

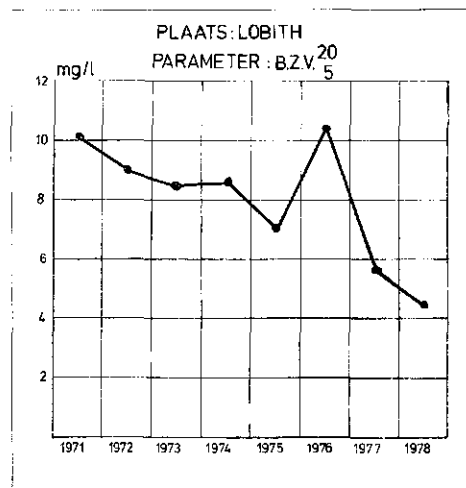
Een beknopt beeld van de verontreiniging van de Rijn

Voordracht uit de 14e vakantiecursus in behandeling van afvalwater, 'De Rijn', gehouden op 19 en 20 april 1979 te Delft.

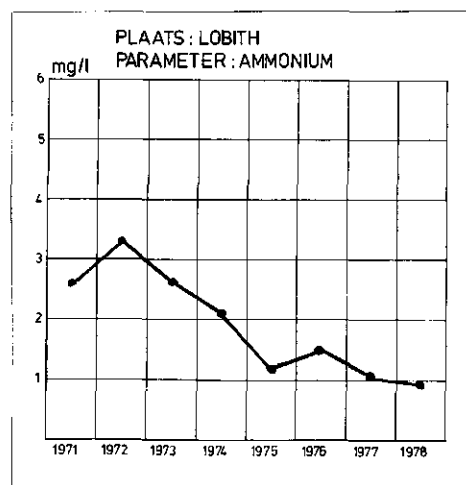
Een beeld van de verontreiniging van de Rijn is te geven in een lang, en als men wil ook in een moeilijk verhaal. In de loop van de jaren zijn er over de kwaliteit van het water van de Rijn zo veel gegevens verzameld dat het al nauwelijks meer mogelijk is om al dat materiaal op een overzichtelijke wijze op een rij te zetten, de gegevens met elkaar in verband te plaatsen en op wetenschappelijk verantwoorde wijze te interpreteren. Wel kan een aantal hoofdlijnen worden aangegeven, waarin de belangrijkste aspecten naar voren komen, die van belang zijn om bij

TABEL I - Kwaliteitsveranderingen van het Rijnwater te Lobith sinds 1874.

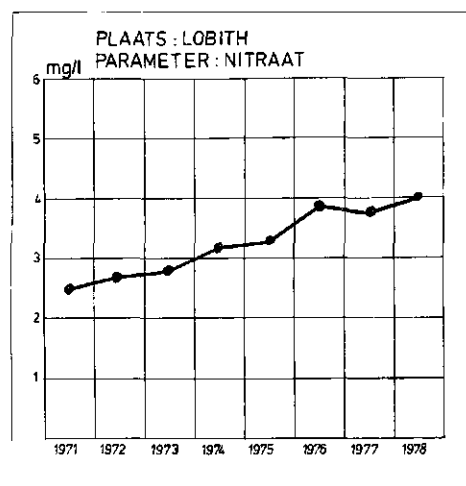
kwaliteitsparameter	eenheid	Jaar				huish. afvalwater
		1874	1930	1974	1977	
1. biochem. zuurstofverbruik BZV ₅	mg/l	2,0	—	8,5	5,5	400
2. ammonium NH ₄	mg N/l	0,15	1,1	2,1	1,06	70
3. nitraat NO ₃	mg N/l	0,34	0,7	3,1	3,8	
4. sulfaat SO ₄	mg/l	40	42	90	72	
5. ijzer Fe	mg/l	0,05	—	1,55	1,48	
6. chloride Cl	mg/l	13	59	190	172	
7. ortho-fosfaat PO ₄	mg P/l	0,15	—	0,3	0,4	60



Afb. 1.



Afb. 2.



Afb. 3.



