



Dioxine

Ontstaan en verspreiding
van een supergif



HAJO COMPAAN & ANDREA HIJMANS

Dioxine

© 1991 TNO, Den Haag

ISBN 90 330 1430 0 / CIP
NUGI 661

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission of the publisher.

Zetwerk en lithografie: Migg bv, Sneek
Omslag: Chaim Mesika BNO, Huizen
Druk: Ten Brink bv, Meppel

HAJO COMPAAN & ANDREA HIJMANS

Dioxine

Ontstaan en verspreiding
van een supergif



FPB Uitgevers

DRACHTEN/LEEWARDEN

Inhoud

Inleiding	7
HOOFDSTUK 1 Wat is dioxine?	11
HOOFDSTUK 2 Bronnen van dioxine	15
2.1 Industriële ongelukken	16
2.2 Bodemverontreiniging	25
2.3 Verwerking van huisvuil	27
2.4 Verbranding van chemisch afval	32
2.5 Overige verbrandingsprocessen	37
2.6 Bleken van papier	38
2.7 Voedingsmiddelen	40
HOOFDSTUK 3 Risico's en gevaren	42
3.1 Biochemische achtergronden	44
3.2 Normstelling	48
3.3 Gezondheidsrisico's	57
3.4 Risico's voor zuigelingen	60
3.5 Samenvatting	62
HOOFDSTUK 4 Het meten van dioxinen	65
HOOFDSTUK 5 Voorkomen en genezen	69
5.1 Preventie	70
5.2 Schoonmaak	76

HOOFDSTUK 6	Overheidsbeleid	79
6.1	Heden, verleden en toekomst	80
6.2	De 'Richtlijn Verbranden'	83
	Met dank aan	87
	Bibliografie	88
	Lijst van afkortingen en maten	92
	De Wetenschapslijn	94
	Register	95

Inleiding

Dioxine: in de volksmond bekend als een supergif. Dioxine is dan ook het sterkste gif ooit door mensenhanden gemaakt. *) Maar wat betekent dat eigenlijk: een supergif? Eén speldeknop (ongeveer 1 mg) is voldoende om 10 konijnen te doden, of zelfs 3000 cavia's! Maar is de mens een konijn? Of een cavia? Of hebben dergelijke cijfers eigenlijk helemaal niets met de mens te maken? Is *Homo sapiens* een geval apart? En hoe komen we daar achter?

Het woord dioxine, dat tegenwoordig zo vaak in de krant verschijnt, roept bij veel mensen vage angstgevoelens op. Vaag, want vrijwel niemand weet precies hoe de vork in de steel zit. Wat is dioxine? Wat doet het? En vooral: hoe gevaarlijk is het voor mens en dier, voor volwassenen en voor zuigelingen? Veel voorkomende vragen die nog maar weinig aan actualiteit hebben ingeboet.

In dit boek wordt getracht op een genuanceerde en overzichtelijke manier een aantal zaken met betrekking tot dioxine op een rijtje te zetten.

Hoofdstuk 1 behandelt de vraag: wat is dioxine? Of liever

*) Let wel: het sterkste synthetische gif. Tal van natuurlijke stoffen, zoals bv. botuline, zijn namelijk vele malen giftiger dan dioxine.

Vuilniszak wordt lichter, maar hoeveelheid afval neemt toe

Verdachte melk verkocht

**Wetenschap waarschuwd 12
jaar geleden tegen dioxinen**

**Norm voor dioxinen
bij afvalverbranding
drastisch verscherpt**

**Leeuwarden moet
afvaloven sluiten**

**AVR wellicht
aansprakelijk
voor dioxine**

**Onzekerheid over lot
Leidse vuilverbranding**

**Verbod op consumptie
van besmette melk**

**Extra eisen aan
vuilverbranding**

**Dioxine-affaire
wekt veel onrust
bij veehouders**

Leidse vuilverbranding gaat voor de zomer dicht
Giftige uitstoot veel te hoog

**Verhoogde concentraties
dioxinen verrassen AVR**

gezegd: wat zijn dioxinen, want in de praktijk blijken er niet minder dan 210 verwante verbindingen te bestaan die onder de noemer dioxine vallen. De bronnen van dioxine, voornamelijk industriële processen en afvalverbranding, komen aan de orde in hoofdstuk 2. Risico's en gevaren zijn het onderwerp van hoofdstuk 3. Blootstelling aan dioxine kan bij mensen de huidaandoening chlooracne en een reeks andere stoornissen tot gevolg hebben. Gelukkig blijken deze echter van tijdelijke aard. Belangrijker is dan ook de vraag: treden ook lange-termijn effecten op? Is dioxine wel zo giftig voor de mens? Is de stof nu kankerverwekkend of niet? De biochemische werking – wat doet dioxine eigenlijk in het lichaam – dient de sleutel te zijn tot de beantwoording van die vraag. Een antwoord dat op zijn beurt weer van invloed moet zijn op het vaststellen van, bijvoorbeeld, gezondheidsnormen. Hoofdstuk 4 gaat over het meten van dioxine; een tijdrovend en duur karwei dat geduld en zeer geavanceerde apparatuur vereist. Is eenmaal bekend hoeveel dioxine de diverse bronnen leveren en welke wegen het in het milieu aflegt, dan kan gericht worden gewerkt aan voorkoming van verdere dioxinevervuiling en het opruimen van de reeds aanwezige verontreiniging. Technologische vernieuwingen spelen daarbij een belangrijke rol, zoals in hoofdstuk 5 uiteen wordt gezet. Hoofdstuk 6, tenslotte, gaat over het overheidsbeleid. Heden, verleden en – voor zover mogelijk – toekomst van de regelgeving met betrekking tot dioxine passeren kort de revue. De gegevens werden ontleend aan gesprekken met vele deskundigen en aan de grote hoeveelheid artikelen en persberichten die de afgelopen jaren over het onderwerp verschenen. Onjuistheden komen uiteraard geheel voor rekening van de auteurs.

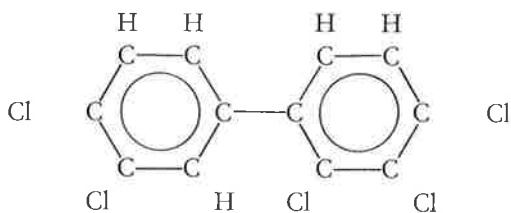
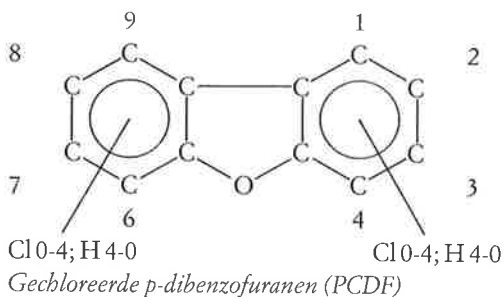
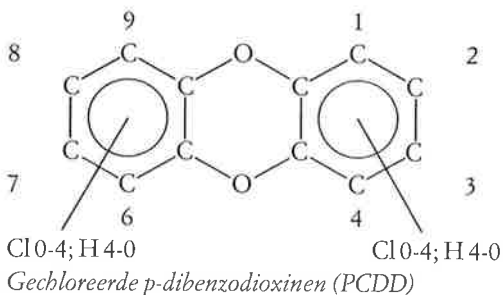
Dioxine is een moeilijk onderwerp. Niet alleen omdat het vele facetten kent, maar vooral ook omdat de giftige wer-

king van de stof nog vrijwel geheel in nevelen is gehuld. Normstelling en risicoschatting blijven daardoor – hoe integer men ook te werk gaat – enigszins willekeurig. De diverse deskundigen zijn dan ook nog lang niet uitgepraat. Dit boekje weerspiegelt ten dele de nog bestaande onzekerheid. Simpele en eenduidige conclusies zijn niet altijd voorhanden en elk antwoord betekent in feite de weergave van een debat. Een debat dat voorlopig nog niet is afgerond.

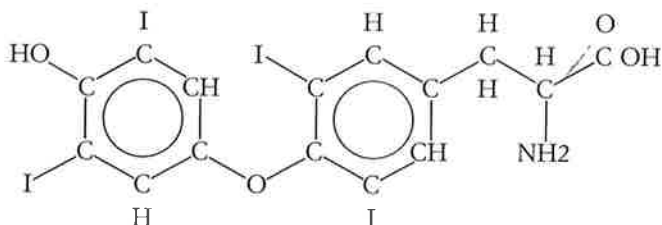
WAT IS DIOXINE?

De naam dioxine verwijst niet naar één enkele chemische verbinding, maar naar een familie van verwante stoffen. Kenmerkende familietrek is een basisstructuur die bestaat uit twee zuurstofatomen (vandaar de naam di-oxygen) die twee (gechloreerde) benzeenringen met elkaar verbinden. Benzeenringen hebben een zeshoekige vorm. In dioxine kunnen op beide benzeenringen op vier verschillende plaatsen waterstofatomen worden vervangen door chlooratomen. De positie van deze chlooratomen wordt aangegeven door cijfers die aan de eigenlijke naam voorafgaan. Bevinden de chlooratomen zich bijvoorbeeld op posities twee en drie, dan heet de verbinding 2,3-dichloordibenzodioxine (zie ook onderstaand structuurschema). In totaal bestaan er 75 verschillende dioxinen van uiteenlopende giftigheid. Zij staan bekend onder de verzamelnaam PCDDs (polychloordibenzodioxinen).

Nauw verwant aan dioxinen zijn de dibenzofuranen, stoffen die qua structuur en biologische verbinding erg op PCDDs lijken. Deze dibenzofuranen of PCDFs bestaan net als hun chemische broertjes uit twee gechloreerde benzeenringen, met elkaar verbonden door één in plaats van twee zuurstofatomen en één directe binding (zie structuurschema). Er zijn aanzienlijk meer dibenzofuranen dan dioxinen, 135 om precies te zijn. Het totale aantal zogeheten



*3,3',4,4',5-pentachloorbifenyl
(de meest giftige 'coplanaire' PCB)*



T4, één van de schildklierhormonen.

C = koolstof;

Cl = chloor;

H = waterstof;

I = jodium;

O = zuurstof;

N = stikstof.

De chemische structuurformules van hoofdrolspelers in dit boek.

Dioxinen en PCBs

Om het allemaal nog wat ingewikkelder te maken, is het verhaal van de dioxinen eigenlijk nog niet compleet zonder ook de polychloorbifenylen (PCBs) te noemen. Net als de dibenzofuranen lijken ze op dioxinen, met dien verstande dat zuurstof als verbindend element ontbreekt. Evenals de dioxinen kan het molecuul worden gechloreerd: de aanwezige waterstofatomen worden (geheel of ten dele) vervangen door chlooratomen, waardoor het eigenlijke PCB ontstaat (zie structuurschema). Binnen de groep van PCBs onderscheiden we twee typen. Eén soort PCBs – de zogenaamde coplanaire PCBs – blijkt een dioxine-achtige werking te vertonen en deze groep wordt dan ook meestal in één adem daarmee genoemd. De werking van het tweede type PCBs is niet vergelijkbaar met die van dioxinen, wat overigens niet wil zeggen dat ze niet giftig zijn. Het onderzoek naar de coplanaire PCBs komt nu op gang, omdat er aanwijzingen zijn dat deze misschien een grotere rol spelen dan de dioxinen.

congeneren (verwante chemische verbindingen) komt daarmee op 210; 'dioxinen' fungeert als de verzamelnaam voor de hele groep.

Wat hun werking betreft vertonen de diverse congenen nogal wat onderlinge verschillen. De meest beruchte (en best onderzochte) variant is 2,3,7,8-tetrachloordibenzo-para-dioxine (TCDD), dat vrijkwam bij de giframp in Seveso. Naast TCDD kent men op dit moment nog 16 andere dioxinen, die óf door hun extreem hoge giftigheid óf door de grote hoeveelheden waarin ze voorkomen, milieuhygiënisch van belang worden geacht. Samen worden zij de 'dirty seventeen' genoemd.

BRONNEN VAN DIOXINE

Niemand maakt dioxinen met opzet. Alleen wetenschappers synthetiseren soms deze verbindingen in uiterst kleine hoeveelheden ten behoeve van onderzoek. In de praktijk komt dioxine echter altijd vrij als (onbedoeld) nevenprodukt bij reacties met chloorhoudende verbindingen.

Dioxine ontstaat daarom eigenlijk steeds per ongeluk. Bijvoorbeeld als een reactorketel van een bestrijdingsmiddelenfabriek oververhit raakt en ontploft. Dat gebeurde in het Italiaanse Seveso, waar in 1976 een grote hoeveelheid dioxine ontsnapte. Gelukkig zijn dergelijke grote industriële ongelukken betrekkelijke uitzonderingen.

Afval is een veel grotere bron van dioxine. Afval dat vrijkomt bij de fabricage van chloorhoudende producten of – in veel mindere mate – bij het bleken van papier. Afval dat voor ernstige bodemverontreiniging kan zorgen en ook rivier- of havenslib vervuult.

Maar ook pogingen afval op te ruimen, kunnen weer nieuwe dioxinen genereren. Kwam niet de Zuidhollandse Lickebaertpolder in het nieuws door de uitstoot van de vuilverbrandingsinstallatie in de regio? Waar chloorhoudende stoffen worden verbrand, kunnen dioxinen ont-

staan. Dus: bij huisvuilverbranding, maar ook bij de verbranding van chemisch afval. Zelfs het knisperende hout in de open haard, de uitlaatgassen van ons autopark en de rook van sigaretten zijn potentiële bronnen. Gelukkig gaat het in het algemeen echter om geringe hoeveelheden.

Door verontreiniging van gewassen en de bodem via de lucht kunnen bijvoorbeeld koeien met dioxinen in aanraking komen. De dioxinen verzamelen zich dan in het melkvet. Als dat gebeurt worden de zuivelprodukten een belangrijke bron van dioxinen voor de mens. In feite zelfs één van de belangrijkste.

2.1 Industriële ongelukken met dioxine

In de jaren zestig nam de produktie van TCP (TriChloor-Phenol, een chemische verbinding die onder andere wordt verwerkt in onkruidverdelgers) een hoge vlucht. Er was namelijk, naast bovengenoemde bestrijdingsmiddelen, ook grote vraag ontstaan naar een nieuw produkt op basis van TCP: hexachlorofeen. Deze bacterie-dodende stof raakte niet alleen in gebruik als desinfectant in ziekenhuizen, maar werd ook toegevoegd aan onder andere zeep, shampoo, talkpoeder en deodorant. De produktie van TCP was helaas niet zonder risico. Na de Tweede Wereldoorlog hadden zich een aantal onverklaarde explosies voorgedaan in TCP-fabrieken in onder meer Duitsland, Italië, Tsjechoslowakije en de Verenigde Staten. In alle gevallen was sprake van een ontsnapte 'stoomwolk'. Werknemers en omwonenden die met de wolk in aanraking kwamen, kregen opvallend vaak last van een huidaandoening die bekend staat als chlooracne. De boosdoener bleek niet zozeer het TCP zelf, maar veeleer een verontreiniging daarvan, een nevenprodukt dat bij de fabricage in

kleine hoeveelheden wordt gevormd: 2,3,7,8-tetrachloor-dibenzo-para-dioxine (TCDD), kortweg dioxine.

Philips-Duphar, indertijd een farmaceutische dochteronderneming van elektronica-gigant Philips, fabriceerde vanaf 1955 TCP. Hoewel het management op de hoogte was van de genoemde risico's, achtte men de kans dat zich ook bij Philips-Duphar ongelukken zouden voordoen, klein. Bovendien wist niemand toentertijd dat bij de productie dioxine gevormd zou kunnen worden, laat staan hoe groot het gevaar daarvan is. Dat wreekte zich op 6 maart 1963; een hogedrukreactor op de produktieafdeling raakte oververhit en ontplofte. Gelukkig ontsnapte niets van de inhoud van de reactor uit het gebouw, maar binnen in het pand werd alles bedekt met een kleverige, zwarte substantie. Deze smurrie bleek onder meer dioxine te bevatten.

Een spectaculaire schoonmaakoperatie volgde. Met het oog op een mogelijke dioxinevergiftiging werden eerst gedurende een aantal dagen konijnen en ratten in de reactor geplaatst. Zij ondervonden echter geen nadelen van hun uitstapje, en de Philips-Duphar-staf kon, gehuld in speciale veiligheidspakken, beginnen met het opruimen. Na ruim een maand volgde een tweede schoonmaakronde, ditmaal nog grondiger. Een ploeg scheepsreinigers ontmantelde het getroffen gebouw zoveel mogelijk door te zandstralen, verf af te bijten en andere schoonmaakwerkzaamheden te verrichten. Na twee dagen bespeurde één van de schoonmakers een vreemd soort uitslag op zijn gezicht en anderen klaagden over eczeem en vermoeidheid. Korte tijd later werd duidelijk wat er aan de hand was: een groot deel van de ploeg bleek chlooracne te hebben. Omdat men niet goed wist wat men met de vervuilde fabriek aan moest, heeft het complex tien jaar lang in ontmantelde toestand leeg gestaan. Uiteindelijk werd het voor het sym-

jaar	land	gebeurtenis	aant. betrokken mensen
1872	Duitsland	eerste synthese TCDD	
1949	USA	industriëel ongeluk	228
1949-1954	Duitsland	5 industr. ongelukken	ruim 200
1956	Frankrijk	industriëel ongeluk	17
1956	USA	2 industr. ongelukken	29, veel
1957	UK	lab-ongeluk (synthese ca. 300 gram TCDD !)	3
1959	Italie	industriëel ongeluk	5
1960	USA	idem	veel
1962	Italie	idem	16
1963	Nederland	idem	106
1963-1970	Vietnam	ontbladering, militair	veel
1964	USSR	industriëel ongeluk	128
1964	USA	idem	60
1965	CSSR	idem	80
1965	USA	vergiftiging verblijf	meer dan een miljoen braad- kuikens exit
1966	Frankrijk	industriëel ongeluk	21
1968	Japan (Yusho)	voedselvergiftiging	duizenden
1969	UK	industriëel ongeluk	85
1970	Japan	idem	25
1972	USSR	idem	1
1973	Oostenrijk	idem	50
1971-1983	USA	bodemverontreiniging	?
1974	Duitsland	industriëel ongeluk	5
1975	USA	idem	?
1976	Italie (Seveso)	idem	187
<i>Nú pas komt het dioxine-onderzoek goed op gang !</i>			
1977	Nederland	ontdekking dioxinen in de rookgassen van AVI's	
1979	Taiwan	voedselvergiftiging zoals in Japan in 1968 !	zéer veel
1980	Nederland	bodemverontreiniging	?
1981	USA	Brand in kantoorgebouw met PCB's in trafo's	?
1988	Canada	idem	?

Beknopt historisch overzicht van dioxine-ongelukken.

bolische bedrag van f 1,- aan Rijkswaterstaat verkocht. In 1970 besloot de overheid de fabriek af te breken in verband met een verbreding van het Noordzeekanaal.

Givaudan-proces

In 1965, twee jaar na het Nederlandse ongeluk, opende het Britse Coalite Chemical Products Ltd. een nieuwe fabriek in Derbyshire. Ook zij zou het ondertussen beruchte TCP gaan produceren. Voor de fabricage ervan koos Coalite voor een enigszins gewijzigde versie van het zogenaamde Givaudan-proces.

