

# Schadelijke stoffen in oppervlaktewater

Voordracht gehouden tijdens de 33e vakantie cursus in drinkwatervoorziening 'Toxicologische aspecten', die op 8 en 9 januari 1981 aan de TH Delft werd gehouden.

## Inleiding

Ondanks het feit dat de prognoses voor het waterverbruik in neerwaartse richting bijgesteld worden is de openbare watervoorziening ook in de toekomst in belangrijke mate aangewezen op Rijn en Maas als bron voor drinkwater. En zoals bekend zijn deze rivieren, die beide een dichtbevolkt en hoog geïndustrialiseerd stroomgebied hebben, belast met industrieel en huishoudelijk afvalwater, afstromend water van landbouwgronden, bestrijdingsmiddelen, die bij het schoon houden van de water-

derden verbindingen aangetroffen in Rijn- en Maaswater in concentraties van enkele honderdsten tot enkele tientallen microgrammen per liter.

Veel van deze verbindingen zijn schadelijk voor de gezondheid en dienen bij de bereiding van drinkwater verwijderd te worden, waarbij het van belang is te onderkennen dat de toxiciteit niet alleen afhankelijk is van de aard van de stof maar ook van de concentratie, waarin de stof opgenomen wordt en de tijd gedurende welke die opneming plaatsvindt.

Nu is voor een enkelvoudige stof de toxiciteit nog wel te bepalen maar bij oppervlaktewater hebben we te maken met steeds wisselende concentraties als gevolg van variaties in lozingen en afvoer. Daarbij komt nog dat vele stoffen tegelijk voorkomen die elkaars werking kunnen versterken of verzwakken, met andere woorden: een berekening van de toxicologische kwaliteit van water op basis van concentraties van individuele stoffen is praktisch gezien niet mogelijk.

We kunnen ten aanzien van rivierwater twee situaties onderscheiden:

- het voorkomen van stoffen in concentraties die acuut toxisch zijn
- het voorkomen van stoffen in concentraties die chronisch toxisch zijn.

Voor de mens acuut toxische concentraties van stoffen komen in Rijn en Maas sporadisch voor. De waarneming beperkt zich in het algemeen tot min of meer spectaculaire effecten ten aanzien van zoogdieren en vissen. De effecten die op de lagere nivo's in de voedselketen onder invloed van allerlei verbindingen optreden trekken zich in het algemeen aan de oppervlakkige waarneming en halen derhalve de krant niet.

Acuut toxische concentraties voor zoogdieren zijn relatief zo hoog dat, gelet op de omvang van de afvoeren van Rijn en

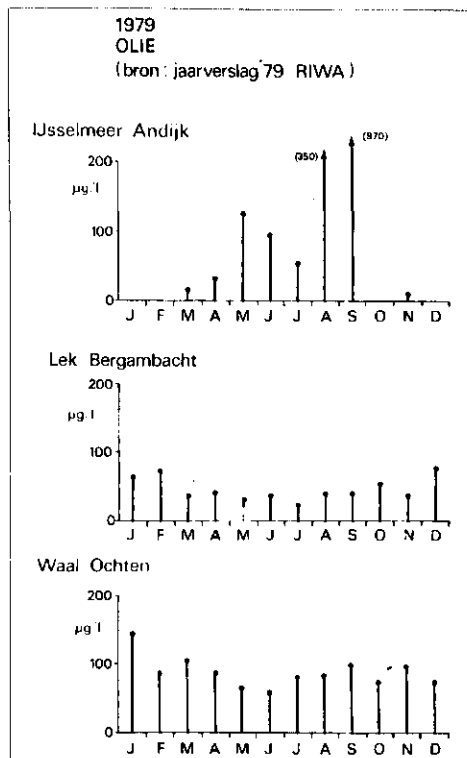
Maas, tientallen tot honderden tonnen van een zwaar gif per dag geloosd zouden moeten worden teneinde een acuut toxisch effect te veroorzaken. Een dergelijke situatie is niet waarschijnlijk. Wel komen concentraties van stoffen voor die chronisch-toxisch kunnen zijn, dat wil zeggen dat de effecten zich pas op langere termijn zullen openbaren.

En omdat het gevaar bestaat dat dit soort verbindingen de drinkwaterbereiding passeren stelt de IAWR\* in haar memorandum, dat het streven gericht moet zijn op een zodanige kwaliteit van het oppervlaktewater waaruit drinkwater bereid wordt dat de drinkwaterbedrijven kunnen volstaan met een mechanisch-biologische zuivering. Tevens stelt het memorandum dat de in water voorkomende moeilijk afbreekbare stoffen, waaronder zich toxische verbindingen bevinden, de meeste aandacht verdienen. De groepen verbindingen die in dit verband in het memorandum genoemd worden zijn organochloorverbindingen, aromatische nitroverbindingen, sulfonzuren en zware metalen.

Om het bovengenoemde streven gestalte te geven heeft de IAWR grenswaarden geformuleerd die in afb. 1 zijn weergegeven. In de tabel worden A en B grenswaarden

\* IAWR = Internationaal samenwerkingsverband van waterleidingbedrijven die als ruwwaterbron de Rijn, Maas of Donau gebruiken.

Afb. 2 - Oliegehalten Waal, Lek en IJsselmeer in 1979.



DRS. W. VAN DE MEENT  
KIWA  
Nieuwegein

gangen worden gebruikt en afval van de scheepvaart.

De stoffen die langs deze wegen in het rivierwater terechtkomen hebben in het algemeen een voor de mens nuttige functie. De productie van deze stoffen wordt verzorgd door de chemische industrie met wereldwijd een capaciteit van 100-200 miljoen ton per jaar verdeeld over enkele miljoenen verbindingen. Van de meeste van deze producten worden relatief kleine hoeveelheden gemaakt. Van ongeveer tweeduizend stoffen is bekend dat de productie meer dan 50 ton per jaar bedraagt, terwijl van 'slechts' 50 stoffen meer dan een miljoen ton per jaar wordt geproduceerd.

## Wat komt daarvan nu in het Rijn- en/of Maaswater terecht?

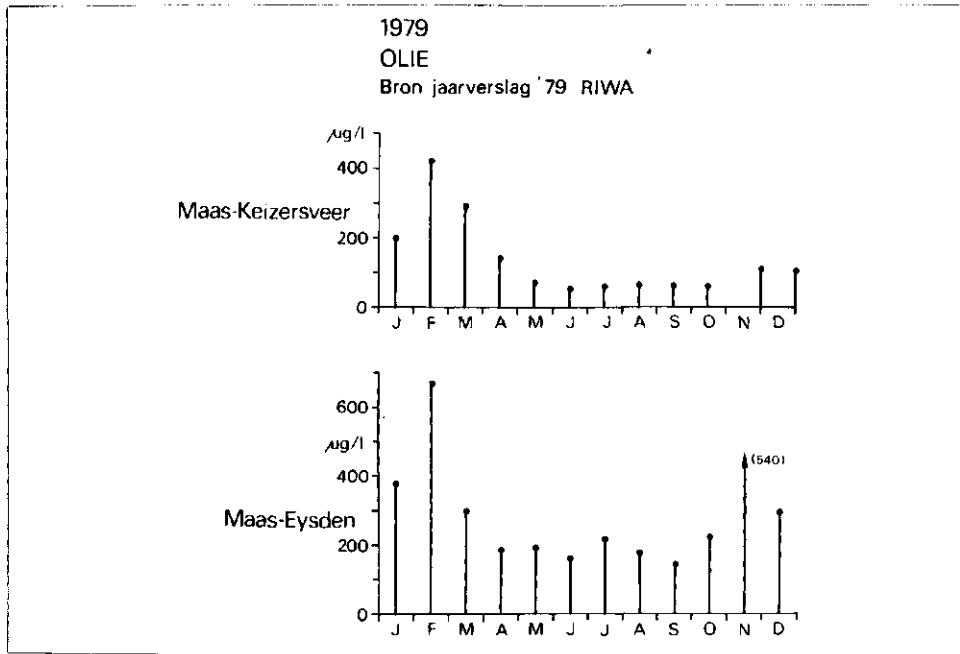
Als een stof in een concentratie van één microgram per liter in de rivier de Rijn bij Lobith wordt aangetroffen gedurende één jaar, dan betekent dit bij een gemiddelde afvoer bij Lobith van 2200 m<sup>3</sup>/sec. een vracht van 70 ton. Voor de Maas ligt dit getal een factor 10 lager.