IR. K. C. ZIJLSTRA
hoofdingenieur-directeur
van het RIZA

de strategie in de strijd tegen de verontreiniging de juiste prioriteiten te kunnen aangeven. Het algemeen gevoelen is, dat het met de kwaliteit van het Rijnwater niet zo best is gesteld.

De uitdrukking 'de Rijn is het open riool van West Europa' wordt graag gebruikt, met name om de openbare mening en daarmee indirect de vervuilers en de overheid te prikkelen tot het ontwikkelen van initiatieven tot verbetering.

Om effectief iets aan die verbetering te kunnen doen moeten we in de eerste plaats inzicht hebben in de mate van verontreiniging en in de middelen die ons ten dienste staan om de ongewenste vervuiling tegen te gaan. In tabel I kunnen we zien hoe het beeld van de verontreiniging zich in de loop der jaren heeft ontwikkeld, hoe de toestand nu is en welke tendenzen daarin zijn te onderkennen. De in deze tabel verzamelde cijfers zijn karakteristiek voor de verontreiniging met zuurstofbindende stoffen en enkele van de stoffen die samenhangen met bepaalde industriële ontwikkelingen. De tabel geeft, zoals we later zullen bespreken, geen volledig beeld.

De in tabel I opgenomen cijfers zijn de gemiddelde concentraties over het desbetreffende jaar.

Het biochemisch zuurstofverbruik (BZV₅) en ammonium (NH₄) geven tezamen een maat aan voor de belasting met zuurstofbindende stoffen, dat wil zeggen stoffen die veelal biologisch afbreekbaar zijn en bestaan uit restanten van organische stoffen en sterk reducerende verbindingen afkomstig uit huishoudelijk en industrieel afvalwater. De derde parameter, het nitraat, dankt zijn aanwezigheid voor een deel aan de oxydatie van ammonium; een ander deel van deze component kan afkomstig zijn van nitraat-

houdende meststoffen die door uitspoeling van de bodem de rivier kunnen bereiken. De parameters sulfaat, ijzer en chloride zijn in de tabel opgenomen omdat de mate waarin het gehalte van deze stoffen in het Rijnwater is toegenomen een afspiegeling weergeeft van toegenomen industriële activiteiten in het stroomgebied sinds 1874.

Het parameter fosfaat (PO₄), uitgedrukt in mg P/l, is opgenomen omdat deze stof evenals stikstof (N) behoort tot de eutrofiërende stoffen in het oppervlaktewater. Nederland, met zijn grote stilstaande wateren, is juist hiervoor bijzonder beducht.

Terwille van de duidelijkheid is aan tabel I nog toegevoegd een kolom met de concentraties aan BZV₅, ammonium en fosfaat in normaal huishoudelijk afvalwater, dit om te laten uitkomen dat er toch nog wel een groot verschil bestaat tussen het huidige Rijnwater en rioolwater!

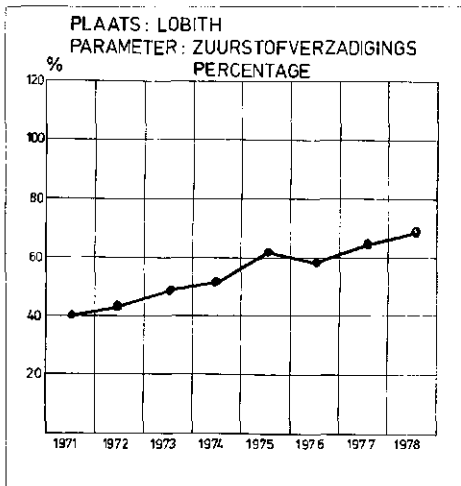
In tabel I valt het op dat in de jaren tussen 1974 en 1977 enkele parameters een lichte verbetering vertonen. Met name is dit het geval met de parameters ammonium en het biochemisch zuurstofverbruik. Een en ander kan in verband worden gebracht met in bedrijf komen in die periode van enkele zeer grote zuiveringsinstallaties voor zowel huishoudelijk als industrieel afvalwater in het stroomgebied van de Rijn bovenstrooms van het meetpunt Lobith.

