

Het voorkomen van organische microverontreinigingen in Rijn en Maas

Een van de belangrijkste projecten bij het Onderzoek Organische Stoffen bij het KIWA vormt het zogenaamde KIWA/RIWA*-onderzoek. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met het laboratorium van het pompstation van de Duinwaterleiding Den Haag te Bergambacht, het laboratorium van de Watersportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK) te Jutphaas en het laboratorium van de Drinkwaterleiding Rotterdam. Het omvat de bepaling van olie, aromatische koolwaterstoffen en aromatische basen in het water van de Waal, van de Lek, van de Maas en in het water van de Lek nadat dit een snelfiltratie heeft ondergaan. Voorts zijn gegevens verzameld over de bepalingen van de gechlloreerde koolwaterstoffen, die door de laboratoria van bovengenoemde bedrijven zijn gedaan.

Al deze gegevens zijn samengevat in kwartaalverslagen, waarvan er tot heden vijf zijn verschenen.

Extractie

De genoemde organische stoffen worden door extractie van monsters van minimaal 20 liter water verkregen. Voor dit doel wordt een ladingsgewijs en een continu werkend extractie-apparaat gebruikt.

Afb. 1 laat het ladingsgewijs werkende extractie-apparaat zien. Het extractiemiddel wordt op de bodem van een vat van 20 liter ingebracht en met een roerder fijn verdeeld over de waterfase. Het extractiemiddel stijgt op in het vat, neemt een deel van de organische stoffen op en vloeit weer samen tegen de extractiefase, welke op de waterfase drijft. Via een overloop en een vloeistof loopt het extract in een 3 liter kolf van een destillatie-opstelling. Door de destillatie wordt het extractiemiddel gescheiden van de extraheerde stoffen en teruggevoerd naar het extractievat. De geëxtraheerde stoffen accumuleren in de destillatiekolf. Afb. 2 laat het continue extractie-apparaat zien. Het extractievat is nu vervangen door een roterende schotelkolom, waar een continue stroom water doorheenloopt. Het extractiemiddel doorloopt de kolom in tegenstroom met de waterfase. Met dit apparaat is het mogelijk 90 liter water per dag te extraheren.

Als extractiemiddel is hexaan gekozen, dat slechts weinig in water oplost en met goed rendement olie, aromatische koolwaterstoffen en basen en gechlloreerde koolwaterstoffen extraheert.

Bij een destillatiesnelheid van 40 ml/min hexaan duurt een volledige extractie met het ladingsgewijs werkende extractie-apparaat van linaan, chloorbenzeen en nitrobenzeen ten minste 10 uur **). Dezelfde tijd is nodig voor de extractie van fenol en benzoëzuur met ether.

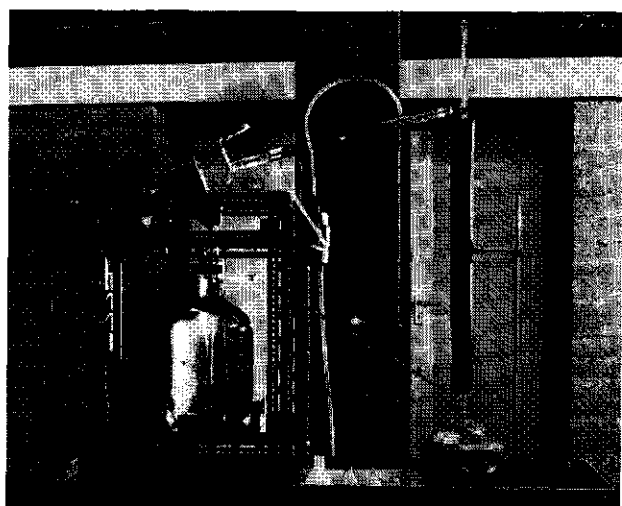
De roterende schotelkolom blijkt optimaal te werken bij stroomsnelheden van 200 ml/min water en 50 ml/min hexaan bij een roersnelheid van 1120 omw/min. Vooral de roersnelheid is kritisch voor de goede werking van dit apparaat. De praktische rendementen van de extractie, welke vrijwel overeenkomen met de theoretisch bereikbare rendementen, worden in tabel I weergegeven.

Extractie met een roterende schotelkolom zal dus goede resultaten opleveren voor olie, aromatische koolwaterstoffen en gechlloreerde koolwaterstoffen.

Voor de extractie van fenolen en meer polaire verbindingen zal voor een goed rendement ladingsgewijs extractie met ether of dichloormethaan dienen plaats te vinden. Door

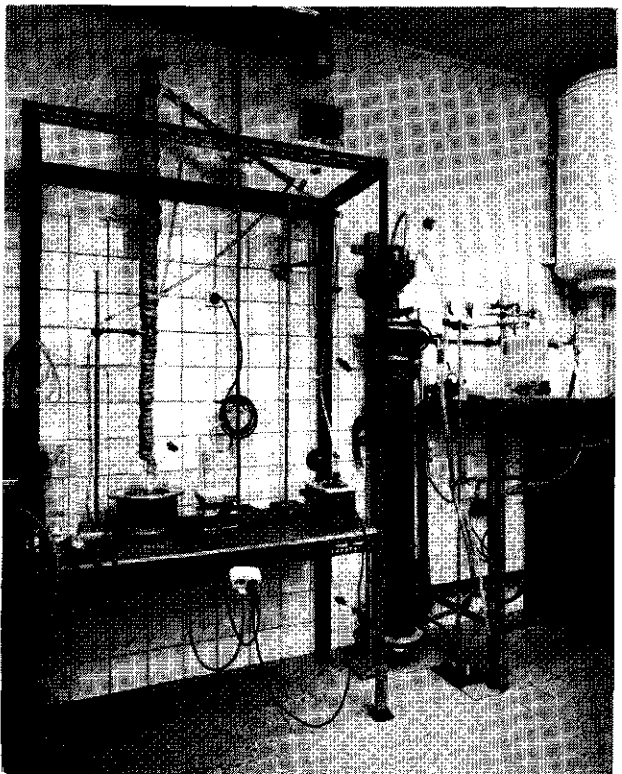
TABEL 1 - Rendementen van de extractie met hexaan in een roterende schotelkolom, %

