

Geur- en Smaakafwijkingen bij Vissen -
Oorzaak en Bepaling,
- een literatuurstudie -

Dr. P. Hagel

CA 80-05

PH

RIJKSINSTITUUT VOOR VISSERIJONDERZOEK

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

Afdeling: CHEMISCH ONDERZOEK

Rapport: CA 80-05
Geur- en Smaakafwijkingen bij Vissen -
Oorzaak en Bepaling,
- een literatuurstudie -

Auteur: Dr. P. Hagel

Project: 2-7121

Projectleider:

Datum van verschijnen: september 1980

Inhoud:

1. Inleiding.
2. Door organismen gevormde geur- en smaakstoffen.
3. Van lozingen afkomstige geur- en smaakstoffen.
4. Bepaling van geur- en smaakafwijkingen.
5. Aanbevelingen.

vdW.

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

2291584

Geur- en smaakafwijkingen bij vissen - oorzaak en bepaling.

1. Inleiding.

In de Ontwerp Algemene Maatregel van Bestuur inzake de kwaliteit van zoet oppervlaktewater bestemd voor het leven van vissen worden fenolverbindingen en koolwaterstoffen genoemd in verband met hun mogelijke betekenis in het oppervlaktewater voor het optreden van smaakafwijkingen bij vissen. In verband hiermee is het van belang te weten welke stoffen de oorzaak zijn van geur- en smaakafwijkingen van vissen en op welke wijze de aanwezigheid van dergelijke stoffen kan worden bepaald.

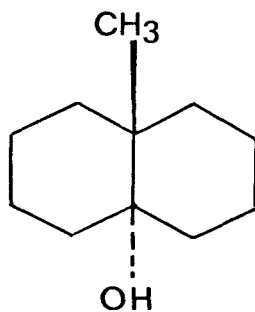
Het is bekend dat lozingen van industrieel of huishoudelijk afvalwater via het oppervlaktewater kunnen leiden tot het optreden van geur- en smaakafwijkingen bij vissen. Behalve stoffen afkomstig uit dergelijke lozingen kunnen echter ook bepaalde organismen in het oppervlaktewater zelf stoffen vormen, die tot geur- en smaakafwijkingen bij vissen leiden.

In het nu volgende zal worden aangegeven welke natuurlijke geur- en smaakstoffen in het oppervlaktewater kunnen voorkomen en welke van lozingen afkomstige stoffen dergelijke effecten veroorzaken. Bij dit laatste zal de nadruk liggen op de geur- en smaakbezwaren van fenolverbindingen en van koolwaterstoffen. Tevens zal worden vermeld op welke wijze de aanwezigheid van geur- en smaakstoffen in de vissen kan worden bepaald.

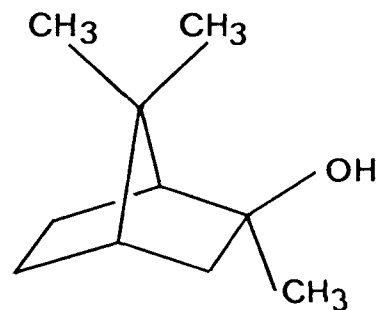
2. Door organismen gevormde geur- en smaakstoffen.

Veel klachten over een muffe of gronderige smaak aan vissen zijn terug te voeren op door blauwwieren of schimmels in het oppervlaktewater gevormde smaakstoffen. Blauwwieren als *Oscillatoria agardhii*¹⁾ en *Oscillatoria tenuis*^{2,3)} zijn verantwoordelijk voor de vorming van de smaakstof geosmine, terwijl schimmels (actinomyceten en streptomyceten) zowel geosmine als de smaakstof 2-methylisoborneol kunnen geven. De smaakgrens van geosmine ligt bij regenboogforel op ongeveer 6 µg/kg nat visvlees⁴⁾. (Voor brasem : 0,9 µg/kg ; snoek : 0,6 µg/kg ; 2-methylisoborneol : brasem : 0,09 µg/kg ; snoek : 0,09 µg/kg ; snoekbaars : 0,09 µg/kg ; regenboogforel : 0,6 µg/kg ; zie : P. E. Persson, *Sensory Properties and Analysis of Two Muddy Odour Compounds, Geosmin and 2-Methylisoborneol, in Water and Fish*, *Water Res.* 14, 1113 - 1118 (1980)).

