

0-  
80003:20  
3  
EKSEMPLAR



1864  
Statlig program for  
forurensningsovervåking

Rapport 224/86

Oppdragsgiver

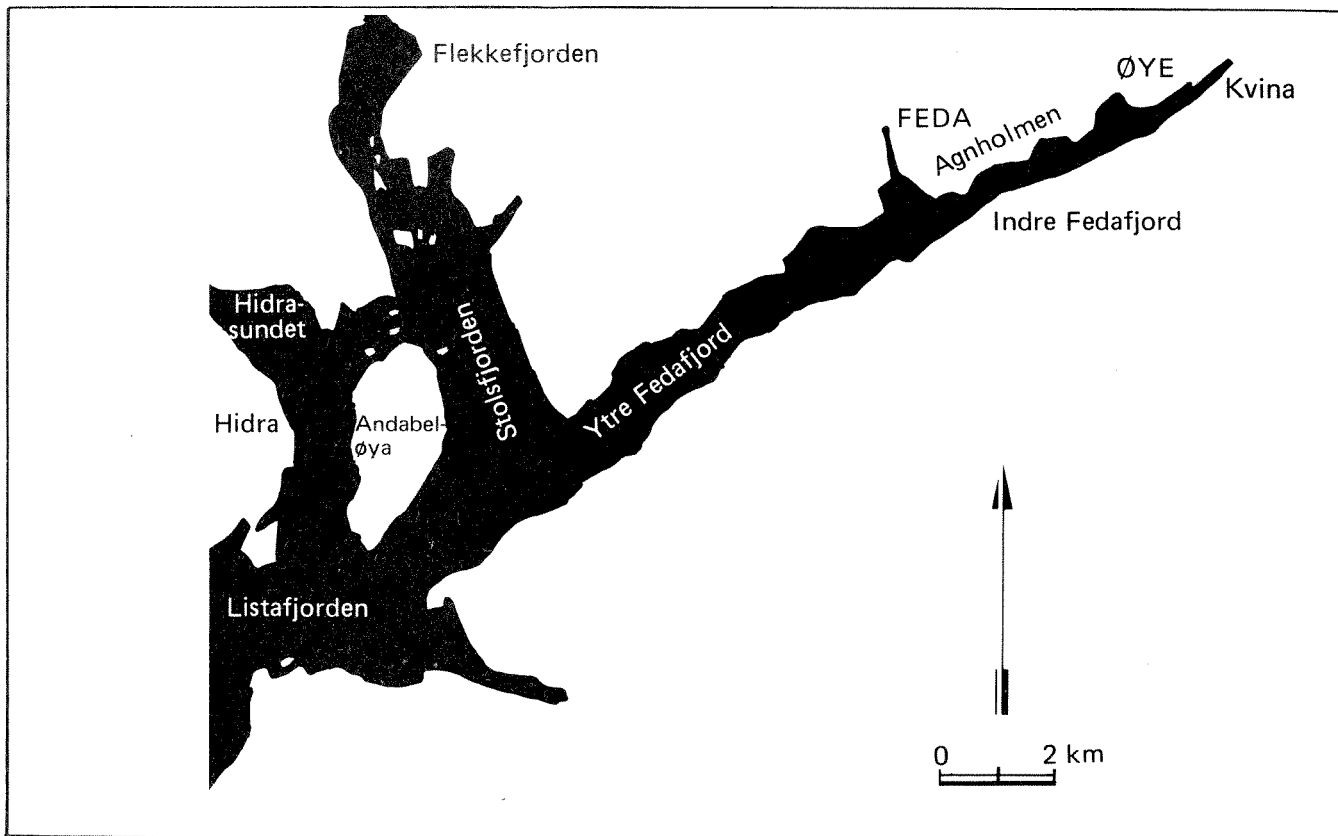
Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

NIVA

Delrapport 3  
Miljøgifter i organismer

# Undersøkelser i Fedafjorden 1984-1985





## Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør  
grunnvann  
vassdrag og fjorder  
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

**gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.**

**registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.**

**påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.**

**over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsternes naturlige forhold.**

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)  
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)  
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)  
Norsk institutt for luftforskning (NILU)  
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)  
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter blir publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor  
Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02) 23 52 80

Sørlandsavdelingen  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 033

Østlandsavdelingen  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 752

Vestlandsavdelingen  
Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05) 25 97 00

Prosjektnr.:	0-8000320
Undernummer:	3
Løpnummer:	1864
Begrenset distribusjon:	

Rapportens tittel: UNDERSØKELSER I FEDAFJORDEN 1984-1985 Delrapport 3. MILJØGIFTER I ORGANISMER (Overvåkingsrapport nr. 224/86 )	Dato: 18. februar 1986
Forfatter (e): Jon Knutzen	Rapportnr. 0-8000320
	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Vest-Agder
	Antall sider (inkl. bilag): 39

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT) (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
---	----------------------------------

Ekstrakt:  
Fisk, krabbe og blåskjell fra indre del av Fedafjorden inneholdt forhøyede konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), deriblant enkelte potensielt kreftfremkallende forbindelser. Metallinnholdet i fisk og krabbe fra indre fjord var som normalt, bortsett fra en moderat grad av akkumulering av mangan i de spiselige deler av krabbe. Gjeller av krabbe fra indre fjord hadde høyt manganinnhold. De registrerte forhold har sammenheng med påvirkning fra forurensede bunnnavleiringer (i indre basseng), mens forurensningsgraden i overflatelaget var mer moderat. Organismenes innhold av kjente klororganiske forbindelser var lavt.