De meest gebruikelijke manier om TCP te maken behelsde het onder druk verhitten van tetrachloorbenzeen (TCB) en soda tot een temperatuur van 200°C. Als oplosmiddel voor beide grondstoffen diende methanol, een stof met een laag kookpunt. Het kenmerkende van het Givaudan-proces bestond erin de methanol te vervangen door een stof die bij een veel hogere temperatuur begint te koken: ethyleen glycol (beter bekend als anti-vries). De prijs van de benodigde grondstoffen steeg hierdoor weliswaar enigszins (glycol is relatief duur), maar daar stond tegenover dat het verhittingsproces niet onder druk hoefde plaats te vinden, zodat de kosten voor bouw en inrichting van de fabriek drastisch verminderden.

De verdere wijziging die Coalite invoerde bestond in het toevoegen van een tweede oplosmiddel. Hierdoor was – een groot voordeel – minder van het dure glycol nodig. De keuze van het oplosmiddel luistert niet al te nauw. Helaas koos Coalite uitgerekend voor ortho-dichloorbenzeen. Achteraf gezien een onfortuinlijke keuze, omdat het tevens een oplosmiddel is voor dioxine.

De Coalitefabriek bleek al snel een succes; in 1967 was al

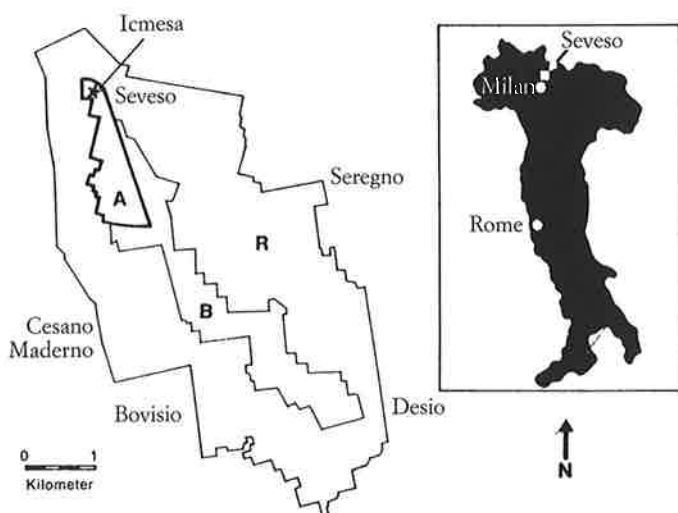
sprake van een verdubbeling van de oorspronkelijke produktie. Het management bleef echter met één klein probleempje kampen: de kosten verbonden aan het gebruik van het relatief dure glycol. Weliswaar konden gebruikte oplosmiddelen gezuiverd worden, maar zelfs dan kon niet meer dan driekwart van het glycol worden teruggewonnen voor hergebruik. Reduceerde men de gebruikte hoeveelheid glycol in het produktieproces – zo redeneerden de Coalite-chemici – dan zou dat op twee manieren kostenbesparend werken. In de eerste plaats behoefde natuurlijk minder glycol aangeschaft te worden. Tegelijkertijd werd echter ook ruimte bespaard in de reactor. Ruimte die opgevuld kon worden met extra grondstoffen. En dat impliceerde weer een hoger rendement! Het gewijzigde procédé zou echter leiden tot een dikker mengsel dat door zijn lagere viscositeit moeilijker te roeren was. En het was maar de vraag of de bestaande reactor dat aankon. Besloten werd daarom de proef op de som te nemen. In de namiddag van 23 april 1969 werd begonnen met het experiment. Alles leek volgens plan te verlopen, totdat kort na middernacht de temperatuur van het mengsel in de reactorketel plotseling sterk begon te stijgen en na verloop van tijd zelfs doorschoot tot boven de 200°C. Stoom ontsnapte uit de bovenkant van de ketel. Pogingen het koelsysteem in werking te stellen kwamen te laat. Rond kwart voor één weerklonk een luide knal. De reactorketel was ontploft.

Onderzoek naar de toedracht van de ramp wees uit dat de soda zich had vermengd met een deel van de glycoloplossing. Wanneer deze stof boven de 230°C wordt verhit, valt zij plotseling uiteen, waarbij veel warmte vrij komt en grote hoeveelheden witte stoom ontstaan. Dit was ook bij de Coalite-ramp het geval. Niet alleen steeg de druk in de reactorketel daarbij tot onverantwoorde hoogte, met alle explosiegevaar van dien, tevens bleken bij de hoge tempe-

raturen in de reactor (soms zelfs 400°C) grote hoeveelheden dioxine gevormd te worden. Bij de schoonmaakploeg die de getroffen fabriek moest opruimen, werden dan ook, ondanks uitgebreide voorzorgsmaatregelen, verschijnselen geconstateerd die wezen op dioxinevergiftiging.

Seveso

Toen Givaudan in 1974 besloot TCP te gaan fabriceren in haar ICMESA-vestiging in het Italiaanse Seveso, waren de gevaren die verbonden konden zijn aan TCP-productie dus genoegzaam bekend. De directie van de Givaudan-vestiging meende echter een manier te hebben gevonden om deze risico's te omzeilen. Fabricage zou geschieden volgens de Coalite-methode, waarbij de orthodichloorbenzeen echter werd vervangen door xyleen. Deze stof



Het rampgebied bij Seveso, Italië. De wind was NNW.

Zone A: tot meer dan 1 mg TCDD per vierkante meter grond;

Zone B: 0,75 tot 50 µg per m²; Zone R: minder dan 5 µg per m².

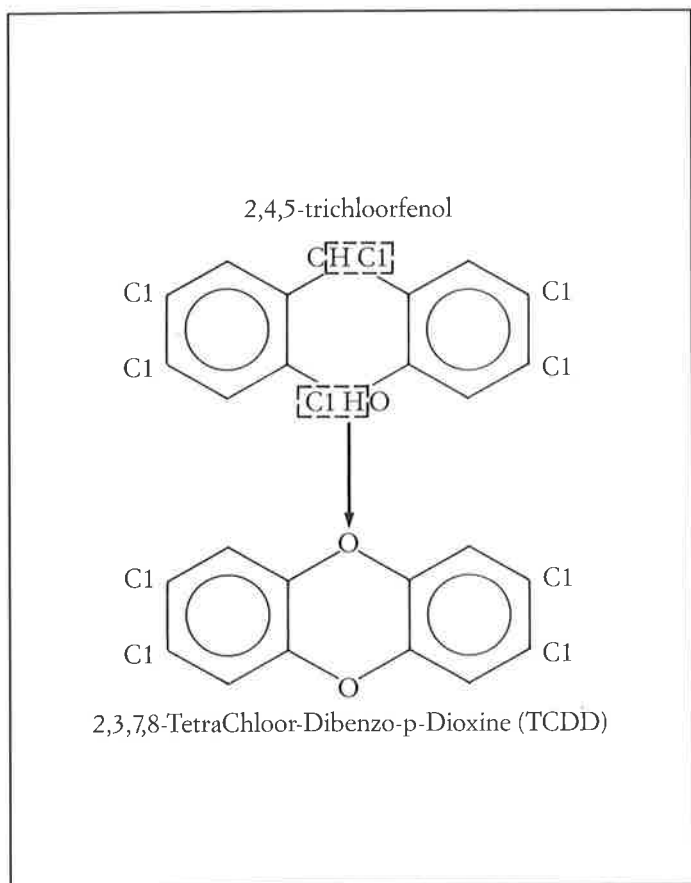
Zone A werd geheel ontruimd (vrij naar C&EN).

heeft een lager kookpunt, zodat minder dioxine zou worden gevormd tijdens de reactie. Givaudan voerde nog een wijziging in. In plaats van de glycol te destilleren door verhitting met olie, werd gekozen voor verhitting door middel van stoom. Het voordeel? Door de stoom onder druk te zetten, kon de maximumtemperatuur als het ware worden voorgeprogrammeerd. Fixeerde men deze op 185°C dan zouden geen grote hoeveelheden dioxine ontstaan. 'Het proces is onfeilbaar,' verklaarde Jorge Sambeth, ICMESA's technisch directeur destijds.

De ICMESA-fabriek was 24 uur per dag in bedrijf, vijf dagen per week. Dit produktieschema bracht, naar later bleek, de nodige risico's met zich mee. In de praktijk ble-



Een opruimploeg in Seveso. (ANP)



De chemische reactie van het Seveso-ongeluk.

ken zich namelijk nogal eens kleine mankementen voor te doen, waardoor de produktie werd vertraagd. Dit wreekte zich op vrijdagavond, als de laatste ploeg aantrad. Deze ploeg had instructies om het koelsysteem in werking te stellen. Dit draaide dan het hele weekend, met als gevolg dat de inhoud van de reactorketel op maandagochtend stijf bevroren was. Het kostte vervolgens uren om het

mengsel voldoende op te warmen om de produktie opnieuw te kunnen hervatten. Het management had daarom besloten om, in geval van een achterstand op het normale produktieschema, het koelsysteem op vrijdagavond niet aan te zetten. Stopte men het verhittingsproces, dan zou de reactor vanzelf voldoende afkoelen, terwijl tegelijkertijd het mengsel voldoende vloeibaar bleef om maandag onmiddellijk aan de slag te kunnen, zo redeneerde men.

Ook op vrijdagavond 9 juli 1976 was een behoorlijke achterstand in de weekproduktie opgebouwd, en geheel volgens de instructies liet de nachtploeg het reactormengsel ongekoeld achter. Een fatale fout. Rond het middaguur van de volgende dag werden omwonenden een witte stoomwolk gewaar, die ontsnapte uit het dak van het fabrieksgebouw. 'De stank was verschrikkelijk,' zeiden inwoners van Seveso later. Een half tot vijf kilogram vrij zuivere 2,3,7,8-TCDD was ontsnapt; een van de grootste chemische rampen in de geschiedenis.

Na aanvankelijke aarzeling van de lokale autoriteiten, die de ernst van de ramp pas na enige tijd onderkenden, werd de bevolking van het getroffen gebied geëvacueerd en de besmette grond afgegraven. Nu, zo'n 15 jaar na het ongeluk, bevindt zich op het destijds meest vervuilde terrein een fraai park. Paolo Paoletti, produktiemanager van IC-MESA, is voor zover bekend het enige dodelijke slachtoffer van de giframp. Nadat hij op 5 februari 1980 zijn zoon-tje naar school had gebracht, werd hij door enkele onbekende mannen vermoord. De daders, leden van de terroristische organisatie Frontlijn, verklaarden later in een pamflet dat zij tot de aanslag hadden besloten omdat zij de verantwoordelijke voor het ongeluk wilden bestraffen.

2.2 Bodemverontreiniging en dioxine

Een paar jaar geleden werden B&W van het Brabantse Bergen op Zoom geconfronteerd met een curieuze vorm van bodemverontreiniging. In een bouwterreintje in de buurt van de oude haven trof men grond aan met een extreem hoog loodgehalte. Vreemd, want al gauw werd vastgesteld dat de vervuiling was terug te voeren tot de 15e eeuw! De bodem bleek vol te zitten met potscherven die daar door middeleeuwse pottenbakkers waren gestort. Helaas hadden zij hun aardewerk voorzien van een loodhoudende glazuurlaag, die in de loop der eeuwen was uitgeloozd.

Eveneens opmerkelijk is een recente Amsterdamse giftvondst die zijn oorsprong moet hebben gehad in de vorige eeuw. 'De eerste keer dat wij kwik in de bodem aantreffen, was in de Van Ostadestraat in De Pijp, een negentiende-eeuwse woonwijk,' herinnert Jan Cleij, directeur van de milieudienst van de gemeente Amsterdam, zich. 'Wat we ook deden aan studie, we snapten er niets van. Op een gegeven moment hebben we uit puur ongeloof de analyses laten herhalen. Want hoe was het in vredesnaam mogelijk dat er op zo'n plek kwik in de grond zat? Uiteindelijk zijn we er via archief-onderzoek achter gekomen dat er in de tweede helft van de 19e eeuw in de Van Ostadestraat hoedenmakers zaten. Die gebruikten vilt. En kwikchloride is een hulpstof voor de bereiding van vilt. De hoedenmakers hebben kennelijk het viltafval in hun tuin gedumpt.'

Twee verhalen, die ons een aantal dingen leren. In de eerste plaats wordt duidelijk dat 'giftschandalen' niet van vandaag of gisteren zijn en dus ook niet beperkt blijven tot moderne industrieterreinen. Daarnaast komt naar voren dat deze ellende vrijwel immer dezelfde oorzaak heeft: af-

val. Het enige dat echt verschilt is de aard van de verontreiniging en, niet te vergeten, de omvang van de vervuiling. Bij moderne gifschandalen gaat het bijna altijd om enorme hoeveelheden chemisch afval, waaronder in sommige gevallen het giftige dioxine. Via lozingen of pesticiden komt het afval in de bodem (of in rivierslib) terecht. En via de bodem belandt de verontreiniging vervolgens weer in het grondwater.

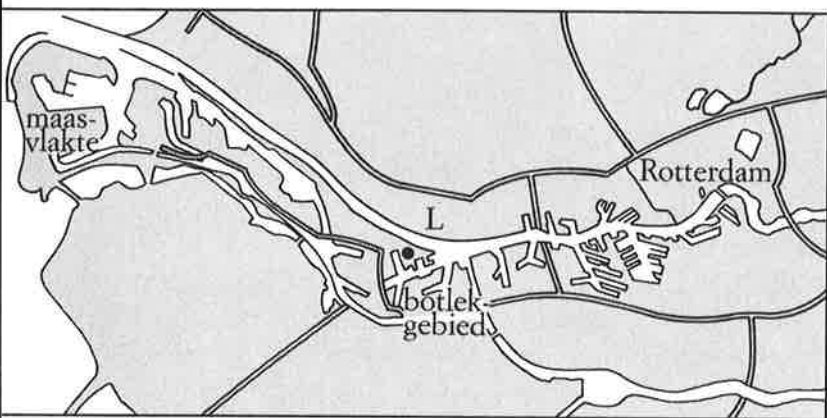
Gifbelt

De Volgermeerpolder, op het oog een idyllisch landschap maar in werkelijkheid een beerput. Het door sloten en vaarten doorsneden gebied nabij Broek in Waterland werd in de jaren '20 in gebruik genomen als vuilstortplaats. Ook Philips-Duphar dumpte er – legaal overigens – vaten vast chemisch afval, dat volgens de toentertijd heersende opvattingen als niet-giftig werd beschouwd. Tijdens routinewerkzaamheden in het voorjaar van 1980 haalden baggeraars een aantal daarvan boven water. Het bleek het begin van een omvangrijk dioxineschandaal. Op het meer dan eens als 'grootste gifbelt van Nederland' omschreven terrein liggen naar schatting tienduizend vaten chemisch afval. Als deze gaan lekken kan de inhoud langzaam in de bodem naar beneden sijpelen. En die inhoud bestaat onder andere uit gechloreerde benzenen, in de jaren '50 en '60 bij Philips-Duphar in gebruik als grondstof voor het beruchte, met dioxine verontreinigde bestrijdingsmiddel 2,4,5-T. Maar niet alleen in de Volgermeerpolder werden reststoffen geloosd; ook op de vuilstortplaats aan de Diemerzeedijk (ten oosten van Amsterdam) zijn de gevolgen van illegaal verbranden van chemisch afval merkbaar. Het gebied heeft er nu de twijfelachtige reputatie aan overgehouden een der zwaarst vervuilde gronden van Nederland te zijn.

Gelukkig valt de schade in bepaalde opzichten mee. 'Dioxinen hebben een aantal vervelende eigenschappen, maar ze hebben vanuit gezondheidsoogpunt ook een aantal goede eigenschappen,' vindt bijvoorbeeld toxicoloog Kees Olie van de Universiteit van Amsterdam. 'Dioxinen absorberen heel erg goed in de grond, ze zijn praktisch niet vluchtig en worden vrijwel niet door planten opgenomen. Ook op verontreinigde grond komt daardoor bijna niets in de groene plantedelen terecht. Dat maakt de belasting door die dioxinen in elk geval een stuk minder.' Het grootste gevaar van PCDDs in de bodem schuilt dan ook niet in de spinazie-uit-eigen-tuin, maar eerder in de tuingrond zelf (die immers – bijvoorbeeld door spelende kinderen – per ongeluk kan worden ingeslikt). Kinderen zijn in dit opzicht duidelijk een risicogroep, want ze krijgen gemiddeld per dag veel meer grond naar binnen dan volwassenen.

2.3 Problemen rond de verwerking van huisvuil

'Echte boerenkaas, op eigen bedrijf bereid uit rauwe melk. Verkoop rechtstreeks aan de consument,' luidde de wervende foldertekst van boer S. van der Kooij, veehouder te Maassluis. Tot medio 1989 was zijn kaasboerderij Maeslantsluys een bloeiend bedrijf. Al jarenlang kwamen vele vaste klanten er geregeld kaas kopen, vertelt de eigenaar. Maar na de bekendmaking van een rapport van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) veranderde de situatie radicaal. De Lickebaertpolder, domicilie van de familie Van der Kooij en verscheidene andere melkveehouders, werd het middelpunt van een nationaal schandaal. De reden stond kort en duidelijk te lezen op het plakkaat dat collega-veehouder Piet Sonneveld destijds voor zijn raam bevestigde: 'In verband met dioxine in de melk zijn wij voor onbepaalde tijd gesloten.'