De structuur van geosmine en methylisoborneol is als volgt⁵⁾:



geosmine



2-methylisoborneol

Een samenhang tussen klachten over een muffe of gronderige smaak aan vissen en waterverontreiniging zal in de meeste gevallen hooguit een indirecte kunnen zijn. Deze samenhang kan dan gezocht worden in de gevolgen van de eutrofiëring van het oppervlaktewater voor de ontwikkeling van blauwvlierbloeien en de groei van smaakverwekkende schimmels.

In het zoete Nederlandse oppervlaktewater is de aanwezigheid van geosmine in het water van de Rijn, Maas en het IJsselmeer vastgesteld in de zomer en in de winter, terwijl de aanwezigheid van 2-methylisoborneol in deze wateren alleen werd vastgesteld in de zomer⁶⁾. Maatregelen om de hinder door deze muffe of gronderig smakende stoffen voor de visserij (maar ook voor de drinkwaterbereiding) terug te dringen worden gezocht in het terugdringen van de eutrofiëring, die de blauwvlierbloei (mede) veroorzaakt.

3. Van lozingen afkomstige geur- en smaakstoffen.

3.1. Fenolen.

Tot de meest bekende smaakbeïnvloedende groep van stoffen behoren de fenolen. In de visserij pleegt men de door deze stofgroep veroorzaakte bijmaak aan vissen aan te duiden met de benaming "carbolsmaak" (carbolsuur is een vroeger wel gebruikte naam voor fenol). De geur van de verontreinigde vissen wordt wel omschreven als "apothekersachtig". Het is overigens lang niet zeker dat alle "carbolsmaak" afwijkingen ook werkelijk aan fenolen kunnen worden toegeschreven.

Fenolen kunnen van industriële herkomst zijn of van nature in het

water voorkomen. Natuurlijke bronnen van fenolen zijn dierlijke uitscheidingsprodukten en afbrekende plantenresten. In verontreinigd water overheersen fenolen van industriële herkomst, zoals bijvoorbeeld die welke vrijkomen bij de cokesbereiding⁷⁾.

Uit onderzoek is gebleken dat chloorfenolen en chlooranisolen tot de sterkst smaakbeïnvloedende fenolen behoren. Berucht in dit opzicht zijn vooral 2-chloorfenol en de dichloorfenolen, welke aan water reeds smaakbezwaren kunnen geven in concentraties groter dan 0,1 mg/m³! ⁸⁾ Bij de chlooramisolen blijkt de geurdrempel van 2, 3, 6-trichloor-amisol bij 0,3 mg/m³ te liggen⁹⁾.

Chloorfenolen kunnen als zodanig geloosd worden, maar zij kunnen ook in het water gevormd zijn wanneer de in het water aanwezige fenolen in contact komen met actief chloor gebruikt voor desinfectie. Gedacht kan hierbij worden aan het chloreren van het effluent van rioolwaterzuiveringsinrichtingen of aan de desinfectie met chloor van zwemwater. De chlorering van fenol verloopt via een stapsgewijze substitutie van de 2, 4 en 6 positie, waarbij onder meer 2-chloorfenol, 2, 4-dichloorfenol en 2, 6-dichloorfenol gevormd worden¹⁰⁾.

In de tabel I zijn voor een aantal fenolen de geur- en smaakdrempelconcentraties aangegeven⁸⁾, terwijl ter illustratie van hun relatieve betekenis tevens de maximaal in Rijnwater gemeten gehalte staan vermeld^{11, 12)} (de mediane gehalten zijn globaal een factor 5 à 10 lager).

Tabel I: Geur- en smaakdrempelwaarden van enkele fenolen, alsmede hun maximale gehalte in Rijnwater.

