

Om observasjoner av klororganiske stoffer i organismer og sedimenter fra Kristiansandsfjorden

Av Jon Knutzen, Kari Martinsen og Kristoffer Næs

Preliminary note on organochlorines in organisms and sediments from the Kristiansandsfjord (S. Norway) in 1982—83.

Jon Knutzen og Kristoffer Næs er begge forskere ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Kari Martinsen er ingeniør ved Sentralinstitutt for industriell forskning (SI).

Summary

Cod (*Gadus morhua*), flounder (*Platichthys flesus*) and mussels (*Mytilus edulis*) from the Kristiansandsfjord showed very high content of HCB (hexachlorbenzene) and other organochlorines expressed as the sum variable EPOCl (Extractable, persistent organic chlorine). The stop of a process at the responsible nickel plant resulted in reduced levels of HCB in mussels from 1982 to 1983, but otherwise no significant change. PCB occurred in moderate levels in all media. In many of the samples merely a minor part of the organic chlorine has been explained by identified and quantifiable compounds. The high content of potentially hazardous substances (besides HCB, octachlorostyrene and several chlorinated alkylbenzenes) has resulted in a warning against consumption of fish from the area.

Bakgrunn og formål

Undersøkelsen er en del av Statlig program for forurensningsovervåking, som administreres av Statens forurensningstilsyn (SFT). NIVA er faglig ansvarlig for opplegg og rapportering. Undersøkelsen

gjennomføres i samarbeid med SI, Kristiansand Museum og Agder Distrikthøgskole. Foruten ved midler fra SFT/MD finansieres undersøkelsen ved bidrag fra kommunene Kristiansand og Vennesla og industrien (Falconbridge Nikkelverk, Fiskaa Verk, Hunsfos Fabrikker, Norsk Wallboard, Høie Fabrikker).

De generelle formålene med hele undersøkelsen er å beskrive forurensningstilstanden, effektene og deres geografiske utbredelse, som grunnlag for fremtidig overvåking. Utenom kartlegging av miljøgifter i organismer og sedimenter omfatter observasjonene vannutskifting, vannkvalitet og biologiske forhold. Registrering av forurensningstilførsler fra Falconbridge foregår ved et eget opplegg pålagt av SFT og betalt av bedriften.

I 1975 ble det gjennomført en undersøkelse av klorerte hydrokarboner i fisk fra havneområder i Norge. Resultatene ble publisert av Brevik og medarb. (1978) og Brevik (1978). Resultatene viste bl.a. eksepsjonelt høye konsentrasjoner av heksaklorbenzen (HCB) i lever av torsk fra Kristiansand. Samme år kom det en NIVA-rapport der det også ble påvist HCB i