De belasting met zuurstofbindende stoffen is daardoor verminderd terwijl een gedeelte van het geloosde ammonium door oxydatie is omgezet in nitraat. Dit laatste vinden we terug in een stijging van het nitraatgehalte in 1977 ten opzichte van 1974.

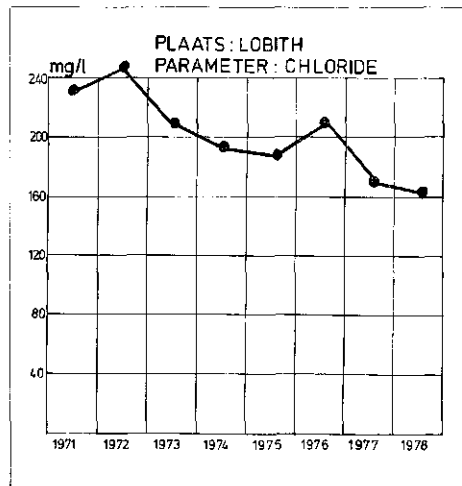
Uit de grafieken, afb. 1, 2 en 3, waarin het verloop van deze drie parameters over de jaren 1972 tot en met 1978 is uitgezet, zijn de

gesignaleerde tendenzen nog duidelijker te volgen.

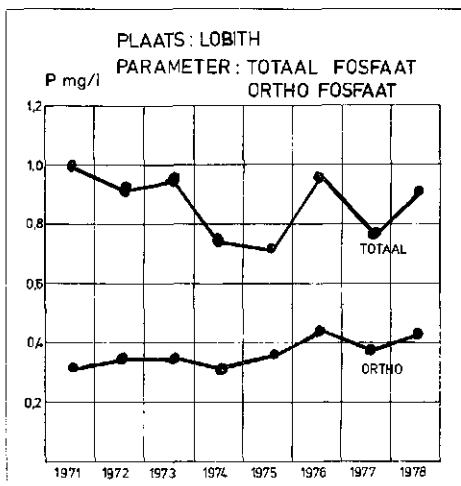
De verminderde belasting met zuurstofbindende afvalstoffen vindt ook een afspiegeling in het verbeterde zuurstofverzadigingspercentage, zoals in afb. 4 is te zien.



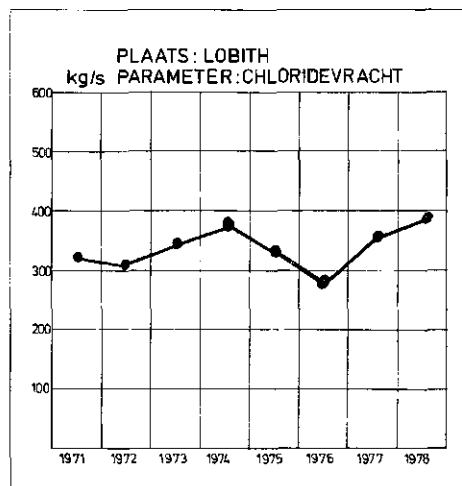
Afb. 4.



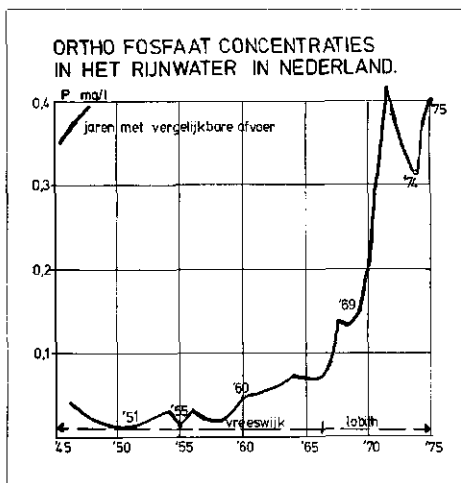
Afb. 7.



Afb. 5.



Afb. 8.



Afb. 6.

Een ander beeld vertoont afb. 5, waarin is aangegeven het verloop van de fosfaatconcentratie over de periode 1972-1978. Het lijkt dat deze concentratie in die periode vrij stabiel is gebleven. De grote toename van de fosfaatconcentratie

is echter van eerdere datum, zoals in de grafiek van afb. 6 is te zien. Over het verloop van het chloridegehalte en de chloride vracht, gegeven in de afb. 7 en 8, zou veel te zeggen zijn, maar in het kader van deze voordracht wordt volstaan met de hoop uit te spreken dat een betekende teruggang in deze chloridevracht nog eens realiteit zal worden.