aniline	23	chinoline	91
fenol	5	n-decaan	100
o-cresol	38	nitrobenzeen	99
nitrofenol	0	n-butylacetaat	54
		dibutylether	70



Afb. 1 - Apparaat voor ladingsgewijs extractie van 20 liter water.

Afb. 2 - Apparaat voor continue extractie met roterende schotelkolom.



*) Rijncommissie Waterleidingbedrijven.

**) Gegevens ontleend aan een binnenkort te verschijnen publicatie van P. M. Heertjes, J. C. Kruihof en A. P. Meijers.

de grote oplosbaarheid kan ether niet in continu doorstromende systemen gebruikt worden.

Analyse

De verkregen extracten worden ingedampt en door chemische en chromatografische methoden in de groepen aromatische basen, alifatische koolwaterstoffen (olie) en aromatische en gechloreerde koolwaterstoffen gescheiden. In een kolom van 10 gram silicagel (Fischer S662) konden de laatste groepen afgescheiden worden door uitwassen met 40 ml hexaan en 40 ml benzeen. De diverse groepen werden gaschromatografisch en massaspectrometrisch geanalyseerd.

Olie

Olie kan kwantitatief met infraroodspectrometrie, dunne laag chromatografie en gaschromatografie bepaald worden, terwijl de gaschromatografie tevens kwalitatieve informatie geeft. Binnenkort zal de Subgroep Olie van de Werkgroep Chemici van de RIWA aanbevelingen doen over de olie bepaling.

Bij het hier omschreven onderzoek is gaschromatografie toegepast. Het gaschromatogram van de olie geeft informatie over de aard van de olie (stookolie, motorolie, huisbrandolie). De kwantitatieve evaluatie is geschied door planimetren van het oppervlak van het gaschromatogram en ijking met een bekende concentratie van stookolie.

De volgende condities werden gebruikt.

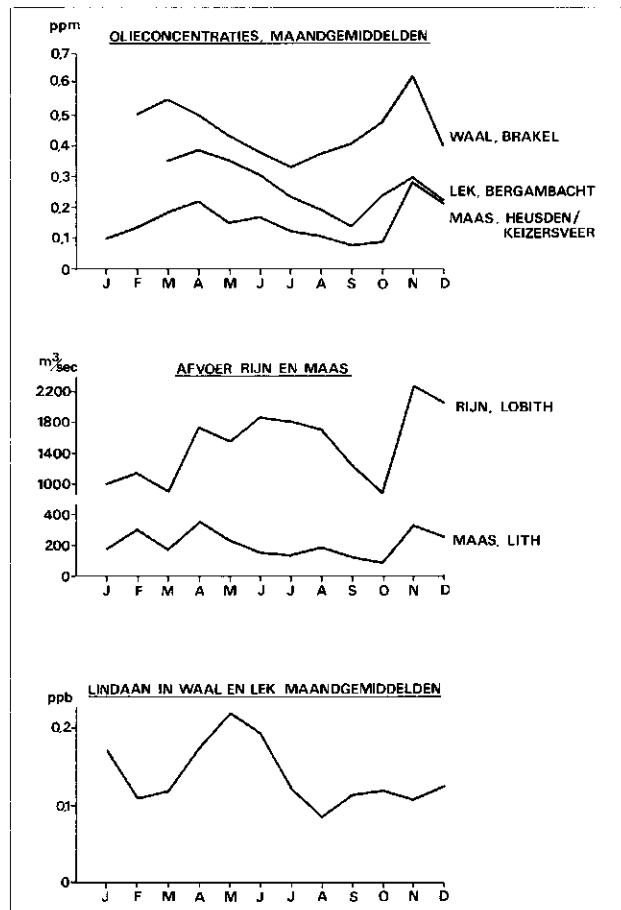
TABEL II - Gaschromatografische condities van de olie bepaling

Kolom: 1/8" x 6 ft, RVS, 5% OV 1 op Chrom W, AW-DMCS, 80-100 mesh.

Gassen: 30 ml/min N₂, 30 ml/min H₂, 500 ml/min lucht.

Temperaturen: kolom: 75 tot 300 °C, 6 °C/min; detector: 330 °C; injector: 250 °C.