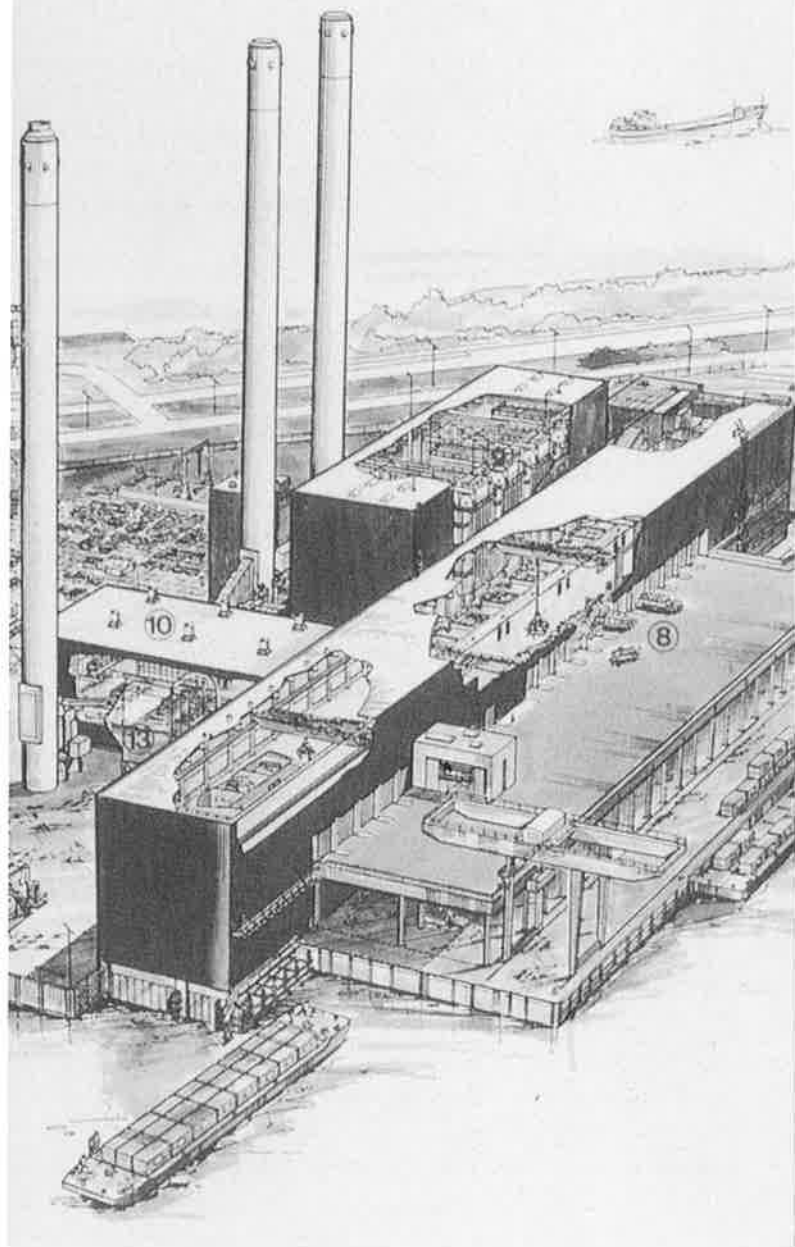
De ligging van de Lickebaertpolder (L) ten opzichte van een groot afvalverbrandingsbedrijf (stip), (AVR)

De familie Van der Kooij voert al ruim dertig jaar het beheer over de kaasboerderij. De combinatie van fraai Hollands polderlandschap en een aanzienlijke veestapel zorgde voor een goed belegde boterham. Enige jaren geleden begon boer Van der Kooij zich echter zorgen te maken over de nabijgelegen vuilverbrandingsinstallatie. Dat de kwaliteit van zijn zuivelprodukten te lijden had van de rookuitstotende buurman, achtte hij niet uitgesloten. Van der Kooij stapte daarom in 1988 met melk- en kaasmonsters naar het Centrum voor Landbouw en Milieu, een stichting van boeren en milieubeschermers. Deze instantie liet een onderzoek instellen. Toen de resultaten daarvan in de zomer van 1989 bekend werden, zag boer Van der Kooij zijn bange vermoedens bevestigd. Bij een gemiddelde consumptie van melk en kaas uit het Lickebaertgebied zou de Toegestane Dagelijkse Inname (TDI, zie blz. 82) overschreden worden. Met deze ontdekking was de affaire geenszins ten einde. Het werd een lange, hete di-

oxine-zomer, zo komt naar voren uit de toenmalige krantekoppen. Nader onderzoek naar zuivelprodukten in de omgeving van andere vuilverbrandingsinstallaties wees uit dat het ene na het andere monster niet aan de normen voldeed. Onderzoek naar mogelijke andere dioxinebronnen in de naaste omgeving is nog gaande.

Verbrandingscondities

Tijdens het verbranden van huisvuil worden uiteraard niet opzettelijk dioxinen toegevoegd, hoewel er kleine hoeveelheden vanaf het begin al aanwezig zijn in het afval en in de verbrandingslucht. Ze kunnen echter ook ontstaan bij verbranding van met name chloorhoudende resten in het afval. Onvolledige verbranding door te lage temperaturen in de oven is één oorzaak. TNO-onderzoeker Hajo Compaan: 'Dit slechte verbranden kan vele oorzaken hebben. Huisvuil is nooit homogeen van samenstelling. De ene keer is er veel papier, de andere keer veel waterhoudend materiaal, zoals groente- en etensresten en tuinafval. In dat laatste geval komt er ineens een plens water in de oven en daalt de temperatuur.' Ironisch genoeg zorgt ook de reiniging van rookgassen die ontstaan als restprodukt van het verbrandingsproces, voor dioxine-vorming. Laurent Chevalier, PR-manager van de AVR (Afval-verwerking Rijnmond): 'In de wat oudere installaties werd het verbrandingsproces door stokers in de gaten gehouden met behulp van metertjes en op basis van ervaring. Dit betekende dat handmatig werd bijgestuurd. De computer kan als dat nodig is, talloze keren per seconde bijsturen, waardoor de verbranding veel gelijkmatiger en dus beter verloopt, hoewel nooit volledig. De bottleneck zit 'm dan ook in de rookgassen. Reiniging daarvan gebeurt met speciale filters, die helaas niet tegen al te hoge temperaturen bestand zijn. Voordat het rookgas daardoor heen kan, moet het afgekoeld worden. En bij die afkoeling ontstaan dioxinen



Een modern afvalverbrandings- en verwerkingsbedrijf. (AVR)



uit de produkten van onvolledige verbranding.' De chemische reacties waarbij deze gevormd worden, vinden in hoofdzaak plaats op het vliegstof: minuscule deeltjes die door hun lage gewicht met de rook mee de schoorsteen uit geblazen worden. Het grootste deel van het vliegstof (bijna 99%) kan overigens worden afgevangen, maar een kleine hoeveelheid gaat mee de schoorsteen uit. Als deze neerslaat kan in de omgeving van zo'n vuilverbranding dus verontreiniging optreden. Zie Lickebaert.

Compaan concluderend: 'Het gaat dus om de combinatie van onvolledige verbranding en recombiniatiereacties tijdens het afkoelen van de rookgassen. Als namelijk alle afval volledig kon worden verbrand tot zoutzuur, kooldioxide en water, dan zou er bij het afkoelen van de rookgassen niets kunnen gebeuren. Maar helaas is dat niet zo, er blijven altijd restjes van allerlei onverbrande stoffen over, die weer kunnen reageren tot o.a. dioxinen.

Er wordt wel gezegd dat bij verbranding altijd wel wat dioxinen zullen ontstaan. Dat kan wel zo zijn, maar het dioxineprobleem waar we nu mee zitten, is duidelijk iets van de laatste 50 jaar. Het is een industrieel-chemisch probleem, dat ook te maken heeft met de samenstelling van het te verbranden afval. En die speelt wel degelijk een rol.'

2.4 De verbranding van chemisch afval

Voor de verbranding van chemisch afval zijn speciale ovens nodig; in tegenstelling tot gewoon huisvuil bevat chemisch afval immers een veel hogere concentratie aan (potentieel) toxische stoffen. De draaitrommeloven is de meest gebruikte verwerkingsinstallatie. Dit type oven is in feite een soort 'koekblik dat op z'n kant ligt', zoals Laurent Chevalier van de AVR-Chemie (de chemisch-afvalpoot

bestanddeel	ongereinigd *	maximaal toegestane emissiewaarde RV'89 mg/Nm ³
	mg/Nm ³	
totaal stof	4000 - 10000	5
HCl (zoutzuur)	400 - 2000	10
HF (fluorwaterstofzuur)	3 - 20	1
SO ₂ (zwaveldioxide)	100 - 800	40
NO _x (stikstofoxiden)	300 - 500	70 (lastig !)
giftige metalen	10 - 20	1,0
Hg (kwik)	0,2 - 1,0	0,05 (lastig !)
Cd (cadmium)	0,2 - 0,5	0,05
CO (koolmonoxide)	30 - 2000	50
organ. stoffen (als C)**	1 - 10	10
totaal PCDD/F	200 - 2000 ng/m ³	
totaal T17PCDD/F(TEQ)	5 - 100 ng/m ³	0,1 ng/m ³ (lastig !)

* *ongereinigd geeft de samenstelling van het rookgas ná een elektrostatisch reinigingsfilter (zg. 'electrofilter')*

** *in deze fractie bevinden zich tal van deels nog onbekende, deels zeker giftige stoffen*

De samenstelling van rookgassen uit afvalverbrandingsinstallaties (bron: VROM, TNO).

van de AVR) het noemt. Dit blik draait langzaam rond, zodat afvalstoffen van alle kanten met de warmtebron in aanraking kunnen komen, 'net of je een kip aan het spit ronddraait.' De capaciteit voor het verbranden van chemisch afval op land was en is nog steeds zeer beperkt. Het is dan ook een bijzonder dure manier van vuilverwerking. Verbranding van chemisch afval op zee werd daarom tot voor kort als een goede, zij het tijdelijke, uitwijkmogelijkheid gezien.

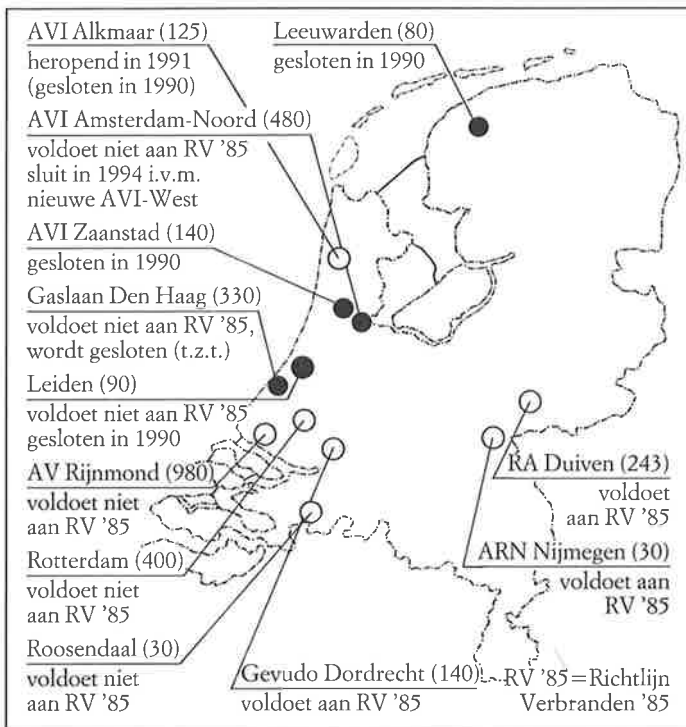
Tot het eind van de jaren '60 werd chemisch afval met een hoog chloorgehalte gewoon in zee gestort. Een op z'n zachtst gezegd weinig elegante oplossing. De verbranding

Huisvuilverbranding

Bij het verbranden van huisvuil worden schadelijke stoffen opgeruimd terwijl het volume van het afval aanzienlijk vermindert. Grijpers brengen het huishoudelijk en bedrijfsafval naar de toevoertrechters van zogenaamde roosterovens. In deze roosterovens vindt de verbranding plaats. Een roosteroven bestaat (meestal) uit een aantal schuingeplaatste, draaiende walsen. Het afval rolt over de walsen naar beneden en verbrandt. De gemiddelde verbrandingstijd ligt tussen een half uur en drie kwartier bij een temperatuur van 800°C tot 1100°C. Bij sommige installaties wordt het verbrandingsproces nauwkeurig geregistreerd door computers.

De hete gassen die bij de verbranding ontstaan, stijgen in de oven omhoog en staan hun warmte af aan met water gevulde ketels. Daarbij wordt water omgezet in stoom, die wordt afgevoerd naar de eigen centrale voor de produktie van elektriciteit. Een deel van de warmte van de stoom kan ook gebruikt worden voor het maken van bijvoorbeeld gedestilleerd water.

Bij het verbranden van afval blijven restprodukten over: fijne stofdeeltjes (vliegias), slakken en schroot. Elektrostatische filters verwijderen het vliegias uit de rookgassen, die daarna nagenoeg stofvrij de schoorsteen verlaten. Slakken en schroot vallen aan het eind van het verbrandingsrooster in een koelbad en worden met een transportband afgevoerd naar de reststofverwerkingsinstallatie. Het verontreinigde vliegias wordt in gecontroleerde stortplaatsen gedeponeerd. Het koelwater wordt via een zuiveringsinstallatie afgevoerd naar het oppervlaktewater. Al deze reststoffen bevatten in meerdere of mindere mate dioxinen, naast tal van andere giftige stoffen.



De huisvuilverbrandingsinstallaties in Nederland. (NRC-Handelsblad met gegevens van TNO en VROM)

Begin 1990 had Nederland nog 12 AVIs voor huishoudelijk afval met een totale verwerkingscapaciteit van ca. 3 Mton/jaar. Deze capaciteit dient in het jaar 2000 opgevoerd te zijn tot ca. 8 Mton/jaar. Door drie AVI-sluitingen in 1990 is voorlopig echter de capaciteit gedaald in plaats van gestegen.

van chemisch afval op zee, die vanaf '68 in zwang raakte, betekende dan ook zeker een verbetering ten opzichte van de oude situatie. Maar dat is natuurlijk relatief, want ook deze techniek had een slecht imago bij het publiek. Als uitvloeisel daarvan begonnen diverse grote milieu-organisaties (Greenpeace, Friends of the Earth) in de vroege jaren '80 met succes acties tegen de vuilverbranding op zee. Wytze van der Naald van Greenpeace over de redenen daarvoor: 'Afvalverbranding op zee beschouwden velen vanaf 1960 als een aantrekkelijk alternatief voor verbranding op land omdat die laatstgenoemde manier te gevaarlijk was, en omdat zeeverbranding uit het zicht van kritische pottenkijkers plaats kon vinden. Gelukkige bijkomstigheid voor diegenen die afval kwijt wilden, was bovendien dat er aan deze vorm van afvalverwerking minder eisen werden gesteld; rookgasreiniging was bijvoorbeeld niet verplicht, men kon gebruik maken van lagere schoorsteenpijpen e.d. Met als gevolg dat een enorme hoeveelheid giftige stoffen werd verspreid. Je kent de plaatjes wel: een klein scheepje midden op zee, met een gigantische rookpluim achter zich. Toen bekend werd dat het leven in zee behoorlijk te lijden heeft van die uitstoot en dat zich bovendien vuil op de zeebodem ophoopt, stond voor ons vast dat een halt moest worden toegeroepen aan deze praktijken.'

Harde bewijzen voor de aanwezigheid van die giftige stoffen en de schade die zeeverbranding zou aanrichten zijn overigens nooit geleverd, ondanks tal van onderzoeken naar de mogelijke milieu-effecten. Aan de andere kant is óók onvoldoende onderzoek gedaan om de 'onschuld' ervan onomstotelijk vast te stellen. Voordat een definitief oordeel geveld kon worden was de techniek onder internationale druk al van het toneel verdwenen. Eind 1990 werden de laatste verbrandingen op zee uitgevoerd. De ver-

brandingsschepen zijn ondertussen verkocht en omgebouwd.

2.5 Overige verbrandingsprocessen: uitlaatgassen, sigaretterook, open haard en barbecue

Waar rook is, is niet alleen vuur, maar vermoedelijk ook dioxine. Bij elk verbrandingsproces komt namelijk wel een geringe hoeveelheid dioxine vrij, hoe verwaarloosbaar klein ook. Zelfs de open haard, symbool van huiselijkheid en gezelligheid, levert kleine hoeveelheden, doordat elk houtblok wel een beetje chloor bevat. Is dat hout geïmpregneerd met conserveringsmiddelen of verfstoffen, dan stijgt de hoeveelheid dioxine die vrijkomt bij verbranding.

Sigaretterook haalde enige jaren geleden de pers omdat het veel dioxine zou bevatten. De opwinding was echter niet helemaal terecht; onderzoek heeft ondertussen uitgewezen dat het roken van 20 sigaretten per dag een dosis van maximaal 3 picogram per dag oplevert! Weinig dus (zie 3.2).

Bij uitlaatgassen – ook een veelvoorkomend verbrandingsprodukt – is sprake van een zekere tegenstrijdigheid. Enerzijds is loodhoudende benzine een forse bron van dioxinen. Deze brandstof bevat namelijk dichloorethaan en dibroomethaan, stoffen die het lood moeten binden. In de motor van de auto worden hieruit dioxinen gevormd, de uitlaat zorgt voor verspreiding in het milieu. Anderzijds is loodhoudende benzine nu echter sterk op z'n retour, zodat we ons hierover niet al te veel zorgen meer hoeven te maken. Het probleem lost zichzelf op. Een groter gevaar vormen volgens een RIVM-medewerker de kleine, niet zelden illegaal opererende autosloperijen, waar

Verbrandingsinstallaties voor:

huisvuil
bedrijfsafval
chemisch afval
ziekenhuisafval
zuiveringsslib

Houtkachels, allesbranders

Open afvalverbranding

Bosbranden

Branden in gebouwen en opslagplaatsen, waarbij PVC, chemicaliën
en/of chloorhoudende dakbedekking zijn betrokken

Kabels schoonbranden

Verstoken van afvalolie in kassen en op schepen

Automotoren die lopen op lood-houdende benzine

Thermische grondreiniging

Productie en gebruik van vele chemicaliën

Bleken van houtpulp voor papierproductie

Produceren en zuiveren van metalen:
aluminium, nikkel, magnesium

Lekwater uit vuilstorten

Natuurlijke vorming ?

Verschillende dioxine-bronnen (diverse literatuur-bronnen).

onder ongecontroleerde omstandigheden chloorhoudende materialen worden verbrand. Maar het gaat, zelfs bij deze praktijken, hoe dan ook om uiterst kleine hoeveelheden. Wel kan dit lokaal tot sterke bodemverontreiniging leiden. Bovendien is aanzienlijke blootstelling van illegale verbranders aan dioxine niet uitgesloten.

2.6 Het bleken van papierprodukten als dioxine-bron

‘Ik kan mijn kind toch niet 24 uur per dag, drie jaar lang een chemisch verontreinigde lap om doen?’ klaagde een bezorgde moeder begin 1989 in een landelijk ochtend-

blad. Oorzaak van haar verontrusting: in luiers (maar ook in tampons, inlegkruisjes en andere gebleekte, aan papier verwante produkten) waren minieme concentraties dioxine aangetroffen. Drs. A. Klinkenberg van de Stichting Natuur en Milieu legt uit: 'De grondstof voor papierprodukten als luiers en koffiefilters is cellulose. In ruwe staat is dat spul bruinig. Omdat de consument 'frisse' witte artikelen wenst, wordt deze grondstof gebleekt. Dat kan op verschillende manieren: met het agressieve chloorgas, met chloordioxyde of met waterstofperoxyde. Bij bleiking met chloorhoudende middelen komen er altijd kleine hoeveelheden dioxine vrij. Als het bleken met waterstofperoxyde gebeurt niet, maar dan blijven de produkten wel een beetje gelig. Dat werd tot nu toe een nadeel gevonden.' De hoeveelheid dioxine die op deze manier ontstaat is overigens uiterst gering. Amerikaanse onderzoekers maakten bijvoorbeeld de volgende vergelijking: als je velletjes (gebleekt) papier op elkaar legt van de aarde tot de maan, dan zit daar slechts ter dikte van een muntstuk dioxine in.

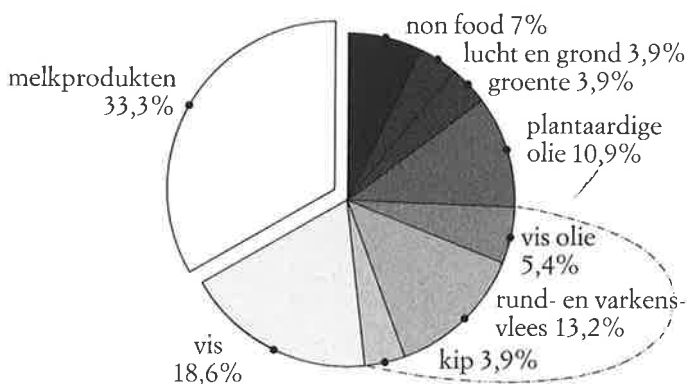
De gevonden concentraties zijn dan ook dermate klein dat geen gevaar bestaat voor de volksgezondheid. Het milieu kan echter wel degelijk schade ondervinden van bleekprocessen met chloor. In Zweden, een land met een vrij omvangrijke papierindustrie, had de lozing van vervuild afvalwater een aantal jaren geleden verontreiniging van rivieren en van de Botnische Golf tot gevolg. Dit leidde weer tot hoge dioxinegehalten in de daarin aanwezige vis. De Zweedse regering gaf daarom opdracht spierwitte luiers uit de handel te nemen.

