RIVO

BIBLIOTHEEK
RIJKSINSTITUUT VOOR
VISSERIJONDERZOEK

CA 83-03

Onderzoek naar chloorbenzenen en pentachloorthioanisol in aal uit Nederlandse binnenwateren (1977-1982).

Jacob de Boer

CA 83_03

RIJKSINSTITUUT VOOR VISSERIJONDERZOEK
IJMUIDEN

RIJKSINSTITUUT VOOR VISSERIJONDERZOEK

Haringkade 1 – Postbus 68 – IJmuiden – Tel. (02550) 1 91 31

Afdeling: Chemisch Onderzoek.

Rapport: CA 83-03

Onderzoek naar chloorbenzenen en pentachloorthioanisol in aal uit Nederlandse binnenwateren (1977-1982).

Auteur: Jacob de Boer

Project: 2-7134 - Polychloorbenzenen-onderzoek.

Projectleider: Mw. drs. M.A.T. Kerkhoff.

Datum van verschijnen: maart 1983.

Inhoud:

Samenvatting.
I Inleiding
II Monstername
III Analyse
1. Extractie en Clean-up
2. Gaschromatografische analyse
3. Pentachloorthioanisol
4. Recovery's
5. Detectiegrenzen
6. Vetbepalingen
IV Resultaten
1. Tri- en tetrachloorbenzenen
2. Penta- en hexachloorbenzeen
3. Pentachloorthioanisol
V Discussie
1. Gehalten
2. Vluchtigheid
3. Bioaccumulatie
VI Literatuur
VII Tabellen
VIII Figuren

DIT RAPPORT MAG NIET GECITEERD WORDEN ZONDER TOESTEMMING VAN DE DIRECTEUR VAN HET R.I.V.O.

2293600

ONDERZOEK NAAR CHLOORBENZENEN EN PENTACHLOORTHIOANISOL IN AAL UIT NEDERLANDSE BINNENWATEREN (1977-1982).

Samenvatting.

In aal uit Nederlandse binnenwateren, bemonsterd van 1977 tot en met 1982, werden de gehalten van tri- tot en met hexachloorbenzeen en pentachloorthioanisol bepaald.

Voor penta- en hexachloorbenzeen werd een bestaande analyse-methode voor PCB's en pesticiden in vis gebruikt, terwijl voor de bepaling van de tri- en tetrachloorbenzenen en pentachloorthioanisol een aangepaste methode werd ontwikkeld.
Geconstateerd werd dat voor alle geanalyseerde stoffen de verontreiniging overwegend grensoverschrijdend is en voornamelijk wordt veroorzaakt door de afvoer van de Rijn.

Voor 1,2,4-trichloorbenzeen werden in aalmonsters uit het stroomgebied van de Rijn in 1980 zeer duidelijk verhoogde gehalten gevonden (tot 4,7 mg/kg op produktbasis), hetgeen ook, zij het in mindere mate, het geval was voor 1,2,4,5 en 1,2,3,4-tetrachloorbenzeen (respectievelijk tot 1,1 en 0,71 mg/kg op produktbasis). In de overige jaren werden voor 1,2,4 tri CBz en voor 1,2,4,5 tetra CBz maximale waarden van respectievelijk 0,62 en 0,32 mg/kg aangetroffen.

In alle niet met de Rijn in verbinding staande wateren werden aanzienlijk lagere gehalten vastgesteld. De tri- en tetra CBz gehalten waren steeds lager dan 0,2 mg/kg op produktbasis.

Van alle geanalyseerde verbindingen werden in 1982 de laagste gehalten vastgesteld.
HCB is de enige chloorbenzeen die in belangrijke mate voorkomt in de Maas (maximaal 1,1 mg/kg op produktbasis, Heusden , 1981).

I. INLEIDING.

Bij het gebruik van capillaire gaschromatografie voor de analyse van PCB's en pesticiden werden regelmatig hoge pieken aangetroffen in het begin van chromatogrammen van verschillende aalmonsters. Deze pieken bleken afkomstig te zijn van diverse chloorbenzenen en van pentachloorthioanisol (PCTA).

Chloorbenzenen worden op grote schaal in de industrie gebruikt. Voorts komen bij de produktie van tetrachlooretheen, tetrachloorkoolstof, trichlooretheen, chloorgas en verschillende pesticiden naast hexachloorbenzeen (HCB) ook pentachloorbenzeen (QCB) en lagere chloorbenzenen vrij (1).
In de "EDC-teer", een mengsel afvalstoffen van de PVC-produktie, komen voornamelijk lagere chloorbenzenen voor (1,2,3). Chloorbenzenen komen ook vrij bij vuilverbrandingen (1). Trichloorbenzeen wordt gebruikt als oplosmiddel en als warmteoverdrachtsvloeistof in transformatoren (4). Hexachloorbenzeen is in het verleden veel toegepast als schimmelbestrijdingsmiddel. Deze toepassing is in Nederland, Frankrijk en West-Duitsland nu verboden. Pentachloorthioanisol is een metaboliet van het fungicide pentachloornitrobenzeen (quintozeen) dat als bestrijdingsmiddel in de tuinbouw wordt toegepast en van HCB (6).

II. MONSTERNAME.

Vanaf 1977 werden in de maanden april, mei en juni aalmonsters genomen op in totaal 41 verschillende plaatsen. In deze monsters werden eerder PCB-gehalten bepaald (5). Aal van 34 van deze 41 monsterplaatsen werd gebruikt voor de analyse van chloorbenzenen en pentachloorthioanisol (tabel I). De aal werd steeds in het voorjaar bemonsterd omdat deze dan representatief is voor de vangstplaats. Vanaf begin juli kan aal worden gevangen die aan het trekken is (schieraal) en daarom minder geschikt is voor het doel van het onderzoek. De meeste monsters werden verzameld door de Operationele Groep van de afdeling Sport- en Beroepsbinnenvisserij van het Ministerie van Landbouw en Visserij. De overige monsters werden verkregen van beroepsvissers en één van een sportvisser. Bij de monstername werd er naar gestreefd zoveel mogelijk alen te verkrijgen in de lengteklasse tussen 30 en 40 cm. Door de wisselende vangstresultaten was dit niet altijd mogelijk. Lengte en gewicht van de alen staan vermeld in tabel II.
Per vangstplaats werden mengmonsters gemaakt door van iedere vis 5 of 10 gram vlees te nemen en het vlees van alle vissen tezamen te homogeniseren. Aanvankelijk werden voor de mengmonsters 15 vissen gebruikt. Vanaf 1980 werd dit aantal verhoogd tot 25 om zo een statistisch beter verantwoord monster te verkrijgen (7).

III. ANALYSE.

Bij de gaschromatografische analyse van PCB's (Polychloorbifenylen) is het mogelijk gelijktijdig QCB en HCB te bepalen (5). De temperatuur tijdens de analyse is echter te hoog voor een goede bepaling van de lager gechloreerde benzenen. Bovendien worden 1,2,3,5- en 1,2,4,5- tetra CBz niet gescheiden op een WCOT CP sil 8 CB kolom die voor de PCB-analyses wordt gebruikt. Daarnaast moet vanwege de vluchtigheid van deze lager gechloreerde benzenen, tijdens de clean-up rekening worden gehouden

met het gevaar van verlies door verdamping. Een fractionering over silicagel, zoals gebruikelijk is bij de analyse van PCB's en pesticiden, kan bij de analyse van chloorbenzenen achterwege worden gelaten. Voor de gelijktijdige analyse van pentachloorthioanisol (zie 3.3) is het noodzakelijk de fractionering over silicagel achterwege te laten omdat PCTA om onduidelijke redenen voor het grootste gedeelte op de silicagelkolom achterblijft.

3.1. Extractie en clean-up.

Voor de analyse van de tri- en tetrachloorbenzenen en pentachloorthioanisol werd de volgende methode gebruikt:

10 gram van een gehomogeniseerd mengmonster aal werd met watervrij natriumsulfaat gewreven tot een droog poeder. Dit werd overgebracht in een glazen soxhlethuls en gedurende 3 uur met n-pentaan (Baker, resi - analysed of Mallinckrodt, nanograde) gesoxhlet. Het extract werd overgebracht in een maatkolf van 100 ml. Het vetgehalte van de oplossing werd bepaald door 10 ml. droog te dampen en het residu te wegen.
Van ieder extract werd een volume, overeenkomend met maximaal 250 mg vet, op een kolom, bestaande uit 15 g Al_2O_3.5% H_2O (basisch, Merck no. 1076) met bovenop een laagje Na_2SO_4 , gebracht. Geëlueerd werd met 50 ml n-pentaan, hetgeen voldoende was om de chloorbenzenen en PCTA volledig van de kolom te elueren, terwijl de vetten achterbleven.
Het eluaat werd ingedampt aan de rotavapor tot een volume kleiner dan 10 ml. De verwarming van het waterbad bleef daarbij uitgeschakeld. Vervolgens werd de oplossing overgebracht in een maatkolf van 10 ml en aangevuld. Om verlies tijdens het indampen aan de rotavapor te beperken zouden enkele ml. iso-octaan of heptaan kunnen worden toegevoegd. Zonodig werd de oplossing nog geconcentreerd met behulp van perslucht of verdund. Een interne standaard werd niet toegevoegd, doch zou, zeker bij regelmatig verdunnen of concentreren, voor nauwkeuriger uitslagen kunnen zorgen. Tenslotte werd geïnjecteerd op een gaschromatograaf.

De extractie en clean-up voor een bepaling van PCB's en pesticiden, waarbij ook HCB en QCB worden bepaald, verliep gelijk aan de hierboven beschreven methode, tot aan de elutie over Al_2O_3-kolommen. Dan werd met 230 ml pentaan geëlueerd, en na indampen van het eluaat tot 2 ml, volgde een fractionering over silicagel. Daarvoor werden silicagel kolommen geslurried in hexaan (2 gram lichroprep Si60 25-40 µm, Merck no.9390, 1 nacht verhit bij 210 °C). De 2 ml oplossing werd opgebracht, en nagespoeld werd met 1 ml hexaan. Vervolgens wordt geëlueerd met 11 ml hexaan (fractie I, 10 ml maatkolf) en 10 ml 15% diëthylether-hexaan (fractie II). HCB en QCB bevinden zich in de eerste fractie. Na zonodig concentreren of verdunnen wordt geïnjecteerd op de gaschromatograaf.