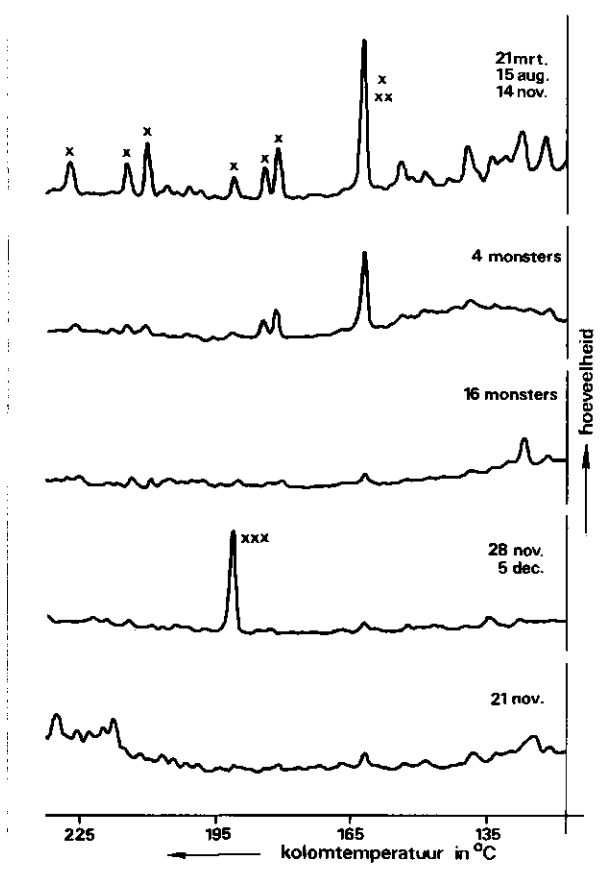
Afb. 3 - Concentratie van olie en linaan en rivierafvoeren in 1972.



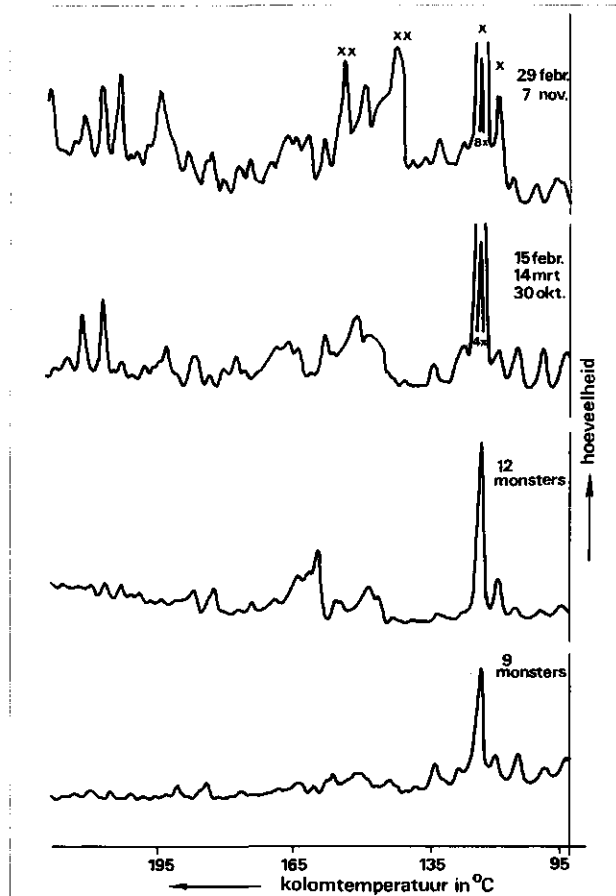
TABEL III - Het oliegehalte van verschillende watersoorten in 1972 (mg/l)

maand	week-nummer	Waal Brakel	Lek Bergambacht	Snel-filtraat Bergambacht	Oude Maas Goid-schalkx-oord	Bergse Maas Heusden	Keizersveer
januari	1	—	—	0,05	—	—	0,05
	2	—	—	0,10	0,15	—	0,10
	3	—	—	0,10	0,25	—	0,10
	4	—	—	0,15	0,40	—	0,10
februari	5	—	—	0,15	0,35	—	0,10
	6	—	—	0,15	0,55	—	0,10
	7	0,50	0,15	0,05	0,30	—	0,15
	8	—	—	0,15	0,10	0,25	0,05
maart	9	0,50	0,30	—	0,35	—	0,15
	10	—	—	0,05	0,25	0,30	0,20
	11	0,60	0,40	—	0,40	—	0,10
	12	—	—	—	0,30	0,25	0,20
	13	—	—	—	0,50	—	0,10
april	14	0,45	—	0,05	0,30	—	0,15
	15	—	0,40	—	0,25	0,20	0,30
	16	0,55	0,35	0,10	0,25	—	0,20
	17	—	0,40	0,10	0,40	0,20	0,25
mei	18	0,30	—	0,10	0,20	—	0,10
	19	—	0,45	—	0,20	0,15	0,15
	20	0,55	0,25	0,10	0,10	—	0,10
	21	—	0,35	0,25	0,25	0,20	0,15
juni	22	0,50	0,25	0,15	0,30	—	0,10
	23	—	—	0,10	0,30	0,20	0,10
	24	0,20	—	0,10	0,20	—	0,10
	25	—	0,35	—	0,20	0,20	0,25
	26	0,45	—	0,10	1,45	—	0,10
juli	27	—	0,20	—	—	0,15	0,15
	28	0,40	—	—	0,10	—	0,05
	29	—	0,25	0,10	0,15	0,20	0,05
	30	0,25	0,25	0,10	0,10	—	0,10
augustus	31	—	0,20	0,05	0,20	0,20	0,10
	32	0,40	0,25	0,10	0,20	—	0,10
	33	—	0,10	0,05	0,15	0,15	0,10
	34	0,35	0,20	—	0,05	—	0,05
	35	—	0,20	0,05	0,05	0,10	< 0,05
september	36	0,25	0,10	0,05	0,10	—	0,05
	37	—	0,15	0,05	0,10	0,15	0,05
	38	0,55	—	0,05	0,10	—	0,05
	39	—	0,15	0,10	0,10	0,10	0,05
oktober	40	0,60	0,20	—	0,10	—	0,05
	41	—	0,30	0,10	0,15	0,10	0,05
	42	0,35	0,20	0,15	0,10	—	0,05
	43	—	0,25	0,10	0,10	0,20	0,05
november	44	0,80	0,10	—	0,35	—	0,05
	45	0,90	0,15	0,05	—	0,10	0,10
	46	0,35	0,15	0,10	—	0,35	0,10
	47	0,80	0,75	0,15	—	0,80	0,35
	48	0,30	0,30	0,15	—	0,70	0,15
december	49	0,40	—	0,10	0,20	0,30	0,20
	50	0,35	0,25	—	—	0,30	0,15
	51	0,40	—	—	—	0,30	0,15
	52	—	0,20	0,10	—	—	0,15

