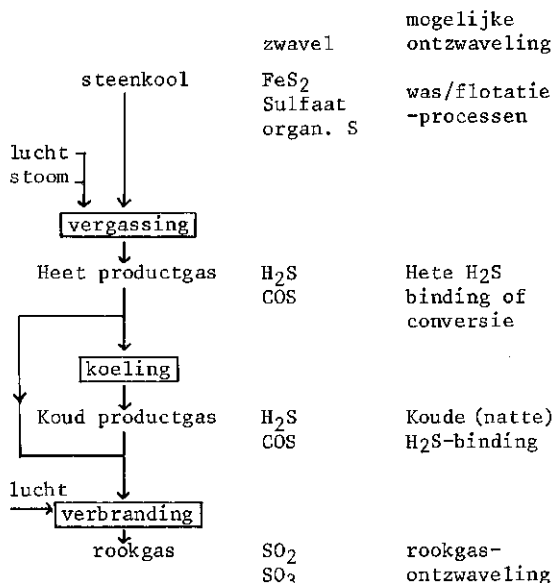
A. Verver; A. Blik; W.P.M. van Swaaij

Technische Hogeschool Twente, Enschede

Inleiding

Het streven van de overheid tot stabilisering van het industriele aardgasverbruik zal in toenemende mate betekenen dat op alternatieve brandstoffen moet worden overschakeld. Een van de opties hierbij is de vóórschakeling van een steenkoolvergasser voor bestaande gas- of olie gestookte installaties, zoals boilers, ovens e.d.. Hiermee wordt in feite een twee-traps verbrandingsproces geïntroduceerd.

Een niet onbelangrijk voordeel van een 2-traps verbrandingssysteem voor steenkool is dat de ontzwavelingsmogelijkheden worden uitgebreid met die processen die de zwavel in de vorm van H_2S verwijderen. In fig. 1. is aangegeven in welke vorm zwavel voorkomt in de diverse stadia van een dergelijk 2-traps proces.



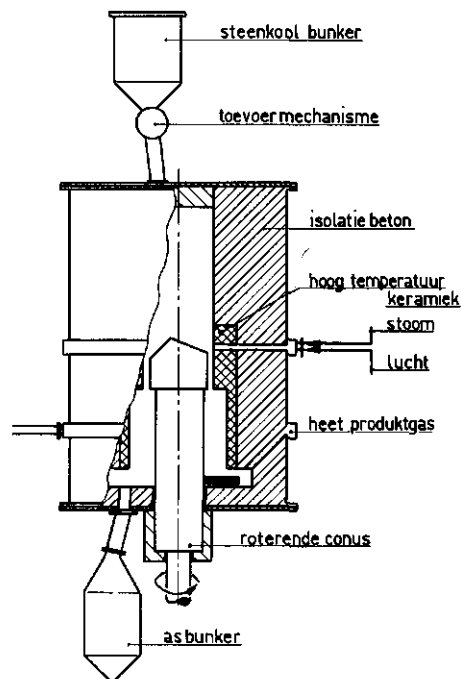
Eén van de voordelen van de afvang van H_2S i.p.v. SO_2 is dat, doordat de verbrandingslucht nog moet worden toegevoerd, de zwavelconcentratie hoger is. Daarenhoven is H_2S makkelijker te verwijderen.

Onderzoek aan de T.H.-Twente

A. Vergassing

Experimenteel onderzoek wordt uitgevoerd aan een zgn. meestroom glijdend bed reaktor

(fig. 2) voor de conversie van steenkool tot een laagcalorisch gas, met CO en H_2 als voornaamste brandbare bestanddelen. Hiertoe is onlangs een 150 KWatt pilot-plant installatie in gebruik genomen, die zowel diverse steenkoolsoorten als bruinkool zal gaan verwerken.



Doel van het onderzoek is om te komen tot het ontwerp van vergassingsinstallaties van 5 - 10 MW_{th}, m.a.w. qua capaciteit op industriële schaal.

B. Ontzwavelingsonderzoek

Het onderzoek aan de T.H.T. richt zich op processen waarmee het mogelijk is om te komen tot een zwavelarm productgas uit steenkool, zonder dat afkoeling hiervan to kamertemperatuur noodzakelijk is. Op het ogenblik lopen de volgende 2 onderzoeken:

1. Katalytische partiële oxidatie van H_2S tot elementaire zwavel bij hogere temperatuur.
2. In-situ binding van H_2S tijdens de vergassing van steenkool door toeslag van basische materialen.