Stof	Geurdrempel- waarde (mg/m ³)	Smaakdrempel- waarde (mg/m ³)	Max. gehalte in Rijnwater (mg/m ³)
2,3-dichloorfenol	30	0,04	
2-chloorfenol	10	0,1	0,2
3-chloorfenol	50	0,1	
4-chloorfenol	60	0,1	0,15
2,6-dichloorfenol	200	0,2	0,25
2,4-dichloorfenol	40	0,3	0,2
3,4-dichloorfenol	100	0,3	0,2
2,5-dichloorfenol	30	0,5	0,3
2,3,6-trichloorfenol	300	0,5	0,1
2,4,5-trichloorfenol	200	1	0,5
2,3,4,6-tetrachloorfenol	600	1	0,3
2,4,6-trichloorfenol	300	2	0,3
3-hydroxytoluene (m-cresol)	800	2	
4-hydroxytoluene (p-cresol)	200	2	
2-hydroxytoluene (o-cresol)	1400	3	
hydroxybenzeen (fenol)	4000	300	>10 *)

*) schatting.

Uit de tabel I komt naar voren, dat waterverontreiniging leidende tot een "carbolsmaak" van vissen toegeschreven kan worden aan de mono- en digesubstitueerde fenolen. In bepaalde gevallen zullen ook de als desinfectiemiddel ("lysol") veel gebruikte cresolen tot afwijkende smaak van vissen kunnen bijdragen. Fenol zelf komt als smaakbeïnvloedende stof niet in aanmerking, tenzij het via actief-chloor aanleiding geeft tot de vorming van bovengenoemde chloorfenolen.

Smaakdrempels in water komen overigens niet automatisch overeen met smaakdrempels in vissen. In het algemeen valt te verwachten dat de voor chloorfenolen bekende accumulatiefactoren van 10 - 100 in het visvlees het smaakeffect van deze fenolen in vissen zullen versterken. Het behoeft in dit licht dan ook geen verwondering te wekken dat een "carbolsmaak" aan vis uit de Rijn en hier direct mee in verbinding staande wateren een regelmatige bron van klachten vormt! Bij fenolen blijkt de smaakdrempel in het algemeen een factor 100 lager te liggen dan de geurdrempel. Het bepalen van de geur van water vormt daarom een onvoldoende aanknopingspunt voor de aanwezigheid van smaakbezwaren bij vissen.

3.2. Koolwaterstoffen.

Naast fenolen worden smaakafwijkingen aan vissen vaak in verband gebracht met waterverontreiniging door olie. Minerale olie is een complex mengsel van koolwaterstoffen en enkele procenten zwavel, zuurstof en stikstof bevattende organische verbindingen. Het is daarbij zeer de vraag of stoffen die smaakafwijkingen geven aan vissen werkelijk koolwaterstoffen zijn¹³⁾.

Uit de literatuur blijkt dat de belangrijkste smaakbeïnvloedende stoffen in olie voor zover bekend zijn: fenolen, dibenzothiofeen, nafteenzuren, mercaptanen, tetradecanen, methylbenzenen en methylnaftalenen¹⁴⁾. Er moet verder rekening mee worden gehouden, dat in geringe hoeveelheden in olie aanwezige smaakcomponenten door selectieve accumulatie juist de belangrijkste smaakbeïnvloedende stoffen kunnen zijn in vissen.

Voor zover koolwaterstoffen de oorzaak vormen voor smaakafwijkingen levert de identificatie van de smaakbeïnvloedende componenten grote

moeilijkheden op door de aanwezigheid van vele natuurlijke koolwaterstoffen in vissen in gehalte in de orde van 1 mg/kg.

Uit een onderzoek aan met gasolie verontreinigde mosselen in de Oosterschelde bleek het gehalte aan koolwaterstoffen na enkele dagen reeds geheel te zijn verdwenen. De smaakbezwaren daarentegen bleven nog ruim 2 maanden waarneembaar¹⁵⁾, hetgeen het koolwaterstofkarakter van de verantwoordelijke smaakcomponenten twijfelachtig maakt.