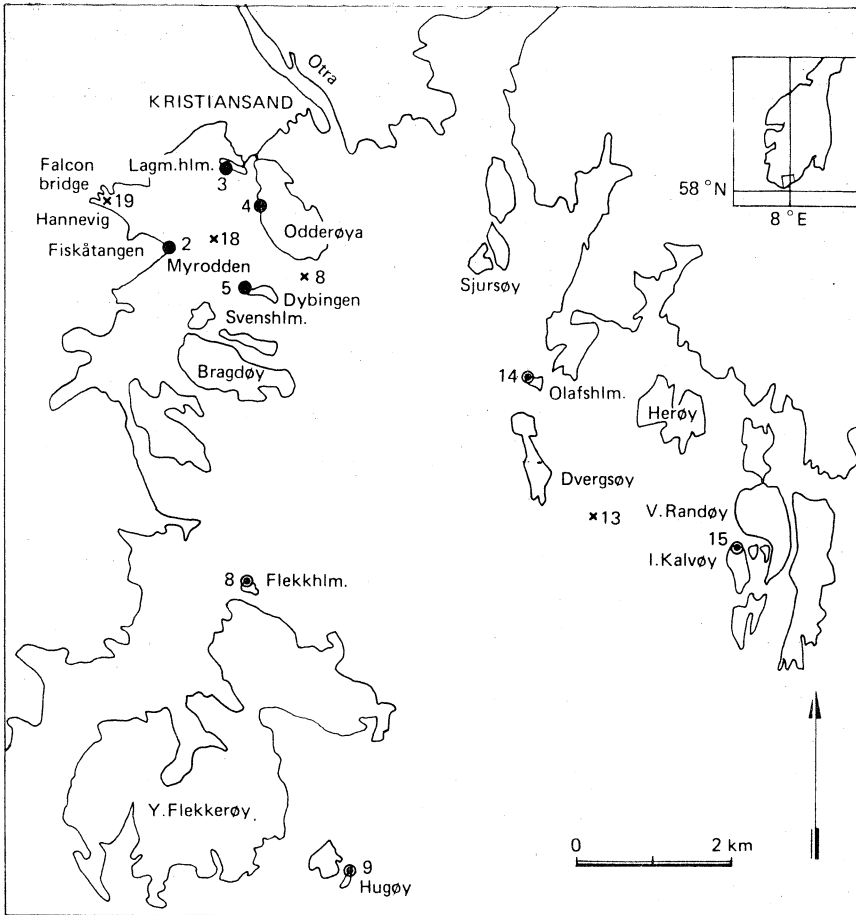


Fig. 1. Utvalgte stasjoner for prøver av blåskjell og sedimenter (x).
 ●indre og ◎ytre blåskjellstasjoner

Fig. 1. Selected localities for sampling of mussels and sediment cores (x).
 ●inner and ◎outer mussel localities

torsk (Laake, 1978). Det ble imidlertid ikke gjort noe for å få bragt klarhet i forholdet før i 1981.

Den spesielle hensikt med den del av studiene som skal omtales her, har vært å tilveiebringe data for hygieniske vurderinger, bestemme forurensningenes geografiske utbredelse og å følge utviklingen etter at en delprosess ved Falconbridge opphørte i 1982. Resultatene som omtales er tidligere rapportert i statusrapporter til SFT, og vil i noen grad være kjent fra omtale i massemedia.

Undersøkellesområde og opplegg

Et utvalg av sedimentstasjoner og lokaliteter for observasjon av gruntvannsamfunn og miljøgifter i organismer er vist i fig. 1.

Skрубbe og torsk er samlet fra havneområdet, dvs. innenfor linjen Fiskå-tangen — S. Odderøya (fig. 1). Torsk er dessuten fanget i et ytre område ved Dvergøy — V. Randøy. To parallelle blandprøver av lever og fileten er laget av (7) 10—20 fisk.

Blåskjell er samlet en gang i 1982 og tre ganger i 1983. Hver prøve har bestått av 30—50 eks. Resultatene som rapporteres her er middelverdier av data fra 3—4 stasjoner i et indre område (st. 2, 3, 4, 5 på fig. 1) og 2—4 stasjoner lenger fra utslippet (st. 8, 9, 14, 15).

Sedimentene er samlet med en Niemistö kjernetaker og snittet i 2 cm skiver.

Analysene er utført på SI ved gasskromatografi; enkeltp prøver også ved massepektrometer. Foruten HCB, PCB (polyklorerte bifenyl) og EPOCI er det identifisert en rekke klor- og bromorganiske forbindelser i materialet.

Gruppebetegnelsen EPOCI (= ekstraherbart, persistent organisk bundet klor) omfatter både lav- og høymolekylære stoffer med varierende kloreringsgrad. EPOCI

er bestemt for å få angitt mengden av klor bundet til både identifiserte og uidentifiserte forbindelser. Blant de sistnevnte kan det også være stoffer av samme betenkkelige karakter som DDT, PCB, HCB o.l.

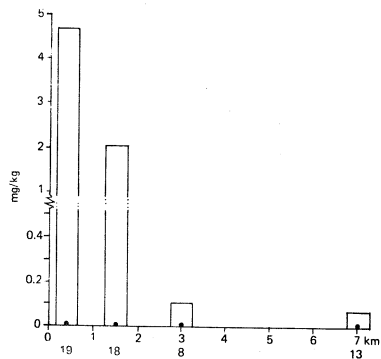
Sedimentresultater

Utvalgte resultater er vist i fig. 2—4.