Op grond van de gepresenteerde cijfers en grafieken kan geconcludeerd worden dat de kwaliteit van het water in de Rijn wat de zuurstoftoestand betreft sinds kort wat verbeterd. Betekent dit ook dat het met de verontreiniging van de rivier nog wel wat meevalt?

Deze vraag kan niet bevestigend worden beantwoord. Dit wordt al spoedig duidelijk zodra we gaan inventariseren door welke stoffen, afkomstig uit welke bronnen, de Rijn momenteel nog wordt belast. Ook moet worden bedacht dat de zoëven gesignaleerde verbetering slechts betrekking heeft op een kleine groep van parameters. Daarbij komt dat de stoffen die uit het

Rijnwater zijn teruggehouden juist stoffen zijn die zich daartoe het gemakkelijkste lenen. De stoffen die moeilijker door zuivering zijn te verwijderen blijven dan ook nog steeds de Rijn belasten. Daaronder bevinden zich vele stoffen, afkomstig uit de tegenwoordige sterk geïndustrialiseerde samenleving, die daarin worden geproduceerd en gebruikt en die langs vele directe- en indirecte- vaak moeilijk controleerbare of geheel niet controleerbare wegen met het water worden geloosd. Vaak gaat het hierbij ook om stoffen die van nature niet in het water voorkomen, stoffen die giftig zijn, niet afbreekbaar door bacteriën en die soms via de voedselketen in organismen kunnen accumuleren. Voor deze stoffen kan de samenleving, die het water van de Rijn voor allerlei gebruik nodig heeft, behoorlijk last ondergaan. De andere sprekers in deze cursus zullen daarop ongetwijfeld ingaan. Om een goed beeld te kunnen krijgen, hoe de Rijn met afvalstoffen wordt belast, kan niet worden volstaan met het meten van alle mogelijke afvalstoffen in het water. Nodig is dat de bronnen van verontreiniging worden opgespoord en geïnventariseerd.

Daartoe zijn in de afgelopen jaren verscheidene studies ondernomen. Genoemd wordt de studie van de Internationale Commissie voor de Bescherming van de Rijn tegen Verontreiniging (afgekort IRC), in het 'Langzeit Arbeitsprogramm 1973', en het in dezelfde periode opgestelde rapport van de 'Rat von Sachverständigen für Umweltfragen'; getiteld 'Umweltprobleme des Rheins'. Eerstgenoemd rapport omvat zeer veel gegevens. Deze gegevens worden door de betreffende werkgroep van de IRC momenteel opnieuw bijgesteld aan de hand van de ontwikkelingen na 1973.

Op grond van deze gegevens zijn in afb. 9 voor een aantal jaren uitgezet; de gesommeerde, directe- en indirecte-belastingen in het Rijnstroomgebied per land. Voor Zwitserland zijn bij deze inventarisatie de belastingen meegenomen vanaf het Bodensee, voor Nederland de belastingen in het stroomgebied van de Rijntakken tot Vreeswijk, Gorinchem en Kampen. De gegevens voor de bruto belastingen in 1973 en 1977 betreffen de geïnventariseerde lozingen groter dan 50.000 i.e. in Zwitserland, Frankrijk en Duitsland. In Nederland, waar het merendeel van de zuiveringsmaatregelen betrekking hebben op lozingen kleiner dan 50.000 i.e. is deze inventarisatiedrempel voor 1977 verlaagd naar 1.000 i.e. Uit de beschikbare gegevens is voorts afgeleid de grootte van de bruto belasting afkomstig van stedelijke- en industriële lozingen welke rechtstreeks naar de Rijn afstromen enerzijds en belastingen