In tabel III en afb. 3 zijn de gehalten van olie in de verschillende watersoorten vermeld voor het jaar 1972. De olie kan in vrijwel alle gevallen omschreven worden als stookolie. In de Waal en veelal in veel geringere mate in de Lek en de Maas komt ook lichte olie voor. Uit afb. 3 blijkt dat in de wintermaanden de grootste verontreiniging van olie optrad. Dit kwam in het begin van 1973 wel, aan het einde van 1973 zeker niet overeen met lage afvoeren van de Waal. Bij de Maas liep de relatief hoge olieconcentratie in november zelfs volledig parallel met de plotseling hoge afvoer van de rivier, hetgeen ook in het voorjaar al het geval was. De *Wet van Mazure*, volgens welke de grootste verontreinigingen bij de laagste afvoeren optreden, gaat hier dus niet op.



Afb. 4 - Gaschromatografische „fingerprints” van aromatische koolwaterstoffen in de Maas te Heusden in 1972.
x koolteeraromaten xx naftaleen xxx bifenylether



Afb. 5 - Gaschromatografische „fingerprints” van aromatische koolwaterstoffen in de Waal te Brakel in 1972.
x dichloorbenzenen xx nitrotoluenen

Op de Lek is aanzienlijk minder olie gemeten dan op de Waal, hetgeen veroorzaakt kan zijn door diverse factoren: verdamping van lichte olie, biologische afbraak en verdunning van Veluwe-uitslagwater bij de gestuwde Lek. De hoge olieconcentraties in de Waal van november 1972 zijn te omschrijven als ruwe of zware stookolie, in de Lek van 23 november en in de Maas van 21 en 28 november als motorolie of verwerde zware olie. Eind juni werd in de Oude Maas een zeer hoge concentratie van hogere paraffinen gevonden.

Samenvattend kan gesteld worden, dat de met gaschromatografie meetbare olieverontreinigingen van de Waal 0,3 tot 0,6 mg/l bedragen, dat deze concentratie in de Lek door stuwings teruggedrongen wordt tot 0,2 à 0,4 mg/l, en dat door bezinking en snelfiltratie dit gehalte verder daalt tot 0,1 mg/l of lager. Dit suggereert dat veel olie aan het slib gebonden is. De Maas, waarvan de gemiddelden van de nogal uit elkaar lopende metingen te Heusden en Keizersveer in afb. 3 zijn weergegeven, is verontreinigd met 0,1 tot 0,3 mg/l olie.

Aromatische koolwaterstoffen

Van dezelfde monsters waaruit het alifatische oliegehalte is bepaald zijn ook extracten afgescheiden welke de fractie aromaten bevatten. Dit is een veel heterogeenere fractie, die onder meer het niet alifatische deel van de olie (naftalenen en aromaten) bevat. De aromaten zijn gaschromatografisch bepaald op een 10% Apiezon L-kolom op Chromosorb W met het volgende programma: 5 min op 75 °C, 75 tot 200 °C met 6 °C/min, 20 min op 200 °C en 30 ml/min N₂.

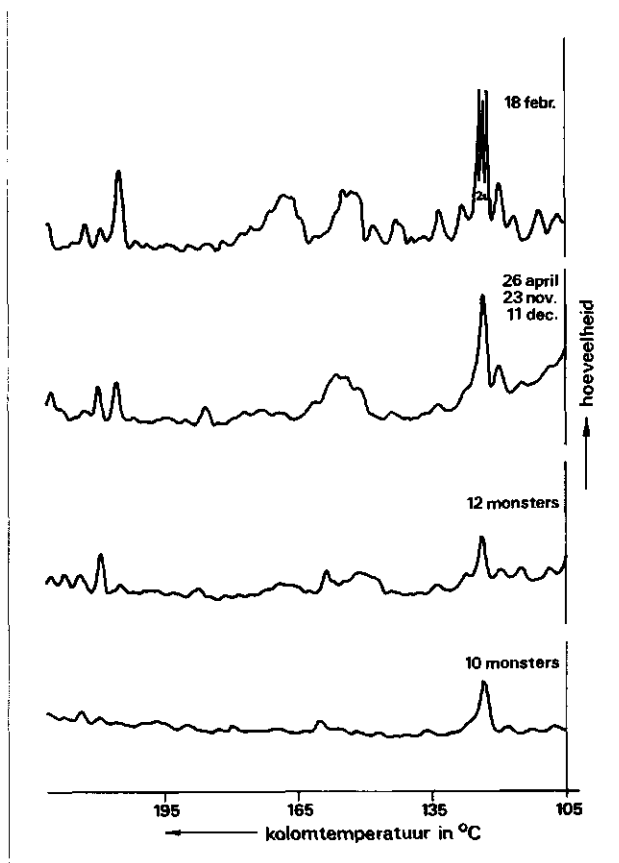
Er is nog weinig kwantitatief analytisch werk verricht bij de bepaling van aromatische koolwaterstoffen. Voor enkele stoffen is dit wel gedaan. De gemiddelde concentratie in de Waal te Brakel in de periode juni t/m augustus 1972 bedroeg