Ondertussen heeft de papierindustrie van de nood ten dele weer een deugd weten te maken: trotse advertenties vermelden de produktie van een 'gele' luier, terwijl ook de ongebleekte koffiefilters zich een plaats op de winkelschappen hebben weten te veroveren.

2.7 Dioxinen in voedingsmiddelen

Nederlanders zijn, zo wil de populaire beeldvorming, een volk van melkdrinkers. En zo hoort het ook, vinden de reclamejongens: Melk Moet. Toch heeft het imago van melk de afgelopen jaren een forse deuk opgelopen. Want melk is, net als een aantal andere voedingsmiddelen, een relatief belangrijke bron van dioxinen voor de mens.

Doordat dioxinen vooral in vetweefsel worden opgeslagen, vormen met name dierlijke vetten een risico. Binnen het Nederlandse voedselpakket zijn zuivelprodukten de voornaamste leveranciers van dioxine. Via (vooral) de uitstoot van rookgassen komt het vaderlandse stamboekvee met het gif in aanraking. 'Een koe,' benadrukt toxicoloog Kees Olie, 'werkt als een soort stofzuiger; per dag wordt zo'n 60 m² weiland afgegraasd, en alles wat zich op het gras bevindt gaat mee naar binnen. En kan dus in de melk terechtkomen.'



De verschillende bijdragen aan de blootstelling van de gemiddelde Nederlander aan dioxinen. (Bron: RIVM, Chemisch Magazine).

Maar niet alleen melk is een potentiële dioxinebron. In Scandinavië kan (in extreme gevallen) bijvoorbeeld tot zo'n 75% van alle dioxinen waar de mens mee in aanraking komt afkomstig zijn uit vis. Dit houdt uiteraard verband met het voedingspatroon; Scandinaviërs zijn nu eenmaal grote viseters. Nederland scoort wat visconsumptie betreft echter niet hoog, en bovendien blijkt dioxine-vervuiling in de vis hier nauwelijks een probleem te zijn. Toxicoloog Kees van der Heijden van het RIVM: 'We hebben paling geanalyseerd uit het Volgermeergebied en uit het vervuilde Noordzeekanaal. Het dioxine-percentages was absoluut niet verontrustend. Overigens is het niveau van giftige metalen en PCBs wel zorgwekkend, maar dat is een ander verhaal.'

Of ook andere voedingsmiddelen een substantiële bijdrage leveren aan onze dioxine-inname is op dit moment niet bekend. Bij het RIVM loopt daarom een grootschalig onderzoek naar deze vraag. Een RIVM-onderzoeker: 'Verborgen vetten (vetten die je niet onmiddellijk als zodanig herkent, bijvoorbeeld vetten in koekjes e.d.) zouden wel eens een bron van dioxinen kunnen zijn: heel veel van onze vetconsumptie komt uit dat soort produkten, en wat daar precies in zit...? De plantaardige oliën, die een belangrijk aandeel leveren, zijn vermoedelijk onschuldig. Maar visolie is op dit moment de grote onbekende. Dat is dan ook in onderzoek.' Erg verontrustend of verrassend zullen de uitkomsten van het onderzoek niet zijn, vermoedt men. Men schat dat ongeveer $\frac{1}{3}$ e deel van onze dioxine-opname afkomstig is van zuivelprodukten, $\frac{1}{3}$ e deel halen we uit vlees (inclusief vis en kip) en het overgebleven derde deel bestaat uit 'een zootje ongeregeld', waaronder bodemverontreiniging, luchtverontreiniging, sigaretten en, wie weet, andere voedingsmiddelen.

RISICO'S EN GEVAREN

'Alle dingen zijn giftig en er is niets dat geen gif is; alleen de dosis zorgt ervoor dat iets niet giftig is,' schreef de Zwitserse arts Paracelsus in de zestiende eeuw. Deze woorden zijn de grondslag van de toxicologie (vergiftenleer).

Het woord toxicologie is afgeleid van het Griekse toxicon (gif). Giftige stoffen kunnen overal voorkomen: in mens, dier, plant en milieu. Vooral planten maken een enorme verscheidenheid aan giftige stoffen. De activiteiten van de moderne mens zorgen voor nog een extra dosis gifstoffen in het milieu. Gif is dus overal; een weinig opwekkende gedachte.

Het is de taak van toxicologen om te bepalen welk risico ontstaat bij blootstelling aan een bepaalde stof. De blootstelling wordt bepaald door de hoeveelheid van de stof waarmee het organisme in aanraking komt en de tijd dat dat duurt. Het effect wordt dan tenslotte bepaald door de schadelijkheid van de stof en de gevoeligheid van het organisme in kwestie.

Hoe bepalen toxicologen nu bijvoorbeeld het risico voor mensen? Proefdieren spelen een belangrijke rol in dit proces. Uitgaande van resultaten van proefdieronderzoek wordt een schatting gemaakt van het risico dat de mens

loopt, waarbij altijd een veiligheidsmarge in acht wordt genomen. Betreft het geneesmiddelen of voedingsadditieven, dan moet de bewuste stof soms nog op mensen (proefpersonen) worden uitgetest. Vrijwilligers krijgen gedurende de proef een bepaalde, naar alle waarschijnlijkheid niet-giftige dosis van de stof toegediend. Via bloed-, urine- en ontlastingscontroles komen toxicologen te weten wat de stof in het menselijk lichaam doet. Zij kunnen dan in veel gevallen overgaan tot risicobepaling.

Gaat het echter om een (naar vermoed) extreem giftige stof als dioxine, dan gebeuren dergelijke experimenten op mensen – zeker in Nederland – niet. En dat maakt het nu juist zo moeilijk om tot een verantwoorde risicoschatting te komen. Toxicologen kunnen in dergelijke gevallen hooguit putten uit de medische gegevens van slachtoffers van industriële ongelukken en andere calamiteiten.

stof	soort stof	LD ₅₀ in µg/kg
Botuline	van een bacterie in vervuild water	0,000 03
Tetanus-toxine	van de tetanus-verwekker (eiwit)	0,000 1
Difterie-toxine	van de difterie-verwekker (eiwit)	0,3
Palytoxine	gif van een kwalensoort (géén eiwit)	0,45
Tetrodotoxine	gif van een tropische vis (géén eiwit)	15
Sarin	synthetisch zenuwgas	200
2,3,7,8-TCDD	synthet. organ. chloorverbinding	300
Strychnine	sinds lang bekend plantaardig gif	500
Aflatoxine	gif van de pinda-schimmel	600
parathion	synthetisch insecticide	3000
natriumcyanide	synthetisch	10000
PCB's	synthetische organ. chloorverbind.	3000-30000?
DDT	synth. organochloor insecticide	113000
lood	giftig metaal	120000
2,4,5-T	synth. organochloor herbicide	370000

Acute orale giftigheid van enkele verschillende chemische stoffen voor de muis, opgegeven als LD₅₀ in µg/kg (div. bronnen).

In het geval van dioxine hadden de deskundigen inderdaad dergelijke gegevens ter beschikking. Vooral de medische dossiers van getroffen en in het Italiaanse Seveso leverden een schat aan informatie. Het Italiaanse onderzoek is nu voorlopig afgesloten en kort geleden zijn de uitkomsten bekend gemaakt. Deze resultaten wijzen in een geruststellende richting; vermoedelijk is de mens minder gevoelig voor de effecten van dioxine dan tot nu toe werd gedacht. Zelfs zuigelingen – de voornaamste risicogroep – lijken weinig gevaar te lopen. Want hoewel de hoeveelheid dioxine in moedermelk de als gevaarlijk beschouwde concentratie nog steeds ver te boven gaat, denkt men voorlopig te mogen concluderen dat ook baby's hierdoor niet of nauwelijks schade ondervinden.

3.1 Biochemische achtergronden

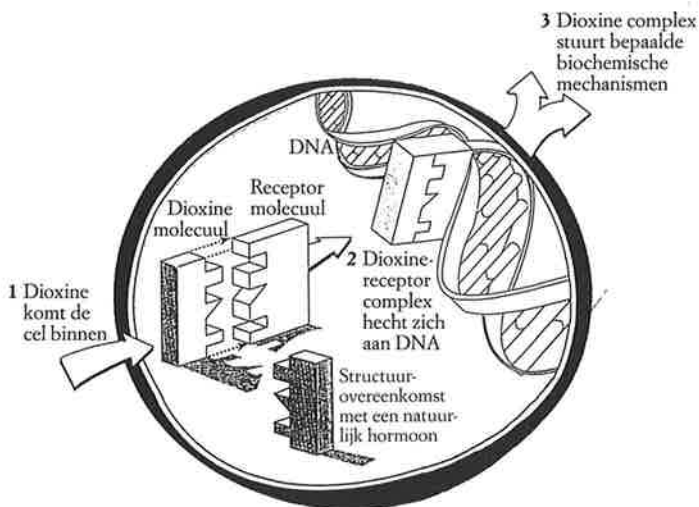
Op zijn tocht door de organen van ons lichaam heeft dioxine iets van een undercover-agent, de infiltrant-in-burger die in Amerikaanse politieseries de vervelende karweitjes mag opknappen. Met dien verstande dat de good guys zich in dit geval aan de andere kant van de streep bevinden; zij – de eigen lichaamscellen – proberen met man en macht de kwade dioxine-genius buiten de deur te houden. Wat zijn vermomming betreft steekt het dioxinemolecuul in elk geval zijn stille collega's de loef af. Dioxine doet vaak niet onder voor 'the real thing' en kan in veel gevallen moeiteloos doorgaan voor een écht hormoon.

Dioxine bindt zich aan alle 'bekledende' cellen in het lichaam. Die bevinden zich onder andere aan de binnenkant van de mond, de binnenkant van de longen, op de huid en – vooral – in de lever. In deze bekledende cellen bevinden zich receptoren, die het dioxine verder transport

teren. Waarop de schadelijke werking van dioxine nu exact berust is nog een raadsel. De meest recente theorie gaat ervan uit dat het dioxine-receptor complex zich op meerdere plaatsen aan het erfelijk materiaal, het DNA, kan hechten. Op het DNA kunnen bepaalde genen worden aangezet tot enzymproductie. Deze verhoging van enzymproductie heet inductie. Dit tē harde werken kan schade berokkenen aan de cel en in het ergste geval zelfs kankerbevorderend werken (zie ook 3.3).

Hormonen

In zekere zin functioneert het dioxine-receptor complex op een manier die geheel vergelijkbaar is met die van hormonen (hormonen zijn stoffen die activerend of remmend werken op andere stoffen of organen). Toxicoloog Kees van der Heijden van het RIVM: 'Als je bepaalde (natuurlij-



*Een mogelijk mechanisme voor de giftige werking van dioxinen.
(Vrij naar: American Journal of Industrial Medicine)*

ke) hormonen aan dieren toedient, dan krijgen ze ook tumoren. Het verschil in werking zit 'm waarschijnlijk in het feit dat de binding van het dioxine-receptor complex zo sterk is; het dioxine-receptormolecuul is bijna niet meer los te krijgen. Het wint daardoor de competitie met echte hormonen. En de winnaar bepaalt ook de werking.'

Door het dioxine als een hormoon te beschouwen kunnen plotseling een heleboel effecten van de stof worden verklaard. Veranderingen in de spijsvertering bijvoorbeeld, het sterke vermageren dat kenmerkend is voor veel slachtoffers, maar ook leverafwijkingen of veranderingen in de vruchtbaarheid.

Verbazingwekkend genoeg hoeft de hormoonachtige structuur niet altijd slecht uit te pakken. Bij sommige diersoorten is geconstateerd dat dieren die lijden aan borstkanker baat kunnen hebben bij dioxine! Dioxinen kunnen namelijk invloed uitoefenen op hormonen die bij de menstruatiecyclus zijn betrokken; zij hebben een anti-oestrogene werking. En omdat oestrogeen de borstcelgroei (en dus ook de ontwikkeling van borsttumoren) stimuleert, kunnen zij dus een eventuele kankergroei remmen. Voor één onderzoeksteam was deze onverwachte vondst aanleiding een onderzoek te starten naar stoffen die qua structuur op dioxine lijken, maar minder giftig zijn. Zij hopen hiermee een bijdrage te kunnen leveren aan de strijd tegen (borst)kanker. Kees van der Heijden: 'In kankeronderzoek met proefdieren zie je rare dingen. Dioxine remt inderdaad bepaalde vormen van kanker. Het zou dus best wel eens een stof kunnen zijn die ook een gunstig effect kan hebben. Misschien is dit een gevolg van de geconstateerde veranderingen in het metabolisme (spijsvertering). Als je ratten op een dieet zet, waarbij ze zo'n 5% minder voedsel krijgen, dan ontwikkelen ze ook minder tumoren.'

Gevoeligheid

Verschillen in dioxine-gevoeligheid tussen de diverse diersoorten houden verband met een aantal factoren. In de eerste plaats bindt het dioxine-receptor molecuul niet even goed aan alle DNA. Daarnaast is de stofwisseling van de betreffende diersoort van belang: als een stof slechts met moeite uit het lichaam verwijderd kan worden, verhoogt dat de toxiciteit. Dioxinen hopen zich dan op in het lichaam en hoe langer zij in het lichaam zijn, hoe langer zij hun werking kunnen uitoefenen. De cavia is bijvoorbeeld een diersoort die vrij slecht in staat is om dioxinen uit te scheiden en dan ook een grote gevoeligheid vertoont. Toxicoloog Martin van den Berg van de RU Utrecht: 'Chronische toxiciteit heeft in feite twee steunpilaren: enerzijds de biochemische respons, het signaal dat wordt afgegeven op moleculair niveau, en anderzijds de ophoping in het lichaam of, anders gezegd, de mate waarin een giftige stof al dan niet wordt uitgescheiden.' Bij die stofwisseling speelt ook de verspreiding van dioxine in het lichaam een rol. Deze beïnvloedt op zijn beurt namelijk weer de halfwaardetijd (de tijd die nodig is om de helft van de aanwezige hoeveelheid af te breken dan wel uit te scheiden).

proefdier	LD ₅₀ in µg/kg	
forel		0,06
cavia	mnl.	0,6
rat	mnl.	22
kip		25 - 50
hond	mnl.	30 - 300
aap	vrl.	< 70
konijn		115
muis	mnl.	< 150
kikvors		1000
syrische hamster		1160

Giftigheid van 2,3,7,8-TCDD voor verschillende proefdieren.

Dioxinen en schildklierhormoon

Met name het schildklierhormoon heeft een structuur die sterk lijkt op die van dioxinen en ook van dioxine-achtige PCBs. Dit in de schildklier aangemaakte hormoon speelt een rol bij processen elders in het lichaam. Om zich van de schildklier naar andere organen te verplaatsen, maakt het gebruik van transport-eiwitten. Deze binden zowel schildklierhormoon als vitamine A; voor een goed functioneren van bepaalde lichaamsfuncties dienen beide stoffen in balans te zijn. Zij oefenen namelijk een tegengestelde werking uit: vitamine-A remt de werking van schildklierhormoon en omgekeerd.

Omdat dioxinen (en ook sommige PCBs) zo lijken op het schildklierhormoon, kunnen zij een plaatsje veroveren op de transport-eiwitten. Hierdoor ontstaat een tekort aan schildklierhormoon in het lichaam; het vrije schildklierhormoon kan zich immers niet meer binden en wordt snel uitgescheiden via de gal. Weliswaar zal de schildklier hierop reageren door meer hormoon te produceren, maar doordat dit hormoon geen vrije receptoren tot zijn beschikking heeft, sorteert dit nauwelijks effect. Pas na vrij lange tijd kan de hormoonbalans weer worden hersteld. De overuren die de schildklier ondertussen heeft moeten draaien, kunnen aanleiding geven tot klachten. In het ergste geval ontstaan tumoren. Bovendien heeft de aanvoer van vitamine A te lijden.

3.2 De (schijn)zekerheid van een dioxinenorm

Chlooracne, een vervelende en behoorlijk hardnekkige huidaandoening, is verreweg de meest voorkomende klacht bij blootstelling aan dioxine. Pas in 1957 kon door de Duitse dermatoloog Karl Schulz worden vastgesteld dat inderdaad dioxine verantwoordelijk is voor het ontstaan. Na een ongeluk in het Duitse chemieconcern Boeh-

ringer bleek alras dat er een verband moest bestaan tussen chlooracne en de verbinding TriChloorPhenol (TCP, zie ook 2.1). Om dit verband daadwerkelijk aan te tonen, bracht Schulz druppels TCP van verschillende zuiverheid aan op konijneoren. De meest zuivere TCP veroorzaakte echter geen huidirritaties; uitsluitend bij verontreinigde TCP ontstond uitslag. Daardoor werd duidelijk dat chlooracne wordt veroorzaakt door een verontreiniging van TCP. Om de bewuste verontreiniging te kunnen isoleren, begon Schulz aan een ware monnikenarbeid: hij startte een onderzoek naar alle mogelijke verbindingen die gevormd zouden kunnen worden bij de fabricage van TCP (en dat waren er meer dan 100!). Tot zijn teleurstelling reageerden de konijnen echter op geen van de onderzochte stoffen. De ontdekking van de oorzaak van chlooracne be-



De door dioxinen veroorzaakte huidaandoening 'chlooracne'. (ANP)

rust uiteindelijk op stom toeval: een laboratoriumassistent van Schulz die bezig was met het uittesten van een nieuw houtconserveringsmiddel, kreeg daar per ongeluk wat van in het gezicht geblazen. Hij kreeg chlooracne. De naam van het schuldige bestanddeel van dit conserveringsmiddel: 2,3,7,8-TCDD, kortweg dioxine.

Veiligheidsmarge

Nu de toxische stof eenmaal was geïdentificeerd begonnen de problemen pas goed. Want hoe moest nu worden vastgesteld hoe giftig dioxine eigenlijk is? Zoals gebruikelijk is in de toxicologie werd daarbij allereerst gekeken naar de zogenaamde LD₅₀: de lethale (= dodelijke) dosis die de helft van een groep proefdieren doodt binnen een afgesproken tijd. Tussen 1973 en 1978 werd voor acht diersoorten de LD₅₀ van dioxine vastgesteld. Deze bleek per soort behoorlijk te verschillen. De cavia vertoont de grootste gevoeligheid, met een LD₅₀ van 0,6 microgram per kilo lichaamsgewicht (in geval van een orale dosis). Het minst gevoelige proefdier bleek de hamster (met een LD₅₀ die ongeveer 2000 keer zo hoog ligt).

Hoe kan men de uitkomsten van proefdieronderzoek 'vertalen' naar de mens toe? De enorme verschillen in LD₅₀ geven al aan dat dit een moeilijke kwestie is. Bij het vaststellen van een dioxine-norm werd in eerste instantie de gebruikelijke toxicologische procedure gevolgd: om te beginnen bepaalde men bij welke dosis dioxine bij ratten geen effecten meer oproept. Daarna werd gesteld dat de mens een factor 10 gevoeliger is dan de rat. Tenslotte ging men ervan uit dat er mensen zijn die 10 maal gevoeliger zijn dan het gemiddelde. En omdat 10 maal 10 honderd is, kom je dan uit op een veiligheidsmarge van 100: de dosis dioxine die een mens per dag binnen mag krijgen is (in verhouding) 100 maal lager dan die van een rat. Omdat niet

zeker was of de laagst mogelijke veilige dosis uit de oorspronkelijke proeven ook inderdaad de allerlaagst mogelijke veilige dosis was, met name omdat er zulke grote verschillen zijn in de gevoeligheid van verschillende proefdieren, viel uiteindelijk het besluit om de marge zelfs te verhogen tot 250. In de praktijk komt dit neer op een toegestane dagelijkse inname van 4 picogram (zie blz. 93) dioxine per kilo lichaamsgewicht.