A.A. Olsthoorn

Instituut voor Milieuvraagstukken

Inleiding

Luchtverontreiniging door SO₂ is in Nederland een actueel probleem omdat toename van energieverbruik gepaard gaat met een afnemende rol van aardgas in de energievoorziening een sterke vergroting van de SO₂ emissies tot gevolg zouden kunnen hebben. Maatregelen om de SO₂ uitstoot binnen de perken (500.000 t/jaar) te houden zijn mogelijk doch hiermee zijn niet onaanzienlijke kosten verbonden. De baten van dergelijke maatregelen zijn vooral van medische en economische aard, maar er is ook sprake van vermedenschade aan materialen. Deze laatste baten kunnen in principe in geld uitgedrukt worden en dus tegenover de kosten van de maatregelen gesteld worden.

De bedoeling van het hier beschreven beperkte onderzoek was het nagaan van het verband tussen de omvang van de SO₂ emissie en de schade. In het verleden is voor Nederland een onderzoek gedaan naar de schade door luchtverontreiniging (1), doch daarbij werd niet specifiek gekeken naar SO₂.

In beschouwing genomen materialen en kosten

De materialen die door de combinatie van de omvang der totale voorraad en gevoeligheid voor aantasting van belang zijn en daarom in beschouwing genomen, zijn staal en bloedzink.

De kosten kunnen worden onderverdeeld in directe en indirecte kosten. De laatste betreffende kosten als gevolg van productieuitval door aantasting van apparatuur. Ze zijn niet in beschouwing genomen, omdat ze zeer moeilijk zijn te achterhalen door hun incidentele karakter. De directe kosten zijn onderverdeeld in kosten als gevolg van verminderde levensduur. Ze worden beide berekend door het verschil te nemen van onderhoudskosten en afschrijvingen in "vuile" en "schone" gebieden. Jaarlijkse kosten als gevolg van extra onderhoud

$$D = \frac{K \cdot T \cdot f(SO_2)}{L} - \left\{ \frac{L - Z(SO_2)}{B(SO_2)} - \frac{L - Z(s)}{B(s)} \right\} \text{ waarbij,}$$

- K conserveringskosten per eenheid object (bijv. schilderkosten/m²)
 T totale hoeveelheid objecten
 f(SO₂) fractie van de objecten blootgesteld aan zekere concentratie SO₂
 L economische levensduur van het object (wordt niet beïnvloed door SO₂)
 Z(SO₂) tijdsspanne tussen in gebruik nemen van object en eerste onderhoudsbeurt of levensduur van initiële bescher-

- mingssysteem. Eveneens functie van de SO₂ concentratie
 B(SO₂) de levensduur van de aangebrachte beschermingssysteem (i.h.a. verf) als functie van de SO₂ concentratie
 Z(s) levensduur initiële beschermingssysteem in schone gebieden
 B(s) levensduur beschermingssysteem in schone gebieden
 $D = - I \cdot f(SO_2) \left\{ \frac{1}{L_s} - \frac{1}{L(SO_2)} \right\}$, waarbij
 I nieuwwaarde van de objecten
 L_s economische levensduur van object zonder luchtverontreiniging
 L(SO₂) economische levensduur van object als functie van SO₂ concentraties.

Dosis-effect-relaties en schadefuncties

Het verband tussen aantasting van object en mate van blootstelling wordt dosis-effect relatie genoemd. Een bijzondere vorm hiervan zijn schadefuncties, dit zijn de relaties waar het effect in monetaire eenheden is uitgedrukt. In de praktijk blijken dit soort relaties slechts in theorie te bestaan. Daarom zijn door ons schattingen gemaakt van schadefuncties op basis van losse ervaringsgegevens. Zo werd de beschermingsduur van verf op staal geschat als $B(SO_2) = 10,2 - 0,02 SO_2$ waarbij B(SO₂) de beschermingsduur is (jaren) en SO₂ de SO₂ concentratie (µg/m³).

Ruimtelijke spreiding van de schade

De schadefuncties hebben de algemene vorm

$$D = T \cdot f(SO_2) \cdot K(SO_2), \text{ waarbij}$$

- K(SO₂) de schade per eenheid object aangeeft als functie van SO₂ concentraties
 f(SO₂) de fractie van de totale hoeveelheid objecten T blootgesteld aan die concentratie
 f(SO₂) veronderstelt dus kennis van én de ruimtelijke verdeling van objecten én van de luchtverontreiniging. De eerste verdeling is gemaakt door de objecten over Nederland te verdelen naar rato van de aantallen inwoners in een achttiental gebieden, samengesteld uit zgn. COROP-gebieden. Deze aggregatie van COROP-gebieden werd uitgevoerd door de SO₂ vervuilingkaart van Nederland in beschouwing te nemen en aan elkaar grenzende gebieden met ongeveer gelijke mate van luchtvervuiling samen te nemen. De concentraties

hebben betrekking op de situatie rond '75/'76. Aldus wordt een niet-cumulatieve frequentietabel verkregen van $f(SO_2)$ ($\mu g/m^3$, jaargemiddeld).