Konsentrasjonene av HCB og EPOCI var meget høye, og forurensningen av sedimentene merkbar over hele fjorden. Jevnført med ubelastede avleiringer dreier det seg om størrelsesorden 100 til mer enn 10000 ganger så høye konsentrasjoner.

Imidlertid avtok kontamineringsgraden hurtig med økende avstand fra utslippet, til ca. 1% eller mindre over 6—7 km (fig. 2, 3).

Konsentrasjonene avtok også hurtig nedover i sedimentet på st. 18 (fig. 1), et av de mest belastede prøvestedene (fig. 4).

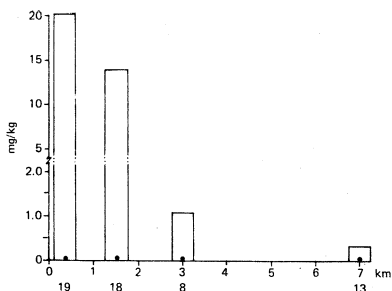


Figur 2.

HCB i overflatesedimenter (0—2 cm) fra Kristiansandsfjorden 1983, mg/kg tørrvekt.

Figur 2.

HCB in surface sediments (0—2 cm) from Kristiansandsfjorden 1983, mg/kg dry weight.

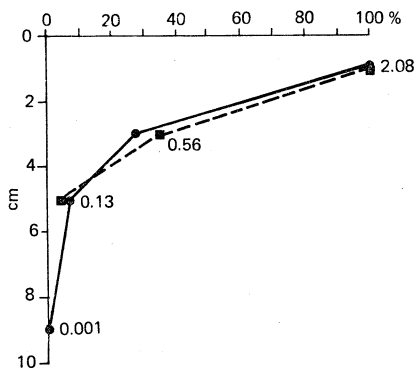


Figur 3.

EPOCl (se tekst) i overflatesedimenter (0—2 cm) fra Kristiansandsfjorden 1983, mg Cl/kg tørrvekt.

Figur 3.

Extractable, persistent organic chlorine (EPOCl) in surface sediments (0—2 cm) from Kristiansandsfjorden 1983, mg Cl/kg dry weight.



Figur 4.

HCB (—) og EPOCl (---) i en vertikal profil av sediment fra st. 18. Relative verdier (%) og mg/kg tørrvekt (HCB).

Figur 4.

HCB (—) and EPOCl (---) in the sediment core st. 18. Relative values (%) and mg/kg dry weight (HCB).

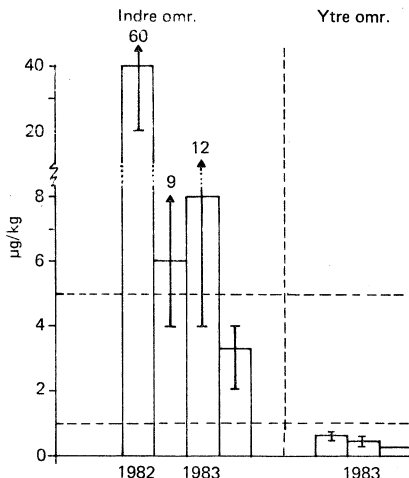
I nivået 4—6 cm var konsentrasjonene mindre enn 10% av det som ble registrert i 0—2 cm laget.

Av EPOCl ble 10—30% identifisert og mengdebestemt.

Blåskjellresultater

Resultatene av disse analyser ses i fig. 5—7.

I 1982 ble det på de indre stasjonene observert overkonsentrasjoner av HCB opp til 10—50 ganger jevnført med det som kan betraktes som «bakgrunnsnivåene» i skjell fra bare diffust belastede brakk-

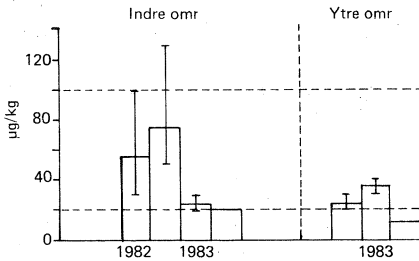


Figur 5.