Critici hebben hier tegenin gebracht dat de rat in verhouding helemaal niet zo'n gevoelig proefdier is. De cavia reageert immers veel sterker op dioxine dan de rat. Is de rat wel zo'n goeie maatstaf voor risicobepaling bij de mens? Toxicoloog Kees van der Heijden van het RIVM: 'Er is gekeken naar de meest relevante afwijkingen. En dat zijn leverafwijkingen en kanker. Voor die proeven zijn cavia's helemaal niet geschikt, omdat ze, vreemd genoeg, bijna geen kanker krijgen. Daarom is voor de rat als proefdier gekozen. Of we daar goed aan hebben gedaan, weten we natuurlijk nooit zeker. Maar dertig of veertig jaar wachten met een norm om te kijken wat er met dioxine-slachtoffers gebeurt is uiteraard ook niet verantwoord.'

Vrijwilligers

Sinds de ontmaskering van dioxine als oorzaak van chlooracne, is een paar maal op mensen geëxperimenteerd. Zo gebruikte Karl Schulz kort na de ontdekking zichzelf als proefkonijn door wat dioxine op zijn linkerarm te smeren. Zijn vermoedens werden door deze proef bevestigd: hij kreeg inderdaad een (vrij ernstige) vorm van chlooracne. Uitgebreider waren de experimenten die in de jaren zestig plaats vonden met een aantal Amerikaanse gevangenen. Aangelokt door een financiële vergoeding en de belofte van betere levensomstandigheden, meldden zij zich aan als 'vrijwilliger' voor een aantal proefnemingen. De door

opdrachtgever Dow Chemicals aangezochte deskundigen gingen daarbij echter niet al te wetenschappelijk te werk. Eerst kregen de gevangenen doses die varieerden van 0,2 tot 8,0 microgram (hoeveelheden die op konijnneoren chlooracne veroorzaken) aangebracht op de huid van rug of voorhoofd. Geen van de vrijwilligers kreeg uitslag, ook niet nadat twee weken later een tweede dosis werd aangebracht. Bij een later experiment waarbij een tiental gevangenen betrokken was, ging het om een aanzienlijk hogere dosis: 7500 microgram (een hoeveelheid die – niet erg zorgvuldig – was vastgesteld door de voor de proeven in totaal beschikbare hoeveelheid dioxine simpelweg door tien te delen). Alle tien betrokkenen kregen chlooracne. Conclusie: de minimum-dosis dioxine die chlooracne veroorzaakt ligt ergens tussen de 8 en 7500 microgram!

Meer houvast bieden de uitkomsten van epidemiologisch onderzoek onder Seveso-slachtoffers. Inwoners van dit Noord-Italiaanse stadje werden in 1976 blootgesteld aan een extreem hoge dosis dioxine (zie 2.1). Binnen enkele maanden na het ongeluk werden bloedmonsters verzameld van getroffenen. Te zamen met de analyse van vet- en orgaanweefsel werd gedetailleerd onderzoek mogelijk naar de reacties van mensen op dioxine en dioxine-achtige stoffen. Verheugend genoeg blijkt dioxine een van de giften waarvoor mensen aanzienlijk minder gevoelig zijn dan de meeste proefdieren. Zelfs extreem hoge concentraties in het vetweefsel hebben bijvoorbeeld niet tot een toename van het aantal kankergevallen geleid. Een internationaal gezelschap van onderzoekers kwam daarom eind 1990 tot de vrij opzienbarende conclusie dat de huidige norm (van 4 picogram per kilo lichaamsgewicht) best omhoog zou kunnen. Zelfs een dagelijkse inname van 10 picogram per kilo lichaamsgewicht – dus 600 picogram voor de gemiddelde Nederlander – achtte men ongevaarlijk. 'Tk

ben liever een mens dan een cavia in de Lickebaertpolder,' aldus toxicoloog Kees van der Heijden.

Kanttekening

Bovengenoemde onderzoeksresultaten lijken aanleiding te geven tot een zeker optimisme, maar niettemin is een kanttekening op zijn plaats. Bij het vaststellen van de toxische dosis, moet namelijk niet alleen rekening worden gehouden met een eenmalige hoge dosis (zoals het geval was bij de ramp in Seveso), maar dient ook gelet te worden op de gevolgen van continue blootstelling aan geringe hoeveelheden. Dioxine hoopt zich in het lichaam op. Wat zouden de gevolgen van zo'n opstapeling kunnen zijn? Bram Brouwer, toxicoloog aan de Landbouwniversiteit Wageningen: 'Vermoedelijk lopen die organen die trachten de werking van dioxine in het lichaam te compenseren of ongedaan te maken en die daardoor langdurig te hard moeten werken, het grootste risico. Hierdoor ontstaan weliswaar geen directe klachten, maar dit kan op de lange duur wel degelijk nadelige gevolgen hebben.'

Een bijkomend probleem van het Seveso-onderzoek is het feit dat uitsluitend de blootstelling aan één bepaald type

dioxine	LD ₅₀ in µg/kg
2,3,7 - T3CDD	29400
2,3,7,8 - T4CDD	2
2,3,7,8 - T4CDF	5 - 10
1,2,3,7,8 - P5CDD	3
2,3,4,7,8 - P5CDF	5 - 10
drie x,y,2,3,7,8 - H6CDDs	60 - 100
1,2,3,4,6,7,8 - H7CDD	> 600
1,2,3,4,6,7,8,9 - O8CDD	ca. 2000 ?

*Giftigheid van verschillende dioxinen voor de vrouwlijke Cavia.
(LD₅₀, éénmalige dosis; div. bronnen).*

dioxine – 2,3,7,8-TCDD – is nagegaan. In de praktijk worden mensen bijna altijd geconfronteerd met mengsels, die verschillende soorten dioxine bevatten. Toxicologisch onderzoek richt zich dan ook in toenemende mate op de effecten van diverse combinaties van gevaarlijke stoffen over een langere periode.

Verbinding	TEF
DIOXINEN	
2,3,7,8 - T4CDD	1
1,2,3,7,8 - P5CDD	0,5
1,2,3,4,7,8 - H6CDD	0,1
1,2,3,6,7,8 - H6CDD	0,1
1,2,3,7,8,9 - H6CDD	0,1
1,2,3,4,6,7,8 - H7CDD	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9 - O8CDD	0,001
FURANEN	
2,3,7,8 - T4CDF	0,1
1,2,3,7,8 - P5CDF	0,05
2,3,4,7,8 - P5CDF	0,5
1,2,3,4,7,8 - H6CDF	0,1
1,2,3,6,7,8 - H6CDF	0,1
1,2,3,7,8,9 - H6CDF	0,1
2,3,4,6,7,8 - H6CDF	0,1
1,2,3,4,6,7,8 - H7CDF	0,01
1,2,3,4,7,8,9 - H7CDF	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9 - O8CDF	0,001
PCBs	
3,3',4,4',5 - pentachloor	0,1
3,3',4,4' - tetrachloor	0,01
3,3',4,4',5,5' - hexachloor	0,005
2,3,4,4',5 - pentachloor	0,0005
2,3,3',4,4',5 - hexachloor	0,0005

Toxiciteit Equivalentie Factoren (TEF) voor een aantal 'dioxinen' en enkele coplanaire PCBs; 2,3,7,8-TCDD is op 1 gesteld. (Bronnen: RIVM, VROM).

Naast de verschillende dioxinen krijgen daarbij vooral de PCBs steeds meer aandacht. Sommige wetenschappers menen namelijk dat een aantal PCBs de werking van dioxine zou versterken, terwijl andere PCBs juist een remmende invloed uitoefenen (zie kadertekst Hfst. 1). Bovendien zijn sommige PCBs bijna net zo giftig als dioxinen. Er ligt dan ook een voorstel om deze zg. coplanaire PCBs van een TEF-waarde te voorzien (zie kadertekst). Hierdoor zou de dagelijkse inname echter aanmerkelijk hoger komen te liggen dan tot voor kort werd aangenomen. Toxicoloog Martin van den Berg van de RU Utrecht: 'Als je PCBs mee gaat rekenen moet je voor de meeste voedingsmiddelen rekenen op een verhoging van het aantal dioxine-equivalenten met 50% of meer.' Als deze – overigens nog omstreden – constatering juist blijkt, dan zou dat wel eens kunnen betekenen dat we de gevarenczone dichter beginnen te naderen dan we dachten. De discussie hierover duurt voort.

Sovjet-burgers

Er is – dat zal duidelijk zijn – meer onderzoek nodig voordat er harde uitspraken gedaan kunnen worden. Voor dergelijk onderzoek is men uiteraard vrijwel geheel aangewezen op proefdiermodellen; over de lange-termijnwerking van dioxine- of PCB-mengsels bij mensen is nog te weinig bekend. Hoewel? Bram Brouwer doet op enigszins cynische toon kond van de laatste ontwikkelingen: 'Helaas lijkt het erop dat Oost-Europa een testcase zal worden voor de toxicologie. De niveaus van blootstelling zijn daar immers vele malen hoger dan hier. Ik kreeg niet al te lang geleden een Russisch artikel in handen waarin melding werd gemaakt van PCB-concentraties onder de bevolking die de 100 mg per kilo lichaamsgewicht te boven gingen. De juistheid van dergelijke gegevens is voor ons moeilijk te controleren, maar als ze kloppen is de situatie desastreus.'

Momenteel wordt zelfs alles met een concentratie hoger dan 50 mg per kilo als chemisch afval gezien. Volgens de heersende definitie vallen sommige Sovjet-burgers daar dus onder'.

TEF en TEQ

Onderzoek naar de schadelijke werking van dioxine concentreerde zich eerst vooral op 2,3,7,8-TCDD, de giftigste congeneer. Omdat dit echter bij lange na niet de enige is, werd het TEF-concept ontwikkeld. Wat behelst dit concept? In feite niets anders dan een meetlat, een vergelijkingsmaat. Elk van de 17 geselecteerde dioxinen krijgt een Toxiciteits Equivalentie Factor (TEF) toegekend, die aangeeft hoe de toxiciteit zich verhoudt tot die van het 2,3,7,8-TCDD. Zo is 2,3,4,7,8-pentachloordibenzofuraan bijvoorbeeld een half keer zo giftig als 2,3,7,8-TCDD en heeft derhalve een TEF van 0,5. De norm voor dioxine wordt vanaf de invoering van TEFs uitgedrukt in TEQs, oftewel 2,3,7,8-TCDD-equivalenten. Voor de mens is deze sinds 1982 op 4 picogram (1 picogram = 1 biljoenste gram) per kilo lichaamsgewicht gesteld. De gemiddelde Nederlander – 60 kg zwaar – mag per dag dus zo'n 240 picogram binnen krijgen.

In de Verenigde Staten van Amerika is deze norm ongeveer 1000 maal zo laag gesteld. Dat komt doordat men er daar van uitgaat dat dioxinen bij de mens kanker kunnen veroorzaken. In zo'n geval hanteert men de regel dat bij blootstelling niet meer dan één op de miljoen mensen kanker mag krijgen. De Europese regeringen gaan daar niet van uit; die stellen dat de stof 'alleen maar' giftig is. Overigens wordt ook in de USA een herziening van de dioxine-norm overwogen.

3.3 De gezondheidsrisico's van dioxine

1968: het hoogtepunt van de Flower Power-beweging. In Parijs is de verbeelding aan de macht, in Washington demonstrenen studenten voor de vrede. Maar terwijl hun generatiegenoten in Amerika 'make love, not war' scanderen, zijn militairen in Vietnam betrokken bij oorlogvoering met behulp van een nieuw ontbladeringsmiddel: Agent Orange. Gedurende de periode 1967-1969 werd ongeveer 46 miljoen liter van het middel over Vietnamees grondgebied uitgestort. De gebruikte Agent Orange bevatte gemiddeld enkele milligrammen TCDD per kilo, maar er waren partijen bij die vele honderden milligrammen per kilo van deze produktieverontreiniging bevatten. De Air Force-militairen die de ontbladering uitvoerden zijn over het algemeen niet al te voorzichtig met het spul omgegaan en kregen veel van de vloeistof over zich heen. Reden voor vele veteranen om de producenten van het ontbladeringsmiddel later voor het gerecht te dagen. Hun eis: financiële compensatie voor (mogelijke) schade aan de gezondheid door blootstelling aan het gif.

Enerzijds-anderzijds karakter

Het wetenschappelijke bewijs voor deze aanklacht bleek echter moeilijk te leveren. Zelfs na diverse onderzoeken hield de hele kwestie een 'enerzijds-anderzijds' karakter. Enerzijds deed zich onder Zweedse houthakkers die in aanraking waren geweest met een bestrijdingsmiddel dat een geringe hoeveelheid dioxine als verontreiniging bevatte een opvallend hoog percentage zogenaamde non-Hodgkin lymphoma's (een vorm van lymfekanker) voor; anderzijds werd een dergelijke samenhang niet aangetoond in vergelijkbare studies onder Nieuwzeelandse gebruikers van het bestrijdingsmiddel. Enerzijds kwamen onder bepaalde groepen Vietnam-veteranen beduidend

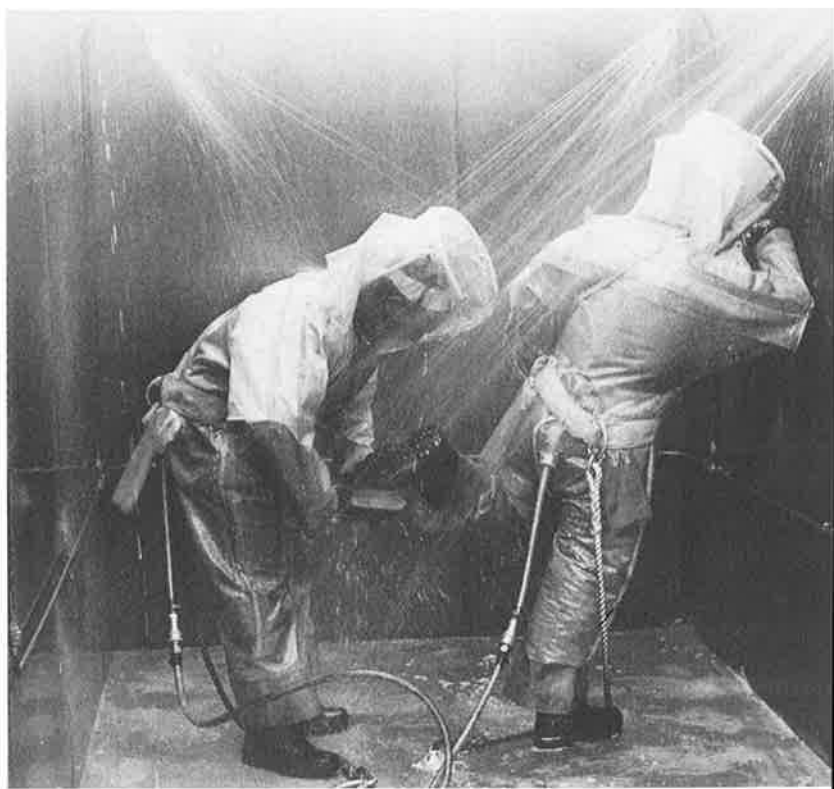
meer kankergevallen voor dan op grond van de statistieken mocht worden verwacht; anderzijds bestonden de betreffende groepen vooral uit mariniers, die niet eens in de buurt van Agent Orange waren geweest. Enerzijds lag het aantal aangeboren afwijkingen bij kinderen van Air Force veteranen in Atlanta boven het landelijk gemiddelde; anderzijds toonden vergelijkbare studies in onder andere Arkansas, Michigan en Australië een dergelijk verband niet aan. De politieke beladenheid van het onderwerp – Agent Orange dreigde in zekere zin synoniem te worden met het fiasco en de onwenselijkheid van de Vietnam-oorlog – maakte de zaak er natuurlijk niet eenvoudiger op.

Om duidelijkheid te krijgen werd besloten het dioxinegehalte van Agent Orange-veteranen te testen middels bloedmonsters. Van verscheidenen van hen waren nog bloedmonsters uit voorgaande jaren beschikbaar, waardoor vergelijking mogelijk werd. Het resultaat van de tests: van de 665 besmette veteranen hadden slechts twee een verhoogd dioxinegehalte.

Hiermee was de kous echter verre van af. Het probleem was immers alleen maar verschoven. Want betekenden de onderzoeksresultaten nu dat dioxine (vrijwel) ongevaarlijk is? Of was een verkeerde steekproef genomen, en had men uitsluitend oud-strijders onderzocht die weliswaar beweerden aan Agent Orange blootgesteld te zijn geweest, maar die in werkelijkheid geen gevaar hadden gelopen? Of deugde de onderzoeksmethode gewoonweg niet? De controverse leek tot voor kort onbeslist. Tot voor kort, want recentelijk zijn ook de resultaten van onderzoek onder een andere groep slachtoffers van dioxine bekend geworden: inwoners van het Italiaanse Seveso, dat in 1976 door een giframp werd getroffen. Geruststellende resultaten, want er werden géén klinische afwijkingen van betekenis geconstateerd.

Cavia

Blootstelling aan een hoge dosis dioxine kan onder andere leiden tot de huidaandoening chlooracne, tot ingewandstoornissen, spier- en gewrichtspijnen, vermoeidheid, verlies van libido en neurologische en psychologische defecten. Maar al deze stoornissen zijn van tijdelijke aard en verdwijnen na verloop van tijd weer. De belangrijkste vraag die de Seveso-onderzoekers beantwoord wensten te zien



Na het ongeluk met TCDD in 1963 bij Philips-Duphar was de hele fabriek besmet. Speciaal gekleed personeel moest zich na het ongeluk grondig afspoelen. (ANP)

was dan ook: zijn er effecten op de lange termijn, en zo ja, welke? Dierproeven wezen op twee mogelijke risico's: carcinogeniteit (kankerverwekkendheid) en invloed op de vruchtbaarheid, waaronder teratogeniteit (misvorming van de foetus).

De vermeende carcinogeniteit blijkt mee te vallen. De geleerden zijn het er zo langzamerhand wel over eens dat dioxine zelf geen kanker verwekt (het is niet kanker-initiërend). De verbinding treedt wel op als promotor (het kan de kankerverwekkende werking van andere stoffen versterken).

Wat invloed op de vruchtbaarheid betreft dienen twee mogelijke effecten te worden onderscheiden. Veranderingen in de vruchtbaarheid van de vrouw (gestoorde hormoonhuishouding of verminderd libido) zijn op dit moment niet geheel uit te sluiten, maar lijken onwaarschijnlijk. De angst voor teratogeniteit is ongegrond gebleken. Toxicoloog Martin van den Berg: 'De effecten van dioxine op de ongeboren vrucht verschillen per soort. Bij muizen doen zich twee soorten afwijkingen voor: een open gehemelte dat zich na een bepaalde dag in de zwangerschap niet meer wil sluiten en misvorming van de nieren. Bij ratten zie je dergelijke effecten bijvoorbeeld al veel minder. En wat de teratogeniteit betreft behoren mensen in elk geval niet tot de extreem gevoelige soorten.' Van den Berg, voorzichtig concluderend: 'Het lijkt er op dat dioxine voor ons niet extreem giftig is. De mens is waarschijnlijk geen cavia.'