4 emneord, norske:
1. Forurensningsovervåking; 1984-85
2. Miljøgifter
3. PAH
4. Metaller
Klororganiske forbindelser
Smelteverksavløp

4 emneord, engelske:
1. Pollution Monitoring; 1984-85
2. Micro pollutants
3. PAH
4. Metals
Organochlorines
Smelter effluents

Prosjektleder:

  
Jon Knutzen

For administrasjonen:

  
Tor Bokn

ISBN 82-577-1076-8



# Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000320

UNDERSØKELSE I FEDAFJORDEN 1984-1985

DELRAPPORT 3. MILJØGIFTER I ORGANISMER

Prosjektleder: Jon Knutzen

Medarbeidere: Lasse Berglind

Beate Enger, SI

K. Martinsen, SI

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	FORORD .....	Side	3
1.	SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER .....		4
2.	BAKGRUNN OG FORMÅL .....		7
3.	UNDERSØKELSESONRÅDE, MATERIALE OG METODER .....		9
4.	PAH I FISK, KRABBE, SKJELL OG SNEGL .....		13
4.1	PAH i filet av skrubbe og torsk .....		13
4.2	PAH i taskekrabbe .....		15
4.3	PAH i blåskjell, albuskjell og strandsnegl .....		17
4.4	Prosentvis sammensetning av PAH i ulike typer materiale .....		19
5.	METALLER I FISK OG KRABBE .....		22
6.	METALLER OG FLUOR I TANG OG BLÅSKJELL .....		24
7.	KLORORGANISKE FORBINDELSER I ORGANISMER .....		26
8.	LITTERATUR .....		27
	APPENDIX inneholdende tabellene A1 - A7 (rådata)		31-39

## FORORD

Undersøkelsene i Fedafjorden inngår i Statlig program for forurensningsovervåking, administrert av Statens Forurensningstilsyn (SFT). Foruten av SFT, er undersøkelsene finansiert av Kvinesdal kommune og Tinfos Jernverk A/S, Øye Smelteverk. Foreliggende rapport er den tredje av delrapportene. De øvrige omhandler:

- Sedimenter og bløtbunnsfauna
- Forurensningstilførsler, vannkvalitet og hydrografi.

Konklusjonene fra delundersøkelsene er sammenstilt i en samler rapport.

Lokal hovedkontakt har vært Syvert Trøland, Teknisk etat, Kvinesdal kommune, som takkes for samarbeidet. Takk rettes også til laboratoriesjef Tor Tjørnholm, Øye Smelteverk, for opplysninger om avløpsforhold, og til Knut Gjøvik, Feda, for verdifull assistanse ved innsamlingen av organismer til analyse på miljøgifter.

Ansvarlig for analysene har vært:

Lasse Berglind,	NIVA,	(PAH)
Beate Enger	SI	(metaller)
Kari Martinsen	SI	(klororganiske forbindelser)

Oslo, den 18. februar 1986

Jon Knutzen  
Prosjektleder

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- I. Hovedformålet med undersøkelsene i Fedafjorden har vært å dokumentere forurensningstilstanden og etablere et grunnlag for myndighetenes vurdering av behov for tiltak og eventuell overvåking.

De mer spesifikke mål for registreringer av miljøgifter i organismer har vært å:

- Dokumentere nivåene av forurensende stoffer, i spiselige arter og indikatororganismer.
- Karakterisere smelteverksutslippets influensområde
- Tilveiebringe referansedata for mulig overvåking av miljøgiftnivåer.

- II Hovedkonklusjonen fra undersøkelsen er at det er påvist moderate, men tydelig forhøyede konsentrasjoner av tjæreforbindelser (PAH) - herunder enkelte potensielt kreftfremkallende forbindelser - i både fisk og krabbe fra indre fjord (innenfor terskelen ved Agnholmen, fig. 1). Disse forhold må vurderes av helse- og fiskerimyndigheter. I blåskjell fra indre fjord (fig. 1) er det funnet størrelsesordenen 20-30 ganger "normalkonsentrasjonen" avtagende til 2-5 ganger vanlig forekommende konsentrasjoner 5-10 km fra øye.

Mangan- og (sannsynligvis) blyinnholdet, var sterkt forhøyet i gjeller av krabbe fra indre basseng (innenfor Agnholmen). Spiselige deler av fisk hadde vanlig metallinnhold. Det samme gjaldt krabbe, bortsett fra moderat forhøyet mangankonsentrasjon. Skjell og tang viste tydelig, men ikke spesielt høy grad av anrikning på mangán.

- III Undersøkelsene har omfattet registrering av PAH i skrubbe, torsk, taskekrabbe, blåskjell, albueskjell og strandsnegl. Fisk, krabbe, blåskjell og blåretang er analysert på innholdet av bl.a. metallene mangan, sink, bly, kadmium, kvikksølv og kobber. Orienterende analyser av klororganiske forbindelser er

gjort på fisk, krabbe og blåskjell. Materialet og stasjonsplasing fremgår av Tabell 1 og Fig. 1.

- IV Filèt av skrubbe og torsk fra indre basseng inneholdt tydelig forhøyet innhold av polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Konsentrasjonene var høyest i skrubbe, i samsvar med denne artens nærmere kontakt med det forurensede sedimentet. Særlig skrubbe inneholdt også en betydelig andel potensielt kreftfremkallende PAH-forbindelser. Også krabbe fra indre basseng (innenfor Agnholmen) hadde markert forhøyet PAH-innhold (5 ganger høyere enn i krabbe fra utenfor terskelen).  
Krabbene fra indre fjord var dekket av brunsvart belegg på undersiden og på gjellene.  
Forholdet bør vurderes av helse- og fiskerimyndighetene, og av forurensningsmyndighetene hva angår behovet for overvåking.
- V Blåskjell fra indre del av Fedafjorden hadde et PAH-innhold i størrelsesordenen 20-30 ganger "normalkonsentrasjoner" fra bare diffust belastede områder, synkende til omkring 5 ganger "bakgrunnskonsentrasjonene" for stasjonene utenfor terskelen (fig. 2). Unntatt fra dette er en prøve fra Listafjorden med et PAH-innhold som best kan forklares ved episodisk belastning. Det samme gjelder et par PAH-resultater for albuskjell, som ellers bare viste moderat forhøyet PAH-innhold.
- VI Innholdet av metaller var normalt i filèt av torsk og skrubbe fra indre del av fjorden. Det samme gjaldt krabbeinnmat, bortsett fra mangan. Krabber fra indre område hadde tydelig akkumulering av dette metallet: ca 5 ganger høyere konsentrasjon enn i krabber fra Fedaområdet (Fig. 1). I gjeller av krabbe var for- skjellen i manganinnhold omkring 100 ganger mellom de to fangst- steder.
- VII Metallinnholdet i blåskjell og tang lå stort sett på et "høyt normalnivå", når unntas mangan. Sistnevnte viste overkonsentrasjoner i størrelsesordenen 3-10 ganger for blæretang (fig. 4) og blåskjell.
- VIII Innholdet av tungt nedbrytbare klororganiske stoffer (PCB, DDE, HCB, Lindan) var lavt i fisk, krabbe og blåskjell. Også summen av bestandige klororganiske forbindelser (EPOCl) var lav i fisk og krabbe, derimot på omkring et høyt "normalnivå" i blåskjell. EPOCl består av mer enn 90% av uidentifiserte forbindelser, og