Als we aannemen dat de industrie en ook de gebruikers van chemicaliën in het algemeen niet buitengewoon slordig met hun grondstoffen en producten omgaan en verder dat we weten dat in het stroomgebied van de Rijn veel chemische productiecapaciteit aanwezig is, dan zullen we maximaal niet meer dan enkele duizenden stoffen in het oppervlaktewater kunnen aantreffen in aantoonbare concentraties (0,1 µg/l).

In het onderzoek naar organische microverontreinigingen dat door de waterleidingbedrijven, de overheid en anderen wordt uitgevoerd, worden regelmatig enkele hon-

Afb. 1 - Grenswaarden voor groepen opgeloste organische verbindingen in oppervlaktewater en drinkwater.

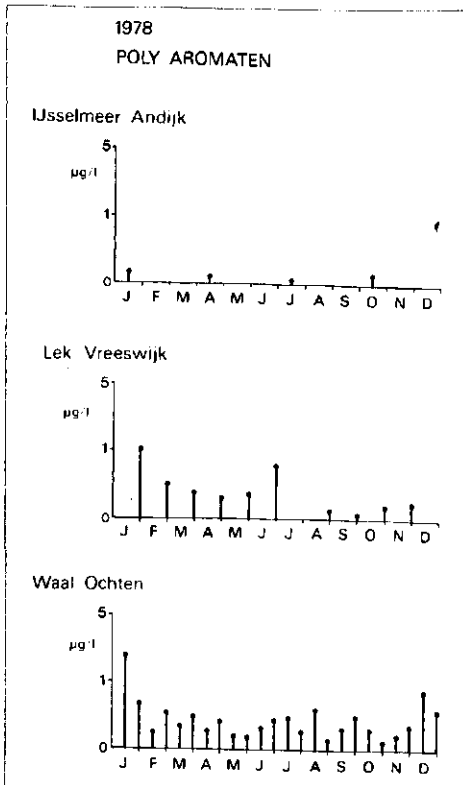
	A	B	RN	MTC
polycyclische aromaten	0,2	0,3	—	0,2
fenolen	5	10	—	0,5
aromatische amines	5	5	—	—
organochloor verbindingen	50	100	—	—
niet vluchtige organochloor verbindingen	10	20	1	—
organochloor pesticiden totaal	5	10	—	0,5
organochloor pesticiden per stof	3	5	—	0,1
cholinesterase remmers	30	50	—	—
olie	50	200	—	10
detergenten	100	300	—	200



Afb. 3 - Oliegehalten in de Maas bij Eijsden en Keizersveer 1979.

genoemd. De A waarden geven de kwaliteit aan van het oppervlaktewater, waarbij de waterleidingbedrijven kunnen volstaan met een natuurlijke, dat wil zeggen mechanisch-biologische zuivering en fungeren de aanwezige fysische en chemische zuiverings-trappen als koolfiltratie en ozonisatie als veiligheidsmarge.

Afb. 4 - Gehalten van polycyclische aromaten in Waal, Lek en IJsselmeer 1978.

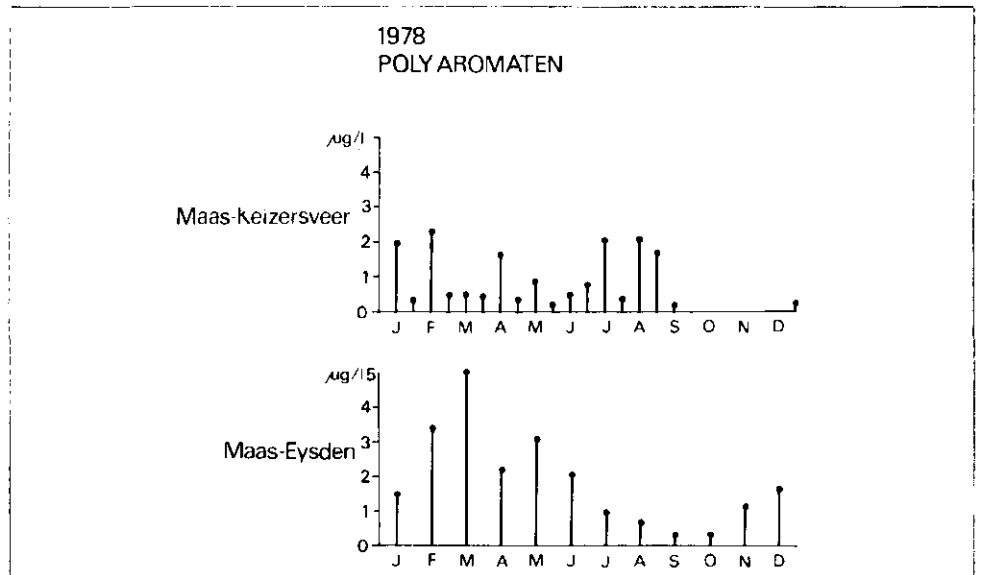


Bij de B kwaliteit is additionele fysisch-chemische zuivering noodzakelijk om een aanvaardbare drinkwaterkwaliteit te bereiken, waarbij de gewenste veiligheidsmarge niet meer aanwezig is. In de afbeelding zijn ter vergelijking de richtniveau's (RN) en de maximaal toelaatbare concentraties (MTC) aangegeven zoals die in juli 1980 door de Raad van de Europese Gemeenschappen voor drinkwater zijn afgekondigd.

**Meetwaarden**

Een aantal door de IAWR genoemde verbindingen zijn in het meetprogramma van de Rijncommissie waterleidingbedrijven opgenomen. In het onderstaande wordt een

Afb. 5 - Gehalten van polycyclische aromaten in de Maas bij Eysden en Keizersveer 1978.



greep gedaan uit de resultaten van dit onderzoek.

Wat de Rijn betreft worden gehalten, die in de Waal bij Ochten, de Lek bij Bergambacht en IJsselmeer bij Andijk zijn aangetroffen, weergegeven; voor de Maas zijn de punten Eysden en Keizersveer gekozen\*.

**Olie**

In afb. 2 zijn de oliegehalten van de Rijn in 1979 weergegeven.