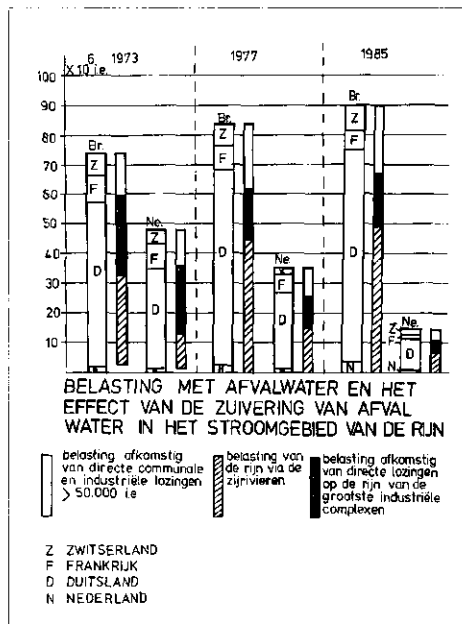
welke via de zijrivieren de Rijn bereiken anderzijds.

Voor 1973 en 1977 is in afb. 9 bovendien aangegeven wat de belasting van de Rijn (als hoofdstroom) wordt, als gevolg van de in werking zijnde zuiveringsinstallaties waarin een deel van de bruto vuillast wordt geëlimineerd. Voor de zijrivieren is daarbij bovendien rekening gehouden met de eliminatie van de bruto belasting door het proces van zelfreiniging in die zijrivieren. Op deze wijze ontstaat een beeld van de netto belasting van de Rijn. In afb. 9 is geen rekening gehouden met de belasting van de niet geïnventariseerde lozingen en diverse verspreide lozingen. Geschat wordt dat deze zal liggen tussen de 10 en 20% van opgegeven bruto belasting. Met de zelfreiniging in de hoofdstroom is in het beeld van afb. 9 geen rekening gehouden.

Wel kan op grond van de gemeten concentraties aan BZV en ammonium in de Rijn te Lobith een schatting worden gemaakt van het aantal i.e. dat in de Rijn is afgebroken voordat het water Lobith bereikt. Voor 1973 is dit aantal geschat op circa $35 \text{ à } 40 \times 10^6$ i.e. voor 1977 is dit circa $25 \text{ à } 30 \times 10^6$ i.e. Voor de berekening van de netto belasting is er van uit gegaan dat bij mechanische zuivering 25% van de bruto belasting wordt geëlimineerd, bij gedeeltelijke biologische zuivering 70% en bij volledige biologische zuivering 85%.

Deze percentages zijn ontleend aan de duitse opvattingen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen 'mechanische Reiniging', 'biologische Teilreinigung' en 'biologische Vollreinigung'. Naar Nederlandse maatstaven zijn deze percentages voor biologische zuivering vrij laag, in Nederland wordt geen onderscheid gemaakt tussen 'Teilreinigung' en 'Vollreinigung', in Zwitserland evenmin. Bij wat in Duitsland 'Vollbiologische Reinigung' wordt genoemd, vindt bijv. nog geen nitrificatie plaats, dat wil zeggen geen oxydatie van ammonium in nitraat, met gevolg dat het zuurstofbindende ammonium nog volledig met het effluent wordt geloosd. Bij de nederlandse installaties met biologische zuivering wordt in de regel de BZV-last voor 95% weggenomen terwijl het ammonium voor 75% wordt omgezet in nitraat.

Uit de beschikbare gegevens komt verder te voorschijn dat een belangrijk deel van de direct op de Rijn geloosde industriële verontreiniging is terug te voeren tot de lozing van een 8-tal zeer grote industriële complexen, welke in 1973 tezamen een bruto belasting gaven van circa 26×10^6 i.e. waarvan er zo'n 23×10^6 als netto belasting op de Rijn werden geloosd.



Afb. 9.

Van deze belasting kwam circa $\frac{1}{4}$ voor rekening van industrieën in Frankrijk, en $\frac{3}{4}$ voor rekening van bedrijven in Duitsland. Deze belastingen zijn in afb. 9 eveneens aangegeven.

In 1977 is een deel van deze zware industriële belasting verdwenen. Het in bedrijf komen van de BASF in Ludwigshafen en van de Kläranlage Emschermündung benedenstrooms van Duisburg zijn o.a. hiervan de oorzaak.