HCB i blåskjell juni 1982 og mars/juni/okt. 1983, µg/kg friskvekt. Middel av 2—4 st. «Normalkonsentrasjoner» i blåskjell fra brakkvannsområder ===

Figur 5.

HCB in mussels June 1982 and March/June/Oct. 1983, µg/kg wet weight. Mean of 2—4 localities from the inner and outer area. «Normals» concentrations in mussels from brackish waters ===

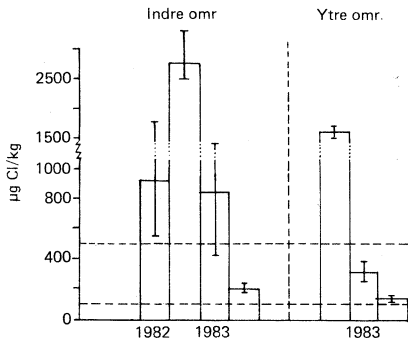


Figur 6.

PCB i blåskjell juni 1982 og mars/juni/okt. 1983, µg/kg våtvekt. Middell av 2—4 stasjoner. «Normalkonsentrasjoner» i blåskjell fra brakkvannsområder ===

Figur 6.

PCB in mussels June 1982 and March/June/Oct. 1983, µg/kg wet weight. Mean of 2—4 localities from the inner and outer area. «Normal» concentrations in mussels from brackish water areas ===



Figur 7.

EPOCl i blåskjell juni 1982 og mars/juni/okt. 1983, µg Cl/kg våtvekt. Middell av 2—4 stasjoner. «Normalkonsentrasjoner» i blåskjell fra brakkvannsområder ==

Figur 7.

EPOCl in mussels June 1982 and March/June/Oct. 1983, µg Cl/kg wet weight. Mean of 2—4 localities. «Normal» concentrations in mussels from brackish water areas ==

vannsområder, dvs. langt fra punktkilder. Slike «normalkonsentrasjoner» kan foreløpig bare angis ved et temmelig vidt intervall, dvs. omkring en halv størrelsesorden, slik som vist på fig. 5 (kfr. Knutzen og Kirkerud, 1984).

Videre ses at innholdet av HCB synes å ha avtatt fra 1982 til 1983. Dette kan ha sammenheng med det før nevnte opphør av en delprosess på Falconbridge.

For de ytre stasjonene mangler data for 1982 (fig. 5), men i 1983 lå alle verdier på et nivå som synes representativt for åpne og ubelastede kyststrekninger (motsett mer innelukkede brakkvannsområder, se Knutzen og Kirkerud, 1984). I likhet med for sedimenter var det en tydelig avstandsgradient med hensyn til HCB-innhold.

Blåskjellenes PCB-innhold var ikke høyere enn det som ellers kan registreres i diffust belastede brakkvannsområder (fig. 6). En viss (usikker) avstandsgradient kan antyde at hele den urbaniserte og industrialiserte del av nedbørfeltet virker som en punktkilde.

Innholdet av øvrige ekstraherbare, tungt nedbrytbare klorforbindelser viste også overkonsentrasjoner, men i noe mindre grad (fig. 7). I motsetning til for HCB var det en forsinket nedgang fra 1982 til 1983. Noen forklaring på dette er ikke funnet, utover den usikkerheten som ligger i at det bare er én analyse fra 1982. (Det kan i denne forbindelse bemerkes at også det midlere fettinnhold var høyest i 1982. Følgelig ligger ikke forklaringen her.)

Av fig. 7 ses at det var tilsynelatende klart lavere EPOCl-konsentrasjoner i skjellene fra de ytre lokalitetene, men differansen var forholdsmessig mindre enn for HCBs del.

I blåskjell ble bare 2—10% av EPOCI identifisert og mengdebestemt (sammenlign fig. 11).

