

TOEKOMSTBEELD DER TECHNIEK

serie toekomststudies uit de ingenieurswetenschappen

Mens en milieu, prioriteiten en keuze

door

Ir. L. SCHEPERS

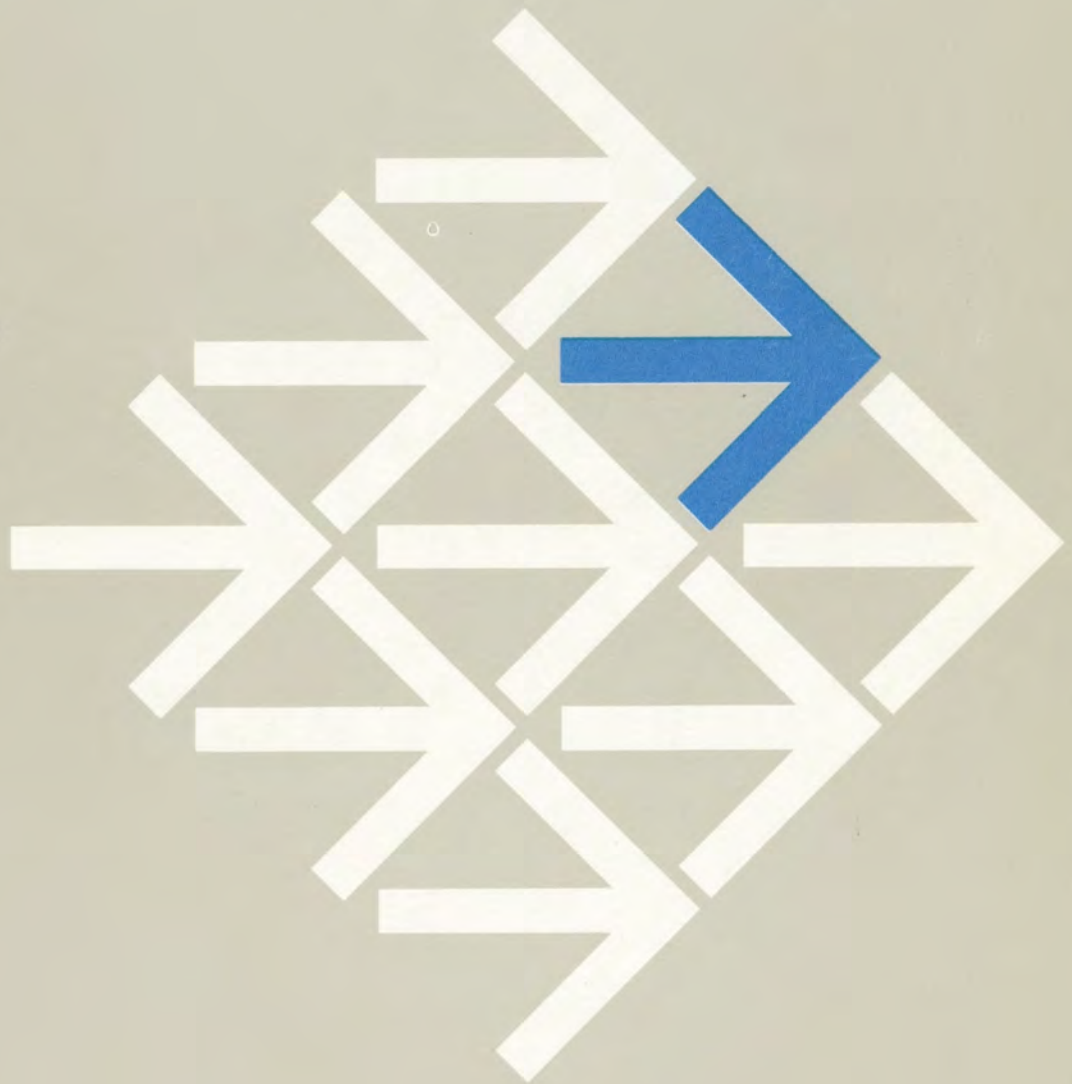
Dr. ir. W. J. BEEK

Prof. dr. D. J. KUENEN

Prof. H. VAN GENDEREN

Dr. ir. L. J. REVALIER

Dr. ir. H. HOOG



TOEKOMSTBEELD DER TECHNIEK

FUTURE OF TECHNOLOGY

The Increasing Role of the AER,

SMOAL & LONDON

DISTRIBUTED

Mens en milieu, prioriteiten en keuze

door

ir. L. Schepers

dr. ir. W. J. Beek

prof. dr. D. J. Kuenen

prof. H. van Genderen

dr. ir. L. Revallier

dr. ir. H. Hoog

Preadviezen voor het Klvl-jaarcongres

3 juni 1971



4e herdruk

maart 1979

F U M I F U G I U M :

O R,

The Inconvenience of the A E R,

A N D

S M O A K E of L O N D O N

D I S S I P A T E D.

T O G E T H E R

With some R E M E D I E S humbly propos'd

By J. E. Esq;

To His Sacred M A J E S T I E,

A N D

To the P A R L I A M E N T now Assembled.

Published by His Majesties Command.

Lucret. l. 5.

Carbonumque gravis vis, atque odor insinuat
Quam facile in cerebrum?—

L O N D O N :

Printed by W. GODDIN, for GABRIEL BEDEL, and THOMAS
COLLINS; and are to be sold at their Shop at the Middle
Temple Gate, near Temple Bar. M.DC.LXI.

Re-printed for B. WHITE, at Horace's Head, in Fleet-street.

MDCCLXXII.

INHOUDSOPGAVE

Mens en milieu: algemene beschouwing			
door ir. L. Schepers	1		
Wat is de omvang van de milieuverontreiniging?			
door dr. ir. W. J. Beek	11		
I. Algemene inleiding	11		
A. De stoffen en hun uitwerking	11		
B. Bronnen, verspreiding en putten	12		
C. Beschikbaarheid en nauwkeurigheid van gegevens	13		
II. Luchtvervuiling	14		
A. Distributieve bronnen	14		
B. Niet-distributieve bronnen	21		
C. Voorstel voor werkgroepen	27		
III. Watervervuiling	27		
A. Algemene achtergrond	27		
B. BOD _∞ , fosfaat en slib van niet-distributieve bronnen	33		
C. Samenvatting, conclusies, voorstel voor werkgroepen	35		
IV. Bodemvervuiling	40		
A. Distributieve en niet-distributieve bronnen	40		
B. Vast vuil balans voor Nederland	40		
C. Autowrakken en versleten autobanden	42		
D. Bodemvervuiling in strikte zin	43		
E. Voorstel voor werkgroepen	44		
V. Specifieke verontreinigingen	44		
A. Algemeen	44		
B. Kwik	45		
C. Voorstel voor werkgroepen	45		
VI. Conclusie	45		
Wat is de uitwerking van milieuverontreiniging?			
door prof. dr. D. J. Kuenen	49		
De toxicologie van de chemische luchtverontreiniging			
door prof. H. van Genderen	53		
I. Inleiding	53		
II. De chemische milieuverontreiniging	54		
A. Waterververontreiniging	54		
B. Luchtverontreiniging	57		
III. Milieu-toxicologisch onderzoek en zijn evaluatie	57		
Wat is er tegen te doen en wat kost het in de chemische industrie?			
door dr. ir. L. J. Revallier	61		
I. Inleiding	61		
II. Milieuverstoringen en de kosten van hun bestrijding	62		
A. Fysische verontreiniging	62		
B. Chemische verontreiniging van water, lucht en bodem	63		
C. Vermindering der milieubelasting bij nieuwe installaties	68		
III. Besluit	70		
Wat is er tegen te doen en wat kost het in de aardolie-industrie?			
door dr. ir. H. Hoog	71		
I. Inleiding	71		
II. Algemene maatregelen voor fabrieken	71		
A. Nieuwe fabrieken	71		
B. Bestaande fabrieken	72		
III. Luchtverontreiniging met SO ₂	72		
A. Algemeen	72		
B. SO ₂ in Japan	74		
C. SO ₂ in de Verenigde Staten	74		
D. SO ₂ in Europa	74		
IV. Luchtverontreiniging door uitlaatgassen	74		
V. Waterververontreiniging	75		
A. Raffinaderijen	75		
B. Op zee	76		
VI. Lawaai en licht	76		
Wie stelt prioriteiten en wie kiest?			
door ir. L. Schepers	79		

Mens en Milieu: Algemene beschouwing

door

ir. L. Schepers, president van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs.

Summary

Some general remarks on man and his environment

The considerations leading to the way in which the subject is treated, are given. The engineer can play an important role, together with economists, biologists, physicians, agronomists and others, in the protection of the environment. Generally acceptable compromises must be made within the limits of the financial means. Priorities must be indicated. The Future Shape of Technology Foundation invites the members of the Royal Institution of Engineers in the Netherlands to take part in an extensive programme of multi-disciplinary research that should form a basis for action.

Waarom heeft de Stichting Toekomstbeeld der Techniek dit onderwerp gekozen toen haar werd gevraagd het KIVI Jaarcongres 1971 te organiseren? Bepaald origineel was deze keuze toch niet, al kan de actualiteit van het onderwerp niet worden ontkend. Men kan immers geen dagblad of tijdschrift openslaan zonder een artikel over milieuverontreiniging tegen te komen? Wanneer er nu reeds zó veel over wordt geschreven en gesproken — en ook het KIVI zelf heeft tijdens zijn jaarvergadering van 1970 een bijdrage geleverd — waarom dan nóg een geschrift aan deze stroom toegevoegd?

De keuze laat zich echter wel verklaren indien men bedenkt dat de „technologie”, en dus eigenlijk de technici die haar bedrijven, voor vrijwel alle milieubederf verantwoordelijk worden gesteld. Uit de wijze waarop zulks geschiedt blijkt meestal wel duidelijk de emotionele betrokkenheid van de schrijver, maar toch ontbreekt vaak een voldoende feitelijke basis. Het lag derhalve voor de hand, dat een groep ingenieurs, die bij elkaar is gekomen om zich een beeld te vormen van de techniek in de toekomst, wilde trachten na te gaan welke bijdrage ingenieurs, na hetgeen in het verleden al is gebeurd, verder in de toekomst zouden kunnen gaan leveren bij de bestrijding van dit milieubederf. Als technici wilden zij zich daarbij wél baseren op zo exact mogelijke gegevens.

Aangezien de Stichting Toekomstbeeld der Techniek zich van de oprichting af op het standpunt heeft gesteld dat zelfs ogenschijnlijk puur technische problemen een multi-disciplinaire aanpak nodig maken, zeker wanneer zij de toekomst betreffen, was het vanzelfsprekend dat voor een juiste behandeling van dit onderwerp medewerking van de zijde van biologen en toxicologen niet kon worden ontbeerd. Zij immers zouden mogelijke schadelijke effecten kunnen signaleren en daarbij tevens de limieten of normen kunnen stellen, die voor een enigszins exacte benadering van technische oplossingen essentieel zijn. Het is misschien wel juist op dit facet even de nadruk te leggen, want té veel nog wordt als vanzelfsprekend aangenomen dat er een grote tegenstelling is tussen technici en beoefenaren van andere disciplines, waar-

bij men dan vaak zelfs zo ver gaat deze tegenstelling te identificeren met die andere, overigens net zo aanvechtbare, tegenstelling tussen welvaart en welzijn. (Aanvechtbaar, omdat immers „welzijn”, dat wij allen nastreven, een zekere „welvaart” en voor de meesten onzer zelfs een stijging in die welvaart vereist, al of niet af te meten tegen die van de buurman. Van een tegenstelling hoeft geen sprake te zijn indien het mogelijk zal blijken ons milieu te „behouden” en tóch de welvaart redelijk te doen toenemen. Daarbij moet dan niet alleen naar ónze omstandigheden worden gekeken, maar er moet ook rekening worden gehouden met de enorme achterstand in welvaart van de ontwikkelingslanden.)

Tot zover de verklaring van de keuze zowel van het onderwerp als van de medewerkers aan de hierna volgende hoofdstukken. De preadviezen zélf geven duidelijk aan hoe naar de mening van de schrijvers ingenieurs, in samenwerking met anderen, hun bijdragen zullen kunnen gaan leveren. Als president van het KIVI hoop ik van harte dat deze uitdaging zal worden aangenomen zodat in enkele jaren een aantal zichtbare resultaten zal zijn bereikt en in ieder geval wegen zullen worden gewezen — hetzij technisch, hetzij staatkundig — die voor iedereen aanvaardbaar zijn.

Alvorens iets nader in te gaan op enkele algemene problemen die bij het uitstippelen van onze toekomstplannen opdoemen, is het wellicht van nut bij wijze van achtergrond even aandacht te besteden aan de relatieve betekenis van de milieuzorg in de maatschappelijke en industriële ontwikkeling.

Door alle eeuwen heen zullen er wel mensen zijn geweest die mopperden over, bij voorbeeld, plaatselijke waterverontreiniging, over vuile straten en zelfs hier en daar wel over milieubederf, wanneer het vertrouwde landschap door bouwwerken en dergelijke werd veranderd, maar over het algemeen was het welvaartspeil nog zó laag dat de samenleving wel overtuigd was van de wenselijkheid van een zo snel mogelijke stijging der gemiddelde welvaart. Men accepteerde, althans gedurende de laatste twee eeuwen, de in-

dustriële ontwikkeling als het beste middel daartoe, verheugde zich zelfs op een snelle groei. Rokende schoorstenen waren een symbool. Zeker was dit het geval na de grote depressie der dertiger jaren.

Na de tweede wereldoorlog en de daarop volgende periode van opbouw tot het einde der 50er jaren is de situatie, althans in de geïndustrialiseerde landen, echter drastisch veranderd. De exponentiële groei op vrijwel elk gebied — niet in het minst van de bevolking — maakte dat de nadelige gevolgen van de industrialisatie steeds duidelijker werden en zelfs kan worden geconstateerd dat op bepaalde plaatsen de vervuiling met bepaalde stoffen het regeneratief vermogen van de natuur te boven ging. De biologen, die al vele jaren hadden gewaarschuwd, begonnen langzamerhand gehoor te krijgen, ook buiten eigen kring. De ontstaansgeschiedenis van het bekende boek van Rachel Carson, zoals die is beschreven door Frank Graham in „*Since Silent Spring*”, * geeft daar een duidelijk beeld van. Ook in prof. Kuenen's bijdrage worden enkele voorbeelden hiervan aangehaald. Het „wolf” geroep der biologen wordt nu niet meer genegeerd; men zou kunnen zeggen dat zij nu de juiste golfengte hebben gevonden, of, dat de mensheid en in ieder geval de ingenieurs daar nog meer dan vroeger op hebben afgestemd. Anders gezegd: ook de technici zijn overtuigd dat met de eisen van de samenleving op het gebied van milieubehoud rekening moet worden gehouden, terwijl anderszijds de biologen ook wel begrijpen dat het niet een kwestie is van — zoals het wel eens werd gesteld — „mens óf vogel”. Wij zijn dus nu wel ingesteld op het zoeken naar de gulden middenweg, of, zo men wil, naar het compromis.

Deze Algemene Inleiding is eigenlijk niet de plaats om te trachten na te gaan hoe de huidige situatie is ontstaan en waarom in de geïndustrialiseerde wereld zich vrij plotseling een mentaliteitsverandering aan het voltrekken is. Hierover is reeds op vele plaatsen en door verschillende auteurs geschreven. Een zeer beknopte bloemlezing vindt de geïnteresseerde lezer aan het einde van dit hoofdstuk. Zonder ook maar iets te willen afdoen aan de anderen, wil ik op twee hiervan toch even de aandacht vestigen.

Een interessante benadering van het probleem gaf prof. Julius in het jaarverslag van T.N.O. over 1969. Na onderscheid te hebben gemaakt tussen twee maatschappelijke doelgebieden die om de bijdrage van het wetenschappelijk onderzoek vragen, n.l.

— de materiële vooruitgang (maatschappelijke, materiële-technische, hedonistische welvaart) en
— de zekerheid (bestaanszekerheid, wélzijn, gerief) stelt hij dat de *vooruitgang* wordt gediend door het verkennen, vinden en verfijnen van nieuwe wegen en mogelijkheden, terwijl de *zekerheid* (vooral) wordt gediend door het vermijden van ongunstige en storende invloeden. De schrijver gaat na hoe zich deze beide richtingen van wetenschappelijk onderzoek in de loop van de vorige en deze eeuw hebben ontwikkeld en hij komt dan tot de conclusie dat onze gehele maatschappelijke mentaliteit langzamerhand doortrokken is geraakt van het gevoel van bijna volledige bestaanszekerheid, lieflijk zowel als maatschappelijk. „Het aan-

tal dergenen, die de mogelijkheid van overbelasting van onze omgeving ten gevolge van de welvaartsontwikkelingen zagen, was te klein, vond althans te weinig gehoor om de opmerkzaamheid voor de thans duidelijke verschijnselen wakker te houden”.

De droom der zekerheid, zich voordoende als de illusie der onkwetsbaarheid, is verstoord. Nu, na het wakker worden uit de droom, is het vertrouwen in de vooruitgang er op eens niet meer, men leeft nu in bange vrees dat de toestand van bedreiging zal verergeren.

Dit is, naar de mening van de schrijver, de grondslag voor het algemene gevoel van onbehagen. Anders dan vroeger, toen het probleem van het onbekende — op te lossen door wetenschappelijk onderzoek — op de voorgrond stond, hebben wij thans het probleem van een conflict-situatie.

Als tweede voorbeeld van benadering noem ik Anthony J. Wiener's bijdrage aan het Univac Symposium over „*Technology and Change in the Seventies*”, waarin hij zich afvraagt hoe het komt dat in onze samenleving zo veel dingen zo snel veranderen. Volgens hem is dat omdat wij in onze westerse industriële samenleving een eigenschap hebben die hij „*manipulative rationality*” noemt: de neiging om rationeel te denken in termen van doelen en middelen en om ons manipulatief te gedragen; wij grijpen in elke situatie in met het doel die te veranderen en daardoor aan onze voorkeur aan te passen. Dit dan in tegenstelling tot de meest statische vormen van samenleving, waarin de nadruk wordt gelegd op traditie en ritueel. Aan de hand van een prachtig gekozen voorbeeld vraagt Wiener zich dan af of wij nu misschien niet beginnen te ontdekken dat deze andere waarden ook hun „nut” hebben.

Al onze technologische veranderingen hebben naast de nagestreefde gewenste resultaten, onvoorziene en ongewenste consequenties met zich meegebracht. Uiteraard noemt hij als voorbeeld de ecologische schade die de industriële maatschappij heeft veroorzaakt door ophoping van haar afvalprodukten, met andere woorden: het bevullen van eigen nest. Maar, zo zegt Wiener, het land zou zich nooit ontwikkeld hebben als wij niet bereid waren geweest het bevuilingsproces zelfs maar te beginnen. Dankzij die ontwikkeling zijn wij nu zo welvarend dat wij niet alleen ons zogen kunnen maken over de schade die wij aan ons ecosysteem hebben toegebracht, maar ook er wat aan kunnen doen. Wel realiseren wij ons nu dat wij het schoonmaakproces al veel te lang hebben uitgesteld. Wiener's eindconclusie is dan dat wij bepaalde keuzebeslissingen centraal zullen moeten gaan nemen, maar ook en met nadruk, dat wij daarbij een zekere vrijheid van individuele keuze zullen moeten bewaren.

Na deze uitwijding over de achtergrond van de huidige situatie lijkt het van meer direct belang na te gaan welke maatregelen nu en in de toekomst kunnen worden genomen om onze omgeving leefbaar te houden, resp. weer te maken, zonder de welvaarts-groei in haar tegendeel te doen omslaan. Algemeen wordt wel begrepen dat wij zullen moeten zoeken naar het juiste en voor zoveel mogelijk mensen aanvaardbare compromis tussen de beide uitersten: zo goedkoop mogelijk voldoen aan onze materiële behoeften enerzijds en niets toestaan dat ook maar enige nadelige milieu-

*) Nederlandse vertaling: *Sinds dode Lente*, uitgegeven bij H. J. W. Bacht's Uitg. Mij. N.V., Amsterdam.

beïnvloeding met zich mee zou kunnen brengen anderzijds. Anders gezegd: bijna iedereen is nu wel overtuigd van de noodzaak dat „men” iets aan het behoud van ons milieu moet doen, maar het is wél de vraag of een ieder individueel bereid is hiervoor de nodige offers te brengen door b.v. een deel van zijn eigen materiële welvaart af te staan, of zelfs maar een deel van de verwachte stijging ervan. Alles, ook milieubescherpende maatregelen, moet betaald worden uit door onszelf, uiteindelijk in de vorm van menselijke arbeid, geproduceerde middelen. Die zijn uiteraard toch beperkt en gezocht zal moeten worden naar de optimale bestemmingsverdeling van de beschikbare nationale middelen, d.w.z. er zullen prioriteiten moeten worden vastgesteld.

Het bepalen van deze prioriteiten, of anders gezegd, het doen van een keuze voor de bestedingen van de beperkte middelen, klinkt eenvoudig: men hoeft slechts de voor- en nadelen tegen elkaar af te wegen. Dit blijkt in de praktijk nu juist de grootste problemen met zich mee te brengen. Niet alleen is het lang niet altijd duidelijk wie dat afwegen zal moeten doen, maar en dat is veel belangrijker, de voor- en nadelen zijn lang niet altijd evident en slechts heel zelden in vergelijkbare waarden uit te drukken. Het gevolg is dat wij tot op heden op bijna elk gebied nog in het stadium van touwtrekken verkeren, nl. tussen het streven naar milieubehoud, zo mogelijk milieuverbetering en de vele activiteiten die bedoeld zijn de welvaart te verhogen.

De schrijvers van de volgende hoofdstukken hebben, ieder voor zich op een uiteraard beperkt gebied, getracht zo goed mogelijk na te gaan wat nú al zou kunnen worden gedaan, welke studie of wetenschappelijk onderzoek naar hun mening prioriteit zou moeten worden gegeven en welke feitelijke gegevens nog ontbreken. In Hoofdstuk II tracht dr. Beek de balans op te maken van de omvang van de milieuverontreiniging. Hij komt daarbij tot de conclusie dat wij nog lang niet genoeg weten en doet specifieke voorstellen voor nadere studies.

In Hoofdstuk III geven prof. Kuenen en prof. van Genderen de visie van resp. de bioloog en de toxicoloog op de uitwerking van het milieubedrijf op ecologie en gezondheid. Prof. Kuenen geeft duidelijk aan waarom de toestand zich niet zonder remmingen verder zal mogen ontwikkelen op de wijze zoals dat tot nu toe het geval is geweest en houdt een pleidooi voor een

geïntegreerde visie op de toekomst, terwijl prof. van Genderen — zich beperkende tot chemische milieuverontreinigingen — aangeeft welke daarvan naar zijn mening het allereerst dienen te worden aangepakt.

In Hoofdstuk IV benaderen dr. Hoog en dr. Revallier — ieder op een beperkt gebied — de problemen van de zijde van de industrie. Zij gaan na wat er aan milieuverbeteringen te doen is: wat er al is en wordt gedaan en wat er nog gedaan kan worden. Zij doen dit aan de hand van enkele specifieke voorbeelden en schenken daarbij uiteraard aandacht aan de kosten die hiermede gemoeid zijn geweest en zullen zijn. Uit al deze bijdragen blijkt dat er meerdere onderwerpen voor onderzoek en nadere studie kunnen worden aangegeven. Het ziet er dus naar uit dat de „uitdaging”, door de Stichting T.T. te richten aan de leden van het Klvl, niet in algemene termen hoeft te worden verrat, maar op meerdere zeer specifieke punten zal kunnen worden toegespitst. In overeenstemming met de normale werkwijze van de Stichting T.T. hopen wij dat bij de betreffende werkgroepen van het Klvl ook niet-technici zullen kunnen worden betrokken, waarbij naast medici en biologen ook wordt gedacht aan b.v. economen.

Literatuur

- M. Ways, How to think about the environment, Fortune, February 1970.
- H. W. Julius, Jaarverslag TNO 1969.
- L. Hynes, Industry and social objectives, Joint Conference of the American Chemical Society and the Chemical Institute of Canada, Toronto, 25 May 1970.
- R. Nixon, Message to the Congress of the United States, 10 February 1970.
- A. J. Wiener, Some sociological consequences of advancing technology, Univac Division of Sperry Rand Corporation, 1970.
- L. DuBridge, Knowledge and the humane society, Science, 24 July 1970.

Wat is de omvang van de milieuverontreiniging?

door

dr. ir. W. J. Beek, directeur Unilever Research Laboratorium.

Summary

Quantitative aspects of environmental pollution

An overall picture is given of the national balance sheets of the most important pollutants. These inventories can be made — though not yet very accurately — with available information. Looking at the way in which the items of the inventories change with time, enables us to make out future developments. The sources of pollution can be classified in two categories: distributive (house-holds, traffic, cattle, etc.) and non-distributive (power plants, industrial processes, incineration of refuse, bio-industry, etc.). The reasons to make this distinction are:

- *the dispersion mechanisms of both categories are utterly dissimilar (e.g. low-level emission of a city versus high stack emission);*
- *the possibilities to improve the situation are different (distributive sources: the raw materials and sometimes the process; non-distributive sources: not only the raw materials, but, especially, the process and often the pollution discharge).*

Proposals are made to set up specific working-parties for further research.

I. Algemene Inleiding

In 1969 publiceerde de American Chemical Society het rapport „Cleaning our environment, the chemical basis for action” [1, 2]. Daarmee gaf de Society aan, haar taak als vereniging van deskundigen goed te verstaan. Het resultaat was een lijst van gewenste actiepunten voor technici, overheid en wetgever. Het werd een visie op de milieuzorg, die zijn oorsprong vond in de kundigheid van de leden van de Society op hun vakgebied.

Deze bijdrage is bedoeld om een aanpak te geven, die leert welke gegevens in eerste instantie nader moeten worden verkregen. De orde van grootte van de voorspellingen zal juist zijn, hetgeen inhoudt dat er reeds een aantal conclusies is te trekken.

Indien we ons nu voornamelijk op het systematisch overzicht van de verschillende bronnen richten, dan dienen we ons het volgende af te vragen:

- van welke stoffen wenst men het overzicht?
- welke bronnen dragen tot de vervuiling bij?
en
- met welk doel wenst men de gegevens te verzamelen en te rangschikken, d.w.z. met het oog op welke uitwerking?

A. De stoffen en hun uitwerking

Tabel 1 geeft een overzicht van stoffen, waarvan met het oog op de luchtvervuiling een stofbalans gewenst is. Bovendien geeft de tabel aan met welke mogelijke uitwerking rekening dient te worden gehouden. Over de concentraties waarbij de uitwerking noemenswaardig is, laat de tabel zich niet uit. Die gegevens behoren anderen aan te dragen. Op dat gebied is er veel verschil van inzicht. Een enkele maal zal ik in het volgen-

de toch ter illustratie een norm aangeven, n.l. daar waar een zekere consensus is bereikt.

Zulk een tabel is niet compleet te geven, omdat er vele vraagstellingen mogelijk zijn. Mogelijke uitbreidingen van de kolom van tabel 1 zijn bijvoorbeeld: aerosolen (insecticiden) en stof t.g.v. sublimering van zoutdeeltjes uit procesgassen (bijv. NaNO_3) of t.g.v. transport van poedervormig bulkmateriaal. Ook is te denken aan: lawaai, radiogolven en visuele vervuiling (verkeersborden, hoogspanningsmasten). De rij van tabel 1 is bijv. uit te breiden met schade aan monumenten (CO op oude kerken van kalkzandsteen, SO_2 op koperen of bronzen beelden). Een overzicht zoals hoofdstuk II over de luchtvervuiling geeft, is derhalve bepaald door een subjectieve keuze.

Tabel 2 presenteert op overeenkomstige wijze een overzicht van stoffen, waarvoor kwantitatieve aandacht gewenst is i.v.m. de watervervuiling. Hierover handelt hoofdstuk III.

Ten aanzien van de bodemvervuiling, die het onderwerp is van hoofdstuk IV, is het nog niet goed mogelijk zulk een overzicht van storende stoffen en hun effect op te stellen. Hoofdstuk IV beperkt zich dan ook primair tot de problemen van de afvoer van vast vuil uit huishoudens en industrie en van autowrakken en versleten autobanden. Bodemvervuiling in strikte zin (olie, pesticiden, etc.) komt nauwelijks aan de orde.

Toch moeten we ons bewust zijn dat er zeer specifieke, de microflora en -fauna verstorende stoffen zijn (bijv. kwik, cadmium, lood, zink, polychloorbiphenylen, enz.). Doordat ze in zulke geringe concentraties in het milieu voorkomen en vaak afkomstig zijn uit een groot aantal, zeer diverse bronnen, is het extra moeilijk over het voorkomen hiervan kwantitatief inzicht te verkrijgen. Hoofdstuk V maakt een begin hiermee door een aanzet van een kwikbalans te geven.

Tabel 1. Overzicht van stoffen in de lucht, waarvan een stofbalans gewenst is en hun mogelijk effect.

uitwerking stof	giftig	storend voor ademhaling	huid- irritatie	schade landbouw of veeteelt	corrosie	klimaat w.o. smog- vorming	welzijn (stank)	veiligheid (brand)
koolmonoxyde	+	(+)						
stikstofoxydes		+	+	+	+	+		
koolwaterstoffen	+		+					
roet	(benzo- pyreen) ³⁾	+			+			
ozon ¹⁾	+	+	+	+	+	+		
PAN ¹⁾			+	+		+		
zwaveldioxyde		+	+	+	+	(als H ₂ SO ₄)		
koolzuur ²⁾ stof	+	+				(+)		
	(asbest- metalen)	(<5µm)				+		
aldehyden		+	+	+		+		
organ. zuren			+	+	(+)	+		
lood-verbindingen	+			+				
ammoniak		+	+					
benzopyreen	+							
fluorwaterstof e.a.			+	+	+			
zoutzuur		+	+		+			
chloor		+						
zwavelwaterstof	+		+		+		+	+
zwavelkoolstof	+						+	+
mercaptanen							+	
alkylsulfiden							+	
ethyleen				+		+		

1) O₃- en PAN (peroxyacynitrat)-vervuiling komen niet uit primaire bronnen voort.

2) Men kan er over twisten of CO₂ al dan niet in een vuilbalans moet worden meegenomen. En H₂O? Het antwoord hangt af van de vraagstelling. De 12x10⁹ kg aardgas die wij anno 1970 per jaar verstoken, levert 26x10⁹ kg water per jaar, dat is nu „nog maar“ 1‰ van de totale neerslag in Nederland. Lokaal kan dit reeds gevolgen hebben, zoals nevelvorming. In die zin wordt zelfs water een plaag.

3) 10⁻⁷ < gewicht benzopyreen/gewicht roet < 10⁻³.

B. Bronnen, verspreiding en putten

Het probleem van de omvang van een bepaalde vervuiling valt uiteen in drie delen: de bronnen, de verspreiding en de putten.

Over de bronnen is inmiddels relatief veel bekend, alhoewel de gegevens nog weinig systematisch in overzichten zijn te vinden. Het is verstandig de bronnen in te delen in twee typen: de *distributieve* bronnen en de *niet-distributieve*. Vervuiling door distributieve bronnen (auto's, huisgezinnen, enz.) is vrijwel uitsluitend te bestrijden door schonere grondstoffen op de markt te brengen of (in mindere mate) door schonere werkende processen (apparaten) aan te bieden. Van de niet-distributieve bronnen (elektriciteitscentrales, industrieën, enz.) kan de vervuiling bovendien worden bestreden door de afvalstromen op te werken voordat ze worden geloosd. Een overzicht over de aard en de omvang van de verschillende bronnen is met enige inspanning door de KIVI-leden zelf te maken op grond van de ervaring die zij bezitten.

Over de verspreiding van eenmaal geloosd vuil is nog onvoldoende bekend. De technische kennis blijft beperkt tot kennis over de verversing van bedrijfsruimten en, voor het vrije veld, tot een globaal inzicht in verblijftijden, tijdconstanten en de verspreiding uit (niet te lage) schoorstenen. De kennis van de invloed van atmosferische omstandigheden op de verspreiding in het vrije veld van emissies op grondniveau is nog gering, zodat kwantitatieve voorspellingen vrij onnauwkeurig zijn. Over de mate van verversing in een stad zijn slechts schaarse gegevens voor handen.

Het feit, dat de verspreidingsmechanismen zowel voor de verschillende stoffen als voor de stromen uit de verschillende bronnen onderling sterk kunnen afwijken, is een reden te meer om twee categorieën bronnen te onderscheiden en de emissies in deze categorieën afzonderlijk te behandelen.

Alhoewel de stap van emissies naar immissies nog een onzekere is, worden in deze studie wel enkele pogingen ondernomen deze stap te doen.

De stap van immissiecijfers (concentraties) naar putten (mens, dier, plant, bodem) is nog moeilijker te maken. Hier zou de technoloog buiten zijn eigen terrein treden en is het woord aan de toxicologen en de mannen die preventieve geneeskunde beoefenen. Derhalve gaat deze studie niet over de „putten“.

Voor de luchtvervuiling worden de volgende distributieve bronnen onderscheiden: huisverwarming, kasverwarming in de tuinbouw (een huisindustrie) en verkeer. De volgende niet-distributieve bronnen worden in de luchtvervuiling onderkend: energiebedrijven, waaronder elektriciteitscentrales, industrie en vuilverbrandingsbedrijven. Voor de watervervuiling maakt deze studie onderscheid in huishoudens, veeteelt (dierveredelingsbedrijven) en landbouw als distributieve bronnen en industrie (niet-distributief).

C. Beschikbaarheid en nauwkeurigheid van gegevens. Het controle-volume

De kwantitatieve gegevens welke in de studie worden gegeven hebben een zeer diverse oorsprong. Het spectrum gaat van exacte gegevens van het Centraal

Bureau voor de Statistiek en andere overheidsinstanties via bedrijfslaboratoria tot dagblad literatuur. Steeds is als volgt gewerkt: nadat een analyse van de belangrijkste stoffen was gemaakt (volgens de tabellen 1 en 2) en nadat een analyse van de mogelijke bronnen voorhanden was, werd o.a. met hulp van het Centrum voor Milieubeheer-TNO en de vele KIVI-contacten een lijst aangelegd van degenen, die mogelijk specifieke informatie konden geven. Slechts indien er tussen meer dan twee informanten overeenstemming was (binnen een factor 2) werd het gemiddelde van hun bevindingen als bruikbaar aangenomen. Aldus mag men verwachten dat de orden van grootte en de „trends“ die in deze studie worden vermeld juist zijn. Inherent aan deze werkwijze is dat niet alle inlichtingenbronnen kunnen worden genoemd. Om de bezwaren tegen deze werkwijze enigszins te ondervangen, heeft een aantal „correspondenten“ het eindresultaat getoetst aan hun ervaring. Ik noem hen met veel dank aan het slot.

Het blijkt dat we gezamenlijk over zeer veel kwantitatieve informatie beschikken, zelfs over veel meer dan hier naar voren kan komen. Bovendien bleek dat velen bereid zijn hun soms vertrouwelijke gegevens in te

Tabel 2. Overzicht van stoffen in water waarvan een stofbalans gewenst is, en van hun mogelijk effect.

vervuiling uitwerking	gezondheid (drinkwater)	schade landbouw	corrosie ketelsteen	ecologie	welzijn (organoleptisch, recreatief)
organische stof ¹⁾				+	+
slib ¹⁾	+				
BOD ₅ ²⁾	+	+ —		+	
zuurstof-verzadiging	+	+		+	
fosfaten	+	+		+ +	
chloriden	+	+			
sulfaten	+	+			
nitraten	+	+		+	
nitrieten	+ +	+		+	
ijzer					+
mangaan					+
hardheid	+		+		
pH	+	+	+	+	
temperatuur		+		+	+
fenolen	+	+			+
detergenten	+	+			+
minerale olie	+	+			+
bacteriën	+	+			+
β-straling	+	+		+	
seleen	+	+		+	
cyanide	+	+		+	
lood	+	+		+	
chromium	+	+		+	
cadmium	+	+		+	
arsen	+	+		+	

¹⁾ organische stof (te assimileren); slib (niet te assimileren).

²⁾ zuurstofbehoefte per volume-eenheid om de daarin aanwezige organische stof gedurende 5 dagen bij 20° C aeroob te laten afbreken.

brengen opdat deze in een overzicht als dit kunnen worden verwerkt. De vraag is of we dit werk niet jaarlijks, meer professioneel moeten herhalen. Een wettelijke regeling op basis waarvan bijv. het CBS dit zou kunnen ondernemen is één van de mogelijkheden. De studie heeft zijn beperkingen. Zo wordt er slechts gesproken over nationale emissies en hoe deze over de jaren veranderen. Het is een praktische, maar geen natuurlijke begrenzing om geografisch Nederland als „contrôle-volume" te nemen. De inkomende vervuiling door lucht- of waterstromen (Rijn) en de uitgaande vervuiling (zee, Waddenzee) behoeven evenzeer aandacht. Deze aandacht wordt echter uitgesteld tot een volgende ronde.

In wezen behoort er bij de aanpak van deze studies een aantal grote meetproblemen: de stromen zijn vaak zeer groot (rivier, schoorsteen) en de concentraties vaak klein, zodat niet alleen het meten zelf maar ook het bemonsteren niet eenvoudig is. Daar komt bij dat de stromen en de wijze waarop ze worden verspreid dikwijls in de tijd variëren (klimatologische omstandigheden, seizoenen, campagnes, spitsuren). Dit brengt het probleem van tijdsmiddeeling mee, waarvoor een statistische aanpak de basis moet zijn (overschrijdingskansen). Vervolgens is er een probleem van plaatsmiddeeling (verkeersknooppunt, wijk, stad, regio, land), waarover degenen die een meetnet ontwerpen kunnen meespreken. Soms is de plaatschaal zo groot dat men aan minder conventionele meetprocedures zou moeten durven denken (lucht-kartering voor bijv. NO_x , C_xH_y , CO-vervuiling?). Het is duidelijk dat in dit licht de jaargemiddelde waarden, die hier voor ons land of voor een deel ervan worden genoemd, slechts indicatieve betekenis hebben. Het zal echter blijken dat er een basis aanwezig is om kwantitatieve studies over kortere tijden en een kleiner gebied te gaan opzetten.

II. Luchtvervuiling [3]

A. Luchtvervuiling uit distributieve bronnen

Alle distributieve bronnen voor de luchtvervuiling maken gebruik van fossiele brandstof en leveren dus koolmonoxyde (CO), stikstofoxydes (NO_x), roet, zwefeldioxyde (SO_2) en koolzuur (CO_2). Het verkeer draagt bovendien nog bij in de vervuiling met C_xH_y , aldehyden, organische zuren, loodverbindingen, ammoniak en benzopyreen. Ook het roken van tabak kan als distributieve luchtvervuiling worden gezien; ook al zijn de hoeveelheden van deze bron gering, toch kunnen zij in kleine, matig geventileerde, gesloten ruimten tot aanzienlijke concentraties aanleiding geven, reden waarom deze bron als vergelijkingsmaatstaf wordt meegenomen. Een overzicht van de distributieve bronnen en de aard van hun vervuiling geeft tabel 3. We bestuderen de verschillende bronnen nu afzonderlijk.

1. Huisverwarming

Volgens het CBS was het totale brandstofverbruik voor huisverwarming in 1969 totaal 12×10^9 kg/jaar,

waarvan ongeveer 50% huisbrandolie, 40% aardgas en 10% kolen.

Het zwavelgehalte van de huisbrandolie was in 1969 gemiddeld 0,7%, van kolen 1% en van aardgas nihil. Dit betekent dus als gemiddelde voor huisbrand in 1969 een percentage van 0,45%. Derhalve bedroeg de SO_2 -productie van deze bron in 1969 10^8 kg SO_2 per jaar¹⁾. In 1960 was de behoefte aan huishoudelijke brandstof ongeveer 9×10^9 kg/jaar, waarvan ongeveer 40% huisbrandolie met een zwavelgehalte van 1,4% en 60% kolen en dus bedroeg toen de SO_2 -productie van deze bron $2,1 \times 10^8$ kg SO_2 per jaar. Het ligt in de verwachting dat in 1975 het huishoudelijk brandstofverbruik 14×10^9 kg/jaar zal zijn, waarvan 30% huisbrandolie en 70% aardgas, equivalent aan $0,6 \times 10^8$ kg SO_2 per jaar. Na 1975 zal de verhouding tussen huisbrandolie en aardgas zich niet wezenlijk meer wijzigen, terwijl het totale huishoudelijk brandstofverbruik met ongeveer 3,5% per jaar zal blijven toenemen, aangezien de woningvoorraad, het gemiddelde woonoppervlak per gezin en het percentage c.v.-installaties in de totale woningvoorraad stijgt. Derhalve zal ook de SO_2 -emissie van deze bron na 1975 weer toenemen, ongeveer zoals fig. 1 toont.

De CO-productie in huishoudelijke verwarmingsinstallaties is verwaarloosbaar klein, zeker indien de ontwikkeling gaat naar meer gebruik van aardgas en van

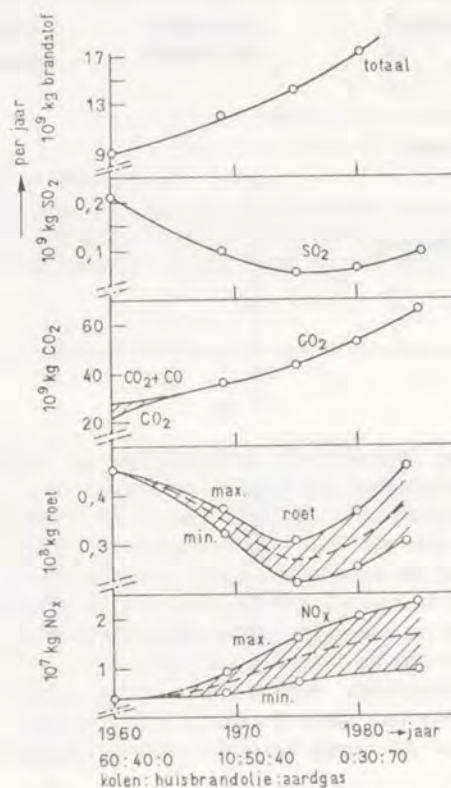


Fig. 1. Emissies bij huisverwarming in Nederland tussen 1960 en 1980.

¹⁾ Een klein gedeelte komt als SO_3 vrij (5 à 7% van de SO_2 -productie). SO_2 wordt in de atmosfeer in SO_3 omgezet, zodat het lot van SO_2 en SO_3 hetzelfde is. Ze kunnen dus als één worden beschouwd, zolang de vraag niet is schoorsteencorrosie te bestuderen.

Tabel 3. Overzicht van de distributieve bronnen voor de luchtvervuiling en de aard van hun vervuiling¹⁾

distrib. bron stof	Huis- ver- warming	Kas- ver- warming	Verkeer	Roken
koolmonoxyde	(+)	+	+	+
stikstofoxyden	(+)	(+)	+	—
koolwaterstoffen	—	—	+	—
roet	+	+	+	+
zwaveldioxyde	+	+	+	—
koolzuur	+	+	+	+
aldehyden	—	—	+	—
organische zuren	—	—	+	—
loodverbindingen	—	—	+	—
ammoniak	—	—	+	—
benzopyreen	(+)	(+)	+	+

1) Ook de cadmium-emissie is voor rokers van belang.

centrale verwarming. Alle koolstof komt dus als CO₂ vrij en derhalve is de CO₂-productie evenredig met het verbruik. Overschakeling van kolen (≅ CH) via huisbrandolie (≅ CH₂) naar aardgas (≅ CH₄) beïnvloedt de evenredigheidsfactor nauwelijks; deze is ongeveer 3,1 kg CO₂ per kg brandstof.

Ook de productie van roet + vliegias bij huisverwarming is voor ieder type brandstof evenredig met het brandstofverbruik. Erg gedegen cijfers zijn niet bekend. Stellen we, om een indruk te krijgen van de orde van grootte, de roetproductie voor huisbrandolie en kolen op 5‰ en voor aardgas op 0,5‰ (max. 1‰, min. 0‰), dan vinden we de volgende roetproducties (vergelijk fig. 1): 0,45 x 10⁸ kg roet per jaar in 1960, 0,35 x 10⁸ kg roet per jaar in 1969, 0,27 x 10⁸ kg roet per jaar in 1975 en 0,32 x 10⁸ kg roet per jaar in 1980 bij huisverwarming alleen.

Over de productie van stikstofoxyden in huishoudelijke verbrandingsapparaten is nog minder bekend dan van de roetproductie. In de brandstof gebonden stikstof (orde van grootte 3 à 5‰) komt vrijwel geheel als NO_x vrij. Voor het omzetten van de stikstof uit de verbrandingslucht zijn de verblijftijden in de reactiezone van kolenhaarden of olietkachels te kort om bij de daar heersende temperaturen noemenswaardige hoeveelheden NO_x te produceren (orde van grootte: 0,1 à 0,2‰ van het afgas is NO_x). In aardgasbranders wordt vanwege de hogere temperatuur meer N₂ in NO_x omgezet: 0,5 à 1,5‰ betrokken op het gewicht van de brandstof. Op basis van deze gegevens is de globale schatting van de NO_x-emissie bij huisverwarming in fig. 1 weergegeven: 1960: 0,3 x 10⁷ kg NO_x per jaar, 1969: 0,6 x 10⁷ kg NO_x per jaar, 1975: 1,2 x 10⁷ kg NO_x per jaar en 1980: 1,5 x 10⁷ kg NO_x per jaar.

Bezieet men nu het totale overzicht van fig. 1 dan valt het volgende op: De versnelde overgang van kolen op aardgas tussen 1960 en 1970 heeft de SO₂- en de roetvervuiling t.g.v. huisverwarming gereduceerd. In 1975 zal de SO₂- en de roetemissie uit huishoudens nog maar ongeveer de helft zijn van de emissies in

1960, ondanks het feit dat dan het brandstofverbruik vergeleken bij 1960 met ongeveer 50 % zal zijn toegenomen. Na 1975 is wederom een stijging van deze emissies te verwachten, evenredig aan de stijging in het totale verbruik van huisbrand. Het ziet er naar uit dat door het overgaan op aardgas de NO_x-emissies t.g.v. huisverwarming kunnen stijgen, zodat op dit punt nadere studie is gewenst. In de wat verder gelegen toekomst (1990) zullen ook de roet- en de SO₂-emissies door huishoudens weer een aanzienlijk niveau bereiken. Men kan nauwelijks verwachten dat men dan door verandering van grondstof (nog zwavelarmer, geen N₂ in de verbrandingskamer) of door procesverbetering (andere branders, individuele roetvangers per huis) veel heil kan verwachten. Eerder denke men dan aan wijkverwarming door grotere eenheden of aan elektrisch gestookte verwarmingsinstallaties, waarvan de emissies beter onder controle zijn te houden. Beide oplossingen zijn duur vanwege hun lage energierendementen. Een studie op dit terrein zou echter aan te bevelen zijn, omdat het in de lijn van de verwachting ligt dat bij een toeneming van „smog”-bevorderende verontreiniging (waaronder NO_x) de normen voor SO₂- en roet-emissie strenger moeten worden.