De belasting met afvalstoffen welke de Rijn via de zijrivieren hebben bereikt bedroeg in 1977 naar schatting ongeveer eenderde van de bruto belasting van deze rivieren. Door saneringsmaatregelen in de stroomgebieden van de zijrivieren, aangevuld met het effect van de zelfreiniging is deze bruto belasting in 1977 van circa 45×10^6 i.e. teruggebracht tot circa 16×10^6 i.e. Een vergelijking van de gegevens van 1977 met die van 1973 laat zien dat, ondanks een toename van de bruto belasting, de netto belasting is verminderd.

Een en ander is een gevolg van het gereedkomen van een aantal grote zuiveringsinstallaties voor stedelijke en industriële gebieden.

Het reeds eerder gesignaleerde gunstige effect van deze maatregelen voor de zuurstof, BZV en ammoniumgehalten in de Rijn te Lobith hangt hiermee ongetwijfeld samen. Evenzo is dit het geval voor het in ongunstige zin toegenomen nitraatgehalte. Uit de gegevens over 1977 blijkt ook dat de netto belasting die de Rijn via de zijrivieren krijgt te verwerken is toegenomen ten opzichte van die in 1973. Dit moet worden toegeschreven aan het gereedkomen van saneringen in het

gebied voor de zijrivieren, waardoor het aantal lozingen groter dan 50.000 i.e. is toegenomen ten opzichte van de inventarisatie in 1973.

De netto belasting met afvalstoffen van de Rijn bovenstrooms Lobith was in 1977 dus nog zeer aanzienlijk.

Waarschijnlijk is de werkelijke netto belasting groter, doordat ook nu de kleinere niet geïnventariseerde en gespreide lozingen daar nog bijkomen.

Het streven blijft er daarom op gericht de netto belasting nog verder omlaag te krijgen. Dit kan worden bereikt met verschillende middelen die naast elkaar moeten worden toegepast.

Deze middelen zijn:

1. de bouw van zuiveringsinstallaties voor de behandeling van stedelijk- en industrieel afvalwater;
2. het opvoeren, waar mogelijk, van het zuiveringsrendement van bestaande installaties, die nog niet met volledige biologische zuivering zijn uitgerust, dan wel door het bevorderen van verdere nitrificatie;
3. interne maatregelen bij de bedrijven, met name bij die waarbij het afvalwater moeilijk afbreekbare stoffen bevat die door de conventionele biologische zuivering niet worden geëlimineerd.

Door verdere verlaging van de vuilwaterlast zal de zuurstofhuishouding verbeteren, ook een aantal andere ongewenste stoffen wordt bij de zuivering tegengehouden. De rivier wordt dan meer geschikt als aquatisch milieu voor flora en fauna.

De ecologische functie komt dan dus beter tot zijn recht. In afb. 9 is tevens aangegeven wat de prognose is voor 1985 voor de belasting van de Rijn met zuurstofbindende stoffen, nadat de thans voorgenomen saneringsmaatregelen alle zijn uitgevoerd. Dit beeld lijkt hoopvol, er wordt ook van alle kanten serieus naar gestreefd.

Naarmate de belasting met zuurstofbindende stoffen afneemt, zal echter des te meer de aandacht moeten worden gericht op die stoffen die van nature niet in het Rijnwater thuishoren. Het zelfreinigingsproces in de rivier zal aan intensiteit inboeten door het verminderde voedselaanbod. Moeilijk afbreekbare stoffen, die tot nu toe door het zelfreinigingsproces toch wel langzaam maar niet volledig werden aangetast zullen, althans hypothetisch, bij het schoner worden van de rivier van een grotere resistentie blij kunnen geven, met dit gevolg dat zij dan des te meer opvallen als een storende factor voor de waterkwaliteit. Het is daarom noodzakelijk om scherp aandacht te blijven besteden aan de bestrijding van de lozing van deze stoffen.

Bestrijding aan de bron is daarbij het beste middel, lukt dit niet dan zullen methoden om de stof uit het afvalwater te verwijderen moeten worden beproefd.