3.2. Gaschromatografische analyse.

HCB en QCB werden gelijktijdig met de PCB's bepaald op een WCOT CP sil 7 of WCOT CP sil 8 CB kolom (5). Voor de gaschromatografische analyse van de tri- en tetrachloorbenzenen en PCTA werd gebruik gemaakt van een Packard Becker gaschromatograaf (model 433 met Ni^{63} ECD-detector). De analyses werden uitgevoerd op een glazen capillaire kolom, WCOT Carbowax 20 M TPA van Chrompack. Deze kolom komt vrijwel overeen met de WG 11 kolom die Stock en Alberti (8) voor hun analyses van chloorbenzenen gebruikten.

De GC-omstandigheden waren als volgt:

kolom: WCOT Carbowax 20 M TPA
lengte: 25m, diameter: 0,25 mm, filmdikte: 0,4 µm
dragergas: He, constant druk: 1,2 at.
gassnelheid: circa 1 ml/min.
bypass: N_2, 30 ml/min.
injectie: 1 µl, splittless, splitter open na 0,5 min.
temperatuurprogramma: 8 min. 80°C, 8°C/min → 160°C,
3 min.160°C,25°C/min → 210°C,
57 min.210°C
detectortemperatuur: 300°C, injectietemperatuur: 230°C.

Het gebruikte temperatuurprogramma zorgt niet voor een echte Grob-injectie, daarvoor zou een veel lagere begintemperatuur (gekoelde GC) noodzakelijk zijn . De geringe programmeersnelheid is gekozen om de 1,2,3,5 en de 1,2,4,5 tetra CBz te scheiden. Het gevolg van deze methode is dat de pieken in het begin van het chromatogram nogal tailen. De tri- en tetra CBz konden echter nog goed gekwantificeerd worden.

3.3. Pentachloorthioanisol.

Daar van PCTA geen standaard in de handel verkrijgbaar was, werd deze gesynthetiseerd, uitgaande van pentachoorthiofenol volgens een reactie beschreven door Kulka (21).

Pentachloorthiofenol werd toegevoegd aan een oplossing van NaOH in water. Vervolgens werd op een stoombad verwarmd en werd dimethylsulfaat toegevoegd. Er ontstond een neerslag. Na een uur roeren werd het mengsel afgekoeld en het ontstane neerslag afgefiltreerd, gewassen met ijswater en gedroogd boven zwavelzuur. Het ontstane lichtgele, fijne poeder werd tweemaal omgekristalliseerd vanuit methanol/benzeen. De gele naaldjes hadden een smelttraject van 92,5 - 94°C.
Met behulp van massaspectrometrie werd de aanwezigheid van PCTA in aal uit de Boven-Merwede bij Gorkum (1980) aangetoond (zie fig. 4).
Het bleek mogelijk om met de ontwikkelde analysemethode voor de tri- en tetrachloorbenzenen, tegelijkertijd PCTA te analyseren. Na de extractie en clean-up, beschreven in 3.1., kan PCTA gaschromatografisch worden bepaald. PCB's die bij de gebruikte clean-up niet worden gescheiden van de chloorbenzenen en PCTA zouden de bepaling van PCTA kunnen storen. Door oxidatie met chroomzuur kan PCTA worden omgezet, waardoor de piek van PCTA uit het chromatogram verdwijnt. Van deze reactie is gebruik gemaakt om vast te stellen in hoeverre de aanwezige PCTA piek mede afkomstig is van PCB's. Het extract van een aalmonster uit de Rijn bij Lobith (1980) werd behandeld met chroomzuur. Uit fig. 5 blijkt dat de PCTA piek verdwijnt en dus niet gestoord wordt door een chloorbifenylpiek. In alle monsters uit het stroomgebied van de Rijn werden PCTA-gehalten bepaald, aannemend dat de gebruikte piek voor 100% uit PCTA bestond. In het monster van de Roer (1982), waarin zeer veel licht gechloreerde PCB's aanwezig waren, is PCTA niet bepaald, omdat storing door chloorbifenylen in dat monster onvoldoende kon worden uitgesloten.

3.4. Recovery's.

Tijdens de elutie van de monsters over Al_2O_3 kolommen werd steeds op een aparte Al_2O_3 kolom 1 ml van een standaardoplossing tri- en tetrachloorbenzenen en 1 ml van een standaardoplossing PCTA gepipetteerd. Deze standaard werd op dezelfde manier als de monsters behandeld. Alle monsters werden ten opzichte van deze standaard bepaald. Zodoende werd gecorrigeerd voor de recovery van dit gedeelte van de clean-up.

Voor de recovery van de soxhletstap werd niet gecorrigeerd. Om deze recovery vast te stellen werd in duplo aan een monster aal uit de Grevelingen, dat reeds gehomogeniseerd en gewreven was met Na_2SO_4, met een pipet een standaardoplossing tri- en tetrachloorbenzenen en PCTA toegevoegd. De monsters bleven 1 nacht staan en werden vervolgens 3 uur gesoxhlet met pentaan. Na clean-up over Al_2O_3 en indampen aan de rotavapor, bleek dat de recovery van de soxhletstap varieerde van 83 tot 98% en die van de totale analyse van 68 tot 86%.

	1,3,5 tri CB	1,2,4 tri CB	1,2,3 tri CB	1,2,3,5 tetra CB	1,2,4,5 tetra CB	1,2,3,4 tetra CB	PCTA
% recovery soxhlet	88	85	83	94	90	98	88
% recovery clean-up	89	88	82	89	85	88	93
% overall recovery	78	75	68	84	77	86	82

3.5. Detectiegrenzen.

De bepaling van 1,3,5-triCBz wordt gestoord door de aanwezigheid van hexachloorbutadiëen (HCBD) in de monsters. Beide pieken worden wel gescheiden, maar het gehalte van HCBD is vaak zoveel hoger dan dat van 1,3,5-tri CBz; dat 1,3,5-triCBz onder de HCBD-piek valt. Het nauwkeurig aangeven van een detectiegrens voor 1,3,5-triCBz is daarom niet goed mogelijk. In de onderzochte monsters was het 1,3,5-triCBz gehalte in ieder geval kleiner dan 50 µg/kg op vetbasis.

De bepaling van PCTA wordt bemoeilijkt door de aanwezigheid van sporen PCB's. Bij de aanwezigheid van veel licht gechloreerde PCB's zal de detectiegrens van PCTA dientengevolge hoger liggen. De detectiegrens is gebaseerd op het oxidatie-experiment van PCTA in het aalmonster van de Rijn (zie 3.3).

De detectiegrenzen van PCTA en de overige chloorbenzenen zijn als volgt:

1,2,4-tri CBz	4	µg/kg vetbasis[1]
1,2,3-tri CBz	4	"
1,2,3,5-tetra CBz	2	"
1,2,4,5-tetra CBz	2	"
1,2,3,4-tetra CBz	2	"
QCB[2]	1	"
HCB[2]	1	"
PCTA	20	"

[1] Uitgaande van 250 mg vet per bepaling
[2] Op een WCOT CP sil 7 kolom (5)

3.6. Vetbepalingen.

Tot en met 1979 is in de monsters alleen het gehalte aan vrije vetten bepaald, zoals werd beschreven in 3.4. Naast deze vrije vetten zijn ook gebonden vetten in het visweefsel aanwezig. Vanaf 1980 werd met de Bligh and Dyer methode (9) steeds het totaal-vetgehalte van de aalmonsters bepaald. Bij de in het algemeen vette aal, dragen de gebonden vetten relatief weinig bij aan het totale vetgehalte. Alle in dit rapport opgegeven vetgehalten en de gehalten van chloorbenzenen en PCTA op vetbasis, zijn daarom met elkaar vergeleken.

IV. RESULTATEN.

In tabel III staan de gevonden gehalten van chloorbenzenen en PCTA vermeld, uitgedrukt in mg/kg op produktbasis. In tabel IV worden de gehalten, uitgedrukt in mg/kg op vetbasis, weergegeven.

4.1. Tri- en tetrachloorbenzenen.

Van de trichloorbenzenen komt de 1,2,4-isomeer in de hoogste gehalten voor, van de tetrachloorbenzenen de 1,2,4,5-isomeer. Dit is geheel overeenkomstig de substitutieregels die gelden bij het ontstaan van chloorbenzenen. De chloorbenzenen met een bepaald aantal chlooratomen die het gemakkelijkst worden gevormd, worden in de aal dus ook het meest teruggevonden. Dit verschijnsel werd al eerder voor polychloorbifenylen gevonden (5).