2. Kasverwarming

Een schatting van een verbruik van 5 x 10⁸ kg stookolie per jaar in het Westland en 10⁹ kg stookolie per jaar in alle nederlandse kasbedrijven lijkt gerechtvaardigd.

Het zwavelgehalte van deze stookolie was ongeveer 3 % in 1960 en is nu 2,5 % [4]. De overheid overweegt de Westlandse tuinders tussen 1970 en 1974 van aardgasaansluitingen te voorzien. De kosten daarvoor zijn ongeveer f 60 x 10⁶, terwijl de tuinders zelf nog eens f 6 x 10⁶ (= 2000 tuinders x f 3000) moeten

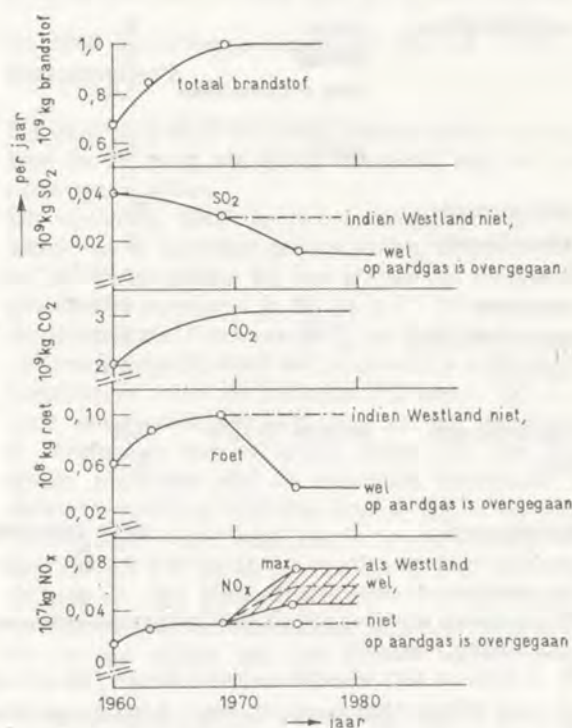


Fig. 2. Emissie van tuinbouw tussen 1960 en 1980.

opbrengen voor ombouw van hun stookinstallaties en de aansluiting op eigen terrein. Bedenkt men echter dat het aardgas 2 à 3 ct per kg goedkoper is te leveren dan stookolie, dan betekent dit een kostenbesparing voor de tuinders van 10 à 15 x 10⁶ per jaar, zodat ombouw voor hen loont. Derhalve kan men verwachten dat de SO₂-emissie van de nationale tuinbouw in 1975 1,5 x 10⁷ kg SO₂ per jaar zal bedragen.

De CO₂-produktie bij kasverwarming is evenals bij huisverwarming en om dezelfde redenen 2,1 kg CO₂ per kg brandstof.

De roetproduktie is 10% massa roet per massa stookolie. Op grond hiervan en van het voorgaande zijn dan de emissies te berekenen. Zie figuur 2.

Op grond van hetgeen bij de NO_x-vervuiling t.g.v. de huisverwarming is gezegd kan op basis van het brandstofverbruik in de tuinbouw de NO_x-emissie van deze bron worden geschat. Zie ook figuur 2.

Beziet men het totale beeld van deze figuur dan is het duidelijk dat de vervuiling t.g.v. kasverwarming, na het overschakelen op aardgas zo aanzienlijk is teruggedrongen, dat op middellange termijn (tot 1980) geen maatregelen meer nodig blijken.

3. Verkeer

Hieronder valt alle gemotoriseerd wegverkeer op fossiele brandstof (personenauto's, vrachtauto's, motor-

fietsen en brommers), het luchtverkeer en de scheepvaart op de nationale waterwegen.

Over de emissie van de personenauto is veel bekend. Zie tabel 4. ¹⁾ Een personenauto gebruikt ongeveer 80 g CH₂/km = 3,2 kJ/km. Hij levert 300 g uitlaatgas per km, waarvan ongeveer 180 g CO₂ per km en 70 g H₂O per km. Een restant van 50 g/km is vervuiling (vergelijk tabel 4, eerste kolom). Gemiddeld rijdt de Nederlandse personenauto 18000 km/jaar, waarin sinds 1960 niet veel verandering is gekomen. Derhalve is met deze gegevens de totale jaarlijkse emissie van de Nederlandse personenwagens te berekenen, zodra bekend is hoe de omvang van dit wagenpark zich met de jaren wijzigt: 0,6 x 10⁶ in 1960; 1,5 x 10⁶ in 1965; 2,5 x 10⁶ in 1970 (een gemiddelde stijging dus van 20% per jaar; 26% in 1969) ²⁾. Met behulp van deze gegevens is figuur 3 samengesteld, die de nationale emissie van de verschillende verontreinigingen door personenauto's geeft in het tijdperk 1960-1980. Daarbij zijn twee modellen gebruikt. Model I gaat er van uit dat na 1970 alle personenauto's zijn uitgerust met het moderne carburatie-systeem (kolom 2 van tabel 4), maar dat er verder in

¹⁾ In tabel 4 is m.u.v. de laatste kolom, uitgegaan van de huidige benzinesamenstelling. De tabel geldt voor Amerikaanse wagens (6 cilinders). De CO-emissie voor Europese wagens blijkt hiermee echter overeen te komen, zodat deze extrapolatie gerechtvaardigd lijkt.

²⁾ Zie ook fig. 17.

Tabel 4. Emissie van een personenauto in g/km (m.u.v. laatste kolom) uitgaande van huidige benzinesamenstelling (5-9)

modificatie		oude ¹⁾ modellen	nieuw ²⁾ carburator- systeem	optimaal ³⁾ afstellen	naoxidatie ⁴⁾ in uitlaat met lucht- injectie	naverbran- ⁵⁾ dings- reactoren (katalytisch)
stof						
koolwaterstoffen	uitlaat	6				
	cilinder	2				
	tank + carburateur	1,5				
	totaal	9,5	5	4	1,5	0,3
koolmonoxyde		36	20	10	7	3,5
stikstofoxyden		3	3	1,8	1,8	1,8
lood		10 ⁻³	2,5x10 ⁻⁴	2x10 ⁻⁴	2x10 ⁻⁴	0
aldehyden		6x10 ⁻⁴	6x10 ⁻⁴	6x10 ⁻⁴	6x10 ⁻⁴	6x10 ⁻⁴
organische zuren		2,5x10 ⁻⁴	2,5x10 ⁻⁴	2,5x10 ⁻⁴	2,5x10 ⁻⁴	2,5x10 ⁻⁴
ammoniak		2,5x10 ⁻⁴	2,5x10 ⁻⁴	2,5x10 ⁻⁴	2,5x10 ⁻⁴	2,5x10 ⁻⁴
zwaveldioxyde	benzine 1,5% S	0,25				
roet		0,25	0,25	0,10	0,12	0,04
benzopyreen		geen gegevens mij bekend				

¹⁾ modellen van vóór 1964-65

²⁾ op meeste modellen van ná 1968 aanwezig; evenzo werd ná 1968 op vele nieuwe wagens het systeem van positieve carter-afzuiging toegepast

³⁾ in USA na 1971 wettelijk verplicht; kosten f 30 per auto per jaar

⁴⁾ voor USA in 1975 verplicht; kosten f 300 bij aanschaf en f 15 per jaar aan onderhoud

⁵⁾ speculatief (nog in ontwikkeling); kosten ong. f 1000 bij aanschaf, f 80 per jaar aan onderhoud

het komende decennium geen maatregelen worden genomen om de vervuiling door auto's tegen te gaan. Model II daarentegen gaat daarnaast nog van een aantal andere maatregelen uit: na 1974 de verplichting om de verbranding van de wagen optimaal te hebben ingesteld (kolom 3 van tabel 4) en na 1979 de verplichting om naoxydatie toe te passen (kolom 4 van tabel 4). Zoals men uit de figuur waarneemt, is het alleszins zinvol om de bereikbare en goedkope maatregelen van model II voor te schrijven om de vervuiling aan C_xH_y , NO_x en CO door personenauto's niet te laten toenemen. Met deze en eventueel andere maatregelen (bijv. certificaten) moet het mogelijk zijn de tijd te overbruggen tot nieuwe systemen voor motorverkeer zijn ontwikkeld (stoommachine?, gasturbine?, Stirling-motor?, elektrisch aangedreven auto's anno 2000?). Massale overschakeling op liquified propane gas (LPG), dat een zeer geringe vervuiling geeft, lijkt, gezien het balans-probleem van onze olieraffinaderijen, de daarbij noodzakelijke wijziging van het

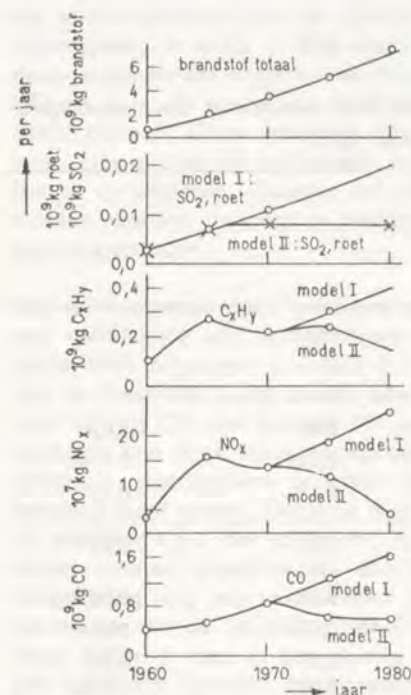


Fig. 3. Emissie personenauto's in Nederland tussen 1960 en 1980.

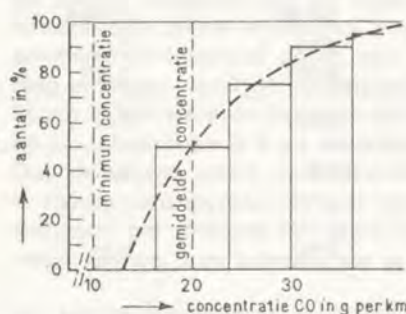


Fig. 4. Percentage van Nederlandse personenauto's met CO-emissie kleiner dan de aangegeven waarde (1969) [10, 11]

- 90 % minder dan 35 g CO per km
- 75 % minder dan 26 g CO per km
- 50 % minder dan 20 g CO per km
- 15 % minder dan 14 g CO per km
- 0 % minder dan 10 g CO per km

distributienet en de veiligheid en het aanpassen van het wagenpark, geen haalbare oplossing op afzienbare termijn. Zinvol is misschien te overwegen alleen het autopark dat de meeste stadskilometers maakt tot LPG-verbruik om te bouwen (bussen, taxi's).

Om een idee te geven wat zulk een voor de hand liggende maatregel als het optimaal afstellen van de motor betekent, is in fig. 4 het resultaat weergegeven van een proef die onlangs op enkele honderden auto's werd genomen. Hierin staat afgebeeld het percentage auto's met een zekere CO-emissie per km, voordat ze werden afgesteld. Het blijkt inderdaad dat in de praktijk de gemiddelde emissie ongeveer 2 x zo hoog ligt als wat bij een goede afstelling mogelijk is. Ongeveer een kwart van alle auto's is verantwoordelijk voor de helft van de verontreiniging door deze bron. Ongeveer 10 % van de automobilisten levert meer dan 3x zoveel vervuiling als nodig is. Zoals zo vaak blijkt, is met enige zorgvuldigheid de eerste slag tegen de vervuiling (van 100 % naar 50 %) eenvoudig te winnen.

Tot dusver hebben we slechts over de vervuiling door personenauto's gesproken en niet over het vrachtverkeer, de motorrijwielen en de brommers. Exacte gegevens zijn hier schaars. We moeten volstaan met ruwe omrekeningsfactoren. De brommer is een ernstige vervuiler, en, ondanks het feit dat hij per jaar minder kilometers maakt dan een auto, is zijn jaarlijkse emissie gelijk te stellen aan 0,4 x de emissie van een personenwagen. Voor motorfietsen en vrachtauto's zijn die factoren ruwweg 0,5 en 4. We komen dan voor 1969 tot het volgende staatje: 1)

1969 aantallen

personenauto's	$2,3 \times 10^6 \times 1$	$= 2,3 \times 10^6$
bedrijfsauto's	$0,3 \times 10^6 \times 4$	$= 1,2 \times 10^6$
motorfietsen	$0,1 \times 10^6 \times 0,5$	$= 0,05 \times 10^6$
bromfietsen	$2,0 \times 10^6 \times 0,4$	$= 0,8 \times 10^6$

De 1969 vervuiling is equivalent aan $4,4 \times 10^6$ personenauto's

De vervuiling door het totale motorverkeer is dus globaal 2x zo hoog als wordt berekend voor de personenwagens alleen.

De vervuiling door de verbrandingsprodukten bij de luchtvaart is nationaal gezien gering, alhoewel de CO-en de roetproductie bij het starten en landen lokaal gezien van betekenis is. Bij de $2,5 \times 10^5$ starts en landingen per jaar (waarvan 90 % op Schiphol) komen de verbrandingsprodukten van ongeveer 5×10^6 kg vliegtuigbenzine vrij in de onderste 200 meter. Dit is in de orde van grootte van 2 % van wat het motorverkeer in Amsterdam aan vervuiling geeft [12]. Het belangrijkste probleem van de nationale luchthaven t.a.v. de luchtvervuiling blijft het lawaai. Bij iedere start of landing (gemiddeld eens per 5 minuten) zwelt het geluid aan tot 135 db op 10 m afstand. Dat betekent dat dit pas op een afstand van 10 km is teruggebracht tot het niveau van een rustige straat (45 db) en op 1 km tot het niveau van een drukke verkeersweg (75

1) Een dergelijke globale omrekening leidt tot verwaarlozingen, zoals bijv. de relatief grotere roetproductie van de diesel-motoren van bedrijfsauto's.

Tabel 5. Nationale emissie t.g.v. alle verkeer ¹⁾

jaar		1960	1969	1975	1980
stof					
SO ₂ 10 ⁹ kg/jaar	personenwagens	0,003	0,01	0,015	0,02
	overig motorverkeer	0,003	0,01	0,015	0,02
	scheepvaart	0,05	0,08	0,09	0,10
	totaal	0,06	0,10	0,12	0,14
roet 10 ⁹ kg/jaar	personenwagens	0,003	0,01	0,015	0,02
	overig motorverkeer	0,003	0,01	0,015	0,02
	scheepvaart	0,01	0,025	0,03	0,035
	totaal	0,016	0,05	0,06	0,08
NO _x 10 ⁹ kg/jaar	personenwagens	0,03	0,14	0,19	0,25
	overig motorverkeer	0,03	0,14	0,19	0,25
	scheepvaart	—	—	—	0,005
	totaal	0,06	0,28	0,38	0,51

¹⁾ Luchtvaart p.m. Totale emissie van verkeer voor CO, C_xH_v en Pb alleen bepaald door autoverkeer. Geen maatregelen voor beteugeling van de emissie van auto's voorzien. Zie voor een alternatief de tekst en fig. 3.

Tabel 6. Nationale emissies van verschillende distributieve bronnen

jaar		1960	1969	1975	1980
stof					
SO ₂ 10 ⁹ kg/jaar	huisverwarming	0,21	0,10	0,06	0,07
	kasverwarming ¹⁾	0,04	0,03	0,015	0,015
	verkeer ²⁾	0,06	0,10	0,13	0,15
	totaal	0,31	0,23	0,21	0,24
roet 10 ⁹ kg/jaar	huisverwarming	0,045	0,035	0,03	0,03
	kasverwarming ¹⁾	0,006	0,01	0,004	0,004
	verkeer ²⁾ M	0,006	0,02	0,03	0,04
	S	0,01	0,025	0,03	0,035
totaal	0,07	0,09	0,10	0,11	
NO _x 10 ⁹ kg/jaar	huisverwarming	0,003	0,006	0,012	0,015
	kasverwarming ¹⁾	0,0002	0,0003	0,0006	0,0006
	verkeer ²⁾ M	0,06	0,28	0,38	0,50
	S	0,0005	0,001	0,001	0,001
totaal	0,07	0,29	0,39	0,52	
CO 10 ⁹ kg/jaar	verkeer ³⁾	0,80	1,80	2,5	3,2
C _x H _v 10 ⁹ kg/jaar	verkeer ³⁾	0,22	0,46	0,64	0,82
Pb 10 ⁶ kg/jaar	verkeer ³⁾	0,02	0,09	0,03	0,03

¹⁾ Aardgasaansluitingen in het Westland voorzien tussen 1970 en 1975.

²⁾ Zie tabel 5 (M: alle motorverkeer, S: scheepvaart).

³⁾ Personenwagens + overig motorverkeer = 2 x personenwagens.

db). Akoestische vormgeving van de motoren en de straalpijp kan het niveau terugbrengen tot 105 db op 10 m afstand, dus tot 45 db op 1 km of tot 75 db op 100 m, zonder excessieve kosten. Bepalingen om dit te bewerkstelligen zijn gewenst [13].

De scheepvaart op de nationale wateren heeft een jaarverbruik van ongeveer $2,5 \times 10^9$ kg brandstof per jaar (1969; stijging ongeveer 10% per jaar). De emissie aan verontreiniging per kg brandstof is ongeveer gelijk te stellen aan die bij de kasverwarming. Derhalve komen we voor de totale emissie van het nationale verkeer tot het overzicht, dat in tabel 5 is gegeven. Ook hier loont het naar verbeteringen in het verbrandingsproces of in de brandstof uit te zien.

Overziet men het resultaat van tabel 5, dan valt vooral de stijging op van de NO_x -productie bij het motorverkeer in de periode tot 1980.

3. *Samenvatting emissies t.g.v. distributieve bronnen; vergelijking met emissie t.g.v. tabaksverbruik*

De totale emissies van de distributieve bronnen zijn samengevat in tabel 6. De conclusie blijft dat voor deze bronnen de stijging van de emissie aan NO_x , CO en C_xH_y in de naaste toekomst de meeste aandacht behoeft. Deze emissies, vnl. van het motorverkeer, zijn nauwelijks te beperken door de grondstoffen te modificeren. Daarom zal de oplossing vooral moeten worden gezocht in verbetering van het verbrandingsproces.

Het is illustratief deze emissies eens te vergelijken met de emissie van het nationale tabaksgebruik, dat sinds 1965 ongeveer constant 3×10^7 kg tabak per jaar is. Daarmee hangt samen een emissie van ongeveer 10^7 kg CO per jaar en 10^6 kg roet per jaar. De emissies aan deze verontreinigingen van alle overige nationale, distributieve bronnen zijn maar een paar honderd maal groter. Bedenkt men daarbij verder dat de emissies t.g.v. het roken vnl. in relatief kleine, gesloten ruimten plaatsvinden, dan is deze „vreemde” vergelijking nog iets verder door te trekken. Daartoe berekenen we de vervuiling aan CO en roet, die ontstaat indien 1 man in een ruimte van 30 m^3 , die 3x per uur wordt ververst, 3 sigaretten per uur rookt. De ruimte zal dan aan het eind van zijn werkdag bevatten: 10 mg CO per m^3 en $1 \text{ mg roet per m}^3$. Deze concentraties zullen, waar ze in de industrie voorkomen, de nodige aandacht van de zijde van de bedrijfsgezondheidsdienst ontvangen, vooral indien blijkt dat sommige werknemers gretig aan de bron inhaleren. Nog ernstiger wordt de consequentie van deze vergelijking indien we naar benzopyreen kijken. De productie bij tabakroken is $5 \mu\text{g benzopyreen per kg tabak}$. Dus de vrijwel direct geïnhaleerde emissie bij roken is $150 \text{ kg benzopyreen per jaar}$ (gemiddeld $10 \mu\text{g benzopyreen per inwoner per jaar}$). Dit is ongeveer 60x meer dan we door ademen per jaar opnemen.

Uit het voorgaande is duidelijk wat een roker zijn kamergenoten aandoet. Er is kwantitatief niet zoveel verschil tussen de vervuiling van een constant brandende sigaar in een kamer of van constant rokende uitlaatpijpen van auto's op een verkeersplein. In deze vergelijking is dan nog niet eens sprake van wat de inhalerende roker zichzelf aandoet. Het is interessant

zulke berekeningen ook eens te maken over het versproeien van aerosolen (insecticiden, hair-sprays, deodorants) of over het verspreiden van langzaam verdampende gifgassen tegen insecten uit geïmpregneerde strips.

5. *Immissieberekeningen*

Het zou waardevol zijn als we op grond van de emissies van de distributieve bronnen zouden kunnen berekenen wat de concentraties aan de verschillende vervuilingen zouden worden in een geurbaniseerd gebied zonder industrie. Uit deze gegevens zou men gevolgen kunnen trekken over de planologie van woongebieden t.o.v. de industriegebieden. Zulke berekeningen zijn tot dusver slechts onnauwkeurig uit te voeren. De meest bruikbare gegevens, waarop m.i. de schattingen momenteel kunnen worden gebaseerd, zijn te vinden in de publikaties van het U.S. Department of Health, Education and Welfare [14, 15]. Een voor ons doel geschikte samenvatting geeft tabel 7. Daaruit blijkt dat men t.a.v. de verspreiding van luchtvervuiling twee categorieën moet onderscheiden: zij die vrijwel niet door regen worden uitgewassen (C_xH_y , CO en ook CO_2 , mercaptanen, alkyden en ethyleen) en zij die wél met regen neerslaan (NO_x , SO_2 , roet en ook stof, HF, HCl, H_2S , CS_2 en benzopyreen). De eerste hebben voor een gebied van 800 km^2 een verspreidingssnelheid bij instabiel weer ($-\text{dT}/\text{dz} > 0,01^\circ\text{C}/\text{m}$) van ongeveer $2 \times 10^4 \text{ m/j}$. Deze snelheid is ongeveer omgekeerd evenredig met de lineaire afmeting van het woongebied. De tweede categorie stoffen wordt verspreid door twee processen waarvan de snelheden additief zijn: de eerste van deze processen is het bovengenoemde proces dat ook voor de eerste categorie stoffen geldt en het tweede is het uitwasproces t.g.v. de regenval. De uitwasnelheid van het tweede proces is enigszins afhankelijk van de oplosbaarheid van de beschouwde vuilcomponent (vergelijk NO_x en SO_2 in tabel 7) of van zijn eigen bezinksnelheid in stilstaande lucht (zie tabel 7 voor roet). De grootteorde van de snelheid van dit uitwasproces is bij instabiel weer ongeveer $5 \times 10^5 \text{ m/jaar}$.

Nu deze snelheden op grond van gepubliceerde emissiedichtheden en gemeten concentraties konden worden berekend (als de verhouding van beide, zie tabel 7), kan worden geprobeerd ze te gebruiken voor de voorspelling van gemiddelde immissies (concentraties) in klimatologisch vergelijkbare gebieden, waarvoor de emissiedichtheden bekend zijn. Zo zijn schattingen te maken voor de concentraties vervuiling in verschillende woongebieden in Nederland, op basis van wat er door huisbrand en motorverkeer wordt geëmitteerd. Het resultaat is samengevat in tabel 8 op basis van de gemiddelde emissies in 1969. Het blijkt dat de emissies van C_xH_y , CO en NO_x (vnl. door autoverkeer) ook in de grootste woongebieden momenteel nog gemiddeld ongeveer 4-8 x lager blijven dan de laagste opgaven over de maximaal aanvaardbare concentraties (MAC), maar de maximaal aanvaardbare immissieconcentratie (MIC) reeds dicht benaderen. Dat betekent dat deze grensconcentraties aldaar in de spitsuren worden bereikt en dus lokaal reeds worden overschreden. Dit wijst nogmaals op de noodzaak binnenkort regelingen te treffen tegen de uitworp van auto's, aangezien het autopark en de omvang van de grote stedelijke agglomeraties zullen toenemen.

Tabel 7. Gemiddelde verhouding van de emissiedichtheid tot de gemiddelde concentratie voor een woongebied van 800 km², zonder noemenswaardige industrie: klimatologische omstandigheden (windroos, regenval) vergelijkbaar met Nederland.

stof	emissie dichtheid kg/m ² j	concentratie 10 ⁻⁸ kg/m ³			overdrachtscoëfficiënt m/jaar		
		<0	— dT/dz ¹⁾ <0,01	>0,01 °C/m	<0	— dT/dz ¹⁾ <0,01	>0,01 °C/m
C _x H _y	5x10 ⁻²	800	600	250	0,65x10 ⁴	0,85x10 ⁴	2x10 ⁴
CO	13x10 ⁻²	—	—	600	—	—	2x10 ⁴
NO _x	1,6x10 ⁻²	—	—	6	—	—	2,6x10 ⁵ 2)
SO ₂	10 ⁻²	5	4	2	2x10 ⁵	2,5x10 ⁵	5x10 ⁵ 2)
roet	10 ⁻²	2	2	1	5x10 ⁵	6x10 ⁵	12,5x10 ⁵

- 1) Er worden drie typen klimatologische omstandigheden onderscheiden t.o.v. de adiabatische temperatuurgradiënt loodrecht op het aardoppervlak (= 0,01 °C/m), die te omschrijven zijn als: zeer stabiel (temperatuurgradiënt > 0 °C/m), rustig en instabiel. Uit de gemeten en gepubliceerde concentraties en uit de berekende emissiedichtheden werden overdrachtscoëfficiënten of „verspreidingssnelheden” berekend als quotiënt van emissiedichtheid en concentratie. Deze aldus verkregen „snelheden” zijn het uitgangspunt voor de overige immissie-berekeningen van deze paragraaf.
- 2) Uit de gemiddelde waterdampconcentratie in de atmosfeer (1,5x10⁻³ kg H₂O per m³) en de jaarlijkse neerslag (780 kg/m² j) berekent men een uitwassnelheid van 5,2x10⁻⁵ m/j.

Tabel 8. Schatting van de concentraties aan verontreiniging in enkele Nederlandse woongebieden, op basis van de gegevens van tabel 7 over de verspreidingssnelheid en van de gemiddelde emissie van huisbrand en autoverkeer.

opper- vlak km ²	inwoners per km ²	emissies 1969 ¹⁾ kg/m ² j	overdrachtscoëfficiënt m/j			concentraties 10 ⁻⁶ kg/m ³			MIC 10 ⁻⁶ kg/m ³	MAC ²⁾ 10 ⁻⁶ kg/m ³
			<0	— dT/dz °C/m <0,01	>0,01	<0	<0,01	>0,01		
400 (groot A'dam, groot R'dam)	2000	C _x H _y : 7 x10 ⁻²	1,3x10 ⁴	1,7x10 ⁴	4x10 ⁴	5	4	2	(ox. < 0,2)	15-100
		CO: 27 x10 ⁻²	1,3x10 ⁴	1,7x10 ⁴	4x10 ⁴	20	16	6	-	30(8 uur)-120(1 uur)
		NO _x : 4,5x10 ⁻²	2,2x10 ⁵	2,8x10 ⁵	5,6x10 ⁵	0,2	0,2	0,1	0,25	3-25
		SO ₂ : 3,4x10 ⁻²	4,2x10 ⁵	5,2x10 ⁵	10,4x10 ⁵	0,08	0,06	0,03	0,3(8 uur)-1(1 uur)	5-50
		roet: 1,4x10 ⁻²	10,2x10 ⁵	12,7x10 ⁵	25,4x10 ⁵	0,02	0,01	0,01	-	1- 7
1000 (Utrecht, Eind- hoven, Arnhem)	1000	C _x H _y : 3,5x10 ⁻²				3	2	1		
		CO: 13,5x10 ⁻²				10	8	3		
		NO _x : 2,2x10 ⁻²	ibid.	ibid.	ibid.	0,1	0,1	0,04		ibid.
		SO ₂ : 1,7x10 ⁻²				0,04	0,03	0,015		
		roet: 0,7x10 ⁻²				0,01	0,01	—		
200 (Den Haag)	2500	C _x H _y : 8,8x10 ⁻²	2,5 x10 ⁴	3,3 x10 ⁴	8x10 ⁴	4	3	1		
		CO: 34 x10 ⁻²	2,5 x10 ⁴	3,3 x10 ⁴	8x10 ⁴	14	10	4		
		NO _x : 5,5x10 ⁻²	0,28x10 ⁶	0,53x10 ⁶	1,1x10 ⁶	0,2	0,1	0,05		ibid.
		SO ₂ : 4,4x10 ⁻²	0,83x10 ⁶	10 ⁶	2,1x10 ⁶	0,05	0,04	0,02		
		roet: 1,7x10 ⁻²	2,3 x10 ⁶	2,3 x10 ⁶	4,1x10 ⁶	0,01	0,01	0,01		
1000 (Heerlen, Enschede, Tilburg)	1000	C _x H _y : 3,5x10 ⁻²				1,5	1	0,4		
		CO: 13,5x10 ⁻²				5	4	1,6		
		NO _x : 2,2x10 ⁻²	ibid.	ibid.	ibid.	0,1	0,08	0,02		ibid.
		SO ₂ : 1,7x10 ⁻²				0,02	0,02	0,01		
		roet: 0,9x10 ⁻²				—	—	—		

- 1) Jaargemiddelden voor alle bronnen gesommeerd (dus bijv. ook voor huisbrand); aangenomen dat het beschouwde type weer enige dagen aanhoudt.
- 2) Bestek waarin maximaal aanvaardbare immissieconcentraties (MIC) en de max. aanvaardbare conc. (MAC) worden opgegeven.

Opvallend is dat de aldus berekende gemiddelde concentraties aan NO_x in onze grote steden bij zeer stabiel weer reeds de norm bereiken, die men in het bedrijfsleven stelt als de grens waarbij men met NO_x bezoedelde buitenlucht nog voor verversing van ruimten kan gebruiken (MIC).

B. Luchtvervuiling uit niet-distributieve bronnen

Om een analyse te maken van de luchtvervuiling door niet-distributieve bronnen, moet een indeling van deze bronnen worden gemaakt. In de inleiding werden reeds genoemd: energiebedrijven, industrie en vuilverwerkingsbedrijven. Onder de vervuiling door de energiebedrijven rekenen we datgene wat als vuil afkomstig is van de energievoorziening van elektriciteitsbedrijven, aardolieraffinaderijen, gasbedrijven (tot 1967), cokesbedrijven (tot 1968) en kolenmijnen (tot 1973). Omdat de elektriciteitsbedrijven ongeveer evenveel of meer verstoken dan de overige energiebedrijven samen, houden we de eerste apart. Daarnaast splitsen we de emissie van de industrie in de emissie t.g.v. de industriële energievoorziening en de emissie t.g.v. de procesvoering. De reden hiervoor is duidelijk: de eerste komt alleen via hoge schoorstenen vrij, de

laatste voornamelijk op grondniveau, zodat het verspreidingsmechanisme verschillend is. Zodoende komen we tot de volgende indeling van dit hoofdstuk: — de pollutie t.g.v. de energievoorziening van elektriciteitscentrales, overige energiebedrijven en industrie, — de emissie t.g.v. de industriële procesvoering en — de emissie t.g.v. vuilverbrandingsbedrijven. Daarop volgt een samenvatting.

1. De verontreiniging t.g.v. de energievoorziening van elektriciteitscentrales, overige energiebedrijven en industrie

Tabel 9 geeft een overzicht van het energieverbruik van deze bedrijven tussen 1960 en 1980. Verder geeft de tabel aan hoe de verhouding van kolen, olie en gas als brandstof zich door de jaren wijzigde in de energiebedrijven en in de overige industrie. Bovendien is in de tabel te lezen hoe, o.a. als gevolg van deze verschuiving in brandstofgebruik en door menging van zwavelhoudende en zwavelarme brandstof, het gemiddeld zwavelgehalte in deze periode veranderde en hoe, ook door verandering van grondstof en door verbeterde procesvoering, de gewichtsfractie roet per gewicht brandstof verschoof. Neemt men nu verder aan dat de NO_x -productie per kg brandstof in grote for-

Tabel 9. - Overzicht van het verbruikte vermogen in verschillende bedrijven in 10^{15} J/jaar tussen 1960 en 1980

	1960	1965	1970	1975	1980
elektriciteitsbedrijven	150	210	360	540	760
overige energiebedrijven	80	210	360	520	850
totaal	230	420	720	1060	1610
verhouding kolen : olie : gas	0,6 : 0,4 : 0	0,34 : 0,66 : 0	0,30 : 0,32 : 0,38	0,17 : 0,20 : 0,63	0 : 0,15 : 0,85
gem. S-gehalte %	2,0	2,3	1,0	0,6	0,2
industriële energievoorziening	230	360	525	750	850
verhouding kolen : olie : gas	0,57 : 0,43 : 0	0,28 : 0,50 : 0,22	0,24 : 0,47 : 0,29	0,13 : 0,34 : 0,53	0 : 0,34 : 0,66
gem. S-gehalte %	2,1	1,8	1,2	0,8	0,6
S-gehalte in % ¹⁾					
kolen	1	1	1	1	—
olie	3,5	3	2	2	1,5
Roetgehalte in ‰ ¹⁾					
kolen	5	5	5	5	—
poederkool ²⁾	6	5	5	4	4
olie ²⁾	10	10	9	9	8
aardgas	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
NO_x in ‰ ¹⁾ ³⁾	2,5 à 7,5				

¹⁾ betrokken op brandstof

²⁾ daling vanwege verbeterde stofvangst

³⁾ wellicht stijging door de jaren van ondergrens naar hogere waarde i.v.m. hogere fornuistemperaturen, niet in rekening gebracht.

Industrie	Stof	CO	HF e.a.	SO ₂ (e.a.)	H ₂ S	CS ₂	C _x H _y	Cl ₂	HCl	NO _x	C ₂ H ₄	NH ₃ (x) of HPO ₃ (*)	kwik rw.	overige metalen	stank	warmte (*) of lawaai (x) (> 80 db op 1 km)
Oliefraffinaderij	+			1,5	+		1 ¹⁾								+	* x
Petrochemische industrie plastics	+		(+)	+	+	+	0,5	+	+		+				+	*
Metallurgische industrie staal ²⁾ aluminium	1,6 +	8,5	0,1 (0,3) 0,1	1,7 +					2,7			2 (x)		+	+	* x
Havenbedrijf (opslag, overslag)																x
granen	0,5															
zand, ertsen, kolen	1,5															
meststof	+															
vloeibare brandstof							0,5								+	
Kunstmestfabriek																
stikstof (als N)	+		+						+			x	*			
fosfaat (als P ₂ O ₅)	+															
Chemische industrie																
zwavelzuur										6 (21) ³⁾						*
chloor (Hg-cel)	3 (grafiet)							+	+				+			
zoutzuur								+	+							
salpeterzuur										+						*
fosforzuur			5													
Bouwmaterialen industrie	1		+													
asbest	+															
Keramische industrie	0,5		+													
Textielindustrie																
katoen, wol	0,2														+	
rayon																
polyester, -amide											2 (6)	0,5				
Karton-, papierindustrie	0,1															
Scheepsindustrie															+	x
Drinkwaterbedrijven																0,03

1) vulverlies 1 kg/ton

verplaatsingsverlies < 1 kg/ton (nu; „drijvend dak“), 0,5 kg/ton (< 1960; „gesloten, verbonden tanks“), 1,5 kg/ton (< 1935, open tanks)

ademverlies 0,05 kg/ton < 1 kg/ton (nu; „drijvend dak“), 1 kg/ton (< 1960; „gesloten“ of „microballoons“ op oppervlak) 2 à 3 kg/ton (< 1935, vrij oppervlak, open)

2) oxystaal- + pelletfabriek

3) 5 % als nevel

Tabel 10. Specifieke emissies van verschillende industrieën (cijfers in kg/ton produkt, of indien cijfer mij niet bekend met + aangegeven), waarbij geen rekening is gehouden met de emissie t.g.v. de energie voorziening van de betreffende industrie (cijfers tussen () slaan op emissiecijfers vóór 1960).

nuizen ($T > 1500\text{ }^\circ\text{C}$, geringe overmaat O_2) ligt tussen 2,5‰ en 7,5‰ (met waarschijnlijk bij de overgang naar aardgas een verschuiving in de richting van de hoge waarde), dan zijn op grond van deze gegevens de emissiecijfers te bepalen voor SO_2 , roet (+ vlieg-as) en NO_x .

Dit is gedaan in fig. 5 voor de nationale emissies van de elektriciteitsbedrijven, in fig. 6 voor de emissies van onze overige energiebedrijven en in fig. 7 voor de emissies t.g.v. de energievoorziening van onze nationale industrie.

Overziet men deze drie figuren, dan verschilt de conclusie niet van die welke we voor de distributieve bronnen trokken: de emissies van SO_2 en roet stijgen niet of dalen, die voor NO_x stijgen. Bovendien blijkt dat verwacht mag worden dat tot 1980 de vervuiling t.g.v. de industriële energievoorziening niet zal stijgen boven de waarde die deze reeds in 1965 had.

Een andere consequentie van de energie-opwekking door de energiebedrijven en de industrie is de enorme hoeveelheid afvalwarmte. Deze vormt slechts ten dele een luchtvervuilingsprobleem (lokaal in de industriële nederzetting of t.g.v. „valse” thermiekstromen in een iets wijder gebied, waarvan de verver-

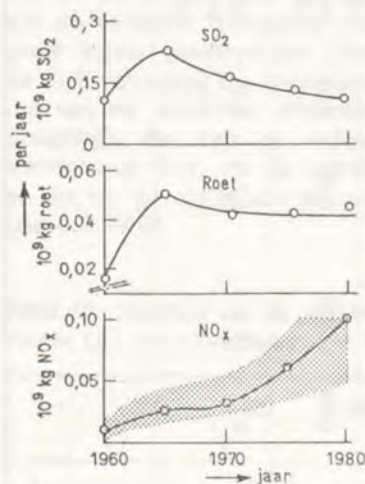


Fig. 5. Nationale emissies door elektriciteitsbedrijven

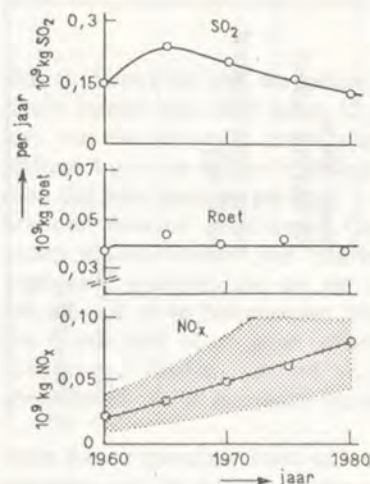


Fig. 6. Nationale emissies door overige energiebedrijven

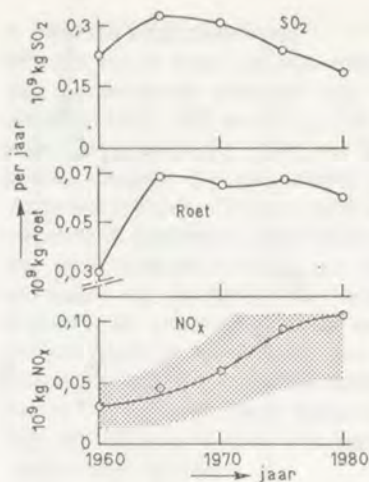


Fig. 7. Nationale emissie t.g.v. industriële energievoorziening

sing door deze warmtebron kan worden beïnvloed, of als nevel). Het ernstige probleem is echter de thermische watervervuiling. De gegevens bieden de mogelijkheid hier al een kwantitatief idee van de omvang van dit probleem te krijgen. Van de in tabel 9 gegeven vermogens wordt ongeveer 2/3 direct als afvalwarmte naar oppervlaktewater afgevoerd (de elektriciteitsbedrijven leveren 1/3 van het totaal aan het net, de overige energiebedrijven en de industrie verliezen ongeveer 1/3 aan de lucht, o.a. door bewust gebruik van luchtkoeling), d.w.z. 8×10^{17} J/j in 1970, 12×10^{17} J/j in 1975 en 16×10^{17} J/j in 1980. Zou de Rijn (gemiddeld debiet 70×10^9 m³/j) deze warmte zonder verdampen moeten afvoeren dan zou hij vandaag in Nederland 2°C warmer worden.

Zou deze afvalwarmte worden afgevoerd door vrijwel stilstaand oppervlaktewater te verdampen, dan is daar anno 1970 ongeveer het totale oppervlak van het in Nederland beschikbare oppervlaktewater voor nodig: $2,5 \times 10^9$ m² (daarbij is aangenomen een behoefte van 0,10 m² oppervlaktewater per Watt energieverlies). Dit zou de O_2 -oplosbaarheid in het water met 1,5 g/m³ verlagen (15%) en dus equivalent zijn aan een verlies aan zelfreinigend vermogen van dit water van ongeveer 10^6 inwonersequivalenten. De consequenties hiervan op het leven in ons binnenwater zouden groot zijn (de processen lopen vanwege de hogere temperatuur sneller, terwijl er eerder zuurstofarmoede heerst).

Uit het voorgaande blijkt duidelijk, dat het probleem van de afvalwarmte van onze activiteit zeer groot is en dat in de toekomst andere werkwijzen nodig zijn om deze warmte af te voeren. Het is de vraag of luchtkoeling hiervoor een afdoende oplossing kan zijn. Wellicht moet men eerder koeling met zeewater overwegen. Ook rijst de vraag of met deze enorme overschotten aan warmte geen „environmental engineering” is te bedrijven (bijv. het leggen van een sanitair gordijn van thermiekstromen tegen luchtvervuiling of het indampen van sterk verontreinigde stromen afvalwater).

2. De emissie t.g.v. de industriële procesvoering

Een overzicht van de veelsoortige emissies van de procesvoering in de verschillende industrieën is niet eenvoudig te maken. Een eerste poging is ondernomen in tabel 10, waarin de specifieke emissies (in

kg per ton produkt) voor enige industrieën zijn gegeven (exclusief de emissies t.g.v. de energievoorziening van de betreffende industrie). De gegeven waarden zijn richtgetallen. Soms kon worden aangegeven hoe de specifieke emissie is verlaagd door verbetering in de procesvoering. Vaak waren geen cijfers bekend. Veel aanvullend onderzoek zal nodig zijn. De Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging, sectie Milieuchemie, bezit reeds werkgroepen om de HF- en de Hg-emissie kwantitatief te onderzoeken. De studie van vele industrieën die fluorwaterstofhoudende aarden of mineralen verwerken, maakt dat de HF-opdracht nog enige tijd zal nemen tot zijn voltooiing.

Op grond van de gegevens in tabel 10 en de nationale produktiecijfers is in tabel 11 geprobeerd te berekenen wat in 1960 en in 1970 de emissies waren aan stof, CO, SO₂ (en andere zwavelverbindingen), C_xH_y, NO_x en kwik t.g.v. de procesvoering alleen. Het blijkt dat de emissies aan stof, SO₂ en C_xH_y van deze lokale, zeer laag bij de grond gesitueerde bronnen een aanzienlijk deel uitmaken van de totale nationale emissies aan deze verontreinigingen.

3. De emissie t.g.v. vuilverbrandingsbedrijven

Naast de reeds behandelde emissies is er nog een reeks bronnen over, die zeer moeilijk te kwantificeren zijn en die meestal aan de aandacht ontsnappen omdat de emissies doorgaans niet in de nabijheid van grote steden plaatsvinden. Daarbij is te denken aan de luchtvervuiling die fokkerijen en mesterijen geven, die van de landbouw afkomstig is (bemesting, verbranding), die met de industriële biobedrijvigheid samenhangt (o.a. via de eutrofiëring van het water) en die het gevolg is van de verbranding van vast vuil (zie ook IV B).

Tabel 12. Overzicht van de emissie aan SO₂, CO, NO_x en vliegas t.g.v. de vuilverbranding in Nederland (1970)

	SO ₂	CO	NO _x	vliegas	HF HCl
kg/ton	0,5	5	1,5	10	+
10 ⁶ kg/j	2,8	28	8,4	55	?

Om te illustreren dat dergelijke bronnen ook de aandacht waard zijn, is in tabel 12 een overzichtje gegeven van de nationale emissie aan SO₂, CO, NO_x en vliegas t.g.v. de vuilverbranding. Daarbij is aangenomen dat één inwoner per jaar 1 m³, d.i. 400 kg, te verbranden huisvuil produceert. Op het niet te kwantificeren stankprobleem dat daarbij behoort wordt niet ingegaan, evenmin als op de technische problemen om dit vuil in te behandelen fracties te classificeren. De vraag rijst of er geen alternatieve methode voor verbranden bestaat om dit vuil, of een deel ervan, „bruikbaar” kwijt te raken (kunstheuvels?).

Voor het resterende deel van dit betoog worden de emissies van de in deze paragraaf genoemde bronnen als p.m.-posten beschouwd.

4. Immissie-berekeningen

We zijn nu in staat om een totaal overzicht te maken van de nationale emissies aan SO₂, roet (+ stof + vliegas), NO_x, CO en C_xH_y. Dat is gedaan in tabel 13 voor de jaren 1965, 1970 en 1975. Het blijkt dat de verontreiniging die een direct gevolg is van de industrialisatie (vnl. SO₂ en roet) weliswaar tussen 1960 en 1970 is gestegen, maar door een aantal maatregelen (o.a. procesvoering) en omstandigheden (o.a. overgaan op aardgas) haar maximum heeft bereikt, ondanks de voortschrijdende industriële expansie. In die zin heeft de Vereniging van de Nederlandse Chemische Industrie het bij het rechte eind indien zij stelt dat in 5 à 10 jaren deze verontreiniging beteugeld zal zijn, als men tenminste met dezelfde snelheid voordeelingen blijft maken.

De bezoedeling die een gevolg is van het toenemende verkeer (CO, C_xH_y en NO_x), van de energiebedrijven door overgang op aardgas (NO_x) en van de procesemissie van de snel in capaciteit toenemende aardolieraffinaderijen (C_xH_y) gaat in het komende decennium ernstiger vormen aannemen.

Zoals de geologie tijdperken kent, kunnen we constateren dat de periode 1950-1980 in Nederland het tijdperk van de SO₂-roet-vervuiling zal zijn en de periode na 1980 van de CO - NO_x - C_xH_y-vervuiling. We moeten ons reeds nu op maatregelen voor de tweede periode bezinnen; zulk een opdracht kreeg de KEMA reeds van de regering.