3.4 Risico's voor zuigelingen

Is de heersende dioxine-angst dan volkomen onterecht? 'Nee,' verklaarde toxicoloog Kees van der Heijden van het

RIVM in het voorjaar van 1990 nog in het opinieblad *De Tijd*: 'Over de boerendochter die onder de rook van de (vuilverbrandings)installatie leeft, maken we ons geen zorgen. Waar we ons wel enigszins zorgen over maken is het kind van die boerendochter.' Dioxine is namelijk een stof die zich opstapelt in het vetweefsel, met als gevolg dat moedermelk zo'n 40 picogram per gram vet bevat. Zeven maal zoveel als de toegestane hoeveelheid in melk uit de supermarkt. En dat terwijl baby's uitsluitend melk drinken. Van der Heijden: 'Een zuigeling krijgt gemiddeld ongeveer 250 picogram per kilo lichaamsgewicht binnen, aanzienlijk meer dan de vier picogram die voor een volwassene als norm geldt.'

Met andere woorden: Bij moedermelk is de veiligheidsmarge dus beduidend lager dan normaal gesproken in de toxicologie verantwoord wordt geacht. Of, zoals toxicoloog J.H. Koeman van de Landbouwuniversiteit Wageningen niet al te lang geleden nog maar eens herhaalde: 'Als moedermelk gewoon in de winkel te koop zou zijn, dan zou het produkt onmiddellijk worden verboden.' Een probleem. 'Hoe verkoop je, dat voor allerlei additieven – smaakstoffen, geurstoffen, enz. – een factor honderd wordt geëist, terwijl je voor moedermelk akkoord gaat met een veel lagere factor? Dat is het dilemma. Die trend moet worden omgebogen. Wat dat betreft is het vijf voor twaalf, en daarom is het gerechtvaardigd dat dioxine zoveel aandacht krijgt,' aldus Van der Heijden in het eerder genoemde interview.

Deze aandacht resulteerde in grootscheeps onderzoek. Naar de hoeveelheid dioxine in moedermelk en natuurlijk naar de gevolgen daarvan. De meest recente conclusie: er lijkt weinig reden tot zorg. Zuigelingen krijgen weliswaar relatief veel dioxine binnen, maar zij worden slechts korte tijd aan deze hoge dosis blootgesteld. Nog belangrijker is

het voorlopige gegeven dat – om nog onbekende redenen – de concentratie dioxine in het vetweefsel van borstgevoede zuigelingen niet hoger blijkt te liggen dan die van hun moeder. Goed nieuws dus voor zogende moeders.

Blauwdruk

Niettemin blijft toxicoloog Martin van den Berg zich zorgen maken. Zijn grootste angst betreft echter niet de dioxinen zelf, maar de groep van niet dioxine-achtige PCBs (zie ook Hfst. 1 en 3.2). 'Epidemiologisch onderzoek in de VS toont een verband aan tussen een vertraagde ontwikkeling bij baby's en de blootstelling aan PCBs gedurende de zwangerschap. Dergelijke PCBs zouden dus wel eens een (negatieve) rol kunnen spelen bij de vorming van het centrale zenuwstelsel. En dat is uiterst zorgwekkend. Want als bewezen zou worden dat borstvoeding schadelijk is, dan kun je, tenminste hier in de westerse wereld, overschakelen op flesvoeding. Maar blootstelling via de placenta, wat moet je dáár nog aan doen?' Zijn collega Bram Brouwer: 'De 'blauwdruk' voor het embryo wordt geleverd door het erfelijk materiaal, het DNA. Bij de uitvoering van het erfelijk vastgelegde bouwplan spelen hormonen een uitermate belangrijke rol. Zij besturen een heleboel processen en bepalen ook hoe deze processen in een latere fase zullen verlopen. Inprinting wordt dit genoemd. Eventuele veranderingen in de hormoonbalans die tijdens de embryonale fase ontstaan – bijvoorbeeld onder invloed van PCBs – worden als het ware ingebrand in diverse scenario's voor het toekomstig functioneren. Dit is eigenlijk de grootste zorg die we op dit moment hebben.'

3.5 Samenvatting

Nog steeds is niet precies bekend wat dioxinen in bioche-

misch opzicht doen. De meest recente theorie gaat ervan uit dat dioxinen in het lichaam een hormoon-achtige werking uitoefenen. Verschillen in gevoeligheid tussen de diverse diersoorten hangen samen met de mate waarin dioxine zich aan het erfelijk materiaal (DNA) kan binden en met de stofwisseling van de betreffende soort.

Juist omdat er zulke grote verschillen bestaan in gevoeligheid is het ontwikkelen van een norm voor mensen een moeilijke zaak. Zoals gebruikelijk in de toxicologie wordt daarbij gebruik gemaakt van proefdiermodellen. Op basis daarvan stelt men de veiligheidsmarge voor de mens vast (normaal gesproken een factor 100 lager dan die van ratten, in het geval van dioxine zelfs een factor 250). De uitkomsten van onderzoek onder slachtoffers van de giframp in Seveso boden de mogelijkheid na te gaan hoe mensen reageren op blootstelling aan een hoge concentratie dioxine. Deze uitkomsten wijzen in een geruststellende richting: de mens is vermoedelijk aanzienlijk minder gevoelig voor dioxine dan de meeste proefdieren; er werden namelijk geen klinische afwijkingen van betekenis geconstateerd. De World Health Organization deed onlangs dan ook het voorstel de bestaande dioxine-norm voor maximaal toegestane dagelijkse inname door mensen te verhogen van 4 naar 10 picogram per kilo lichaamsgewicht.

De meest voorkomende klacht na blootstelling aan dioxine is chlooracne, een vrij hardnekkige vorm van 'eczeem'. Evenals een aantal andere mogelijke afwijkingen is chlooracne echter tijdelijk van aard. Wat de lange termijn betreft is de kankerbevorderende werking van dioxine het grootste gevaar. Misvorming van de foetus – waarvoor geveesd werd – kon niet worden aangetoond.

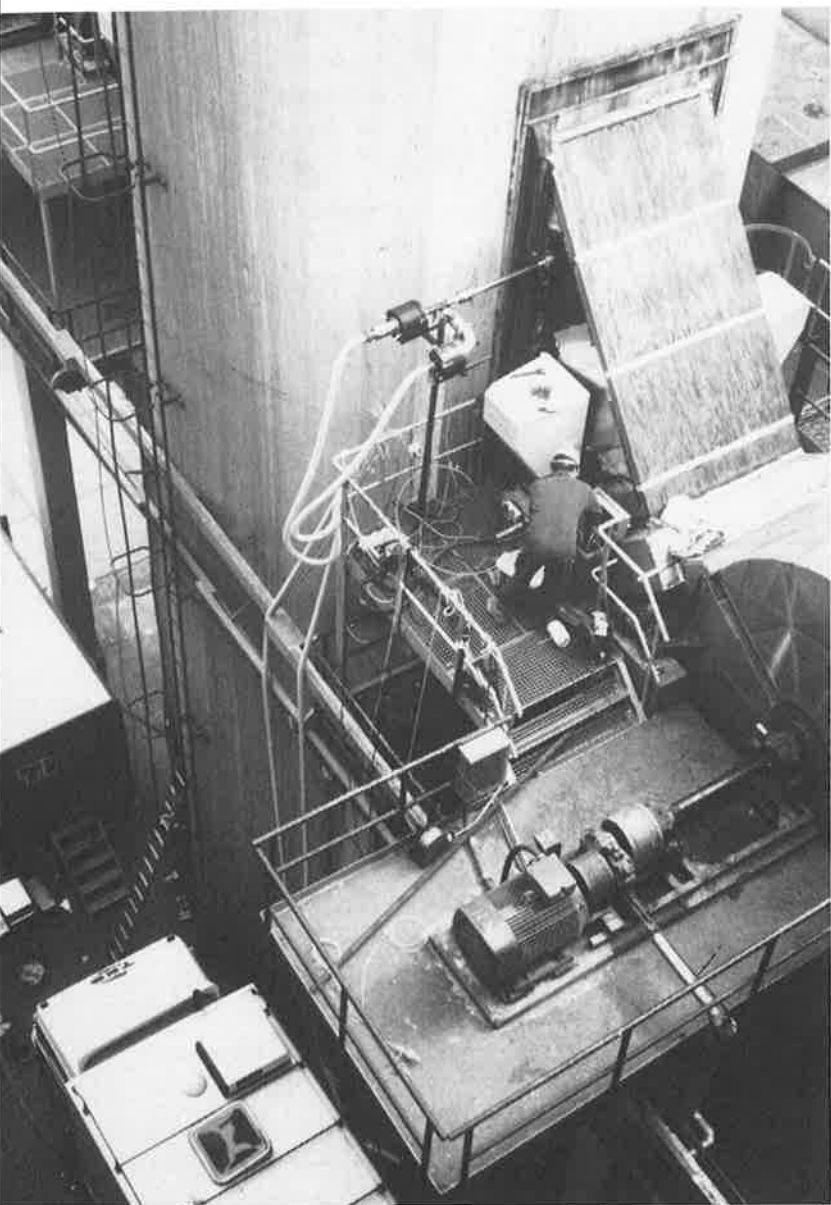
Ook de risico's voor zuigelingen lijken mee te vallen. Weliswaar blijven de concentraties dioxinen in moedermelk

extreem hoog, maar veel deskundigen zijn van mening dat de bezwaren tegen flesvoeding toch nog altijd groter zijn dan die tegen moedermelk-met-dioxine. De grootste zorg van toxicologen is op dit moment dan ook niet zozeer de invloed van dioxine, maar veeleer de mogelijke schadelijke werking van andere giftige stoffen, met name PCBs, op foetus en zuigeling.

HET METEN VAN DIOXINEN

Hoewel dioxine op verschillende manieren in het milieu terecht kan komen, zijn dioxine-expert Hajo Compaan en verbrandingsexpert Arie Verbeek, beiden werkzaam bij TNO, van mening dat vuilverbrandingsinstallaties verreweg de grootste bijdrage leveren. In maart 1990 werd door het ministerie van VROM aan TNO gevraagd deze vervuiliingsbron aan een nader onderzoek te onderwerpen. 'Door het onderzoek wilden we precies te weten komen hoeveel dioxine er uit een vuilverbranding komt en welke verschillen er bestaan tussen de ovens. Het doel is de verbrandingsinstallaties te verbeteren.'

Over de chemische processen waardoor dioxinen bij de vuilverbranding ontstaan is al veel bekend, maar het meten van de precieze hoeveelheid die wordt uitgestoten is geen sinecure. 'En die hoeveelheid wil het ministerie van VROM precies weten,' verduidelijkt Compaan, 'want de nieuwe eisen die door het ministerie aan de vuilverbranders worden gesteld, zijn zeer streng.' Het vergt een enorme hoeveelheid werk. Want kan de zuivelanalist bij zijn onderzoek nog volstaan met een bekertje melk of een blokje kaas, voor het meten van dioxinen in vliegstof is het vullen van een flesje met rook helaas niet toereikend. De hoeveelheid vliegstof die op die manier wordt verkregen is namelijk veel te klein. Bovendien dienen de onderzoekers



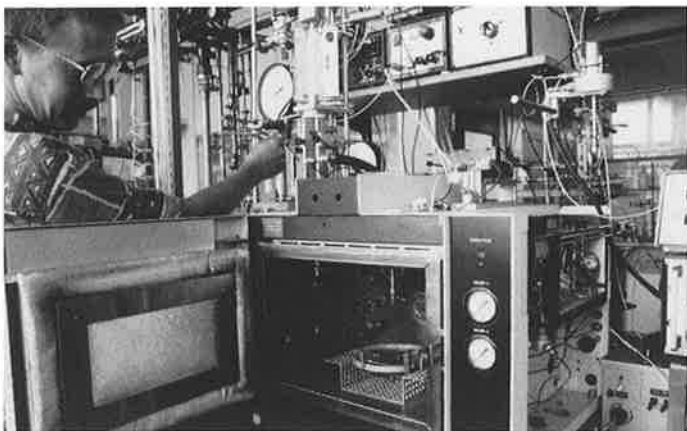
Monstername uit de schoorsteen van een vuilverbrandingsinstallatie.

er rekening mee te houden dat de genomen monsters representatief moeten zijn. Verbeek: 'We nemen het monster in de schoorsteen op een hoogte van tien keer de pijp-diameter. Dat is dus bij een schoorsteen met een diameter van twee meter op een hoogte van een meter of twintig. Dat zijn internationaal overeengekomen meetafspraken.'

TNO heeft daarom een speciale verrijdbare installatie gebouwd waarmee rook uit de schoorsteen kan worden aanzogen. De afgezogen rook wordt vervolgens sterk verdund met schone lucht en afgekoeld. Deze verdunde rook wordt door een speciaal filter gezogen, dat gasen doorlaat maar stofdeeltjes tegenhoudt. Na zes tot acht uur bevat het filter voldoende vliegstof voor een analyse.

Ook die analyse is een arbeidsintensief en tijdrovend karwei. Compaan: 'Twaalf dagen nadat ik het monster op het lab heb gekregen, kan ik over de eerste getallen beschikken. Het kost gewoon (nog) veel tijd. Het monster moet bijvoorbeeld drie dagen drogen.' Omdat tijdens de analyse dioxine kan verdwijnen, wordt het monster allereerst 'gespiked', d.w.z. er wordt een hoeveelheid dioxine met zwaardere koolstofatomen (C^{13} i.p.v. C^{12}) toegevoegd. Hoeveel daarvan is bijgevoegd, is uiteraard precies bekend, zodat na afloop van de analyse bepaald kan worden hoeveel toegevoegd dioxine er verdwenen is. En omdat in verhouding net zoveel C^{12} als C^{13} dioxine verloren gaat, is dan dus ook bekend hoeveel er van het 'gewone', uit de schoorsteen afkomstige dioxine is verdwenen.

Een tweede moeilijkheid is dat er zoals gezegd niet één, maar wel 210 verschillende dioxinen bestaan. 'Maar,' zegt Compaan, 'van al deze stoffen analyseren we alleen de zeventien schadelijkste (de 'dirty seventeen'). Die rekenen we om naar één getal, om de uitkomsten van de verschillende ovens te kunnen vergelijken.'



Gaschromatografische apparatuur.

De eigenlijke analyse vindt plaats met behulp van een vaste combinatie van twee apparaten: de gaschromatograaf en de massaspectrometer. Een gaschromatograaf is een instrument waarbij de componenten van een mengsel dat je erin stopt, er na elkaar weer uitkomen. Om die afzonderlijke componenten te identificeren moet je een detector aan de chromatograaf koppelen. En omdat het bij dioxinen om heel kleine hoeveelheden gaat, moet dat een heel gevoelige detector zijn. De massaspectrometer is zo'n gevoelige detector. Elke dioxine heeft een massa ('gewicht') die specifiek is, zodat je op die manier kunt vaststellen om welke dioxine het gaat. Zo vindt identificatie plaats.

VOORKOMEN EN GENEZEN

We zitten in Nederland met een dioxine-erfenis. Vervuilde grond, verontreinigde zuivel en verontruste burgers vormen de pronkstukken uit de boedel. Een zorgelijk bezit, waar we vooral niet méér van willen vergaren.

Preventie kan de schade wellicht beperken. En preventie betekent om te beginnen: zorgen dat het spul niet of nauwelijks meer gevormd kan worden. We hebben het dan uiteraard vooral over afval. Industrieën en afvalverwerkers krijgen daarom strengere verboden en regels opgelegd. Maar preventie houdt natuurlijk ook in: beperking van de grondstoffen waaruit dioxine kan ontstaan en verbetering van processen waarbij de stof vrij komt. Met behulp van technische vernieuwingen valt veel te bereiken, maar de eerste voorwaarde blijft dat de afvalberg niet verder groeit.

In vele gevallen is de verontreiniging echter al zo ver voortgeschreden dat we er met preventie alléén niet komen. Dan rest slechts schoonmaken en opnieuw beginnen. Vooral de schoonmaak van vervuilde grond vormt door de stabiliteit van dioxine een groot probleem. Traditionele methoden van bodemsanering worden daarom steeds meer vervangen door uiterst geavanceerde technieken. Beluchtingstorens, aromaten-vretende microben – dioxine is

een aromaat – en zelfs kolkende ‘vuilnissoep’ zijn al lang geen science fiction meer maar harde werkelijkheid. Die echter ook duur betaald zal moeten worden met harde guldens.

5.1 Preventie

Voorkomen is natuurlijk beter dan genezen. De produktie van een aantal riskante stoffen waarbij dioxine vrij kan komen, is daarom (in Nederland) niet meer toegestaan. Het beruchte bestrijdingsmiddel 2,4,5-T stond bovenaan de lijst; eind jaren '70 werd een verbod van kracht. De tweede grote boosdoener in de rij, pentachloorfenol, is sinds 1 januari 1990 eveneens uitgebannen. PCBs, tenslotte, zijn tegenwoordig ook uit den boze; vanaf 2005 mogen ze zelfs nergens meer aanwezig zijn in de apparatuur. Job van Zorge van het Directoraat-Generaal voor Milieubeheer (van het ministerie van VROM): ‘Die bronnen zijn eigenlijk afgesneden, hoewel er natuurlijk nog veel van deze stoffen in gebruik zijn en in het milieu of op afvalstorten rondzwerven. Ook wil het natuurlijk niet zeggen dat er geen industriële processen meer bestaan waarbij dioxine vrij kan komen. Maar de hoeveelheden die mogen worden uitgestoten zijn of worden aan regels gebonden.’

De grootste leveranciers van dioxine lijken nog steeds de vuilverbrandingsinstallaties. Daarom is het van belang dat zo min mogelijk afval wordt geproduceerd. ‘We moeten stoppen met die verpakkingssflauwekul,’ vindt Laurent Chevalier van de Afvalverwerking Rijnmond (AVR). Ook de introductie van de biobak (voor organisch afval), die op het moment in een aantal gemeenten in gebruik is, zal het probleem ongetwijfeld aanzienlijk verminderen. Als het publiek tenminste mee wil werken. TNO-onderzoeker

Henk Bartels: 'Hier in Apeldoorn is recentelijk de gescheiden afvalinzameling geïntroduceerd. Maar of deze methode in de praktijk ook goed werkt...? Het vergt natuurlijk wel de nodige discipline van de burgers. Wat gebeurt er als per ongeluk toch klein chemisch afval in de biobak belandt? Daar heb ik nog niemand over gehoord.'

Telefoonboek

Hoe succesvol preventieve maatregelen ook mogen zijn, er blijft natuurlijk een bepaalde hoeveelheid afval over. Die liefst zo schoon mogelijk verwerkt moet worden. Onderzoek naar mogelijke verbetering van de vuilverbranding richt zich grotendeels op het optimaliseren van rookgasreiniging. 'De kunst is nu om de afkoelingstijd van het rookgas zo kort mogelijk te houden,' aldus Chevalier. Het verbeteren van de verbrandingscondities is een andere mogelijkheid. TNO-medewerker Bartels: 'De temperatuur in de oven kan variëren van 20°C tot ver boven de 1000°C. De verbranding verloopt hierdoor vaak weinig gelijkmatig. Om te zorgen dat ook het relatief slècht brandbare spul verwerkt kan worden, moet onder andere voldoende zuurstof worden toegevoerd en moet het afval geruime tijd in de oven blijven.' Bij TNO heeft men zich daarom afgevraagd hoe een afvalstroom zich door de oven beweegt en op welke wijze dat de temperatuursschommelingen beïnvloedt. 'Als er een zwaar en ietwat vochtig telefoonboek in de oven belandt, dan wil je immers niet dat dat er aan de andere kant weer onverbrand uitkomt.'