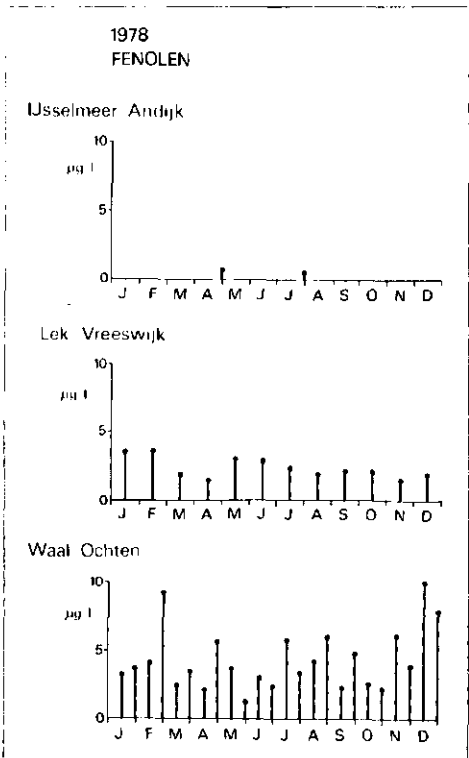
De drie figuurtjes geven de gehalten aan van de Waal bij Ochten, de Lek bij Bergambacht en het IJsselmeer bij Andijk. In januari en februari zijn in verband met ijsgang bij Andijk geen monsters genomen. Het is duidelijk dat de IAWR-norm van 50 µg/l frequent wordt overschreden. In het IJsselmeer komen relatief hoge gehalten voor. Het Lekwater bevat wat minder olie dan de Waal.

De oliegehalten van de Maas bij Eysden zijn vooral in de eerste maanden van het jaar vrij hoog (afb. 3). In deze perioden is de afvoer het hoogst en wordt veel slib meegevoerd waaraan de olie ten dele gebonden is. Bij Keizersveer zijn de gehalten wat lager hoewel de norm van 50 µg/l in 1979 niet gehaald werd.

**Polycyclische aromaten**

In afb. 4 zijn de gehalten weergegeven van de polycyclische aromaten in Rijnwater in 1978. In de Waal is tweemaal per maand gemeten. In de Lek eenmaal per maand en in het IJsselmeer eenmaal per kwartaal. De vergelijking met de IAWR-norm van 0,2 µg/l mag hier eigenlijk niet gemaakt

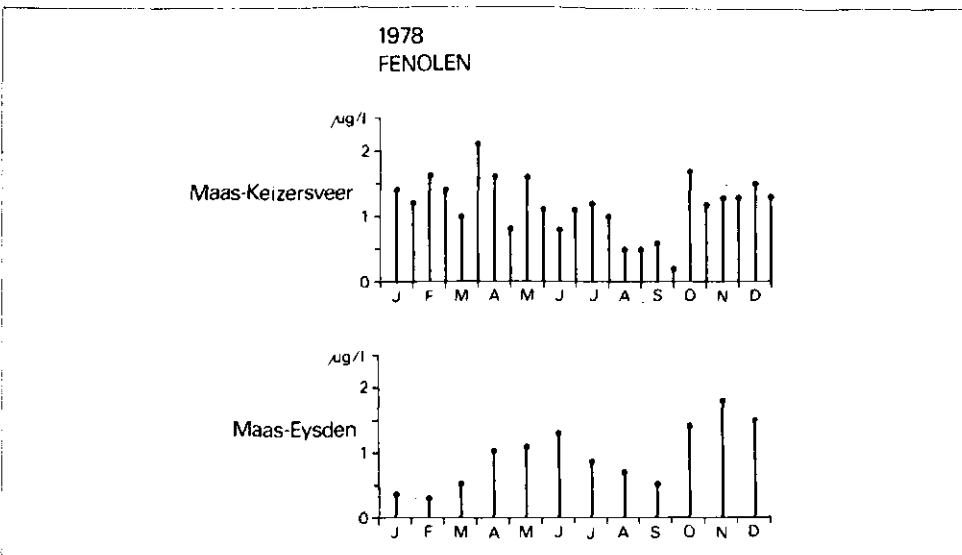
\* Monsterneming frequentie: Ochten 2 x per maand, Andijk 1 x per kwartaal, overige plaatsen 1 x per maand.



Afb. 6 - Gehalten van fenolen in Waal, Lek en IJsselmeer 1978.

worden, omdat als meetmethode gaschromatografie is toegepast. De IAWR-norm is gebaseerd op een andere meetmethode. Onder de aangetoonde verbindingen bevonden zich stoffen die als kankerverwekkend bekend staan. Uit onderzoek van het Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening waarbij wel de authentieke methode is toegepast, is bekend dat zowel in de Rijn als in de Maas de norm regelmatig wordt overschreden. Uit afb. 4 blijkt dat de gehalten in het IJsselmeer lager zijn dan die in de Maas en de Lek.

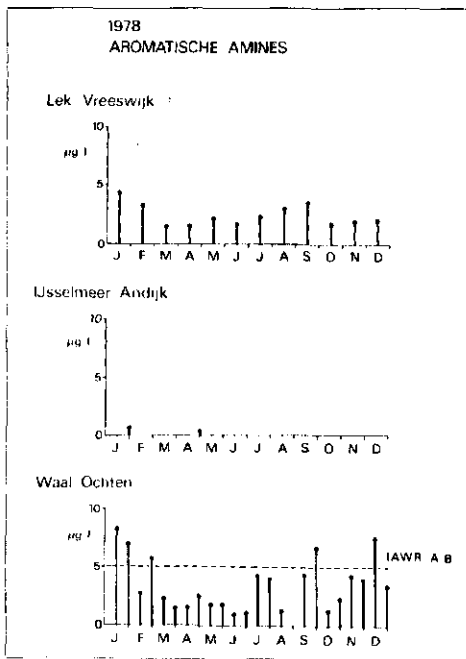
Afb. 7 - Gehalten van fenolen in de Maas bij Eysden en Keizersveer 1978.



Bij Eysden komen, evenals bij olie het geval was, in de eerste maanden van het jaar de hoogste gehalten voor (afb. 5). Ook van deze aromaten weten we dat die voor een belangrijk deel slibgebonden voorkomen, zodat het verklaarbaar is dat in de periode waarin de rivier veel slib meevoert ook hoge gehalten worden gevonden.

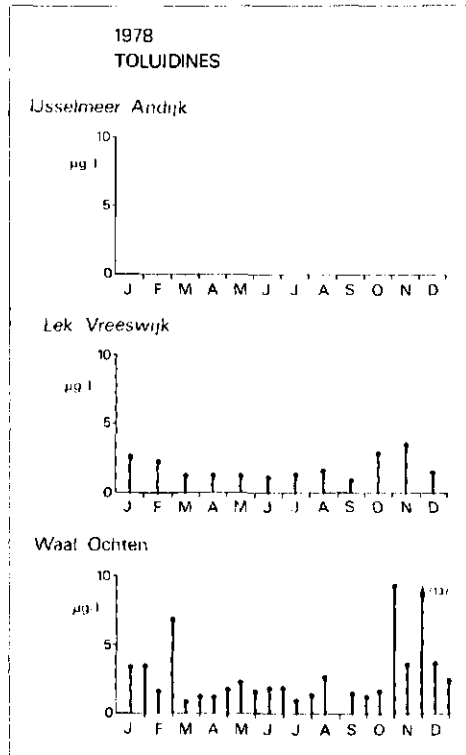
**Fenolen**

In de Waal komen vele fenolen voor waarvan de chloorfenolen, die berucht zijn vanwege de smaak en die als bestrijdingsmiddel worden toegepast, de belangrijkste zijn. Het totaalgehalte van de Lek is wat lager terwijl in het IJsselmeer de chloor-



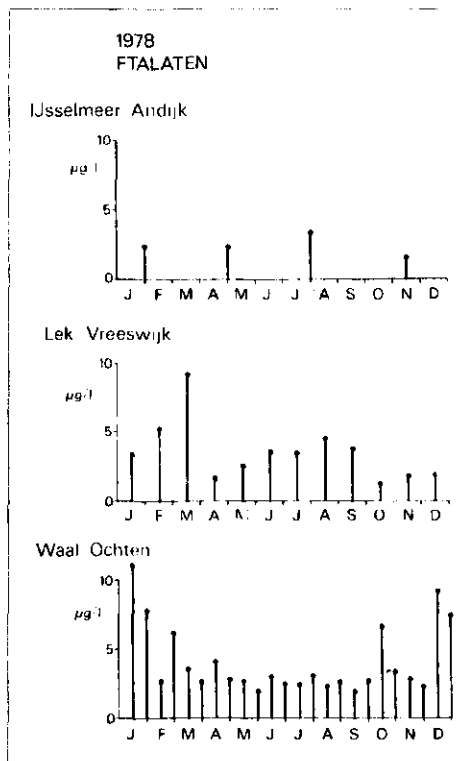
Afb. 8 - Gehalten van aromatische amines in Waal, Lek en IJsselmeer 1978.