betydningen av resultatene for denne variabel er usikker.

## 2. BAKGRUNN OG FORMÅL

Behovet for å undersøke innholdet av miljøgifter i organismer skyldes utslipp fra Øye Smelteverk og tidligere belastning fra treforedlingsindustri. Avløpsvann fra røykgassrensing ved ferromanganproduksjon kan inneholde betydelige mengder av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og metaller, særlig mangan, men også bly, sink og kadmium fra råvarene. PAH er en gruppe tjærestoffer der enkelte av forbindelsene er potensielt kreftfremkallende.

Inntil 1970 brukte tresliperier o.a. kvikksølv mot begroing i maskineri og råte i massen, deretter ofte kobberforbindelser. Dette har også vært tilfelle for A/S Trælandsfoss, der tresliperivirkningen ble lagt ned i 1982/83. Kvikksølv knyttet til fibermasser i bunnavløringene avgis til omgivelsene over lang tid og kan blant annet gi uønskede nivåer i fisk.

Fra lokale fiskere og andre har det fremkommet opplysninger om ulike forurensningseffekter som er tilskrevet virksomhet ved og i tilknytning til smelteverket:

- fiskedød innerst i fjorden
- svart bunn og svart belegg på krabber fra bassenget innenfor terskelen ved Agnholmen
- misfarget fisk fra indre basseng
- misfarging av vann og belegg på fiskeredskap og båter (belegg på garn og ruser ses også i sammenheng med slakteri-avløp og kommunalt utslipp i Kvinas munning).

Eksempler på høyt manganinnhold i gjeller av fisk og krabbe er kjent fra materiale innsendt til Veterinærinstituttet.

Sammen med analyse av sedimenter (Rygg og Skei 1986) har formålet med observasjonene av miljøgifter i organismer vært å:

- skaffe opplysninger om smelteverksutslippets influensområde bedømt ved nivå og utbredelse av PAH og metaller i indikatorarter og spiselige organismer

- etablere et grunnlag for forvaltningsmyndighetenes vurdering av behov for tiltak, eventuelt helsemessig risiko
- tilveiebringe referansedata for eventuell overvåking.

I tillegg til kjente stoffer fra eldre og nåværende utslipp er det inkludert enkelte orienterende analyser av tungt nedbrytbare klororganiske forbindelser. Foruten sondering av lokale forhold tjener dette også et nasjonalt siktemål: å samle referansedata fra områder som (såvidt vites) ikke er under innflytelse av punktkilder, men med ulik grad av diffus belastning (industristeder, byer, større elver).

### 3. UNDERSØKELSESONOMRÅDE, MATERIALE OG METODER

Undersøkellesområdet med stasjoner for innsamling av blåskjell, tang og snegl er vist i Fig. 1. Vedrørende naturgrunnlag og forurensningstilførsler henvises til delrapport 2 (Knutzen og medarb., 1986). Opplysninger om lokalitetenes beliggenhet arter og analyser fås av Tabell 1. Delvis har ulike indikatorarter måttet benyttes for samme variabel. F.eks. ble ikke blåskjell funnet på alle lokaliteter ytterst i fjorden, og som erstatning til PAH-analysene er brukt albuskjell. Som indikatorer på metallbelastning er benyttet både blåskjell og tang, som henholdsvis gjenspeiler belastning med både partikkelbundne og løste metaller og fortrinnsvis fraksjonen i løsning.

Av tabell 1 fremgår også hvorfra det er samlet fisk og krabbe og hvilke analyser som er foretatt på dette materialet.

Prøvene av blåskjell, albuskjell og tang er alle blandprøver av et antall individer: 25-50 blåskjell (4-7 cm), 5-10 albuskjell og 10-20 skudd av ulike tangplanter (10-20 cm av skudd med fotosyntetiserende vev).