Om een idee te krijgen wat een emissie van 0,9 x 10⁹ kg SO₂ per jaar (1970) betekent, kan men als volgt redeneren. Regen wast SO₂ effectief uit, zodat met de regen vanwege onze SO₂-emissie 2,7 x 10⁷ kg H⁺ per jaar terugkomt. Neemt men, vanwege de korte verblijftijd in de lucht (7 à 12 dagen = verblijftijd van waterdamp in de lucht), aan dat deze belasting op nationaal grondgebied terecht komt (4 x 10¹⁰ m²), dan betekent dit 7 x 10⁻⁴ kg H⁺ per m² per jaar (equivalent aan 70 g zuiver zwavelzuur per m² per jaar). Dit komt overeen met 20 x 10⁻⁶ kmol H⁺ per kmol water of een pH van het regenwater gelijk aan 4,7. Zojuist gepubliceerde gegevens over de Duitse Bondsrepubliek geven een totale SO₂-emissie aldaar van 3,5 x 10⁹ kg/j (1970). Dat is omgerekend op het inwoneraantal ongeveer 20-30 % lager dan onze nationale emissiedichtheid. De oorzaak van dit verschil kan liggen in de onnauwkeurigheid van dit soort schattingen, maar het zou ook zeer wel een reëel feit kunnen zijn, vanwege de in Duitsland verder geschreden wetgeving op dit gebied.

De interpretatie van de gegeven emissiecijfers is alleen mogelijk indien hiermee grondconcentraties kunnen worden berekend en indien deze concentraties met normen kunnen worden vergeleken. Het is nu eenmaal zo dat we zelf wel de stofstromen opleggen, maar dat we moeten afwachten wat de concentraties worden. Om toch tot een schatting van deze grondconcentraties te kunnen komen, zijn in tabel 14 en in de daarbij behorende figuur 8 de relaties weergegeven waarmee grond- of schoorsteenemissies kunnen worden omgerekend tot grondconcentraties. Hieruit leidt men af dat een schoorsteen van 100 m hoogte bij een windsnelheid groter dan 5 m/s (wat juist is voor 90 % van de dagen in het Europoortgebied) bij

Tabel 13. Overzicht van de nationale emissies der voornaamste luchtbezoedelende stoffen in 10^9 kg/j voor 1965, 1970 en een voorspelling voor 1975

	brandstof totaal	SO ₂	stof + roet + vliegias	NO _x	CO	C _x H _y
1965						
huisverwarming	11	0,15	0,04	0,005	p.m.	p.m.
kasverwarming	1	0,035	0,01	0,0003	p.m.	p.m.
auto's	2	} 0,08	} 0,03	0,20	1,2	0,35
scheepvaart	2			0,001	p.m.	p.m.
totaal distributieve bronnen	16	0,27	0,08	0,21	1,2	0,35
elektriciteits- + energiebedrijven	11	0,46	0,08	0,05	p.m.	p.m.
industriële energievoorziening + procesemissie	9	} 0,031 } 0,13	} 0,06 } 0,06	} 0,04 } 0,02	0,06	0,12
totaal	36	1,17	0,28	0,32	1,3	0,47
1970						
huisverwarming	12	0,10	0,035	0,006	p.m.	p.m.
kasverwarming	1	0,03	0,01	0,0003	p.m.	p.m.
auto's	8	} 0,10	0,02	0,28	1,8	0,46
scheepvaart	2		0,025	0,001	p.m.	p.m.
totaal distributieve bronnen	23	0,23	0,09	0,29	1,8	0,46
elektriciteits- + energiebedrijven	15	0,34	0,08	0,08	p.m.	p.m.
industriële energievoorziening + procesemissie	13	} 0,30 } 0,17	} 0,07 } 0,075	} 0,06 } 0,025	0,075	0,155
totaal	51	1,04	0,32	0,46	1,9	0,62
1975						
huisverwarming	14	0,07	0,03	0,012	p.m.	p.m.
kasverwarming	1	0,015	0,004	0,0006	p.m.	p.m.
auto's	5	} 0,15	0,03	0,38	2,5	0,64
scheepvaart	3		0,03	0,001	p.m.	p.m.
totaal distributieve bronnen	23	0,24	0,09	0,40	2,5	0,64
elektriciteits- + energiebedrijven	26	0,31	0,08	0,13	p.m.	p.m.
industriële energievoorziening + procesemissie	19	} 0,29 } 0,22	} 0,07 } 0,13	} 0,09 } 0,05	0,13	0,20
totaal	63	1,06	0,37	0,67	2,6	0,84

een emissie van 10^7 kg/j een maximale grondconcentratie van $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ geeft. Voor SO₂ ligt dit aan de grens van het toelaatbare, zodat voor de SO₂-emissie van het Europoort-gebied (ongeveer $0,4 \times 10^9$ kg/j) ofwel minstens 40 schoorstenen van 100 m hoogte dan wel minstens 10 van 200 m hoogte vereist zijn (mits ze voldoende uiteen liggen, zodat de pluimen elkaar niet „raken“; vanwege de geringe transversale dispersie

in de pluim is dit geen bezwaarlijke eis). De roet-emissie is ruwweg 20% van de SO₂-emissie en de MIC-waarde hiervan is ongeveer $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$, zodat de eis te stellen aan de dispersie van roet minder streng is dan die voor de SO₂-dispersie. Voor de concentraties van C_xH_y en stof als gevolg van de activiteiten aan de grond in het Europoortgebied (vergelijk tabel 11) berekent men met de gegeven formules voor

Tabel 14. De relatie tussen de emissie q kg/j, q' kg/mj of q'' kg/m²j en de gemiddelde concentratie \bar{c} kg/m³ in een aantal situaties

Grondemissie	
lineaire afmeting v/h gebied R, oppervlak πR^2	
(1)	$\bar{c} = A \frac{q''}{k}$, uniforme emissie: $A = 0,3$, „punt“-emissie: $A = 1$, (\bar{c} = gemiddelde grondconcentratie in het gebied) (k = overdrachtscoëfficiënt in m/j) (D = dispersiecoëfficiënt in m ² /j)
(2)	$\frac{2Rk}{D} = 1$,
(3)	$D = 25 \text{ m}^2/\text{s}$ voor $R > 100 \text{ m}$, indien $-\frac{dT}{dz} > 0,01$, $D = 0,05 vR$, voor $R < 100 \text{ m}$, indien $-\frac{dT}{dz} > 0,01$, (v = windsnelheid)
lineaire afmeting v/h gebied R, oppervlak $R \times L$ ($L \gg R$)	
(4)	$\bar{c} = 2A \frac{q''}{k}$, A en k als boven (respectievelijk (1), (2) en (3))
Schoorsteenemissie (hoogte h)	
(5)	enkele hoge schoorsteen: $c_m = A' \frac{q}{10vh^2}$ (c_m = maximale grondconcentratie) geringe transversale dispersie
(6)	lint van schoorstenen: $c_m = A' \frac{q'}{7vh}$ (fabrieken in lintbebouwing)
(7)	zie voor A' fig. 8

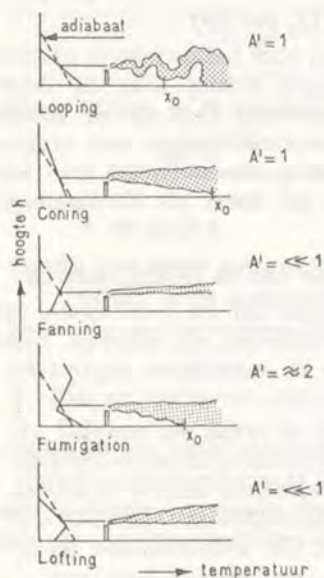


Fig. 8. Verschillende situaties van schoorsteenpluimen en de bijbehorende waarde van A' (vergelijk tabel 14)

onstabiel weer gemiddelde concentraties van resp. 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 1700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Deze liggen aan de hoge kant. Het ziet er dan ook naar uit dat de gevolgen van de grondemissies eerder tot problemen aanleiding geven dan de schoorsteenemissies. Derhalve zou een studie over het tegengaan van grondemissie voorrang verdienen. Ook studies over procesverbetering of terugwinning van verontreiniging (b.v. van S en F) zouden op zijn plaats zijn, ook al is een economische oplossing nu nog niet te voorzien.

C. Voorstel voor werkgroepen

1. Werkgroep verspreiding van verontreiniging in de lucht; niet zozeer uit hoge schoorstenen, dan wel van grond-emissies (stad, bedrijf), Meetproblemen (middeling in plaats en tijd). Luchtkartering?
2. Werkgroep emissiecijfers, nationaal, onderverdeeld naar bron, van NO_x , C_xH_y en CO , voornamelijk i.v.m. smogvorming.
3. Werkgroep kwantificering grondemissies, naar type industrie per ton produkt. Voornamelijk SO_2 , C_xH_y en stof. Mogelijke tegenmaatregelen.
4. Werkgroep prognose ontwikkeling benzinesamenstelling tot 1980. Invloed lood. Balansproblemen van raffinaderijen. Invloed wettelijke maatregelen.
5. Werkgroep consequenties van een wet tot openbaar maken van stof- en warmtebalansen per industrie (evenals jaarrekeningen) of tot het deponeren hiervan bij de overheid (evenals bij belastingen). Mogelijkheden tot een uitvoerbare wet op de luchtvervuiling.
6. Werkgroep „ether“vervuiling door elektromagnetische golven.

III. Watervervuiling

A. Algemene achtergrond

In IA is een analyse gegeven van de stoffen waaraan in water aandacht moet worden besteed. Daarbij zijn tevens de redenen aangeduid waarom deze stoffen aandacht behoeven (zie tabel 2).

In dit hoofdstuk zal het resultaat worden behandeld van een studie over de nationale emissie aan afbreekbare organische stoffen, aan slib (niet afbreekbare organische stof) en aan fosfaat. Er zal worden aangegeven langs welke weg uit deze emissie-cijfers inzicht is te verkrijgen in de lokale toestand van oppervlaktewater, stroomafwaarts van het emissiepunt.

De maat voor fosfaat zal worden uitgedrukt in massa-eenheden fosfor (P), die voor slib in massa-eenheden gedroogd en uitgegist materiaal en die voor afbreekbare organische stof in massa-eenheden zuurstof nodig voor een volledige aërobie omzetting bij 20 °C en atmosferische druk.

Over de beperking van deze studie tot de drie genoemde categorieën vervuiling is nog op te merken dat andere urgente onderwerpen reeds elders veel aandacht krijgen, zoals bijvoorbeeld de zouthuishou-

ding van ons land (Waterstaat). Dit probleem is vanwege de verzilting van de bodem, direct of via de rivieren, zo specifiek dat het niet eenvoudig in dit overzicht is te behandelen. Een nog andere, gewenste studie, nl. van de stikstofhuishouding in Nederland, werd enerzijds voor de gevolgde aanpak te gecompliceerd gevonden vanwege het moeilijke kringloopproces van stikstof, anderzijds werd gemeend dat een fosforbalans op dit moment van meer belang was, daar fosfor meestal de beperkt aanwezige grondstof is in de ecologische keten en stikstof niet.

1. De BOD-waarde

De gebruikte eenheid voor de hoeveelheid afbreekbare stof kan aanleiding geven tot misverstand, hetgeen duidelijk wordt indien men zich de erbij behorende meting voorstelt. Neemt men bijv. een m^3 van het te onderzoeken water en brengt men deze in goed contact met geaëreerd water onder atmosferische condities, dan zal de snelheid van zuurstofabsorptie in dit monster worden bepaald door:

- a) de concentratie en de aard van de oorspronkelijk aanwezige micro-organismen,
- b) de concentratie en de aard van het oorspronkelijk aanwezige afbreekbare vuil,
- c) de oorspronkelijke concentratie van de zuurstof,
- d) de concentratie en de aard van de overige, oorspronkelijk aanwezige nutriënten (bijv. P en N), en van eventuele groeiremmende stoffen.

Slechts indien deze vier aspecten voor de test en voor de werkelijke situatie geheel gelijk zijn, wordt met de test de praktijksituatie goed gekarakteriseerd [16]. In dat geval meet men na zeer lange tijd de gevraagde grootheid: het aantal grammen O_2 om het in een m^3 water aanwezige afbreekbare materiaal geheel aëroob met de aanwezige microorganismen af te breken. Deze concentratie duiden we aan met BOD_{∞} (Biological Oxygen Demand) of BZV_{∞} (Biologisch Zuurstof Verbruik).

In de praktijk zal men de test na enige dagen reeds beëindigen, meestal na 5 dagen. Aldus meet men een concentratie aangeduid als BOD_{20}^{20} of BZV_{20}^{20} . Het bovenste cijfer geeft de temperatuur, het onderste cijfer het aantal dagen. Een praktijkregel is: $BOD_{\infty} = 1,5 \times BOD_{20}^{20}$, indien de verhouding tussen BOD_{20}^{20} en de concentratie van de voor handen zijnde stikstof (ook in g/m^3) minder dan 30 is en de verhouding BOD_{20}^{20} en de concentratie van fosfor minder dan 150. Tevens moet de concentratie van fosfor absoluut genomen minder zijn dan $0,1 g/m^3$, wil deze omrekening steek houden, omdat, als dit niet het geval is, in de 5-dagen-test vrijwel geen, maar in de werkelijke situatie wel algengroei kan optreden.

Aëroob levende micro-organismen oxyderen het aanwezige organische materiaal meestal niet volledig. Zo zal bijvoorbeeld oxydatie van stikstof door bacteriën bij $20^{\circ}C$ gedurende de eerste 10 dagen vrijwel niet voorkomen. Daarom zijn er testmethoden ontworpen waarmee kan worden bepaald hoeveel organisch materiaal, uitgedrukt in O_2 -equivalenten, per volume-eenheid chemisch kan worden geoxydeerd. Eén van deze vele methoden is een behandeling van het water gedurende 4 uur met een $1/80 N-KMnO_4$ -oplossing

bij $20^{\circ}C$. De aldus bepaalde COD^{20} -waarde (Chemical Oxygen Demand in $g O_2$ per m^3 bij $20^{\circ}C$) laat zich praktisch als volgt omrekenen tot een BOD_{20}^{20} -waarde: $COD^{20} = 2,4 BOD_{20}^{20}$ (voor huishoudelijk afvalwater).

Indien in het volgende wordt gesproken over de concentratie van afbreekbaar materiaal uitgedrukt in equivalente massa-eenheden zuurstof, zal steeds worden bedoeld de waarde van BOD_{∞} . Deze waarde omvat dus wel de O_2 -behoefte voor de C-trap, maar niet die voor de N-trap.

Dat naast de genoemde wijze van weergeven van hoeveelheden afbreekbaar materiaal, zowel vakliteratuur als persberichten gebruik maken van het begrip „inwoner-equivalent“ is een volgende aanleiding tot verwarring. Om het huishoudelijk afval dat één Nederlander anno 1970 per jaar produceert, biologisch volledig af te breken is $30 kg O_2$ nodig. Voor één Amerikaan anno 1970 wordt dit wel gesteld op ruim $37 kg O_2$. Hieruit blijkt dat het gebruik van de eenheid „inwoner-equivalent“ dezelfde problemen oproept als het gebruik van „imperial gallons“ of van „rijnlandse voeten“. Het verdient aanbeveling dat een dergelijk (on-)begrip wordt verbannen en dat een verantwoorde standaard internationaal wordt aanvaard.

Voor een landgenoot die anno 1970 ongeveer $50 m^3$ water per jaar in zijn huishouden gebruikt, berekent men een BOD_{∞} -waarde van dit water van $600 g O_2$ per m^3 , dus een BOD_{20}^{20} -waarde van $400 g O_2$ per m^3 . Het „Uitvoeringsbesluit Verontreiniging Rijkswateren“, dat met de „Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren“ op 1-12-1970 in werking trad, maakt impliciet gebruik van het begrip „inwoner-equivalent“. Indien in dit uitvoeringsbesluit wordt gesteld dat het afvalwater van $1000 kg$ aardappelen, indien deze tot aardappelmeel worden verwerkt, een afvalwatercoëfficiënt van $1,3$ heeft, wordt daarmee bedoeld dat er $1,3 \times 30 kg O_2$ nodig is om het organisch vuil afkomstig van de verwerking van $1 ton$ aardappelen tot aardappelmeel volledig biologisch af te breken. Indien er voorts bij deze verwerking $15 m^3$ (was- + fabricage-) water per $1000 kg$ aardappelen nodig is, berekent men voor de BOD_{∞} -waarde van dit afvalwater $2600 g O_2$ per m^3 (of $BOD_{20}^{20} = 1730 g O_2$ per m^3).

De bepalingsmethoden voor het gehalte te assimileren organische stof zeggen weinig over de reuk- of smaakwaliteit van het water. Ook zijn ze, doordat er zeer verschillende verontreinigingen aan organische stof mogelijk zijn, weinig eenduidig als men het gezondheidsaspect van het water als drinkwatergrondstof wil beoordelen.

2. A priori schattingen van de BOD_{∞} -waarde

Ruwe a priori schattingen van de concentratie van afbreekbaar organisch materiaal zijn mogelijk, zodra de samenstelling van de te assimileren organische vervuiling bekend is*.

Eerst berekent men dan voor ieder van de organische bestanddelen uit een stoichiometrische balans hoeveel gram O_2 per gram organisch materiaal voor de oxydatie nodig is. Het resultaat voor de voornaamste

* Zie C. Biemond, Water, Querido 1968 en H. F. W. Kleyn, Air.-Wat. Pollut. Int. J. 10 (1966) 521 en De Ing. 80, 18 (1968) G 63.

bestanddelen uit ons huishoudelijk afvalwater is in tabel 15 gegeven.

Vervolgens maakt men op basis van de bekende samenstelling van het afvalwater een schatting van de totale zuurstofbehoefte van dit water. Dit is in tabel 16 gedaan voor het afvalwater uit huishoudens.

Tabel 15. Theoretisch zuurstofverbruik

	gram O ₂ /gram org. mat.
koolhydraten	1,1
vetten	2,9
eiwitten	2,5 (1,6) ¹⁾
ureum	2,2 (0) ¹⁾
zeep	2,1

¹⁾ Het eerste getal geeft het zuurstofverbruik indien alle stikstof wordt omgezet tot N₂O₅; het tweede getal het verbruik indien de N-oxidatie eindigt bij NH₃.

Tabel 16. Theoretisch zuurstofverbruik huishoudelijk afval

	afval in g per hoofd per dag	zuurstof in g per g afval	zuurstof in g per hoofd per dag
Toilet			
koolhydraten	9,5	1,1	10,5
vetten	6	2,9	17,5
eiwitten	7	1,6 (2,5)	11 (17,5)
ureum	10	0 (2,2)	0 (22)
toilet papier	3	1,1	3,3
Gootsteen			
zeep + afbreekbaar deel schuim- en wasmiddelen	6	2,1	12,6
eteisresten	5	1,1 (2,0)	5,5 (10)
	47		60 (96)

$$\text{Dus: } BOD_{\infty} = 60 \text{ gO}_2/\text{h.d.}, \text{ COD}^{20} = 96 \text{ gO}_2/\text{h.d.}$$

$$\therefore BOD_{\frac{20}{5}} = \frac{60}{1,5} = 40 \text{ gO}_2/\text{h.d.} \text{ of } BOD_{\frac{20}{5}} = \frac{96}{2,4} = 40 \text{ gO}_2/\text{h.d.}$$

Praktijk (niet alléén toilet en gootsteen, maar ook bad e.a.):
BOD₅²⁰ = 54 g zuurstof per hoofd per dag (Ned. '70).

3. Slib en fosfaatconcentraties

De redenen om naast de behoefte aan zuurstof voor de afbraak van organische bestanddelen in afvalwater aandacht in deze studie te geven aan slib en fosfaat (zie III B) zijn de volgende:

— de hoeveelheden slib die met de grote rivieren ons land binnenkomen en de hoeveelheden slib die wij er zelf bijvoegen, kunnen in de toekomst een probleem gaan vormen in de aan te leggen

waterzuiveringsinstallaties en in sommige waterspaarbekkens: voor het verwijderen van op de bodem gedeponeerd slib en voor de verdere behandeling daarvan moeten de werkwijzen nog worden ontwikkeld;

— het probleem van de overbemesting van de oppervlaktewateren met fosfaat en de daarbij optredende eutrofiëring is voldoende kwalitatief bekend [17, 18], maar kwantitatief onvoldoende; in het volgende zal worden aangenomen dat bij fosforconcentraties lager dan 0,1 g/m³ geen algengroei optreedt, dat de mate van afzetting van fosfaat op een kleibodem (nu nog) 1 g/m² per jaar is en dat 1 g/m³ tenslotte aanleiding geeft tot maximale algconcentraties van 100 gram algen (droog gewicht) per m³ water.

4. Watervoorziening en waterbehoefte

Nu is afgesproken over welke stoffen in deze studie emissiecijfers zullen worden gegeven en in welke eenheden wordt gemeten, is het van belang na te gaan wat de hoofdkenmerken van de nationale waterhuishouding zijn [19-21].

De voornaamste bronnen voor ons water zijn de Rijn (aanvoer gemiddeld 10 x 10¹² kg/j), de Maas (8 x 10¹² kg/j), regen (bruto 0,7 m/jaar, netto 10 x 10¹² kg/j) en enkele kleine grensrivieren (10¹² kg/j). Van de toevoer door regenwater komt ongeveer 60% „nuttig“ in de grond terecht en 40% wordt afgevoerd als kwelwater; van het „nuttige“ netto regenoverschot is slechts maximaal 20% zonder schade voor de landbouw te winnen. In een jaar van gemiddelde droogte beschikken we dus over een aanvoer van 89 x 10¹² kg water per jaar. In een droog jaar (10% kans) is dit 52 x 10¹² kg/jaar en in de droogste maand van zulk een jaar ongeveer 30 x 10¹² kg/jaar. De afvoer geschiedt via de delta (gemiddeld 75 x 10¹² kg/jaar) en via het IJsselmeer.

De kans dat de watertoevoer een gegeven gemiddeld jaardebiet onderschrijft is bekend. Zie bijvoorbeeld fig. 9, waarin deze kans voor de Rijn is gegeven en verder de hiervoor aangehaalde literatuur.

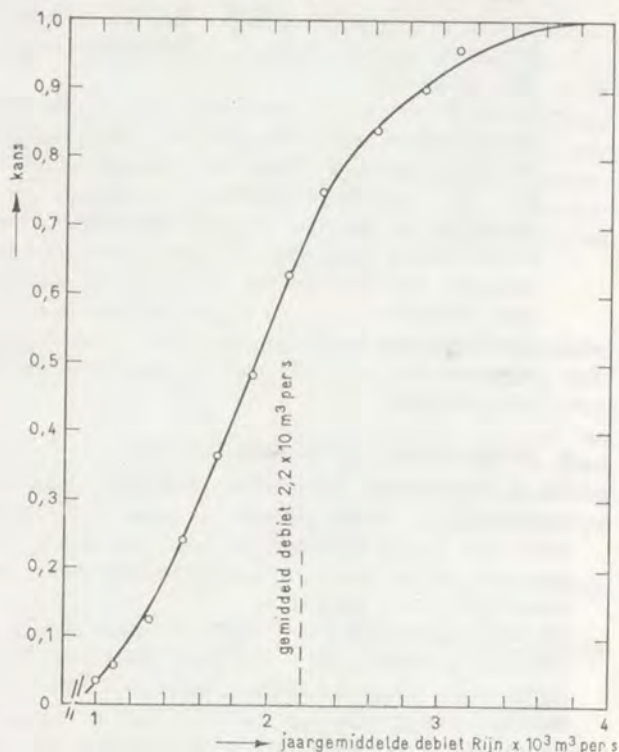
Het totale oppervlak van de oppervlakte-binnenwateren in Nederland is ongeveer 2,5 x 10⁹ m² (volume ongeveer 5 x 10⁹ m³)¹⁾; het groot-IJsselmeer had een oppervlak van 2,5 x 10⁹ m² (volume 10¹⁰ m³) en het klein-IJsselmeer zal een oppervlak krijgen van 1,2 x 10⁹ m² (volume 5 x 10⁹ m³).

De Waddenzee heeft bij gemiddeld zeeniveau (— 1 cm NAP) een gemiddeld wateroppervlak van ongeveer 2 x 10⁹ m² (volume 4,5 x 10⁹ m³), het Dollard-Eemsestuarium van 0,4 x 10⁹ m² (volume 1,7 x 10⁹ m³). Voor de kust van Noord- en Zuid-Holland ligt een strook water van 40 x 10⁹ m² (volume 500 x 10⁹ m³), die, evenals de Waddenzee, matig goed met het water van de zee mengt (tijdconstanten van dit water en voor het water uit de Waddenzee ongeveer 1 week). Ongeveer 1/3 van het water uit de delta bereikt via deze strook na 7 dagen het westelijk deel van de Waddenzee [22].

Het water dat ons land binnenstroomt is — zoals bekend — reeds ernstig verontreinigd, reden waarom onze regering aandringt op internationale afspraken

¹⁾ exclusief Deltameren, IJsselmeer en Waddenzee.

Fig. 9. De kans dat de Rijn een gegeven gemiddeld jaar-debiet onderschrijdt (opgave prof. ir. L. Huisman)



- 1e kwartaal 1,6 x gemiddelde
- 2e kwartaal 1,0 x gemiddelde
- 3e kwartaal 0,8 x gemiddelde
- 4e kwartaal 0,6 x gemiddelde

op dit gebied. In tabel 17 is weergegeven wat de gemiddelde concentraties in Rijn en Maas in 1969 waren bij het binnenstromen van ons land. Het blijkt uit deze tabel dat het Rijnwater de norm voor water, dat tot de bereiding van drinkwater kan dienen, overschrijdt. In fig. 10 wordt aangetoond hoe de belasting van de Rijn aan anorganisch materiaal zich in de laatste twee decennia heeft ontwikkeld. Het verloop van deze grafieken pleit met nog meer klem dan de gegevens van tabel 17 voor het maken van internationale regelingen. Toch geven de Maas, de IJssel en het IJsselmeer, die alle in tijden van droogte in zeer geringe mate worden doorstroomd, de meeste zorgen. Het is dan ook verheugend dat de regering in 1970 een groot programma voor het periodiek bemonsteren van deze wateren heeft doen starten. Bovendien is het begrijpelijk dat de benedenloop van de Rijn in dit bemonsterplan werd opgenomen.

Nu bekend is hoeveel water per jaar tot onze beschikking komt, is het zinvol na te gaan waarvoor we het water nodig hebben. Tabel 18 geeft weer welke hoeveelheden (in 10^{12} kg per jaar met gemiddelde neerslag) nodig waren in 1950, 1960 en 1970 voor onze huishoudens, de industrie, de landbouw, de peilbeheersing, het doorspoelen van kanalen en boezems en voor de verziltingsbestrijding van de delta. De tabel geeft tevens een schatting van deze posten voor 1980.

In het aangebroken decennium zullen we onder gemiddelde omstandigheden rond 25×10^{12} kg/jaar nodig hebben, indien we het water voor deze doeleinden

Tabel 17. Kwaliteit Rijn- en Maaswater (opgave prof. ir. L. Huisman)

	Grondstof voor drinkwater Norm.	Rijn ¹⁾ (gem. 1969)	Maas ²⁾ (gem. 1969)
slib mg/l ³⁾	100	34,5	27
Cl ⁻ mg/l	150	169	50
NH ₄ ⁺ (org.) mg/l	0,6	2,2	1,8
SO ₄ ⁼ mg/l	250	86	62
zout totaal mg/l	500	610	342
pH	6,5 - 8,7	?	7,65
% O ₂ -verzadiging	70	50	73
BOD ₅ ²⁰ mg/l	5	7	5,0
COD ²⁰ mg/l	8	9	7
MPN ⁴⁾ coli bacteriën/l	10 ⁵	3 x 10 ⁴	?
β-radioactiviteit pc/l	33	?	1,5
α-radioactiviteit	3	?	
PO ₄ (polyfosfaat) mg/l	?	?	0,03
detergenten mg/l	0,5	?	0,1

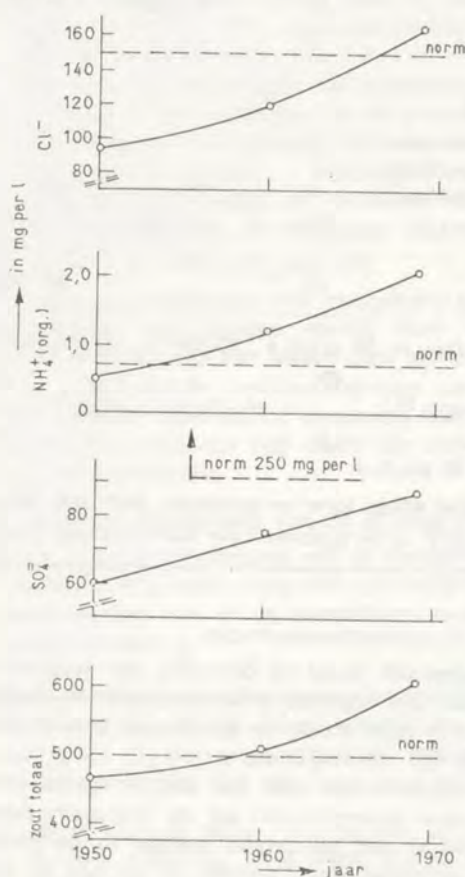
¹⁾ 2,23 x 10³ m³/s te Lobith (gemiddeld 2,2 x 10³ m³/s)

²⁾ 291 m³/s te Keizersveer (gemiddeld 180 m³/s)

³⁾ gedroogd

⁴⁾ most probable number

Fig. 10. Anorganische belasting Rijn bij binnenkomst in ons land als functie van de tijd (gebaseerd op gemiddelde afvoer in de jaren '48, '52, '58, '61 en '69) (opgave prof. ir. L. Huisman).



slechts eenmaal gebruiken en dus niet reinigen of opwerken. Daarbij is reeds aangenomen dat de warmtevervuiling t.g.v. onze niet-distributieve bronnen (zie II B) in die zin is te verwaarlozen dat het water gebruikt voor koeling van de energiebedrijven en de industrie nog zonder meer te gebruiken is voor één van de in tabel 18 genoemde posten. Derhalve komt het jaarlijks koelwaterverbruik in deze tabel niet voor, evenmin als de $0,1 \times 10^{12}$ kg/jaar die anno 1970 door deze koelprocessen verdampst. De hoeveelheid van $0,1 \times 10^{12}$ kg/jaar, die uit riolen rechtstreeks op zee wordt geloosd, is in de tabel verdisconteerd in de post „huishoudens“.

Voor een droog jaar (kans: 10 %) moeten de hoeveelheden van tabel 18 worden gecorrigeerd met een extra bedrag voor de landbouw ($0,2$ à $0,3 \times 10^{12}$ kg/jaar), voor de ontwatering door buurlanden ($0,1 \times 10^{12}$ kg/jaar) en voor aanvullende maatregelen ten behoeve van de scheepvaart (ongeveer $0,1 \times 10^{12}$ kg/jaar). Dit maakt dat in 1980 voor zulk een jaar bij het „once-through“ systeem ongeveer $27,5 \times 10^{12}$ kg/jaar nodig zal zijn, terwijl in de droge maanden van zulk een jaar 30×10^{12} kg/jaar ter beschikking staat. Dit betekent dat we in een periode van 10 à 15 jaren moeten komen — in overeenstemming met het regeringsprogramma —

- tot een volledige behandeling van het dan te verbruiken water in huishoudens (ong. 10^{12} kg/jaar, terwijl er nu slechts $0,3 \times 10^{12}$ kg/jaar wordt behandeld) en
- tot een in spaarbekkens opgeslagen reserve voor 2 maanden voor verbruik in huishoudens, industrie en landbouw (wederom ongeveer 10^{12} kg/jaar).

Aldus blijkt dat ons kikkerland (waar overigens weinig kikkers overbleven) gaat kampen met een kwantitatief watertekort in de zomermaanden van droge jaren. Bovendien kampt het voortdurend met een tekort aan water van een bruikbare kwaliteit. Infiltratie, niet alleen van de duinen, maar ook van de zandgronden van de Veluwe (in een proefstadium) en van de overige zand- en grintgronden van ons land, met het minst verontreinigd rivierwater in tijden van overvloed, moet worden overwogen. Op den duur (1990-2000) moet het gebruik van zeewater als koelwater worden overwogen en nog eens twintig jaren later het gebruik van zeewater als grondstof voor drinkwater en proceswater (Zeeuws-Vlaanderen levert nu hiermee $0,01 \times 10^{12}$ kg/jaar).

5. Zelfreinigend vermogen van de Nederlandse oppervlaktewateren

De vraag over de snelheid van de zuurstofopname in onze oppervlaktewateren kan de gemoederen sterk in beroering brengen. Zou men afbreekbaar organisch materiaal uniform over onze (binnen-)wateren verdelen, het gelijktijdig goed met het water mengen en een zuurstofverzadigingsgraad van 80 % toelaten (d.w.z. een O_2 -deficiet van 2 g/m^3 bij 20°C), dan zou er in het water dat ons land „rijk“ is een hoeveelheid organisch materiaal biologisch kunnen worden afgebroken equivalent aan $0,3 \times 10^9$ kg O_2 per jaar (de gemiddelde stofoverdrachtscoëfficiënt, k , in oppervlaktewater is 10^{-5} m/s). Dit zou overeenkomen met 100×10^6 „inwoner-equivalenten“ (als men het per se in deze grootheid uitgedrukt wil zien) en dat is ongeveer de

Tabel 18. Waterbehoefte 10^{12} kg/j, gemiddeld jaar, (bron TP 2000, Ministerie van Verkeer en Waterstaat 1970)

	1950	1960	1970	1980
huishoudens	0,2	0,3	0,6	0,9
industrie	0,3	0,7	1,5 ¹⁾	2,8
landbouw + peilbeheersing	1	1	1,5	2
doorspoelen boezems + kanalen	6	6	6	12
verziltingsbestrijding delta	9	12	15	9
totaal	16,5	20	24,6	26,7

¹⁾ Waarvan ongeveer 30 % betrokken via openbare winningsbedrijven.

belasting die de bevolking, de dierveredelingsbedrijven, de industrie en onze buurlanden momenteel aan ons opleggen (zie III D). Echter we verdelen de vuilstroom van afbreekbaar materiaal niet uniform over het beschikbare water (dat scheelt een factor 5 à 10 in wat deze wateren kunnen verwerken), zodat we moeten besluiten dat onze oppervlaktewateren niet in staat zijn een hoeveelheid organisch materiaal equivalent aan 3×10^9 kg O_2 per jaar (of 100 miljoen inwonerequivalenten) af te breken, maar slechts een hoeveelheid overeenkomende met 450×10^6 O_2 per jaar (of 15 miljoen inwonerequivalenten). Deze berekening volgens „optimistische“ en „pessimistische“ voorspellingen geeft aan hoe belangrijk het is over een goede analyse van lokale situaties te beschikken.

Beschouwen we vervolgens het Eems-Dollard-estuarium, waarvoor door de getijdebeweging de stofoverdrachtscoëfficiënt minstens 2×10^{-5} m/s is [23], dan vinden we als bovengrens voor het zelfreinigend vermogen 500×10^6 kg O_2 per jaar (bij een zuurstofverzadigingsgraad van 80 %) of 17×10^6 inwoner-equivalenten. Dit zou ongeveer overeenkomen met het debiet aan te assimileren materiaal dat tijdens de campagne door de z.g. smeerpip zal worden geloosd: 720×10^6 kg O_2 per jaar of 24×10^6 inwonerequivalenten. Het RIZA is van mening, dat waar het technisch en economisch niet mogelijk is al het effluent van de veenkoloniale industrie zo te behandelen dat het zonder bezwaar in de kanalen kan worden geloosd, lozing op de Eems-Dollard de voorkeur verdient, omdat in deze grote, ontvangende zee-arm de microbiologische nazuivering het best kan worden verricht. Dit Instituut stelt, dat ook bij directe lozing van het veenkoloniale afvalwater uit één pijp de aërobe verhoudingen in het estuarium niet worden verstoord. De regering nam dit standpunt over: eerst de smeerpip, vervolgens een programma voor de aanleg van zuiveringsinstallaties bij de betreffende industrieën. Er is veel kritiek op deze beleidsbeslissing gerezen, reden waarom ik in het navolgende het resultaat van eigen berekeningen weergeef.

Fig. 11 - Resultaat van een modelberekening over de zuurstofhuishouding in een rivier waarop afvalwater wordt geloosd. Vergelijking met twee praktijksituaties. Verklaring van de symbolen in de tekst.

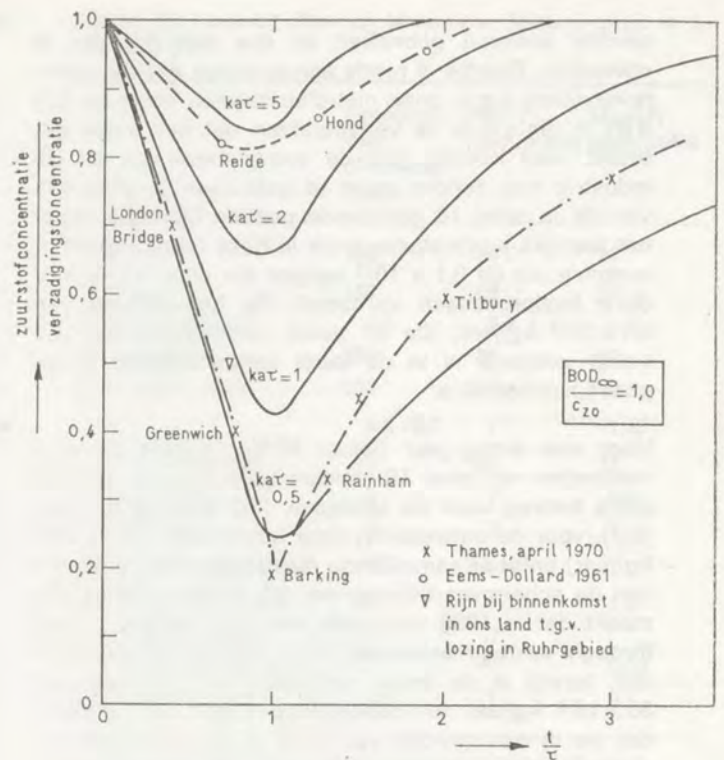
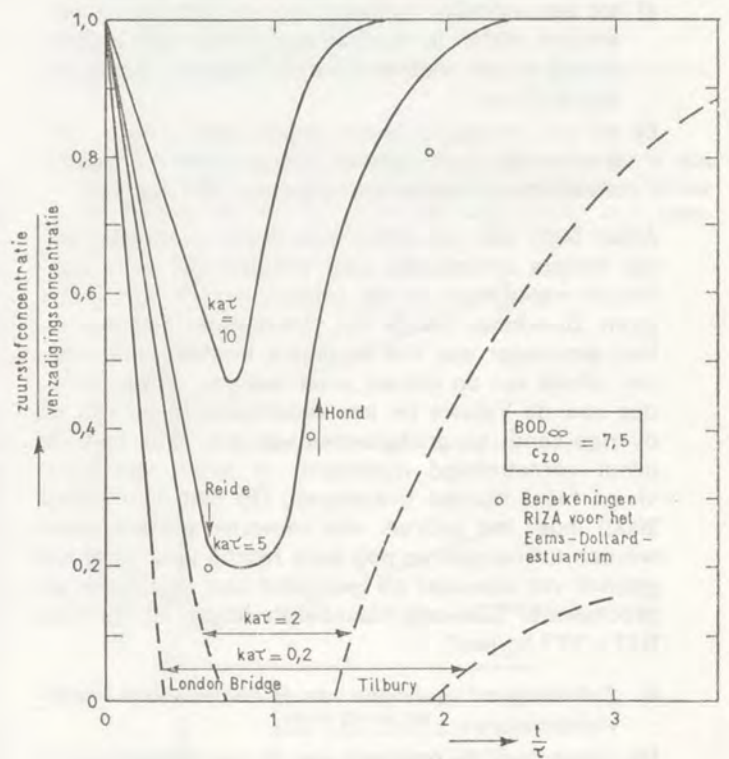


Fig. 12 - Resultaat van een modelberekening over de zuurstofhuishouding in een rivier waarop een grote stroom afvalwater wordt geloosd. Vergelijking met berekeningen van het RIZA voor de Eems-Dollard met „smeerpipj”. Verklaring van de symbolen in de tekst.



In principe weten we hoe het model moet worden opgezet, dat de zuurstofhuishouding beschrijft van een rivier waarop uit één riool afvalwater wordt geloosd [24, 25]. Dit model bevat in zijn eenvoudigste vorm vier parameters:

- de tijd τ waarin bij een BOD-test de verbruikte hoeveelheid zuurstof in een goed genomen monster afvalwater zich verdubbelt;
- de tijdconstante $1/ka$ voor het overdrachtsproces van zuurstof uit de lucht naar de stromende rivier;

- de verhouding van de BOD_{∞} , die ontstaat indien de afvalstroom op het injectiepunt transversaal goed met het rivierwater wordt gemengd, en de oplosbaarheid van luchtzuurstof in het rivierwater c_{zo} ;
- de verhouding van de concentratie aan micro-organismen op het injectiepunt na goede transversale menging en de maximale concentratie micro-organismen die stroomafwaarts wordt gevonden.

Deze parameters zijn meestal bij benadering bekend. De verhouding van beide tijdconstanten, $ka\tau$, heeft een onzekerheid van ongeveer een factor 2. De verhouding BOD_{∞}/c_{z0} voor de rivier, na menging met het afvalwater bij het lozingspunt, zal redelijk nauwkeurig te schatten zijn. De laatste verhouding, die de groeifactor van de microorganismen in de rivier weergeeft, zal niet beter dan in orde van grootte bekend zijn.

In fig. 11 is het resultaat van dit model weergegeven. Hierbij werd als groeifactor voor de microorganismen een factor 3 genomen en de verhouding BOD_{∞}/c_{z0} is gelijk aan 1 (d.w.z. $BOD_{\infty} = 10 \text{ g O}_2 \text{ per m}^3$). De grafiek geeft dan de relatieve zuurstofconcentratie in de rivier als functie van de verhouding van de stroomtijd t en τ , met $ka\tau$ als parameter. Er zijn bovendien twee volledig bekende praktijksituaties in de figuur getekend, n.l. voor de Thames in april 1970 en voor het Eems-Dollard-estuarium tijdens de campagne in 1961. Voor beide stromen werd opgegeven dat $BOD_{\frac{20}{5}} = 7 \text{ g O}_2 \text{ per m}^3$, dus $BOD_{\infty} = 10 \text{ g O}_2 \text{ per m}^3$. Het blijkt dat het model het verloop van de verzadiging in deze twee gevallen redelijk weergeeft, indien men aanneemt: $ka\tau = 0,8$ (Thames, bij $85 \text{ m}^3/\text{s}$) en $ka\tau = 4$ (Eems-Dollard-estuarium). Deze aldus gevonden waarden van $ka\tau$ laten zich niet goed onafhankelijk bepalen, maar de orde van grootte komt overeen met de ervaring. In droge tijden is het oppervlak van de Thames per volumeenheid water aanzienlijk geringer dan bij de vermelde proef (ongeveer een factor 2 bij een 7-8x zo laag debiet, zodat dan $ka\tau = 0,2$ en $BOD_{\infty}/c_{z0} = 7,5$). Het model voorspelt dat onder die omstandigheden de Thames tussen London Bridge en Tilbury-dock's (over een afstand van 60 km) een dode rivier is. Dit is ook de ervaring. Zie fig. 12.

Op grond van deze resultaten is het model gebruikt om het verloop van de zuurstofhuishouding te voorspellen voor het Eems-Dollard-estuarium, indien dit een 7,5 x grotere lozing van assimileerbaar materiaal te verwerken zou krijgen. Zie figuur 12. Deze situatie is ongeveer vergelijkbaar met de maximale emissie in deze zeearm zodra de smeerpip zal zijn gerealiseerd. Uit deze figuur blijkt dat dit model voor $ka\tau = 4$ goed overeenstemt met wat het RIZA voor het Eems-Dollard-estuarium berekende, indien dit de belasting van de smeerpip te verwerken zou krijgen. De conclusie moet dan ook zijn dat de smeerpip tot gevolg zal hebben dat het water tussen het landpunt Reide en de Noordpunt Hond, d.w.z. in de voor Delfzijl liggende Bocht van Watum en in het Oost-friesche Gaatje, zich tijdens de campagne onaanvaardbaar gevaarlijk op de grens van anaërobie zal bevinden of zelfs anaëroob zal worden; stroomafwaarts van de Noordpunt Hond, waar de Oude Wester-Eems op de Waddenzee uitstroomt, zal het water weer een zuurstof-verzadigingspercentage boven 50 % bezitten. In het dilemma te kiezen voor schone veenkoloniale kanalen, zodat dit gebied verder kan worden ontwikkeld, of een schone zeearm is misschien enig begrip op te brengen voor degenen die het eerste kiezen. Men moet daarbij echter wel bedenken dat alleen een studie van de zuurstoftoestand van het water voor de beoordeling van ecologische gevolgen een belangrijke, maar gebrekkige maat is. Liever is men niet afhankelijk van onvoorspelbare invloeden en heeft men

het proces in de hand. Derhalve zal een krachtig ter hand genomen programma van voorzuivering bij de industrie in dit gebied een noodzaak zijn, zo men meer wil bereiken dan wat op zijn best slechts een verleggen van het probleem kan zijn.

B. Nationale emissie van BOD_{∞} , fosfor en slib van distributieve bronnen [26]

1. Inleiding

Ook voor de watervervuiling delen we de vervuilingbronnen in de twee categorieën, distributieve en niet-distributieve bronnen in. De reden hiervoor is nu niet langer dat het verspreidingsmechanisme voor beide bronnen verschillend is (alhoewel de niet-distributieve bronnen wel voornamelijk aan groot, stromend water zijn te vinden en de niet-distributieve bronnen niet), maar de mogelijkheden tot corrigerend ingrijpen (in het proces of in de afvalwaterstroom) zijn dikwijls wel verschillend.

Ten aanzien van zuurstofbehoefte, fosfaat en slib moeten we rekening houden met de volgende distributieve bronnen: bevolking, landbouw en veeteelt, waaronder de geconcentreerde dierveredelingsbedrijven. Tot de niet-distributieve bronnen wordt vnl. de industrie gerekend, waarbij als hoofdingeling wordt aangehouden: papier-textiel-leer, aardappelmeel-beetwortel-strokkarton, voeding exclusief zuivel, zuivel, lakken-erven-poetsmiddelen, metaal en overige zware industrie en procesindustrie; zie III C. Bij de samenvatting (III D) wordt tevens rekening gehouden met de belasting aan verontreiniging die ons van buiten ons land wordt opgelegd.

2. Bevolking, veeteelt

Tabel 19 geeft een overzicht van de vervuiling, die per hoofd per jaar van mens en dier beschikbaar komt en de vervuiling per ha per jaar voor landbouwgrond.