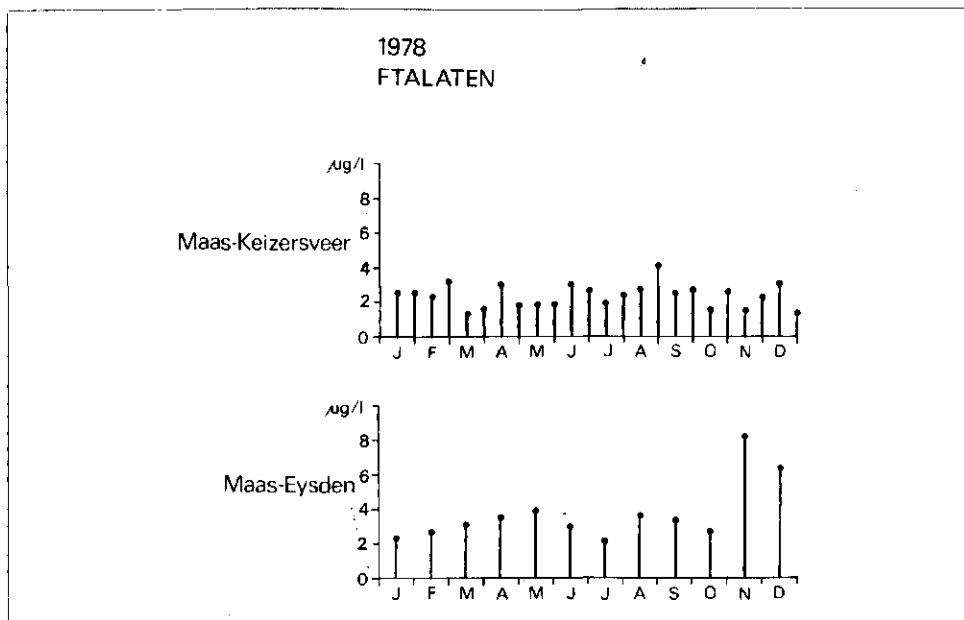
fenolen praktisch verdwenen zijn (afb. 6). Afb. 7 laat de situatie voor de Maas zien. De gehalten zijn wat lager dan in de Waal en de Lek terwijl ook het aantal van deze stoffen in de Maas veel lager ligt dan in de



Afb. 9 - Gehalten van toluïdines in Waal, Lek en IJsselmeer 1978.

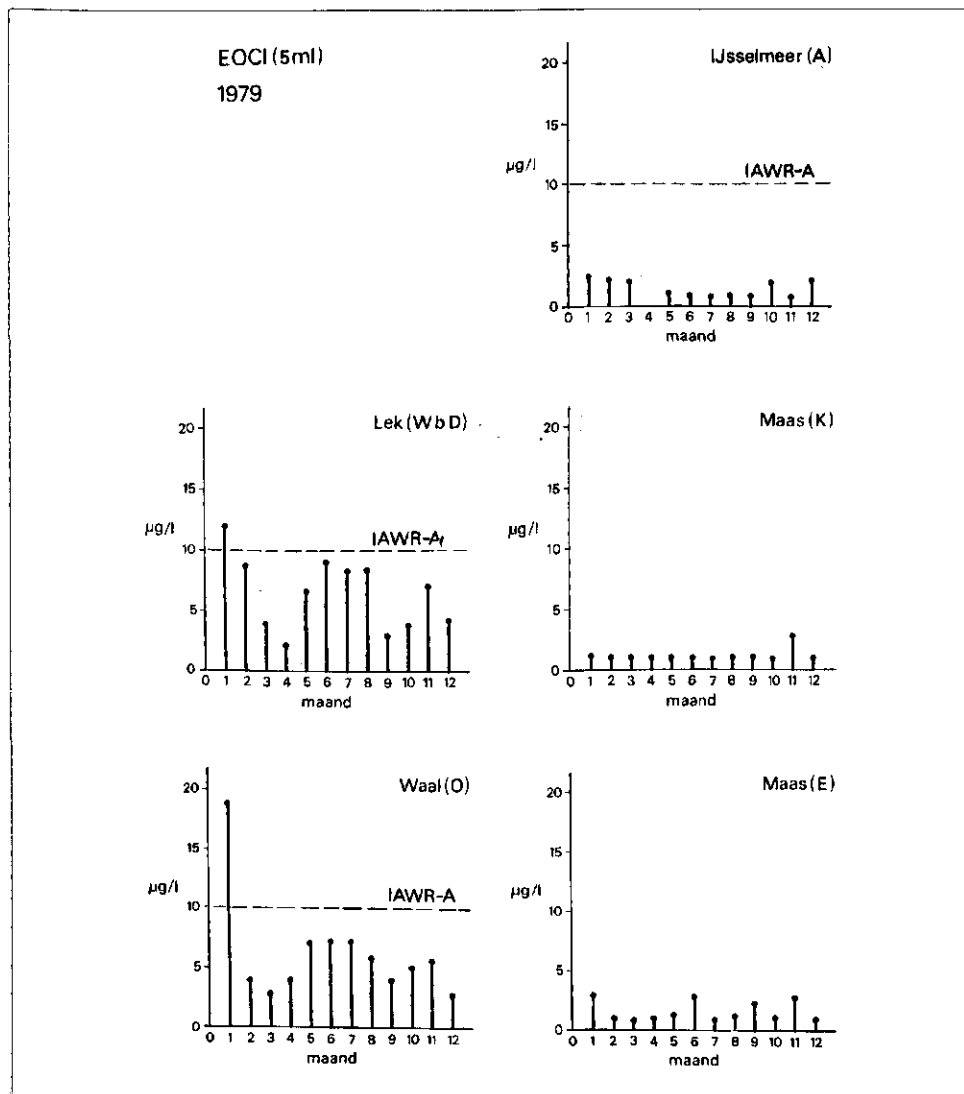
Afb. 10 - Gehalten van ftalaten in Waal, Lek en IJsselmeer 1978.





Afb. 11 - Gehalten van ftalaten in de Maas bij Eysden en Keizersveer 1978.

Afb. 12 - Gehalten van niet-vluchtige met petroleum ether extraeerbare organochloorverbindingen in Rijn- en Maaswater in 1979.



Rijn. Dit laatste blijkt niet uit de afbeelding maar is een gegeven dat ook bij het onderzoek beschikbaar is gekomen.

### Aromatische amines

Deze verbindingen zijn van industriële herkomst. Sommige vertegenwoordigers van deze groep zijn kankerverwekkend (afb. 8). De IAWR heeft voor deze categorie een norm van  $5 \mu\text{g/l}$ , die in de Waal wordt overschreden. In het IJsselmeer worden deze stoffen praktisch niet aangetoond hetgeen ook geldt voor de Maas.

### Toluidines

Chemisch nauw verwant met deze stoffen zijn de toluidines (afb. 9).

Het beeld komt overeen met dat van de anilines. Ook deze stoffen komen in de Maas niet voor.