Tabel 1. Niet-cumulatieve frequentietabel van SO_2 tegen $f(SO_2)$ (zie tekst) 1976

$f(SO_2)$	$(SO_2) \mu g/m^3$	$f(SO_2)\%$	$(SO_2) \mu g/m$
13	13	3,6	90
7,0	16	10,8	34
4,9	17	7,6	35
4,2	21	14,0	36
7,6	27	10,6	37
7,6	28	15,0	38
4,2	29	3,0	39

Soortgelijke frequentietabellen voor hypothetische emissie E werden verkregen door per onderscheiden gebied als volgt de concentraties te berekenen

$$SO_2(E) = \frac{E}{500.000} \left\{ SO_2(1976) - SO_2(\text{achtergrond}) + SO_2(\text{achtergrond}) \right\}$$

Waarbij $SO_2(E)$ is de concentratie bij hypothetische emissie E is. Aangenomen is dus dat de emissie in 1976 500.000 ton is geweest.

$SO_2(\text{achtergrond})$ is gesteld op $10 \mu g/m^3$ uitgezonderd de gebieden W.-Brabant en Noord-Limburg waar $15 \mu g/m^3$ verondersteld is.

Een belangrijke veronderstelling is dat het ruimtelijk en temporeel patroon van emissies (en dus immissies) niet drastisch anders is dan in 1976, een veronderstelling die voor de daaraan voorafgaande jaren zeker niet opgaat maar voor de toekomst wel, althans om en nabij.

Aangetaste objecten

Op grond van gegevens in uiteenlopende bronnen is de volgende schatting gemaakt van de relevante materialenvoorraad. Ook zijn daar veronderstelde levensduren gegeven.

Tabel 2. Materialen voorraad in 1978 en economische levensduren

object	econ.levensduur (jaar)
geschilderd staal $48.10^6 m^2$	35
verzinkt staal	
v. tuinbouwkassen $48.10^6 m^2$	20
verzinkt én geschilderd staal $43.10^6 m^2$	35
duplex staal $10.10^6 m^2$	35
hekwerk, afrasteringen etc. $fl 2.10^9 -$	35
bladzink 225.000 ton	

Resultaten en discussie

Bij een emissie van 500.000 t/jaar blijkt de met het model berekende schade betrekke-

lijk gering: f. 30 miljoen. Een verdubbeling van deze emissie zou een schade van ca. f. 200 miljoen tot gevolg hebben. De uitstoot van 750.000 ton aan SO_2 zou een schade tot gevolg hebben van f. 90 miljoen.

Uit deze cijfers en het model blijkt dat de schadefunctie geen rechte is, maar de S-vorm heeft. Dit is ook te verwachten indien we bedenken dat deze vorm een eigenschap is van dosis-effect-relaties die processen beschrijven waarin drempelwaarden voorkomen (2).

Volgens het SO_2 beleidskaderplan zijn jaarlijkse kosten van vermindering van SO_2 emissie f. 1 à 2 per geëlimineerde kg SO_2 . Ten opzichte van deze bedragen is een bedrag van ca. f. 0,4 kg voor de toename van schade aan materialen door SO_2 als de emissie van 500.000 ton zou toenemen tot 1.000.000 ton zeker niet verwaarloosbaar.

Literatuur

- 1) Jansen, H.M.A et al., 1974. Een raming van schade door luchtverontreiniging in Nederland in 1970. IVN-VU, serie A no. 8, A'dam.
- 2) Ott, W.R., 1978. Environmental indices. Ann. Arbor. Science, Ann Arbor.

Register

Adema, E.H.	VII
Biersteker, K.	47
Blauwhoff, P.M.M.	92
Bliek, A.	92, 123
Boerée, R.W.	27
Braak, C.J.F. ter	120
Brasser, L.J.	112
Brugghen, F.W. v.d.	78
Dam, H. van	120
Diederen, H.S.M.A.	112
Dobben, H. van	121
Dop, H. van	111
Duuren, H. van	118
Eerden, L.J. van der	110
Egmond, N.D. van	21, 111
Elshout, A.J.	78
Ginjaar, L.	1
Jansen, E.	121
Koppen, C.W.J.	90
Meerman, P.G.	88
Mooi, J.	119
Muskens, P.J.W.M.	68
Olsthoorn, A.A.	124
Post van der Burg, P.A.R.	68
Posthumus, A.C.	61
Pulles, M.P.J.	115
Reijnders, H.F.R.	109
Rhijn, A.A.T. van	11
Ridder, T.B.	109, 111
Spitsbergen, U.	107
Staatsen, A.A.M.F.	7
Suurmond, G.	120
Swaay, W.P.M. van	92, 95, 123
Swager, J.	15
Tommel, D.K.J.	74
Tonkelaar, J.F. van	111
Tonneijck, A.E.G.	119
Verburg, J.J.G.	115
Verver, A.	123
Vincent, Ch.J.	107
Vries, W.T. de	74
Wit, T. de	121
Wolting, H.G.	117
Zwerver, S.	33