Tabel 19. Vervuiling per hoofd per jaar voor mens en dier ($BOD_{\frac{20}{5}}$ -, P- en slib belasting)¹⁾

	$\text{g O}_2/\text{h,d}$	$BOD_{\frac{20}{5}}$	g P/h,d	g slib/h,d ²⁾
Veeteelt				
Rundvee	550		20	500
Varkens	110		4	150
Pluimvee	5		0,2	5
Bevolking				
Mens 1960			2+1 ³⁾	90
1970	54		2+2	100
1980			2+2(?)	125(?)

¹⁾ De P-waarde is het aantal grammen fosfor dat per 100 kg grond oplosbaar is. Voor landbouwgrond is deze waarde 10-15. Van dit oplosbare deel wordt ongeveer 5% per jaar uitgespoeld. Dit komt neer op ongeveer 15 kg/ha, jr.

²⁾ droge stof, uitgegist; bij behandeling in afvalwaterzuiveringsinstallaties blijft ongeveer 50% van dit slib daarin achter.

³⁾ gescheiden in fosfaat in faeces (1e cijfer) en fosfaat in wasmiddelen (2e cijfer).

Met de gegevens van het Centraal Bureau voor de Statistiek over de ontwikkeling van de bevolking, de veestapel en de landbouwgrond, is aan de hand van deze tabel te berekenen hoe de emissies aan BOD ∞ , P en slib het laatste decennium zijn geweest en te voorspellen wat het eerstkomende decennium te verwachten is. Het resultaat is weergegeven in de figuren 13 (bevolking) en 14 (veeteelt).

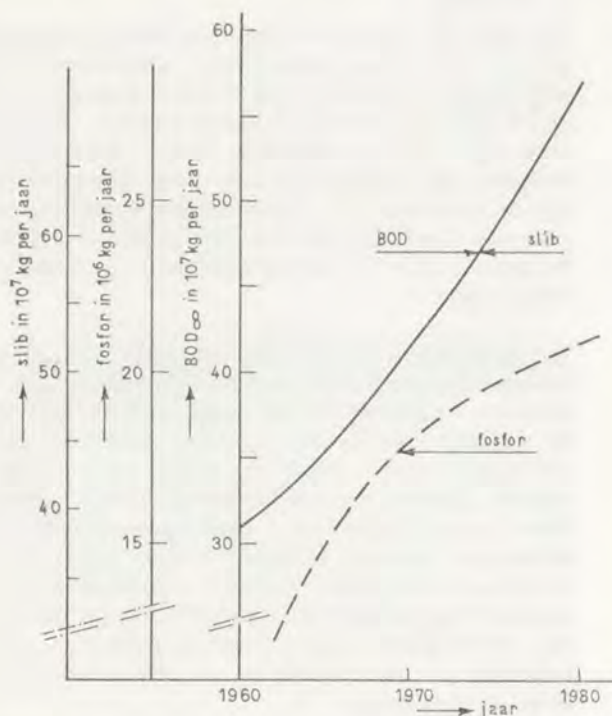


Fig. 13. De jaarlijkse emissie aan BOD ∞ , P en slib voor huishoudens tussen 1960 en 1980

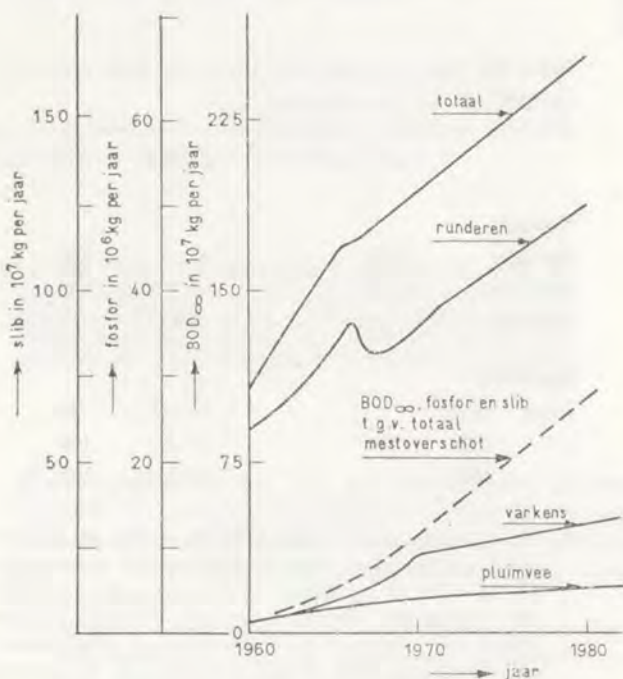


Fig. 14. De jaarlijkse emissie aan BOD ∞ , P en slib t.g.v. de veeteelt (inclusief de geconcentreerde dierveredelingsbedrijven) tussen 1960 en 1980.

Daar voor de vervuiling van huishoudens een vaste verhouding is aangenomen tussen de BOD ∞ - en de slibvervuiling, worden beide in fig. 13 door één lijn voorgesteld. In de figuur is ook verwerkt de extra vervuiling die het gevolg is van het positieve overschot aan grensverkeer dat ons land kent. Bovendien is in rekening gebracht de extra vervuiling die grote huishoudens, zoals ziekenhuizen, kazernes, gevangnissen etc., geven. Beide correcties samen komen overeen met 9% in 1960 en 11% in 1970, welk laatste getal ook voor 1980 is aangehouden.

Fig. 14, die de vervuiling (BOD ∞ , P en slib) weergeeft voor de veeteelt (runderen, varkens en pluimvee, de geconcentreerde dierveredelingsbedrijven inbegrepen), toont wat ieder van de drie soorten vee bijdraagt. Daar de verhouding in aantallen tussen de drie soorten sinds 1960 niet drastisch is veranderd, is het mogelijk de verschillende soorten vervuiling met één lijn (maar met verschillende ordinaten) weer te geven. Bovendien is uit de totale vervuiling berekend wat de vervuiling in ons land is ten gevolge van het mestoverschot, dat vrijwel geheel als „drijfmest” op onze nationale wateren wordt geloosd*. Het is duidelijk dat sinds onze boerenstand de balans van het gemengd bedrijf verliet, een aanzienlijk vervuilingprobleem is ontstaan. Ook bevreemdt het de landbouwkundige leek dat we met het mestoverschot een hoeveelheid fosfaat laten afvloeien die een aanzienlijk deel is van de hoeveelheid fosfaat die als kunstmest aan de bodem moet worden toegevoegd.

Daar de hoeveelheid landbouwgrond zich niet sterk wijzigt, kan worden aangenomen dat de fosforvervuiling t.g.v. deze activiteit in het afgelopen en in het komende decennium vrijwel constant 15×10^6 kg per jaar blijft (vergelijk tabel 19)¹⁾. Over de BOD ∞ - en de slibvervuiling t.g.v. de landbouw is vrijwel niets bekend.

Indien we nu een overzicht maken van de ontwikkeling in de totale vervuiling ten gevolge van de distributieve bronnen komen we tot tabel 20.

Het blijkt dat de BOD ∞ - en slibvervuiling zich t.g.v. de distributieve bronnen ongeveer per 10 jaren verdubbelt, en dat de P-vervuiling iedere 10 jaren t.g.v. deze bronnen zich met ongeveer 50% vergroot. Momenteel is de BOD ∞ -vervuiling door huishoudens ongeveer even groot als die door veeteelt, evenals de P-vervuiling door huishoudens ongeveer even groot is als die door veeteelt en die door landbouw. Het aandeel van waspoeders in de P-vervuiling is ongeveer 15% van de totale P-vervuiling t.g.v. distributieve bronnen en dit aandeel zal ook niet stijgen. Derhalve behoren de stemmen die pleiten voor de ogenblikkelijke vervanging van fosfaat in wasmiddelen en een andere, ecologisch ongewisse, vervanger van fosfaat als waterontharder eisen (NTA?), kritisch te worden beantwoord. Dit neemt niet weg dat de fosfaatvervuiling ernstig is: zou de 45×10^6 kg P die we nu per jaar uit de distributieve bronnen emitteren uniform

¹⁾ Het gebruik van fosfaat meststoffen is sinds 1957 in Nederland vrijwel constant gebleven, evenals de P-bemesting per ha.

* Zie H. M. J. Scheltinga, *Intermediair* 7, 6 (1971) 29 en S. Algra, *Beta* 5, 17 (1970) 1.

Tabel 20. Totale vervuiling (BOD_{∞} , P en slib) t.g.v. distributieve bronnen in 1960, 1970 en 1980.

	BOD_{∞} 10 ⁷ kg/j	P 10 ⁶ kg/j	slib 10 ⁷ kg/j
1960			
huishoudens	31	10 (3) ²⁾	39
veeteelt ¹⁾	8	2	5
landbouw	p.m.	15	p.m.
totaal	39	27	44
1970			
huishoudens	42	18 (8) ²⁾	52
veeteelt ¹⁾	45	12	30
landbouw	p.m.	15	p.m.
totaal	87	45	82
1980			
huishoudens	57	21 (10) ²⁾	70
veeteelt ¹⁾	105	28	70
landbouw	p.m.	15	p.m.
totaal	162	64	140

1) t.g.v. mestoverschot alleen („drijfmest“)
2) t.g.v. gebruik wasmiddelen

worden verdeeld over de totale waterstroom door ons land ($89 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{j}$), dan zou een landelijk gemiddelde fosforconcentratie van $0,5 \text{ g/m}^3$ worden bereikt. Bedenkt men daarbij wat in III A 5 werd gesteld over de verdeling van de vuilstroom en over de menging, dan is het duidelijk dat in grote delen van ons land het water, ondanks binding van fosfaat aan de kleibodem, zulke hoge concentraties P bevat, dat eutrofiëring optreedt (zie III A 3). De enige oplossing is m.i. dat al het afvalwater uit huishoudens en uit dierveredelingsbedrijven wordt opgevangen en gezuiverd tot en met een z.g. derde trap of fosfaat-precipitatie-trap. De enige reden voor de vervanging van polyfosfaat in wasmiddelen zou dan kunnen zijn dat dit te moeilijk kwantitatief te precipiteren blijkt; het zou dan moeten worden vervangen door een nog onbekende stof die wel is neer te slaan.

C. Nationale emissie van BOD_{∞} , fosfaat en slib van niet-distributieve bronnen

1. Industriële procesemissie

Het is mij niet mogelijk gebleken te achterhalen hoe de industriële emissie aan BOD_{∞} , P en slib zich de laatste 10 jaren heeft ontwikkeld. Wel bleek het mogelijk een momentopname van 1969 te maken. Deze is als totaal overzicht voor de niet-distributieve bronnen in tabel 21 gepresenteerd [23, 27-31].

Tabel 21 toont dat naast het bekende eerste-ordeprobleem van de aardappelmeel-, beetwortel- en strokartonindustrie, ook aandacht moet worden gegeven

aan de papier-, textiel- en leerindustrie, aan de voedingsmiddelen- en zuivelindustrie en, gezien de t.o.v. de productie grote bijdragen, aan de lak-, verf-, beits-, smeer- en poetsmiddelenindustrie. De zware industrie en de procesindustrie zijn ten aanzien van de criteria BOD_{∞} , slib en P van gering belang. Bij deze industrieën kan de lozing van specifieke verontreinigende stoffen een probleem vormen. Daarop wordt later teruggekomen.

2. Emissie veenkoloniale gebieden

Tabel 22 geeft weer hoe de vervuiling van de totale aardappelmeel-, beetwortel- en strokartonindustrie werd berekend voordat tabel 21 kon worden gemaakt. Bedenkt men dat het proceswater in de aardappelmeelsector voor ongeveer de helft waswater en voor de andere helft fabricagewater is dan ligt het voor de hand de stroom fabricagewater te zuiveren, voordat beide stromen worden gemengd en afgevoerd. In hoeverre de eiwitten, de niet-polymeren stikstofverbindingen, de suikers en de mineralen die in het fabricagewater terechtkomen, nuttig kunnen worden teruggevoerd (bijv. voor de verwerking in veevoer) is nog een open vraag.

3. Emissie voedingsmiddelenindustrie waaronder slachterijen

Tabel 23 geeft de analyse weer voor de voedingsmiddelen- en de zuivelindustrie, die werd gebruikt bij het samenstellen van tabel 21. In veel gevallen is hier het aandeel van het waswater in het proceswater $1/3$, zodat ook hier in een aantal industrieën scheiding van het fabricage- en waswater moet worden overwogen tot na de zuivering. Het grootste aandeel van de vervuiling in de voedingsmiddelensector komt op rekening van de melkproducten. De BOD_{∞} -vervuiling per eenheid produkt van de verschillende zuivelbedrijven loopt soms meer dan een factor 5 uiteen. De reden hiervoor is enerzijds dat sommige van deze bedrijven nog met een oude technologische uitrusting werken, anderzijds zijn soms eenvoudige vervuiling beperkende maatregelen achterwege gebleven, zoals: het voorkomen van lekken, het opvangen van drukmelk, het afvangen van bezinksel uit boterwaswater en het opvangen van perswei. Zou men deze betrekkelijk eenvoudig te realiseren maatregelen nemen, dan zou de totale BOD_{∞} -vervuiling van de zuivelindustrie tenminste met een factor 3 kunnen worden teruggebracht (d.w.z. met $2/3 \times 2,3 \times 10^6 \text{ i.e.} = 1,5 \times 10^6 \text{ i.e.}$). Ook de tweede grote post, die het gevolg is van de vleesproductie, zou indien voorzorgen werden genomen om het bloed en de pensmest zoveel mogelijk afzonderlijk op te vangen, gehalveerd kunnen worden (d.w.z. verminderd met $1/2 \times 1,2 \times 10^6 \text{ i.e.} = 0,6 \times 10^6 \text{ i.e.}$). Hetzelfde geldt voor de visconservenindustrie indien het overschot van het schonen werd afgezonderd (equivalent aan $1/2 \times 0,3 \times 10^6 \text{ i.e.} = 0,15 \times 10^6 \text{ i.e.}$). Indien bij het bierbrouwen bostel en kop worden teruggehouden, betekent dit een BOD_{∞} -reductie van 25% ($= 1/4 \times 0,53 \times 10^6 \text{ i.e.} = 0,13 \times 10^6 \text{ i.e.}$). Deze gerichte, niet zo drastische ingrepen in een te overzien aantal bedrijven zouden de totale BOD_{∞} -emissie van de voedingsmiddelenindustrie bijna halveren. Het zou daarom aanbevelingswaardig zijn te bestuderen wat er met de teruggehouden wei, vuile melk, dierlijk bloed, visproteïneafval en pensmest kan worden gedaan om de kosten daarvan (verminderd met eventuele ba-

Tabel 21. Totale industrie (niet-distributieve bronnen)

	produktie	proceswaterverbruik ¹⁾		slib		BOD _∞		fosfor
	1969	kg/kg produkt	10 ⁹ kg/j	kg/m ³ water	10 ⁷ kg/j	g O ₂ per kg produkt	10 ⁷ kg O ₂ per jaar	10 ⁶ kg P per jaar
	10 ⁹ kg/j							
Papier, textiel, leer wasserijen	1,3	30	39	2	7,8	6,5	8,5	0,7
Aardappelmeel, beet- wortel, strokarton Zie tabel 22	1,4	23	32,5	3,1	10,8	200	28	0,8
Voedingsmiddelen zuivel Zie tabel 23	4,5 8,0	11 10-20	50 120	1,4 0,5	7 6	20,5 8,5	9,2 6,8	} 1
Lakken, verven, beits-, smeer- en poetsmiddelen	0,4	0,5	0,2	1	—	90	3,6	—
Metaal	8	0,3	2,5	0,15	?	0,6	0,5	?
Overige zware- en procesindustrie	50	1	50	0,05	2,5	0,6	3	1
totaal	74		295		33		60²⁾	3,5

1) proceswater is de som van fabricage- en waswater, exclusief koelwater

2) 60 x 10⁷ kg O₂ per jaar = 60/30 x 10⁷ i.e. = 20 x 10⁶ i.e., waarvan ongeveer 9 x 10⁶ i.e. uit veenkoloniale industrie.

Tabel 22. Aardappelmeel, beetwortelsuiker, strokarton

	produktie	proceswaterverbruik		slib		BOD _∞		fosfor
	1969	kg/kg produkt	10 ⁹ kg/j	kg/m ³ water	10 ⁷ kg/j	g O ₂ per kg produkt	10 ⁷ kg O ₂ per jaar	10 ⁶ kg P per jaar
	10 ⁹ kg/j							
Aardappelmeel	0,4	20	8	3	2,4	440	17,6	0,2
Suikerbieten	0,7	20	14	3	4,2	50	3,5	0,3
Strokarton	0,3	35	10,5	4	4,2	220	6,6	0,3
Totaal	1,4		32,5		10,8		28¹⁾	0,8
Gemiddeld		23		3,1		200²⁾		

1) 28 x 10⁷ kg O₂ per jaar = 280/30 x 10⁶ i.e. = 9 x 10⁶ i.e. (d.w.z. een klein half jaar tijdens de aardappelen- en bieten-campagnes 19 x 10⁶ i.e. en buiten de campagne 2 x 10⁶ i.e.).

2) 200 g O₂ per kg produkt komt overeen met een „afvalwatercoëfficiënt“ per gewichtseenheid produkt van 200/30 = 6 à 7 en de gemiddelde vervuiling van de proceswaterstroom is dan 200/23 x 10³ = 8.700 g O₂ per m³ (BOD_∞) of 5.800 g O₂ per m³ (BOD₅²⁰).

ten) te laten opwegen tegen de kosten die het lozen van dit vuil en de zuivering vanwege de overheid met zich mee gaan brengen.

4. Kosten waterzuivering

Vaak is het echter in het marginale gebied van de af-

valstoffen niet mogelijk daarvoor nog toepassingen te vinden. Dan wordt de vraag belangrijk of men als privé onderneming economischer zelf zuivert, dan wel het de overheid tegen betaling laat doen. De vuistregel dat een zuiveringsinstallatie per inwonerequivalent fl 200 aan investering kost (waarvan 40 % voor de installatie en 60 % voor het aan te leggen riool) en dat de exploitatiekosten fl 30 per inwonerequivalent

Tabel 23. Voedingsmiddelen- en zuivelindustrie (m.u.v. aardappelmeel en beetwortelsuiker)

	produktie	proceswaterverbruik		slib		BOD _∞		fosfor
	1969	kg/kg produkt	10 ⁹ kg/j	kg/m ³ water	10 ⁷ kg/j	g O ₂ per kg produkt	10 ⁷ kg O ₂ per jaar	10 ⁶ kg P per jaar
	10 ⁹ kg/j							
Melkprodukten	8,0	10-20	120	0,5	6,0	8,5	6,8	0,5
Vlees	1,0	2-4	3	2	0,6	36	3,6	0,1
Visconserven	0,2	20-30	5	3	1,5	50	1,0	0,2
Vismeel	0,05	15	7,5	2	1,5	80	0,4	0,2
Spijsolie, margarine	0,25	30	7,5	1	0,75	16	0,4	—
Groentenconserven, veilingen	0,2	25-35	6	2	1,2	35	0,7	—
Fruitconserven, jam veilingen	0,2	10	2	1,5	0,3	15	0,3	—
Frisdranken + bier	1,3	10	13	1	1,3	20	1,0 + 1,6	—
Totaal	12,5		170		13		16 ¹⁾	1
Gemiddeld		13,5		0,8		13 ²⁾		

1) 16×10^7 kg O₂ per jaar = $160/30 \times 10^6$ i.e. = 5×10^6 i.e.

2) 13 g O₂ per kg produkt komt overeen met een „afvalwatercoëfficiënt” per gewichtseenheid produkt van $13/30 = 0,4$ en de gemiddelde vervuiling van de proceswaterstroom is dan $13 \times 10^3/13,5 = 960$ g O₂ per m³ water (BOD_∞).

per jaar zijn (nl. fl 20 afschrijving en fl 10 bedrijfsvoering) is dan te onnauwkeurig. Deze getallen gelden voor een installatie die huishoudelijk afvalwater zuivert en een capaciteit heeft van ong. 10⁴ i.e. per jaar.

Is een grotere capaciteit gewenst, of moet water worden behandeld met een hogere concentratie assimileerbaar materiaal dan het water afkomstig van huishoudens, dan worden de kosten per inwonerequivalent geringer. Zie fig. 15. Uit deze figuur blijkt dat zelfs grote zuivelfabrieken, conservenfabrieken van groenten en fruit en bierbrouwerijen, die ieder voor zich een vervuiling van de orde van 10⁴ i.e. geven, zullen wachten tot de overheid zuiveringsinstallaties met een capaciteit van 10⁵ i.e. per jaar gerealiseerd zal hebben, omdat het voor hen voordeliger is de zuivering te laten doen. Voor visconservenindustrieën geldt hetzelfde, tenzij ze erg groot zijn (vuillast groter dan 5×10^4 i.e. per jaar). Voor suikerfabrieken zou, indien ze niet met een seizoenbedrijf te maken hadden, de economische balans tussen zelf reinigen of uitbesteden net in evenwicht zijn. De seizoeninvloed maakt ook dat de zuiveringskosten voor de grote aardappelmeelfabrieken ongeveer 2,5 maal zo hoog zijn als figuur 15 aangeeft. Slechts de strokartonfabrieken en de zeer grote slachthuizen zouden goedkoper zelf kunnen zuiveren dan gebruik te maken van een gemeenschapsvoorziening.

Uit het voorgaande is het duidelijk hoe belangrijk het is deze gemeenschapsvoorziening voor het zuiveren van afvalwater met voortvarendheid op te zetten. Dit zal alleen mogelijk zijn indien degenen die rechtstreeks voor ruwweg de helft van de totale vervuiling aansprakelijk zijn, ook door de overheid worden aangesproken voor de kosten. Deze groep zijn de kiezers.

Hoe duidelijk dat is, juist t.a.v. de watervervuiling, blijkt uit tabel 24, waarin voor 1969 is aangegeven wat de verschillende distributieve bronnen en de niet-distributieve bronnen aan BOD_∞, P en slib producerden.

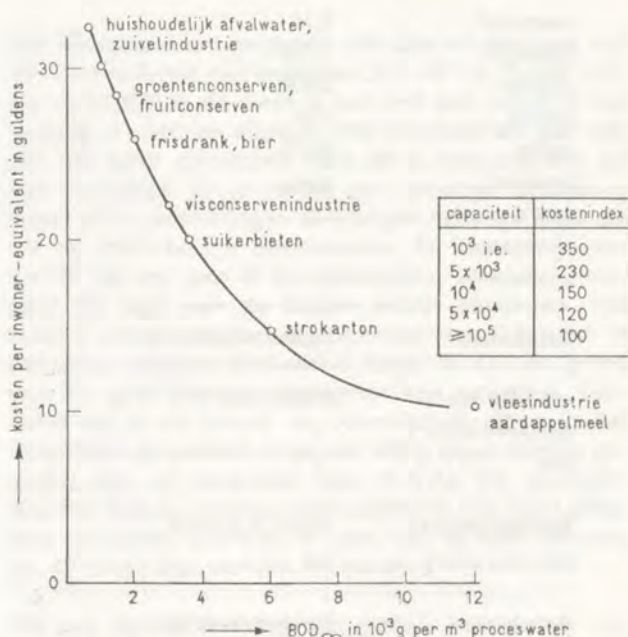


Fig. 15. Exploitatiekosten voor een afvalwaterzuiveringsinstallatie per inwoner-equivalent als functie van de BOD_∞-waarde van het te spuien proceswater. Capaciteit van de installatie 10⁵ i.e. Kostenindex als functie van de capaciteit in de inzet in de figuur gegeven.

Tabel 24. Overzicht van de totale BOD_∞, P- en slib emissie in Nederland in 1969

1969	BOD _∞ 10 ⁷ kg O ₂ per jaar	P 10 ⁶ kg/j	slib 10 ⁷ kg/j
distributief			
huishoudens	40	17	50
veeteelt	43	11	28
landbouw	p.m.	15	p.m.
niet-distributief			
	60	3,5	33
totaal	143	47	111

5. Overige specifieke emissies

Naast de genoemde emissies, waarvan die aan assimileerbaar materiaal de voornaamste is, dragen de niet-distributieve bronnen bij met zeer specifieke vervuulende stoffen, die in het water niet of slechts gedeeltelijk worden afgebroken. Het is mij ondoenlijk geweest hiervan een overzicht op te stellen. Dit zal echter wel moeten gebeuren. Derhalve is in tabel 25 een eerste aanzet voor zulk een analyse gegeven. De gegevens zijn echter nog te summier om daaraan conclusies te verbinden.

Tabel 25. Specifieke emissies in afvalwater door niet-distributieve bronnen

Metaal	Staalindustrie kg/ton produkt	Zink, galvanische industrie
ammoniak	0,14	
cyaniden	0,002	+
sulfiden	0,002	
sulfaat	0,07	
sulfiet	0,003	
fenolen ¹⁾	0,004	
zware metalen	+	+
chromaten		+
zoutzuur	+	+
Raffinaderij kg/ton produkt		
minerale olie ¹⁾	0,005 (0,06) ²⁾	
oplosmiddelen ¹⁾	+	
klei	+	
Energiebedrijven kg/ton brandstof		
minerale olie ¹⁾	1,5	
Scheepvaart kg/ton brandstof		
minerale olie ¹⁾	4	

¹⁾ Deze verontreinigingen zijn reeds geheel of gedeeltelijk verdisconteerd in BOD_∞-cijfers, daar ze afbreekbaar zijn.

²⁾ Het cijfer tussen haakjes slaat op een situatie voor 1950.

6. Bestrijding van rampen

Ter afsluiting van deze paragraaf is het van belang in te gaan op de bestrijding van rampen. Grote concentraties van industrie brengen risico's met zich mee. Dit zal zo blijven, ook al voert men de veiligheid en de zorgvuldigheid bij het hanteren van vervuulende stoffen op. Daarentegen zou de gemeenschap zich moeten beschermen (bescherming à la Bescherming Bevolking of Bedrijfszelfbescherming). Meer nog dan de ramp zelf, schokt het te zien hoe gebrekkig we handelen als de ramp een feit is (Torrey Canon, Amer). Nemen we het voorbeeld van de Amer, niet om een zwarte piet aan te wijzen, maar om te leren. De 8 x 10⁶ kg zware stookolie die daarbij wegstroomde, vertegenwoordigde een vervuiling gelijk aan 10⁶ inwonerequivalenten en dus een bedrag van fl 30 x 10⁶ om dit te zuiveren; dit had binnen een maand kunnen gebeuren indien de Amer tijdig was afgesloten en vier verplaatsbare zuiveringsinstallaties van een capaciteit van 4 x 10⁴ i.e./j (investering fl 30 x 10⁶!) ter beschikking waren geweest. Nu is met zeer gebrekkige middelen het „mogelijke“ gedaan voor een bedrag van ongeveer fl 2 x 10⁶, terwijl het de vraag blijft of de ecologische situatie na de actie inderdaad beter is te noemen dan wat er zou zijn gebeurd als men niets had gedaan. Waarschijnlijk is het in zulk een geval wijzer de vervuiler het overeenkomstige bedrag te laten storten in een daartoe bestemd fonds, hem te verbieden verder iets te doen en de zuivering alleen dan technisch aan te pakken zodra m.b.v. dit fonds de geschikte apparatuur is aangeschaft.

Samenvatting, conclusies

De samenvatting van de voornaamste gegevens over de watervervuiling is te vinden in de tabellen 26a, 26b en 26c. De eerste tabel (a) geeft weer wat ons land anno 1970 per jaar van buiten krijgt opgelegd aan BOD_∞-, P- en slibvervuiling. De tweede tabel (b) geeft aan hoeveel we ons in 1970 aan deze vervuiling zelf oplegden. Het blijkt dat wat onze burens ons sturen ongeveer gelijk is aan wat we zelf produceren. Tabel 26c geeft de volgende balans weer.

Invoer + eigen produktie = afvoer + eigen zuivering.

Hieruit volgt enerzijds dat onze afvoer naar zee aanzienlijk vuiler is dan wat we aangevoerd krijgen (verschil 30-50 %), anderzijds dat een grote nationale inspanning om dit te verbeteren niet veel zal baten indien onze buurlanden, van wie we het water ontvangen, niet met ons tot beperkende maatregelen overgaan. Internationale afspraken tussen de betrokken landen moeten dus met een hoge prioriteit worden nagestreefd.

Deze samenvattende gegevens stellen ons in staat enkele globale berekeningen te maken. Totaal voert het water dat ons land verlaat een hoeveelheid afbreekbaar materiaal mee equivalent aan 143 x 10⁷ kg zuurstof per jaar (zie tabel 24). Hiervan wordt 85 % via de Delta afgevoerd, of 127 x 10⁷ kg zuurstof per jaar. Deze zuurstofbehoefte wordt in eerste instantie gedekt door de in het water opgeloste zuurstof, waarmee een hoeveelheid organisch materiaal kan worden afgebroken overeenkomend met 70 x 10⁷ kg zuurstof

per jaar. De resterende hoeveelheid afbreekbaar materiaal (equivalent aan $127 \times 10^7 - 70 \times 10^7 = 57 \times 10^7$ kg zuurstof per jaar) komt overeen met een gemiddelde concentratie aan assimileerbaar materiaal die equivalent is met een BOD_5^{20} -waarde van $5,7 \text{ g O}_2$ per m^3 .

Over de afzetting van fosfor en slib in de delta-stromen is niets bekend.

Tabel 26a. Belasting aan BOD_∞ , P, en slib die Nederland van buiten krijgt opgelegd ¹⁾

	Debiet ²⁾ 10^{12} kg/j	BOD_∞ ³⁾ 10^7 kg O_2 per jaar	P 10^6 kg/j	slib ⁴⁾ 10^7 kg/j
Rijn	70 (45)	105	35	250
Maas	8 (4)	7	3	20
Grensrivieren	1 (0,5)	1	0,5	—
Kwelwater	4 (1)	—	—	—
Neerslag				
Grondwater	6 (2)	—	—	—
totaal	89 (52)	113	38	270

¹⁾ niveau 1970

²⁾ jaargemiddelde; () voor droog jaar met 10 % kans van vóórkomen

³⁾ zuurstofbehoefte om aanwezig organisch materiaal aëroob af te breken en het water weer met O_2 te verzadigen

⁴⁾ gedroogd, uitgestort

Tabel 26b. Belasting aan BOD_∞ , P en slib die Nederland zichzelf oplegde (niveau 1970)

	BOD_∞ 10^7 kg O_2 per jaar	P 10^6 kg/j	slib 10^7 kg/j
huishoudelijk afvalwater	42	18	52 ¹⁾
industriële afvalwater	32	2,7	22,2
veenkoloniale industrie	gem. p.j. 28	0,8	10,8
bioindustrie (dierveredeling)	45	12	30
landbouw	p.m.	15	p.m.
totaal	147	48,5	115

¹⁾ Indien al het huishoudelijk afvalwater zou worden gezuiverd, zou 50 % van deze hoeveelheid slib in de zuiveringsinstallaties worden gevangen. Omgerekend in „nat” slib zou dit betekenen dat 5×10^7 kg slib per jaar uit deze installaties zou moeten worden afgevoerd.

Tabel 26c. Belasting aan BOD_∞ , P en slib die uit Nederland moet verdwijnen (niveau 1970)

	BOD_∞ 10^7 kg O_2 per jaar	P 10^6 kg/j	slib 10^7 kg/j
biologische zuiveringsinstallaties aanwezig	13	3	7
binnenkort te installeren	30	6	13
directe lozing op estuaria	34	10	70
op zee	13	6	5
zelfreinigend vermogen oppervlaktewateren ¹⁾	15	—	—
Rijn + Maas	6	—	—
a) totaal	111	25	95
b) inkomende belasting + eigen productie (tabel a + b)	260	86,5	385
b-a) afvoer delta + IJssel (sluitpost)	149	61,5 ²⁾	290

¹⁾ minus IJsselmeer en estuaria

²⁾ hiervan wordt (voorlopig nog) ongeveer $6,5 \times 10^6$ kg/j in de kleibodem van rivieren en meren gebonden.

Het IJsselmeer ontvangt een last aan afbreekbaar vuil die overeenkomt met ongeveer 22×10^7 kg O_2 per jaar. De verblijftijd in dit meer is een half jaar, zodat er tijd genoeg is voor de afbraak. Het resultaat zal dan zijn dat het meer gemiddeld voor 85 % met zuurstof zal zijn verzadigd. Er is echter een ernstige bedenking tegen deze redenering in te brengen, hetgeen blijkt als we de fosforbalans beschouwen. Er komt ongeveer 9×10^9 kg per jaar in het IJsselmeer, waarvan ongeveer 10^6 kg/j aan de bodem wordt gebonden. Het restant handhaaft een concentratie van $0,5 \text{ g/m}^3$ in het meer, hetgeen beduidend hoger is dan de grens van $0,1 \text{ g/m}^3$ waarbij algengroei kan optreden. Derhalve zal in de zomer de concentratie algen in het IJsselmeer gemiddeld ongeveer 40 g algen (droog gewicht) per m^3 bedragen (zie III A 3.) De gevolgen daarvan kunnen biologen ons vertellen. Het blijkt alleszins de moeite waard na te gaan hoe de fosforemissie op dit meer kan worden verminderd.

Tot slot kunnen we nog een globale berekening maken over wat het ons kost dat de rivieren zo vervuild ons land binnenkomen. Fig. 16 geeft de relatieve kosten nodig om verontreinigd water tot drinkwater te verwerken, als functie van de COD^{20} -waarde. Voor onze belangrijkste oppervlaktewateren is COD^{20} nu 10 g O_2 per m^3 , terwijl dit ongeveer 5 g O_2 per m^3

zou zijn als de rivieren schoon ons land binnen zouden stromen. Volgens fig. 16 kost het ons nu eens zoveel om uit dit water drinkwater te maken dan het geval zou zijn indien de burens schoon leefden. Nu is dit bedrag dat de extra onkosten weergeeft voor onze drinkwatervoorziening onbelangrijk t.o.v. de kosten verbonden aan het reinigen van de Rijn. Indien we veronderstellen dat een Charter voor een Verenigd Europa iedere Europese provincie het recht zou geven voor al zijn ontvangende oppervlaktewateren een COD²⁰-waarde van maximaal 5 g O₂ per m³ te eisen, dan zouden de kosten daaraan verbonden fl 5 x 10⁹ per jaar bedragen.

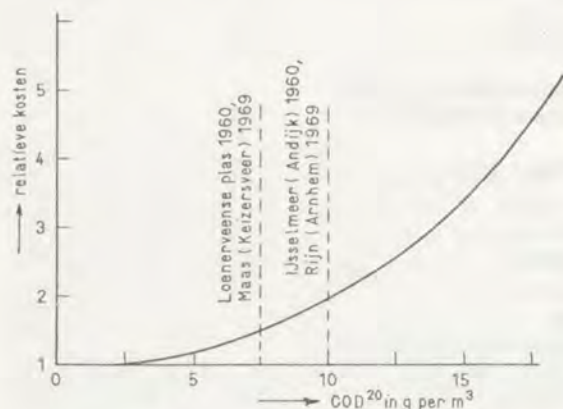


Fig. 16. Relatieve kosten om verontreinigd water tot drinkwater te verwerken als functie van de COD²⁰-waarde.

- 1) Loenerveense plas 1960, Maas (Keizersveer) 1969
- 2) IJsselmeer (Andijk) 1960, Rijn (Arnhem) 1969

Voorstellen voor werkgroepen

1. Werkgroep exactere maat voor watervervuiling i.p.v. BOD of COD. Invloed van nutriënten (stikstof, fosfor). Handling en nuttig gebruik van niet-oxydeerbaar materiaal (Slib).
2. Werkgroep emissie in water, per bedrijfstak (BOD en specifieke emissies per ton produkt). Suggesties verbetering procesvoering (waaronder recirculatie, gescheiden circuits, biodegradatie in koeltorens). Winning van nuttige produkten uit afvalstromen (o.a. wei, bloed, mest).
3. Werkgroep model zuurstofhuishouding van de Rijn (met thermische- en BOD-vervuiling). Idem voor IJsselmeer (met fosforvervuiling).
4. Werkgroep model nationale waterhuishouding. Verbliftijden van stromen (rivieren, kwelwater, grondwater). Neerslag. Beluchting van oppervlaktewateren (op te voeren?; gevolgen van minder getijde beweging?). Plan nationale afvalwateropwerking (afvalwaterschap?). Gescheiden systemen van openbare wateren t.b.v.
 - a. drinkwatervoorziening en recreatie, b. afvoer vuilstromen. Gebruik van estuaria en kustwateren (zuurstofhuishouding).
5. Werkgroep organisatie van bestrijding van rampen in oppervlaktewateren (olie, toxische stoffen).

IV. Bodemvervuiling

A. Distributieve en niet-distributieve bronnen

Ten eerste moeten we onderscheid maken tussen landschapsvervuiling (hoogspanningsmasten, schoorstenen, koeltorens, etc.) en bodemvervuiling. We beperken ons tot het laatste. Verder moeten we onderscheiden de vuilstroom die aan het landoppervlak vrijkomt en de bodemvervuiling in strikte zin. De laatste handelt over de consequenties voor het lokale leefmilieu in de grond, indien daarin afvalstoffen als olie, pesticiden, plastic etc. de ecologische kringlopen verstoren (IV D).

Eerst zullen we nagaan hoe we de vuilstroom op het landoppervlak baas worden. We hebben hier voornamelijk met de volgende, distributieve bronnen te maken: vast vuil uit huishouden, autowrakken en versleten banden, vast vuil uit de bouwnijverheid en dat van de straat. Daarnaast is de industrie een belangrijke niet-distributieve bron van vast vuil. Aangezien we vooral hier, meer dan bij watervervuiling en luchtvervuiling, moeten streven naar gesloten terugvoersystemen, is het eens te meer zinvol het onderscheid tussen de twee categorieën bronnen te blijven maken. De zinvol in het maatschappelijk proces te recirculeren materialen, zoals bijv. metalen, rubber, glas, papier, textiel en misschien bouwmaterialen en plastics, alsmede het sorteren dat daarbij behoort, leveren technisch en economisch enorme problemen op.

De scheiding in lucht-, water- en bodemvervuiling is niet strikt vol te houden. Luchtvervuiling kan, door neerslag, bodem- en watervervuiling geven (bijv. H₂SO₄, HNO₃, roet). Watervervuiling kan bodemvervuiling (bijv. verzilting), maar ook luchtvervuiling (bijv. op plaatsen waar assimileerbaar materiaal anaeroob wordt afgebraken, CH₄, NH₃, H₂S) tot gevolg hebben. Evenzo kan bodemvervuiling luchtvervuiling met zich meebrengen, bijv. door het uitwassen van de grond met het kwelwater. Over deze interacties is nog weinig bekend, zodat ze hier niet kwantitatief kunnen worden besproken.

B. Vast vuil balans voor Nederland

1. Omvang

De produktie aan vast vuil per hoofd per dag anno 1970 en per jaar nationaal is gegeven in tabel 27 [32]. Onderscheid is gemaakt tussen vast huisvuil, strandvuil en industrievuil. Dat laatste is weer onderverdeeld in een deel dat vergelijkbaar is met vast huisvuil en een onverbrandbaar deel dat uit puin en zware metalen bestaat. Het overzicht van in vaten te dumpen industrievuil of vuil van laboratoria ontbreekt, wegens gebrek aan specifieke gegevens over deze vaak incidenteel voorkomende zaken. Het straatvuil wordt gedeeltelijk door de regen weggespoeld en zal, indien het in het riool voor huishoudelijk afvalwater uitstroomt, dit systeem belasten. Daarmee dient rekening te worden gehouden wanneer tot zuivering van dit afvalwater wordt overgegaan (tijdelijke overbelasting door het regengebied, dus vermindering van de verblijftijd in de zuiveringsinstallatie, tijdelijke onder-

belasting aan BOD_{∞} en tijdelijk grotere slibproductie).

2. Samenstelling

De globale samenstelling van de $6,5 \times 10^9$ kg/j vast vuil die vrijwel gelijk aan huisvuil is, wordt in tabel 28 gegeven. Schattingen over de aanwezigheid van fluor en chloor in dit vuil en dus over de productie van HF en HCl bij het verbranden zijn niet goed te maken. ¹⁾ Toch moet daarmee rekening worden gehouden bij het ontwerpen van verbrandingsovens (corrosie).

Tabel 27. Vast vuil productie 1970 ¹⁾

	kg/hoofd, dag	10^9 kg/j
huishoudens ²⁾	1,0	5
industrie		
als huisvuil ²⁾	0,2	1
als puin en metaal	0,4	2
straat	0,1	0,5
totaal	1,7 (1,3) ²⁾	8,5 (6,5) ²⁾

¹⁾ In het reeds beruchte jaar 2000 kan men met het dubbele van de hoeveelheden per hoofd per dag rekenen

²⁾ brandbaar en licht

¹⁾ Een ruwe schatting levert op 10 kg Cl/per ton huisvuil en dus een gewichtspercentage HCl van ong. 6% in de afgassen na verbranding.

Voor de ongeveer 10^9 kg onverbrandbare rest die per jaar overblijft, moet samen met de 2×10^9 kg puin en metaal per jaar die we tot nu verder buiten beschouwing lieten (zie tabel 27), een oplossing worden gevonden. Van deze rest is de samenstelling ongeveer bekend (zie tabel 29).

Tabel 29. Samenstelling onverbrandbare rest van het huisvuil

	gew. %
staal, vnl. conservenblik	30
andere metalen	5
gesmolten glas, keramiek	25
as ¹⁾	30

¹⁾ niet verbrand organisch materiaal

Dit vuil kan worden gebruikt bij het voorbereiden van grond voor woning- of wegenbouw en bij het dichten van mijnuitgravingen. Een bezwaar daarbij zijn de hoge kosten voor vervoer, wat te ondervangen is indien deze last door de vervuiler wordt gedragen (fl 2,50 per hoofd per jaar). Dit is beter dan dat dit vuil wordt gebruikt voor het vullen van veenaafgravingen of sloten in land dat niet primair voor bebouwing is bestemd. De samenstelling van het vuil is wezensvreemd voor deze gronden. Het storten van dit vuil op bouwplaatsen dient met zorg te gebeuren opdat de grond niet ongelijkmatig inklinkt (schade aan leidingen, tuinen, huizen) en opdat de drainage plaatselijk niet wordt belemmerd.

Tabel 28. Samenstelling van huisvuil en van zijn verbrandingsgassen. Nationale emissie in lucht als alle vuil van deze samenstelling wordt verbrand (1970)

	gew. %		gew. %	na verbranding ²⁾		
				kg/ton vuil	10^9 kg/j	
papier	60	H ₂ O	30	H ₂ O	800	5
		C	25	CO ₂	800	5
textiel	3	H	3	CO	5	0,03
hout						
plastic	25	O	22			
leer						
rubber	7	N	0,4	NO _x	1,5	0,01
voedselresten						
glas	5	S	0,05	SO ₂	0,5	0,003
aardewerk						
metalen		rest ¹⁾	ong. 19,5	vliegias	10	0,065

¹⁾ onverbrandbaar

²⁾ vergelijk tabel 12, die alleen het vuil uit huishoudens betreft

3. Problemen bij verbranding, storting en compostering

Deze bezwaren gelden nog sterker indien het huisvuil zonder verdere bewerking als „container“-vuil wordt gestort om land te egaliseren of op te hogen („sanitary landfill“). Dit gebeurt momenteel in Tilburg, in Delden en in de Krimpenerwaard. Hoe dit moet gebeuren zonder de volgende bezwaren te ontmoeten

- vervuiling van het grondwater
- bodemvervuiling in directe zin door bijv. oliehoudende of bitumineuze stoffen
- plagen van ongedierte en
- ongeordend storten door particulieren,

is nog niet goed onderzocht. Een bezoek aan vooral de stortplaatsen in de Krimpenerwaard laat de bezoeker niet zonder het gevoel dat hier goedkoop wel eens duurkoop zou kunnen zijn. De 2×10^9 kg, die hier zullen worden gestort, kunnen ons op den duur een overlast veroorzaken die een veelvoud zal kosten van wat we nu voor een nette verwerking uit zouden moeten geven.

M.i. blijven als verantwoorde wegen voor de behandeling van vast vuil over: verbranden met gecontroleerde storting van het onverbrandbaar residu en compostering. Voor het eerste zijn een planologische opzet en een kostenplan nodig. Het inzamelen van het vuil kost ca. fl 25 per ton, het verbranden ongeveer fl 20 per ton en het deponeren van het residu (op middelgrote afstand in ons land) fl 2,50 per ton oorspronkelijk vuil. Het ophalen en dumpen ter plaatse van „container“-vuil is, zoals gezegd, aanzienlijk goedkoper (fl. 25-30 per ton), maar zelden verstandig. Een voórscheiding van het „container“-vuil in een deel dat verbrand moet worden en een deel dat kan worden gedumpt maakt de totale kosten van de vuilbehandeling vergelijkbaar met het alternatief van verbranden samen met storting van het residu.

Compostering, een in biologisch opzicht aantrekkelijk alternatief, is technisch en economisch nog veel minder aantrekkelijk dan de eerste methode. Het procesrendement van compostering is nog laag. Toch zou het, gezien de samenstelling van het huisvuil (tabel 28), lonen hieraan onderzoek te doen; de 15% niet direct verteerbare materialen zouden kwantitatief van de rest gescheiden moeten kunnen worden. Waarschijnlijk kan men de verantwoordelijkheid daarvoor niet in de huishoudens zelf leggen (2 vuillemmers of -zakken). Momenteel wordt er in Nederland slechts $0,15 \times 10^9$ kg vuil per jaar gecomposteerd.

Deze overwegingen brengen ons tot twee andere aspecten:

- de efficiency van de ophaaldienst voor vast vuil en
- de noodzaak gesloten kringlopen voor ons vuil te creëren.

De efficiency van onze ophaaldiensten voor vast vuil is onvoldoende groot voor onze geurbaniseerde samenleving met zijn grote vuiloverschot. Enerzijds ligt dat aan de onzorgvuldigheid van de bevolking, die in tuinen, grachten, straten, bermen en stranden nogal wat „verliest“. Anderzijds is er verlies bij het laden (vooral uit emmers) en bij de overslag (vuilstortplaatsen). Bij een ruwe schatting blijkt dat ongeveer 3 à 5% van het huisvuil niet geordend wordt afgevoerd.

Het valt te vrezen dat dit percentage eerder zal toenemen dan afnemen. Dit heeft de volgende oorzaken:

- het huisvuil werd in 1945 veelal éénmaal per twee dagen, in 1955 twee maal per week en sinds 1970 op vele plaatsen nog slechts éénmaal per week opgehaald;
- al het vuil dat niet volgens de voorschriften is verpakt of dat een bepaald kwantum overschrijdt, blijft staan;
- het individueel inleveren van extra vuiloverschot is niet eenvoudig en
- er zijn nog geen maatregelen getroffen voor het vast vuil dat van de sterk toenemende vloot plezierboten in ons land afkomstig is.