Van sommige stoffen – de zgn. zwarte lijst stoffen – is het de bedoeling de lozing daarvan geheel te beëindigen. De belasting met deze moeilijk afbreekbare stoffen is moeilijker in beeld te brengen dan gebeurd is voor de zuurstofbindende stoffen. Het gaat hierbij om een groot aantal stoffen, vaak ook om groepen van stoffen. De bronnen zijn velerlei en liggen vaak verspreid.

In het kader van de IRC worden momenteel per stof studies verricht om te komen tot een terugdringen van stoffen als kwik, cadmium en chroom, alsmede van een aantal organische microverontreinigingen.

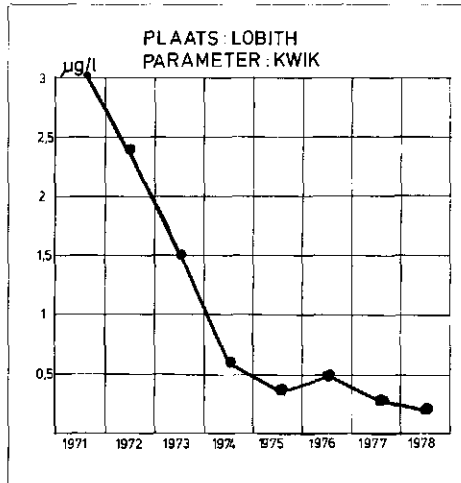
Dit gebeurt in het kader van het Rijn-Chemie-verdrag dat met ingang van 1 februari 1979 van kracht is geworden.

Op 3 december 1976 was dit verdrag reeds door de regeringen van de Rijnsoeverstaten ondertekend. Voor dat tijdstip is er zoals te begrijpen valt jaren over onderhandeld. Toch werpt zo'n verdrag wel schaduwen vooruit, want in het vooruitzicht dat zo'n verdrag er vroeg of laat wel moest komen zijn op enkele belangrijke bedrijven reeds maatregelen genomen om duidelijk ongewenste ontwikkelingen om te buigen. Opvallend in dit opzicht is het dalen van het gehalte van kwik in de Rijn sinds 1972 (zie afb. 10). Dit hangt samen met de sanering in de chlooralkali-industrie. De lozing van endosulfan die in 1969 de oorzaak was van een enorme vissterfte in de Rijn, heeft geleid tot sanering, waardoor thans deze stof in het Rijnwater niet meer wordt aangetroffen.

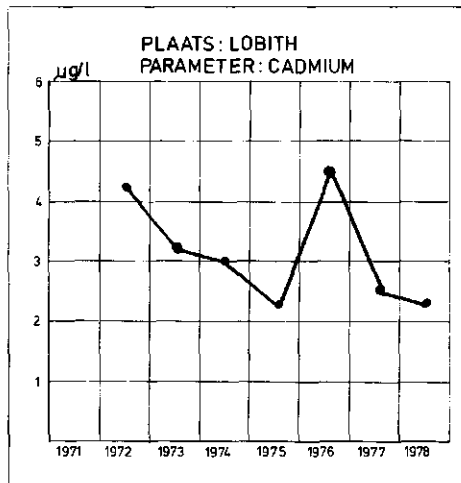
Het terugdringen van stoffen als cadmium en chroom, vereist meer inspanning (zie afb. 11 en afb. 12).

De bronnen zijn verspreid en de bestrijding zal per industrietak moeten worden aangepakt. Het aantal stoffen waarvan gesteld mag worden dat de aanwezigheid ervan in oppervlaktewater ongewenst is, is zeer groot. Er moet dus wel een bepaalde methodiek worden ontwikkeld om die stoffen aan te wijzen die voor de kwaliteit van het Rijnwater het meest ongewenst zijn, en waarvan de sanering aan de bron met prioriteit moet plaatsvinden. Eén van de criteria die hierbij van belang zijn, betreft de aantoonbaarheid in het water van de Rijn.