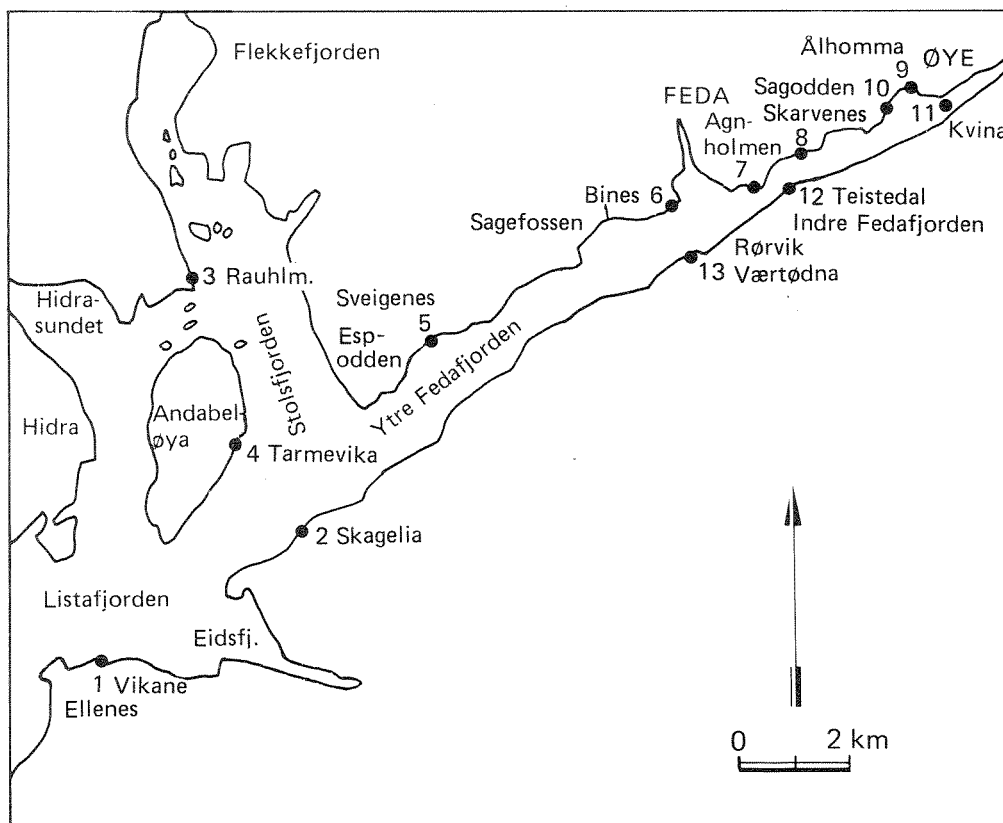


Fig. 1. Stasjoner for undersøkelse av miljøgifter i organismer i Fedafjorden 1984.

TABELL 1. Stasjoner/prøvesteder, organismer og analyser i  
Fedafjorden september - oktober 1984

STASJONER/PRØVESTEDER	ORGANISMER/ANALYSER
<u>St.1</u> Vikane, ca 150 m utover på buktens vestre side	Albuskjell (PAH), blåretang og griselang (metaller)
<u>St.2</u> Skagelia, ca 250 m inn i bukt S for Skarvehelleren fyr	Albuskjell (PAH), blåretang og griselang (metaller). Fluor i griselang
<u>St.3</u> "Rauholmene", ca 500 m NV for Rauholmene, liten vik m/betongbrygge ved grønn og hvit hytte	Albuskjell og blåskjell (PAH) Griselang (metaller)
<u>St.4</u> Tarmevika, Andabeløya, liten vik ned for steinmurer	Albuskjell og blåskjell (PAH), blåretang og griselang (metaller) Fluor i griselang
<u>St.5</u> Sveigenes, ca 500 m innenfor Espodden. Rullesteinstrand ved sjøbu	Blåskjell (PAH, metaller og fluor) Blåretang (metaller)
<u>St.6</u> Bines, ca 150 m V for munning av vik ut for Feda	Blåskjell (PAH og metaller) Blåretang (metaller)
<u>St.7</u> Kvina Verft, Agnholmen. Bukte innenfor og V for verftet	Blåretang (metaller)
<u>St.8</u> Skarvenes, ca 200 m V for Kallevika	Blåskjell (PAH og metaller) Strandsnegl (PAH) Spiralang (metaller)

---

<u>St.9</u> Alhomma, NØ i Indrevika	Blåskjell (PAH, metaller og klororganiske forbindelser)
<u>St.10</u> Sagodden, V. del av Indrevika	Blåskjell (PAH)
<u>St.11</u> Kvina, i elvemunningen ved "Laksemann". Småsteinet grusbunn	Blåskjell (PAH og metaller)
<u>St.12</u> Teistedal	Blåskjell (PAH, metaller og fluor)
<u>St.13</u> "Værtødna", V for Rørvik	Blåskjell (PAH, klororganiske stoffer)
<u>Innenfor terskel ved Agnholmen</u>	Torskefilèt (PAH, klororganiske forbindelser, kvikksølv). Gjeller av torsk (metaller) Skrubbefilèt (PAH, klororg.forb., kvikksølv) Gjeller av skrubbe (metaller) Krabbe, innmat (PAH, klororg.forb. kvikksølv) Krabbe, gjeller (metaller) Krabbeklør (PAH)
<u>Ut for Fedå</u>	Krabbe, innmat (PAH)

---

Analysene av metaller er foretatt på Senter for industriforskning (SI) etter dette instituttets standard rutine (ICP, atomabsorpsjon). Foruten sannsynlige tidligere og nåværende utslippsbestanddelere som kvikksølv (Hg), kobber (Cu), mangan (Mn), bly (Pb), kadmium (Cd) og sink (Zn), er det foretatt analyser på nikkell (Ni), krom (Cr), kobolt (Co), jern (Fe) og titan (Ti).

Fluor er analysert spektrofotometrisk etter SIs metode.

PAH-analysene er utført ved NIVA ved gasskromatografi og glasskapillar-kolonne (kfr. Berglind og Gjessing 1980).

De orienterende analysene av tungt nedbrytbare klororganiske forbindelser er utført gasskromatografisk ved SI. Følgende stoffer er analysert:

PCB (polyklorerte bifenyler)

HCB (heksaklorbenzen)

$\gamma$ -HCH (lindan, heksaklor-cykloheksan)

p-p DDE (nedbrytningsprodukt av DDT)

EPOCl (ekstraherbart persistent organisk bundet klor)

#### 4. PAH I FISK, KRABBE, SKJELL OG SNEGL

Resultatene av PAH-analysene er stilt sammen i appendikstabellene A1 (fisk), A2 (blåskjell) og A3 (albuskjell og strandsnegl). Et sammendrag av resultatene er gitt i tabell 2.

##### 4.1 PAH i filèt av skrubbe og torsk

Sammenligningsmateriale for PAH i fisk er spinkelt, men ut fra det som foreligger kan påvirkningen fra smelteverksutslippet spores i filèt av både skrubbe og torsk. I flere PAH-belastede områder er det bare registrert konsentrasjoner av total-PAH i området 10-100 µg/kg friskvekt (Bøe 1984, Julshamn og medarb. 1985, Knutzen 1984a og Rygg og medarb. 1984). I andre tilfeller har ingen PAH-forbindelser vært tilstede over deteksjonsgrensen (Knutzen 1981, Rosseland og medarb. 1981).