Ik vrees voor het alternatief dat de bevolking zal zoeken en vinden, zodra de minieme balcon van flats zonder adequaat vuilverzamelingssysteem (en dat zijn de meeste) overvol raken met zakken vuil. De lokale overheden vangen hun budgettaire en personele moeilijkheden bij het oplossen van dit probleem vaak niet op de juiste manier op. Bijstand van de centrale overheid zal nodig zijn.

Wat betekent een efficiency van 95 à 97% en waarom moet dit laag worden geacht? Een voorbeeld. Per hoofd, per jaar verbruiken we ongeveer 80 plastic eenheidsverpakkingen of totaal nationaal 10^9 stuks per jaar. Stel, dat van deze relatief volumineuze eenheid vuil 1 op de 100 (efficiency 99%) terecht komt op de plaatsen waar de bevolking zich ophoudt (3×10^9 m²). De snelheid van „vrije“ depositie is dan 3×10^{-3} stuks/m² j. Neemt men aan dat plastic gemiddeld in drie jaren verpulvert, dan komt dit overeen met een oppervlakteconcentratie in bermen en op stranden, gelijk aan 10^{-2} stuks/m² of 100 stuks/ha. Dit stemt qua orde van grootte overeen met tellingen die men zelf aan onze stranden kan verrichten. M.a.w. voor iedere fles of ieder boterhammenzakje dat we individueel per jaar „verliezen“, vinden we individueel op grijpafstand een exemplaar terug, zodra we op het strand of in een wegberm neerstrijken.

De maatregelen die tegen zulk een vervuiling te nemen zijn, kan men niet ingewikkeld noemen. Ze vereisen echter bij de vuilophaaldiensten en bij de bevolking een instelling, die behoort bij een streven naar een verlies van pro millen en niet zoals nu bij een gewoonte om pro centen kwijt te raken. Dezelfde overwegingen gelden voor ieder gesloten terugvoersysteem. De efficiency van deze systemen, waarvan we er in de naaste toekomst meer moeten realiseren, zullen een „cijfer achter de komma“ beter moeten zijn dan veelal op het eerste gezicht nodig wordt gedacht.

C. Autowrakken en versleten autobanden

Fig. 17 geeft een overzicht van de ontwikkeling van het nationale wagenpark (personenauto's). De belangrijkste lijn in de grafiek is degene die weergeeft hoeveel afgedankte auto's per jaar moeten worden afgevoerd. In de komende jaren is een enorme stijging in dit aantal te verwachten, zoals tabel 30 nogmaals verduidelijkt.

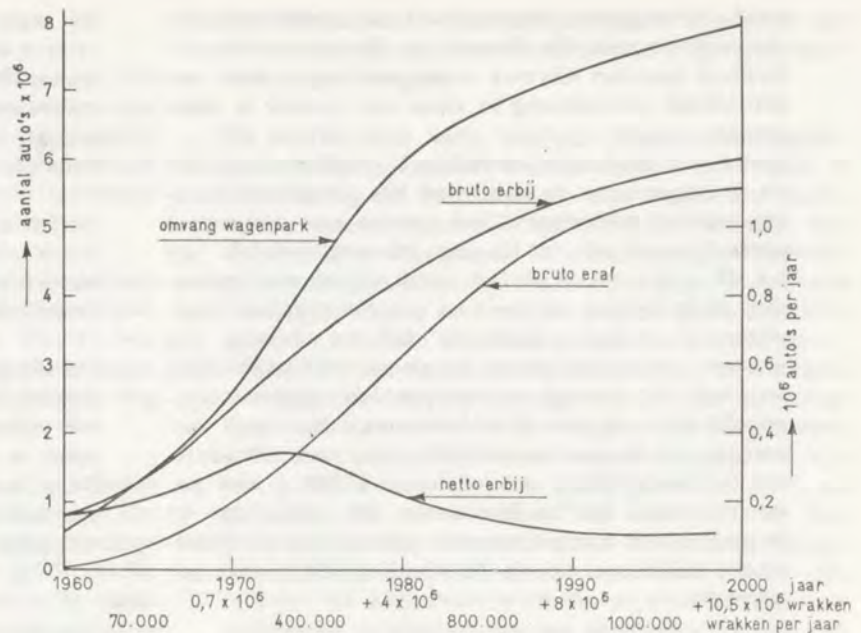


Fig. 17. De ontwikkeling van het nationale wagenpark.

Tabel 30. Aantallen per jaar af te voeren auto's (gemiddelden per periode)

	10 ⁵ stuks per jaar
1960 - 1970	0,7
1970 - 1980	4
1980 - 1990	8
1990 - 2000	10 ?

We weten nu reeds wat de gezamenlijke autokerkhoven (totale opslag ong. 5×10^5 wrakken) in het landschap betekenen. Over de ongeveer $2,5 \times 10^6$ kg olie, die uit die wrakken de grond in verdween, hebben we ons tot dusver niet veel zorgen gemaakt. Gezien de te verwachten toename in de omvang van deze kerkhoven is het aan te bevelen hiervoor planologische en technologische maatregelen te treffen.

In ongeveer 10 jaren van nu zou het terugvoeren van auto's naar het staalbedrijf voor 80-90 % kunnen voorzien in de staalproductie die nodig is voor nieuwe wagens. De vraag is weer hoe dit economisch is te realiseren. Er is of een proces nodig dat, uitgaande van deze grondstof, per ton geproduceerd staal evenveel of minder kost dan wanneer uitgegaan wordt van erts of men moet de vervuiler (de man die de auto koopt!) het verschil laten bijpassen.

In de V.S. wordt momenteel 90 % van het in omloop zijnde staal (na gemiddeld 20 jaren gebruik) teruggevoerd [33]. In 1945 was dit 70 % en in 1939: 30 %. De terugvoer van lood en koper is nog groter en zal op afzienbare termijn die van edele metalen benaderen. In wezen vragen we naar een organisatie van de retourhandel die we in de middeleeuwen kenden: tot het jaar 1000 leefde men alleen met het metaal dat de Romeinen voortbrachten. De glas-, story" (wegwerpfles) zal moeten worden omgedraaid, niet alleen omdat we een te grote aanslag op de reserves plegen.

In principe zijn met behulp van fig. 17 alle schattingen te maken over het rubberafvaloverschot dat met de autowrakken vrijkomt. Hier gelden dezelfde overwegingen. Aangevuld met verkoopcijfers over autobanden, kan een inzicht worden verkregen van de totale hoeveelheid rubberafval van automobielen.

D. Bodemvervuiling in strikte zin

Over de beïnvloeding van de natuurlijke levensgemeenschappen in onze bodem door infiltratie van wezensvreemde stoffen schreef Adriani een indringend overzicht [22]. Het is bij uitstek een terrein van de bioloog waarvan de technicus kan leren. Hij behandelt

- hoe grondbewerking, monocultures en bijbehorende bemestingspraktijken de differentiatie in bodemorganismen vrijwel te niet doet, hetgeen het gebruik van biociden deed toenemen;
- hoe deze fungiciden, herbiciden en insecticiden de microflora en -fauna naar het leven staan met als gevolg enerzijds dat stikstofbinding en nitrificatie teruglopen en anderzijds dat ze in het nog beperkte aantal resterende voedselketens accumuleren;
- hoe minerale olie die uit opslag, of als oplosmiddel voor biociden, of door ongelukken, in de bodem dringt, ook de stikstofbinding, de nitrificatie en de koolstofbinding ernstig stoort.

Alhoewel deze materie niet primair in dit door een technoloog geschreven artikel thuishoort, is het voldoende van belang het te vermelden, nu het aantal grote olietransportleidingen in onze grond gaat toenemen en het aantal olie- en gasboringen op ons grondgebied toeneemt.

Dit klemt te meer indien deze activiteiten niet buiten de waterwin- en waterinfiltratiegebieden kunnen omgaan. Wetgeving, planologie en technische voorzieningen (corrosiebestrijding, lekdichte afsluiters en flen-

sen?, opvanggoten) moeten hier de risico's zo klein mogelijk houden. De Provinciale Staten van Noord-Holland maakten hiermee reeds een begin door een provinciale verordening in deze van kracht te laten worden.

Sinds kort is er een vervuiling bijgekomen, waarvan de gevolgen voor de bodem en het grondwater moeten worden bestudeerd. Het gebruik van wegzout verdertigvoudigde in 10 jaar tot een gebruik van 5×10^8 kg/j anno 1970. Het wordt vrijwel niet gebonden in de bodem en komt na enige tijd in het kwelwater of in het grondwater terecht. Zolang het sneeuw- en regenwater (ongeveer $0,1 \times 10^9$ m³/j) waarmee de bermen na het pekelen worden uitgespoeld zich nog niet goed met zoet water heeft vermengd, zal dit gemiddeld 5000 g zout per m³ bevatten (ter vergelijking, de zee bevat 35000 g zout per m³; het water van de Rijn is met 600 g zout per m³ te zout om te kunnen worden gebruikt bij de Westlandse tuinbouw, die als bovengrens 400 g zout per m³ stelt).

E. Voorstel voor werkgroepen

1. Werkgroep vast vuil balans voor Nederland. Mogelijkheid van een gesloten systeem. Efficiency vuil-ophaaldienst en vuilsortering. Gevolgen van toenemend gebruik van plastic verpakking. Verbranding versus „sanitary landfill” versus kompostering. Planologie. Constructies vuilverbrandingsovens.
2. Werkgroep processing staal en rubber van auto-wrakken. Gesloten systeem. Retourhandel. Planologie autokerkhoven.
4. Werkgroep bodemfiltraties van stoffen t.g.v. nijverheid en transport. Olie uit pijpleidingen of ondergrondse reservoirs. Wegzout.
4. Werkgroep inventarisatie en organisatie van stortafval (in vaten) uit industrie.
5. p.m. Werkgroep degradatiesnelheden van plastics en pesticiden in natuurlijk milieu (KNCV Sectie Milieuchemie).

V. Nationale balansen voor specifieke verontreinigingen

A. Algemeen

Er is een aantal zeer specifieke verontreinigingen die in dit algemene overzicht niet aan de orde zijn gekomen, maar om een of andere reden (meestal de gezondheid) wel van groot belang zijn om te worden gevolgd. Ik denk hierbij aan metalen als cadmium, zink, lood en ook aan kwik. Verder aan arseen, seleen en chroom. Daarnaast zijn nu van belang fluorwaterstof en polychloor-biphenylen. Het DDT-verhaal is elders verteld, alhoewel de gevolgen nog niet zijn uitgewerkt.

Bij deze specifieke verontreinigingen gaat het om relatief kleine emissies en lage tot zeer lage concentraties. Dit maakt dat de juiste emissie- en immissie-cijfers slechts met geringe nauwkeurigheid zijn te verkrijgen (slechter nog dan de factor 2 onnauwkeurigheid die aan deze gehele studie ten grondslag ligt).

Derhalve leek het me niet juist de summere gegevens die ik voorhanden heb hier te publiceren. Ze vereisen nadere studie. Slechts voor kwik zijn de cijfers zover „rond”, dat ik ze hier wil opnemen.

Op dit gebied is veel studie vereist, omdat het bewaken van deze specifieke vervuiling uit het oogpunt van volksgezondheid en ecologie wellicht nog belangrijker is dan het beheersen van de BOD-vervuiling. Deze categorie specifieke verontreinigingen behoort dan ook t.z.t. aandacht te krijgen in de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren.

Tabel 31. Totaal verbruik aan metallisch kwik in Nederland anno 1970

	10 ³ kg/j	
Rijn		70
Industrie		
chloralkali ¹⁾	20	
vinylchloride	0	
aceetaldehyde	0	
ethanol	?	
papier	0,2	
verf	23,6	
laboratoria	2,5	
	—	46
land- en tuinbouw		
pootaardappelen	0,5	
zaaizaad	1,5	
bloembollen	0,75	
fruit	1,25	
	—	4
Diversen		
ziekenhuizen	1,5	
geneesmiddelen	0,2	
tandheilkunde	0,2	
steenkolenbrand ¹⁾	2	
roken ¹⁾	0,05	
vuilverbranding ¹⁾	1	
	—	5
Ongespecificeerd ²⁾		15
Totaal		140

¹⁾ komt geheel of gedeeltelijk vrij in de lucht en wordt door de regen uitgewassen

²⁾ waaronder instrumentenindustrie (o.a. thermometers), apparatenindustrie (o.a. thermostaten) en gloeilampenindustrie.

B. Kwik

Tabel 31 geeft een overzicht van het verbruik in 1970 van metallisch kwik. Velen hebben meegelopen deze cijfers uit zo diverse bronnen en over zulke verschillende kwikhoudende middelen te verzamelen, nadat D. W. Scholte Ubink een voorbereidende publikatie had uitgegeven [34] ¹⁾. Zie ook [35].

Van de totaal 70.000 kg metallisch kwik die Nederland per jaar anno 1970 volgens de groothandels verbruikt, is het gebruik van 55.000 kg achterhaald. Van de rest, die o.a. gezocht moet worden in instrumenten-, apparaten- en gloeilampenindustrie, kon het gebruik nog niet worden gespecificeerd.

De mogelijke gevaren van kwik in de biosfeer worden door Scholte Ubink in zijn rapport besproken. Een paar getallen. Zee-, grond- en regenwater bevatten van nature aan kwik ongeveer 5×10^{-5} g/m³. Sterfte treedt op bij 10^{-1} g/m³. Kwik accumuleert in de voedselketen, waardoor het moeilijk is een criterium op te stellen voor een nog aanvaardbare concentratie in water: 10^{-2} g/m³ is zeker nog te hoog, 10^{-3} g/m³ is misschien aanvaardbaar. Verder neemt kwik deel aan stofwisselingsprocessen in de bodem, waarin het in de vorm van giftige alkyl-kwikverbindingen lang kan verblijven.

De ongeveer 140.000 kg kwik (maximaal) die per jaar met 89×10^9 m³ water (zie III. A. 4.) door ons land stroomt, geeft aanleiding tot een gemiddelde concentratie van $1,5 \times 10^{-3}$ g/m³ (maximaal). Lokaal kan deze concentratie enige malen worden overschreden. Terecht heeft de Staatssecretaris voor Volksgezondheid dan ook besloten kwikconcentraties in oppervlaktewateren te laten meten. Bovendien is het van belang te weten hoeveel kwik er reeds in de grond aanwezig is, vooral ook in de bodems van meren, vaarten en rivieren [36].

De Rijn heeft zijn kwiklast in 40 jaren verveertienvoudigd. Daar de Rijn bij zijn binnenkomst reeds 50 % bevat van de totale kwiklast van ons land, geldt hiervoor nogmaals wat reeds eerder is betoogd: er moeten snel internationale regelingen komen om deze vervuiling te beperken.

Er zijn reeds maatregelen genomen om het kwikgebruik in land- en tuinbouw terug te dringen. Ook het wederom invoeren van de oude gewoonten van zorgvuldigheid ten aanzien van kwik in laboratoria en ziekenhuizen zou helpen. De grootste winst op dit gebied zou echter te behalen zijn indien de chloor-alkali-industrie een plan zou uitvoeren om het kwikcelproces voor de NaCl-scheiding te vervangen door een van de andere bestaande processen en indien de verfindustrie over andere dan kwikhoudende schimmelen/of aangroeiwerende middelen zou kunnen beschik-

¹⁾ De cijfers in deze publikatie verwijzen soms naar het middel zelf, soms naar het aandeel dat metallisch kwik in dit middel heeft!

Verder werkten mee M. Heuver (Inst. voor Plantenkundig Onderzoek te Wageningen), H. Linsen (KNCV, Sectie Katalysatoren), J. R. Vermeulen (KIVI, Afd. Chem. Technologie) en enkele groothandels, waaronder die voor bestrijdingsmiddelen of geneesmiddelen.

ken. Vooral het te voorspellen toenemend gebruik van scheepsverven en buitenhuisverf- en impregneermiddelen baart zorgen.

De studies over kwik, tenslotte, brachten een regelmatigheid aan het licht waarmee deze studie haast in filosofische zin kan worden afgesloten. Het kwikverbruik is, zoals tabel 31 toont, sterk afhankelijk van industriële bedrijvigheid. In alle sterk geïndustrialiseerde landen blijkt nu het kwikverbruik in de orde van 5 kg kwik per inwoner per jaar te liggen. Derhalve spannen ons land en Japan, wegens hun grote bevolkingsdichtheid, de kroon als het gaat om de kwiklast per oppervlakte-eenheid: ongeveer 2 kg/km² j (totaal oppervlak van het land). Een vaste verhouding tussen vuilast en individu of tussen vuilast en oppervlak zijn we in het voorgaande meer tegengekomen. Zo is de produktie aan assimileerbaar vuil voor mens en dier vrijwel gelijk (in Nederland anno 1970) en wel ongeveer 0,15 kg O₂ (BOD_∞) per door mens of dier bewoonde m². Misschien is dit toeval, wellicht liggen er praktische vuistregels aan ten grondslag die ons van dienst zijn indien we in de toekomst zover zijn dat we kunnen gaan aangeven hoeveel vuil mens en dier ecologisch verantwoord mogen spuien.

C. Voorstel voor werkgroepen

1. Werkgroep nationale stofbalansen voor specifieke verontreinigingen: b.v. zink, lood, cadmium, polychloorbifenylen.
(Samen met KNCV, Sectie Milieuchemie, die reeds een werkgroep „Fluor” startte).
2. Werkgroep kwik. Alternatieven, economisch en technisch, voor het gebruik van kwikhoudende middelen in verf en voor het kwikcel-proces voor de scheiding van NaCl. Simulatiemodel voor de verspreiding van kwik.

VI. Conclusie

Voor de lucht-, de water- en de bodemvervuiling wordt een zo kwantitatief mogelijk overzicht gegeven van de nationale balansen voor de belangrijkste vervuulende stoffen.

De balansen zijn op grond van de beschikbare gegevens te maken, zij het nog niet erg nauwkeurig (factor 2). Toch blijkt het op grond hiervan mogelijk ontwikkelingen te voorzien, indien men zich niet tot een momentopname beperkt, maar nagaat hoe de produktietermen van de verschillende balansen in de tijd veranderen.

Om dit zo te presenteren, dat hierop beleidsbeslissingen kunnen worden gebaseerd, is het nodig de bronnen in te delen in twee categorieën:

- 1) distributieve bronnen (huishoudens, verkeer, vee-stapel, etc.)
en
- 2) niet-distributieve bronnen (energiebedrijven, indus-

triële energievoorziening, industriële procesvoering, vuilverbranding, etc.)

De redenen dit onderscheid te maken zijn:

- a) het verspreidingsmechanisme van beide categorieën bronnen is zeer verschillend (bijv. grondemissie van een stad of bedrijf versus emissie uit een hoge schoorsteen) en
- b) de mogelijkheden corrigerend in te grijpen verschillen (voor de distributieve bronnen: in de grondstof en soms in het proces, voor de niet-distributieve bronnen: niet alleen in de grondstof, maar vooral ook in het proces en vaak in de afvalstromen zelf).

De nadruk ligt op de **omvang** (emissie en immissie), slechts terloops komen hier aan de orde **normen, kosten en tegenmaatregelen**. Wel worden, waar mogelijk, de gegevens zo gepresenteerd dat conclusies mogelijk zijn. Vaak zijn deze vervat in de suggesties voor het instellen van Klvl-werkgroepen, die aan het slot van ieder hoofdstuk zijn opgenomen.

Deze voorstellen verwijzen naar die gebieden van de vervuilingproblematiek welke volgens deze studie de meeste aandacht van technici behoeven.

Globaal kan men stellen dat de mens in zijn huishouden ongeveer eenzelfde vervuilinglast veroorzaakt (in lucht en water) als de mens in zijn industrie. Bovendien blijkt, dat de vuillast van het rivierwater dat ons land binnenkomt, ongeveer gelijk is aan de totale watervervuiling die wijzelf veroorzaken.

Alhoewel deze studie primair technisch is en niet economisch, laten de resultaten zich toch onder de grote noemer geld samenvatten. Zou de vaderlandse burger erop staan dat zijn afvalwater wordt gezuiverd, dan komt hem dit op *f* 30 per jaar boven de rioolrechten die hij nu betaalt. Zou hij bovendien stemmen voor een schone verbranding van al zijn vaste afval samen met een gecontroleerde storting van het residu, dan zouden zijn vuilophaaldienstrechten *f* 20 per jaar stijgen.

Bezit hij een auto die hij regelmatig op minimale vervuiling laat afstellen (*f* 10), koopt hij voorts alleen maar auto's met een inrichting voor naoxydatie (extra *f* 30), en betaalt hij bij de aanschaf van de auto reeds de kosten voor vernietiging van het wrak (*f* 30), dan zal hij *f* 70 voor deze vervuilingbestrijdende maatregelen over moeten hebben.

Indien dit alles zo zal zijn, zullen de Nederlandse burgers 1 miljard gulden per jaar meer voor hun strijd tegen de vervuiling uitgeven dan nu het geval is. Ook voor de maatregelen die de industrie tegen de vervuiling zal moeten nemen kan men een bedrag van deze orde van grootte verwachten. Dit betekent dat, waar nu ongeveer 0,8 miljard gulden per jaar voor deze zaak wordt uitgegeven, in de hopelijk niet zo verre toekomst ongeveer 3 miljard gulden per jaar zal worden neergeteld. Dit komt overeen met werkgelegenheid voor ongeveer 100.000 mensen (2,5% van onze beroepsbevolking). Ten opzichte van de *f* 450 die we per hoofd per jaar reeds voor defensie uitgeven, moeten de *f* 50 per hoofd per jaar (voor een niet-autobezitter) en de *f* 120 per hoofd per jaar (voor

een autobezitter) „haalbare" opofferingen zijn voor maatregelen tegen de aanval die we zelf op onze samenleving plegen.

Erkentelijkheid

Graag wil ik ir. E. F. Boon en prof. ir. L. Huisman danken voor de medewerking en het kritisch commentaar bij deze studie, al betekent dit niet dat ze alles hebben kunnen narekenen.

Verder ben ik mijn medewerkers ir. A. Feberwee, F. J. Kerkhoven en ir. B. van der Ven erkentelijk voor het tegenspel dat ze me gaven.

Tot slot is het vermelden waard de enorme respons die ik bij de voorbereiding van dit pre-advies kreeg van vrienden uit de industrie en bij de overheid, die niet nalieten materiaal aan te dragen waar dit nuttig bleek. Op hun medewerking blijf ik rekenen als we in tweede ronde sommige gegevens nauwkeuriger zullen onderzoeken.

Literatuur

1. Cleaning our environment; the chemical basis for action, American Chemical Society, Washington, 1969.
2. H. Peters, Van milieuvervuiling naar milieuzorg, Querido, Amsterdam, 1970.
3. The cost of clean air, Document No. 91-65, U.S. Government Printing Office, Washington, 1970.
4. L. J. Brasser, Enkele aspecten van de verontreiniging van de buitenlucht, Polytechnisch Tijdschrift ed. Procestechiek, 25 (1970) 19, 749 en 25 (1970) 20, 809.
5. L. Ziehuis, Uitlaatgassen van gemotoriseerd verkeer: medisch-biologische gezichtspunten, De Ingenieur 83 (1971), 1, G 1.
6. Ch. van Aken, Pollutiecontrole van benzinemotoren bij nullast, De Ingenieur 83 (1971), 9, A 143.
7. W. Bartok, A. R. Crawford, H. J. Hall and W. A. McRae, Stationary sources and control of nitrogen oxide emissions, Proceedings 2nd Intern. Clean Air Congress, Washington, 1970.
8. D. Jensen, From air quality criteria to control regulations, Conference on low pollution power systems development, Eindhoven, 1971.
9. D. S. Barth and E. A. Schuck, Discussion of paper „Relating Criteria to emission levels" by D. S. Jensen, Annual Meeting S.A.E., 1971.
10. Veel auto's vuiler dan nodig, Chemisch Weekblad, 66 (1970), 51, 16.

11. De Consumentengids, 19 (1971), 1.
12. H. de Kloet, Onder Chevron Vlag 6 (1970), 4.
13. H. Brooks, R. Bowers, The assessment of technology, Scientific American, Vol. 222, (1970), 2, 13-21.
14. Air quality data from the national air sampling networks 1964-1965, U.S. Government Printing Office, Washington, 1966.
15. Air quality criteria for sulphur oxides, U.S. Government Printing Office, Washington, 1966.
16. Postacademiale cursussen „Fysische technologie van de waterzuivering“ (jan. 1968) en „Technologie van het beluchtingsproces“ (april 1968) van de Afd. Weg- en Waterbouwkunde, T.H.-Delft.
17. H. F. Golterman, Eutrofie van het oppervlaktewater, De Ingenieur, 82 (1970), 46, G 99-G 105.
18. Biosfeer en mens, Pudoc, Wageningen, 1970.
19. C. Biemond, Water, Querido, Amsterdam, 1970.
20. TP 2000, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage, 1970.
21. De Waterhuishouding van Nederland, Nota samengesteld door de Rijkswaterstaat, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1968.
22. Het verstoorde evenwicht, red. J. C. van de Kamer, Oosthoek, Utrecht, 1970.
23. Mededeling nr. 2, Rijksinstituut voor de Zuivering van Afvalwater, Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage, 1965.
24. Postacademiale cursus „Technologie van het beluchtingsproces“, Afd. Weg- en Waterbouwkunde, T.H.-Delft, 1968.
25. Tenth Thomson lecture, Measurement and Control, 3 (1970), 345.
26. Taken for granted, H.M.S.O., London, 1970.
27. Uitvoeringsbesluit Verontreiniging Rijkswateren, tabel II, Staatsblad van 24 november 1970.
28. U.S. Dept. Health Education and Welfare Publications nr. 386, 3 (1958), 298 (1959) en 756 (1960).
29. A. J. Kaplovski, Problems in handling poultry wastes, Food Techn. 12 (1969), 4, 180.
30. F. C. Blanck, Handbook of food and agriculture, Reinhold, New York, 1955.
31. Food proc. oper. 3, 1964, AVI-Publ., Westport, U.S.A.
32. Policies for solid waste management, U.S. Dept. Health, Education and Welfare, Washington, 1970.
33. The next ninety years, California Institute of Technology, Pasadena, Cal., 1967.
34. D. W. Scholte Ubink, Werkrapport A 60, IG-TNO, juli 1970.
35. J. J. M. de Goey, J. P. W. Houtman, Kwik in het milieu, Chemisch Weekblad 67 (1971), 10, 13-20.
36. M. J. Frissel, P. Poelstra, P. Reiniger, Milieuverontreiniging en computers, TNO-Nieuws, 25 (1970), 4, 93-97.

Wat is de uitwerking van milieuverontreiniging?

door

prof. dr. D. J. Kuenen, algemeen directeur Rijksinstituut voor Natuurbeheer.

Summary

On the effects of environmental pollution

Human physical labour has been decreasing steadily: appliances like the telephone, the hoisting crane, the automobile, the vacuum cleaner, the washing machine, have taken over many of the hard chores of man. This process has been going on to the great satisfaction of practically everybody. It is becoming clear, however, that this strive for convenience is having a number of undesirable consequences in nuisances like filthy water, severe stench and irritation of the mucous membranes, and in disruptions of biological cycles in man's environment. Not only with our bodies, but also with our total environment, we are testing the limits of tolerance. The basic aspects of the biocenosis, such as photosynthesis in plants for the production of organic matter, and food chains, must be considered carefully. Inclusive thinking is required. Co-operation between biologists and engineers is a prerequisite in our efforts to fight pollution.

Vergelijken we mens en dier, dan onderscheidt de mens zich door een aantal anatomische en fysiologische kenmerken. Hij heeft de suprematie over andere dieren kunnen verkrijgen door een complex van eigenschappen, waarbij de structuur van zijn hand en de mogelijkheid voor onderlinge communicatie twee zeer opvallende zijn. Dat hierbij het sturen door de sterk ontwikkelde hersens essentieel is, blijkt dagelijks.

Het vervaardigen van gereedschap is een van de kenmerken van cultuur. Het eerste gereedschap diende om prooi en vijand te doden en om materialen te verwerken.

Toen de eerste mensachtigen ongeveer twee miljoen jaar geleden de bossen verlieten en op de omringende drogere savannen hun voedsel gingen zoeken, zullen zij zich daar alleen maar hebben kunnen handhaven dank zij de genoemde eigenschappen. Door de mogelijkheden van overleg konden zij zich gezamenlijk hun vijanden van het lijf houden en de grote prooidieren konden, dank zij de wapens, van een afstand aangevallen en overmeesterd worden. Natuurlijke wapens, zoals grote tanden, hoeven of klauwen ontbraken de mens.

Het gereedschap wordt in de loop van de verdere ontwikkeling steeds ingewikkelder en fraaier. De functie is altijd om het dagelijks leven gemakkelijker en aangenameer te maken. Dit geldt ook voor het wapen, gericht tegen de medemens, want voor de maker en gebruiker heeft het gelijke bedoelingen.

Voortdurend wordt de menselijke inspanning geringer en steeds meer wordt tot stand gebracht. Ook de lastdieren en slaven die gebruikt werden om zwaar werk te verrichten, worden langzamerhand uitgeschakeld. In plaats van een koerier hebben we een telefoon, in plaats van opperlieden een hijskraan, de auto vervangt het paard en in plaats van os, kameel of slavin hebben we een molen, een pomp en een stofzuiger. De efficiëntie neemt steeds toe, de mate waarin de regeling van het apparaat wordt ingebouwd wordt voortdurend groter. Beide processen voltrekken zich in steeds snel-

ler tempo. De dromen van de automatisering van 20 jaar geleden zijn vandaag ten dele werkelijkheid.

Geruime tijd is dit proces van ontwikkeling tot gemeenschappelijke tevredenheid voortgegaan. Protesten, zoals bij het begin van de industriële revolutie, blijken van voorbijgaande aard te zijn. Terugziende op die tijd zeggen wij dat er een faseverschil was tussen technisch kunnen en begrip omtrent de consequenties van het toepassen van dat kunnen.

Maar wij bevinden ons nu opnieuw in een periode waarin de mens zich afvraagt of het wel goed gaat. Er zijn symptomen dat ook nu weer de toverleerling de bezemsteel niet in zijn macht heeft.

Wij kunnen daarbij niet volstaan met te zeggen dat er nu eenmaal vooruitgang moet zijn, want onder vooruitgang kunnen nog een groot aantal verschillende dingen worden verstaan. We kunnen ook niet volstaan met de opmerking dat elke ontwikkeling tegenstand opwekt en dat het wel over zal gaan.

Het is duidelijk dat het streven om het ons gemakkelijk te maken op een aantal punten ongewenste gevolgen heeft, en dat de mate waarin die gevolgen zich manifesteren onrustbarend groot aan het worden is. Ik ga voorbij aan het probleem van de bevolkingstoename. Voldoende zij hier vast te stellen dat de aarde een beperkte oppervlakte heeft en een beperkte produktiemogelijkheid en dat dus op een zeker ogenblik de bevolkingsgroei tot nul zal moeten worden teruggebracht. Als er geen verandering komt in die groei is over 35 jaar de bevolking van de aarde ongeveer 2 x zo groot, en niemand weet waar het eten vandaan moet komen voor die zes en een half miljard. Reeds nu heeft twee derde te weinig eten, en de verhoging van de voedselproductie houdt geen gelijke tred met de bevolkingstoename.

Maar dat is niet het onderwerp van vandaag. Het gaat hier om de vraag wat we verder moeten doen om de wereld bewoonbaar te houden. In welke mate zijn wij bezig ons milieu te bederven en wat kunnen we er aan doen als dat nodig mocht blijken te zijn.

In de terminologie zijn nogal wat onduidelijkheden. Er

wordt veel gesproken over milieuvervuiling en iedereen probeert daarin zijn eigen speciale problemen onder te brengen, ook wel dingen die er in feite niets mee te maken hebben.

Het oorspronkelijke begrip vervuiling, waarbij het gaat om roet, stof en spinnewebben, speelt geen grote rol meer. Het is onprettig en ongewenst als deze vervuiling te ver gaat, maar het blijft een zaak van plaatselijke aard.

Belangrijker is de vervuiling die we ervaren als lichamelijke last: slecht smakend water, ernstige stank en prikkeling van de slijmvliezen door industriegassen. Het is het terrein van de hygiënist die, uitgaande van de individuele mens, streeft naar een minimum aan onprettige ervaringen of sluipende sloping van het lichaam.

De derde groep van vervuilingen betreft de storingen in het biologisch milieu van de mens. In het algemeen spreken we van vervuiling als het gaat om het onderbreken van een biologische cyclus.

Watervervuiling treedt op als de bacteriële afbraak van organisch materiaal geen voortgang kan vinden. Meestal is dat door overbelasting met organisch materiaal waardoor zuurstofgebrek optreedt. Soms is de oorzaak vergiftiging waardoor een fase in een cyclus is geblokkeerd.

Luchtvervuiling voert tot beschadiging van planten en pathologische symptomen bij mens en dier. Op een of andere plaats wordt een enzymfunctie onmogelijk gemaakt, waardoor een proces geblokkeerd wordt.

Bodemvervuiling betekent of grondwatervervuiling, of storing in de afbraak van organisch materiaal, een proces dat zo essentieel is voor de cyclische toevoer van voedingsstoffen voor planten.

Het is niet onmogelijk om ook de spectaculaire vervuiling met plastics in deze formulering onder te brengen. Wij hebben die organische moleculen zo lang gemaakt dat bacteriën ze niet meer kunnen afbreken. De cyclus waar organisch materiaal deel van is, is hier geblokkeerd. Om ook lawaai onder vervuiling te rekenen lijkt mij wat geforceerd. Maar dat neemt niets weg van de ernst van de storing. Het is een bijproduct van onze technologie, dat lang is aanvaard, maar nu zo sterk is toegenomen dat het niet meer getolereerd kan worden, of het nu gaat om de supersonische vliegtuigen of de zo begeerde vaatwasmachine die een deel van ons woonmilieu tijdelijk onaantrekkelijk maakt.

Het meest interessant van de ongewenste nevenverschijnselen van de ontwikkeling is wel de hypokinese: we hebben alles zo efficiënt gemaakt, dat ons lichaam daar nu de nadelige gevolgen van gaat vertonen. We doen zoveel af per telefoon en dictafoon, en verplaatsen ons zo veel per lift en auto dat we ons te weinig bewegen. De goede bedoelingen hebben ons te ver gevoerd. De tolerantie van het lichaam is onvoldoende gebleken.

Het is niet alleen ons lichaam, maar de hele biocoenose en het milieu waarin die leeft (wat we tegenwoordig de biosfeer noemen) waar we dit verschijnsel van grensoverschrijding zien. We kunnen plant, dier en bodem in sterke mate beïnvloeden en exploiteren, maar er is een grens. Die grens is veelal niet van tevoren te bepalen en als we eenmaal te ver zijn gegaan is de correctie heel moeilijk. De bodemerosie op grote schaal door fout landbouwgebruik en de mondiale verspreiding van D.D.T., zijn er twee voorbeelden van.

De noodzaak hier aandacht aan te besteden komt voort uit onze onverbreekbare binding met die biocoenose. Het organisch materiaal, dat de fysische grondslag is voor het leven, wordt door planten gemaakt. Zij gebruiken het licht van de zon als energiebron, CO₂ uit de lucht en water met anorganische zouten uit de bodem als materiaal. In de plantencel vinden we de chloroplasten, enkele mikrons in diameter, waarin zich het groene chlorophyl bevindt. Alleen in de groene plantendelen kan het proces der fotosynthese plaatsvinden.

Alle dieren zijn voor hun organisch materiaal van planten afhankelijk. Herbivoren eten planten, carnivoren eten dieren die van planten leven en kunnen zelf weer prooi zijn van grotere carnivoren. De serie plant — herbivoor — carnivoor 1 — carnivoor n heet een voedselketen. Het getal n ligt tussen 0 en 3 en is zelden hoger. Aan het eind van een voedselketen staat een groot roofdier, dat zelf niet weer door een roofdier gegeten wordt: tijger, leeuw, roofvogel, roofvis en vele anderen.

Organisch materiaal met de daarin vastgelegde energie passeert de voedselketen. Telkens wordt een klein deel van het materiaal gebruikt voor de opbouw van het dier en de rest wordt verbruikt om er de energie uit te winnen die voor het functioneren van het lichaam nodig is. Bij de fotosynthese komt zuurstof vrij. Door de dieren wordt die zuurstof weer gebruikt om de energie uit het materiaal terug te winnen.

Vooralsnog is de groene plant het meest economische systeem om lichtenergie te gebruiken voor het maken van organisch materiaal en zuurstof. Wij zijn dus voor onze voeding en ademhaling afhankelijk van de planten. Bij voorkeur maken we daarbij dan nog gebruik van dieren die de zo belangrijke rol spelen van concentreren van eiwitten. Het darmkanaal van de mens is niet geschikt om de zeer grote hoeveelheden planten te verwerken die nodig zijn om voldoende eiwitten te verkrijgen. Dat kunnen de herbivoren wel. Daarom is vlees of vis voor de mens essentieel en kan hij het op den duur niet met planten alleen op deze wereld stellen.

Het behoud van plant en dier is voor de mens eenvoudig een levensnoodzaak, omdat de mens een onderdeel is van het hele complex van leven dat zich op aarde afspeelt. Maar ook in andere opzichten moet met de levende wereld om ons heen rekening worden gehouden. Wij hebben ruimte nodig voor recreatie, want wij kunnen niet blijvend in een stedelijk milieu vertoeven en toch een evenwichtig mens blijven. Ruimte en structuren voor openluchtrecreatie zijn voorwaarden voor een normaal leven. En dan is er nog die groeiende groep mensen die de esthetische belevenis van het natuurlijke landschap als een stuk van ons culturele leven ervaren en de verantwoordelijkheid beseffen die de mens heeft om dat wat hij beheersen kan ook te beheren en niet te vernietigen.

Om nu de beperkte ruimte en mogelijkheden die Nederland biedt op de beste manier te gebruiken moeten plannen gemaakt en beheersmaatregelen genomen worden. Voorbereidingen hiertoe kunnen alleen dan worden getroffen, en de uitvoering van plannen en maatregelen kan alleen dan bevredigend zijn, indien met zo veel mogelijk aspecten van de problematiek rekening wordt gehouden. Eenzijdige standpunten kunnen nooit langdurig bevredigend zijn. Men mag niet alleen maar denken aan snelverkeer, aan natuurbe-

scherming, aan zeldzame planten en dieren, aan landbouwbelangen of wat dan ook. Het zal de moeilijke taak voor de volgende jaren zijn om tot integratie van standpunten te komen. Maar het moet een echte integratie zijn en niet een serie compromissen waarbij korte-termijn belangen prevaleren boven de consequenties van een grootse conceptie van de mogelijkheden die Nederland uiteindelijk kan bieden.

Er zijn daarbij vele vragen die moeten worden geformuleerd en opgelost. Enkele daarvan zouden in werkgroepen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs in samenwerking met biologen moeten worden geënta-meerd.

Ons groeiend energieverbruik vraagt om vergroting van de capaciteit van elektriciteitscentrales. Koelwater van maximaal 30° C wordt geloosd en verstoort de biocoenose van het ontvangende water. Wij weten niet hoe groot die storing is en wat er de gevolgen van zullen zijn. Het kan zijn dat er zuurstofgebrek optreedt, dat er veel meer dood organisch materiaal komt, en gecombineerd met de te verwachten zwaardere chemische vervuiling van het water, zijn de gevolgen van een en ander niet zonder meer te overzien. Er zullen veranderingen in de samenstelling van de levensgemeenschappen komen, met de mogelijkheid van meer pathogenen en meer vectoren van parasieten van mens en dier.

De warmte van dat koelwater zou nuttig gebruikt kunnen worden b.v. voor het drogen van waterrijk organisch afval, zoals door Golterman is gesuggereerd, of voor visvijvers of voor de verwarming van kassen.

De rioolwaterzuiveringsinstallatie is een constructie waarin zich biologische processen afspelen. Deze processen zijn nog maar ten dele bekend en we weten niet precies wat de rol van de tientallen organismen is die er in voorkomen. En de mate van efficiëntie wordt aan het effluent gecontroleerd met een methode (B.O.D.-bepaling) waarvan de gebruikers zeggen dat hij niet deugt. We hebben dringend behoefte aan een grondige studie van de methoden waarmee we op een betrouwbare wijze kunnen vaststellen wat voor afvalwater kan worden getolereerd, welke stoffen nu wel en welke niet worden afgebroken, afhankelijk van de constructie en de bedrijfsvoering, en hoe de interactie is van de verschillende stoffen die in het water voorkomen bij de afbraak en in het effluent. Elk organisme heeft een eigen levenspatroon en we kunnen niet volstaan met over bacteriën, protozoën en vissen te praten. Elke vissoort reageert op zijn eigen wijze op elk der milieufactoren en elk stadium, ei, larve, jonge vis en volwassen dier, reageert verschillend.

De bioindustrie produceert plaatselijk grote hoeveelheden verdunde mest waar men geen weg mee weet, terwijl elders gebrek is aan organische mest. Kan de technologie hier een oplossing vinden, waardoor niet plaatselijk het oppervlaktewater wordt bedorven met materialen die elders goed zouden kunnen worden gebruikt?

Alle biologische processen zijn delen van cycli waarbij chemische elementen telkens weer overgaan van de organische naar de anorganische fase. Alleen door hetzelfde materiaal aldoor weer te gebruiken kan het leven op aarde blijven bestaan. De landbouw heeft dat van oudsher geweten, maar in ons huishouden en in de industrie wordt dit principe niet voldoende volgehouden. Het gevolg is een belasting van het milieu met afvalstoffen die op dat ogenblik geacht worden niet meer in het proces te kunnen worden teruggebracht. Het anorganische afval bevat een hoog percentage zware metalen. Die zijn vaak reeds bij lage concentraties toxisch. Er is grote behoefte aan een studie van methoden om die metalen uit het afval te houden, en weer in het proces in te voeren. Bij het bepalen van de tolerantiegrenzen en de beproevingsmethoden zal een toxicoloog onmisbare medewerking kunnen geven.

Het organisch materiaal moeten we zo veel mogelijk tot compost verwerken, want organisch materiaal verbetert de grond en verhoogt de opbrengst. In plaats daarvan laten wij het op hopen gisten en door bacteriën afbreken of wij verbranden het. Daarbij wordt zuurstof verbruikt, zonder dat het enig profijt voor het organisch leven oplevert. Wij moeten daarbij niet vergeten dat zuurstof ook niet onbeperkt aanwezig is. Alleen als er voldoende zuurstof door planten wordt geproduceerd om het verbruik bij te houden, zal de aarde op den duur bewoonbaar blijven.

De samenwerking van biologen met ingenieurs zal niet zonder moeilijkheden verlopen. In de eerste plaats zal de terminologie een hinderpaal zijn. In de tweede plaats zal de verschillende benaderingswijze tot wrijving en wrijving aanleiding geven. De ingenieur zal zich teleurgesteld voelen door de naar zijn oordeel te weinig exacte bijdrage van de bioloog. De bioloog zal veel moeite hebben om de ingenieur besef bij te brengen van de grote complexiteit en vaak onvoorzienbare afhankelijkheid binnen het totaal van levende organismen, die een zo belangrijk deel van ons milieu bepalen. Een organisme, plant of dier, is vele malen gecompliceerder dan enig apparaat dat de mens zelf kan maken. Elke soort heeft dan nog zijn eigen specifieke eigenschappen, en duizenden soorten planten en dieren vormen levensgemeenschappen die, afhankelijk van voortdurend wisselende uitwendige omstandigheden, niet steeds voorspelbaar zullen reageren op onze ingrepen.

In die levensgemeenschappen leeft de mens; hij vormt er een onderdeel van, maar probeert tevens ze te manipuleren. Daarbij zullen natuurlijk vergissingen worden gemaakt en vaak is de correctie niet meer mogelijk. Laten zij die de technologie beheersen tijdig overleg plegen met hen die van de levende organismen een studie gemaakt hebben. Het kan voor beide partijen een verhelderende ervaring worden.

De toekomst van de mens hangt er van af.

De toxicologie van de chemische milieuverontreiniging

door

prof. H. van Genderen, hoogleraar in de diergeneeskundige farmacologie en biologische toxicologie

Summary

The toxicology of chemical pollution

Chemical pollution of water and air is discussed from the point of view of environmental toxicology. Among the heavy metals and xenobiotic organic chemicals, special attention is given to (methyl) mercury and polychlorinated biphenyls in the fresh water and marine environment in the Netherlands. Predators are at risk because of food chain amplification. It is suggested that residues in tissues of predator animals could serve as quality standards in the aquatic environment.

It is advised and it is further suggested that the European chemical industry take steps to establish a study and advisory group for clean air and water, like „Concawe“ (Conservation of Clean Air and Water in Western Europe) set up by the petroleum industry.

I. Inleiding

De chemische industrie rekent het tot haar verantwoordelijkheid de nieuwe stoffen die zij als tussenprodukt voor eigen gebruik of als eindprodukt voor de verkoop maakt, toxicologisch te onderzoeken of te laten onderzoeken. De veiligheid van eigen personeel en die van de afnemers maken dit nodig. Het onderzoek heeft het karakter van het bepalen van de aard van de werking bij schadelijke dosering en van het bepalen van de kwantitatieve relatie tussen dosis en effect bij proefdieren. De resultaten van dit onderzoek worden geëvalueerd en daaruit volgen eventueel veiligheidsvoorschriften en beschermingsmaatregelen.

Het thema van een verder deel van de beschouwing is de stelling dat de chemische industrie het ook tot haar verantwoordelijkheid moet rekenen de milieutoxicologische kwaliteiten van haar stoffen te onderzoeken of te laten onderzoeken. Dit betreft niet alleen de stoffen die zij loost, maar ook die zij verkoopt, want de koper zal ze vroeg of laat lozen of in het milieu verliezen. De resultaten van dit onderzoek zijn bepalend voor de in het kader van het milieubeheer te nemen maatregelen. Dit betekent dat de lozingsvergunning van bedrijven die nieuwe chemicaliën via water of lucht lozen, moet berusten op inzicht dat door milieu-toxicologisch onderzoek is verkregen. Verder betekent dit dat bij de producten die de fabriek aan zijn afnemers levert, de milieu-toxicologische consequenties van hun verdere lot is bestudeerd en, eventueel, dat aanwijzingen ter voorkoming van schade aan het milieu worden gegeven, evenals dit thans gebruikelijk is ten aanzien van het risico voor de gebruiker zelf. Dergelijke aanwijzingen en eventueel beperkende voorschriften zijn ook voor het transport van chemicaliën onontbeerlijk.