Analysér av fisk

Fig. 8 viser at torsk fra Kristiansands havneområde inneholdt opp mot 50 ganger de HCB-konsentrasjonene som er registrert i fisk fra diffust belastede og brakkvanns-

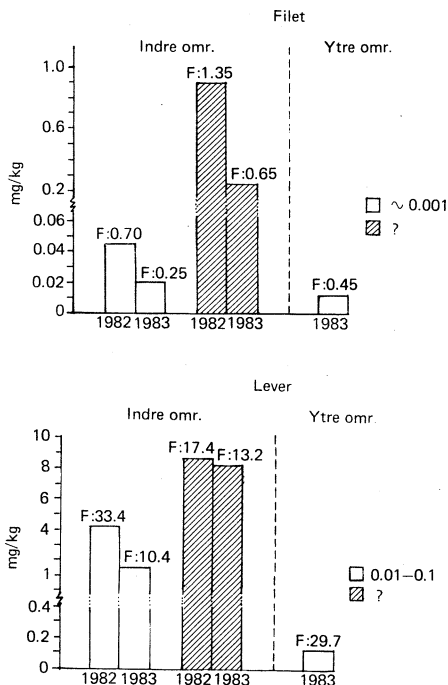


Fig. 8.

HCB i filet og lever av torsk og skrubbe (skraverte søyler) 1982—83, mg/kg våtvekt. F: % fettinnhold. Ca. «normalnivåer» antydnet til høyre.

Figur 8.

HCB in muscle and liver of cod and flounder (hatched columns) 1982—83, mg/kg wet weight. F: % fat content. Approx. «normal» levels indicated to the right.

pregede kystområder. (Albright et al., 1972, Allchin og Portman, 1981, ICES 1980, ten Berge og Hillebrand, 1974). Sammenligningsverdier for HCB i skrubbe er ikke kjent, men det ses av fig. 9 at konsentrasjonene i denne arten var ca. 10—20 ganger høyere enn i torsk. Mer direkte kontakt med forurenset sediment kan ligge bak en slik forskjell. Tas det hensyn til ulikt fettinnhold, samsvarer et «bakgrunnsnivå» i torsk på omkring 0,001 mg/kg friskvekt godt med svenske registreringer i andre arter av fisk (Andersson et al., 1984).

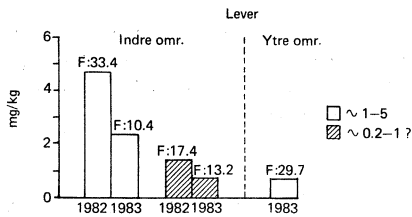
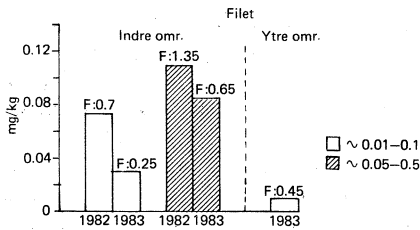
De høyeste overkonsentrasjonene i torsk lever var av samme størrelsesorden eller høyere enn i filet, dvs. 50 — > 100 ganger. Lever av skrubbe inneholdt 2—4 ganger så mye HCB som i torsk, med andre ord betydelig mindre forskjell enn for filets vedkommende (også om det regnes på fettbasis).

Til tross for den korte avstand mellom fangsstedene var det lavere HCB-konsentrasjoner i torsk fra det ytre området. Særlig gjaldt dette innholdet i leverprøver. Datagrunnlaget er spinkelt og den registrerte forskjell må tas med sterke forbehold.

Den tilsynelatende nedgangen fra 1982 til 1983 er usikker, og for torsk vedkommende snus nedgangen til en økning hvis man betrakter konsentrasjonen på fettbasis.

PCB-innholdet i fisken var ikke høyere enn et «høyt» normalnivå (fig. 9). Konsentrasjonene var omtrent på samme nivå som HCB i torsk både i indre og ytre område. I skrubbe lå derimot PCB-konsentrasjonene på bare omkring 1/10—1/5 av HCB-innholdet. Som for blåskjell var det en tydelig avstandsgradient. Nedgangen fra 1982 til 1983 er sannsynligvis bare tilsynelatende — kfr. de angitte fettprosjenter.

Også det registrerte EPOCI-innholdet i



Figur 9.