Uit een Japans onderzoek aan met ruwe olie verontreinigde aal bleken na overbrenging van de aal in schoon zeewater stoffen als benzeen, toluen en xyleen te verdwijnen met halfwaardetijden in de orde van een dag. Organische zwavelverbindingen waren daarentegen ook na 30 dagen nog ruimschoots aanwezig¹⁶⁾. Onderzoek naar deze organische zwavelverbindingen toonde de aanwezigheid aan van mono- tot pentamethyl benzothiofenen, dibenzothiofeen en mono- tot trimethyl dibenzothiofenen¹⁷⁾.

Bij de raffinage van ruwe olie vindt ook opsplitsing plaats van van de geur- en smaakcomponenten uit de ruwe olie over de verschillende destillatiefracties. De lichtere (benzine) en zwaardere fracties (zware stookolie) bevatten betrekkelijk weinig, de middelste fracties (gasolie, petroleum, dieselolie) daarentegen zijn betrekkelijk rijk aan geur- en smaakstoffen. In tegenstelling tot bij de fenolen is de neus bij dit alles de gevoeligste detector voor de aanwezigheid van minerale olie. Een zeer gevoelige neus kan 5 mg/m³ benzine in koud water waarnemen, 10 mg/m³ geeft een "sterke" geur. Voor dieselolie kan zelfs 0,5 mg/m³ worden aangetoond, dit in tegenstelling tot zware olie en ruwe olie, waarvoor de geurdrempel ligt bij 200-25.000 mg/m³¹⁸⁾. In alle gevallen lijkt het onwaarschijnlijk dat men werkelijk koolwaterstoffen heeft geroken.

In tabel II staan voor een aantal zuivere koolwaterstoffen de geurdrempels aangegeven in water, terwijl ter vergelijking de maximale gehalten in Rijnwater worden vermeld.

(Bioaccumulatiefactoren van benzeen, toluen, m-Xyleen en o-Xyleen in spinnepopel en lever van aal t.o.v. water: 0,2 - 0,8 - 1,5 - 1,9 ! (zie: M. Ogata and Y. Miyake, Identification of Substances in Petroleum Causing Objectionable Odour in Fish, Water Res. 7, 1493-1504 (1973))

Tabel II: Geurdrempelwaarden van enkele koolwaterstoffen, alsmede hun maximale gehalten in Rijnwater *,¹¹⁾.

<u>Stof</u>	<u>Geurdrempel- waarde (mg/m³)</u>	<u>Max.gehalte in Rijnwater (mg/m³)</u>
Benzeen	10.000	0,1
Bifenyl	0,5	-
Cyclohexaan	200.000	0,3
2,6-Dimethylnaftaleen	10	1
Ethylbenzeen	100	0,3
Heptaan	50.000	-
Indaan	10	0,03
1-Methylnaftaleen	10	1
Naftaleen	5	0,3
Octaan	10.000	-
Tolueen	1.000	3
1,3,5-Trimethylbenzeen	3	1
Vinylbenzeen (styreen)	50	0,3

* (L.J. van Gemert, A.H. Nettenbreijer (editor), Compilation of Odour Threshold Values in Air and Water, National Institute for Water Supply, Voorburg, and Central Institute for Nutrition and Food Research TNO, Zeist, Netherlands, 1977).

↓
 /geosmin: 0,015 - 0,13 mg/m³,
 (2-methylisoborneol: 0,02 mg/m³.)

Op grond van het bovenstaande zou men geurafwijkingen in de groep van de koolwaterstoffen vooral moeten zoeken onder de aromatische koolwaterstoffen en wel vooral de methylbenzenen en methylnaftalenen. In hoeverre deze verbindingen ook aanleiding kunnen geven tot smaakafwijkingen in vissen is overigens niet eenvoudig vast te stellen. In de literatuur worden gehalten aan toluen, ethylbenzeen en isopropylbenzeen van 250 mg/m^3 genoemd als drempelwaarde voor het optreden van smaakafwijkingen bij vissen¹⁹⁾. Gezien de gehalten aan dit soort verbindingen in het Rijnwater van maximaal 0,1 tot $1,0 \text{ mg/m}^3$ lijken de kansen voor het optreden van geuren en smaakafwijkingen bij vissen in het Nederlandse oppervlaktewater betrekkelijk klein. Dat wel regelmatig melding wordt gemaakt over smaakbezwaren bij vissen in verband met olieverontreiniging zal niet zozeer samenhangen met de aanwezigheid van koolwaterstoffen, als wel met de aanwezigheid van andere in de olie aanwezige organische verbindingen, waaronder benzothiofenen en dibenzothiofenen.