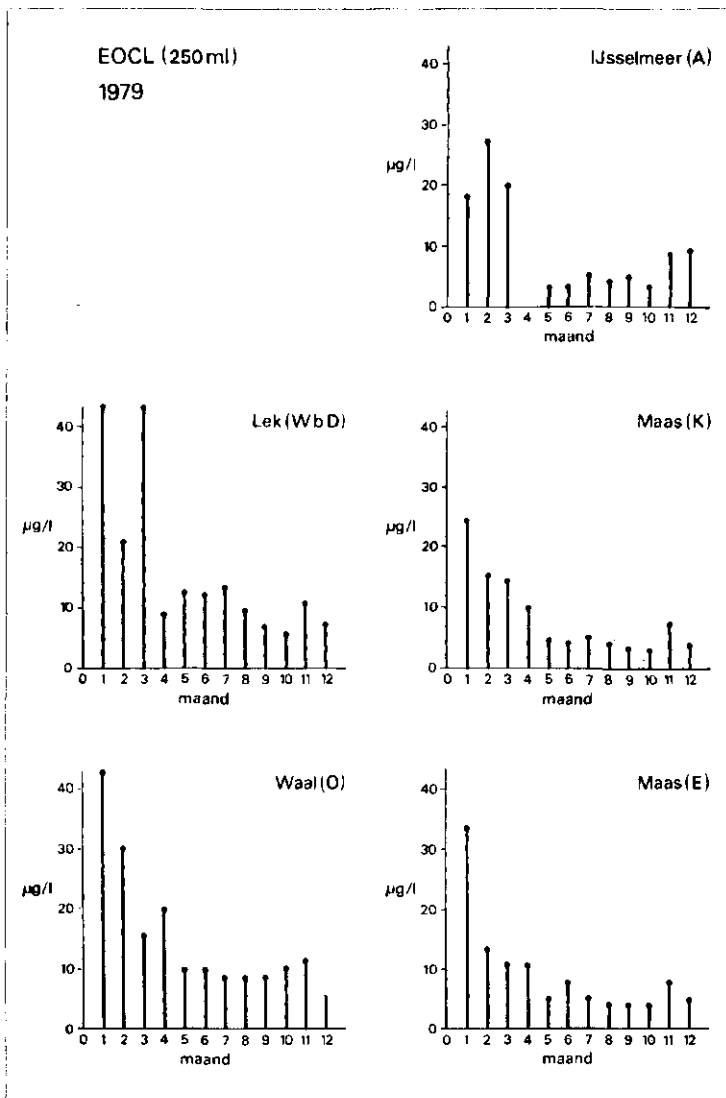
### Ftalaten

De volgende categorie verbindingen, de ftalaten, komt praktisch overal voor. Een aantal van deze stoffen passeert de waterzuivering vrij gemakkelijk. Diethylftalaat en dibuthylftalaat, die beide in Maas en Rijnwater voorkomen, hebben vruchtbeschadigende werking op embryo's van ratten. Deze stoffen vertonen overeenkomst qua chemische structuur met de werkzame stof die voorkomt in softenon dat in het verleden veel narigheid heeft veroorzaakt. De gehalten in Waal, Lek en IJsselmeer zijn niet duidelijk verschillend (afb. 10). In de Maas zijn de gehalten iets lager (afb. 11).

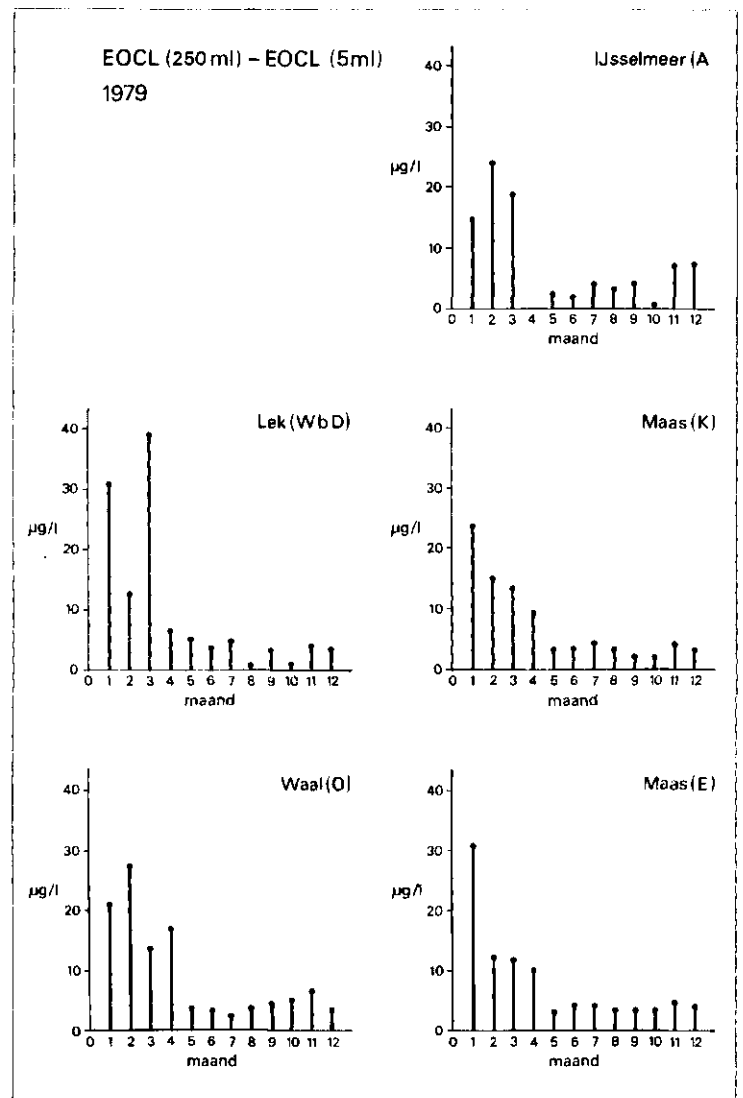
### Organochloor verbindingen

Met de naam organochloor verbindingen wordt een categorie stoffen aangeduid die men in het algemeen uit milieu-hygiënisch oogpunt en ook bij de waterleidingbedrijven liever kwijt dan rijk is. Deze groep van stoffen die chemisch gezien een grote variëteit vertoont is in zijn totaliteit van kunstmatige oorsprong en kan beschouwd worden als een indicator voor chemische verontreiniging, zoals de colibacterie als indicator voor faecale verontreiniging fungeert.

In de eerste plaats zijn er de chloorpesticiden, stoffen als lindaan, dieldrin, aldrin en DDT. De bepaling in oppervlaktewater van deze stoffen is jaren geleden bij een aantal waterleidingbedrijven ingevoerd. De laatste tijd zijn zowel in Rijn als Maas de gehalten van dit soort verbindingen



Afb. 13 - Gehalten van met petroleum ether extraheerbare organochloorverbindingen in Rijn- en Maaswater in 1979.



Afb. 14 - Gehalten van vluchtige met petroleum ether extraheerbare organochloorverbindingen in Rijn- en Maaswater in 1979.

laag. Laag betekent in dit geval in de buurt van 0,01 µg/l\*. Desalniettemin is waakzaamheid toch wel geboden. Dit werd in augustus 1979 nog eens aangetoond toen als gevolg van de lozing in de Main van endosulfan vissterfte optrad. Het laboratorium van de NV Watertransportmaatschappij Rijn Kennemerland heeft verhoogde concentraties van deze stof bij Lobith waargenomen. Dit bestrijdingsmiddel komt voor op de zwarte lijst van stoffen waarvan volgens de Internationale Rijncommissie de lozing geheel beëindigd dient te worden. Verder is het gelukkig zo, dat deze stof zichzelf al heel snel verraadt, omdat het al in zeer lage concentraties dodelijk is voor vissen.