voor dichloorbenzenen 2,4 µg/l en voor o-nitrotolueen 3,7 µg/l. Vele andere aromaten (circa 70) komen voor in concentraties van 0,1 tot 1 µg/l. In de Maas te Heusden worden gewoonlijk lagere concentraties gevonden, doch incidenteel komen aanzienlijke hoeveelheden van koolteeraromaten en (polychloor)bifenyleen voor.

Tabel IV geeft een overzicht van de soort van de met behulp van gaschromatografie en massaspectrometrie gevonden verbindingen. Het huidige totale gehalte aan aromatische koolwaterstoffen bedraagt gemiddeld 10 tot 25 µg/l in de Waal. De bepalingen voor het sedert een jaar lopende KIWA-onderzoek naar het voorkomen van aromatische koolwaterstoffen zijn wekelijks uitgevoerd voor de Maas te Heusden, de Waal te Brakel en in de Lek te Bergambacht met behulp van gaschromatografische „fingerprints”. De gaschromatogrammen laten soms aanzienlijke verschillen zien zowel in kwalitatief als in kwantitatief opzicht. De maandelijks verzamelde extracten, waarmee gaschromatografie en massaspectrometrie is bedreven, laten deze verschillen nauwelijks zien. Het blijkt dat er een permanente verontreiniging is van gealkyleerde, genitreeerde en gechloteerde aromaten en koolteeraromaten. Verwacht mag worden dat bij een meer

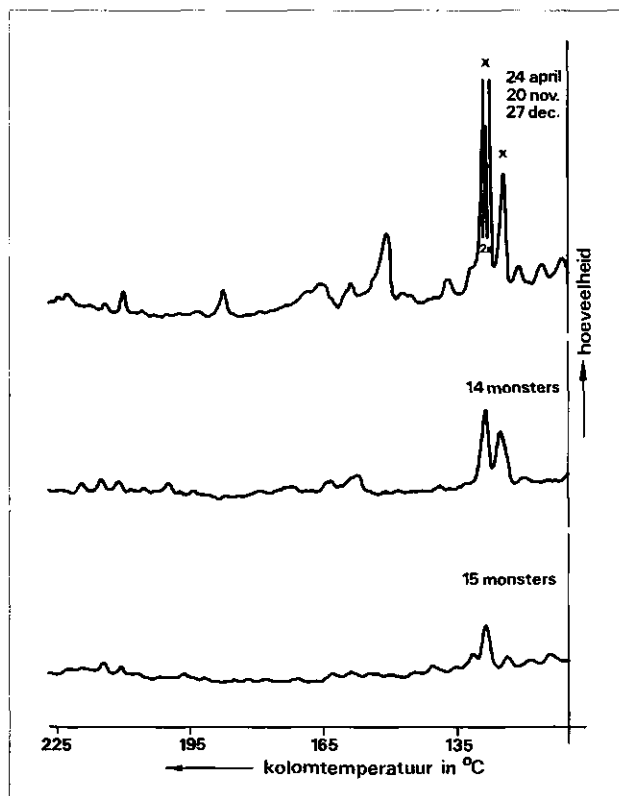
TABEL IV - Aromatische koolwaterstoffen in de Waal te Brakel

alkylbenzenen (tot C7)	fenantrenen, antracenen
chlorbenzenen (tot 5 C1)	fluorantheen, pyrenen, chryseen
nitro- en nitrochlorbenzenen	difenyleenoxiden
nitro- en chloortolueen	chlorbifenyleen (0 tot 4 C1)
nitroxyleen, nitronaftaleen	bifenyyl, difenylether
styreen, limoneen	ditolyyl, ditolylethers
naftalenen, fluorenen	terfenyyl, benzothiofeen



Afb. 6 - Gaschromatografische „fingerprints” van aromatische koolwaterstoffen in de Lek te Bergambacht in 1972. x dichloorbenzeen

Afb. 7 - Gaschromatografische „fingerprints” van aromatische koolwaterstoffen in het snelfiltraat te Bergambacht in 1972. x dichloorbenzenen



frequente analyse voor deze verbindingen aanzienlijke verschillen in concentratie kunnen optreden.

Het lijkt van belang dat enkele van de meest voorkomende componenten en zeker het totaalgehalte van de organische chloorverbindingen zeer frequent worden gemeten.