Van de verschillende jaren van monstername is 1980 erg interessant voor alle wateren die in verbinding staan met de Rijn. Dit zijn de monsterpunten Ketelmeer (4), Hollands Diep (8), Rijn (12), Oude Maas (21), Lek (Krimpen) (21), Nieuwe Maas (25) en Boven Merwede (26) (zie ook fig. 3).
In alle monsters van deze plaatsen uit 1980 zijn de 1,2,4-tri en de 1,2,4,5-tetra CBz-gehalten zeer duidelijk verhoogd ten opzichte van andere jaren. In de Rijn bij Lobith zijn de gehalten van beide verbindingen resp. 25 en 6,2 mg/kg op vetbasis, ongeveer een faktor 10 hoger dan in de andere jaren. Het 1,2,4-tri CBz-gehalte in aal uit de Rijn bij Lobith komt in 1980 zelfs uit boven het HCB-gehalte. Ook 1,2,3,4-tri CBz is in aal uit 1980 op de meeste van deze plaatsen verhoogd ten opzichte van de andere jaren. De genoemde gehalten wijzen duidelijk op een verhoogde grensoverschrijdende verontreiniging van 1,2,4-tri CBz en in mindere mate van 1,2,4,5 en 1,2,3,4-tetra CBz tijdens of voor de periode van monstername in 1980.
In 1977 werd nog geen aal uit de Rijn bemonsterd. In aal uit het Ketelmeer en uit het Haringvliet werden in 1977 ook betrekkelijk hoge gehalten gevonden voor 1,2,4-tri CBz en 1,2,4,5-tetra CBz: Ketelmeer 1,2,4-tri CBz - 2,5 mg/kg, 1,2,4,5-tetra CBz - 1,3 mg/kg, Haringvliet: 1,2,4-tri CBz - 2,8 mg/kg en 1,2,4,5-tetra CBz - 0,77 mg/kg op vetbasis.
In de Maas is het beeld voor de tri- en tetra CBz gunstiger 1,2,4-tri CBz werd aangetroffen in gehalten van gemiddeld 0,25 mg/kg op vetbasis, met als enige uitzondering het 1,2,4 - tri CBz gehalte in aal uit de Maas bij Heusden (1982): 0,74 mg/kg op vetbasis. De 1,2,4,5-tetra CBz gehalten lagen op een niveau van 0,15 mg/kg op vetbasis in 1980 en van 0,03 mg/kg op vetbasis in 1982. 1,2,3-tri CBz komt in enkele gevallen in hogere gehalten voor in aal uit de Maas dan 1,2,4,5-tetra CBz: maximaal 0,13 mg/kg op vetbasis in aal uit de Maas bij Eijsden (1981). De beide andere tetra-isomeren, 1,2,3,5 en 1,2,3,4-tetra CBz komen in nog geringere hoeveelheden voor (< 0,1 mg/kg op vetbasis).

In aal uit wateren die niet met de Rijn en de Maas in verbinding staan, werden geen chloorbenzeengehalten gevonden boven de 0,1 mg/kg vetbasis.

4.2. Penta- en hexachloorbenzeen.

De hoogste QCB en HCB-gehalten werden eveneens in 1980 aangetroffen in aal uit de Rijn bij Lobith, respectievelijk 5,1 en 18 mg/kg op vetbasis. Bij deze stoffen is echter geen sprake van een duidelijke piekbelasting zoals het geval is bij de tri en tetra CBz. In de tabellen III en IV is te zien dat in aal uit de Rijn en de met deze rivier in verbinding staande wateren de QCB en HCB-gehalten in de periode 1978 - 1981 geen grote fluctuaties vertoonden. Op diverse monsterpunten werden de hoogste QCB en HCB-gehalten zelfs in 1981 aangetroffen. In 1982 treedt evenwel een duidelijke daling op van de QCB en HCB-gehalten: gemiddeld een faktor 2 met uitzondering van het monsterpunt Boven Merwede (26). De aal uit het Hollands Diep van 1982 bleek over de hele linie (PCB's, pesticiden) lagere gehalten te bevatten. Deze aal lijkt eerder afkomstig te zijn uit een gebied dat meer beïnvloed wordt door de Maas dan door de Rijn, bijvoorbeeld de Biesbosch.
In aal uit de Noordzee bij IJmuiden (1979) zijn de QCB en HCB-gehalten evenals de tri en tetraCBz gehalten hoger dan in aal uit het IJsselmeer (1981 -

1982): QCB: 0,58 en HCB: 1,1 mg/kg op vetbasis.
In aal uit de Maas liggen de QCB-gehalten op een niveau van 0,1 - 0,3 mg/kg op vetbasis en de HCB-gehalten op een niveau van 2 - 4 mg/kg op vetbasis.

In aal uit wateren die niet met de Rijn of de Maas in verbinding staan, liggen de QCB-gehalten beneden de 0,4 mg/kg op vetbasis en de HCB-gehalten beneden de 0,8 mg/kg op vetbasis.

4.3. Pentachloorthioanisol.

De hoogste PCTA gehalten werden aangetroffen in aal uit het stroomgebied van de Rijn. Het hoogste gehalte dat werd gevonden, in aal uit de Waal van 1979 (2,7 mg/kg op vetbasis), was hoger dan dat in aal uit de Rijn bij Lobith van hetzelfde jaar (1,0 mg/kg op vetbasis). In 1980 werd het hoogste gehalte wel bij Lobith waargenomen, terwijl in 1981 aal uit het Hollands Diep een hoger PCTA gehalte had (0,96 mg/kg op vetbasis) dan aal uit de Waal (0,61 mg/kg) en aal uit de Rijn (0,39 mg/kg). Vanaf 1981 is een duidelijke afname van de PCTA-verontreiniging waar te nemen in aal van alle monsterpunten uit het stroomgebied van de Rijn tot een niveau van 0,1 - 0,2 mg/kg op vetbasis in 1982. Duidelijk verhoogde gehalten op Nederlands grondgebied werden in 1982 niet waargenomen. In aal uit de Noordzee bij IJmuiden (1979) werd een PCTA gehalte gevonden van 0,075 mg/kg op vetbasis. In aal uit alle overige wateren lagen de PCTA gehalten beneden de detectiegrens.

V. DISCUSSIE.

5.1. Gehalten.

De tri en tetra CBz-gehalten in aal uit het stroomgebied van de Rijn liggen zowel in 1980 als in de andere jaren van monstername boven de gehalten die tot nu toe in de literatuur zijn vermeld.
Jan en Malneršič (10) vonden in vis en schelpdieren uit verschillende Joegoslavische wateren maximale gehalten van 0,91 mg/kg op vetbasis voor 1,2,4-tri CBz en 0,08 mg/kg op vetbasis voor 1,2,4,5-tetra CBz.
Bauman Ofstad e.a. (3) vonden in 1975 - 1976 voor het totaal aan tri CBz maximaal 0,5 mg/kg in aal en 4,0 mg/kg op vetbasis in kabeljauwlever in de Frierfjord in Noorwegen. Voor het totaal aan tetra CBz vonden zij maximaal 0,4 mg/kg op vetbasis in aal en 1,4 mg/kg in kabeljauwlever.
Young en Heesen (11) vonden maximaal 0,016 mg/kg op produktbasis voor 1,2,4-tri CBz in tonglever uit zuid Californië.

De gevonden QCB en HCB-gehalten zijn hoog vergeleken met de eerder door ons bepaalde QCB en HCB-gehalten in kabeljauwlever uit de zuidelijke Noordzee, gemiddeld respectievelijk 0,10 - 0,20 en 0,25 - 0,50 mg/kg op vetbasis in de periode 1974 - 1982 (15).
Bauman Ofstad e.a. vonden in kabeljauwlever uit de Frierfjord in 1976 veel hogere QCB en HCB-gehalten: respectievelijk maximaal 24 en 208 mg/kg op vetbasis. In aal uit de Frierfjord vonden zij maximaal respectievelijk 6,2 en 22 mg/kg op vetbasis. Deze laatste gehalten zijn vergelijkbaar met de QCB en HCB in aal uit het stroomgebied van de Rijn. Niimi vond in verschillende salmoniden uit het Ontariomeer in 1978 HCB-gehalten tot maximaal 1,7 mg/kg op vetbasis (16).

Weinig is bekend over gehalten van pentachloorthioanisol in vis.
Quirijns e.a. (20) bepaalden in 1976 PCTA gehalten in mosselen uit Nederlandse wateren. Zij vonden 0,24 mg/kg op produktbasis in mosselen uit het Haringvliet bij Hellevoetsluis en 0,40 mg/kg op produktbasis in mosselen uit het Ketelmeer. Omgerekend op vetbasis lijken deze gehalten hoger dan de door ons gevonden PCTA gehalten in aal.
PCTA, dat een metaboliet is van quintozeen en van HCB, kan rechtstreeks door

de vis worden opgenomen. Daarnaast kan niet uitgesloten worden dat PCTA in de vis ontstaat door metabolisme van HCB en quintozeen. In laboratorium-experimenten werd eerder aangetoond dat PCTA in enkele zoogdieren en planten gevormd kan worden uit HCB en quintozeen (6, 17, 18).
Bahig e.a. (19) toonden aan dat ook in vis PCTA gevormd kan worden uit quintozeen.

5.2. Vluchtigheid.

Naarmate het aantal chlooratomen aan de benzeenring toeneemt, daalt de vluchtigheid van de chloorbenzenen. Het is interessant om na te gaan in hoeverre de onderlinge verschillen in vluchtigheid terug te vinden zijn in de gehalten van chloorbenzenen in aal van de diverse monsterpunten.
In 1980 is voor alle chloorbenzenen in de Rijn vanaf Lobith een afname in gehalte te constateren (fig. 1). In 1982 kan deze afname niet duidelijk vastgesteld worden (fig. 2), vanwege de fluctuaties in de gehalten tussen de verschillende monsterpunten. Meer informatie over afname in gehalten komt naar voren uit de monsterpunten Rijn (Lobith)- Ketelmeer - IJsselmeer. Door de jaren heen is steeds een afname te zien in de gehalten van alle chloorbenzenen langs deze weg.
In het Ketelmeer zijn de QCB en HCB-gehalten gemiddeld een faktor 2 lager en de tri en tetra CBz gehalten gemiddeld een faktor 5 lager. In het IJsselmeer zijn alle chloorbenzeengehalten een faktor 50 - 100 lager dan in de Rijn bij Lobith. In aal uit de Noordzee bij IJmuiden van 1979 zijn alle chloorbenzenen een faktor 3 tot 10 lager dan in aal uit de Rijn bij Lobith van datzelfde jaar. Een sterkere afname van de lager gechloreerde benzenen ten opzichte van bijvoorbeeld HCB is in dit monster niet gevonden.
In de Maas tussen Eijsden en Heusden is voor geen van de chloorbenzenen een significante afname te zien.
Over het geheel genomen kan slechts tussen aal uit de Rijn bij Lobith en aal uit het Ketelmeer een verschil in afname van de chloorbenzeengehalten geconstateerd worden.