Vervolgens komen in het oppervlaktewater de inmiddels overbekende halomethanen voor. De concentraties liggen in de orde van grootte van enkele tienden tot enkele

microgrammen per liter waarbij het dan in hoofdzaak gaat om chloroform en tetrachloormethaan. Ook trichlooretheen en tetrachlooretheen ook wel 'Per' genaamd, berucht geworden als verontreinigingen van grondwater, komen in het oppervlaktewater voor, ook weer in concentraties van enkele tienden microgrammen per liter. Tenslotte zijn er in oppervlaktewater tientallen gechlorde verbindingen die chemisch gezien in andere categorieën thuishoren, zoals de chloorbenzenen, chloorfenolen, chlooranilines, chloor-isopropylethers etc. Om nu al die chloorverbindingen, waarvan er vele zijn die nare eigenschappen hebben, te kunnen bepalen zijn er twee zogenaamde sombepalingen in gebruik. De eerste is de EOCL methode, waarbij EOCL staat voor extraheerbaar organochloor, dat wil zeggen dat alle organochloorverbindingen die met petroleumether uit water te extraheren zijn en die niet vluchtig zijn met deze methode worden bepaald. De IAWR heeft een A

norm voor deze categorie van 10 µg/l. Met deze parameter is een kwaliteitsgegeven beschikbaar gekomen dat, vergeleken met de relatief bewerkelijke, tijdrovende en dus kostbare bepaling van individuele stoffen, snel te bepalen is. Deze parameter kan als bewakings- c.q. monitorbepaling goede diensten verrichten. Immers een verhoogd organochloorgehalte duidt op een verontreiniging waarvan de identiteit daarna met gecompliceerde methoden vastgesteld kan worden.

Deze parameter is ook in het oppervlaktewater bepaald. Afb. 12 geeft daarvan een overzicht te zien (frequentie: 1 x per maand). In deze afbeelding is de EOCL (5 ml) vermeld. Deze gegevens zijn in opdracht van de RIWA over 1979 verzameld. In de Waal en de Lek wordt incidenteel de norm overschreden. Het IJsselmeer vertoont lagere gehalten die ongeveer overeenkomen met die van de Maas bij Eijsden en Keizersveer. Deze afbeelding betreft dus de niet-vlucht-

\* één honderdste microgram per liter.

tigen. De som van de vluchtigen en niet-vluchtigen is ook gemeten, hetgeen mogelijk is door de bepalingmethode aan te passen. De resultaten van deze bepaling, aangeduid met EOCl 250 ml, worden in afb. 13 gegeven. Alle plaatsen geven hogere gehalten te zien. Ook het IJsselmeer geeft in de koude tijd van het jaar duidelijk hogere gehalten te zien, evenals de Maas bij Eijsden en Keizersveer.

Dit verschil komt nog meer tot uiting in afb. 14 waar het verschil tussen de twee methoden is uitgezet. Het is duidelijk te zien dat wanneer de temperatuur van het water stijgt de vluchtigen meer verdwijnen. Bij de niet-vluchtigen was dit effect niet duidelijk aanwezig.

De tweede sombepaling in deze sector is de AOCl bepaling. Deze bepalingmethode is door de groep van prof. Sontheimer van het Engler-Bunte Institut van de universiteit Karlsruhe ontwikkeld. De letters AOCl willen zeggen: adsorbeerbaar organochloor. Bij deze methoden worden de organo-

chloorverbindingen niet uit het water geïsoleerd met een oplosmiddel maar door middel van adsorptie op actieve kool. Deze methode levert hogere gehalten aan organochloor op dan de methode die werkt met extractie. De IAWR A grenswaarde voor deze groep bedraagt 50 µg/l.

Uit afb. 15, die ook in opdracht van de RIWA is samengesteld, blijkt hoe de gehalten van deze parameter in Rijn en Maas liggen (1e helft van 1979 geen monsterneming).

**Toxiciteit**

Alle voorgaande informatie geeft in feite nog geen houvast als we willen vaststellen of het water met de daarin voorkomende concentraties nu chronisch-toxisch is of niet.

Het analyseren van de honderden tot duizenden stoffen is een kostbare zaak. Als dat al praktisch mogelijk was zouden we van alle stoffen de lange termijn effecten

moeten kennen en tevens moeten weten wat de effecten zijn van de mengsels zoals die in water voorkomen. Het is duidelijk dat dan nog een zeer lange weg te gaan zou zijn en derhalve is een andere benadering gekozen.

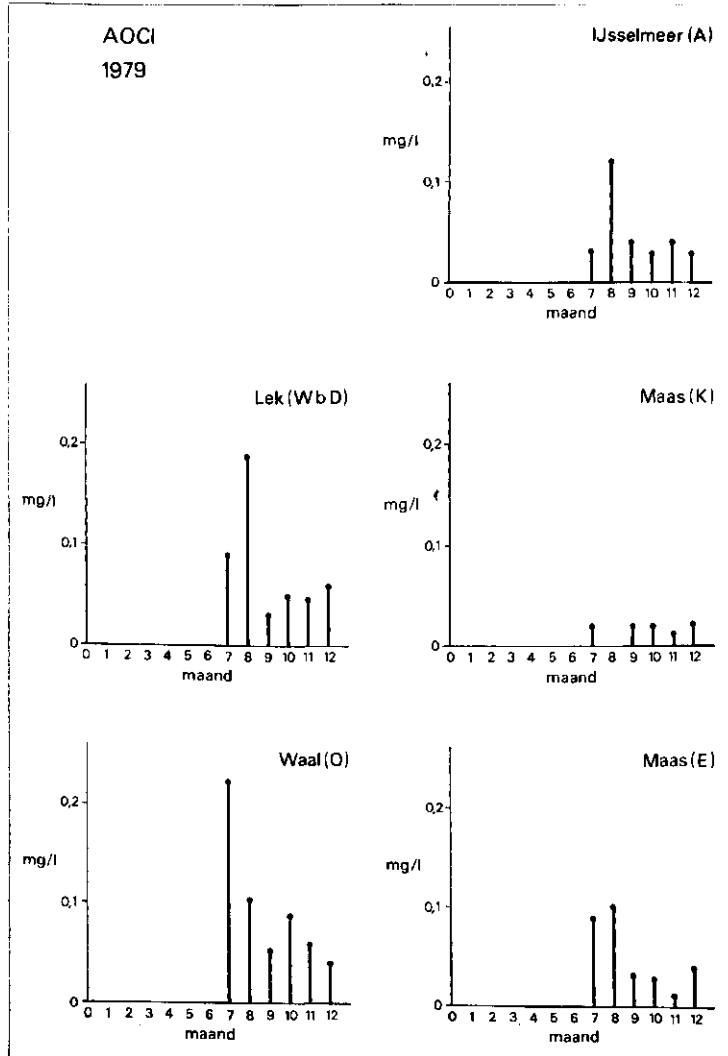
Wat de analytisch-chemische kant betreft is voor screenings c.q. monitordoeleinden gebruik te maken van sombepalingen voor organische verbindingen.

Wat de chronische toxiciteit van water betreft heeft de toenmalige commissie Toxicologie Oppervlaktewater van het KIWA, onder voorzitterschap van prof. Knoppert, zich aangesloten bij de visie van prof. Van Genderen en medewerkers die stellen, dat oppervlaktewater waarin vis aanwezig is die zich daarin normaal voortplant, als gezond water beschouwd kan worden.