Tenslotte staat recycling (hergebruik) van materialen en vooral het uitbannen van het chloorhoudende PVC behoorlijk in de belangstelling. Meestal worden plastics als PVC als de grote boosdoener gezien als het om dioxine gaat. PVC bestaat immers voor ongeveer de helft uit chloor en chloor is een van de grondstoffen van dioxinen.

‘Maar,’ zegt Bartels, ‘voor de vorming van dioxinen is slechts een minieme hoeveelheid chloor nodig. Zelfs als je de PVCs geheel uit het afval zou verwijderen blijft voor dioxinevorming nog meer dan voldoende chloor aanwezig. Huishoudelijk afval bevat altijd chloorhoudende verbindingen.’ Zo wordt een aanzienlijke bijdrage bijvoorbeeld geleverd door doodgewoon keukenzout (natriumchloride), terwijl ook drijfgassen, koelingsstoffen van koelkasten en bepaalde schoonmaakmiddelen niet vrijuit gaan. Huisvuil bevat ook altijd veel pentachloorfenol. Veel van dergelijke stoffen zijn op dit moment weliswaar verboden, maar desondanks treedt nog een zeker naijl-effect op: er kunnen jaren overheen gaan voordat bijvoorbeeld alle oude koelkasten buiten gebruik zijn en de betreffende stoffen ook daadwerkelijk uit ons milieu zijn verdwenen.

Ondanks alle plannen en onderzoekprojecten blijft de milieu-organisatie Greenpeace, bij monde van medewerker Wytze van der Naald, weinig hoopvol gestemd. ‘Door genoemde maatregelen verbetert de kwaliteit van het te verbranden afval. Ook de omstandigheden waaronder verbrand moet worden, verbeteren. Maar je blijft met reststoffen zitten. Dat is onvermijdelijk. Er ontstaat een nieuwe afvalstroom. Afvalverbranding is daarom een heilloze weg als je het afvalprobleem op wilt lossen.’

Ontchlooring

Verbranding van chemisch afval op zee is sinds 1990 verboden. Gebleven is echter het onderliggende probleem van de steeds maar groeiende afvalberg van honderdduizenden tonnen chemisch afval per jaar. Uitsluitend een industriële mentaliteitsverandering kan uitkomst brengen, stelt Greenpeace. Maar het zal niemand verbazen dat sommigen daar anders over denken. Van der Naald: ‘Je ziet nu

vanuit het bedrijfsleven een sterke lobby ontstaan voor het bouwen van een tweede installatie waar dit soort afval verbrand kan worden. Een toename van dat afval is voor bedrijven blijkbaar acceptabel. Er wordt niet gewerkt aan een reductie. Want als dat wel gebeurde, dan zou het helemaal niet nodig zijn om een nieuwe installatie te openen. Als we geen chloor meer zouden gebruiken – voor nageenog alle chloortoepassingen zijn alternatieven beschikbaar of in onderzoek – dan zouden we ook geen chloorhoudend afval meer hebben. Bovendien zijn er methoden in ontwikkeling – gedeeltelijk bestaan die zelfs al – waarmee je chemisch afval weer kunt ontleden en opnieuw terugvoeren in het productieproces. Dat zijn echter dure methoden, en daarom zijn ze nog onaantrekkelijk voor het bedrijfsleven.’ Voorlopig zijn we dus aangewezen op verbranding van chemisch afval. ‘Maatwerk,’ aldus Laurent Chevalier, ‘want voor elk vat, elke lading wordt apart gekeken hoe deze het beste verwerkt kan worden.’ Niet bepaald goedkoop, en ook hij toont zich daarom een voorstander van preventie: ‘Er dient voorkomen te worden dat de (chemische) afvalberg maar blijft stijgen tot onverantwoorde hoogten. Hoe minder we aangeleverd krijgen, hoe beter; we willen geen allesbranders meer zijn. Begin bij preventie en hergebruik. Daar ligt een belangrijke sleutel tot het probleem.’

Uiteraard wordt daarnaast ook geprobeerd met behulp van de techniek de bestaande verbrandingsprocessen verder te verbeteren. Hydrogenolyse heet een van de nieuwe methoden-in-opkomst, waarmee chloor kan worden verwijderd. Speciaal geschikt voor chemisch afval, omdat dat in het algemeen zeer veel chloor bevat. Het procédé werd ontwikkeld door de vakgroep Chemische Procestecnologie van de Technische Universiteit Delft, op basis van onderzoek in de vakgroep van prof. Rob Louw aan de Rijksu-





niversiteit van Leiden. Het hoofd van de Delftse groep, ir. C.M. van den Bleek, licht toe: 'Wat je nu probeert, is stoffen te verbranden die soms juist bedoeld zijn als vlamvertragers of brandwerende middelen. Als je het chloor daaruit kwijt zou zijn, houd je koolwaterstoffen over, en die kun je juist als brandstof gebruiken.' Bij de verhitting van het chloorhoudende afval wordt waterstof in plaats van lucht gebruikt, waarbij de temperatuur oploopt tot zo'n 900°C. 'De waterstof pulkt het chloor er dan als het ware vanaf'. Daardoor ontstaan een chloorvrije, olie-achtige substantie die als brandstof kan dienen, en zoutzuur. Zoutzuur is weliswaar een agressieve stof, maar kent vele industriële toepassingen. 'En desnoods neutraliseer je het en gooi je het in zee. Geneutraliseerd zoutzuur is gewoon zout,' zegt Van den Bleek.

In theorie een prachtige methode, waarbij alles in elkaar grijpt: de benodigde waterstof kan uit het afval zelf worden gewonnen, het zoutzuur is bruikbaar en het gezuiverde afval kan zelfs worden gebruikt om de temperatuur in de reactor op peil te houden. De proefinstallatie werkt goed, en momenteel wordt onderzocht of de ontchlooringsmethode ook in de praktijk industrieel toepasbaar gemaakt kan worden.

5.2 Schoonmaak

Bevinden zich eenmaal dioxinen in de bodem, dan is het bijzonder moeilijk om die er weer uit te krijgen. Vooral doordat dioxinen nauwelijks worden afgebroken en slecht oplossen in (grond)water, kunnen ze vele tientallen jaren blijven zitten waar ze zitten. Zo worden er bijvoorbeeld nu nog resten gevonden die uit de jaren dertig dateren. Helaas zijn er nog niet voor alle situaties bruikbare (of betaal-

bare) manieren voorhanden om vervuilde grond weer echt schoon te maken. Meestal wordt daarom gekozen voor het isoleren van de grond, of voor storten op een gecontroleerde stortplaats. Dat laatste komt vaak neer op het verplaatsen van bestaande vervuiling, en kan dus nauwelijks als een echte oplossing gelden. Meer hoop biedt een aantal recente ontwikkelingen op het gebied van de bodemsanering. Een tweetal voorbeelden:

In het Volgermeergebied wordt sinds ruim een jaar geëxperimenteerd met een opzienbarende nieuwe methode: de polder krijgt een grote spoelbeurt. Het principe: (vervuild) grondwater wordt opgepompt en gereinigd, en vloeit na zuivering weer terug in het Volgermeergebied. Op den duur hoopt men zo de ergste vervuiling te kunnen verwijderen. Rondom de vuilnisbelt is daartoe een dam in aanbouw. Staat die er eenmaal, dan verlaagt men het grondwaterpeil met ongeveer 2,5 meter. Hans Theunissen, medewerker van de dienst Milieu en Water van de provincie Noord-Holland en leider van het proefproject: 'Je maakt dan weer een echte polder van de Volgermeer. Het grondwater uit de omgeving is afgesneden, dus er kan alleen grondwater uit de diepte omhoog. We moeten dan blijven pompen om het waterpeil zo te houden en daarom is een zuiveringsinstallatie nodig. Want grondwater van 2,5 meter diep staat nog wèl in een laag vuil.'

Genoemde zuiveringsinstallatie bestaat uit een grote hal vol pijpen en buizen. Daar wordt het water gefilterd en voor een deel langs een beluchtingstoren geleid. Door blootstelling aan de lucht vervliegen tenslotte de fenolen, benzenen en aromaten, zo is de verwachting. Verdwenen zijn deze schadelijke stoffen dan echter nog niet; ze zijn immers in de lucht terechtgekomen. Die lucht wordt daarom langs grote compostfilters gevoerd, waarin zich gif-etende bacteriën bevinden. Zij zorgen voor het eigen-

lijke opruimwerk. 'Als ze maar lang genoeg niets anders te eten krijgen, gaan ze wel aromaten afbreken,' aldus Theunissen. Een verwant type bacteriën, dat in de bodem zelf reeds aan de schoonmaakklus kan beginnen, is overigens ook al in de maak. Binnen afzienbare tijd hoopt men met behulp van genetische manipulatie een soort te kweken die zo'n 90% van de aanwezige dioxinen uit de bodem zal kunnen verwijderen.

Soep

Zo mogelijk nog spectaculairder is de nieuwe methode die voor het Diemerzeedijkgebied op het programma staat: verglazing. Het principe ervan is eenvoudig en komt neer op het smelten van de vervuilde grond. Daartoe wordt een aantal elektroden aangebracht, met daartussen banen van grafiet die voor de geleiding zorgen. De warmte die nodig is om de grond te smelten wordt geleverd door enorme stroomstoten. Zij kunnen de temperatuur binnen een dag laten oplopen tot 2000°C. De helft daarvan zou in principe al toereikend zijn; na een week is de behandelde vuilnisbelt dan ook veranderd in één grote gloeiende 'soep'. In deze kolkende massa ontleden verbindingen zoals dioxinen en PCBs voor een groot deel in onschuldige stoffen als water en kooldioxide (CO₂). Eventueel aanwezige zware metalen kunnen echter niet verder uiteen vallen. Wel worden ze onder invloed van de hoge temperaturen vloeibaar. Na afkoeling van de vuilnisbrij treedt vervolgens verglazing op; wat eens gifgrond was, verandert in een glasachtige massa. Bebouwing is daarop uiteraard onmogelijk, maar in elk geval zitten de giftige stoffen veilig opgeborgen. Een slimme oplossing, met echter twee bijzonder grote nadelen: de methode is heel erg duur en wordt daarom slechts sporadisch toegepast, en bovendien blijven bijvoorbeeld giftige metalen in feite gewoon aanwezig in de bodem.

OVERHEIDSBELEID

Een ieder die zich een gefundeerde mening wil vormen over dioxine zal merken dat dit een verwarrende aangelegenheid is. De informatie is niet altijd eenduidig, soms zelfs tegenstrijdig. Beweert de ene deskundige nog dat de situatie uiterst zorgwekkend is, de ander zal wellicht juist een geruststellend geluid laten horen. En allemaal hebben zij, elk op hun eigen manier, gelijk. Een probleem waarmee vooral de overheid wordt geconfronteerd. Want ondanks de vele witte plekken die de dioxine-kaart nog telt, wordt van haar verwacht dat zij beleid ontwikkelt en normen vaststelt.

De Nederlandse overheid kent een aantal standaardprocedures voor het omgaan met toxische stoffen. Is een stof verdacht, dan wordt in eerste instantie gekeken tot welke categorie de verbinding zou kunnen behoren. Voor stoffen met een kans-effect-relatie (bijvoorbeeld kankerverwekkende stoffen), wordt een extra sterftekans van maximaal 1 op een miljoen per jaar aanvaardbaar geacht. Op grond daarvan wordt een maximale concentratie of toegestane dagelijkse dosis vastgesteld. Gaat het om stoffen met een drempelwaarde, dan is de normale procedure dat men allereerst het 'no-effect level' (de dosis waarbij proefdieren geen schadelijke effecten meer ondervinden) bepaalt. Vervolgens stelt men een verantwoorde veiligheidsmarge vast, meestal een factor 100. Richt de stof tenslotte vooral

schade aan in het milieu, dan geldt de eco-benadering. Deze stelt dat een concentratie waarbij 5% van de (dier)soorten verdwijnt, de grens van het toelaatbare vormt.

Het vaststellen van een norm gebeurt meestal in samenwerking met het RIVM. Zo ook in het geval van dioxine. Op basis van onderzoekgegevens uit de vakliteratuur concludeerde dit instituut in 1982 dat een norm van 4 picogram per kilo lichaamsgewicht verantwoord is. Een norm die kort geleden weer ter discussie werd gesteld door de World Health Organization (WHO). Die is van mening dat deze grenswaarde best iets verhoogd kan worden (zie ook 3.3).

Dat de Nederlandse norm naar aanleiding van deze conclusie omhoog zal gaan, zit erin. Voor wat de Richtlijn Verbranden betreft, waarin de maximale uitstoot van vuilverbrandingsinstallaties is geregeld, ligt de zaak minder eenvoudig. 'Bijstelling van de dioxinenorm zal geen consequenties hebben voor de Richtlijn Verbranden,' verklaarde Job van Zorge van het Directoraat-Generaal Milieubeheer (DGM) desgevraagd. De risico's die op het spel staan zijn domweg te groot. Daarom blijft ook het Lickebaertgebied voorlopig afgesloten. 'Als er nieuwe normen voor melk en vlees komen, dan kan de hele situatie opnieuw in overweging worden genomen. Maar dat is koffiedik kijken.'

6.1 Heden, verleden en toekomst

In 1980 verscheen het eerste Nederlandse rapport over dioxine. Dit naar aanleiding van het gebruik van het bestrijdingsmiddel 2,4,5-T in de bossen bij Kootwijk. Job van

Zorge van het DGM (Directoraat-Generaal Milieubeheer): 'Daar was toen nogal wat onrust over ontstaan, mede onder invloed van de berichten over 'Agent Orange' (het in Vietnam gebruikte ontbladeringsmiddel) en de angst na Seveso. Ik denk dat dat rapport de aanzet heeft gegeven tot een wetenschappelijk verantwoorde beoordeling van dioxine.'

Een paar jaar daarvoor was de fabricage van het bestrijdingsmiddel in kwestie al verboden. Er waren naar de mening van de autoriteiten net iets te veel 'affaires' geweest, en Seveso kwam daar nog eens bovenop (zie ook 3.1). Al in 1977 was door Otto Hutzinger en Kees Olie van de Universiteit van Amsterdam ontdekt dat huisvuilverbrandingsinstallaties dioxinen uitstoten. 'Naar die emissies is toen verder onderzoek gedaan. Ook daarover is in 1980 een rapport opgesteld. Dat rapport gaf aanleiding tot verder onderzoek, dat het RIVM (in samenwerking met TNO) uiteindelijk in juni 1989 afrondde.

1989 werd een druk jaar voor dioxine-experts. Job van Zorge: 'Ik had ondertussen al gehoord dat er melkmonsters uit het Lickebaertgebied waren geanalyseerd. In no time is toen een vervolgonderzoek opgezet, waarvan de resultaten op 14 juli 1989 bekend werden. Die zijn toen onder politiebegeleiding naar de Tweede Kamer gebracht. Net op het nippertje, want er was al vastgesteld dat die resultaten er dan zouden moeten zijn en dat meteen een aantal maatregelen van kracht zou worden.' Diezelfde dag nog gaf premier Lubbers een persconferentie en kwam ook landbouwminister Braks op de televisie. 'En toen startte het hele circus.'

Internationaal gezelschap

Uitgangspunt van het overheidsbeleid was van meet af aan

de norm die door het RIVM was opgesteld: 4 picogram per kilo lichaamsgewicht. Internationaal gezien zit er nogal wat verschil tussen de diverse normen: deze variëren in Europa van 1 tot 10 picogram, doordat de verschillende landen verschillende veiligheidsmarges hanteren. Recentelijk vroeg Nederland daarom advies aan de World Health Organization (WHO). Kon er niet eens gekeken worden of een internationale consensus mogelijk was? Begin december 1990 werden de conclusies van de WHO bekend: de norm kon best omhoog naar 10 picogram, meende een internationaal gezelschap van dioxine-experts. 'Ik denk dat we in Nederland het advies van de WHO wel gaan volgen,' zegt Van Zorge. 'Per slot van rekening zijn wij het geweest die de WHO hebben gevraagd de zaak opnieuw te evalueren. Het zou raar zijn als we hun aanbeveling dan niet ter harte nemen.' Dit kan betekenen dat allerlei normen die van de TDI (Tolerable Daily Intake = toegestane dagelijkse inname) zijn afgeleid (zoals de melknorm), opnieuw worden bekeken. 'Alleen is vooraf reeds besloten dat we daar eerst meer gegevens over wil-

Consensus over TEQs

De meeste landen hebben ondertussen het systeem van de TEF- en TEQ-waarden geaccepteerd. Dat is handig 'want dan weet je tenminste waar je over praat, als het om dioxine-niveaus gaat', aldus Van Zorge. Tevens ligt er een voorstel om sommige PCBs van een TEF-waarde te voorzien, maar daarover is nog lang geen consensus bereikt. De PCBs die geen dioxine-achtige werking hebben, vormen misschien een nog groter probleem. 'Daar zul je een aparte norm voor moeten opstellen. Maar de hoeveelheid beschikbare gegevens is nog zó klein, dat je op basis daarvan weinig kunt. Er valt nog een hele hoop te doen.'

len. Er loopt op dit moment onderzoek naar dioxine in voedingsmiddelen, en als we die gegevens hebben dan kunnen we, met de aanbeveling van de WHO in de hand, gaan kijken of er een aanpassing nodig is.'

Bijstelling van de norm zal in elk geval géén consequenties hebben voor de Richtlijn Verbranden (zie 6.2). 'Minister Alders van Milieu heeft al gezegd: 'Daar gaan we niet aan tornen, want de achtergrondniveaus in Nederland zijn al erg hoog. Eigenlijk onacceptabel hoog.' Daarom is een strenge norm nodig. Dioxinen zijn zo stabiel dat als je niet ingrijpt, je met het probleem van een ophoping te maken krijgt' aldus Van Zorge.

6.2 Discussie over de Richtlijn Verbranden

In de zomer van 1990, een jaar na de Lickebaert-zaak (zie 3.3), besloot de Nederlandse overheid vier van de twaalf bestaande vuilverbrandingsinstallaties te sluiten. De hoeveelheid dioxine in de melk van koeien uit de omgeving bleek de voorlopige melknorm ruimschoots te overschrijden. Bovendien konden de installaties in kwestie niet aan de vergunningsvoorwaarden voldoen van de zogenaamde RV'85, de Richtlijn Verbranden die in 1985 werd uitgevaardigd. Ondertussen is al weer een nieuwe Richtlijn gepubliceerd (RV'89, oftewel de Richtlijn Verbranden van 1989); deze stelt de maximale dioxine-emissie op 0,1 nanogram (zie blz. 93) TEQ per uitgestoten kubieke meter rookgas.

Aan deze norm voldoet op het moment van schrijven géén van de bestaande vuilverbrandingsinstallaties. Dat zal in de nabije toekomst echter moeten veranderen. Het ligt namelijk in de bedoeling om de structuur van de afvalverbranding in Nederland ingrijpend te wijzigen. In plaats van de 12 installaties uit 1989, moeten er in 1993 vijf à zes

verwerkingsbedrijven komen, die per regio de vuilverbranding voor hun rekening gaan nemen. Uiteraard volgens de normen van de RV'89.

Laurent Chevalier van de Afval Verwerking Rijnmond plaatst een kanttekening bij de nieuwe en zeer strenge richtlijn: 'De verwerkingsinstallaties moeten voor ongeveer twee miljard gulden verbeteringen gaan aanbrengen. Die rekening komt uiteindelijk op het bord van de burgers terecht. Met die twee miljard had men op andere terreinen maatregelen kunnen nemen die vanuit milieu-oogpunt een veel hoger rendement hadden opgeleverd. Maar goed, het besluit is genomen, dus wij zullen zorgen dat de vuilverbranding zo schoon mogelijk plaatsvindt.'