5.3. Bioaccumulatie.

Fisher en Slemrova (4) vonden in 1976 in water uit de Rijn bij Lobith 0,50 µg/l 1,2,4-tri CBz, 0,10 µg/l 1,2,3-tri CBz, 0,10 µg/l 1,2,3,4,-tetra CBz, 0,09 µg/l 1,2,4,5-tetra CBz en 0,02 µg/l 1,2,3,5-tetra CBz. Vergeleken met de gehalten van chloorbenzenen in aal uit de Rijn zijn de onderlinge verhoudingen van de chloorbenzenen goed vergelijkbaar met uitzondering van 1,2,4,5-tetra CBz die in het water relatief laag is. Voor QCB en HCB vonden Fisher en Slemrova in water uit de Rijn bij Lobith respectievelijk 0,07 en 0,10 µg/l. Ten opzichte van de 0,50 µg/l voor 1,2,4-tri CBz zijn dit lage gehalten. In aal uit het stroomgebied van de Rijn komt in bijna alle gevallen HCB in de hoogste concentraties voor. 1,2,4-tri CBz en QCB zijn in aal uit de Rijn van dezelfde ordegrootte.
Piet e.a. (12) vonden in 1977 concentraties tussen 1 en 7 µg/l voor Σ tri CBz in water uit de Rijn bij Lobith.
In het verslag over de waterkwaliteit van de Rijn in Nederland in de periode 1970 - 1981 van het RIZA (13) wordt geen melding gemaakt van een verhoogde afvoer van 1,2,4-tri CBz in 1980. In dat verslag wordt alleen gesproken over een afname van tri CBz in het Rijnwater bij Lobith van gemiddeld 2,35 µg/l in 1977 tot 0,20 µg/l in 1981 (Σ tri CBz).
Een correlatie tussen de tri-CBz gehalten in het Rijnwater, opgegeven door het RIZA en de tri CBz-gehalten in aal uit de Rijn, bepaald door het RIVO is niet gevonden. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door de aanvankelijk minder nauwkeurige bepalingsmethode van tri CBz in water van het RIZA.

Wanneer het Σ tri CBz gehalte op vetbasis in aal uit de Rijn bij Lobith van 1981 wordt vergeleken met het gemiddelde Σ tri CBz gehalte in water uit de Rijn bij Lobith van 1981 (13), resulteert dit in een gemiddelde bioaccumulatiefaktor van $1,1.10^4$. Dit komt overeen met bioaccumulatiefaktoren die Köneman en van Leeuwen (14) opgeven voor guppies: $1,3.10^4$ voor 1,2,3-tri CBz en $1,4.10^4$ voor 1,3,5-tri CBz.
De HCB-gehalten die het RIZA bepaalde in het Rijnwater bij Lobith van 1973 tot en met 1981 varieerde van 0,02 tot 1,20 µg/l. Het gemiddelde gehalte in 1981 was 0,02 µg/l. Vergeleken met het HCB gehalte in aal uit de Rijn bij Lobith van 1981, 15 mg/kg opvetbasis, resulteert dit in een bioaccumulatie van $7,5.10^5$. Deze faktor is van dezelfde ordegrootte als die welke door Köneman en van Leeuwen werd vastgesteld voor HCB in guppies: $2,9.10^5$ (14).

VI. LITERATUUR.

1. D.J. Hallet, R.J. Norstrom, F.I. Onuska, M.E. Camba . - Incidence of chlorinated benzenes and chlorinated ethylenes in Lake Ontario herring gulls.
   Chemosphere, vol. 11, 3, 277 - 285, 1982.

2. S. Jensen, R. Lange, G. Berge, K.H. Pallmork, L. Renberg. - On the chemistry of EDC-tar and its biological significance in the sea.
   Proc. R. Soc. London, 189, 333 - 346, 1975.

3. E. Baumann Ofstad, G. Lunde, K. Martinsen. - Chlorinated aromatic hydrocarbons in fish from an area polluted by industrial effluents.
   The science of the total environment, 10, 219 - 230, 1978.

4. A. Fisher, J. Slemrova. - Die belastung des Rheines mit chlorbenzolen.
   Vom Wasser 51, 33 - 46, 1978.

5. M. Kerkhoff, J. de Boer, A. de Vries. - 4 Jaar PCB-onderzoek in aal uit Nederlandse binnenwateren (1977 - 1980).
   RIVO-rapport CA 81-01.

6. G. Renner. - Biotransformation of the fungicides hexachlorobenzene and pentachloronitrobenzene.
   Nenobiotica, vol 11, no. 7, 435 - 446, 1981.

7. J. de Boer, A. de Vries. - PCB en pesticidengehalten in kabeljauwlever uit de Noordzee en heeklever uit de Atlantische Oceaan (1978/79).
   RIVO-rapport CA 79-09.

8. W. Stock, J. Alberti. - Analytik von organischen Chlorverbindungen im Wasser.
   Vom Wasser 52, 75 - 86, 1979.

9. E.G. Bligh, W.J. Dyer. - A rapid method of total lipid extraction and purification.
   Can. J. Biochem. Physiol., 37, 911 - 917, 1959.

10. J. Jan, S. Malnerši č. - Chlorinated benzene residues in fish in Slovenia (Yugoslavia).
    Bull. Environm. Toxicol. 24, 824 - 827, 1980.

11. D.R. Young, T.C. Heesen. - DDT, PCB and chlorinated benzenes in the marine ecosystem of southern California.
    Waterchlorination, 267 - 288.

12. G.J. Piet, P. Slingeland, G.H. Bijlsma, C. Morra. - Fast quantitative analysis of a wide variety of halogenated compounds in surface-, drinking- and groundwater.
Hydrocarbons and halogenated hydrocarbons in the aquatic environment, B.K. Afghan and D. Mackay, Phenum Publishing Corporation, 1980.

13. A. Dijkzeul. - De waterkwaliteit van de Rijn in Nederland in de periode 1970 - 1981.
Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater, nr. 82 - 061, 1982.

14. H. Köneman, K. van Leeuwen. - Toxicokinetics in fish: accumulation and elimination of six chlorobenzenes by guppies.
Chemosphere 9, 3 - 19, 1980.

15. J. de Boer, M. Kerkhoff, P. Otte. - PCB en pesticidenonderzoek in kabeljauw- en heeklever uit de Noordzee en de Atlantische Oceaan in 1981.
RIVO-rapport CA 82-01.

16. A.J. Niimi.- Hexachlorobenzene levels in Lake Ontario salmonides.
Bull. Environ. Contam. Toxicol. 23, 20 - 24, 1979.

17. B. Jansson, A. Bergman. - Sulfur containing derivates of hexachlorobenzene (HCB)-metabolites in the rat.
Chemosphere 3, 257 - 268, 1978.

18. W.F. Müller e.a. - Comparitive metabolism of hexachlorobenzene and pentachlorobenzene in plants, rats and rhesus monkeys.
Ecotoxicology and environmental safety 2, 437 - 445, 1978.

19. M.E. Bahig, A. Kraus, W. Klein, F. Korte. - Metabolism of pentachloronitrobenzene - ^{14}C (quintozene) in fish.
Chemosphere, vol. 10, 3, 319 - 322, 1981.

20. J.K. Quirijns, C.G. v.d. Pauw, M.C. ten Noever de Brauw, R.H. de Vos. - Survey of the contamination of Dutch coastal waters by chlorinated hydrocarbons, including the occurence of methylthio-pentachlorobenzene and di(methylthio)tetrachlorobenzene.
Science of the total environment 13, 225 - 233, 1979.

21. M. Kulka. - Reactions of hexachlorobenzene with mercaptides.
J. Org. Chem. 24, 235 - 237, 1959.

Dank aan de heer Ir. L.H.M.Th. Tuinstra van het RIKILT-Wageningen voor het gebruik van de massaspectrometer en in het bijzonder aan de heer W. Traag voor het uitvoeren van de analyses.

TABEL I - Monsterplaatsen en data van monstername van rode aal uit Nederlandse binnenwateren in 1977 - 1982.

Plaats	Data					
	1977	1978	1979	1980	1981	1982
1. Lauwersmeer					15-6	11-5
3. IJsselmeer					22-6	6-5
4. Ketelmeer	26-5	24-4		19-6	15-6	12-5
7. Biesbosch	16-6				4-6	
8. Hollands Diep			29-5	3-6	25-5	8-7
9. Haringvliet	16-5	10-5	29-5		12-5	
9a. Haringvliet oost						7-6
9b. Haringvliet west						7-6
10. Grevelingen					26-5	
11. IJssel, Deventer-Olst		13-6	17-6			
12. Rijn, Lobith		21-6	17-6	30-5	7-5	1-6
13. Lek, Culemborg		15-6				
14. Waal, Tiel		14-6	17-6		7-5	20-4
16. Maas, Eijsden				28-4	6-5	13-6
19. Noordzee, IJmuiden			20-6			
20. Maas, Heusden				3-6	11-5	20-4
21. Oude Maas, Barendrecht				29-5		
22. Akkersdijk (Zuid-Holland)					24-7	
24. Lek, Krimpen				4-6		
25. Nieuwe Maas				6-9		
26. Boven Merwede, Gorinchem				29-5	11-5	11-5
27. Waal, Weurt					7-5	
28. Maas, Venlo					6-5	27-5
29. Nieuwe Waterweg, Maassluis					15-5	4-6
30. Alkmaarder Meer					4-6	
31. Zaan					4-6	
32. Brielse Meer					15-5	
33. Amsterdam-Rijnkanaal					21-5	
34. Vecht (Utrecht)					21-5	
35. Noordzeekanaal						13-5
36. Maas, Maaseik						13-5
37. Maas, Neer						27-5
38. Oude Diep, Numansdorp						14-5
39. Hollandse IJssel, Moordrecht						11-5
40. Roer, Vlodrop						17-6
41. Veerse Meer						14-5

TABEL II - Monstergegevens rode aal.