Jevnført med ovenstående er PAH-konsentrasjonene i filèt av skrubbe og torsk fra indre Fedafjord i størrelsesordenen 2-10 ganger høyere. Selv om "bakgrunnsnivået" er dårlig definert, må de tydelig forhøyede PAH-verdiene anses å være et resultat av belastningen på fjorden, og sannsynligvis mest som følge av det høye PAH-innholdet i sedimentene innenfor Agnholmterskelen (Rygg og Skei 1986).



TABELL 2. Hovedresultater fra analysene på PAH i skrubbe, torsk, taskekrabbe, blåskjell, albuskjell og strandsnegl fra Fedafjorden 1984 ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  friskvekt).  
(KPAH er summen av potensielt kreftfremkallende forbindelser, kfr fotnote til appendikstabellene A1-A3, B(a)P = benzo(a)pyren)

Arter	Forbindelser	PAH <sup>1</sup>	KPAH	B(a)P
Skrubbe, bl.prøve fra i.basseng		358	~ 75	19
Torsk, " " " " "		183	~ 5	~ 2
Krabbe, skallinemat, i.fjord		1173	~ 55	24
Krabbe, kloinnemat, " "		177	~ 13	~ 4
Krabbe, skallinemat, y. "		193	~ 10	~ 4
Blåskjell, maks.nivå		5822	~ 15	~ 3
Blåskjell, min. nivå (ekskl. Stolsfjorden)		527	~ 90	-
Albuskjell, maks.		7001	~ 10	~ 5
Albuskjell, min.		387	~ 28	15
Strandsnegl (en st.)		381	~ 25	4

<sup>1</sup> Inkluderer også vanligvis små mengder disykliske og heterosykliske forbindelser.

Et tilsvarende utslag av PAH-belastning er i Norge bare publisert av Rosseland og medarb. (1981) for en enkelt ørret fra Rosselandsvatnet, nedstrøms slamdeponiet til Øye Smelteverk i Sagevassdraget. (Andre fisk fanget i samme innsjøen inneholdt mer "normale" PAH-konsentrasjoner eller slike forbindelser lot seg knapt påvise.) Imidlertid er det i Saudafjorden nylig registrert omtrent tilsvarende forhøyet PAH-innhold i oppdrettsfisk (NIVA, unpubl.). Saudafjorden mottar utslipp fra et lignende smelteverk som i Øye.

Potensielt kreftfremkallende PAH-forbindelser utgjorde en betydelig andel av totalen i skrubbefilet (ca 20% KPAH og ca 5% B(a)P). Dette er et forhold som bør vurderes av helsemyndigheter og fiskerimyndigheter. Slike stoffer er imidlertid ikke uvanlige i vanlige matvarer, særlig i røkt og stekt mat, samt enkelte vegetabiliske oljer (se sammenstillinger hos Lo og Sandi 1978, IARC 1983).

Til sammenligning med de 19 µg/kg B(a)P i skrubbefilet (appendikstabell A1) kan nevnes at Connell og medarb. (1981) refererer et innhold på 14 og 30 µg B(a)P/kg i henholdsvis røkt torsk og røkt sild. Fedafjord-torskens B(a)P-innhold var lavere, men det må understrekes at slike konsentrasjoner må forventes å variere noe.

Selv om det ikke er påvist noen epidemiologisk sammenheng mellom forhøyet PAH-innhold i mat og økt krefthyppighet hos mennesker, anses forekomsten av PAH i mat som hygienisk uønsket (Holme 1984).

I betraktning av den moderate PAH-belastningen fra Øye Smelteverk sammenlignet med tilførsler fra jernverk og aluminiumsverk (kfr. temaartikkel i årsrapport 1984 for Statlig program for forurensningsovervåkning), er det bemerkelsesverdig høyt PAH-nivå i Fedafjordens fisk sammenlignet med de konsentrasjoner som er påvist i filet av fisk fra f.eks. Ranafjorden (Kirkerud og medarb. 1985), Vefsnfjorden (Knutzen 1981) og Hommelvik (Rygg og medarb. 1984). En mulig forklaring er at opptak og utskillelse av PAH-forbindelsene foregår hurtig, og at opptaket er av mer episodisk karakter enn det de konstant PAH-forurensete omgivelsene (bunnavleiringene) umiddelbart skulle tilsi. Ulike byttedyr hos forskjellige fiskearter, og varierende næringsgrunnlag i ulike områder, kan også spille en rolle.

Avhengig av helse- og fiskerimyndighetenes vurdering kan det være aktuelt med en mer systematisk kartlegging av PAH-innholdet i fisk fra sterkt belastede områder enn det som hittil er foretatt.

#### 4.2 PAH i taskekrabbe

Av tabellene 2 og A1 (appendiks) ses at det ble registrert høyere PAH-innhold i krabbene fra indre basseng enn utenfor terskelen. Videre var PAH-konsentrasjonene i skallinnmat av krabbe høyere enn i filet av skrubbe fra den mest belastede del av fjorden. Dette har sannsynligvis sammenheng både med at krabbene er i mer konstant kontakt med forurenset sediment og at fisk har bedre evne til å omsette og skille ut PAH enn krepsdyr.

I likhet med tidligere analyserte krabber fra indre del av fjorden hadde også 1984-krabbene et brunsvart belegg, særlig på undersiden av skallet og ved roten av gjellene. PAH-konsentrasjonene var av samme størrelsesorden som registrert før (Haugen og Molvær 1982).

For krabbe er ikke "bakgrunnsnivåene" kjent, men bl.a. ut fra det vesentlig lavere PAH-innhold i krabbene fanget utenfor Feda (tabell

2), må det regnes med overkonsentrasjoner i størrelsesorden 10 ganger.