Ook Wytze van der Naald, medewerker van Greenpeace, heeft zijn twijfels, maar om geheel andere redenen. Hij is er niet zo zeker van dat de nieuwe normen ook werkelijk gehaald zullen worden: 'De Nederlandse norm is destijds door toenmalig milieuminister Nijpels met redelijk veel poeha geïntroduceerd, maar sindsdien zijn de plannen onder invloed van de verbrandingslobby behoorlijk afgezwakt.'

Investerings

Ondertussen is begin 1991 de concrete situatie als volgt: Eén nieuwe vuilverbrandingsinstallatie-in-voorbereiding zal zeker aan alle normen kunnen voldoen. Bij de overige nieuwe installaties is dat nog maar de vraag. Van alle reeds bestaande afvalverwerkingen is al helemaal twijfelachtig of ze de norm wel zullen halen. Maar dat hoeft ook niet meer. De richtlijn wordt nu zo geïnterpreteerd dat ernaar gestreefd moet worden aan de norm te voldoen. Van der Naald: 'Omdat je veelal met verouderde installaties zit, is het moeilijk – vooral duur eigenlijk – om daar de meest geavanceerde technieken op los te laten. Het accepteren

vis	tot	50 ng/kg	TCDD
straatstof		5 - 50 ng/kg	TCDD
menselijk vet		3 - 10 ng/kg	TCDD
moedermelk		ca. 2 ng/kg	TCDD
schone grond		3 - 10 ng/kg	TCDD
zuiveringsslib	tot	400 ng/kg	TCDD
aalscholver-lever (NL)*		50 - 9000 ng/kg	Σ PCDD/F
blauwe reiger-kever (NL)*		450 - 1000 ng/kg	Σ PCDD/F
paling (NL)		10 - 20 ng/kg	Σ PCDD/F
stedelijke lucht	tot	10 pg/m ³	Σ PCDD/F
regen		ca. 0,05 ng/liter	Σ PCDD/F
auto-uitlaatgassen (super)		ca. 1 - 20 ng/m ³	Σ T4CDD/F
		ca. 50 ng/m ³	Σ T4BDD/F **

* vermoedelijk afkomstig uit pentachloorfenol en PCBs

** tetrabroomdioxinen en -furanen.

*Enkele relevante gegevens over dioxine-gehalten in het milieu.
(div. bronnen).*

van de nieuwe norm is hier in Nederland dan ook op grote weerstand van de afvalverbranders gestuit. Vooral omdat overal behoorlijke investeringen noodzakelijk zullen zijn.' 'Maar,' voegt hij daar onmiddellijk aan toe, 'zelfs al voldoen ze aan de norm, ze blijven dioxinen en andere giftige stoffen uitstoten. En dus vormen ze een zeker risico voor het milieu. Verbranding wordt opnieuw als een oplossing voor het afvalprobleem geaccepteerd, ondanks alle huidige problemen en dilemma's. Preventie en hergebruik komen daarmee weer op het tweede plan.' Het allerbelangrijkste is namelijk, zo stelt Wytze van der Naald, dat dioxine gewoon niet in het milieu thuis hoort, dat het uit de omgeving geweerd zou moeten worden. 'We weten nu het een en ander over dioxinen. We weten waar de oorzaken

ervan liggen. Laten we dan nu dan eindelijk eens iets aan die oorzaken gaan doen en niet kissebissen over hoeveel we nu eigenlijk mogen uitstoten.'*)

*) TNO-onderzoeker Hajo Compaaan plaatst hier nog een kanttekening bij: 'Of dioxinen niet 'in het milieu thuishoren' staat nog te bezien,' zegt hij. 'Er zijn aanwijzingen dat dioxinen misschien wel langs natuurlijke weg worden gevormd, hoewel, toegegeven, slechts in zeer kleine hoeveelheden; we zijn bezig met een onderzoek hier-naar.'

Met dank aan:

Henk Bartels, TNO-Milieu en Energie, Apeldoorn
Martin van den Berg, Rijksuniversiteit Utrecht (RITOX)
Jan van den Brink, PR en Voorlichting TNO, Delft
Bram Brouwer, Landbouwniversiteit Wageningen
Laurent Chevalier, Afval Verwerking Rijnmond
Kees van der Heijden, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
Jan de Koning, TNO-Milieu en Energie, Apeldoorn
Wytze van der Naald, Greenpeace
Kees Olie, Universiteit van Amsterdam
Rob Theelen, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne
Harry van den Tweel, freelance wetenschapsjournalist en 'meelezer'
Arie Verbeek, TNO-Milieu en Energie, Apeldoorn
Joop van Wijnen, GGD Amsterdam
Job van Zorge, Directoraat-Generaal milieubeheer, ministerie van VROM
De medewerkers van de Stichting voor Publieksvoorlichting over Wetenschap en Techniek (PWT), met name Marcel van den Broecke, Hans Post, Hermien Dijkstra, Antoine Croné, Michiel Muller en Alfredo Spiro.

Geraadpleegde literatuur

Berg, Martin van den & Seinen, Willem – Dioxine-norm biedt schijnzekerheid. In: NRC-Handelsblad 1-8-1989

Biersma, Rob – Dioxine. In: NRC-Handelsblad, 6-12-1984

Blankesteijn, Herbert – Hoe krijg ik dat chloor eruit? In: Trouw, 13-9-1989

Booth, William – Agent Orange study hits brick wall. In: Science, vol. 237, blz 1285/6

Bouma, Hilda – Uitgehongerde bacterie vreet gif op. In: Het Parool, 19-1-1990

Bouma, Joop – 'Dioxine-probleem te lang miskend' In: Trouw, 19-7-1989

Britse tv: Dioxine in tampons. In: De Telegraaf, 13-2-1989

Broek, Marc van den – Auto's brengen giftige dioxinen in de lucht. In: De Volkskrant, 7-6-1986

Broek, Marc van den – Hoofdbron dioxine-vervuiling in Nederland nog onbekend. In: De Volkskrant, 18-7-1989

Broek, Marc van den – Brandvertragend plastic vormt dioxinen en furanen. In: De Volkskrant, 20-1-1990

Broek, Marc van den – Dioxine-monsters nemen blijkt een heidens karwei. In: De Volkskrant, 14-4-1990

Bukman, Bert – Dioxine als incident. In: De Tijd, 28-7-1989

Bukman, Bert – Opnieuw: De dioxine. In: De Tijd, 27-7-1990

Copius Peereboom, J.W. – De hete dioxine-zomer. In: Nieuwe Bèta, september 1989

Copius Peereboom, J.W. – Dioxineproblemen terugkerende plaag voor mens en milieu. In: Polytechnisch Weekblad, 9-8-1990

Dijk, Rob van – Wordt de borst dan eindelijk een gifspuit? In: Het Parool, 19-8-1989

Dioxine-afbraak 1 en 2 (ingezonden brieven). In: De Volkskrant, 11-3-1988

Dioxine-gehalte in melk bij nog vier vuilovens aan de hoge kant. In: De Volkskrant, 23-8-1989

Dioxine-norm wordt niet aangescherpt. In: Trouw, 5-9-1989

Door dioxineregen getroffen boer krijgt niet alles vergoed. In: Trouw, 26-7-1989

Douma, Gury – Is dioxine-melk nu wel of niet gevaarlijk voor mijn kind? In: De Volkskrant, 12-8-1989

Eijgenraam, Felix – Het einde van de dioxine-angst. In: NRC-Handelsblad, 7-8-1986

Eijk, Dick van – Vuilverbrandingen overschrijden alle norm voor dioxine. In: NRC-Handelsblad, 17-7-1990

Feenstra, Gerbrand – 'We weten nog te weinig om te zeggen dat we veilig zitten'. In: De Volkskrant, 26-4-1986

Gevolgen van PCB-gebruik. In: NRC-Handelsblad, 30-5-1989

Gezondheidsraad beraadt zich op rapport over borstvoeding. In: De Volkskrant, 8-8-1989

Greenpeace – Ban the Burn. Ocean Incineration of Toxic Waste. (1990)

Greenpeace – Let the earth Breeze... Stop Incineration! (1990)

Groeneveld, Frits – VROM-topman wil verdubbeling onderzoek dioxine-bronnen. In: NRC-Handelsblad, 31-7-1989

Hamink, Rob – Hoe geler hoe beter. In: De Telegraaf, 25-2-1989

Hoeveelheid dioxine in tampons en filters 'niet onrustbarend'. In: Trouw, 14-2-1989

Houben, Meyke – Wetenschap moet gevaar dioxinen indammen. In: Toegepaste Wetenschap, oktober 1989

Joyce, Christopher – How toxic is dioxin? The mystery deepens. In: Nature, 1-5-1986

Klein, Theo – 'Nu blijft dat rotkreng nog open ook'. In: De Volkskrant, 1-3-1990

Lange, Henny de – 'Het lijkt krachtig, maar het is paniekbeleid'. In: Trouw, 3-2-1990

Leer, E.W.B. de & Verbeek, A. – Milieu-aspecten van afvalverbranding – mogelijkheden tot verbetering. In: Toegepaste Wetenschap, augustus 1990

Luier in Zweden om dioxinesporen uit de handel genomen. In: De Telegraaf, 16-12-1988

Luoma, J.R. – Unlocking Fatal Secrets of Dioxin. In: International Herald Tribune, 17-5-1990

Maaslandse boeren bieden dioxine-gebied te koop aan. In: De Volkskrant, 28-7-1989

Margerison, Tom, Marjorie Wallace, & Dalbert Hallenstein – The Superpoison, 1976-1978. London, 1980

Meijer van der Putten, Bart – Dioxine in moedermelk onrustbarend hoog. In: NRC-Handelsblad, 8-8-1989

Meijer van der Putten, Bart – Dioxinedrempel wordt door visliefhebbers snel overschreden. In: NRC-Handelsblad, 5-9-1989

Meijnen, Joop – Nervositeit groeit over dioxinekwesitie. In: NRC-Handelsblad, 16-8-1989

Meijnen, Joop – Versoepelen dioxine-norm stap terug. In: NRC-Handelsblad, 9-2-1990

Melkonderzoek na sluiting Friese oven. In: Trouw, 17-7-1990

Mooyman, R. – Heel Nederland kan met de vuilnisman mee. In: HP, 29-7-1989

Neijenhuis, Hans – Veel consumptie 'dioxine-zuivel'. In: NRC-Handelsblad, 15-7-1989

Onderzoek naar dioxine in vis krijgt vervolg. In: UN, 26-7-1989

Onderzoek naar effect dioxine in moedermelk. In: De Telegraaf, 5-8-1989

Onderzoek TNO: angst voor dioxine is overdreven. In: Het Parool, 23-8-1990

Onderzoekers zien geen reden voor dioxine-fobie. In: De Volkskrant, 23-8-1990

- Op zoek naar de (dioxine-)norm. In: HP, 29-7-1989
- PCB-gehalte van moedermelk in Nederland geen reden tot het beperken van borstvoeding. Persbericht van de Gezondheidsraad, 27-8-1985
- Persbericht van het RIVM, dd 7 december 1990
- Reijnders, Lucas – Dioxine: gif of kankerverwekkend? In: NRC-Handelsblad, 13-6-1988
- Seeters, Peter van – Dioxinenorm in Nederland biedt geen garantie voor veiligheid. In: De Volkskrant, 2-3-1990
- Sijm, Dick – Dioxinen in papier gevaarlijk? In: Chemisch Magazine 738, december 1989
- Sijmons, Rob – 'Een toxicologisch veilige grens voor die stof bestaat helemaal niet'. In: Vrij Nederland, 5-8-1989
- Sijmons, Rob – 'Kweken ze in Wageningen aan de Landbouwwuniversiteit dan baby's?' In: Vrij Nederland, 26-8-1989
- Steehouder, Jos – Norm voor dioxine in melk moet worden verscherpt. In: UN, 29-12-1989
- Strik J.J.T.W.A. & Koeman, J.H. – De effecten van dioxine. Het zwaarste gif uit mensenhanden. In: Natuur en Techniek 50e jrg nr 3, 1982
- Taubes, Gary – Unmasking Agent Orange. In: Discover, april 1988
- TNO onderzoekt dioxine-uitstoot op grote schaal. In: De Volkskrant, 17-3-1990
- Toelaatbaar geachte dosis dioxinen altijd arbitrair. In: NRC-Handelsblad, 18-7-1989
- Tschirley, F.T. – Dioxin. In: Scientific American, Februari 1986
- Twijfel over borstvoeding: moeders willen aan de fles. In: Trouw, 7-8-1989
- Weggooiluiers zouden gif bevatten. In: Trouw, 22-12-1988
- Wijnen, Joop van – Health Risk Assessment of Soil Contamination Amsterdam, 1990

Lijst van gebruikte afkortingen en maten

AVI	= Afval Verbrandings Installatie
AVR	= Afvalverwerking Rijnmond
DGM	= Directoraat Generaal voor de Milieuhygiëne
DNA	= desoxyribonucleïnezuur
LD50	= de dosis van een stof die 50% van de gebruikte proefdieren doodt
PBDD/F	= polybroomdioxine(n) en -furaan(en)
PCB	= polychloorbifenyln(en)
PCDD	= polychloordibenzodioxine(n)
PCDF	= polychloordibenzofuraan(en)
PVC	= polyvinylchloride
RIVM	= Rijks Instituut voor de Volksgezondheid en Milieuhygiëne
RUU	= Rijks Universiteit Utrecht
RV'85	= Richtlijn Verbranden 1985
RV'89	= Richtlijn Verbranden 1989
2,4,5-T	= 2,4,5-trichloorfenoxyzijnzuur
TCB	= tetrachloorbenzeen
TCDD	= 2,3,7,8-tetrachloor-p-dibenzodioxine
TCP	= trichloorfenol
TDI	= toegestane dagelijkse inname (in het Engels: ADI= acceptable daily intake)
TEF	= Toxiciteits Equivalentie Factor (waarbij TCDD = 1)

TEQ	= TCDD-equivalent(en)
TNO	= (Nederlandse Organisatie voor) Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
VROM	= Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieuhygiëne
WHO	= Wereld Gezondheids Organisatie

Σ	= 'som van'	
1 Mton	= 1 megaton	= 1.000.000 ton
1 μ g	= 1 microgram	= $\frac{1}{1.000.000}$ gram
1 ng	= 1 nanogram	= $\frac{1}{1.000.000.000}$ gram
1 pg	= 1 picogram	= $\frac{1}{1.000.000.000.000}$ gram

De Wetenschapslijn

Iedereen heeft dagelijks te maken met nieuwe ontwikkelingen in wetenschap en techniek. Wij krijgen een nieuw geneesmiddel voorgeschreven, tanken loodvrije benzine, leren met een tekstwerker omgaan, zien satellietfoto's bij het weerbericht op de televisie. Pers, radio en tv informeren ons over genetische manipulatie, zwarte gaten in het heelal, supergeleiding, elektronisch betalen en sprekende computers. De ontwikkelingen op allerlei gebieden gaan zo snel, dat er nog maar nauwelijks wijs uit te worden is. Wat kan de gewone burger verwachten van de informatiemaatschappij? Krijgt straks iedereen een 'genetisch paspoort' en is dat goed of slecht? Hoeveel echte Rembrandts zijn er nu eigenlijk? Is beeldschermstraling gevaarlijk voor zwangere vrouwen, en hoe staat het met de magnetron-oven? Hoe betrouwbaar is ons geheugen?

Wie vragen heeft op het gebied van wetenschap en techniek, kan de Wetenschapslijn bellen, een telefonische vraagbaak voor iedereen. Het nummer is: **06-821.21.44** (maandag t/m vrijdag van 10 tot 16 uur; kosten 20 cent per minuut). Ook schriftelijke vragen zijn welkom; het adres is

Wetenschaps



Wetenschapslijn
Postbus 171
3500 AD Utrecht

De medewerkers van de Wetenschapslijn zullen proberen uw vragen zo goed mogelijk te beantwoorden. Over veel onderwerpen zijn actuele informatiemappen samengesteld, die op verzoek worden toegezonden. Deze mappen zijn ook geschikt voor scholieren die een werkstuk willen maken of een voordracht willen houden over een wetenschappelijk of technisch onderwerp.

De Wetenschapslijn is een initiatief van de Stichting voor Publieksvoorlichting over Wetenschap en Techniek (PWT).

Register

- afvalreductie 73
- Agent Orange 57
- bleken 39
- bodemverontreiniging 25
- carcinogeniteit 60
- chlooracne 16, 49, 63
- dibenzofuranen 11
- 'dirty seventeen' 13
- gezondheidsrisico's 57
- Givaudan-proces 19
- grenswaarden 80
- hormoon 46, 48
- hydrogenolyse 73
- LD₅₀ 50
- Lickebaertpolder 27
- melk 28, 40
- moedermelk 61
- normen 50, 80
- open haard 37
- ophoping 47
- overheid(sbeleid) 79
- PCB's 13, 55
- PCDD's 11
- PCDF's 11
- Philips-Duphar 17
- polychloorbifenylen 13
- polychloordibenzo-
dioxinen 11
- preventie 69, 70
- recycling 71
- Richtlijn Verbranden 83
- Seveso 21, 44, 52
- sigaretterook 37
- TDI 82
- TEF 56
- TEQ 56
- toxicologie 42
- uitlaatgassen 37
- verbranden:
 - van afval op zee 36
 - van chemisch afval 32
 - van huisvuil 29, 34
- verglazing 78
- vliegass 34
- voedingsmiddelen 40
- Volgermeerpolder 26, 77
- vuilverbrandings-
 - installaties 30, 65, 70, 83
- vruchtbaarheid 60
- zuigelingen 60

Dioxine in de melk? Hoe komt dat en is het wel zo'n zwaar vergif? Wij produceren in West-Europa zo veel afval, dat aan storten alleen steeds minder valt te denken. Naast het beperken van afval, gescheiden inzameling en optimale recycling is gekozen voor het verbranden van het vuil, waarbij nog energie kan worden teruggewonnen. Maar we krijgen het afval dan in de vorm van gif weer op ons brood terug of liever: in onze melk.

Sinds milieuchemici de zeer giftige "dioxinen" in rook-gassen hebben aangetoond is vuilverbranding in een kwade reuk komen te staan. Inmiddels zijn vele andere bronnen van dioxinen in het milieu ontdekt. Hoe schadelijk zijn zij eigenlijk? Zijn ze echt de meest giftige stoffen die er bestaan? Hoe worden ze gevormd en hoe kunnen we dat voorkomen.

In dit boek worden veel vragen behandeld en beantwoord. De feiten worden op een rij gezet, evenals de wijze waarop wetenschappers en overheden met het probleem omgaan.

Hajo Compaan is stafonderzoeker en plaatsvervangend hoofd van de afdeling Analytische Chemie van het Instituut voor Milieuwetenschappen TNO te Delft.

Andrea Hijmans is als redakteur werkzaam bij de Stichting voor Publieksvoorlichting over Wetenschap en Techniek (PWT). Zij publiceerde over diverse wetenschappelijke en technische onderwerpen.

ISBN 90-330-1430-0



Hebt u vragen over wetenschap en techniek? Bel de Wetenschapslijn: **06-8212144** (werkdagen 10-16 uur, f 0,20 per minuut), of schrijf: Wetenschapslijn, Postbus 171, 3500 AD Utrecht