Het toxicologisch onderzoek van chemicaliën dient allereerst tot het bepalen van de dosis-effect relatie bij proefdieren als model voor de mens, alsmede tot het vaststellen van de maximale dosis die deze dieren

over hun gehele levensduur, met inbegrip van enige generaties voortplanting, kunnen verdragen.

Daarnaast moet onderzoek plaatsvinden over de aard van de giftige werking bij hogere doses en dient, voor zover mogelijk, een inzicht te worden verkregen in het mechanisme van de giftige werking bij die hogere doses. Voor dit laatste is de hulp van onderzoek met eenvoudiger systemen „in vitro“ onmisbaar. Het betreft proeven met geïsoleerde organen, weefselkweken, suspensies van cellen of delen van cellen en vooral enzymatisch werkzame fracties uit cellen. Dit onderzoek met eenvoudiger systemen op een lager biologisch integratieniveau, kan wél tot nadere definitie van het aangrijpingspunt of één van de aangrijpingspunten van het vergift leiden, b.v. de remming van een bepaald enzym, maar dit inzicht maakt het onderzoek bij het hogere integratieniveau van het totale dier niet overbodig. Het integrale effect is uit het onderzoek van eenvoudiger systemen, zowel kwalitatief als kwantitatief (dosis-effect relatie) niet af te leiden. De complexiteit van een dier is te groot, mede door de stabiliserende factoren in het „systeem“ die ten dele op regelkringen berusten.

Deze stabiliserende factoren stellen de levende organismen in staat de gevolgen van schadelijke invloeden enigermate te compenseren. Slechts een klein deel van deze complexiteit zou met behulp van een computer te benaderen zijn, voor de rest ontbreekt het ons aan kennis en inzicht. Ik sta hierbij stil om een vergelijking te maken tussen de thans besproken gevarensituatie die bestaat bij de confrontatie van een gedefinieerde stof met de mens (als werknemer of als consument), en de gevarensituatie die bestaat bij de confrontatie van een geloosde stof in het milieu met de daar in ecosystemen levende organismen, zoals bacteriën, planten, dieren en mensen, waarbij a-biotische milieufactoren, als weer en wind, waterstroom en bindingen aan slib enz. een invloed uitoefenen. Ook deze laatste gevarensituatie is gekenmerkt door een veel grotere complexiteit, door een eigen reactievermogen als gevolg van de interrelatie tussen flora- en fauna-elementen en misschien wel door terugkoppe-

lingen die het ecosysteem een zekere stabiliteit geven ten opzichte van „chemische“ invloeden. We weten er weinig van, maar vast staat dat ook hier de toxicologische informatie bij de gangbare proefdieren onvoldoende kwalitatief en kwantitatief inzicht geeft in de wijze waarop het ecosysteem zal reageren, evenals in de mate van lozing die als aanvaardbaar kan worden beschouwd.

Wanneer door toxicologisch onderzoek een inzicht is verkregen in de mate van de belasting van het milieu, moet de aanvaardbaarheid daarvan als een zaak van de gehele bevolking, als een politiek probleem, worden gezien. Dit geldt evenzeer ten aanzien van de aanvaardbaarheid van risico's voor milieuschade bij het vervoeren van chemische stoffen.

Dit aspect van het welzijn, de waarde van het kunnen leven in een milieu waarin ook een gevarieerde flora en fauna kan gedijen, moet nader worden gedefinieerd, en wel zo, dat een politieke oordeelvorming en afweging mogelijk is. Hier ligt een grote taak voor het onderwijs en de betere journalistiek.

II. De chemische milieuverontreiniging

Deze beschouwing beperkt zich tot enkele aspecten van de chemische milieuverontreiniging. Daarmee wordt bedoeld de verontreiniging met stoffen vnl. afkomstig van ertsverwerking, chemische industrie, onderzoekingslaboratoria, galvanische bedrijven en verbranding van brandstoffen en afval. Daar komt dan nog bij: de verspreiding van de produkten van de chemische industrie door de gebruikers.

Niet bedoeld wordt de verontreiniging door produkten van plantaardige of dierlijke herkomst zoals de inhoud van stadsriolen, materiaal van de landbouwindustrieën en de afvoer van de varkens-, kalveren- en pluimveemestbedrijven („bio-industrieën“). Het verschil van beide vormen van verontreiniging verdient nadere aandacht omdat dit de bijzondere aard van de chemische verontreiniging in het kader van de milieu-toxicologie helpt karakteriseren. Ik zou mij daarbij in eerste instantie willen beperken tot

A. Waterverontreiniging

Plantaardige en dierlijke stoffen zijn „oud“. Zij hebben in de evolutie hun plaats gekregen in de kringlopen van koolstof, zuurstof, stikstof, zwavel, fosfor en minerale bestanddelen. De organische componenten die in het water terecht komen, worden in deze kringlopen afgebroken en gemineraliseerd door een leger van aangepaste microorganismen; een leger dat ons ook ten dienste staat bij de rioolwaterzuivering. De problemen die er zijn, houden vooral verband met de overbelasting van de aërobe verwerkingscapaciteit met organische stoffen, stikstofverbindingen en fosfaten, waardoor rotting in het water optreedt met de bekende gevolgen voor het leven in en aan het water.

Bij de organische stoffen die door de chemische industrie worden gemaakt en die vroeg of laat in het

water terecht komen, zijn er die niet afwijken van de verbindingen die in planten of dieren voorkomen, zoals bijv. het uit acetyleen bereide azijnzuur.

Zij dragen bij tot de totale „Biological Oxygen Demand“ voor het afvalwater en bieden, mits de concentratie laag genoeg kan worden gemaakt om een direct toxische invloed te vermijden, geen andere problemen. De beoordeling levert milieu-toxicologisch weinig moeilijkheden op, zelfs bij vergiften als cyanide. Het gangbare onderzoek op basis van vis-toxiciteit levert een redelijk uitgangspunt voor de beoordeling.

Bij veel van de geloosde anorganische stoffen zijn de milieu-toxicologische gevolgen eveneens redelijkerwijs te overzien; vooral als het stoffen betreft die passen in een biologische kringloop, zoals sulfaat, of die van nature een algemeen voorkomen hebben, zoals chlooride. Ook hierbij zijn de gangbare onderzoekingsmethoden bruikbaar gebleken.

Naast de genoemde organische biogene stoffen worden talloze verbindingen geproduceerd en geloosd die hierbij vergelegen „jong“, geheel lichaamsvreemd of xenobiontisch zijn. Hiertoe behoren vele die, al zijn ze lichaamsvreemd, toch voldoende op biogene stoffen lijken om vlot door microorganismen te worden verwerkt, zoals de zachte detergenten. Er zijn ook onstabiele verbindingen die na een chemische oxydatie of hydrolyse toegankelijk zijn voor verdere afbraak, zoals het tetra pyrofosfaat (TEP), een bijzonder giftig insecticide, dat in water echter vlot hydrolyseert tot „zachte“ assimileerbare bestanddelen. Men zou deze stoffen zachte xenobionten kunnen noemen.

Van groter belang voor deze beschouwing zijn de meer harde xenobionten die geen gespreid bedje van microben in het milieu vinden.

De begrenzing is vaag: er zijn alle overgangen tussen een snelle, een langzame en afwezige aantastingsmogelijkheid door bacteriën, en in een aantal gevallen kan, door aanpassing van de microflora, een enorme versnelling van de omzetting worden verkregen, zoals voor minerale oliën.

Ook bij de geloosde anorganische stoffen kan de samenstelling zó duidelijk „vreemd“ zijn voor de levende organismen, dat nadere aandacht voor de milieu-toxicologische gevolgen nodig is.

In het hierna volgende zullen voor een aantal meer of minder duidelijk te definiëren groepen van deze stoffen enkele specifieke problemen worden behandeld. Hierbij is uitgegaan van een eerder gebruikte indeling [1].

1. Reactieve stoffen.

Dit zijn sterke zuren, basen, oxydatiemiddelen, alkylende stoffen e.d., die hun giftigheid allereerst aan hun reactiviteit ontleen. Ze zijn schadelijk voor microorganismen en verstoren dus de biologische reiniging. De milieu-toxicologische situatie wordt vooral bepaald door de neutralisatie- (eventueel verdunnings-) mogelijkheden van a-biotische aard. De stoffen die dan ontstaan zijn veel minder schadelijk of vormen een probleem van geheel andere aard. In een misschien wat grove generalisatie zou men kunnen stellen dat deze stoffen door pyrolyse, elektrolyse of een andere energie vragende scheikundige ingreep zijn vervaardigd en daaraan hun reactiviteit ontleen.

In een latere fase betekent de neutralisatie de om-

kering van het proces, dat daarmee in zichzelf gesloten is; een kringloop waar ook de ecooloog gelukkig mee kan zijn.

Er bestaat veel ervaring over aanvaardbare lozingsconcentraties van dit soort stoffen in rivieren en ander openbaar water.

Deze ervaring berust mede op beperkt milieu-toxicologisch onderzoek (als regel kort durende vis-toxiciteitsbepalingen). De aanvaardbare lozingsconcentraties liggen ten opzichte van de afvoerbehoefte vaak zo laag dat de industrie in eigen bedrijf neutraliseert, verbrandt of per schip naar zee afvoert. Dit laatste kan milieu-toxicologisch onder bepaalde voorwaarden en omstandigheden aanvaardbaar zijn. Hierbij moet er echter terdege rekening mee worden gehouden dat de ervaring met „aanvaardbare” concentraties in zoet en als regel reeds bedorven oppervlaktewater, en het beperkte milieu-toxicologische onderzoek, m.i. onvoldoende grondslag vormen voor de toelaatbaarheid van de gigantische lozingsconcentraties die thans op zee plaatsvinden. Dit probleem is, zoals bekend, niet beperkt tot de hier bedoelde reactieve stoffen: het geldt evenzeer de later te noemen zware metalen en andere stoffen, waar de milieu-toxicologische problemen veel moeilijker liggen.

Wie is in staat deze lozingsconcentraties te beoordelen? Wat zijn de criteria van toelaatbaarheid? De verantwoordelijkheid is te groot voor één dienst die in het gunstige geval de vergunning moet geven.

Eén van de voorwaarden zou daarom moeten zijn: openbaarheid over kwaliteit en kwantiteit en stortplaats op zee, zodat een ruimere kring van biologen zich hierin kan verdiepen en het tot onderwerp van zijn studie kan maken. De aanpak van dit probleem, nationaal en internationaal, heeft voor mij grote prioriteit, tegelijk met de bestrijding van het geknoei op dit gebied.

2. *Minder reactieve anorganische stoffen en organometalverbindingen.*

Hierbij moet vooral aan de zware metalen worden gedacht; als element zijn ze uiteraard persistent. Van nature komen ze overal voor; in de levende natuur in geringe concentraties, soms als onmisbaar sporenelement, zoals kobalt, zink, molybdeen. Deze stoffen zijn dan ook in die lage concentraties niet lichaamsvreemd, hoewel bij hogere weefselconcentraties het organisme er geen raad mee weet.

De mechanismen voor eliminatie schieten te kort; de stof hoopt zich op in weefsels en organen tot ver boven het gehalte dat als natuurlijk kan worden beschouwd en verstoort het metabolisme van de cel. Een verhoging van de milieuconcentratie kan hierdoor desastreus voor flora en fauna zijn.

Op bepaalde plaatsen op de aarde is, onder invloed van een mineralogische situatie, een hogere milieuconcentratie van dit soort elementen aanwezig, gepaard met het voorkomen van een aangepaste — soortenarme — flora, zoals in Z. Limburg het zinkviooltje en elders bijvoorbeeld planten die bestand zijn tegen hoge milieuconcentraties van fluoride of selenium. Vaak zijn deze bekend door hun giftigheid voor vee. Deze aanpassing is het resultaat van een langdurig proces van mutatie en selectie: een stukje evolutie.

Deze elementen worden door ertswinning en verwerking uit hun onschadelijke element gehaald en door industrie en verbruiker over het milieu verspreid, met als gevolg dat in bepaalde gebieden de milieuconcentratie boven de plaatselijke achtergrond uitstijgt.

Dit is een proces dat misschien omkeerbaar is, omdat de eindconcentraties in de oceanen mogelijk door begrenzingen in de oplosbaarheid en bindingen aan slib worden bepaald [2]. Daar staat tegenover dat het verdwijnen in deze „sink” zo traag verloopt, dat de zaak niet op korte termijn kan worden hersteld als men — achteraf — tot de conclusie komt met de contaminatie in een bepaald gebied te ver gegaan te zijn, bijvoorbeeld doordat een gevoelige „signaal” planten- of diersoort verloren is gegaan.

Een en ander verdient thans speciaal aandacht bij kwikverontreiniging. Daar is de zaak extra gecompliceerd doordat uit anorganisch gebonden kwik door een microbiologische methylering methykwikverbindingen kunnen ontstaan. Het kwik wordt hierdoor gemobiliseerd, wordt door zijn lipofiele eigenschappen gemakkelijk door dieren uit het voedsel opgenomen en moeilijk weer uitgescheiden. Het cumuleert dus, en doet dit ook in voedselketens, omdat roofdieren — predatoren — in hun leven vele malen hun eigen lichaamsgewicht aan prooidieren eten. Daar methykwik veel sterker cumuleert dan anorganisch kwik, neemt het aandeel methykwik in het totale kwikgehalte in dierlijke weefsels toe met het stijgen in de voedselketen. In de Grote Stern, een exclusieve eter van vis, kan het ongeveer 80 % bedragen [3]. Het methykwik dringt door zijn lipofiele karakter ook gemakkelijker dan anorganisch kwik door in de hersenen en dankt daaraan zijn grote giftigheid. De kwiksituatie in Nederland is thans zo, dat volwassen zeehonden dood zijn aangetroffen, onder meer in de Waddenzee, met letale concentraties kwik in lever en hersenen [3]. Ook bij enkele visetende vogels in de Waddenzee zijn vrij hoge gehalten gevonden. Hierbij moet echter worden opgemerkt dat daar ook jonge zeehonden en zeker vogels met een laag kwikgehalte gevonden zijn, zodat de toxicologische situatie ons nog niet duidelijk is. Wel staat hierdoor en door andere informatie [4] vast, dat de verontreiniging door kwik, vooral in de Waddenzee, te ver is gegaan. Dit is eveneens in Zweden, Japan, Finland en op andere plaatsen gebleken. Verder onderzoek is gaande [5], maar het wachten op de resultaten hiervan is riskant.

Reeds nu moet alles in het werk worden gesteld om verdere kwikverontreiniging tegen te gaan. Het elimineren van het gebruik van kwik, waar dit kan, heeft hoge prioriteit.

Toleranties voor veilig te lozen concentraties of kwantiteiten kwik en kwikverbindingen zijn nog niet op wetenschappelijke gronden te geven.

Men kan de mogelijkheid onder ogen zien om, bijvoorbeeld voor de Waddenzee, een milieu-toxicologische grenswaarde voor de belasting te baseren op een als hoogste te aanvaarden gemiddelde residuconcentratie van methykwik in levers of hersenen van zeehonden (of van andere predatoren zoals visetende vogels), waarbij misschien met de leeftijd rekening moet worden gehouden. Deze dieren zouden dan niet alleen een signaalfunctie vervullen in kwalitatieve zin — door te zijn of niet te zijn — maar ook in kwantitatieve zin.

Dit zou een aantrekkelijke mogelijkheid bieden om hieruit lozingstoleranties af te leiden, zodat de situatie voor de ingenieur operationeel zou zijn geworden. In feite moeten er nog vele praktische en theoretische moeilijkheden worden opgelost. Allereerst al zullen de resten van de nog levende populaties van predatoren zorgvuldig moeten worden beschermd: een zaak van groot algemeen belang, ongeacht de gevoelens dat ze ook zonder deze signaalfunctie bescherming zouden moeten genieten. Een verder punt is dat we reeds midden in de verontreiniging zitten.

Wat is thans nog een natuurlijk gehalte? Het proces van de vervuiling ook met andere elementen, neemt met de dag toe. Het is urgent een onderzoekingsapparaat op te bouwen dat op verschillende plaatsen van de wereld, representatief voor minder en meer verontreinigde gebieden, jaarlijks de gehalten registreert van dit soort stoffen zowel in het milieu als in dierlijke weefsels. Er bestaan plannen voor een dergelijke internationale bewakingsdienst die uitgaan van de organisatie voor het Internationaal Biologisch Programma, in Nederland vertegenwoordigd door de Biologische Raad van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen.

Het is noodzakelijk dat wij hieraan meedoen en op deze wijze de grondslag leggen voor een toekomstig wetenschappelijk gefundeerd milieubeheer.

Verdere aspecten van het tolerantieprobleem zijn de nog onbekende factoren die het gedrag van kwik in het milieu en in het dier bepalen.

De Groot [6] heeft aanwijzingen gekregen dat het slib onderweg van de Rijnmonding naar de Waddenzee thans wel eens minder kwik zou kunnen verliezen dan vroeger, zodat een groter percentage hiervan de Waddenzee zou kunnen bereiken. Wat het dier betreft, bestaat er nog onzekerheid over de als onschadelijk te beschouwen gehalten [3, 4], over welke weefsels of organen ter beoordeling moeten dienen en over de vraag in hoeverre de belastingduur van invloed is. Daarnaast is meer inzicht nodig in het risico van de mutagene werking van methykwikverbindingen.

Er zal verder ook aandacht aan andere zware metalen en overige elementen moeten worden gegeven, onder meer aan lood (mede in verband met de lucht- en bodemverontreiniging), cadmium, zink en tin.

3. *De persistente lichaamsvreemde organische stoffen.*

Deze „harde” xenobionten worden moeilijk door microorganismen aangetast, zonder dat dit met hun giftigheid verband houdt. In feite zijn vele van de betreffende stoffen voor microorganismen onschadelijk. Ze blijven dus lang bestaan, zoals kunstmeststoffen in de grond of in het water.

Er ontstaan vooral milieu-toxicologische problemen als de moleculen niet te groot zijn en het lipofiele verbanden betreft. Door deze eigenschappen zijn deze stoffen, evenals de methykwikverbindingen, gemakkelijk opneembaar door dieren en tegelijk moeilijk tot uitscheiding te brengen. Is het dan bovendien nog zo dat ze niet of slechts langzaam in de dierlijke stofwisseling worden afgebroken, of tot een meer polaire verbinding worden omgezet, dan blijft de stof in het dier achter en de concentratie ervan in de weefsels neemt toe. Dit geldt dan ook voor voedselketens en

men ziet de hoogste concentratie van stoffen zoals DDT en zijn metabolieten, in oudere roofdieren en viseters aan het einde van voedselketens. Het is niet zo dat stoffen als DDT in het geheel niet door dieren worden omgezet en uitgescheiden. Het proces is alleen bijzonder langzaam, maar als regel toch wel zo snel, dat bij langdurige belasting via de voeding, een evenwichtsconcentratie in de weefsels van de dieren wordt benaderd. Deze weefselconcentratie (residu genaamd in navolging van de situatie bij de bespoten groente en fruit) is maatgevend voor de grootte van de milieubelasting (via de voeding) en is bovendien een indicatie voor het gevaar dat de dieren door de aanwezigheid van die stof bedreigt (een betere indicatie dan in het geval van de kwikresiduen).

Dit gegeven kan niet zonder meer worden afgeleid uit het gangbare toxicologische onderzoek naar de dosis-effect relatie. Er is apart (of gecombineerd) onderzoek nodig (met een milieu-toxicologische motivering) om ook de residu-effect relatie te leren kennen.

De residuconcentraties zijn op een aantal plaatsen bij vogels zo hoog opgelopen, dat sterfte bij deze dieren optrad; soms in een mate dat een lokale populatie werd uitgeroeid, zoals dat in Nederland enige jaren geleden bijna het geval was met de kolonie van de Grote Sterns op Griend. Enkele andere vogelsoorten, zoals de slechtvalk, zijn er thans ernstiger aan toe. De calamiteiten op dit gebied hebben gelukkig een kentering gebracht in het toelatingsbeleid voor deze insecticiden en hebben geleid tot grotere voorzichtigheid bij de industriële lozing. Er bestaat onzekerheid over de vraag of men het gebruik niet verder moet terugdringen, vooral in verband met de zeker nog kwantitatief, maar ook kwalitatief onvoldoend bestudeerde „subletale” invloeden van deze stoffen, zoals die op de dikte van de eischalen. Bij bepaalde vogelsoorten was namelijk door breuk van de eieren tijdens het broeden de reproductie sterk verminderd. Dit bleek het gevolg te zijn van de belasting met dit type persistente stoffen.

De problemen zijn niet beperkt tot insecticiden. In ons land is in het bijzonder het schimmelbestrijdingsmiddel hexachloorbenzeen (niet te verwarren met het insecticide hexachloor cyclo-hexaan of Lindaan) voorwerp van onderzoek. Residu's van dit zaaizaad-fungicide werden onder meer in roofvogels gevonden. Er is thans bij ons onderzoek gaande naar de residu-effect relatie bij proefdieren [7]. Hierbij worden de residu's geëvalueerd in termen van schade aan de vogelstand. Ook buiten de bestrijdingsmiddelen bestaat dit probleem. Zo heeft het over de gehele wereld voorkomen van residu's van polychloorbifenylen (pcb's) in dierlijke en in menselijke weefsels sterk de aandacht getrokken [8, 9]. Pcb's zijn industriële chemicaliën die onder meer worden toegepast als brandvrije isolatievloeistoffen in de elektrische industrie en als weekmakers in plastics en verven.

Er worden vaak hoge residu's gevonden in vissen en vogels, bijv. gemiddeld 89 ppm in de levers van in 1968 op Vlieland dood gevonden eidereenden [8]. Ook de zoetwaterfauna in Nederland is zwaar met deze stoffen belast.

De toxicologische en milieu-toxicologische eigenschappen zijn nog slecht bekend. Ook bij ons loopt een onderzoek omtrent de pathologie van de intoxi-

catie bij proefdieren alsmede naar de relatie van dosis, residu en effect [10]. Wij zijn er, vooral door de aanwezigheid van eveneens persistente en zeer vergiftige verontreinigingen in sommige preparaten, niet gerust op. Deze stoffen, polychloor dibenzofuranen, hebben kwalitatief dezelfde werking als de nog giftiger polychloor dibenzo dioxins: stoffen die vrijkomen bij de fabricage van het bekende herbicide 2.4.5 T [11]. Wij menen dat grote prioriteit moet worden gegeven aan de studie van de pcb-situatie en dat daarbij onder ogen moet worden gezien dat het wel eens beter zou kunnen zijn om de bereiding van deze stoffen te staken. Het is opvallend dat juist de sterk gechloroerde a-polaire verbindingen aanleiding geven tot deze moeilijkheden. Dit houdt wellicht verband met het feit dat natuurlijke organische chloorverbindingen weinig voorkomen. Ze passen niet in het biologische systeem en er dient te worden overwogen of de bereiding van producten op basis van de perchloring van vooral aromaten, in het bijzonder wanneer het a-polaire producten betreft, niet beter achterwege zou moeten blijven.

Op zijn minst moet een milieubeheer worden gevoerd waarbij de verontreiniging met deze persistente xenobionten aan een maximum gebonden is. In hoeverre hierbij, in analogie met de toleranties voor residu's van bestrijdingsmiddelen in groente en fruit, gebruik kan worden gemaakt van toleranties voor de milieubelasting gebaseerd op de residu's in weefsels van daarvoor uitgezochte gidsdieren, is een zaak van nader onderzoek [12].

B. Luchtverontreiniging

Tenslotte nog enkele opmerkingen over luchtverontreiniging.

Ook hier is het milieu-toxicologische beeld complex door de gevolgen van weersinvloeden, fotochemische processen, uitregenen enz.

De belangrijkste stoffen waar het hier om gaat zijn gekenmerkt door hun reactiviteit (zoals de zuurvormende oxyden van zwavel en stikstof, HF, HCl, ozon). Zij zijn in dit opzicht te vergelijken met de eerder genoemde reactieve stoffen in het water. Ook hier geldt dat de schade aan plant, dier en mens grotendeels verband houdt met deze reactiviteit en dat het effect verdwijnt door de uiteindelijke neutralisatie in het milieu.

Er is wel onzekerheid over de betekenis van het transport over grote afstand van de zwaveloxyden via de lucht en de regen naar onder meer het Zweedse binnenland en de hierdoor volgens Zweedse gegevens opgetreden verzuring van de meren. Dit is vooral een probleem van de hoeveelheid die per jaar in totaal in de lucht wordt geloosd. Het verdient ongetwijfeld nadere aandacht.

De aandacht voor luchtverontreiniging is thans groter dan voor waterverontreiniging omdat wij zoölogisch tot de landdieren behoren en onze eigen gezondheid reëel wordt bedreigd. Men is thans in het stadium van het maken van meetnetten en van het stellen van grenswaarden gebaseerd op criteria van volksgezondheid [13]. Dit brengt het voorkomen van schade door luchtverontreiniging althans bij deze stoffen in het opera-

tionele vlak, zodat de ingenieur weet waar hij aan toe is. Daarbij dient er echter voor te worden gewaakt dat het beleid niet het karakter krijgt van het „opvullen” van de verontreiniging tot de grenswaarden. Het probleem hoe aan de grenswaarden te voldoen, zal zeker grote zorg baren en dient prioriteit in de behandeling te krijgen. Hierbij verwacht ik vooral dat de CO-belasting als gevolg van het autoverkeer zal moeten worden verminderd en dat de totale luchtverontreiniging in bepaalde saneringsgebieden moet worden teruggedrongen. Volle aandacht zal eveneens moeten worden gegeven aan de luchtverontreiniging door koolwaterstoffen en aan smogvorming. In dit opzicht zijn wij gelukkig nog een achtergebleven gebied vergeleken met de Verenigde Staten [14]. Wij kunnen profiteren van hun pijnlijke ervaring met de invloed zowel op de volksgezondheid als op de flora. Hervorming van de auto is een dwingende eis. Daarbij moet tevens aandacht aan de emissie van de carcinogene koolwaterstoffen worden gegeven.

III. Milieu-toxicologisch onderzoek en zijn evaluatie

Van wezenlijk belang is de verbinding die men kan maken tussen de twee pijlers van dit onderzoek: het epidemiologisch onderzoek, waarbij afwijkingen van de gezondheid van mens, dier of plant of het verdwijnen van diersoorten of planten in verband worden gebracht met mogelijk oorzakelijke invloeden in het milieu, en het experimentele laboratoriumonderzoek van deze invloeden (in ons geval chemische), op microorganismen, planten, dieren en mensen, eventueel in model-ecosystemen.

In het epidemiologisch onderzoek moet het criterium waarop het effect wordt betrokken, nauwkeurig worden gedefinieerd; bij de luchtverontreiniging kan dit bijv. zijn de frequentie in het optreden van chronische a-specifieke respiratoire aandoeningen bij de mens of het verdwijnen van bepaalde korstmossen. De vermindering van het aantal soorten planten (of dieren) onder invloed van chemische milieuverontreiniging kan ook in het watermilieu worden opgemerkt.

De verarming is beklemmend voor de natuurliefhebber belast met jeugdherinneringen. De recente pogingen om de diversiteit van flora en fauna in een begrensd gebied kwantitatief te waarderen in een „diversiteits-index” en dit te betrekken in epidemiologisch onderzoek naar chemische milieuverontreiniging (of andere invloeden; zie onder meer [15]) verdienen aandacht. Ook hier is een biologisch „monitoring” nodig ter ondersteuning van de beoordeling over langere tijd. Helaas is de verlaging van de diversiteits-index als regel irreversibel, tenzij het een relatief klein gebied betreft, dat zodra de belastende invloed is verminderd, vanuit de omgeving kan worden herbevolkt. En zelfs dat is onzeker. De eerder genoemde beoordeling op basis van residu's in predatoren geeft bij persistente stoffen veel sneller inzicht. Op grond daarvan kan, als men bereid is er naar te handelen, het verarmingsproces in een vroeger stadium worden gestopt. Misschien lukt het nog de zeehond als Nederlandse diersoort te behouden!

Het vaststellen van grenswaarden voor de milieubelasting op basis van residu's bij predatoren vereist inzicht in de toxicologische relatie tussen residu en effect. Dit is het best te ontleen aan experimenteel onderzoek, de tegenhanger van de epidemiologie. Dit onderzoek geeft een benadering van het hoogste residu (eventueel bij zware metalen gekoppeld aan een factor voor de leeftijd) dat als onschadelijk voor de proefdieren kan worden beschouwd. Wil men hieruit een aanvaardbaar residu bij de in het wild levende dieren afleiden, dan moet het experimenteel vastgestelde maximum residu worden gedeeld door een veiligheidsfactor.

Belangrijk is dat de residu's van persistente stoffen een naar de tijd geïntegreerd beeld van de belasting geven, zulks in tegenstelling tot de momentopname van de directe meting van het gehalte in water (afgezien van andere complicaties hierbij).

Bij de reactieve stoffen is de residumethode onbruikbaar: daar moeten de grenswaarden worden gebaseerd op directe metingen in water of lucht, waarbij de variatie in grootte en duur van de belasting op een of andere biologisch relevante wijze tot uiting moet komen.

Bij de luchtverontreiniging kon gebruik worden gemaakt van de ervaring dat de dagelijkse concentratiewaarden op één meetpunt, gemeten over een geheel jaar, kunnen worden benaderd door een normale frequentieverdeling. Daardoor kan de totale verontreinigingsbelasting op dat meetpunt worden gedefinieerd door een mediaanwaarde en een hogere waarde, die per kalenderjaar ten hoogste gedurende 1% of in 0,3% van de tijd (~ 1 dag per jaar) wordt overschreden. Op deze wijze worden nu ook de grenswaarden vastgesteld. Er vindt dan op elegante wijze een koppeling plaats van enerzijds de voor het gebied karakteristieke mediaanwaarde met anderszijds de grillige, maar voor de schadelijke invloed vermoedelijk belangrijker, piekbelastingen. In deze situatie blijft nog een aantal zaken onopgelost, zoals de chemische en fotochemische interacties tussen de componenten van luchtverontreiniging en de combinatie-effecten bij de mens en bij planten en dieren.

Veel onderzoek is hier nog nodig.

Zowel het epidemiologisch onderzoek als het experimentele onderzoek bij luchtverontreiniging en waterverontreiniging geven in eerste aanleg een beeld van de relatie tussen belasting en effect. Welke mate van effect men in een gegeven situatie aanvaardbaar acht, berust in principe op een politieke keuze. Wenst men met behulp van grenswaarden te bereiken dat de buitenlucht als onschadelijk voor de gezondheid en het water onschadelijk voor vis kan worden beschouwd, dan moet er rekening mee worden gehouden dat zowel de epidemiologische als de experimentele benadering slechts kunnen leiden tot het aangeven van een belastinggrootte waaronder geen schadelijke effecten zijn waargenomen. Wil men daaraan een beleidsgrens ontleen die aanvaardbaar is omdat onder deze grens geen schadelijke werkingen verwacht worden, dan moet de gevonden „no effect level” door een veiligheidsfactor worden gedeeld. Dit aspect van de toxicologische evaluatie vindt onder meer reeds jaren erkenning bij het toelatingsbeleid van voedingsmiddelenhulpstoffen.

Bij de chemische waterverontreiniging is het experimentele toxicologische onderzoek naar de relatie tussen belasting en effect nog op weinig bevredigende wijze ontwikkeld, vooral door het vrijwel ontbreken van onderzoek bij vissen met langere belastingsduur dan enkele dagen met inbegrip van de reproductie.

Uiteindelijk is maatgevend wat voor oppervlaktewater de bevolking wenst te hebben. Deze wens is niet gedefinieerd en staat bloot aan velerlei persoonlijke gevoelens en invloeden. Mijn gevoelens, die ik als invloed wil laten gelden, zijn: water waarin vis kan leven en waarvan de viseter gezond blijft.

Tenslotte nog een wens: een Europese studie en advies-organisatie van de chemische industrie gericht op schoon water en schone lucht, te vergelijken met „Concawe” (Conservation of Clean Air and Water in Western Europe) van de petroleumindustrie.

Literatuur

1. H. van Genderen: Visie van de toxicoloog op de chemische verontreinigingen van het milieu. Chem. Weekblad 13 juni 1969 (nr. 24).
2. Cleaning our environment. The chemical basis for action. Report Am. Chem. Soc., Washington (1969), zie o.m. Recommendation W6.
3. J. H. Koeman, J. H. Canton, Mej. A. Woudstra, Mej. W. H. M. Peeters, J. J. M. de Goeij, Mej. C. Zegers en J. L. van Haaften: Mercury and polychlorinated biphenyls (pcb's) in the marine environment in the Netherlands. Manuscript in bewerking.
4. J. J. M. de Goeij, J. P. W. Houtman: Kwik in het Milieu. Chem. Weekblad 5 maart 1971 (No. 10, p. 13).
5. Jaarverslagen TNO-Commissie Nevenwerking Bestrijdingsmiddelen en Verwante Stoffen en het rapport van de Contactgroep Kwik.
6. A. J. de Groot: Geochemisch onderzoek in delta-gebieden. Voordracht Diligentia 1 dec. 1969 en mondelinge mededeling.
7. J. G. Vos, H. L. van der Maas, A. Musch en E. Ram: Toxicity of hexachlorobenzene in Jap. Quail with special reference to porphyria, liver damage, reproduction and tissue residues. Verschijnt in Tox. Appl. Pharmacol. 18 (1971).
8. J. H. Koeman en H. van Genderen: Tissue levels in animals and effects caused by chlorinated hydrocarbon insecticides, chlorinated biphenyls and mercury in the marine environment along the Netherlands coast. FAO-conference on Marine Pollution. Dec. 1970.
9. J. H. Koeman, M. C. ten Noever de Brauw en R. H. de Vos: Chlorinated Biphenyls in Fish.

Mussels and Birds from the River Rhine and the Netherlands Coastal Area. *Nature* **221** (1969), 1126.

10. J. G. Vos en J. H. Koeman: Comparative toxicologic study with polychlorinated biphenyls in chickens with special reference to porphyria, oedema formation, liver necrosis, and tissue residues. *Tox. appl. Pharmacol.* **17** (1970), 656.
11. J. G. Vos, J. H. Koeman, H. L. van der Maas, M. C. ten Noever de Brauw en R. H. de Vos: Identification and toxicological evaluation of chlorinated dibenzofuran and chlorinated naphthalene in two commercial polychlorinated biphenyls. *Fd. Cosmet. Toxicol.* **8** (1970), 625.

12. H. van Genderen: Tolerances for tissue levels of pesticides in wild animals; a proposal for consideration. *J. Appl. Ecol.* **3** (suppl.) (1966) 271.
13. Zie o.m. het press-release van 30 jan. 1971 van de Environmental Protection Agency, Washington D.C. „to propose National Air Quality Standards”. Voorstellen voor Nederlandse grenswaarden voor SO₂ kunnen binnenkort worden verwacht van de zijde van de Gezondheidsraad.
14. R. L. Zielhuis: Uitlaatgassen van gemotoriseerd verkeer: medisch-biologische gezichtspunten. *De Ingenieur* **83** (1971) G1.
15. M. J. Adriani en E. van der Maarel: „Voorne in de Branding”. Sticht. Wetensch. Duinonderzoek. Oostvoorne, 1968.

I. Inleiding

De vraag, wat is de invloed van een verandering van de omgeving, wordt in het kader van de huidige wetgeving vooral met betrekking tot de menselijke gezondheid en de milieutoestand van de leefomgeving behandeld. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De vraag is ook van belang, wat voor effecten voortvloeien uit de verandering van de omgeving. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

Wanneer wij de verandering van de omgeving bekijken, dan zien we dat de verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

De verandering van de omgeving kan worden veroorzaakt door de menselijke activiteit. Het is van belang te weten hoe de omgeving kan worden veranderd en hoe deze verandering kan worden voorkomen of beperkt.

Wat is er tegen te doen en wat kost het in de chemische industrie?

door

dr. ir. L. J. Revallier, directeur Chemische Research en Proeffabrieken van de Staatsmijnen

Summary

What can be done, and at what cost, in the chemical industry?

Technologically speaking, most problems of air and water pollution can be dealt with by the chemical industry. The question is: can certain levels of pollution be tolerated; if so, where is the maximum; if not, which productions must be curbed and to what extent?

Examples of bad resource management are given. Industry has accepted the principle that the polluter has to pay the costs of appropriate counter measures, but nationally as well as internationally, equity in this respect among industries is a prerequisite for healthy competition. Examples are given of counter measures against physical and chemical pollution and the financial consequences are mentioned. In existing chemical plants, process improvements must be compatible with the limited physical and economical possibilities. For chemical plants still in the design or development stage, a number of desiderata are formulated.

I. Inleiding

De vraag: „Wat is de remedie en wat kost bestrijding van milieuvervuiling”, wordt in het kader van dit symposium tweemaal van industriële zijde behandeld en wel van de kant der aardolie-industrie door dr. Hoog en van de kant der chemische industrie in deze bijdrage. Getracht is overlapping zoveel mogelijk te vermijden, al zijn er diverse raakpunten.

We zijn er ons van bewust, dat met deze twee industriële bijdragen de gestelde vraag nog verre van volledig beantwoord is. Met name de door huishoudelijke en agrarische afval geschapen problemen worden hier nog onvoldoende besproken, terwijl ook andere bedrijfstakken een soms zeer specifieke en niet te onderschatten vervuiling veroorzaken.

Blijven wij bij de chemische industrie, dan moet worden erkend, dat deze de laatste jaren nog niet heeft kunnen voldoen aan alle eisen van milieubeheer, die tegenwoordig door de publieke opinie worden gesteld al of niet op advies van hygiënisten en ecologen. Vooral bij *bestaande* fabrieken zal er wat „ingehaald” moeten worden: hetgeen er op neer zal komen de verontreinigingen die bij de produktie optreden, te beperken of te elimineren.

Dit saneren is in veel gevallen moeilijker (en dus kostbaarder) dan het treffen van voorzieningen bij nieuwbouw, waar bij de opzet van de fabriek met de thans noodzakelijk geachte strengere eisen rekening kan worden gehouden.

Zuiver technisch gezien zijn de meeste problemen van vervuiling van lucht en water door een chemische industrie wel op te lossen. Het probleem is echter: Tot welk niveau moet zuivering worden geëist? Mag er hinder of natuurverarming worden getolereerd ten einde op zichzelf gewenste goederen te produceren? Zo ja, waar ligt het optimum?

Zo nee, welke produkties moeten dan worden beperkt?

De keuze zou kunnen worden vergemakkelijkt door schatting van de waarde van de schaarser wordende goederen, schone lucht, schoon water en vrije natuur, zoals door Hueting en anderen wordt ondernomen. Dit is een zeer lofwaardig initiatief, want gekwantificeerde uitspraken op dit gebied zijn nodig om de urgentie en de prioriteit van de diverse technische voorzieningen die getroffen moeten worden, rationeel te kunnen vaststellen. Koeling van een proces, bijvoorbeeld, kan op verschillende manieren gebeuren:

- met stromend of stilstaand water, leidend tot thermische verontreiniging;
- met koeltorens, aanleiding gevend tot nevelvorming of
- met luchtkoeling, die geluidshinder tot gevolg heeft.

De verschillende voorzieningen veroorzaken verschillende soorten hinder, die afzonderlijk geëvalueerd zouden moeten kunnen worden.

Een ander voorbeeld: De synthese van een stikstofhoudend organisch produkt (b.v. acrylonitril, caprolactam) gaat gepaard met ongewenste nevenreacties en vorming van bijprodukten. Een biologische oxydatie van de nevenprodukten is mogelijk, maar leidt tot een restant waterverontreiniging, b.v. nitraat. Verbranding is ook mogelijk, maar leidt tot een restant luchtverontreiniging, b.v. stikstofoxyden.

Voor de fabrikant is, al naar gelang de verdunning, het een of het ander voordeliger. De uiteindelijke keuze moet evenwel mede van de relatieve waarde van onvervuild water en onvervuilde lucht afhangen.

Er zijn nog andere keuzeproblemen. Soms kan, bij het onschadelijk maken van de afvalstoffen, een nevenprodukt worden geproduceerd dat waarde heeft. Een voorbeeld is voedergist, gegroeid op een voedingsbodem van organisch-chemische afvalprodukten. Van de kant van de fabrikant gezien is de produktie al aantrekkelijk als de produktiekosten kleiner zijn dan de

kosten die anders aan zuivering, eventueel verontreinigingsheffing, zijn verbonden. Maar er moet bereidheid worden gevonden om een betrekkelijk ongewoon produkt te willen accepteren en afnemen.

Er zijn gevallen, waar de milieu-eisen het zoeken naar een alternatieve voorzieningswijze in de hand werken; een voorbeeld is het gebruik van zwavel. Zwavel is een zeer belangrijke stof voor de chemische industrie. Jaarlijks wordt in de wereld 16 miljoen ton in de vorm van elementaire zwavel of pyrietten gewonnen. Maar via rookgassen en afgassen wordt echter jaarlijks ca. 12 miljoen ton zwavel, afkomstig uit kolen en stookolie, in de atmosfeer geloosd [1].

Alleen al vanuit een oogpunt van „resource-management“ bezien, de milieu-aspecten nog buiten beschouwing latend, is dit een voorbeeld van roofofbouw en verspilling. Daar komt nog bij, dat zwavel weliswaar een essentiële rol als hulpstof bij vele industriële processen vervult, maar van slechts zeer weinig eindprodukten een volledig onontbeerlijk ingrediënt vormt en dan ook door de afnemers zelden wordt betaald.

Het ziet er daarom naar uit dat in de toekomst de industrie steeds meer zal trachten de gebruikte zwavel in kringloop te houden. Daartoe zal een aantal nieuwe processen moeten worden ontwikkeld.

De industrie heeft de stelling „de vervuiler betaalt“ aanvaard, m.a.w. zij is bereid primair de kosten op zich te nemen die de geëiste zuiveringsmaatregelen vergen. Zij zal evenwel deze kosten in de verkoopprijs tot uitdrukking moeten brengen. Als nu aan alle leveranciers van een bepaald produkt tegelijk dezelfde eisen werden gesteld, zou dit geen moeilijkheden opleveren. Dit is evenwel niet het geval, zelfs niet nationaal. Hierdoor ontstaat een ongunstige concurrentiesituatie van b.v. de in het buitenland gesitueerde industrie tegenover de aan zee gevestigde. Begrip hiervoor, gepaard met financiële compensatie dan wel verevening, mag van de overheid worden gevergd.

Deze problematiek heeft ook internationale aspecten. Het is duidelijk, dat nog veel research- en ontwikkelingswerk nodig is om de vervuilingbestrijding bij de chemische industrie te perfectioneren. Ook hier is een actieve ondersteuning door de overheid nodig. De gene, die als eerste gedwongen wordt verder te zuiveren en daardoor nieuwe wegen in te slaan, zal vele praktische moeilijkheden moeten overwinnen. Pioniersubsidies, zoals er thans één aan een aardappelmeeleindustrie is toegekend, zijn een welhaast noodzakelijke stimulans om verbeteringen, die het welzijn ten goede komen, van de grond te krijgen.

II. Milieuverstoringen en de kosten van hun bestrijding

Milieuverstoringen zijn van zeer uiteenlopende aard. Een globale indeling kan men verkrijgen door fysische en chemische verontreinigingen te onderscheiden. In het algemeen worden de chemische op het ogenblik als het meest hinderlijk opgevat. Het verminderen echter van de hinder of de schade ten gevolge van fysische oorzaken lijkt op het eerste gezicht veel moeilijker dan voor milieuverstoringen van chemische aard. Voor de aanpak van dit laatste probleem zijn vaak in principe veel meer mogelijkheden beschikbaar dan voor de bestrijding van b.v. een te grote warmteproductie of van te veel lawaai.

A. Fysische verontreiniging

Wij beperken ons tot het gebied van warmte en geluid, waardoor met name het op zichzelf zeer belangrijke onderwerp der radio-actieve straling buiten beschouwing blijft.

1. Koelprobleem

Tabel 1, grotendeels aan Keller [2] ontleend, geeft een overzicht van de felten, kosten en problemen bij de verschillende reeds genoemde vormen van koeling, gedemonstreerd aan de elektriciteitsopwekking.

De koelproblemen van een chemische industrie zijn in principe dezelfde als die van een elektriciteitsbedrijf. Ligt de industrie aan een water met een klein minimumdebiet — de Maas als regenrivier is daarvan een voorbeeld — dan kan zij doorstroom- en oppervlaktekoeling eenvoudig niet kiezen. De consequentie voor de Limburgse bedrijven van DSM is een koeltorenbedrijf met een handicap van twee miljoen gulden per jaar en een ernstige nevelvorming.

Ondanks het feit dat voor afvoer van dezelfde hoeveelheid warmte viermaal zo veel kilo's lucht als water nodig zijn, wordt de financiële handicap voor lucht-koeling geleidelijk minder; gedeeltelijk omdat aan koelwater toenemend zwaardere eisen worden gesteld. Mathews [3] geeft als stelregel bij Du Pont, dat lucht-koeling bij een chemische industrie in het algemeen thans al economisch aantrekkelijk is wanneer 80 % of meer van de afvalwarmte een temperatuurniveau van 60 °C of hoger heeft.

Tabel 1. Koelprobleem

	Koelmethode	Effect	Invloed op kosten
Elektrische centrale voor 1000 MW elektrisch vermogen (vgl. Keller)	Stromend water 50 m ³ /s	$\Delta T = +6 \text{ }^\circ\text{C}$	—
	Stilstaand water 10 km ²	$T \sim \text{constant}$	—
	Natte koeltoren 1 m ³ /s (verdamping)	nevel	+ 5 %
	Luchtkoeling	$\Delta T = +6 \text{ }^\circ\text{C}$	+ 10 %
DSM totaal	Natte koeltoren 0,3 m ³ /s		ca. f 2.10 ⁶ /jaar

2. Geluidshinder

Luchtkoeling is al een voorbeeld van een procesonderdeel, dat in principe geluid produceert. Nu kan allereerst het toestel zelf zo geluidsarm mogelijk worden geconstrueerd; daarnaast moeten dan geluidwerende voorzieningen worden getroffen. Een zodanige voorziening moet zijn gebaseerd op een analyse van zowel het te onderdrukken frequentiegebied als de amplitude van het geluid en is daarom een stuk maatwerk, waarvan het ontwerp aan de plaatselijke situatie moet worden aangepast.

De aard van de te treffen voorziening wordt voorts bepaald door de volgende vragen:

- Waar wordt het geluid geproduceerd? Binnen of buiten, laag of hoog, dicht bij of ver van woonhuizen?
- Wanneer wordt het geluid geproduceerd? Overdag of 's nachts, continu of incidenteel?
- Wie ondervindt hinder? Bedieningspersoneel of omwonenden, woonhuizen of kantoren?

Berucht zijn: gasturbines, aanjagers, schroefcompressoren, tandwielkasten, reduceerventielen, afblaasleidingen.