De afb. 4 t/m 7 laten achtereenvolgens „fingerprints” zien van stereotiepe verontreinigingen met aromatische koolwaterstoffen van de Maas, de Waal, de Lek en snelfiltraat. De verontreiniging van de Maas te Heusden is in afb. 4 weergegeven. Er zijn in 1972 26 monsters genomen. In de afbeelding is aangegeven wanneer of in hoeveel monsters een bepaald type „fingerprint” is gevonden. Zo is 3 x een forse en 4 x een geringere verontreiniging met koolteeraromaten geconstateerd, tweemaal is bifenylether aangetoond. Afb. 5 laat de verontreiniging van de Waal te Brakel zien, welke veel gecompliceerder is dan van de Maas. Het lijkt er echter op dat alle in tabel IV genoemde stoffen, zij het in wisselende concentraties, permanent in de Waal voorkomen. Ditzelfde geldt voor de Lek en het snelfiltraat te Bergambacht, met dien verstande, dat de concentratieniveaus een orde lager liggen dan in de Waal. Ten aanzien van deze stoffen, wordt er niet veel verschil tussen het snelfiltraat van de Lek en de Lek zelf gemeten. Dit geeft aan dat deze verbindingen voornamelijk in opgeloste toestand voorkomen.

Tabel V geeft een overzicht van enkele gemeten concentraties in het snelfiltraat en de Waal.

De „fingerprints” laten wederom zien dat de hoogste concentraties in het begin en aan het eind van het jaar gemeten worden. Kennelijk worden deze stoffen door verdamping en biodegradatie in warmere perioden goed uit het water verwijderd. De slechte relatie tussen het voorkomen van deze stoffen en de Rijnafvoer moge blijken uit afb. 8 t/m 11, waar „fingerprints” bij gelijke afvoeren van de rivier zijn weergegeven. Het is duidelijk dat de verdunningsregel van Mazure ook voor deze groep van organische stoffen vrijwel niet opgaat. De lozingen zijn kennelijk onregelmatig, terwijl de biodegradatie in de zomer een grote rol speelt. Alleen in de tweede helft van november is er van verdunning van de aromatische koolwaterstoffen sprake, echter niet zoals vermeld voor olie.

Aromatische basen

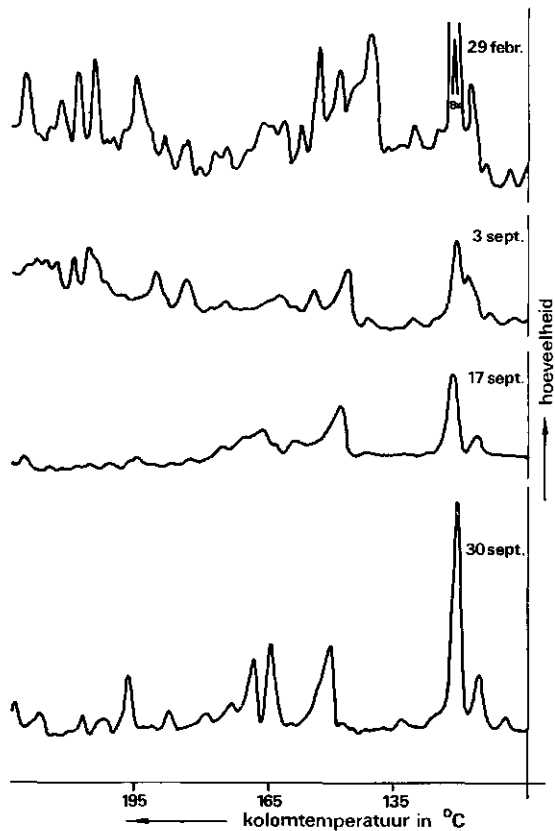
Gedurende het 3e en 4e kwartaal van 1972, zijn de hexaanextracten van de Waal behandeld met een zoutzure oplossing ten einde basische verbindingen te isoleren. De zoutzure oplossing wordt weer met loog behandeld, waarna de waterfase geëxtraheerd wordt met ether. Een drietal verzamelextracten is onderzocht met gaschromatografie en massaspectrometrie.

TABEL V - Concentraties van enkele stoffen in het snelfiltraat te Bergambacht ($\mu\text{g/l}$)

datum	p-dichloorbenzeen	o-dichloorbenzeen	o-nitrotolueen
14-11-1972	0,2	0,4	2,1
21-11-1972	1,3	3,1	2,7
28-11-1972	0,6	1,3	0,7
12-12-1972	0,9	1,9	1,4
9- 1-1973	0,9	2,2	2,2
16- 1-1973	0,9	1,7	2,3
23- 1-1973	0,6	0,9	2,8
30- 1-1973	0,6	0,6	1,5
6- 2-1973	0,1	0,5	1,4