Monsterpunt	Gewicht (g) min - max - gem	Lengte (cm) min - max - gem	Aantal vissen	Vetgehalte (g/kg)
a. 1977				
4. Ketelmeer	45 - 88 - 61	30 - 36 - 33	15	250
7. Biesbosch	58 - 125 - 80	33 - 42 - 36	15	207
9. Haringvliet	76 - 112 - 88	35 - 41 - 37	15	155
b. 1978				
4. Ketelmeer	44 - 87 - 62	30 - 37 - 33	15	242
9. Haringvliet	55 - 85 - 68	31 - 37 - 34	15	162
11. IJssel, Deventer-Olst	49 - 166 - 87	28 - 44 - 35	15	186
12. Rijn, Lobith	45 - 128 - 82	31 - 44 - 37	15	152
13. Lek, Culemborg	53 - 124 - 80	30 - 38 - 34	15	225
14, Waal, Tiel	36 - 146- 69	27 - 40 - 32	15	186
c. 1979				
8. Hollands Diep	58 - 140 - 91	31 - 43 - 37	15	233
9. Haringvliet	60 - 163 - 101	35 - 44 - 39	15	154
11. IJssel, Deventer-Olst	84 - 231 - 146	34 - 48 - 42	15	175
12. Rijn, Lobith	88 - 228 - 152	35 - 51 - 42	15	166
14. Waal, Tiel	56 - 146 - 92	31 - 43 - 37	15	154
19. Noordzee, IJmuiden	44 - 184 - 116	29 - 47 - 41	10	152
d. 1980				
4. Ketelmeer	36 - 116 - 60	29 - 40 - 32	25	243
8. Hollands Diep	47 - 98 - 70	31 - 39 - 35	25	201
12. Rijn, Lobith	35 - 185 - 81	27 - 44 - 33	25	195
16. Maas, Eijsden	13 - 86 - 31	19 - 35 - 25	20	53
20. Maas, Heusden	38 - 133 - 69	26 - 41 - 32	25	258
21. Oude Maas, Barendrecht	38 - 93 - 62	28 - 35 - 32	25	250
24. Lek, Krimpen	58 - 104 - 79	30 - 37 - 33	25	240
25. Nieuwe Maas	66 - 370 - 147	33 - 55 - 42	25	280
26. Boven Merwede, Gorinchem	35 - 111 - 59	25 - 38 - 30	25	275

TABEL II - vervolg

Monsterpunt	Gewicht (g) min - max - gem	Lengte (cm) min - max - gem	Aantal vissen	Vetgehalte (g/kg)
e. 1981				
1. Lauwersmeer	39 - 101 - 54	29 - 37 - 33	25	242
3. IJsselmeer (N)	44 - 95 - 58	28 - 34 - 31	25	292
4. Ketelmeer	36 - 69 - 50	28 - 34 - 30	25	239
7. Biesbosch	48 - 147 - 77	29 - 45 - 33	25	210
8. Hollands Diep	22 - 64 - 37	24 - 34 - 29	25	122
9. Haringvliet	39 - 82 - 55	29 - 36 - 32	25	240
10. Grevelingen	28 - 59 - 41	28 - 35 - 31	25	38
12. Rijn, Lobith	76 - 313 - 187	36 - 58 - 49	25	226
14. Waal, Tiel	38 - 222 - 76	30 - 49 - 35	25	189
16. Maas, Eijsden	29 - 629 - 177	26 - 72 - 43	25	140
20. Maas, Heusden	33 - 140 - 56	27 - 42 - 31	25	288
22. Akkersdijk	36 - 80 - 55	27 - 37 - 32	25	171
26. Boven Merwede, Gorinchem	47 - 165 - 69	30 - 47 - 34	25	237
27. Waal, Weurt	41 - 99 - 72	29 - 40 - 34	25	237
28. Maas, Venlo	34 - 111 - 64	27 - 38 - 32	25	288
29. Nieuwe Waterweg, Maassluis	36 - 188 - 69	27 - 46 - 34	25	126
30. Alkmaarder Meer	49 - 298 - 155	31 - 54 - 44	24	248
31. Zaan	44 - 90 - 66	30 - 39 - 35	25	113
32. Brielse Meer	29 - 274 - 110	26 - 51 - 37	24	124
33. Amsterdam-Rijnkanaal	41 - 366 - 161	30 - 56 - 41	25	171
34. Vecht	28 - 107 - 57	24 - 36 - 30	25	181

TABEL II - vervolg

Monsterpunt	Gewicht (g) min - max - gem	Lengte (cm) min - max - gem	Aantal vissen	Vetgehalte (g/kg)
f. 1982				
1. Lauwersmeer	47 - 205 - 65	31 - 52 - 34	25	280
3. IJsselmeer (N)	26 - 49 - 33	26 - 31 - 28	25	317
4. Ketelmeer	36 - 52 - 46	30 - 36 - 31	25	311
8. Hollands Diep	47 - 332 - 125	30 - 60 - 41	25	177
9a. Haringvliet oost	26 - 85 - 43	24 - 35 - 29	25	186
9b. Haringvliet west	44 - 142 - 68	28 - 43 - 33	25	241
12. Rijn, Lobith	46 - 512 - 90	30 - 62 - 36	25	147
14. Waal, Tiel	30 - 391 - 96	26 - 60 - 36	25	201
16. Maas, Eijsden	23 - 285 - 60	25 - 58 - 31	25	233
20. Maas, Heusden	28 - 90 - 45	25 - 40 - 29	25	266
26. Boven Merwede, Gorinchem	29 - 101 - 58	27 - 36 - 31	25	263
28. Maas, Venlo	38 - 205 - 124	22 - 45 - 34	25	271
29. Nieuwe Waterweg, Maassluis	25 - 668 - 97	24 - 63 - 34	25	169
35. Noordzeekanaal	22 - 66 - 36	26 - 36 - 30	23	80
36. Maas, Maaseik	59 - 268 - 103	31 - 50 - 37	25	283
37. Maas, Neer	18 - 120 - 79	22 - 39 - 32	25	265
38. Oude Diep, Numansdorp	49 - 103 - 73	32 - 42 - 36	25	185
39. Hollandse IJssel, Gouderak	19 - 481 - 92	22 - 60 - 34	25	198
40. Roer, Vlodrop	56 - 382 - 134	31 - 55 - 39	16	215
41. Veerse Meer	29 - 293 - 115	28 - 55 - 41	24	157

TABEL III - Gehalten van chloorbenzenen en pentachloorthioanisol in aal, uitgedrukt in mg/kg op produktbasis.

no.	Monsterplaats	Jaar	1,2,4 tri CBz	1,2,3 tri CBz	1,2,3,5 tetra CBz	1,2,4,5 tetra CBz	1,2,3,4 tetra CBz	QCB	HCB	PCTA
1	Lauwersmeer	1981	0,004	-	0,0005	0,002	0,001	0,013	0,015	-
		1982	0,007	-	-	0,001	0,002	0,010	0,020	-
3	IJsselmeer	1981	0,007	-	0,001	0,003	0,001	0,035	0,050	0,009
		1982	0,008	-	-	-	0,001	0,035	0,075	0,012
4	Ketelmeer	1977	0,62	0,12	0,080	0,32	0,16	n.b.	2,5	0,20
		1978	0,20	0,017	0,015	0,14	0,06	0,27	1,5	0,12
		1980	0,70	0,027	0,016	0,23	0,083	0,30	1,1	0,16
		1981	0,092	0,014	0,012	0,045	0,019	0,36	2,0	0,11
		1982	0,062	0,005	0,006	0,027	0,012	0,23	2,1	0,020
7	Biesbosch	1977	0,20	0,052	0,074	0,14	0,11	n.b.	0,75	0,10
		1981	0,051	0,014	0,004	0,010	0,005	0,035	0,58	-
8	Hollands Diep	1979	0,41	0,056	0,022	0,11	0,030	0,51	2,2	0,26
		1980	1,6	0,057	0,027	0,47	0,24	0,38	1,9	0,14
		1981	0,089	0,019	0,006	0,039	0,016	0,17	1,5	0,12
		1982	0,045	0,004	0,004	0,028	0,016	0,080	0,41	0,016
9	Haringvliet	1977	0,45	0,089	0,032	0,12	0,10	n.b.	0,87	0,087
		1978	0,26	0,027	0,006	0,065	0,059	0,36	1,3	0,061
		1979	0,11	0,042	0,014	0,039	0,013	0,28	1,6	0,29
		1981	0,15	0,018	0,008	0,062	0,038	0,25	2,0	0,10
9a	Haringvliet oost	1982	0,17	0,015	0,008	0,077	0,052	0,25	1,0	0,033
9b	Haringvliet west	1982	0,12	0,011	0,015	0,072	0,048	0,18	1,1	0,026
10	Grevelingen	1981	-	-	-	-	-	0,001	0,004	-
11	IJssel, Deventer-Olst	1978	0,36	0,057	0,022	0,16	0,13	0,33	1,1	0,13
		1979	0,58	0,092	0,035	0,18	0,087	0,51	1,5	0,16
12	Rijn, Lobith	1978	0,38	0,053	0,029	0,20	0,12	0,43	2,1	0,070
		1979	0,56	0,066	0,030	0,14	0,044	0,46	2,8	0,18
		1980	4,7	0,074	0,046	1,1	0,71	1,0	3,5	0,35
		1981	0,45	0,055	0,027	0,18	0,066	0,99	3,2	0,087
		1982	0,28	0,030	0,011	0,11	0,072	0,10	1,1	0,021
13	Lek, Culemborg	1978	0,42	0,067	0,026	0,22	0,16	0,63	1,9	0,24
14	Waal, Tiel	1978	0,46	0,076	0,029	0,25	0,16	0,47	1,8	0,15
		1979	0,59	0,083	0,031	0,15	0,089	0,40	1,5	0,49
		1981	0,32	0,044	0,016	0,087	0,027	0,71	2,4	0,12
		1982	0,097	0,018	0,007	0,021	0,006	0,20	1,2	0,016