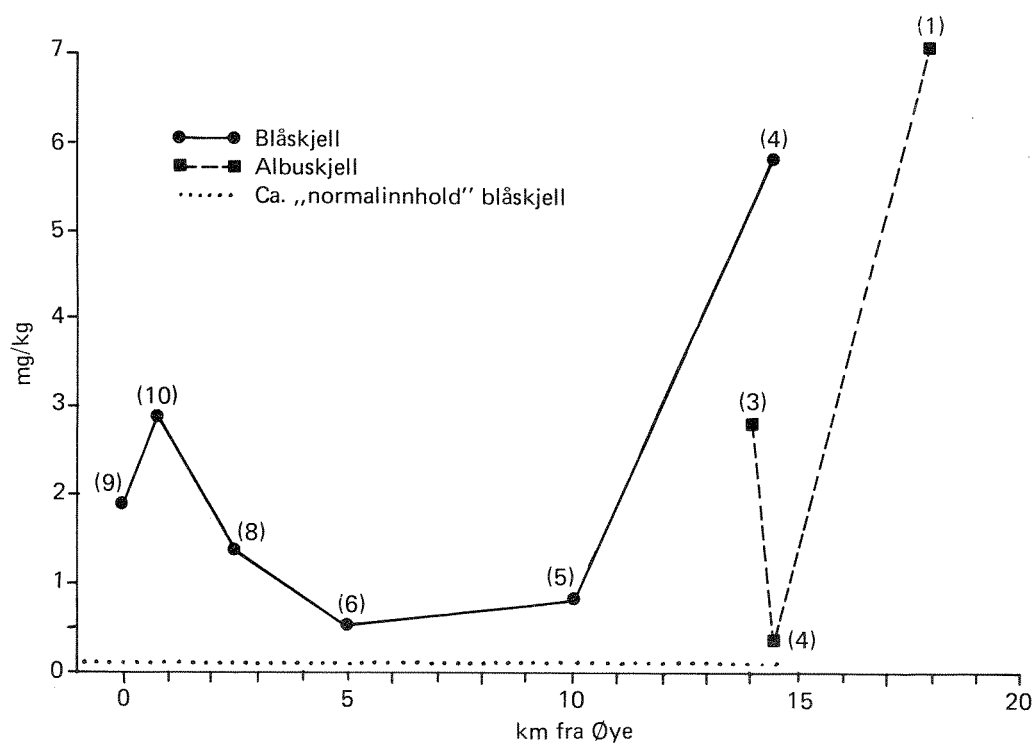


Fig. 2. PAH i blåskjell (Mytilus edulis) og albuskjell (Patella vulgata) fra Fedafjorden og Listafjorden 5-6/9 1984, mg/kg friskvekt. Stasjonsnummer i parentes.

#### 4.3 PAH i blåskjell, albuskjell og strandsnegl

Pga. manglende blåskjellbestander i ytre fjord, er det som erstatning brukt albuskjell som indikator på belastningsgraden.

Det noe usystematisk varierende PAH-innholdet i blåskjell og albuskjell utetter Fedafjorden og Listafjorden er fremstilt i fig. 2. (Stasjonsbeliggenheten ses av fig. 1.)

Resultatene vitner om en tydelig belastning, men konsentrasjonene var moderate jevnført med det som ellers er registrert i blåskjell fra resipienter for mangansmelteverk (Knutzen og medarb. 1982), aluminiumsverk (Knutzen 1981) eller andre store PAH-kilder (Knutzen 1984b). (Bemerk ved eventuell jevnføring at verdiene fra Fedafjorden er gitt på friskvektbasis og må multipliseres med ca 7 for å bli sammenlignbare med data i ovennevnte rapporter, som er gitt på tørrvektbasis.) At konsentrasjonene i Fedafjord-blåskjell var moderate i forhold til i andre smelteverksresipienter, stemmer med at belastningen er forholdsmessig mindre (kfr. temabidrag i 1984 årsrapport fra Statlig program for forurensningsovervåking).

Sammenlignet med "bakgrunnsnivåer" i blåskjell fra områder uten større og vedvarende PAH-utslipp, var overkonsentrasjonene i Fedafjordskjell opp til 20-30 ganger innenfor terskelen, og synkende til 2-5 ganger 5-10 km fra øye. ("Bakgrunnsnivåene" er her antatt å være 0,1-0,2 mg/kg friskvekt, dvs noe lavere enn angitt av Knutzen og Sortland (1982); på bakgrunn av senere resultater).

Verdiene i blåskjellene fra st. 4 Tarmevika, Andabeløya faller utenom dette mønsteret. Her var overkonsentrasjonene enda høyere, men dette skyldes et stort bidrag av disykliske forbindelser pluss en del trisykliske stoffer som ikke er påvist i det øvrige materialet (fig. 3 og appendikstabell A2). Denne forskjell tilsier at smelteverket ikke er hovedkilden, og at skjellene fra dette stedet har vært utsatt for en episodisk forurensning, mest sannsynlig et lite oljespill.

Når det gjelder albuskjell-prøvene, er de usystematiske variasjonene i PAH-innhold vanskelig å tolke. Hvis smelteverksutslippet var hovedkilden, skulle det forventes fallende konsentrasjon i rekkefølgen St. 4, 1, 3. Den avvikende PAH-profil (fig. 3) og tydelige overkonsentrasjoner i blåskjellene fra St. 4, skulle ha gitt lignende utslag i albuskjellene fra samme stasjon. Når så ikke er tilfellet, kan det tyde på en forbyttning av albuskjellprøvene fra St. 1 og St. 4. Det kan tilføyes at mens St. 4, Tarmevika bar tydelig preg av trafikk,