3.3. Aromatische chloorkoolwaterstoffen.

Anders dan bij fenolen en minerale olie is het optreden van geuren en smaakbezwaren bij vissen als gevolg van waterverontreiniging met aromatische chloorkoolwaterstoffen weinig bekend. Uit de voor deze groep van stoffen bekende geurdrempelwaarden in water, alsmede hun maximaal in het Rijnwater aangetroffen gehalten (tabel III), valt af te leiden dat smaakafwijkingen bij vissen door deze stoffen niet denkbeeldig behoeft te zijn. Vooral de te verwachten accumulatiefactoren van 100-1000 van chloorbenzenen en chloortoluenen in vis²¹⁾ kunnen tot het optreden van dergelijke smaakafwijkingen bijdragen.

Tabel III: Geurdrempelwaarde van enkele aromatische chloorkoolwaterstoffen, alsmede hun maximale gehalten in Rijnwater^{11,20)}.

Stof	Geurdrempelwaarde (mg/m^3)	Max. gehalte in Rijnwater (mg/m^3)
1,2-dichloorbenzeen	10	3
1,3-dichloorbenzeen	20	0,3
1,4-dichloorbenzeen	0,3	1
1,2,3-trichloorbenzeen	5	0,3
dichloortolueen	20-80	3
trichloortolueen	15	0,3

Uit de tabel III blijkt dat speciaal in het geval van 1,4-dichloorbenzeen in het Rijnwater smaakafwijkingen aan vissen mogelijk zouden kunnen zijn. Gegevens over de gehalten aan deze en overeenkomstige aromatische chloorkoolwaterstoffen in vissen ontbreken in Nederland echter geheel, evenals gegevens over hun mogelijke betekenis voor de smaak van vissen. Wel zijn gehalten bekend aan 1,4-dichloorbenzeen tot ongeveer 0,5 mg/kg op vetbasis in een verontreinigde omgeving in Yoegoslavië²²⁾, doch over smaakafwijkingen wordt hier niet gerept.

Bij het opsporen van de oorzaak van optredende geur- en smaakafwijkingen bij vissen zou men toch aan de groep van de aromatische chloorkoolwaterstoffen niet zonder meer voorbij kunnen gaan.

4. Bepaling van geur- en smaakafwijkingen.

4.1. Algemeen.

Voor het bepalen van de aanwezigheid van geur- en smaakafwijkingen bij vissen in het oppervlaktewater zijn twee benaderingen mogelijk. Allereerst kan men in vismonsters uit een bepaald oppervlaktewater aan de hand van organoleptische testen de omvang van een eventueel probleem vaststellen. Daarnaast kan men door het uitzetten van testvissen in het te onderzoeken gebied (bijvoorbeeld in kooien) de ontwikkeling van geur- en smaakafwijkingen onder meer gestandaardiseerde omstandigheden bepalen. In het laatste geval is het mogelijk een vissoort te kiezen waarin geur- en smaakbezwaren goed zijn vast te stellen, terwijl tevens over goede controle vissen kan worden beschikt. In beide gevallen zal bij een positieve vaststelling van geur- en smaakafwijkingen gericht onderzoek kunnen volgen naar de aard van de stof of stoffen die deze afwijkingen veroorzaken, zoals onderzoek naar de aanwezigheid van fenolen of koolwaterstoffen.

4.2. Werkwijze.

Vissen afkomstig uit het te onderzoeken oppervlaktewater en controle vissen worden in aluminiumfolie verpakt en gekoeld (doch niet diepgevroren!) bewaard. In het geval van vissen uit hun natuurlijke omgeving dient men de controle vissen uit een onverdacht deel van het oppervlaktewater te betrekken. Bij het uitzetten van vissen in

bijvoorbeeld kooien moet men van tevoren voldoende controle vissen achter de hand houden.