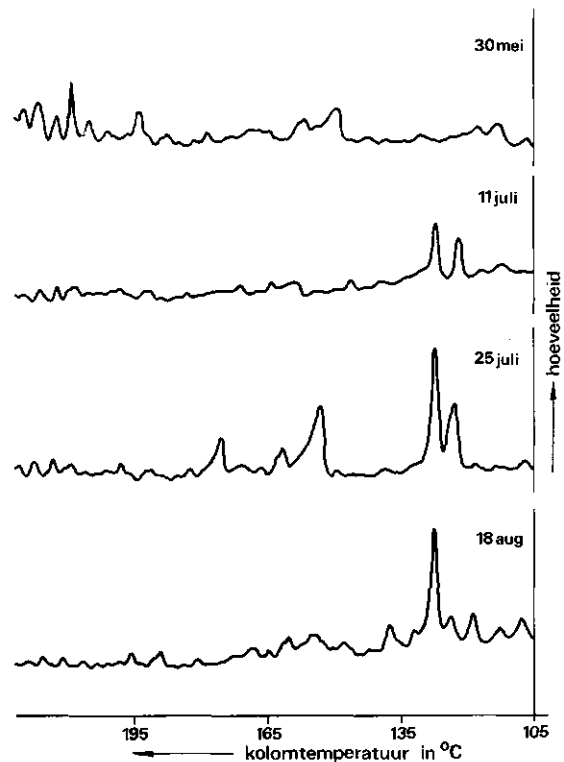
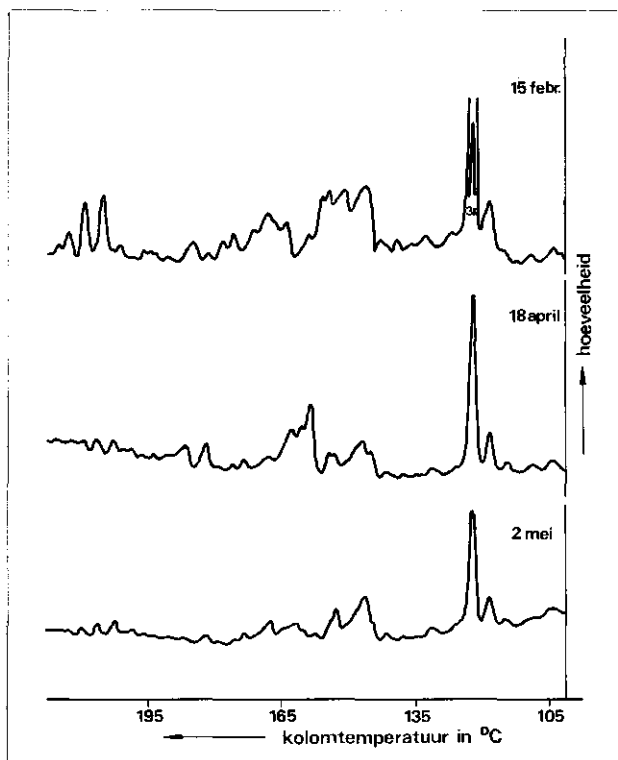
Concentraties van enkele stoffen in de Waal te Brakel ($\mu\text{g/l}$)

datum	p-dichloorbenzeen	o-dichloorbenzeen	o-nitrotolueen
7-11-1972	2,8	3,9	16,0
2-9-1-1973	1,4	4,9	3,1
16- 1-1973	4,0	10,5	9,3
23- 1-1973	3,7	16,7	15,0
30- 1-1973	2,7	8,5	7,4



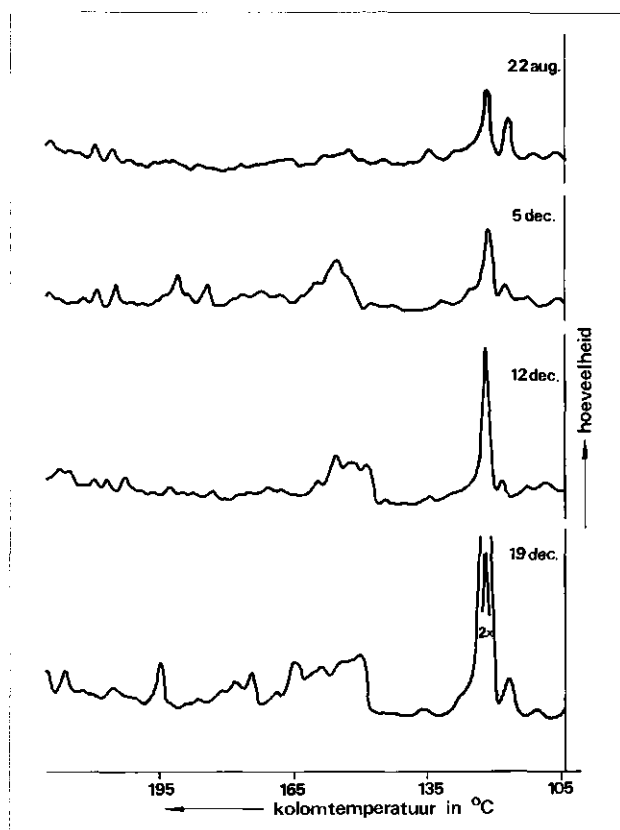
Afb. 8 - Gaschromatografische „fingerprints” van aromatische koolwaterstoffen in de Waal te Brakel bij een Rijnaafvoer te Lobith van ongeveer 900 m³/sec.

Afb. 9 - Gaschromatografische „fingerprints” van aromatische koolwaterstoffen in de Waal te Brakel bij een Rijnaafvoer te Lobith van ongeveer 1400 m³/sec.



Afb. 10 - Gaschromatografische „fingerprints” van aromatische koolwaterstoffen in de Waal te Brakel bij een Rijnaafvoer te Lobith van ongeveer 1750 m³/sec.

Afb. 11 - Gaschromatografische „fingerprints” van aromatische koolwaterstoffen in de Waal te Brakel bij een Rijnaafvoer te Lobith van ongeveer 2200 m³/sec.