TABEL III - vervolg

no.	Monsterplaats	Jaar	1,2,4 tri CBz	1,2,3 tri CBz	1,2,3,5 tetra CBz	1,2,4,5 tetra CBz	1,2,3,4, tetra CBz	QCB	HCB	PCTA
16	Maas, Eijsden	1980	0,007	0,002	0,001	0,004	0,002	0,016	0,17	-
		1981	0,037	0,018	0,009	0,009	0,010	0,030	0,34	-
		1982	0,013	0,008	0,002	0,004	0,003	0,020	0,26	-
19	Noordzee, IJmuiden	1979	0,065	0,006	0,004	0,038	0,011	0,088	0,17	0,012
20	Maas, Heusden	1980	0,080	0,019	0,005	0,046	0,010	0,056	0,82	-
		1981	0,12	0,044	0,009	0,021	0,011	0,060	1,1	-
		1982	0,20	0,030	0,005	0,014	0,009	0,050	0,69	-
21	Oude Maas, Barendrecht	1980	2,3	0,062	0,028	0,71	0,58	0,72	3,2	0,21
22	Akkersdijk	1981	0,004	-	0,001	0,003	0,001	0,018	0,02	-
24	Lek, Krimpen	1980	2,0	0,071	0,039	0,72	0,60	0,84	2,8	0,17
25	Nieuwe Maas	1980	0,65	0,063	0,041	0,52	0,16	0,94	3,4	0,25
26	Boven Merwede, Gorinchem	1980	3,2	0,082	0,045	0,88	0,58	1,1	4,7	0,45
		1981	0,39	0,048	0,019	0,12	0,038	1,2	3,5	0,12
		1982	0,36	0,024	0,016	0,090	0,054	0,58	3,1	0,042
27	Waal, Weurt	1981	0,35	0,064	0,035	0,17	0,080	0,73	3,3	0,16
28	Maas, Venlo	1981	0,054	0,015	0,008	0,012	0,006	0,060	0,98	-
		1982	0,084	0,010	0,004	0,008	0,007	0,040	0,59	-
29	Nieuwe Waterweg, Maassluis	1981	0,15	0,078	0,010	0,067	0,085	0,15	0,78	0,058
		1982	0,19	0,034	0,006	0,084	0,065	0,15	0,53	0,020
30	Alkmaarder Meer	1981	0,004	-	0,001	0,003	0,003	0,020	0,010	-
31	Zaan	1981	0,003	-	0,002	0,003	0,002	0,010	0,020	-
32	Brielse Meer	1981	0,007	0,001	0,002	0,006	0,003	0,040	0,10	-
33	Amsterdam-Rijnkanaal	1981	0,040	0,003	0,004	0,023	0,012	0,10	0,40	0,011
34	Vecht (Utrecht)	1981	0,007	0,001	0,004	0,010	0,002	0,050	0,090	-
35	Noordzeekanaal	1982	0,004	-	0,003	0,005	0,001	0,010	0,020	-
36	Maas, Maaseik	1982	0,075	0,006	0,002	0,003	0,004	0,040	0,50	-
37	Maas, Neer	1982	0,038	0,010	0,003	0,008	0,005	0,030	0,59	-
38	Oude Diep, Numansdorp	1982	-	-	-	0,001	-	0,009	0,051	-
39	Hollandse IJssel, Gouderak	1982	0,013	0,003	0,003	0,024	0,005	0,065	0,36	0,007
40	Roer, Vlodrop	1982	0,093	0,048	0,015	0,030	0,011	0,020	0,046	n.b.
41	Veerse Meer	1982	0,002	-	-	0,001	-	0,002	0,004	-

n.b. : niet bepaald
- : beneden de detectiegrens

TABEL IV - Gehalten van chloorbenzenen en pentachloorthioanisol in aal, uitgedrukt in mg/kg op vetbasis.

no.	Monsterplaats	Jaar	1,2,4 tri CBz	1,2,3 tri CBz	1,2,3,5 tetra CBz	1,2,4,5 tetra CBz	1,2,3,4 tetra CBz	QCB	HCB	PCTA
1	Lauwersmeer	1981	0,015	-	0,002	0,006	0,005	0,050	0,060	-
		1982	0,025	-	-	0,003	0,008	0,030	0,060	-
3	IJsselmeer	1981	0,023	-	0,003	0,011	0,003	0,13	0,19	0,31
		1982	0,026	-	-	-	0,004	0,11	0,24	0,038
4	Ketelmeer	1977	2,5	0,50	0,32	1,3	0,65	n.b.	10	0,81
		1978	0,88	0,074	0,065	0,61	0,26	1,1	6,2	0,53
		1980	2,9	0,11	0,067	0,95	0,35	1,2	4,5	0,67
		1981	0,38	0,059	0,050	0,19	0,079	1,5	8,5	0,45
		1982	0,20	0,015	0,018	0,087	0,039	0,72	6,6	0,064
7	Biesbosch	1977	0,84	0,22	0,32	0,60	0,47	n.b.	3,6	0,42
		1981	0,24	0,067	0,017	0,046	0,022	0,17	2,8	-
8	Hollands Diep	1979	1,8	0,25	0,10	0,48	0,13	2,2	9,5	1,2
		1980	7,5	0,26	0,12	2,1	1,1	1,9	9,6	0,64
		1981	0,73	0,16	0,052	0,32	0,13	1,3	13	0,96
		1982	0,25	0,025	0,020	0,16	0,090	0,44	2,3	0,090
9	Haringvliet	1977	2,8	0,55	0,20	0,77	0,59	n.b.	5,6	0,54
		1978	1,6	0,16	0,039	0,39	0,36	2,2	8,3	0,37
		1979	0,74	0,28	0,093	0,26	0,087	1,8	10	1,9
		1981	0,63	0,075	0,032	0,26	0,16	1,0	8,3	0,43
9a	Haringvliet oost	1982	0,89	0,081	0,041	0,41	0,28	1,3	5,3	0,18
9b	Haringvliet west	1982	0,50	0,046	0,062	0,30	0,20	0,75	4,6	0,11
10	Grevelingen	1981	-	-	-	-	-	0,030	0,12	-
11	IJssel, Deventer-Olst	1978	1,9	0,30	0,12	0,85	0,69	1,8	6,1	0,71
		1979	3,3	0,51	0,20	1,0	0,49	2,9	8,3	0,88
12	Rijn, Lobith	1978	2,6	0,37	0,20	1,4	0,85	2,8	14	0,48
		1979	3,0	0,36	0,16	0,77	0,24	2,8	11	1,0
		1980	25	0,40	0,25	6,2	3,9	5,1	18	1,9
		1981	2,0	0,24	0,12	0,80	0,29	4,4	15	0,39
		1982	1,9	0,20	0,075	0,77	0,49	0,70	7,5	0,14
13	Lek, Culemborg	1978	1,9	0,31	0,12	1,0	0,74	2,8	8,5	1,1
14	Waal, Tiel	1978	2,4	0,40	0,15	1,3	0,83	2,5	9,7	0,77
		1979	3,3	0,46	0,17	0,81	0,49	2,6	9,8	2,7
		1981	1,7	0,23	0,085	0,46	0,14	3,7	12	0,61
		1982	0,48	0,090	0,037	0,10	0,029	1,0	5,8	0,080

TABEL IV - vervolg

no.	Monsterplaats	Jaar	1,2,4 tri CBz	1,2,3 tri CBz	1,2,3,5 tetra CBz	1,2,4,5 tetra CBz	1,2,3,4 tetra CBz	OCB	HCB	PCTA
16	Maas, Eijsden	1980	0,20	0,060	0,023	0,12	0,046	0,30	3,3	-
		1981	0,26	0,13	0,063	0,066	0,071	0,22	2,6	-
		1982	0,098	0,062	0,013	0,032	0,022	0,16	1,9	-
19	Noordzee, IJmuiden	1979	0,41	0,040	0,026	0,24	0,069	0,58	1,1	0,075
20	Maas, Heusden	1980	0,29	0,069	0,017	0,17	0,035	0,22	3,2	-
		1981	0,42	0,15	0,032	0,073	0,038	0,21	3,8	-
		1982	0,74	0,11	0,020	0,053	0,033	0,19	2,6	-
21	Oude Maas, Barendrecht	1980	9,7	0,26	0,12	3,0	2,4	2,9	13	0,87
22	Akkersdijk	1981	0,022	-	0,007	0,016	0,005	0,040	0,11	-
24	Lek, Krimpen	1980	8,4	0,30	0,17	3,1	2,5	3,5	12	0,74
25	Nieuwe Maas	1980	2,4	0,20	0,15	1,9	0,57	3,4	12	0,90
26	Boven Merwede, Gorinchem	1980	12	0,31	0,17	3,3	2,2	4,0	17	1,7
		1981	1,7	0,20	0,080	0,51	0,16	4,9	15	0,52
		1982	1,4	0,091	0,061	0,34	0,21	2,2	12	0,16
27	Waal, Weurt	1981	1,5	0,27	0,15	0,72	0,34	3,0	14	0,69
28	Maas, Venlo	1981	0,19	0,052	0,029	0,042	0,020	0,21	3,4	-
		1982	0,31	0,037	0,013	0,030	0,025	0,15	2,2	-
29	Nieuwe Waterweg, Maassluis	1981	1,2	0,62	0,078	0,53	0,67	1,2	6,1	0,46
		1982	1,1	0,20	0,037	0,50	0,39	0,89	3,1	0,12
30	Alkmaarder Meer	1981	0,017	-	0,004	0,014	0,012	0,060	0,050	-
31	Zaan	1981	0,030	-	0,014	0,023	0,015	0,14	0,42	-
32	Brielse Meer	1981	0,056	0,004	0,015	0,046	0,021	0,32	0,79	-
33	Amsterdam-Rijnkanaal	1981	0,23	0,018	0,026	0,13	0,070	0,58	2,3	0,064
34	Vecht (Utrecht)	1981	0,036	0,006	0,022	0,006	0,010	0,27	0,47	-
35	Noordzeekanaal	1982	0,051	-	0,031	0,068	0,014	0,15	0,27	-
36	Maas, Maaseik	1982	0,27	0,020	0,005	0,009	0,013	0,14	1,8	-
37	Maas, Neer	1982	0,14	0,036	0,011	0,032	0,020	0,13	2,3	-
38	Oude Diep, Numansdorp	1982	-	-	-	0,003	-	0,050	0,28	-
39	Hollandse IJssel, Gouderak	1982	0,066	0,015	0,017	0,12	0,027	0,34	1,9	0,035
40	Roer, Vlodrop	1982	0,43	0,22	0,070	0,14	0,051	0,090	0,21	n.b.
41	Veerse Meer	1982	0,015	-	-	0,004	-	0,010	0,030	-