Enige richtgetallen voor kosten zijn gegeven in tabel 2.

Tabel 2. Kosten geluidwerende voorzieningen

	x 10 ³ gld.
Geluiddemper voor gasreducerventiel	5 - 7,5
Geluiddemper voor afblaasleiding	6 - 20
Kap over schroefcompressor	40
Kap over gasturbine 30 MW	50
Geluiddempers voor idem	100
Geluiddempers gasturbine ammoniakfabriek	80
Geluiddempers gasturbine salpeterzuurfabriek	200

Bovenstaande kosten zijn vergeleken met de kosten van de machines betrekkelijk gering. Veel moeilijker wordt het probleem indien om een of andere reden het apparaat zelf geluidsarm moet zijn. Er zal dan ook nog veel kostbaar research- en ontwikkelingswerk moeten worden verricht door o.a. de fabrikanten van turbines, aanjagers, appendages, e.d. Dit onderwerp valt echter buiten het bestek van deze bijdrage.

B. Chemische verontreiniging van water, lucht en bodem

De keuze der onderwerpen is hoofdzakelijk bepaald door een aantal praktijkervaringen van de laatste 5-10 jaren.

1. Waterverontreiniging. Voorbeelden: koolstof- en stikstofverbindingen

De meeste organische stoffen, zoals alcoholen en zuren, maar ook „vergiften” als nitrillen en fenolen kunnen op dezelfde wijze zoals gebruikelijk is bij huishoudelijk afval, biologisch worden afgebroken met luchtzuurstof en bacteriën als verteringsorganismen.

Daarbij ontstaan koolzuur en water als eindproducten. Alle stromen in een bepaald gebied, die dergelijke afvallen bevatten, kunnen worden bewerkt in een centrale, biologisch werkende, zuiveringsinstallatie.

Voor kleine fabrieken is het veelal voordelig te worden aangesloten op een openbare zuiveringsinrichting voor huishoudelijk afvalwater. Een sterk pleidooi hiervoor is onlangs gehouden door Plas [4]. Daar de investeringskosten van de zuiveringsinstallatie per inwonerequivalent belangrijk dalen naarmate de installatie groter is, is deze aansluiting in principe ook financieel aantrekkelijk.

Bij een relatief grote industrie is deze oplossing niet mogelijk: er ontstaan problemen bij uitbreiding van de fabrieksinstallaties, bij storingen en bij abnormale lozingen van het fabriekscomplex.

Toen op aandringen van het Waterschap van de Geleen- en Molenbeek DSM uitzag naar mogelijkheden van biologische reiniging van het afvalwater van cokesfabrieken, is er op een schaal van 1 : 20 geëxperimenteerd met twee uitvoeringsvormen: de actief-slibmethode met korte verblijftijd en de methode van Pasveer, de oxydatiesloot met lange verblijftijd.

De conclusie was, dat laatstgenoemde de voorkeur verdiende door zijn relatief lage investeringskosten en zijn veel grotere ongevoeligheid voor storingen.

De andere methode was zonder meng- en buffervijver eenvoudig niet uitvoerbaar door de ogenblikkelijke bacteriënsterfte als gevolg van de toen wekelijks optredende fenolstoten in de toevoerstroomb.

Een oxydatiesloot met grote inhoud (30.000 m³) is in 1964 gereedgekomen [5]. Zij is, na het sluiten van de cokesfabrieken, in gebruik genomen voor de behandeling van de afvalwaterstromen van het Polychemiebedrijf en enige organische fabrieken.

De beluchtingscapaciteit is ondertussen vergroot en zal, na een verdere uitbreiding in dit jaar, de 500.000 inwonerequivalenten naderen.

Enige gemiddelde jaargegevens zijn in tabel 3 opgenomen.

De research- en ontwikkelingskosten ten behoeve van de bouw van deze Pasveer-sloot hebben rond 400.000 gulden bedragen, de investeringen ca. 3 miljoen gulden.

De additionele research sinds de inbedrijfstelling heeft inmiddels nogmaals ongeveer 400.000 gulden gekost. Een bijzonder probleem voor een dergelijke industriële installatie is de eenzijdigheid van de voeding. Zijn

Tabel 3. Jaarkosten van een grote oxydatiesloot (250.000 inwonerequivalenten)

(Pasveersloot DSM 1967 - 1968,	x f 1000)
rente en afschrijving	224
energie	140
hulpstoffen	70
bediening en onderhoud	149
laboratorium	67
overige kosten	39
nieuwe werken	148
totaal	837

in huishoudelijk afvalwater alle elementen aanwezig die nodig zijn om de bacteriën te doen gedijen, in industrieel afvalwater kunnen er een of meer ontbreken. Zo werd bij DSM al spoedig onderkend dat het bacteriënslib minder actief en te slijmerig werd als gevolg van fosfordeficiëntie. Dagelijks moet er thans anorganisch fosfaat worden toegevoegd voor een goede werking.

Bij uitbreiding van het assortiment produkten is telkens onderzoek nodig om na te gaan of de afvalfen hiervan biologisch afbreekbaar zijn en of zij de biologische afbraak van de overige niet storen. Uitgebreide en langdurige proefnemingen op laboratoriumschaal moeten hiertoe worden verricht. Een moeilijkheid is in het ontwikkelingsstadium van het nieuwe produkt voldoende representatieve afval ter beschikking te krijgen. Meestal is de hoeveelheid niet genoeg voor proefnemingen op grotere schaal.

Een ander belangrijk waterverontreinigingsprobleem wordt tegenwoordig ook geschapen door *stikstofverbindingen*.

zakelijk een deskundige onderzoeksgroep met analytische faciliteiten en semi-technische mogelijkheden, zoals de hier genoemde proefinstallatie, op te bouwen. Het moet zeer nuttig worden geacht, de hiermee verkregen kennis en ervaring ook buiten de eigen onderneming, ten behoeve van anderen, productief te maken en in sommige gevallen tot contractresearch bereid te zijn.

Zoals reeds gezegd, wordt thans ook een deel van de stikstoflozing, namelijk die welke zich volgens de methode van Kjeldahl manifesteert, door het Rijk in de verontreinigingsheffingen betrokken. Dit maakt het voor een industrie wel nodig zich te bezinnen op de grootte van zijn primaire lozing, zeker als in de toekomst ook een verplichting tot zuivering wordt opgelegd. Er mag worden aangenomen, dat tot nu toe alleen die hoeveelheid ammonium werd gespuid, die niet meer beneden zijn opbrengstprijzen kon worden teruggewonnen.

Als nu aan het spuien kosten van heffing of zuivering worden toegerekend, moet in de calculatie omtrent

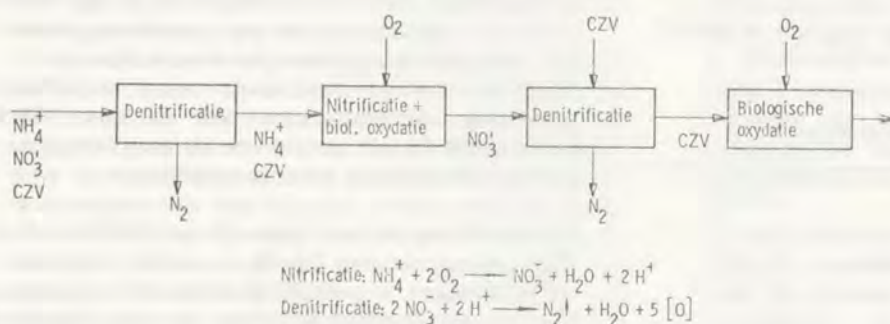


Fig. 1. Schema biologische zuivering afvalwater met verwijdering van ammonium en nitraat

Vooraf met het oog op een eventueel gevaar voor hypertrofiëring, een thema waarop aanstands nader zal worden ingegaan, legt het Rijk nu reeds in de vorm van heffingen beperkingen op aan de lozing van stikstofverbindingen in de Maas.

Met name bij de fabricage van stikstofmeststoffen, komen onvermijdelijk NH_4^+ en NO_3^- in het afvalwater terecht en een normale biologische zuiveringsinstallatie is niet in staat deze ionen effectief te elimineren. Wel zijn reeds lang biologische processen bekend waarmee stikstof in ammonium- of nitraatvorm kan worden verwijderd.

Ammonium kan, de rivier zelf toont het al aan, door bepaalde bacteriën worden geoxydeerd tot nitraat (zgn. nitrificatie). Laatstgenoemd ion kan daarna, maar dan in een zuurstofarm milieu, tot stikstof (N_2) worden omgezet (zgn. denitrificatie). Het is nu mogelijk een installatie te ontwerpen, waarin koolstof- en stikstofverbindingen tezamen worden geëlimineerd.

Fig. 1 geeft een schema hiervan.

Proeven op laboratoriumschaal zijn thans gevolgd door semi-technische proeven op een schaal van enige honderden liters per dag, terwijl in een proef-Pasveersloot het deelprobleem van nitrificatie van ammonium wordt bestudeerd.

Een technische installatie voor de Geleense bedrijven van DSM zal een investering van zeker enige tientallen miljoenen guldens vragen.

Voor problemen als de hier geschetste, is het nood-

winnen of spuien ook het heffings- dan wel zuiveringsbedrag worden betrokken. Dit leidt ertoe, dat een niet onbelangrijke hoeveelheid van het thans nog geloosde produkt zal worden gestript en gerecirculeerd. Heffingen en een strenger vergunningenbeleid leiden aldus op grond van kostenoverwegingen tot een inkrimping van de primaire milieubelasting, waardoor de typische niet-productieve zuiveringsinrichtingen in grootte worden beperkt.

Hypertrofie en kunstmestverbruik

Het voorgaande slaat op de hoeveelheid niet-economisch winbaar nevenprodukt, die door de industrie tot nu toe wordt geloosd.

Voor bijna alle industrieën geldt echter tevens, dat ook hun hoofdprodukt onvermijdelijk na kortere of langere tijd op een of andere wijze in het milieu terecht komt. Voor een kunstmestproducent geldt dit echter wel zeer rechtstreeks.

De invloed van het kunstmestgebruik op de milieubelasting, in het bijzonder op de reeds genoemde hypertrofie van de oppervlaktewateren, moet zo goed mogelijk worden bepaald.

Wanneer nitraten en fosfaten in grote hoeveelheden in het oppervlaktewater terecht komen, kan een toestand van overvoeding ontstaan. Het natuurlijke biologische evenwicht wordt verstoord en er vormen zich excessief grote algenpopulaties, die in ernstige gevallen zuurstofgebrek, vissterfte, smaakbederf en stank veroorzaken. In het buitenland is hypertrofie reeds lang

een bekend verschijnsel, maar ook in Nederland zijn dergelijke situaties al herhaaldelijk door Golterman en medewerkers [6] gesignaleerd. Het is daarom ook voor Nederland zeer nuttig en urgent, om de herkomst van de fosfaten en nitraten in het oppervlaktewater aan te geven.

Wat fosfaat betreft is iedereen het er wel over eens, dat meestal het huishoudelijk afvalwater met zijn vele fosfaat, afkomstig uit de wasmiddelen, de hoofdschuldige is. In sommige gevallen, zoals bij het Veluwe-meer, moet de bijdrage van de bio-industrie niet onderschat worden.

Dat fosfaat door uitspoeling van kunstmest uit de landbouwgronden naar het oppervlaktewater een rol van enige betekenis vervult, is zeer onwaarschijnlijk. Anorganisch fosfaat is in de Nederlandse grond namelijk bijzonder immobiel en nauwelijks aan uitspoeling onderhevig; gemiddelde betreft deze slechts 0,5 kg per hectare per jaar. Bovendien is de fosfaatbemesting de laatste 30 jaar niet verhoogd (100.000 ton P_2O_5 /jaar).

In Nederland ligt de situatie dus geheel anders dan in gebieden met meren, waar directe afspoeling van fosfaat van hellingen plaatsvindt, zoals in Zwitserland.

Wat de stikstof betreft is de situatie op het eerste gezicht minder duidelijk. Dit element wandelt op een gecompliceerde manier door de Nederlandse volkshuishouding, zoals blijkt uit fig. 2, waarin een poging is ondernomen het geheel te kwantificeren. Voor verschillende posten, zoals de bacteriologische stikstofbinding en ook de denitrificatie in het oppervlaktewater, is zelfs bij benadering geen orde van grootte aan te geven. De overige gegevens zijn ontleend aan landbouwkundige publikaties en officiële statistieken. Wij mogen aannemen dat zij bij benadering juist zijn. Wanneer wij de herkomst van de N-verontreiniging wat nader onder de loupe nemen, dan krijgen wij het volgende beeld (tabel 4):

Tabel 4. Herkomst van de anorganische stikstof in het Nederlandse oppervlaktewater

bron	omvang x 1000 ton N/jaar
1. uitspoeling uit de bodem	94
2. dierlijke excreties (directe lozing)	12
3. regen	17
4. Maas (Eysden)	24
5. Rijn (Lobith)	280
6. huishoudelijk afvalwater	54
7. industrieel afvalwater	62
totaal	543

Het blijkt, dat de grote rivieren veruit de grootste bijdrage leveren, en dat puntlozingen (post 2, 6, 7) op de tweede plaats komen. Deze puntlozingen zouden via een denitrificatieprocedure kunnen worden geëlimineerd. Ook de inbreng door uitspoeling uit de bodem is aanzienlijk. Zij bedraagt gemiddeld ongeveer 35 kg per ha per jaar.

De bijdrage van de kunstmest in de uitspoeling uit de bodem is echter van relatief geringe betekenis. Dit blijkt uit tabel 5, die grotendeels berust op cijfers verzameld door Kolenbrander [7].

Tabel 5. De uitspoeling van bodemstikstof in Nederland

Grasland:	Stalmest + gier	12.000 ton
	Afbraak organische stof	8.000
	Kunstmest	4.000
Bouwland:	Stalmest + gier	10.000 ton
	Afbraak organische stof	46.000
	Kunstmest	13.000
Braakland:		1.000
Totaal		94.000 ton
waarvan:	Stalmest en gier	22.000 ton
	Afbraak organische stof	55.000 ton
	Kunstmest	17.000 ton

Het leeuwendeel van de uitspoeling komt voor rekening van de afbraak van de stikstofbevattende organische stof. In het bijzonder op bouwland en op lichte gronden is de uitspoeling groot, nl. ca. 60 kg per hectare per jaar.

Uit deze gegevens blijkt voorts, dat de bijdrage van kunstmeststikstof tot de verontreiniging van het oppervlaktewater landelijk gezien van weinig betekenis is. Er lijken dan ook geen termen aanwezig het gebruik van kunstmeststikstof in Nederland aan een algemeen geldende beperking te onderwerpen.

Veel meer zorgen baart echter de toestand met betrekking tot de dierlijke excreties (mest en gier). Zoals uit fig. 2 blijkt, bevatten deze naast grote hoeveelheden fosfaat ongeveer 375.000 ton stikstof.

De potentiële vervuiling ten gevolge van mest en gier wordt door Scheltinga [8] op 57 miljoen inwonerequivalenten geschat en zal in 1985 zijn toegenomen tot 73 miljoen i.e. Bovendien worden deze excreties in toenemende mate geproduceerd door de zogenaamde bio-industrie, geïntegreerde „dierfabrieken”, meestal zonder land om de geproduceerde mest op kwijt te raken.

Momenteel komen deze mest en gier waarschijnlijk nog wel voor het grootste deel op het land terecht. Een onbeperkte verdere toename hiervan is echter uit landbouwkundig oogpunt niet zonder meer wenselijk en het zal moeilijk zijn de komende overschotten op een milieu-hygiënisch verantwoorde en economisch haalbare wijze te elimineren.

De oprichting en subsidiëring van „mestbanken” om tot een doelmatige verzameling en tot een geografische spreiding van het verbruik te komen, lijkt echter een belangrijke stap in de goede richting. Tevens zou kunnen worden onderzocht of een efficiëntere voeding door een gewijzigde voedingssamenstelling ook kan bijdragen tot een lagere mestproductie.

Voedergist

In het kader van de verwijdering van organische verontreinigingen uit industrieel afvalwater moet ook ge-

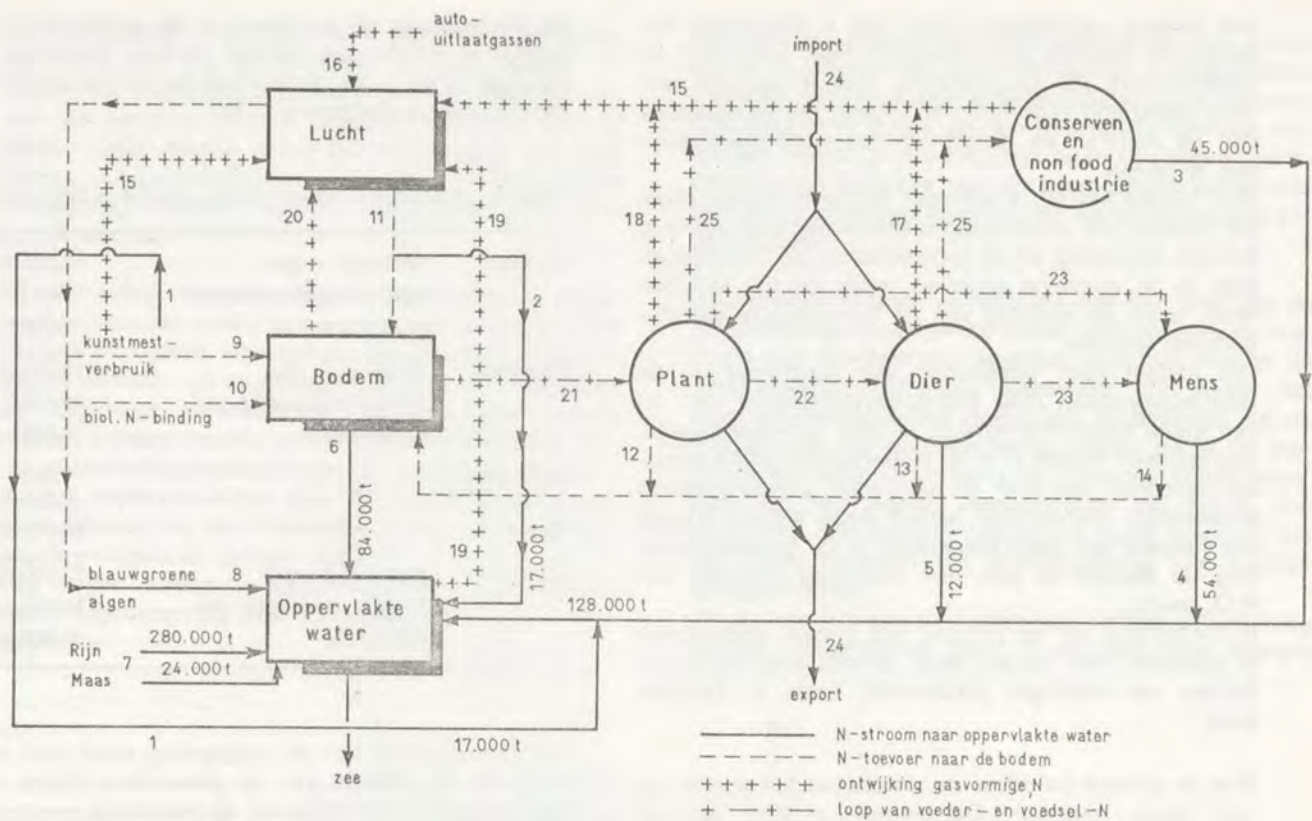


Fig. 2. De kringloop van de stikstof in Nederland

Legenda (tussen haakjes de bronvermelding voor zover geen algemeen bekende cijfers).

1. N geloosd met afvalwater bij de productie van ca. 900.000 ton kunstmest N/jaar (interne cijfers). 17.000 t
2. N die rechtstreeks met de regen in het oppervlaktewater terecht komt. 17.000 t
3. N-bijdrage aan het oppervlaktewater door de industrie excl. kunstmestfabrieken (gegevens Rijks Agrarische Afvalwater Dienst, Arnhem) 45.000 t
4. Huishoudelijk afval via rioolstelsel (Rijks Agrarische Afvalwater Dienst; zie ook [13]), 54.000 t
5. Faeces en urine van de 'Bio-Industrie' (Rijks Agrarische Afvalwater Dienst; zie ook [14]). 12.000 t
6. Uitspoeling N uit de bodem, onderverdeeld in
 - 55.000 ton/j uit afbraak organische stof
 - 22.000 ton/j uit stalmest en gier
 - 17.000 ton/j uit kunstmest (Kolenbrander, 1969 en persoonlijke mededeling)
7. Aanvoer N met de grote rivieren (Ontwerprapport Werkgroep Sanering Maas, hoofdstuk 4). 304.000 t
8. Binding N door in het water levende blauwgroene algen (onbekende hoeveelheid)
9. Verbruik kunstmest N in Nederland (Landbouwkundig Economisch Instituut en CBS; Landbouwcijfers 1970). 380.000 t
10. Binding N door vlinderbloemige gewassen (onbekende hoeveelheid)
11. In regenwater aanwezige N, 107.000 t
12. Groenbemesting en op de grond achterblijvende plantenresten (onbekende hoeveelheid)
13. Bemesting met stalmest en gier (berekend uit de hoeveelheden geproduceerde faeces en urine en het N-gehalte hiervan; landbouwcijfers 1970; Handboekje voor de landbouwvoorlichter en Handbuch der Tierernahrung 1969). 375.000 t
14. Compostvorming huishoudelijk afval (restpost van punt 4). 10.000 t
15. Ontwijking gasvormige N van industrie + elektriciteitsproductie (interne gegevens). 100.000 t
16. Uitlaatgassen van auto's en motoren, 100.000 t
 1. Motor Vehicles, air pollution and health. A report of the Surgeon General to the U.S. Congress in compliance with law 86-493 U.S. Dept. Health Educ. Welfare
 2. E. Robinson and C. Robbins, J. APCA 20 1970, 303-306.
 3. Statistisch zakboekje 1970.
17. Ontwijking N uit faeces en urine tijdens het bewaren (onbekende hoeveelheid)
18. Verbranding van plantaardig afval (onbekende hoeveelheid)
19. Denitrificatie N uit oppervlaktewater (onbekende hoeveelheid)
20. Denitrificatie N uit de grond (zie [13] en [15]). 60.000 t
21. Plantaardig materiaal aan de grond onttrokken. (Landbouwcijfers 1970 en enkele persoonlijke mededelingen van het Ministerie van Landbouw. De gehaltecijfers zijn voornamelijk afkomstig uit de CVB-tabel en de FAO-tabel). 600.000 t
22. N geconsumeerd door de landbouwhuisdieren. (Landbouwcijfers 1970). 540.000 t
23. N afkomstig uit plantaardig en dierlijk eiwit geconsumeerd door de mens. (Voorzieningsbalans FAO uit Production Yearbook 1968). 42.000 t dierlijk N en 230.000 t plantaardige N
24. Im- en export van plantaardige en dierlijke N exclusief levende dieren. (Landbouwcijfers 1970 en FAO-tabel).
 - Import 130.000 t N in plantaardige producten
 - 2.000 t N in dierlijke producten
 - Export 30.000 t N in plantaardige producten
 - 23.000 t N in dierlijke producten
25. Plantaardig en dierlijk materiaal dat wordt gebruikt in de conserven en non-food industrie (hoeveelheid niet bekend).

wag worden gemaakt van de mogelijkheid een waardevol produkt te winnen.

Zo werd een proces ontwikkeld voor de produktie van voedergist uit het mengsel van organische zuren dat ontstaat bij de oxydatie van cyclohexaan. Een beschrijving van dit proces werd onlangs gegeven in het Chemisch Weekblad [9].

De vraag of dit proces, dat vergeleken met andere bereidingswijzen van voedergist concurrerend kan zijn, zal worden gerealiseerd, wordt mede bepaald door de vraag hoeveel organische afvalstof nog beschikbaar is en tegen welke prijs.

De perspectieven voor de omzetting van organische verontreinigingen in voedergist moeten zeker in beschouwing worden genomen wanneer het gaat om geconcentreerde afvalstromen van de agrarische industrie.

2. Luchtverontreiniging. Voorbeelden: zwavel- en stikstofoxyden

Het is uiteraard niet doenlijk dat van overheidswege de lucht wordt gezuiverd, zoals dat bij het water wel gebeurt. Bij luchtverontreiniging moeten de maatregelen in ieder geval bij de individuele bronnen worden getroffen.

Tot nu toe richt zich verreweg de grootste belangstelling, terecht of niet terecht, op de verontreiniging van de lucht met zwaveldioxyde.

In de inleiding werd er reeds op gewezen, dat in de wereld bijna evenveel zwavel nutteloos en in een hinderlijke vorm de lucht in gaat als er ten behoeve van nuttig industrieel gebruik aan de bodem wordt onttrokken [1].

Toch zal een terugdringen van het zwaveldioxyde b.v. in West-Europa slechts van de grond kunnen komen bij internationale afspraak en na voorafgaande beproeving van methoden op praktijkschaal. Ook hiervoor zouden pioniersubsidies zeer vruchtbaar kunnen werken. De ontzweveling van rookgassen vormt hier technisch het grootste probleem.

Volgens Duitse gegevens zou ten gevolge van rookgasontzweveling de elektriciteitsprijs met ca. 15% moeten worden verhoogd [10].

De oorzaak waardoor rookgasontwikkeling relatief duur is, is gelegen in het feit dat naast ca. 0,2 vol.-% SO_2 in de rookgassen tevens een hoog gehalte aan CO_2 en gewoonlijk ook waterdamp aanwezig is. Het selectief winnen van SO_2 uit dit gasmengsel is dan ook moeilijk. Dr. Hoog gaat in zijn bijdrage nader in op een door Shell hiervoor ontwikkeld procédé.

Bij het eindgas van zwavelzuurfabrieken ligt de situatie echter aanzienlijk gunstiger. Het is goed mogelijk SO_2 en SO_3 aan deze afgassen te onttrekken met een ammoniakoplossing en de ontstane zoutoplossingen in de zwaveloven of de pyrietrooster te verbranden tot SO_2 , water en stikstof [11]. Nog aantrekkelijker is het in bepaalde gevallen het ammoniumsulfiet als zodanig productief te maken, b.v. voor de bereiding van hydroxylamine, één der grondstoffen voor de caprolactamsynthese.

Tabel 6 geeft een kostprijsraming voor eindgasontzweveling van een zwavelzuurfabriek met een produktie van 450 ton per dag.

Weliswaar brengt een dergelijke ontzwevelingsvoorziening de grondstofkosten niet op, laat staan dat de investeringen zouden worden terugverdiend, maar toch moet een dergelijke installatie wel als een zeer effectieve

Tabel 6. Tweetraps eindgaswassing bij zwavelzuurproduktie van 450 ton per dag

	x f 10 ³
investering	1600
kosten per jaar	
ammoniakwater	92
ontklezeld water	10
elektrische energie	94
	196
opbrengst per jaar	
sulfaatloog	4
sulfietloog	112
	116

tieve maatregel (95% rendement) tegen milieubedert worden beschouwd.

De pogingen om de uitworp van stikstofoxyden bij bestaande salpeterzuurfabrieken onschadelijk te maken, zijn tot nu toe met veel minder succes bekrond.

Reductie van deze verbindingen, waarvan het dioxyde door zijn bruine kleur reeds visueel milieuvorstend is, kan in principe met behulp van aardgas over een edelmetalkatalysator plaatsvinden. De kosten zijn echter hoog en er bestaat grote onzekerheid omtrent de activiteit van de katalysator en de vraag of deze op den duur wel voldoende hoog blijft.

In een aantal gevallen althans draaide een poging langs deze weg op een volslagen mislukking uit. Voor nieuwe salpeterzuurfabrieken is het probleem gelukkig belangrijker minder ernstig, omdat bij de thans realiseerbare hoge absorptierendementen de primaire uitworp tot een kwart van die bij oude fabrieken kan worden beperkt.

3. Bodemverontreiniging. Methoden voor het opruimen van onbruikbare stoffen

Het gevaar van bodemverontreiniging is niet alleen gelegen in de mogelijk rechtstreekse aantasting van de bodemvruchtbaarheid, maar vooral in de kans op besmetting van het grondwater met gevaarlijke of hinderlijke stoffen. Vooral in Nederland, waar de toekomstige drinkwatervoorziening toch al zorgen baart, moet daarom bodemverontreiniging zeer kritisch worden bezien.

Het begraven van industriële afvalstoffen is daardoor in het algemeen niet mogelijk. Alleen zuiver inerte materialen kunnen op deze wijze veilig worden opgeborgen. Voor dit soort afvalstoffen is afvoer uit Nederland mogelijk tegen een prijs van f 90,— per ton, inclusief transport [12]. Storten in grindgaten is veel voordeliger, nl. ca. f 2,— per ton, maar de eisen t.a.v. de inertie van het materiaal zijn nog veel strikter.

In vele andere gevallen staat voor het opruimen van onbruikbare chemicaliën slechts verbranding in speciale ovens ter beschikking.

De Nederlandse industrie kan vloeibare oplosmiddelen op deze manier kwijt voor f 130,— tot f 140,— per ton inclusief transport.

Tabel 7. Vermindering van milieubelasting bij nieuwe installaties

Voorbeeld	Verbetering	Bestaande uit	Leidend tot
Acrylonitril	In verwerking afvalstromen	Scheiding anorganische en organische afval	— Verkoop anorganische producten. — Verbranding en biologische afbraak organische producten.
Hogedichtheid-polyetheen	In proces zelf	Veel kleinere katalysatorconcentratie	— Geen metaalionen in afvalwater. — Daling van CZV ¹⁾ in afvalwater met 94 %

¹⁾ CZV = Chemisch Zuurstof Verbruik

Een derde aangeboden mogelijkheid, „dumpen“ in zee, moet voor de meeste stoffen ontoelaatbaar worden geacht. Sommige zijn beperkt toelaatbaar, nl.:

- die ionen die toch al in grote concentratie in zee aanwezig zijn;
- H- en OH-ionen, die nauwelijks invloed op de pH van de zee hebben;
- afbreekbare organische stoffen.

Voor dergelijke lozingen („bulktransport“) moet op enige tientallen gulden per m³ worden gerekend.

C. Vermindering der milieubelasting bij nieuwe installaties

Het verminderen van de water- of luchtverontreiniging bij een reeds bestaande installatie is in het algemeen bepaald niet eenvoudig. Het procesregime, de opstelling der installatie en de infrastructuur laten in het algemeen drastische ingrepen niet meer toe.

Bij het ontwikkelen van nieuwe chemische processen of het ontwerpen van nieuwe fabrieken bestaat er echter de gelegenheid de installatie als het ware min of meer om de milieuproblematiek heen te bouwen. Aan de hand van een tweetal recente voorbeelden, te weten de bereiding van acrylonitril en van hogedichtpolyetheen zal dit nader worden toegelicht.

Tabel 7 vat een en ander samen. Het principiële verschil is, dat in het eerste geval ingegrepen wordt in de afvalstroom en in het tweede geval in het proces zelf.

1. Acrylonitril

Bij het proces van Sohio wordt acrylonitril in één stap bereid uit propeen, ammoniak en lucht met behulp van een katalysator in gefluidiseerde toestand. Bij het proces ontstaan bijprodukten: blauwzuur, acetonitril, andere nitrillen en teerachtige produkten.

Een sterk vereenvoudigd schema is weergegeven in fig. 3.

De uit de reactor komende gasstroom wordt met zwavelzuur gewassen om de overmaat ammoniak weg te nemen. Dit resulteert in ammoniumsulfaat dat voor 99 % in afvalstroom B terecht komt. Het restgas, hoofdzakelijk stikstof, wordt rechtstreeks in de atmosfeer geloosd. Alle andere afvalstromen worden in de standaarduitvoering van Sohio verbrand in een grote oven met behulp van met aardgas gestookte steunbranders. Dit laatste werd door DSM onaanvaardbaar geacht, in het bijzonder omdat hierbij het ammoniumsulfaat wordt omgezet in SO₂ met waarschijnlijk enig SO₂. De hoeveelheid SO₂ zou 1 ton per uur zijn, geloosd op lage hoogte (30 meter). Bovendien zouden hierbij resten van de katalysator in de lucht komen. De oplossing die voor het probleem werd gevonden, is de volgende:

Acetonitril en destillatieresidu, beide organische vloeistoffen, worden verbrand; blauwzuur wordt op andere produkten verder verwerkt. De verdunde stroom A die alleen ca. 10 g/l CZV en weinig ammoniumsulfaat bevat, en die veel aardgas zou eisen voor verdamping van het water, gaat nu naar de biologische zuiveringsinrichting en wordt daar goed afgebroken. De gemengd anorganisch-organische stroom B, wordt door

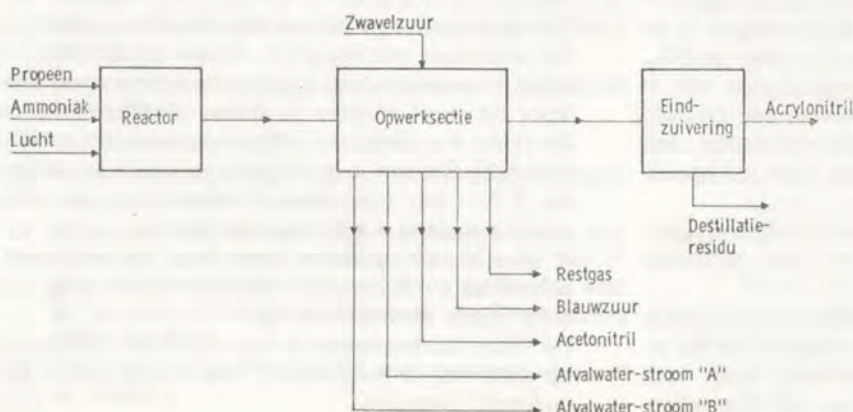


Fig. 3. Schematische voorstelling van de bereiding van acrylonitril volgens het Sohio-proces.

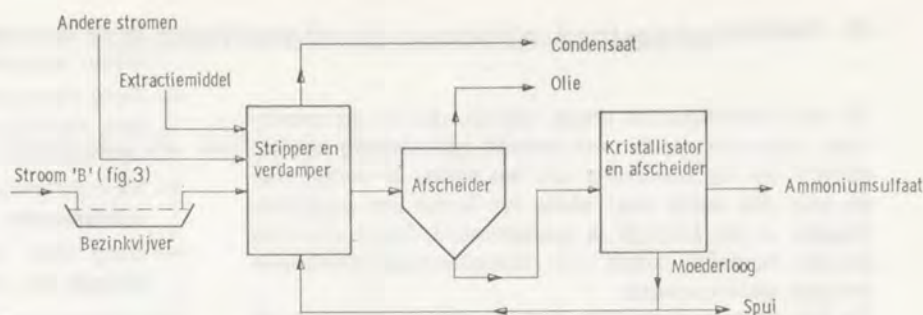


Fig. 4. Schema verwerking van $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -houdende afvalstromen m.b.v. extractie en kristallisatie

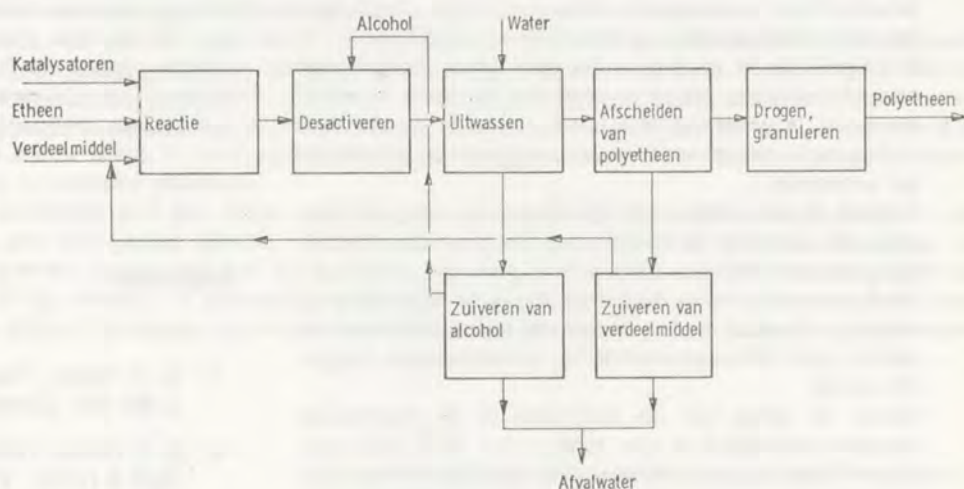


Fig. 5. Bereiding van hogedichtheidpolyetheen volgens normale Ziegler-processen

een combinatie van extractie en kristallisatie met een organisch extractiemiddel gesplitst in (fig. 4):

- ammoniumsulfaat, dat wordt verkocht;
- een olie, die wordt verbrand;
- kleine hoeveelheden condensaat en moederloogspui, die naar de biologische zuivering gaan.

In deze verwerkingsinstallatie is een bezinkvijver opgenomen, waarin bij een verblijftijd van een maand de katalysatorresten bezinken.

Nu de installatie er toch is, worden daarin ook een tweetal stromen uit de caprolactamsector op ammoniumsulfaat verwerkt.

De kosten zijn gegeven in tabel 8. De opbrengst van het ammoniumsulfaat belooft ca. 30 % hiervan, zodat een verliespost van de orde van 2 miljoen gulden per jaar resulteert. Deze is ongeveer even groot als de kosten van het aardgas, dat bij de oorspronkelijke methode van Sohio nodig was geweest om al het water te verdampen.

Het resultaat is evenwel, dat er nu geen SO_2 meer in de lucht komt, dat de doorslippende hoeveelheid katalysator verwaarloosbaar klein is geworden en dat de stikstof als kunstmest beschikbaar komt.

2. Hogedichtheidpolyetheen

Hogedichtheidpolyetheen wordt o.a. bereid volgens een proces dat oorspronkelijk ontwikkeld werd door prof. Ziegler en waarbij aluminiumalkylen en titaanchloriden als katalysatoren worden gebruikt. In latere jaren zijn door anderen vele varianten van deze katalysatoren ontwikkeld. Een sterk vereenvoudigd schema van deze inmiddels als min of meer conventioneel te beschouwen werkwijze is weergegeven in fig. 5. Doordat de katalysator niet alleen gedesactiveerd, maar ook uitgewassen moet worden, ontstaat een af-

Tabel 8. Jaarkosten ammoniumsulfaatverwerkingsinstallatie bij acrylonitrilfabriek $\times f 1000,-$

rente en afschrijving	840
bediening en onderhoud	380
laboratorium	100
extractiemiddel	340
stoom, stroom, koelwater	1030
biologische oxydatie	160
verbranding	50
overige kosten	300
	<hr/>
	3200

valwater, dat metaalionen en oxydeerbare stoffen (CZV) bevat en naar de biologische oxydatie wordt gevoerd.

Door DSM werd deze polyetheenbereiding onlangs opnieuw intensief in studie genomen. Hierbij werd ondermeer een nieuwe en zeer actieve katalysator gevonden, die in veel kleinere concentraties kan worden toegepast dan bij het normale Ziegler-proces. Het uitwassen van katalysator uit het produkt kan daardoor dan ook geheel vervallen. Daardoor komen er ook praktisch geen metaalionen in het water terecht. Verder komt er alleen bij de zuivering van het verdeelmiddel nog een kleine hoeveelheid biologisch afbreekbare afvalstoffen vrij. Deze hoeveelheid bedraagt ten hoogste 1,5 kg CZV per ton polyetheen, hetgeen niet meer is dan 6 % van die bij het oorspronkelijke proces. Ook bij dit proces kon dus een zeer belangrijke verbetering vergeleken met de oorspronkelijke conceptie worden gerealiseerd.

III. Besluit

Uit het voorafgaande moge blijken, dat in de chemische industrie reeds veel kennis en ervaring op het gebied van de bewaking van het milieu is verzameld, en ook, dat reeds veel, soms ten koste van hoge bedragen, in de praktijk is gerealiseerd. Vaak was het succes duidelijk, soms ook moesten teleurstellingen worden geïncasseerd.

De blik naar de toekomst richtend rijst nu de vraag of de chemische industrie in staat zal zijn het niveau van de door haar veroorzaakte milieuverontreiniging te beheersen of liefst zelfs significant te verminderen.

Er heerst op dit punt bij velen een groot pessimisme en wel vooral op grond van het feit dat deze bedrijfstak krachtig groeit en men veronderstelt, dat de vervuiling wel min of meer evenredig met de produktie zal toenemen.

Toch is er wel reden voor optimisme en wel juist vanwege de groei van deze industrie. De groei gaat namelijk gepaard met een relatief hoog tempo van technisch-economische veroudering van installaties en processen, waardoor het invoeren van belangrijke economische, ook milieu-economische, verbeteringen mogelijk wordt.

Indien de groei van de produktie in de chemische industrie voortgaat in een tempo van 10% per jaar, dan wil dat zeggen, dat over tien jaar de omvang der produktie meer dan 2,5 maal zo groot is als op het ogenblik. Van deze produktie zal dan zeker meer dan 60% uit nog te bouwen geheel nieuwe installaties voortkomen. Indien van de nu nog bestaande oude fabrieken de verontreiniging tot de helft wordt vermindert en de nieuwe installaties ten aanzien van de verontreiniging met een factor 3 worden verbeterd ten opzichte van de huidige fabrieken, neemt de milieu-belasting niet toe.

Gezien de ervaringen van de afgelopen jaren lijkt dit zeker haalbaar.

De gewenste verbeteringen komen natuurlijk niet van zelf tot stand: er zal steeds bewust en intensief moeten worden gezocht naar vermindering der milieu-belasting. Chemische research en economische evaluatie kunnen hierin een zeer belangrijke rol spelen. Bij bestaande fabrieken moet men trachten procesverbeteringen zoveel mogelijk in te passen in de veelal beperkte mogelijkheden die daarvoor beschikbaar zijn. Daarnaast is ook veel te bereiken door een goede discipline en instructie van het bedieningspersoneel. Afvallen, die opgeveegd of opgezogen kunnen worden, moeten niet gemakshalve in het riool gespoten worden.

Bij nieuwe fabrieken, die nog in het ontwikkelings- of ontwerpstadium verkeren, kan men de volgende desiderata formuleren:

- Streef naar hoge rendementen en selectiviteiten.
- Besteed veel aandacht aan de afvalstoffen (zijn ze toxisch, zijn ze afbreekbaar of te verbranden, komen bij verbranding toxische of corrosieve dampen vrij).
- Werk zo mogelijk in een watervrij milieu.
- Tracht zoveel mogelijk processtromen te recirculeren.
- Zorg voor zo geconcentreerd mogelijke afvalstromen.

- Bouw een fabriek met goede, betrouwbare apparatuur en appendages.
- Zorg voor gescheiden rioolstelsels; vaak minstens drie, namelijk voor te zuiveren procesafvalwater, te recirculeren proceswater en voor regenwater e.d.
- Vermijd mengcondensators met het oog op onnodige contaminatie.
- Zorg voor voldoende bufferruimten voor het opvangen van storingen.

Terugkerend op ons uitgangsthema kan dan ook tot slot worden gesteld, dat er al vrij wat gedaan is, dat er nog veel meer te doen is, hetgeen ook veel zal kosten, en dat om zulks te bereiken intensieve samenwerking tussen industrieën onderling en tussen overheid en industrieën niet kan worden ontbeerd en soms zal moeten worden gestimuleerd.

Literatuur

1. A. J. Teller, The social adequacy of technology, *J. Air Pol. Control Ass.* **19** (1969), 11, 839.
2. K. J. Keller, Lozing van koelwater in de toekomst *H₂O* **3** (1970), 21, 533.
3. R. T. Mathews, Economic applications of air cooling to process industries, *Brit. Chem. Eng.* **13** (1968), 10, 1425.
4. J. C. Plas, Enige beleidstechnische aspecten van de sanerings- en zuiveringsmaatregelen t.a.v. industrieel afvalwater *H₂O* **4** (1971), 2, 26.
5. D. Adema, The largest oxidation ditch in the world for the treatment of industrial wastes. *Proc. 22nd Industrial Waste Conference, Eng. Bull., Purdue University* **52** (1968), 3, 717.
6. H. L. Golterman „H₂O”, **3** (1970) 209-215.
7. G. J. Kolenbrander *Neth. Journ. Agr. Science* **17** (1969) 246-255.
8. H. M. J. Scheltinga „H₂O”, **3** (1970) 569-575.
9. J. W. Woldendorp, *Chem. Weekblad* 8.1.1971, blz. 13.
10. EGKS, *Reinhaltung der Luft*.
11. *Chemiebau Zieren*, NOA 6504962 en 6507567.
12. Oplossing voor probleem van chemische afvalstoffen. *De Nederlandse Onderneming*, **3** (1970), 38, 1015.
13. R. A. Vollenweider, Fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication, *OECD Report*, 1968.
14. L. C. N. de la Lande Cremer, Mestoverschotten, een potentiële bron voor milieuverontreiniging, *Kalium*, **80**, 1970, 361-370.
15. J. W. Woldendorp, The influence of living plants on de-nitrification, *Thesis*, Wageningen, 1963.

Wat is er tegen te doen en wat kost het in de aardolie-industrie?

door

dr. ir. H. Hoog, Manufacturing Co-ordinator Oil, Shell Intern. Petrol. Mij., N.V.

Summary

What can be done, and at what cost, in the petroleum industry?

When choosing a site for a new plant, the environmental implications of each choice must be taken into account as early as possible, and with the same weight as soil conditions, water and power supply, availability of labour, supply of raw materials and the logistics of products. When choosing the processes, environmental control must be one of the factors in the feasibility study. The capital investments in environmental control are usually 4-8% of the overall investments in a new plant. In existing petroleum plants, good process control and periodic maintenance can be very efficient in avoiding pollution.

Methods to decrease SO₂ emission, and the costs incurred, are dealt with. Comparison is made between the situations in Europe, Japan and the United States. Pollution by automobile exhaust is treated. A number of measures can be taken to prevent water pollution by oil refineries. The load on top system has decreased oil spillage in the ocean with 99% already. A promising method to fight oil pollution after shipwreck has been developed. Refinery noise is difficult to reduce, but much research is done to silence pumps, blowers and furnaces.

I. Inleiding

Na hetgeen in de vorige preadviezen is gesteld, is het zonder meer duidelijk dat er aan het probleem van de milieuverontreiniging veel gedaan zal moeten worden, maar het zal eveneens duidelijk zijn dat een afdoende oplossing niet kan worden gevonden door alle vormen van verontreiniging uit te sluiten en weer terug te gaan naar de natuur. Deze oplossing zou niet redelijk, noch technisch uitvoerbaar of sociaal aanvaardbaar zijn. En hiermee zijn wij aan het onderwerp gekomen: welke bijdrage kan de technologie leveren tot de bevordering van de milieuzorg? Schrijver zal zich hierbij bepalen tot de olie-industrie. Natuurlijk bestaan er honderden voorbeelden uit andere bedrijven maar daar hij in de olie-industrie werkzaam is ligt het nogal voor de hand dat deze zijn beste inlichtingsbron vormt.