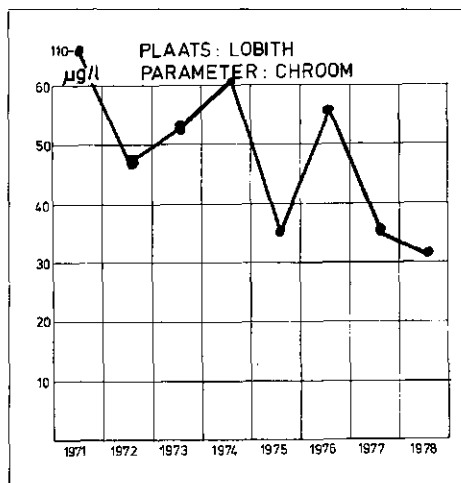
De stoffen waarom het hierbij gaat zijn de zgn. organische- en anorganische microverontreinigingen, waaronder ook de zgn. smaak- en reukstoffen die bij de drinkwaterbereiding zo'n hinderlijke rol kunnen spelen. Dikwijls zijn de hiervoor genoemde microverontreinigingen deels in oplossing aanwezig, deels geadsorbeerd aan slibdeeltjes. Voor de analyse en voor de interpretatie



Afb. 10.



Afb. 11.



Afb. 12.

vormt dit een complicatie, te meer daar de verhouding opgelost-geadsorbeerd afhankelijk kan zijn van bv. zoutgehalte en zuurgraad. Voor het maken van sluitende stofbalansen kan dit een ernstig beletsel zijn. Het is ook niet zo dat bij adsorptie aan het

slib, het probleem voor het aquatisch milieu zou zijn verdwenen; ook slib verplaatst zich, het heeft de eigenschap te bezinken op plaatsen waar later gebaggerd gaat worden en waar bij het gebaggerde slib of op het land wordt gedumpt, dan wel elders weer in het water wordt gedeponeerd, met de kans dat daarbij d'geadsorbeerde microverontreinigingen weer vrijkomen en zich verder gaan verspreiden. Ook bij hoge afvoeren en dientengevolge het optreden van grotere stroomsnelheden kan bezonken slib worden omgewoeld en stootsgewijs worden verplaatst naar benedenstrooms gelegen delen van het stroomgebied waar dit kan worden afgezet in bv. havens, waarbij het later door baggeren weer moet worden verwijderd. De berging van de aldus gecontamineerde baggerspecie levert op zijn beurt weer problemen op.

De bepalingen van het gehalte aan microverontreinigingen die gebonden zijn aan het slib, leveren daarom dan ook gegevens op voor de prioriteitstelling voor de aanwijzing van de stoffen waarvoor het terughouden aan de bron is aangewezen.

Andere microverontreinigingen waarvan de aanwezigheid in het Rijnwater of in het slib niet direct met chemische methoden kunnen worden aangetoond, kunnen evenwel toch in dat water aanwezig zijn omdat ze worden gevonden in bepaalde organismen die in dat water leven, dan wel voorkomen in het lichaamsweefsel van de consumenten van die waterorganismen.

Van de eigenschap van bepaalde organismen om dergelijke stoffen in hun weefsel op te slaan, kan gebruik worden gemaakt om de aanwezigheid van die stof in het oppervlaktewater aan te tonen in zo lage concentraties dat deze niet meer met de geëigende fysisch-chemische methoden in het water dan wel in het slib goed kunnen worden gemeten.

Weer andere stoffen kunnen reeds in zeer kleine concentraties de reuk en smaak van het water bederven.

Mogelijk gaat het hierbij om groepen of combinaties van stoffen, zodat een terugtracering per stof, naar de bron, erg moeilijk kan zijn.

Met dit alles behoeft het niet te verwonderen dat het analysepakket dat op het water van de Rijn wordt toegepast, in de loop der jaren sterk is toegenomen.

De moeilijkheid is nu om uit deze baaiert van stoffen juist die te kiezen waarvan de verwijdering het meeste effect zal hebben. Noodzakelijk is dan wel de bron er van op te sporen.

Het is duidelijk dat de aantoonbaarheid van een stof in het Rijnwater niet het enige criterium is voor de schadelijkheid ervan. Ook de toxische eigenschappen en de persistentie van de stof spelen bij de beoordelingen een rol, evenals het gevaar voor bio-