n.b. : niet bepaald
- : beneden detectiegrens

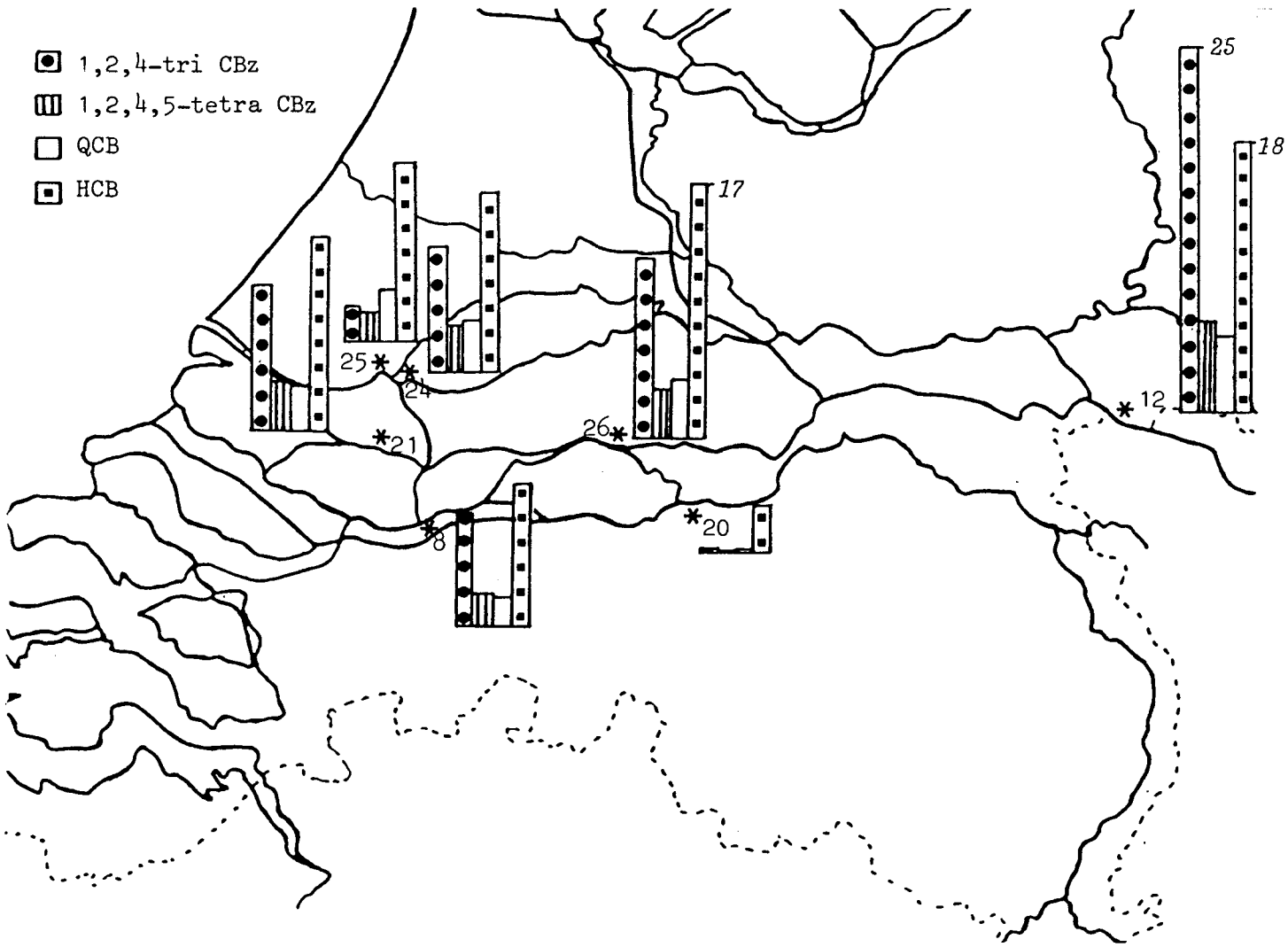

Fig. 1 - Chloorbenzeen-gehalten in aal van enkele monsterpunten in 1980, uitgedrukt in mg/kg op vetbasis.

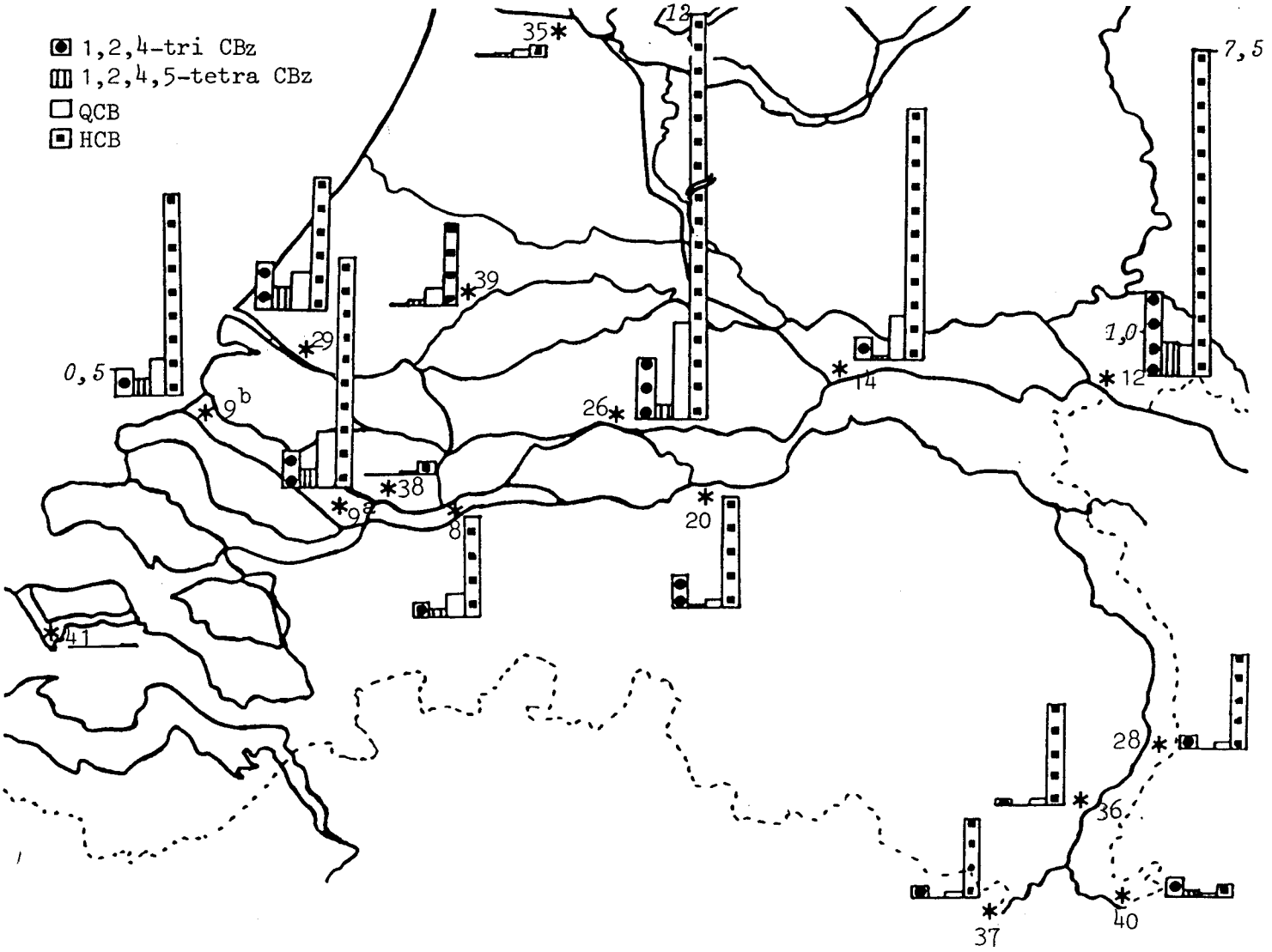

Fig. 2 - Chloorbenzeen-gehalten in aal van enkele monsterpunten in 1982, uitgedrukt in mg/kg op vetbasis.