Globaal genomen kan milieuvervuiling het best worden aangepakt door het ontstaan van verontreinigingen tegen te gaan, want ook hier geldt de regel: voorkomen is beter dan genezen. Deze aanpak kan in de meeste gevallen echter slechts in nieuw te bouwen bedrijven worden toegepast en dan nog alleen voor zover de beschikbare „know-how” en de economie dit toelaten.

II. Algemene maatregelen voor fabrieken

A. Nieuwe fabrieken

Bij de voorbereiding en bouw van een nieuwe fabriek kunnen de volgende maatregelen worden genomen om de problemen ten aanzien van de milieuzorg tot een

minimum beperkt te houden als de fabriek eenmaal in bedrijf is.

1. Overwegingen bij het bepalen van de plaats voor een fabriek

Als er moet worden besloten waar een nieuwe fabriek zal worden gebouwd, dient in een zo vroeg mogelijk stadium bij de keuze van het terrein met het milieubeheer rekening te worden gehouden. Hiermede verband houdende eisen en kosten dienen voor elke in aanmerking komende locatie te worden bepaald op dezelfde wijze als dit gedaan wordt voor de bodemgesteldheid, de water- en elektriciteitsvoorziening, het aanbod van werkkrachten, de aanvoer van grondstoffen en de produktenlogistiek.

De definitieve keuze wordt gedaan door de balans op te maken tussen de voor- en nadelen van de onderzochte terreinen. Op deze wijze worden de totale kosten zo laag mogelijk gehouden.

2. Onderzoekingen vóór de inbedrijfstelling

Als eenmaal een terrein is gekozen is het verstandig reeds vóór de bouw van de fabriek een onderzoek te verrichten om een basisniveau voor het geluid en voor de kwaliteit van lucht en water vast te stellen. Dit geschiedt allereerst om gegevens te verzamelen, zodat het later mogelijk zal zijn de invloed van de fabriek op het omliggende milieu te bepalen, terwijl het onderzoek ook van invloed kan zijn op de indeling van de fabriek en de plaats van installaties. De kosten van een dergelijk onderzoek (laten wij schatten, van de orde van f 50.000) zijn te verwaarlozen in verhouding tot de voordelen die het oplevert.

3. Keuze van de processen

Bij het kiezen van de processen dient milieubeheer één der factoren te zijn waarmee in de optimalisatiestudie rekening wordt gehouden.

In vele gevallen ligt de keuze voor de hand, n.l. daar

waar een bepaald proces aan alle factoren tegemoet komt. Om een voorbeeld te noemen: een behandeling van smeerolie met waterstof is economischer dan een zuur- en kleibehandeling van smeeroliën, levert een gelijkwaardig produkt en leidt niet tot problemen met betrekking tot het lozen van afvalstoffen.

Andere processen, zoals de behandeling van afvalwater, zwavelverwijdering, enz., dienen speciaal te worden toegepast om aan de eisen van milieubescherming te voldoen.

4. Milieubewust ontwerpen en bouwen van installaties en fabrieken

Bij het in detail ontwerpen van de proces- en hulpinstallaties kan al veel worden gedaan om verontreiniging door het bedrijf te beperken.

De invloed van olieraffinaderijen op de omgeving is sterk verminderd door het selectieve gebruik van brandstoffen met een laag zwavelgehalte, de bouw van hoge schoorstenen, het gebruik van tanks met drijvende daken voor vluchtige produkten en ruwe olie, het gebruik van mechanische of drukafsluitingen bij pompen en compressoren, de aanleg van gesloten drainagesystemen en afgedekte olievangers, de scheiding van proceswater- en regenwaterrioleringsystemen, verbrandingsinrichtingen voor afvalprodukten, verwijdering van kwalijk riekende gassen uit afvalwater, adsorptie- en absorptieprocessen, de toepassing van luchtkoeling, recirculatie van koelwater, filters voor stofafschrijving, cyclonen en vele andere maatregelen. De kapitaalkosten van dergelijke maatregelen zijn hoog, en in de olie-industrie bedragen zij gewoonlijk 4-8% van de totale investeringen.

B. Maatregelen voor bestaande fabrieken

Ook in bestaande fabrieken moeten de zojuist genoemde maatregelen zoveel mogelijk worden genomen. Helaas zijn sommige, zoals het aanbrengen van een volledige scheiding van de proceswater- en de regenwater-rioleringsystemen, te duur en dan moet dus naar andere oplossingen worden gezocht.

Zeer doeltreffende hulpmiddelen bij de bestrijding van verontreiniging zijn een goede bedrijfsvoering en een regelmatig onderhoud.

Maar het belangrijkste is natuurlijk de mentaliteit van het personeel dat zich ervan bewust moet zijn dat het leefmilieu moet worden beschermd.

III. Luchtverontreiniging met SO₂

A. Algemeen

Een van de punten die op dit moment veel aandacht krijgen is het zwaveldioxydegehalte van de lucht. Zwaveldioxyde ontstaat bij de verbranding van zwavelhoudende olie, hetgeen uiteraard in de raffinaderij zelf, maar op nog véél grotere schaal bij de verbruiker van stookolie geschiedt.

Om dit punt even in perspectief te zien: een grote westeuropese raffinaderij van zeg 10 miljoen ton per

jaar aan doorzet, verstookt zelf in de orde van 750.000 ton/jaar brandstof (en lang niet alles in de vorm van stookolie, daar ook laag zwavelhoudend raffinagegas wordt gebruikt); zij produceert echter een 4 miljoen ton/jaar aan residuale stookolie om in de behoefte van de verbruiker (elektriciteitscentrales en industrieën; dat zijn in dr. ir. Beek's terminologie niet-distributieve bronnen) te voorzien. Het zwaartepunt van het zwavelprobleem ligt dus wat totale emissie van zwaveldioxyde betreft duidelijk bij de verbruiker van stookolie. De aandacht valt aanvankelijk op de raffinaderij, omdat deze een meer gelocaliseerde emissie veroorzaakt.

Er bestaan in principe drie ontzwavelingsmethoden om het zwaveldioxyde-emissieprobleem te lijf te gaan: de eerste is specifiek gericht op de „verbruikeremissie“, maar dient in de raffinaderij te worden uitgevoerd; de tweede zou naar de mening van schrijver voor individuele grootverbruikers, zoals raffinaderij en elektriciteitscentrales, van interesse kunnen zijn, en dit kan ook voor de derde methode gelden.

Deze methoden zijn:

- ontzwaveling van stookolie;
- omzetting van stookolie in gas door partiële verbranding, ontzwaveling van het gas, en daarna volledige verbranding;
- verwijdering van SO₂ uit schoorsteengassen.

1. Ontzwaveling van stookolie

Wat de eerste methode betreft zijn er verschillende mogelijkheden.

a. Bij het zogenaamd „indirect ontzwavelen“ wordt de olie gesplitst in een residu en een zwaar distillaat, waarna het laatste in een katalytisch proces wordt ontzwaveld met behulp van waterstof onder druk; het produkt hiervan wordt gemengd met een deel van het residu tot een stookolie met het vereiste lage zwavelgehalte. Het bij de reactie gevormde H₂S wordt op een reeds lang bekende wijze of in zwavelzuur of tot elementaire vaste zwavel omgezet.

Deze werkwijze wordt momenteel op vele plaatsen toegepast en is technologisch volkomen betrouwbaar.

b. Een tweede mogelijkheid is het zogenaamde „direct ontzwavelen“ van de gehele zware oliefractie, inclusief het residu, eveneens met behulp van waterstof. Met behulp van dit proces kan een groter deel van de zwavel worden verwijderd dan met het indirecte proces. Bij het „directe“ proces treedt echter nog een aantal problemen op bij de technische uitvoering, zoals katalysatorvervuiling en snelle achteruitgang van de katalysatoractiviteit. De ontwikkeling van het proces is derhalve nog in volle gang.

De eerste commerciële installaties zijn kortgeleden in bedrijf genomen en er mag worden verwacht dat dit proces, na de noodzakelijke verdere ontwikkeling, in de toekomst op ruime schaal zal worden toegepast.

2. Ontzwaveling na partiële verbranding

De tweede methode van zwavelverwijdering wordt gevormd door een drietrapsproces, waarbij eerst de

stookolie gedeeltelijk wordt verbrand met ondermaat zuurstof. Vervolgens wordt het gekoelde reactiegas ontzwaveld en ten slotte wordt het gezuiverde gas volledig verbrand. Dit proces wordt nog niet commercieel toegepast en komt waarschijnlijk alleen in aanmerking voor elektriciteitscentrales.

3. Ontzwaveling van verbrandingsgassen

De derde methode berust op de verwijdering van zwaveldioxyde uit de verbrandingsgassen van fabrieksovens en -ketels.

De processen hiervoor zijn te verdelen in twee groepen. Bij de eerste groep wordt het verbrandingsgas gekoeld en gewassen ter verwijdering van het zwaveldioxyde, waarna weer warmte dient te worden toegevoerd om het gas voldoende stijgvormogen in de schoorsteen te geven. Bij de processen van de tweede groep wordt het zwaveldioxyde verwijderd bij de normale temperatuur van het rookgas of een hogere (200-400 °C). Het rookgas wordt daartoe door een reactiekamer geleid waarin het zwaveldioxyde wordt opgenomen door een acceptor, d.i. een actief materiaal dat op een vaste draagstof is aangebracht.

Wanneer de acceptor is verzadigd, wordt het actieve materiaal geregenereerd, waarbij de zwavel vrijkomt als zwavelwaterstof of zwaveldioxyde. Shell heeft een proces ontwikkeld [1] met een vast bed met koperoxyde als actief materiaal dat met het zwaveldioxyde reageert tot kopersulfaat. Bij de regeneratie van de beladen acceptor ontstaat zwaveldioxyde. Wij verwachten dat de eerste commerciële installatie in de nabije toekomst kan worden gebouwd.

Ook hier wordt het SO₂ (na reductie) het eenvoudigst tot elementaire zwavel verwerkt in een Claus-installatie.

Hier past een enkel woord over de additionele kosten die de raffinaderij met betrekking tot dit Claus-proces begint te maken.

Indien om de een of andere reden een Claus-installatie tijdelijk buiten bedrijf raakt, moet zwavel via de fakkel worden geloosd. Aangezien dit bij grote Claus-installaties een onaantvaardbare oplossing is, is er een ontwikkeling gaande om in raffinaderijen met grote zwavelproductie twee Claus-installaties parallel te bouwen, waarvan elk de helft van de benodigde capaciteit heeft. Moet één van deze installaties uit bedrijf, dan kan de operatie van de raffinaderij worden voortgezet zonder extra belasting van de omgeving indien de raffinaderij ook tijdelijk op olie met een lager zwavelgehalte overgaat. De extra kapitaalsinvestering bedraagt bijvoorbeeld bij installatie in Nederland van twee eenheden van elk 75 ton/dag capaciteit in plaats van één installatie van 150 t/d ongeveer f 1,5 x 10⁶. De kosten van al deze ontzwavelingsmethoden hangen van vele factoren af, onder meer van het zwavelgehalte van de olie, de samenstelling van de olie, de mate waarin de zwavel moet worden verwijderd en de verlangde capaciteit van de ontzwavelingsinstallatie. Om een orde van grootte te bepalen kan worden gesteld dat de verwijdering van één ton zwavel uit zware stookolie ruw geschat f 500 tot f 1500 kost. Een meer gedetailleerd kostenvoorbeeld van de ontzwaveling van stookolie uit ruwe olie afkomstig uit het Midden-Oosten wordt gegeven in tabel 1 [2].

Als men hierbij overweegt dat de opbrengst van een ton stookolie momenteel ca. f 80 (Rotterdam) bedraagt, dan is gemakkelijk te zien dat de kosten relatief aanzienlijk zijn. Uit het betrekkelijk grote aandeel van de kapitaalskosten in de totale ontzwavelingskosten blijkt voorts dat met name het directe ontzwavelingsproces nog uiterst kapitaalintensief is — hetgeen een sportieve uitdaging betekent voor de technologen en werktuigbouwkundigen.

Ook zal het duidelijk zijn dat het bouwen en bedrijven van een stookolie-ontzwavelingsinstallatie alleen dan

Tabel 1. Ontzwaveling van uit het Midden-Oosten afkomstige residuale olie (Installatie met een capaciteit van 7.625 ton per dag in N.W. Europa).

Uitgangsmateriaal	Kuwait atmosferisch residu				Iraans zwaar atmosferisch residu			
	Indirect		Direct		Indirect		Direct	
	A	B	C	D	A	B	C	D
Zwavel in uitgangsmateriaal, gew. %	3,8				2,5			
Zwavel in eindproduct, gew. %	2,7	2,4	0,8	1,0	1,7	1,5	0,8	1,0
Kosten per ton voeding (atmosferisch residu):								
Afschrijving en rentederving, f	3,55	5,75	9,75	9,80	3,50	5,75	10,95	9,60
Totale directe bedrijfskosten, f	4,05	5,10	9,50	7,80	3,85	5,05	10,80	8,25
Totaal, f	7,60	10,85	19,25	17,60	7,35	10,80	21,75	17,85
Kosten per ton verwijderde zwavel, f	717	800	652	641	927	1104	1325	1202

A: Normaal "flashing" (verdampen door ontspanning) en ontzwaveling van het gevormde distillaat.

B: Diep "flashing" (d.i. "flashing" bij een vacuum dat dieper is dan gewoonlijk wordt toegepast) en ontzwaveling van het zo verkregen distillaat.

C: Als A maar bovendien wordt het vacuumresidu behandeld in een residu ontzwavelingsinstallatie.

D: Directe ontzwaveling van het gehele atmosferische residu.

economisch aanvaardbaar is als zich een prijsverschil tussen laag- en hoogzwavelige stookolie instelt.

B. SO₂ in Japan

In Japan zijn 70 % van de bevolking en de industrie geconcentreerd in enkele door bergen ingesloten kustvlakten. De primaire energiebron wordt voor méér dan 70 % gevormd door aardolieprodukten die voor het merendeel worden verkregen uit ruwe oliën met een hoog zwavelgehalte. De verwerking van deze ruwe oliën en vervolgens het gebruik van de verkregen stookolie met een hoog zwavelgehalte in een gebied met dergelijke ongunstige meteorologische en topografische omstandigheden hebben tot een ernstige luchtverontreiniging geleid.

Een groot deel van de Japanse zware industrie is overgegaan tot het gebruik van hoge schoorstenen die het zwaveldioxyde beter verspreiden en het risico verminderen dat de afgevoerde gassen worden tegengehouden door een inversielaag. Een hoge schoorsteen kan ook de trek van de oven verbeteren, zodat minder verbrandingsgassen op begane grond niveau ontsnappen.

De aanvoer van vloeibaar, zwavelvrij aardgas per tanker uit Alaska en in de toekomst uit Borneo naar de elektriciteitsmaatschappijen in Japan vormt een verdere maatregel om dit probleem te helpen verlichten.

Voorts heeft een groot aantal raffinaderijen in Japan installaties voor indirecte ontzwaveling van residuen en een kleiner aantal „directe” ontzwavelingsinstallaties in gebruik genomen ter verkrijging van stookoliën met een lager zwavelgehalte.

C. SO₂ in de Verenigde Staten

Een tweede gebied waar de luchtverontreiniging door zwaveldioxyde aanleiding geeft tot bezorgdheid is de oostkust van de Verenigde Staten.

Dit gebied wordt van oudsher bevoorrad met stookolie van raffinaderijen in het Caraïbische gebied die ruwe oliën uit Venezuela verwerken.

Het natuurlijke zwavelgehalte van deze stookoliën kan soms wel 2,8 gew. % bedragen.

In een krachtig streven naar een drastische vermindering van de vorming van zwaveldioxyde hebben de verschillende Amerikaanse overheidsinstanties het toelaatbare zwavelgehalte van stookoliën steeds meer aan banden gelegd.

Als gevolg hiervan zal een groot deel (waarschijnlijk meer dan een derde) van de totale import (die thans 550 miljoen ton per jaar bedraagt) naar verwachting niet meer dan 1 % zwavel mogen bevatten, en in de toekomst waarschijnlijk nog minder.

De raffinaderijen in het Caraïbische gebied hebben een zeer ambitieus investeringsprogramma (ruim \$ 200 miljoen) uitgevoerd voor de bouw van ontzwavelingsinstallaties.

Het is wellicht interessant hierbij te vermelden dat op de markt aan de oostkust van de Verenigde Staten stookolie met 1 % zwavel momenteel zeker 50 dollarcent per barrel, d.i. f 11,50 per ton, meer oplevert dan

die met b.v. 2,8 % zwavel; de premie is nog verder stijgende en heeft in sommige gevallen 70 dollarcenten per barrel bereikt.

D. SO₂ in Europa

In Europa zijn bovengenoemde problemen pas over enkele jaren te verwachten, dank zij de aanwezigheid van aardgas (dat in 1975 naar verwachting een aandeel van 10 % in de totale energievoorziening zal hebben) en dank zij de import van Afrikaanse ruwe oliën met een laag zwavelgehalte (die in het begin van de jaren zeventig waarschijnlijk tegen de 40 % van de totale olieaanvoer zullen uitmaken).

Tegelijkertijd wordt bij bepaalde bedrijven, zoals grote raffinaderijen en elektriciteitscentrales, door hoge schoorstenen de zwaveldioxydeconcentratie op de begane grond verlaagd [3]. Later zal ook in Europa de ontzwaveling van stookolie een rol gaan spelen.

Volgens een schatting zou er een investering van minstens een miljard dollar nodig zijn om het zwavelgehalte van alle in Europa verbruikte stookolie omstreeks 1975 van 2 % tot 1 % te verlagen. Wat de totale bedrijfskosten (inclusief kapitaalskosten) betreft, zou dit een jaarlijkse uitgave van ongeveer 500 miljoen dollar betekenen.

IV. Luchtverontreiniging door uitlaatgassen

Nog evidenter dan in het geval van de zwaveldioxyde-emissie, is het bij de uitstoting van automobieluitlaatgassen de gebruiker (een distributieve bron) van het raffinaderijprodukt die de milieuverontreiniging op zijn geweten heeft; dit onderwerp staat thans in het brandpunt van de belangstelling. Tabel 2 geeft een overzicht van de hoeveelheid verontreinigingen die de gemiddelde auto in de Verenigde Staten, gesteld dat deze 10.000 mijl rijdt in ongeveer één jaar, zou veroorzaken zonder speciale voorzieningen, en de verlaging van deze hoeveelheid verontreinigingen door de huidige en voorgestelde normen.

Zoals men in tabel 2 kan zien, is het gehalte van de in de uitlaatgassen toegestane verontreinigingen volgens de huidige normen reeds aanzienlijk lager dan het zonder speciale voorzieningen zou zijn, terwijl de voorgestelde normen een nog drastischer verlaging voorschrijven.

De Amerikaanse autoindustrie is van mening dat het nodig zal zijn loodbevattende toevoegsels uit benzine te weren, ten einde aan deze rigoureuze normen te kunnen voldoen.

De bezorgdheid in de Verenigde Staten over loodhoudende benzines wordt niet in de eerste plaats veroorzaakt door het verontreinigende effect van lood zelf, maar omdat lood het rendement en de levensduur verlaagt van de apparaten die de autofabrikanten voornemens zijn in hun auto's te monteren (b.v. katalytische naverbranders) om aan de toekomstige anti-verontreinigingswetten te kunnen voldoen.

Tabel 2. Hoeveelheden verontreinigingen veroorzaakt door de gemiddelde auto, in kilogrammen per 10.000 mijl, in de Verenigde Staten.

	Zonder voorzieningen	Federale normen voor 1970	Voorgestelde federale normen voor 1975	Voorgestelde federale normen voor 1980 ¹⁾
Koolmonoxyde	700	230	110	47
Stikstofoxyden	60	60	9	4
Koolwaterstoffen				
uitlaat	95	22	5	2,5
carter afgassen	40	nihil	nihil	nihil
verdamping	25	15	5	5
Totaal	920	327	129	59
Vaste deeltjes			1	0,3

¹⁾ Door Senator Muskie is voorgesteld deze normen reeds vanaf 1975/76 te laten gelden.

Achterwege laten van de toevoeging van lood aan super-kwaliteit benzine zou voor vele producenten het octaangetal doen vallen van ongeveer 99 tot 91. Zou men de huidige benzine-kwaliteit willen handhaven zonder gebruik te maken van loodverbindingen, dan zou dit op de raffinaderijen een enorme investering vereisen voor installaties voor de produktie van benzinecomponenten met een hoog octaangetal. Voor de Verenigde Staten worden deze investeringen geraamd op 5 tot 6 miljard dollar. De jaarlijkse bedrijfskosten zouden hierdoor aanzienlijk stijgen en de benzineprijzen zouden met ongeveer drie dollarcent per gallon moeten worden verhoogd om alle kosten te dekken [4].

Een alternatieve oplossing is de aanpassing van de automotor aan het lagere octaangetal van loodvrije benzines. Deze ontwikkeling, die minder investering vereist, vindt thans plaats in de Verenigde Staten. Daar worden sinds een half jaar loodvrije benzines met een octaangetal van 91-92 verkocht en zijn de 1971 automodellen voorzien van motoren met een verlaagde compressieverhouding, afgestemd op de kwaliteit van deze loodvrije benzine.

Deze motoren hebben door hun lagere compressieverhouding een lagere efficiency, zodat het benzineverbruik per mijl met vijf tot tien procent zal toenemen. Er schijnen ook nog andere moeilijkheden aan deze stap te zijn verbonden.

Een derde mogelijkheid is het loodgehalte van de benzines geleidelijk te verlagen met gelijktijdige verlaging van het octaangetal. Deze route wordt thans gevolgd in Japan, en ook in Europa, met name in Duitsland en Zweden, zijn voorstellen ingediend die in dezelfde richting gaan. In tegenstelling tot in de Verenigde Staten wordt in Japan en Europa meer de nadruk gelegd op de luchtverontreiniging door loodverbindingen als zodanig.

Afhankelijk van de vereiste octaangetallen en de maximum toelaatbare loodgehalten kunnen ook bij deze derde route de noodzakelijke investeringskosten nog aanzienlijk zijn. Naar een schatting van schrijvers' organisatie zou voor de totale olie-industrie in de EEG voor een consumptie van 60 miljoen ton loodvrije benzine van de huidige kwaliteit in 1976 een investering van 5,6 miljard gulden nodig zijn. Een reductie van het loodgehalte tot 0,15 g/l zoals in Duitsland voorgesteld voor 1976, zou een investering vergen van ongeveer 1,7 miljard gulden voor een octaangetal van 98 en 2,8 miljard gulden voor een octaangetal van 99 van de superkwaliteit benzine.

Een vergelijkbare investering is nodig om een loodvrije benzine van ongeveer 96 octaangetal te kunnen maken.

V. Waterverontreiniging

A. Raffinaderijen

Een raffinaderij in Zwitserland, die in 1966 in bedrijf is genomen, geeft wellicht een goed voorbeeld van de maatregelen die kunnen worden genomen om waterverontreiniging door olie te voorkomen. Deze raffinaderij ligt aan een kanaal dat twee meren met elkaar verbindt die worden gebruikt voor de winning van drinkwater en voor recreatieve doeleinden, waaronder varen met motorboten.

De voorschriften ten aanzien van het lozen van afvalwater in het kanaal leggen niet alleen beperkingen op aan de olieconcentratie, maar bepalen bovendien dat de absolute hoeveelheid ten hoogste 125 gram per uur mag bedragen.

Deze hoeveelheid is ongeveer gelijk aan die waarmee een 50 pk buitenhoordmotor in dezelfde periode het water verontreinigt. De methoden die op deze raffinaderij worden gevolgd om aan deze eisen te voldoen zijn de volgende:

1. Er wordt een maximaal gebruik gemaakt van luchtkoeling, gevolgd door nakoeling met water in een gesloten circulatiesysteem. Deze methode wordt thans in vele moderne raffinaderijen toegepast en vermindert, vergeleken met eenmalig gebruik van koelwater, de hoeveelheid koelwater benodigd per ton ruwe olie van 30 m³ tot 0,3 m³, d.i. met 99 %.
2. Waar mogelijk wordt het proceswater opnieuw gebruikt.
3. Volledige scheiding van de afvoersystemen voor oliehoudend en schoon water; gebruik van zeer efficiënte afscheiders van olie uit het oliehoudende water.
4. Het af te voeren water wordt gereinigd door middel van bezinking, chemische uitvloeking en een biologische behandeling voordat het in het kanaal wordt geloosd (en dat is méér dan in zeer vele gevallen van lozing van stadsrioolwater wordt gedaan!).

Voorts werden andere voorzorgsmaatregelen genomen — waarmee aanzienlijke kosten gepaard gingen — om eventuele waterverontreiniging als gevolg van door de grond sijpelende olie te voorkomen.

De raffinaderij in Zwitserland is overigens géén uitzondering. In het algemeen zijn zulke complexe systemen bij niet aan zee gelegen raffinaderijen in gebruik.

Tabel 3 geeft een beeld van de hoeveelheden verontreinigingen in het afvalwater van raffinaderijen in West-Europa [5].

Tabel 3. Gemiddelde hoeveelheid verontreinigingen in afvalwater, in kg/1000 ton ruwe olie voeding.

Locatie	aan de kust		in het binnenland	
	voor of in 1960	na 1960	voor of in 1960	na 1960
Biochemisch zuurstofverbruik				
Aantal raffinaderijen	17	2	7	13
Gemiddelde hoeveelheid	293	54	398	54 (30) ¹⁾
Olie				
Aantal raffinaderijen	33	13	8	14
Gemiddelde hoeveelheid	130	72 (24) ¹⁾	205 (77) ¹⁾	18 (10) ¹⁾
Fenolen				
Aantal raffinaderijen	16	7	6	13
Gemiddelde hoeveelheid	3,8	0,9	0,4	0,18

¹⁾ indien één raffinaderij buiten beschouwing wordt gelaten.

B. Op zee

Het lozen van olie in zee door tankers waarvan de laadtanks worden gereinigd, is sterk verminderd door een methode, genaamd het „load on top” systeem, waarmee Shell pionierswerk heeft verricht en dat ongeveer zes jaar geleden werd geïntroduceerd. Als olietanks op zee worden schoongemaakt, wordt nu het resulterende mengsel van olie en water niet in zee geloosd, maar in een speciale afvalolietank gevoerd. Nadat de olie zich heeft afgescheiden wordt het schone water in zee gepompt. De volgende lading wordt bovenop de achterblijvende kleine hoeveelheid olie en water in de afvalolietank geladen. Meer dan 99 % van de vroeger tijdens ballastreizen in zee geloosde olie wordt op deze wijze aan boord gehouden. Tachtig procent van de wereld-tankvloot past dit systeem thans toe, en volgens een voorzichtige schatting worden op deze wijze twee miljoen ton olie per jaar vastgehouden die vroeger in zee terecht kwamen [6].

Voorts is er het probleem van de olie die in zee terechtkomt als gevolg van aanvaringen, schipbreuken, of bij het laden of lossen. Tot dusver is er nog geen geheel bevredigende oplossing gevonden voor het voorkómen van potentiële risico's voor vogels en voor

het leefmilieu van de mens, maar vele oliemaatschappijen zijn momenteel intensief bezig met research en proefnemingen. Gezocht wordt naar onschadelijke dispergeermiddelen en naar materialen die gemorste olie tot zinken brengen op plaatsen waar deze zo weinig mogelijk schade veroorzaakt.

Voorts worden mechanische bestrijdingsmethoden ontwikkeld zoals drijvende versperringen die het water „afromen”.

Hoewel deze versperringen zeer doeltreffend zijn voor de behandeling van betrekkelijk kleine hoeveelheden in havens bij kalm water, zijn zij bij lange na niet toereikend voor zeer omvangrijke verontreinigingen van de zee zoals die welke kunnen worden veroorzaakt door het verongelukken van tankers, in het bijzonder bij wind-, golfslag- en getij-omstandigheden zoals die gewoonlijk in de kustgebieden van Noordwest-Europa heersen.

Er is echter een veelbelovende methode door Shell ontwikkeld voor de bestrijding in dergelijke gevallen. In het kort komt deze techniek hierop neer dat op een bepaalde winplaats met een hiertoe speciaal ingerichte sleepzuiger zand van de zeebodem wordt gezogen waarna deze naar de olievlek vaart.

Daar wordt in de sleepzuiger het zand weer met water en een chemisch produkt opgemengd om via spuitarmen met grote snelheid op de olie gespoten te worden.

De olie wordt geadsorbeerd door het geprepareerde zand en zinkt hiermee naar de bodem. Met deze methode werd in 1970 op volle zee een zeer geslaagde proef genomen met de sleepzuiger Geopotes VII van „Adriaan Volker” N.V. (zie fig. 1).

Deze sleepzuiger kan op zeer korte termijn operationeel worden gemaakt en staat ter beschikking van de autoriteiten. Tijdens de operatie met de Pacific Glory was deze dan ook door de engelse autoriteiten gemobiliseerd om te kunnen ingrijpen bij eventuele ontsnapping van olie uit de gestrande tanker.

Gelukkig bleek dit niet nodig te zijn, daar men deze tanker weer vlot heeft kunnen krijgen door overpompen van de lading.

VI. Lawaai en licht

Ook lawaai en licht kunnen aanleiding geven tot klachten. Een deel hiervan kan worden ondervangen door bij het opstellen en indelen van nieuwe fabrieksinstallaties ervoor te zorgen dat de ergste boosdoeners zoveel mogelijk door gebouwen, tanks en andere objecten, van de omgeving worden afgeschermd. Maar vaak zijn ook verdergaande maatregelen nodig, speciaal bij raffinaderijen die aan woongebieden grenzen. Ter illustratie het volgende voorbeeld. Een moderne raffinaderij met een doorzet aan ruwe olie van 4 miljoen ton per jaar veroorzaakt een geluidsniveau van ong. 55 dB(a) op een afstand van 1000 m van het centrum der raffinaderij. Het maximaal toelaatbare geluidsniveau gedurende de nacht in de buurt van landelijke woongebieden, zoals vastgesteld door bijvoorbeeld de International Organization for Standardization

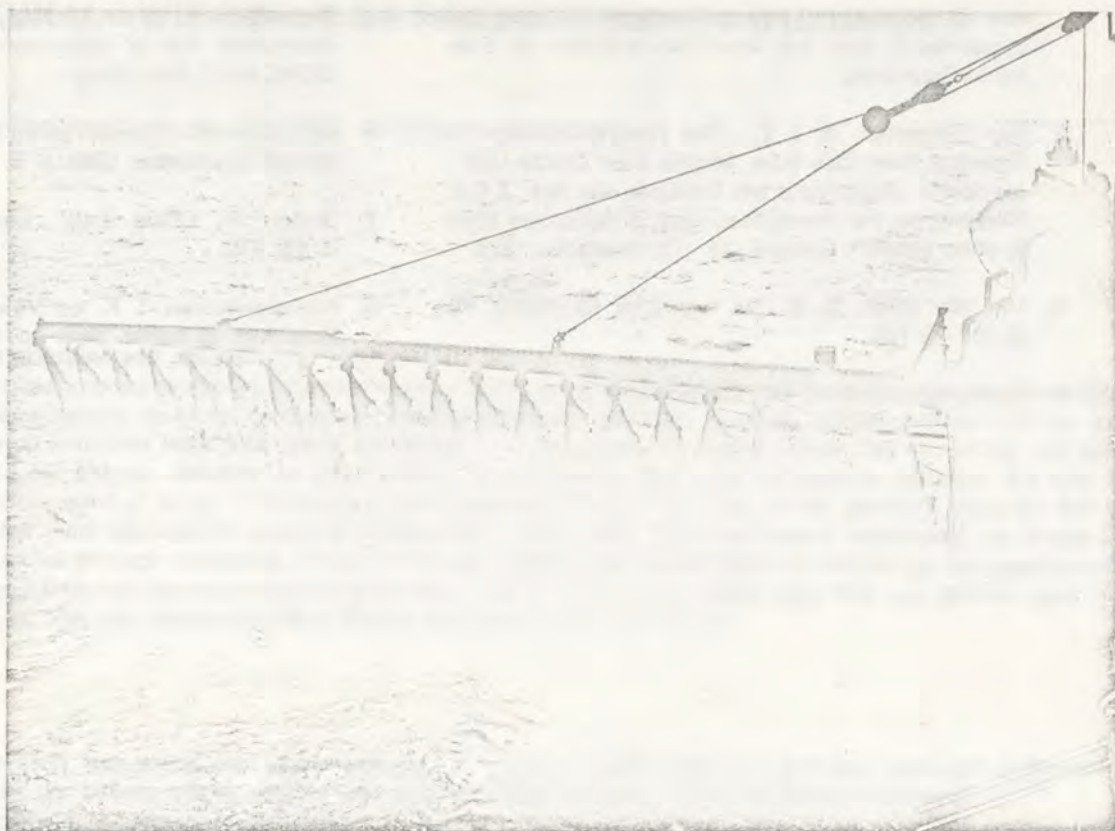


Fig. 1. Oliebestrijding op volle zee.

en de Verein Deutscher Ingenieure, is echter veel lager: 35 - 45 dB(a), hetgeen zou impliceren dat de door bovengenoemde raffinaderij geëmitteerde geluidsenergie een factor 10 tot 100 naar beneden zou moeten gaan, wat bij de huidige stand van de techniek onmogelijk is.

Bij het zoeken naar een oplossing ligt het voor de hand die fabrieksonderdelen aan te pakken die het meeste lawaai produceren en dat zijn de pompen, luchtkoelers en ovens.

Momenteel wordt dan ook veel ontwikkelingswerk gedaan om bovengenoemde onderdelen wat stiller te maken.

Dit houdt uiteraard een stijging van de kosten in, zoals geïllustreerd wordt in figuur 2 [7].

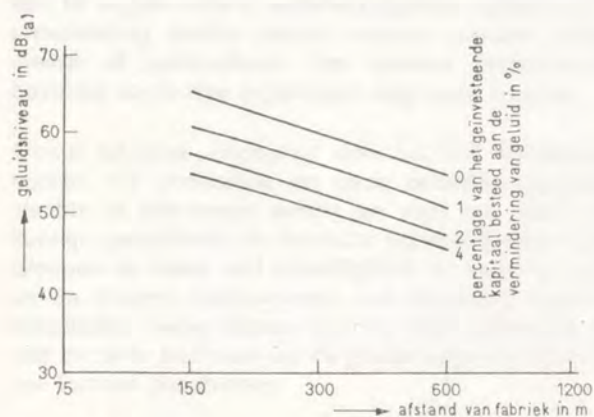


Fig. 2. Kosten van geluidsvermindering voor een nieuwe \$ 25 miljoen kostende raffinaderij.

Ter bestudering van het lawaai-probleem in de bestaande fabrieken heeft men met succes parabolische spiegels gebruikt. Door op twee verschillende punten de richting af te lezen en hiervan het snijpunt te bepalen, is het mogelijk nauwkeurig de plaats van herkomst van een bepaald geluid vast te stellen [8]. Vervolgens worden maatregelen genomen om het aldus gelocaliseerde apparaat zoveel mogelijk „het zwijgen op te leggen”.

Wat het lichtprobleem betreft zijn verschillende mogelijkheden in studie om het lichtschild van de fakkels van een raffinaderij te verminderen. Eén van die mogelijkheden bestaat uit het installeren van fakkels laag boven de grond die zo geplaatst worden dat zij onzichtbaar zijn voor het publiek.

Slotopmerkingen

Hiermee is getracht één van de vele aspecten van de milieubescherming, en wel de rol van technologie, te belichten. Het zal de lezer duidelijk zijn dat bij deze gehele problematiek, naast technische, economische factoren een primaire rol spelen.

Literatuur

1. „The Shell Flue Gas Desulphurization Process”, Dautzenberg, F. M., Naber, J. E., en Van Ginneken, A. J. J., Lezing 31 d, gehouden tijdens symposium

HOOFDSTUK V. WIE STELT DE PRIORITEITEN EN WIE Kiest ?

door

ir. L. Schepers, president van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs

Summary

Who determines priorities and choice?

There are many gaps in our knowledge of environmental facts. A number of areas can be indicated where scientific research and development must be performed. Multi-disciplinary voluntary working parties will be set up, but expensive research activities must take place elsewhere. It is necessary to decide where this should be and how the costs should be shared. Industry is quite willing to co-operate, but must be able to continue its role in upgrading man's standard of living. It is essential that government sets the rules of the game. It must be left to industry to find the most appropriate means to comply with these rules. The costs must, eventually, be borne by each individual, either through increased prices or through higher taxes. Government is elected by the same people who will find these financial consequences hard to bear. Still it is the government only that can decide what the general interest is, that can determine the priorities and that makes the choice.

Wanneer wij nu aan het einde van deze vijf preadviezen trachten de balans op te maken, dan zijn — naar het voorkomt — een paar belangrijke conclusies te trekken.

Milieubederf wordt door iedereen ernstig genomen. De situatie is op sommige gebieden al zéér ernstig te noemen en zij zal nóg erger worden tenzij er snel iets gebeurt om deze „trend“ om te buigen. De eerstvolgende jaren kunnen beslissend blijken te zijn.

Het is een probleem waar wij állen bij betrokken zijn: als bewoners van streek en land, als medewerkers aan het arbeidsproces of dat nu in de industrie of in een andere sector is, en als kiezers van de „overheid“. De kans dat het probleem zal worden opgelost staat en valt met de samenwerking tussen al deze groeperingen in de samenleving.

De wijze van benadering van het probleem, zoals in de voorgaande hoofdstukken is uiteengezet, lijkt nut te hebben. Op de beperkte gebieden die hier zijn behandeld blijkt er reeds een aantal lacunes te zijn in onze feitenkennis; er is duidelijk een aantal richtingen aan te wijzen waarin wetenschappelijk onderzoek en ontwikkeling verder zouden moeten worden geënta-meerd, of gestimuleerd. Het verdient derhalve aanbeveling op de hier ingeslagen weg voort te gaan.

Ook al zal deze „uitdaging“ door het KIVI worden aangenomen, dit onderzoek en deze ontwikkeling zullen slechts in allereerste aanleg en voor een klein deel kunnen geschieden in daarvoor bijeengekomen werkgroepen op basis van vrijwilligheid. Al spoedig zullen op de diverse deelgebieden ook kostbare research-activiteiten nodig blijken en het zou verstandig zijn zich nu al te bezinnen op de plaats waar dit het beste zou kunnen geschieden.

Het is hierboven al eerder gezegd: wat er ook aan milieu-verbeterende maatregelen wordt genomen, zij

zullen geld kosten en het is dus zaak zich te bezinnen hoe de lasten dienen te worden verdeeld.

De industrie — dat is wel gebleken — is alleszins bereid hier aan mede te werken, maar zij wil ook haar welvaartverhogende rol in de huidige maatschappij blijven spelen, m.a.w.: zij wil kunnen blijven concurreren.

Dit is een van de problemen waarvoor een oplossing zal dienen te worden gevonden. (Juridisch is het voor bedrijven in een bepaalde tak van industrie wellicht wel mogelijk onderling bindende afspraken te maken zonder daarbij in conflict te geraken met de anti-trust wetten van de E.E.G.). Dit kan niet door de industrie alleen worden gedaan; actieve steun van de overheid aan de milieuverbetering blijft essentieel. Zij moet daarbij duidelijke normen stellen, zowel aan de industrie als aan eigen overheidsinstanties, waar iedereen zich aan zal dienen te houden. Aan het vaststellen van zulke normen zal, naar mag worden verwacht, overleg met de desbetreffende takken van het bedrijfsleven voorafgaan. Het kan dan aan de industrie worden overgelaten hiertoe de best geëigende maatregelen te ontwikkelen. Onze nazaten zullen dan niet kunnen zeggen, dat wij het leefklimaat voor hen hebben bedorven, noch dat wij de vrijheid te veel aan banden hebben gelegd.

Het is onvermijdelijk dat deze maatregelen een kostenverhogende invloed zullen hebben en dat deze kostenstijgingen voor het grootste deel ook in de prijzen tot uitdrukking zullen komen. Aangezien dit de concurrentiepositie tegenover soortgelijke industrieën in het buitenland nadelig zou beïnvloeden, moet de overheid trachten te komen tot internationale samenwerking in deze. Gedacht wordt aan een internationale eenheids-wetgeving op de te stellen eisen aan milieuzorg en op de toerekening van de kosten hiervoor. Voor zover dit niet mogelijk blijkt zal steun van de overheid aan onze bedrijven die wél aan de hogere eisen moeten voldoen nodig kunnen zijn.

Hier ligt dan het probleem waarover hierboven al eerder is geschreven: wij willen wél een schonere en gezondere omgeving, maar de nagestreefde volledige werkgelegenheid en ook nog een zekere stijging van onze gemeenschappelijke welvaart mogen daar niet onder lijden.

In feite betekent dit alles dat de Wetgevende Macht welbewust maatregelen voorschrijft die uiteindelijk hogere prijzen dan wel hogere belastingen ten gevolge zullen hebben. Het heeft weinig zin de ogen te sluiten voor het feit dat deze wetgevende macht gekozen is en in de toekomst gekozen zal worden door dezelfde mensen die persoonlijk de onaangename

financiële consequenties van die maatregelen wat moeilijk te verteren zullen vinden. Niettemin is de wetgevende macht de enige in ons land die onderling tegengestelde wensen tegen elkaar kán afwegen. Zij is de enige instantie die kan vaststellen wat het „algemeen belang” is. Zij moet derhalve de prioriteiten vaststellen en de keuze doen.

Hiermede zijn in dit laatste pre-advies slechts enkele hoofdlijnen van deze moeilijke en controversiële materie te geven.

Deze summier conclusies zullen tijdens het congres mondeling nader worden toegelicht en uitgewerkt.

Overzicht van verschenen Stichtingspublicaties

- | | | |
|--|-------------|--|
| 1. Toekomstbeeld der Techniek;
ir. J. Smit, 1968 | uitverkocht | |
| 2. Techniek en Toekomstbeeld,
Telecommunicatie in telescopisch
beeld;
prof. dr. ir. R. M. M. Oberman, 1968 | uitverkocht | |
| 3. Verkeersmiddelen;
prof. ir. J. L. A. Cuperus en anderen,
1968 | | f 10,— |
| 4. Hoe komt een beleidsvisie tot stand?
ir. P. H. Bosboom, 1969 | | f 4,— |
| 5. De overgangprocedure in het verkeer;
diverse auteurs, 1969 | | f 12,— |
| 6. De invloed van goedkope elektrische
energie op de technische ontwikke-
ling in Nederland;
dr. P. J. van Duin, 1971 | | f 5,— |
| 7. Electrical energy needs and environ-
mental problems, now and in the fu-
ture;
diverse auteurs, 1971 | | f 12,— |
| 8. Mens en milieu: prioriteiten en keuze;
diverse auteurs, 1971 | | f 17,— |
| 9. Het voeden van Nederland;
diverse auteurs, 1971 | | f 12,— |
| 10. Barge Carriers: some technical, eco-
nomic and legal aspects;
drs. W. Cordia, mr. G. J. W. de Vries
en ir. N. Wijmolst, 1972 | | f 20,— |
| 11. Transmissiesystemen voor elektri-
sche energie in Nederland;
prof. dr. J. J. Went, ir. A. Govers, drs.
M. C. Lelie en prof. ir. H. Wiggerts,
1972 | | f 12,— |
| 12. Elektriciteit in onze toekomstige ener-
gievoorziening; mogelijkheden en
consequenties;
dr. ir. H. Hoog, ir. P. J. Wemelsfelder,
prof. ir. D. G. H. Latzko, dr. D. J. Kroon
en prof. ir. J. J. Broeze, 1972 | | f 15,— |
| 13. Communicatiestad 1985: elektroni-
sche communicatie met huis en be-
drijf;
prof. dr. ir. J. L. Bordewijk e.a., ir. D.
van den Berg, dr. W. Horn, 1973 | | f 16,— |
| 14. Techniek en preventief gezondheids-
onderzoek; | | |
| | | dr. M. J. Hartgerink, dr. H. H. W. Hoger-
zeil, prof. dr. ir. P. Eykhoff, prof. dr.
J. C. M. Hattinga Verschure, prof. dr.
H. J. J. Leenen, dr. P. Gootjes, prof. dr.
A. H. Wiebenga, ir. D. H. Bekkering,
1973 |
| | | f 18,— |
| 15. Technologisch verkennen: doelstel-
lingen en methoden;
ir. A. van der Lee, drs. Th. M. A. Bemel-
mans en dr. ir. W. J. Beek, 1973 | | f 24,— |
| 16. Mens en milieu: beheerste groei;
diverse auteurs, 1973 | | f 20,— |
| 17. Mens en milieu: zorg voor zuivere
lucht;
diverse auteurs, 1973 | | f 20,— |
| 18. Mens en milieu: kringloop van ma-
terie;
diverse auteurs, 1973 | | f 20,— |
| 19. Energy Conservation: Ways and
Means;
edited by J. A. Over and A. C.
Sjoerdsma, 1974 | | f 34,— |
| 20. Voedsel voor allen, plaats en rol van
de EEG;
prof. dr. J. Tinbergen, prof. dr. ir. J. de
Hoogh, dr. J. R. Jensma, prof. drs.
J. de Veer, ir. I. B. Warmenhoven, dr.
ir. A. W. G. Koppejan, ir. K. K. Ver-
velde, dr. ir. W. J. Beek, 1976 | | f 35,— |
| 21. Stedelijk verkeer en vervoer langs
nieuwe banen?
Redactie: ir. J. Overeem, 1976 | | f 48,— |
| 22. Materialen voor onze Samenleving;
Redactie: ir. J. A. Over, 1976 | | f 46,— |
| 23. De industrie in Nederland: Verken-
ning van knelpunten en mogelijkhe-
den;
Redactie: ir. H. K. Boswijk en
ir. R. G. F. de Groot, 1978 | | f 27,— |
| 24. Toekomstbeeld der Industrie;
prof. dr. P. de Wolff, drs. R. F. M.
Lubbers, dr. ir. H. Kramers, prof. ir.
J. in 't Veld, mr. G. A. Wagner, 1978 | | f 9,50 |

De publicaties kunnen worden besteld door over-
making van het aangegeven bedrag op postgiro-
nummer 1609900 van de Stichting te 's-Graven-
hage, onder vermelding van het nummer van de
gewenste publicatie. Publicaties kunnen ook tegen
contante betaling worden afgehaald van het
kantoor van de Stichting, Prinsessegracht 23,
's-Gravenhage. In dat geval wordt een korting van
f 3,— per publicatie verleend.

T
T