De organoleptische bepaling van smaakafwijkingen vindt plaats in rauwe monsters en in gekookte monsters, beide in duplo. Ook de controle bepaling geschiedt in duplo aan zowel het rauwe als het gekookte visvlees. Voor elke bepaling is omstreeks 200 gram visvlees nodig, zodat in totaal tenminste 400 gram visvlees beschikbaar moet zijn per monster. Globaal dient men dus te beschikken over rond 1 kg bruto visgewicht voor zowel de te onderzoeken vissen als de controle vissen.

De voor de Nederlandse omstandigheden waarschijnlijk meest geschikte testvissen zijn karpers met een brutogewicht van ongeveer 150-160 gram (20 cm lengte). Het gebruik van karpers geeft een gunstige combinatie van een sterke vis, een redelijk hoog vetgehalte (40 g/kg) en een goede beschikbaarheid (het kweekbedrijf van de Organisatie ter Verbetering van de Binnenvisserij te Lelystad). Per monster zouden een zevental vissen noodzakelijk zijn.

Onderzoek aan vis uit hun natuurlijke omgeving zou het beste gericht kunnen worden op de voor consumptie belangrijke vissoorten snoekbaars, baars en aal. Per monster dient een aantal vissen te worden verkregen overeenkomende met 1 kg bruto visgewicht.

Voor de gekookte monsters wordt het te onderzoeken materiaal "au bain Marie" gedurende 15 à 30 minuten gekookt, afhankelijk van de vissoort. De gekookte en de rauwe monsters worden onderzocht door een panel van omstreeks 10 ervaren smaakbeoordelaars¹⁹⁾, die allen afzonderlijk de geur en de smaak van ieder monster bepalen in vergelijking tot de controle. Afwijkingen kunnen op verschillende wijzen tot uitdrukking worden gebracht, bijvoorbeeld via een scorelijst, aangevuld met een beschrijving van de aard van de vastgestelde geur- of smaakafwijking.

5. Aanbevelingen.

In het kader van de Algemene Maatregel van Bestuur inzake de kwaliteit van zoet oppervlaktewater bestemd voor het leven van vissen dienen de gehalten aan fenolen en koolwaterstoffen zodanig laag te zijn, dat geen geur- of smaakafwijkingen optreden bij vissen.

De bepaling van afwezigheid van geur- en smaakafwijkingen in vissen kan geschieden aan de hand van organoleptisch onderzoek aan testvissen of aan vissen afkomstig uit het betreffende oppervlaktewater. Bij de positieve vaststelling van geur- en smaakafwijkingen aan vissen dient onderzocht te worden in hoeverre fenolen en koolwaterstoffen hiervan de oorzaak vormen.

Op basis van de gehalten vermeld in de tabel I zouden ter vermindering van geur- en smaakafwijkingen bij vissen de gehalten aan afzonderlijke chloorfenolen in het zoete oppervlaktewater beneden de 1 mg/m^3 moeten blijven. Voor koolwaterstoffen op oliebasis kan voorshands volstaan worden met een maximaal totaal-gehalte in het zoete oppervlaktewater van 200 mg/m^3 .

Onderzoek naar de gehalten aan afzonderlijke aromatische koolwaterstoffen en aromatische chloorkoolwaterstoffen in vissen uit bijvoorbeeld de Rijn, gekoppeld aan een geur- en smaakonderzoek in geselecteerde gebieden, lijkt gewenst in het kader van beschikbaar krijgen van meer onderbouwende gegevens met betrekking tot de oorzaken van geur- en smaakafwijkingen bij vissen.