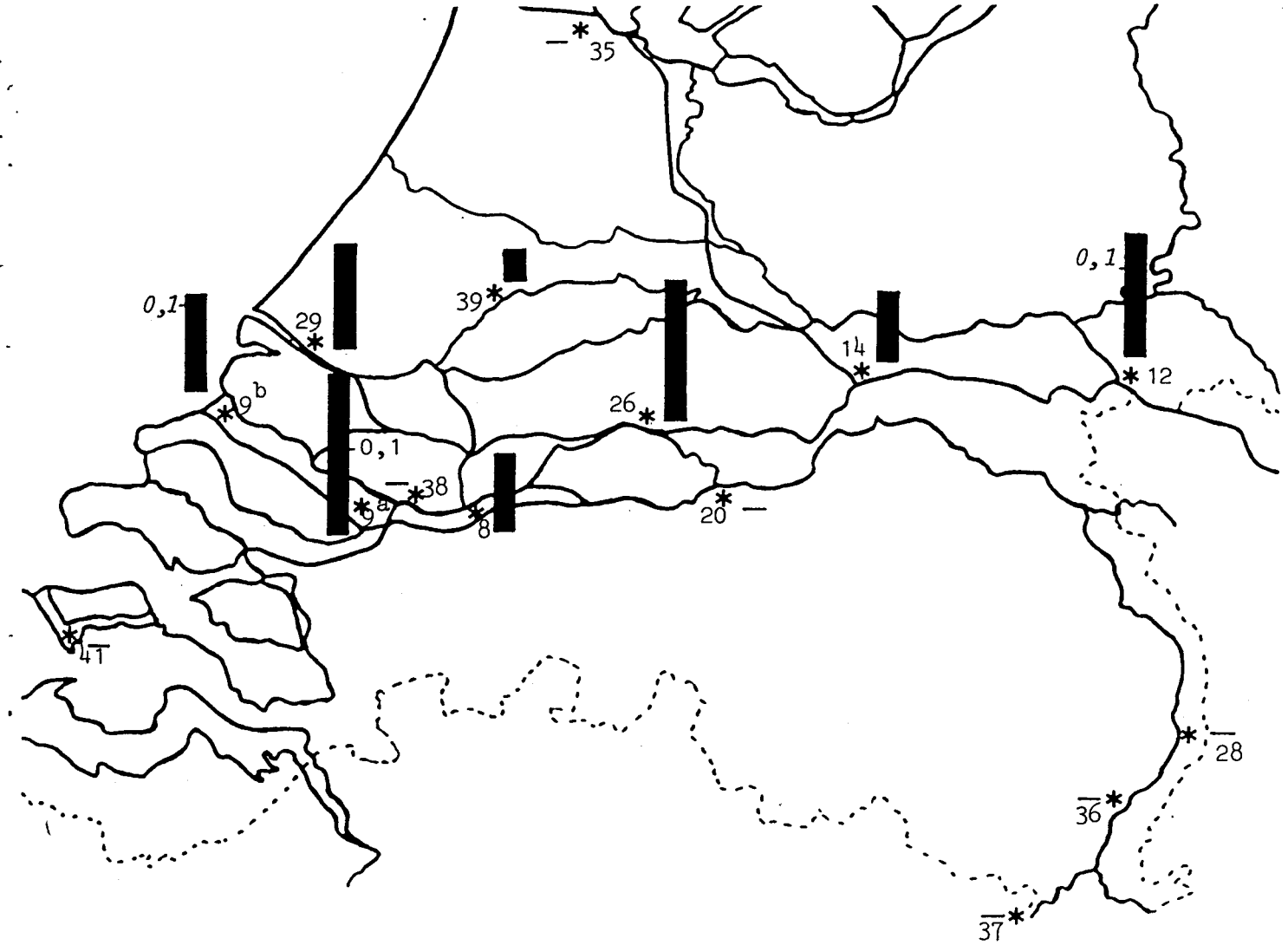

Fig. 3 - PCTA-gehalten in aal van enkele monsterpunten in 1982, uitgedrukt in mg/kg op vetbasis.

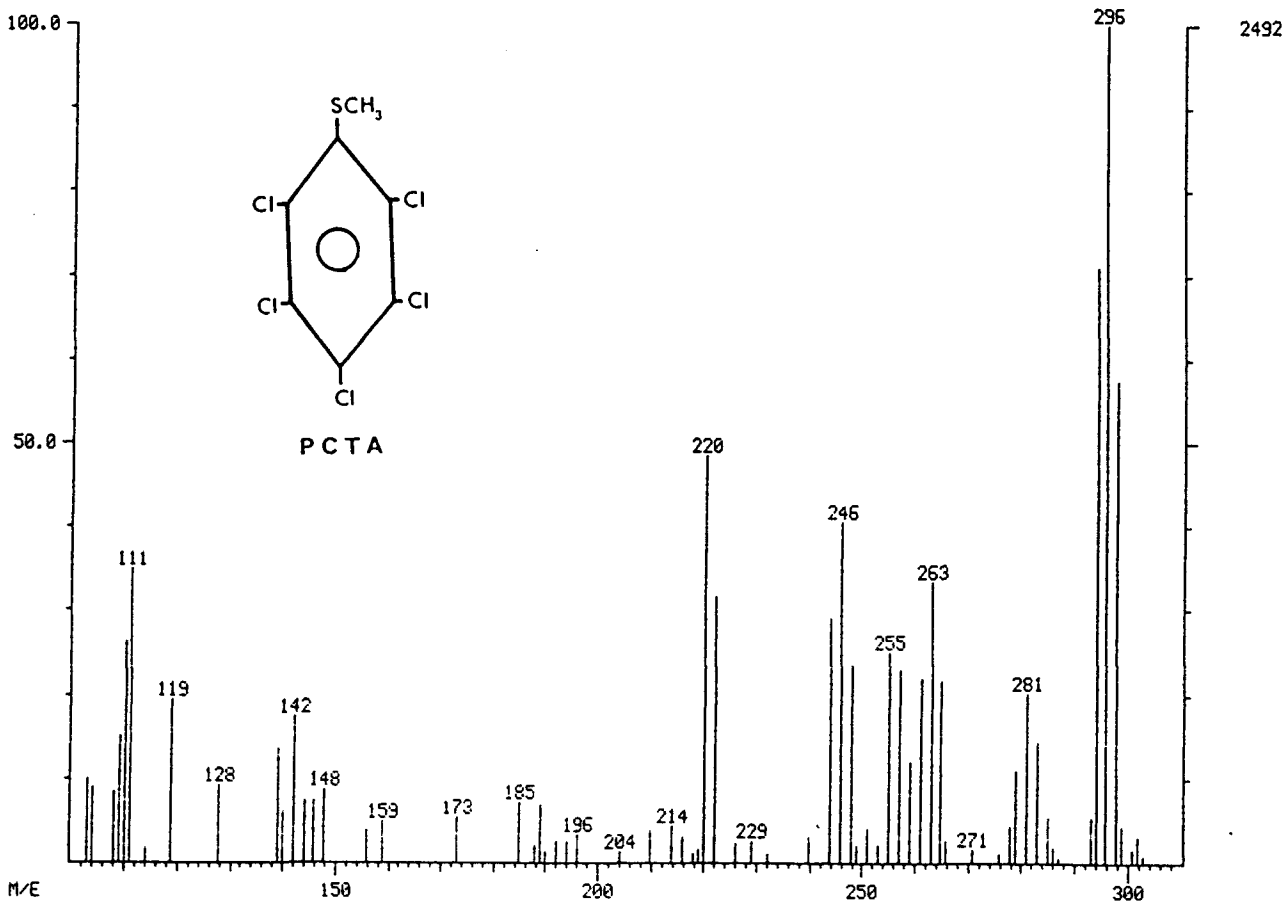

Fig. 4 - Massaspectrum van pentachloorthioanisol in een extract van aal uit de Boven Merwede (1980).

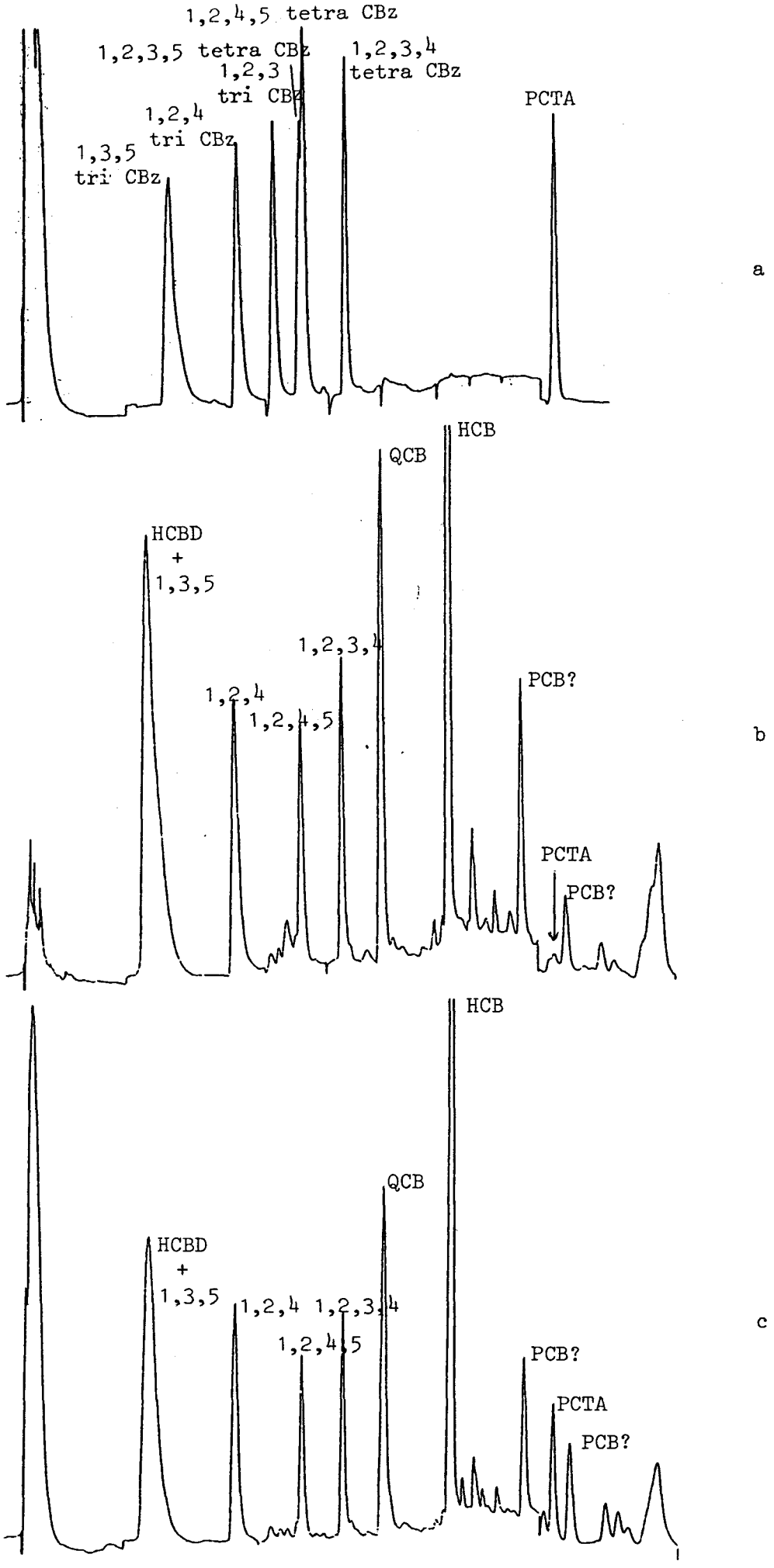

Fig. 5 - Chromatogrammen van a) een standaard chloorbenzenen en PCTA, b) het geoxideerde extract van het aalmonster uit de Rijn bij Lobith (1980), c) het aalmonster uit de Rijn bij Lobith (1980).