PCB i filet og lever av torsk og skrubbe (skraverte søyler) 1982–83, mg/kg våtvekt. F: % fettinnhold. Ca. «normalverdier» antydnet til høyre.

Fig. 9.

PCB in muscle and liver of cod and flounder (hatched columns) 1982–83, mg/kg wet weight. F: % fat content. Approx. «normal» levels indicated to the right.

fisk må antas å være meget høyt, selv om det her mangler sammenligningsgrunnlag (fig. 10). Som for HCB ble det funnet mest i skrubbe, men forskjellen fra torsk var betydelig mindre.

En kan merke seg at EPOCl-verdiene heller steg enn sank fra 1982 til året etter.

Det forhold at EPOCl-konsentrasjonene sank mindre enn HCB-konsentrasjonene med økende avstand til utslippene (jvnfør fig. 7 og 10 med fig. 5 og 8) kan tyde på at hovedparten av stoffene som inngår i denne samleparameteren var mer mobile enn HCB (mer vannløselige eller mer knyttet til lettere partikler?). På den

annen side var avstandsgradientene i sediment temmelig like (fig. 4).

Andelen av identifiserte forbindelser var delvis høyere i fisk enn i blåskjell, men av fig. 11 ses at resultatene var meget varierende. I enkelte tilfeller var det også i fisk opp til mer enn 90% av stoffene som enten var ukjente eller ikke lot seg mengdebestemme.

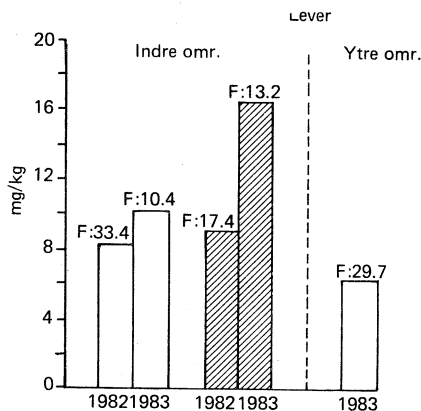
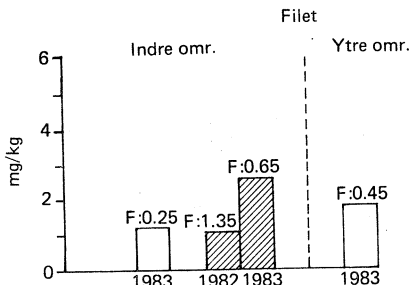
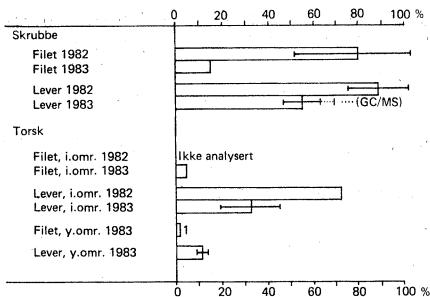


Fig. 10.

EPOCl i filet og lever av torsk og skrubbe (skraverte søyler) 1982–83, mg Cl/kg våtvekt. F: % fettinnhold.

Figur 10.

EPOCl in muscle and liver of cod and flounder (hatched columns) 1982–83, mg Cl/kg wet weight. F: % fat content.



Figur 11.

Identifiserte forbindelsers %-andel av EPOCI i skrubbe og torsk (|—| variasjonsintervall for 2 paralleller).

Figur 11.

Percentage identified compounds of EPOCI in fownder and cod (|—| variation interval of 2 parallels).

Konsekvenser og oppfølging

Siden de refererte konsentrasjoner av potensielt risikable stoffer i fisk overskrider de grenser helsemyndighetene anser betryggende, (Underdal et al., 1981, Dybing og Underdal, 1981), er sendt ut advarsel mot å benytte fisk fra fjorden til mat. Det er særlig alvorlig at de høye konsentrasjonene av EPOCI også finnes i fisk tatt langt ute i fjorden (fig. 10). Foruten fortsatt overvåking nødvendiggjør dette full innsats på å få klarlagt om fjor-

den fremdeles tilføres persistente forbindelser av klor og brom. Det bør også legges mer arbeid i å få gruppen av forbindelser innen EPOCI identifisert og kvantifisert. Begge disse spørsmål er under bearbeidelse.