Literatuur

- 1) P.E. Persson: The Source of Muddy Odor in Bream from the Porvoo Sea Area (Gulf of Finland).
J. Fish. Res. Board of Canada 36, 883-890 (1979).
- 2) Medsker, L.L., Jenkins, D., and Thomas, J.F.: Odorous Compounds in Natural Waters: An Earthy-Smelling Compound Associated with Blue-Green Algae and Actinomycetes.
Environm. Sci. & Techn. 2, 461-464 (1968).
- 3) Aschner, M., Laventner, C., Chorin-Kirsch, T.: Off-Flavor in Carp from Fishponds in the Coastal Plains and the Galil.
Bamideh. Bull. Fish. Cult. Israel 19, 23-25 (1967).
- 4) M. Yurkowski and J.-A.L. Tabachek: Identification, Analysis, and Removal of Geosmin from Muddy-Flavored Trout.
J. Fish. Res. Board of Canada 31, 1851-1858 (1974).
- 5) A.A. Rosen, C.I. Mashi and R.S. Safferman: Recent Developments in the Chemistry of Odour in Water: the Cause of Earthy-Musty Odor.
Water Treatm. Exam. 19, 106-119 (1970).
- 6) G.J. Piet, B.C.J. Zoeteman and A.J.A. Kraayenveld: Earthy Smelling Substances in Surface Waters of the Netherlands.
Water Treatm. Exam. 21 (4), 281-286 (1972).
- 7) P. Buryan and J. Macák: Investigation of the Composition of Coal-Tar Phenols and Xylenols by Capillary Chromatography.
J. Chromatogr. 148, 203-210 (1978).
- 8) F. Dietz und J. Traud: Geruch- und Geschmacks-Schwellen-Konzentrationen vom Phenolkörpern.
Gas-Wasserfach., Wasser-Abwasser 119, 318-325 (1978).
- 9) W. Dejonckheere, W. Steurbaut, R.H. Kips: Chloorfenolen en Chlooranisolen als Oorzaak van Geur- en Smaakafwijkingen in Pluimvee en Pluimveeprodukten.
Landbouwtijdschrift 31, 291-296 (1978).
- 10) Burtschell, R.H., Rosen, A.A., Middleton, F.M. and Ettingen, M.B.: Chlorine Derivatives of Phenol Causing Taste and Odour.
J. Am. Water Works Ass. 51, 205-214 (1959).
- 11) B.C.J. Zoeteman: Het Rijn-Chemieverdrag; in het Bijzonder Reuk- en Smaakstoffen.
H₂O 13, 104-111 (1980).
- 12) R.C.C. Wegman and A.W.M. Hofstee: Chlorophenols in Surface Waters of the Netherlands (1976-1977).
Water Res. 13, 651-657 (1979).
- 13) P. Howgate, P.R. Mackie, K.J. Whittle, J. Farmer, A.D. McIntyre and A. Eleftherion: Petroleum Tainting in Fish.
Rapp. P.-v. Réun. int. Explor. Mer. 171, 143-146 (1977).
- 14) GESAMP-Reports and Studies No.6, Impact of Oil on the Marine Environment.
FAO, Rome, 1977.

- 15) M.A.T. Kerkhoff: Oil Pollution of the Shellfish Areas in the Oosterschelde Estuary, December 1973.
ICES-Paper C.M. 1974/E:13.
- 16) M. Ogata and Y. Miyake: Disappearance of Aromatic Hydrocarbons and Organic Sulfur Compounds from Fish Flesh Reared in Crude Oil Suspension.
Water Res. 13, 75-78 (1979).
- 17) M. Ogata and Y. Miyake: Identification of Organic Compounds Transferred to Fish from Petroleum Suspension by Mass Chromatography.
Water Res. 13, 1179-1185 (1979).
- 18) A. Nelson-Smith: The Problem of Oil Pollution of the Sea.
Advances in Marine Biology 8, 215-306 (1970).
- 19) Water Quality Criteria, Environmental Protection Agency, Washington D.C.
EPA-R3-73-033, 1973.
- 20) A. Fischer und J. Slemrova: Die Belastung des Rheines mit Chlorbenzolen.
Vom Wasser, 51, 33-46 (1978).
- 21) W.B. Neely, D.R. Branson, and G.E. Blau: Partition Coefficient to Measure Bioconcentration Potential of Organic Chemicals in Fish.
Environm. Sci. & Techn. 8, 1113-1115 (1974).
- 22) J. Jan and S. Mainersic: Chlorinated Benzene Residues in Fish in Slovenia (Yugoslavia).
Bull. Environm. Cont. Toxicol. 24, 824-827 (1980).