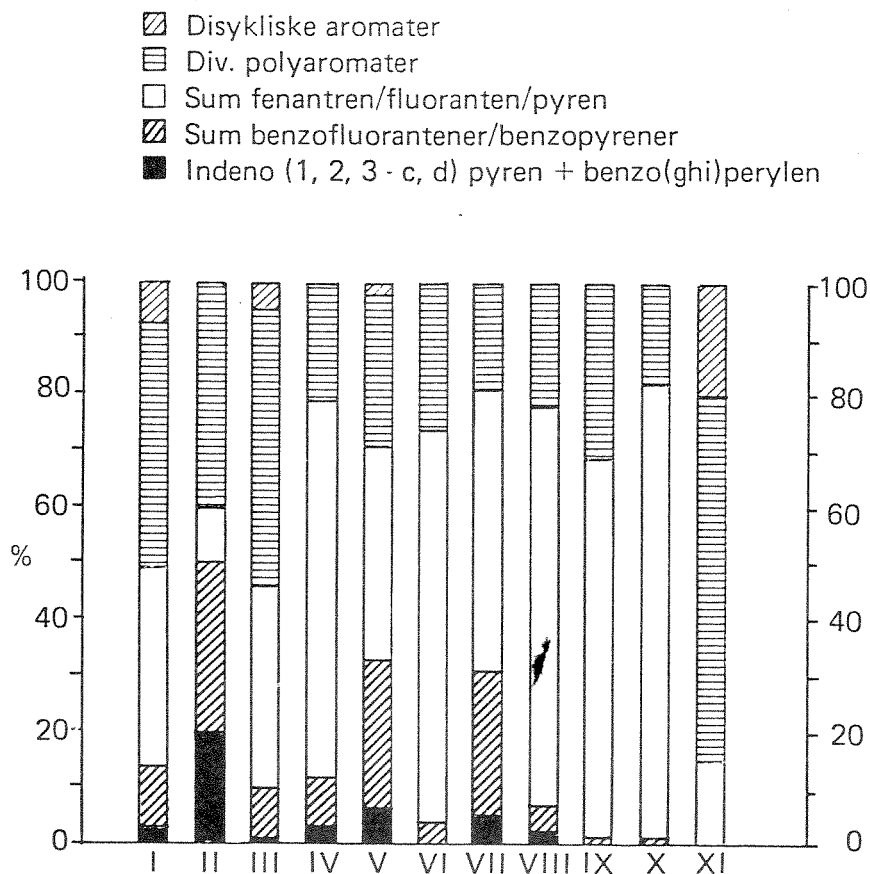
lå St. 1, Vikane, helt åpent og var uten spor av ferdsel. Episodisk forurensning med spillolje eller annet kan imidlertid heller ikke utelukkes for St. 1. Siden det høye innholdet av diaromater og de mer flyktige blant polyaromatene etter all sannsynlighet skyldes en tilfeldig forurensning, er imidlertid forholdet av mindre betydning for fjorden som helhet.

Den ene prøven av strandsnegl (st. 8) viste moderat PAH-innhold og bare omkring 25-30% av konsentrasjonen i blåskjell fra samme sted. Overkonsentrasjonene i forhold til "normalverdier" kan anslås til 3-4 ganger (få sammenligningsdata, kfr. Knutzen og Sortland 1982).

Selv om det i ytre fjordavsnitt var bare moderat forhøyede PAH-konsentrasjoner i blåskjell som følge av smelteverksavløpet, bør forholdene mht. eventuelt muslingoppdrett vurderes av helse- og fiskerimyndigheter. På bakgrunn av de tydelige utslagene i fisk kan også PAH-innholdet i skjell synes forholdsmessig lavt, og bør søkes bekreftet ved eventuell overvåking.

#### 4.4 Prosentvis sammensetning av PAH i ulike typer materiale

Fig. 3 gir en fremstilling av PAH-profilen i forskjellige prøver.



Figur 3. PAH-profiler (%-vis sammensetning) i ulike typer av materiale og prøver fra Fedafjorden, Listafjorden og Stolsfjorden sept. 1984

- I Middel av 10 avløpsvannprøver fra 1984 (rådata tilgjengelig fra Statens forurensningstilsyn).
- II Overflatesediment (0-2 cm), middel av st. 1-4 innenfor terskelen og av st. 6 utenfor (Rygg og Skei, 1986). (Bemerk at forbindelsen indeno(1,2,3-c,d)pyren i sedimentrapporten er betegnet o-phenylenpyren).
- III Skallinnmat av taskekrabbe, indre basseng.
- IV Skallinnmat av taskekrabbe, ytre basseng
- V Skrubbefilet, indre basseng
- VI Torskefilet, indre basseng
- VII Blåskjell, middel av stasjonene 5,6,8-13 (8 st.)
- VIII Albuskjell, middel av stasjonene 2,4
- IX Albuskjell st. 3, Stolsfjorden
- X Albuskjell st. 1, Listafjorden
- XI Blåskjell, st. 4 Tarmevika, Andabeløya

I tabell 3 er vist variasjonen i PAH-profilen i materiale med flere prøver (kfr. I, II, VII og VIII i fig. 3). De utvalgte stoffgruppene er de samme som i fig. 3 minus "div. polyaromater".

Tabell 3. Aritmetisk middel og variasjon i utvalgte stoffgruppers andel(%) av total-PAH i forskjellig prøvemateriale  
(A: avløpsvann, S: sediment, B: blåskjell, Al: albuskjell)

Materiale Stoffgruppe	A	S	B	Al
Sum disykliske	7(0-20)	-	-	-
Fen. + Fluor. + Pyr	35(15-62)	11(7-20)	40(21-53)	45(35-55)
B(b, j, k)F+B(a, e)P	11(4-21)	40(35-45)	26(20-42)	5(<2-8)
I(1, 2, 3-cd)P+B(ghi)Pe	3(1-5)	20(11-29)	5(4-7)	3(2-4)
KPAH	7(2-16)	28(25-32)	17(13-28)	4(<1-7)

Selv om variasjonen mellom prøver innen samme materiale ikke er ubetydelig, synes sedimentene å ha anriket de mest tungtløselige PAH (deriblant de potensielt kreftfremkallene - KPAH) i forhold til avløpsvannet. Bunnvleiringene inneholdt derimot ingen disykliske aromater, som er de mest flyktige, og andelen av - forholdsmessig - lett-løselige PAH (gruppen fenantren, fluoranten og pyren) var redusert. Et slikt forhold mellom PAH-profil i avløpsvann og sediment er også registrert i Vefsenfjorden (Knutzen, 1981). De "tyngste" PAH vil ut fra sine egenskaper både være sterkest knyttet til partikler og minst nedbrytbare.