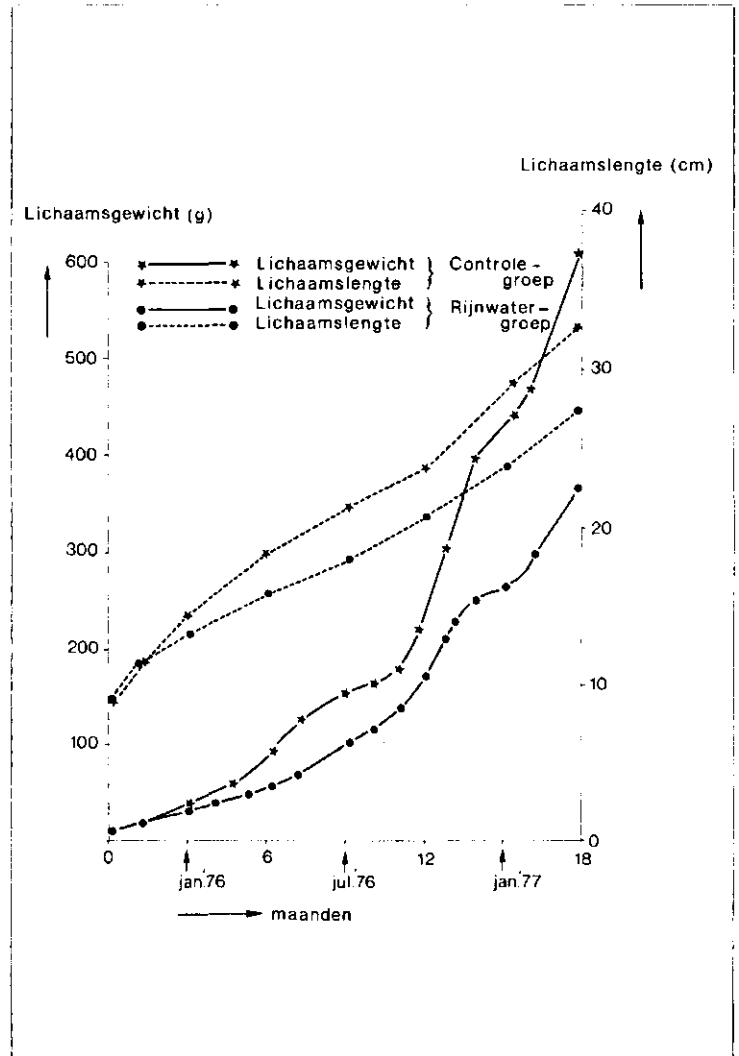
**Forellen**

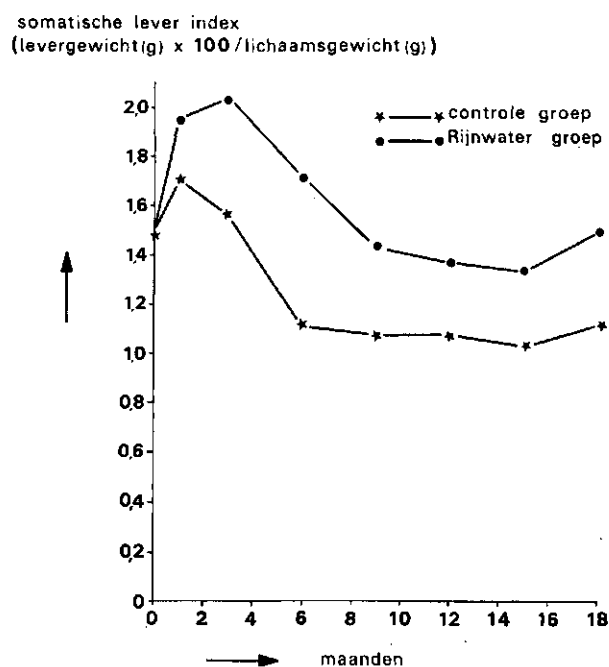
In afb. 16 zijn de resultaten van een

Afb. 15 - Gehalten van op actieve kool adsorbeerbare organochloorverbindingen in Rijn- en Maaswater in de tweede helft van 1979.



Afb. 16 - Ontwikkeling van lichaamsgewicht en lichaamslengte van forellen in grond- en Rijnwater gedurende 18 maanden.





Afb. 17 - Ontwikkeling van het relatieve gewicht van de lever van forellen gedurende 18 maanden.

experiment weergegeven waarbij forellen in Rijnwater zijn uitgezet.

Uit het verloop van de getrokken lijnen blijkt, dat het lichaamsgewicht van de forellen in Rijnwater duidelijk achterblijft bij dat van de forellen in de controlegroep die gedurende de proefperiode in onverdacht grondwater hebben vertoefd. Gedurende het experiment zijn steeds een aantal forellen nader bestudeerd. Een van de factoren die bepaald is, is het relatieve gewicht van de lever ofwel de somatische leverindex.

De lever speelt een belangrijke rol bij de ontgifting van stoffen en naarmate de lever meer werk te doen heeft zal hij relatief in gewicht toenemen. Afb. 17 laat zien dat in de Rijnwatergroep dit orgaan gedurende de proefperiode

groter was dan in de controlegroep, hetgeen duidt op een grote belasting met vreemde stoffen.

Ten aanzien van de pesticiden is in het bovenstaande opgemerkt dat die in lage concentraties voorkomen. Dat waterorganismen deze stoffen desalniettemin toch opnemen en opslaan in hun reserveweefsel, toont afb. 18.

Vervolgens is nagegaan hoe het staat met de overlevingskansen van de eieren van forellen in oppervlaktewater. Hiertoe zijn forelleneieren uitgezet in Lekwater en controlewater. In afb. 19 is te zien hoe het verloop is van de eierensterfte gedurende de proefperiode.

Duidelijk is dat in het Lekwater meer eieren afsterven dan in het controlewater. Na het ei-stadium volgt het larvale stadium.

Afb. 20 laat zien hoe het de larven vergaat.

Ook is onderzoek uitgevoerd met hondsvissen om na te gaan welke invloed Rijnwater heeft op erfelijk materiaal van deze vis. Het bleek dat de chromosomen van de vissen die in Rijnwater hadden vertoefd na een verblijf van 9 dagen significant meer afwijkingen vertoonden dan die van de vissen die in het grondwater vertoefd hadden.

Er hadden zich dus in het erfelijk materiaal veranderingen (mutaties) voorgedaan. Een andere methode om het mutagene effect van water te bepalen is gebruik te maken van bacteriën in de bekende Amestest, die er kortweg gezegd op neerkomt dat een bacterie pas gaat groeien, dus een kolonie vormt, als hij een mutatie heeft ondergaan. De afb. 21 geeft een indruk van het aantal mutaties van een blanco en van Lekwater. Ook uit resultaten van onderzoek van Van Kreijl, Kool en medewerkers (RID) blijkt de mutagene werking van oppervlaktewater.

### Conclusies

1. Rijnwater uit de Lek is chronisch toxisch voor regenboogforellen.
2. Rijnwater uit de Lek is acuut toxisch voor eieren en larven van regenboogforellen. Regenboogforellen kunnen zich in Rijnwater niet normaal voortplanten.
3. Rijnwater uit de Lek veroorzaakt cytogenetische afwijkingen bij de hondsvis (*Umbra pygmaea*).
4. Het concentreren van geringe hoeveelheden Rijnwater veroorzaakt een positief mutagene effect in de Amestest.

Deze conclusies die geformuleerd zijn door de Commissie Toxicologie zijn aanleiding geweest om het onderzoek in het kader van het *VEWIN* \* *speurwerkprogramma* voort te zetten met betrekking tot de werking van de zuiveringsprocessen. Dit gebeurt in nader overleg met de waterleidingbedrijven. Dit onderzoek wordt tevens gebruikt om biologische en analytisch chemische methoden verder te ontwikkelen.