TABEL VI - Aromatische basen in de Waal te Brakel

tributylamine, dimethylaminofulveen
 aniline, N-alkyl anilinen
 toluidine, methyl-, chloor- en nitrotoluidine
 mono- en dichloor aniline
 broom NN-diethyl aniline, o-anisidine
 nitro- en benzo anilinen
 alkyl- en fenylpyridinen
 bis (methylchloorpyridine)
 chinoline, alkylchinolinen
 methylnitro- en benzochinoline
 carbazolen, benzothiazol
 trimethylindool, aminobenzotrifluoride

Tabel VI laat zien welke verbindingen aangetoond werden. De drie verzamelmonsters lieten grote overeenkomsten zien, zodat het erop lijkt dat ook de aromatische aminen en pyridinen vrijwel permanent in de Waal voorkomen. Daar hier gewerkt is met verzamelmonsters kan niets gezegd worden over de concentratiewisselingen. De gemiddelde concentraties liggen in het gebied van 0,1 tot 1 µg/l en zijn van dezelfde orde als of iets groter dan bij de aromatische koolwaterstoffen. In de grootste concentraties werden gevonden (≥ 1 µg/l): aniline, dimethylpyridine, toluidine, dimethylaniline, ethylaniline, chlooraniline en diethylaniline.

Gechloreerde koolwaterstoffen

Van de gechloreerde koolwaterstoffen worden regelmatig kleine concentraties van hexachloorbenzeen en α- en γ-hexachloorcyclohexaan gevonden. De concentraties zijn ongeveer gelijk. In tabel VII is het gehalte van de γ component, lindaan, weergegeven.

Hier is nauwelijks onderscheid tussen de Waal en de Lek te contateren, terwijl de Maas op een veel lager peil ligt. Snelfiltratie verlaagt het gehalte niet of nauwelijks. De analyse wordt reeds door 5 waterleidingbedrijven uitgevoerd. Door dezelfde bedrijven is een aanvang gemaakt met bepaling van de cholinesteraseremmende stoffen zoals parathion. Reeds zijn aanwijzingen voor enkele van deze stoffen gevonden, eveneens in concentraties van de orde van 0,1 µg/l. Sporadisch werden enkele andere pesticiden aangetoond. De concentratie is evenwel een orde geringer. Ook bij de lindaanconcentratie is een correlatie met de afvoer ver te zoeken. Juist in een periode van hogere afvoer (2e kwartaal 1972) steeg de concentratie (afb. 3). In de 2e helft van het jaar schommelde de concentratie voortdurend

TABEL VII - De gehalten van lindaan in de grote rivieren (µg/l)

Kwartaal	Waal te Brakel	Lek te Bergambacht	Maas te Heusden
1 *)	0,15	0,12	0,03
2	0,16	0,18	0,03
3	0,07	0,07	0,02
4	0,11	0,08	0,03

*) Waal te Ochten en Lek te Jutphaas.

rond 0,1 µg/l, terwijl de gemiddelde afvoer te Lobith van 900 tot 2300 m³/sec varieerde.

Samenvatting

In het kader van het werk van het KIWA en de Rijncommissie Waterleidingbedrijven vindt sinds enige tijd een wekelijks onderzoek plaats naar het vóórkomen van de volgende groepen van organische stoffen: olie, aromatische koolwaterstoffen, aromatische basen en pesticiden. In 1972 werden de volgende oliegehalten (mg/l) langs gaschromatische weg gemeten:

Kwartaal	Waal te Brakel	Lek te Bergambacht	Maas te Heusden
1	0,5	0,3	0,3
2	0,4	0,4	0,2
3	0,4	0,2	0,2
4	0,5	0,3	0,4

De lagere gehalten in de Lek kunnen verklaard worden door de gunstige werking van het stuwen van de Lek (biologische afbraak door lange verblijftijden en verdunning door toevoer van kwelwater in de stuwpannen). In de Waal en de Lek werden in alle onderzochte monsters zeer veel aromatische en basische organische stoffen aangetoond. De concentratie van deze stoffen ligt gewoonlijk in de orde van 0,1 - 1 µg/l, doch reeds is in een monster van de Waal van 7 november 1972 een concentratie van 16 µg/l o-nitrotolueen aangetoond. In het Waalmonster van 16 januari 1973 werd 20 µg/l nitrobenzeen en in het Waalmonster van 30 januari 1973 werd 14 µg/l o-dichloorbenzeen aangetoond. Andere in relatief hoge concentraties in de Waal voorkomende stoffen zijn alkylbenzenen, chloor- en nitrohoudende aromaten en koolteeraromaten, bifenyl(ether) en chloordiispropylethers, anilines, pyridines en chlooranilines.

In de gestuwde Lek zijn de concentraties van deze verbindingen aanzienlijk lager. In de Maas is de verontreiniging met aromaten veel geringer, doch in drie van de 26 onderzochte monsters werd een aanzienlijke verontreiniging met koolteeraromaten gevonden (naftaleen, methylnaftaleen, fluorantheen, pyreen), in vier monsters een matige verontreiniging met deze stoffen. In twee monsters werd een aanzienlijke concentratie van bifenylether gevonden. Wat betreft de pesticiden wordt vrijwel permanent een gehalte van 0,1 µg/l lindaan in de Rijn en 0,02 µg/l in de Maas gevonden. De verontreiniging met deze organische stoffen blijkt de verdunningswet van Mazure in de meeste gevallen niet te volgen. Zelfs kunnen plotseling hoge afvoeren gepaard gaan met verhoogde concentraties. Dit houdt in dat het beleid voor het innemen van oppervlaktewater voor de drinkwaterbereiding meer gericht moet worden op de monitoring van de vervuiling met organische stoffen.

Dank is verschuldigd aan de heren A. H. van Crimpen (DWL, Den Haag), Tj. Bijlsma (WRK, Jutphaas) en R. C. van der Leer (KIWA) voor de gaschromatografische analyse en A. Noordsij voor de massaspectrometrische ondersteuning.