Siden utslippene må antas å ha vart i mer enn 20 år, kan det tenkes å være av interesse å følge opp særlig utsatte befolkningsgrupper med epidemiologiske registreringer. Dette er spørsmål som eventuelt helsemyndighetene må vurdere.

De aktuelle stoffene virker også negativt på plante- og dyresamfunn i sin alminnelighet. Det er på det rene at betydelige arealer nær utslippene har sterkt forringede bunndyrsamfunn (B. Rygg, pers. medd.). Virkningen kan også registreres utenfor det som i denne artikkelen har vært betegnet «indre område». På grunn av sterkt innslag av andre forurensende stoffer (særlig metaller, men også PAH), foruten den komplekse blanding som de klor- og bromorganiske forbindelsene selv utgjør, er sammenhengen årsak/virkning vanskelig å løse opp. For å klargjøre dette trengs eksperimentelle undersøkelser i et betydelig omfang. I denne hensikt er det under planlegging et eget testprogram, der innledende korttidsforsøk allerede er utført (Laake, pers. medd.).

LITTERATUR

- Albright, L. J., Northcote, T. G., Oloffs, P. C. og Szeto, 1975: Chlorinated hydrocarbon residues in fish, crabs and shellfish of the lower Frazer river, its estuary and selected locations in Georgia Strait, British Columbia — 1972/73. Pesticides Monitoring J. 9 (3): 134—140.
- Allchin, C. R. and Portman, J. E., 1981. Results of a brief survey for HCB and HCBD in fish and shellfish from an area off the coast of England and Wales adjacent to a major site of manufacture. ICES, cm 1981/E: 14. 7 s.
- Andersson, O., Linder, C.-E. og Vaz, R., 1984. Levels of organochlorine Pesticides, PCB's and certain other organohalogen compounds in fishery products in Sweden, 1976—1982. Vår Föda, 36 Suppl. 1. 59 s.

- Berge, W. F. og Hillebrand, M., 1974. Organochlorine compounds in several marine organisms from the North Sea and the Dutch Wadden Sea. *Neth. J. Sea Res.* 8: 361—368.
- Brevik, E. M., Bjerk, J. E. og Kveseth, N. J., 1978. Organochlorines in codfish from harbours along the Norwegian coast. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 20: 715—720.
- Brevik, E. M., 1978. Organochlorines in fish and crabs from the Kristiansand fjord in Norway. *Nord-Vet.-Med.* 30: 375—379.
- Dybing, E. og Underdal, B. 1981. Humantoksikologiske aspekter vedrørende klorerte hydrokarboner og tungmetaller i fisk, med spesiell referanse til Grenlandsfjordområdet. Utredning for Helsedirektoratet, Oslo, oktober 1981. 39 s. (upubl.).
- ICES (International Council for the Exploration of the Sea), 1980. The ICES Coordinated Monitoring Program 1977. Cooperative Research Report No 98. København, 1980. 27 s.
- Knutzen, J. og Kirkerud, L., 1984. Blåskjell og nær beslektede arter (*Mytilus* spp.) som indikator på klorerte hydrokarboner — bakgrunnsnivåer i diffust belastede områder. NIVA-rapport 0-83091, 20/3 1984. 32 s.
- Laake, M., 1978. Fremdriftsrapport for 1976—77. Overvåkingsundersøkelsen i Nedre Otra. NIVA-rapport O-12/73. Oslo 10/3 1978, 36 s.
- Underdal, B. Norheim, G., Hoff, H. og Håstein, T., 1981. Kvikksølv og klorerte hydrokarboner i fisk fra Skiensvassdraget og fjordene i Grenlandsområdet. Veterinærinstituttet, Institutt for Næringsmiddelhygiene, Skiens off. kjøtt og næringsmiddelkontroll. Oslo/Skien, nov. 1981. 29 s. + tabellbilag.