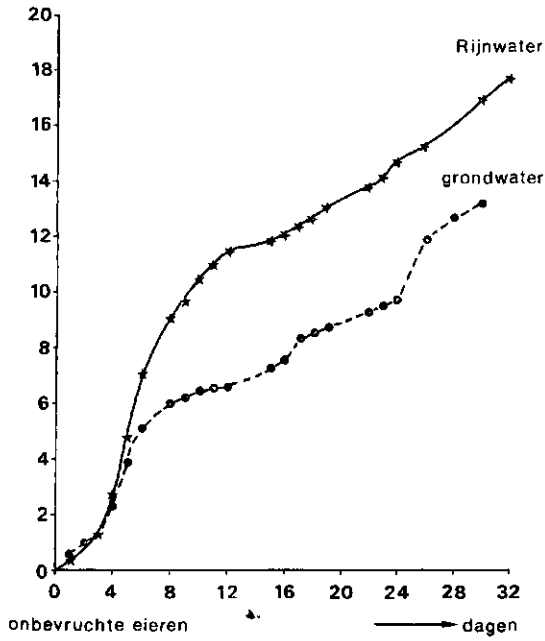
Wat de biologische methoden betreft zal worden getracht om hogere toetsorganismen dan bacteriën in te voeren bij de bepaling van de waterkwaliteit. Immers effecten op bacteriën zijn nog geen effecten op mensen. De mens beschikt over meer barrières. Wat de chemische methoden betreft ligt het accent op methoden die zich richter

\* Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland.

Afb. 18 - Accumulatie van gechlloreerde koolwaterstoffen en polychloor biphenylen in lever- en vetweefsel (mg/kg) van forellen na drie en zes maanden respectievelijk zes maanden expositie.

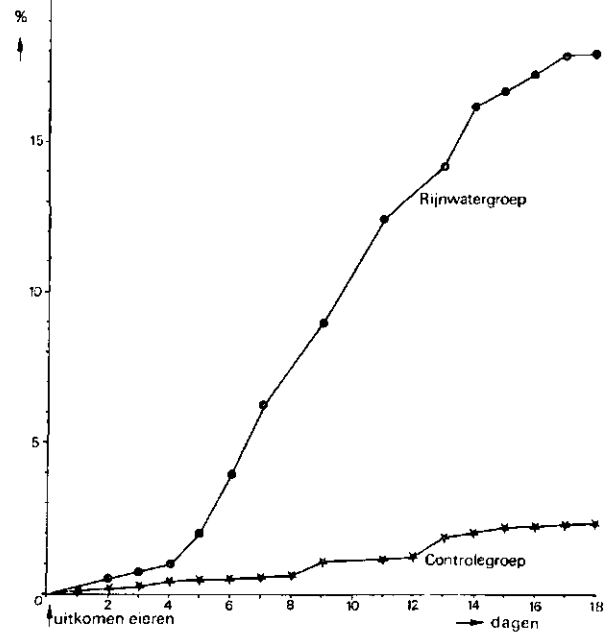
	3 maanden lever		6 maanden lever		6 maanden vetweefsel	
	Grondwater	Rijnwater	Grondwater	Rijnwater	Grondwater	Rijnwater
HCB	—	0,08	0,04	0,14	0,07	5,6
αHCH	—	—	—	0,02	—	0,73
βHCH	—	—	—	—	—	0,21
γHCH	—	—	—	—	—	0,44
DDT	—	—	—	—	—	0,12
DDE	0,15	—	0,07	—	0,10	0,18
TDE	—	—	0,01	—	0,05	0,33
PCB	0,12	0,12	0,11	0,12	4,0	10,0
Pentachloorbenzeen	—	0,01	0,01	0,04	0,04	1,7
Dieldrin	0,02	0,01	0,01	—	—	0,07
Endosulfan	—	—	—	—	—	0,13

sterftepercentage

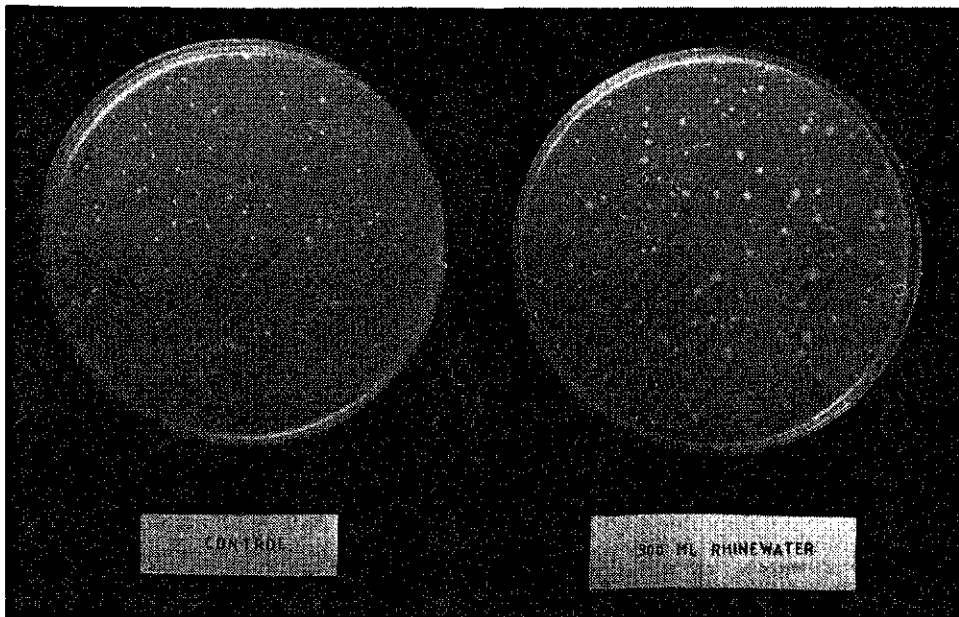


Afb. 19 - Sterfte van forelleneieren in grond- en Rijnwater.

Cumulatief sterftepercentage van juveniele forellen tijdens de resorptie van de dooierzak



Afb. 20 - Sterfte van larven van forellen in grond- en Rijnwater.



Afb. 21 - Mutaties in de Amestest van een blanco en van een concentraat van Lekwater.

en Greef, E. de. *The use of XAD resins for the detection of mutagenic activity in water. I Studies with Surface Water, Chemosphere 10* 85-98 (1981).



op toxicologisch relevante fracties van het brede scala van de in (oppervlakte)water voorkomende chemische verbindingen.

#### Literatuur

Stumm, W. en Schwarzenbach, R. *Die Schadstoffe in unserer Umwelt und ihre Auswirkungen auf Oekologie, Mensch und Tier*. Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet, 7. Arbeitstagung, Basel, 1979, p. 36-59. *Memorandum der Internationale Arbeitsgemein-*

*schaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet*. Amsterdam 1973.

Veenendaal, G. *Somparameters*. H<sub>2</sub>O (12) 1979, nr. 8, p. 170-173.

Poels, C. L. M. *Die Toxizität des Rheinwassers in den Niederlanden*. Internationale Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet, 7. Arbeitstagung, Basel, 1979, p. 160-170.

Rijncommissie Waterleidingbedrijven. *Jaarverslag 1979*. Deel A: de Rijn, Amsterdam 1980.

Rijncommissie Waterleidingbedrijven. *Jaarverslag 1979*. Deel B: de Maas, Amsterdam 1980.

Kool, M. J., Kreijl, C. F. van, Kranen, H. J. van