Heller ikke i blåskjell ble det funnet disykliske aromater, og det var samme tendens til forholdsmessig anriking av tyngre PAH jevnført med avløpsvann, men ikke i samme grad som for sedimentenes del.

I motsetning til dette dominerte stoffene med midlere molekylstørrelse i albuskjell (bare to prøver), mens andelen av PAH med større molekyler, herunder KPAH, var bemerkelsesverdig lav.

Av fig. 3 ses ellers at mest i samsvar med avløpsvannets PAH-profil var innmat av krabbe og filet av skrubbe fra indre basseng (III og V i fig. 3). Mest avvikende var PAH-profilen i blåskjell fra st. 4. Andabeløya (XI i fig. 3), som inneholdt en betydelig større andel av

disykliske og "lettere" PAH enn avløpsvannet. Dertil manglet bl.a. benzofluorantener og benzopyrener helt. Det er også den markerte underrepresentasjonen av sistnevnte stoffer i prøve X som gir grunnlag for å anta at albuskjellene fra Listafjorden har vært utsatt for en annen belastning enn utslippet fra smelteverket.



## 5 METALLER I FISK OG KRABBE

Resultatene av disse analyser er gjengitt i appendikstabell A4.

Metallinnholdet i filet av skrubbe og torsk fanget i indre fjord var som normalt (kfr. Julshamn og Brækkan 1975, Julshamn og medarb. 1978a og Hall og medarb. 1978). Normalt manganinnhold er også tidligere registrert av Veterinærinstituttet (brev av 16/4 1984 til Kvina Elveeierlag).

Mht. metallinnhold i gjeller hos fisk er det sparsomt med sammenligningsdata. Ut fra Julshamn og medarb. (1978b) synes imidlertid manganinnholdet å kunne være en del forhøyet - størrelsesordenen 3-5 ganger "bakgrunnsnivået" - hos begge artene. De øvrige metallkonsentrasjoner i gjellene kan antas å være normale eller bare ubetydelig forhøyet (Julshamn og medarb. 1978b).

Innmaten av taskekrabbe fra indre basseng hadde markert forhøyet innhold av mangan, mens konsentrasjonene av de øvrige metaller ikke tydet på noen unormal anrikning (kfr. Julshamn og Eriksen 1977, og data fra lokaliteter i noen avstand fra forurensningskildene hos Kirkerud 1977 og Knutzen og medarb. 1986, dessuten sammenstilling i Eisler 1981). Størrelsesorden av overkonsentrasjon med mangan kan være ca 5-10 ganger, muligens noe mindre (kfr. st. A1/A4 i Kirkerud 1977 og st. 13/14b hos Knutzen og medarb. 1986). Manganinnholdet er neppe blant de metaller der overkonsentrasjoner i denne størrelsesorden representerer noen hygienisk risiko.

Forurensningsgraden ses mest tydelig av at forskjellen var nærmere 100 ganger mellom innholdet av mangan i gjeller fra krabber fanget henholdsvis innenfor og utenfor terskelen ved Agnholmen (appendikstabell A4). For bly var det et lignende forhold, men her må resultatene tas med et visst forbehold, idet målt konsentrasjon i innmat var uvanlig lav sammenlignet med det som er observert andre steder. (Kfr. st. A1/A4 hos Kirkerud 1977, oversikt hos Eisler 1981 og st. 13/14b hos Knutzen og medarb. 1986.) Blykonsentrasjonen i gjellene var imidlertid høy i forhold til det som Bjønnes og Braastad (1977) registrerte på en relativt uberørt lokalitet i Kristiansandsfjorden. For de øvrige metaller var forskjellen moderat, til tross for at det også for kvikksølv, sink, kadmium og kobber var markert forhøyede konsentrasjoner i sedimentene (Rygg og Skei 1986).

På bakgrunn av overstående kan det konkluderes med at metallforurensningen synes å gi moderat eller små utslag på de

spiselige deler av krabbe og fisk, men at helse- og fiskerimyndighetene bør vurdere om det er ønskelig med et utvidet dokumentasjonsmateriale.

## 6. METALLER OG FLUOR I TANG OG BLÅSKJELL

Analyseresultatene for metaller i blæretang, grisetang og spiraltang er stilt sammen i appendikstabell A5 og tilsvarende for blåskjell i tabell A6.

I tangartene er det stort sett funnet lave eller moderate metallkonsentrasjoner. Hovedunntaket er mangan, som også er det eneste som synes å opptre i økende konsentrasjoner innover mot Øye (kfr. fig. 4, som forutsetter noenlunde like akkumuleringsegenskaper hos blæretang og spiraltang, se Knutzen, 1985). Dette bilde er i samsvar med utslippsdata (delrapport 2, ), som tyder på at det bare er mangan som tilføres i slike mengder fra smelteverket at det kan forventes særlig utslag hos organismer som lever i overflatelaget.

Bortsett fra moderate forhøyelser i tang samlet nær det tidligere Kvina Verft (St.7), var øvrige metallkonsentrasjoner innenfor normalintervallet. Skrapmetallet i strandsonen nær st. 7 lot seg særlig registrere ved forhøyede konsentrasjoner av jern, titan og muligens bly. Utslagene var imidlertid moderate (appendikstabell A5).

Av tabell A5 ses også at grisetang hadde markert lavere manganinnhold enn blæretang fra samme stasjon. Dette er i samsvar med en del tidligere observasjoner av forholdet mellom manganakkumuleringene hos de to arter (kfr. sammenstilling hos Knutzen 1985). Enkelte resultater kan tyde på at blæretangs opptak av mangan øker med lavere saltholdighet (Munda 1978). Under alle omstendigheter har blæretang et bredt "normalintervall" for manganinnhold og overkonsentrasjonene i Fedafjorden er neppe mer enn 2-3 ganger for blæretang og 5-10 ganger et høyt normalnivå i spiraltang.

I blåskjell ble det målt markerte overkonsentrasjoner av mangan, opp til 5-10 ganger en høy normalverdi (Knutzen 1983), og enda høyere jevnført med konsentrasjoner funnet på lite ferskvannspåvirkede steder langt fra forurensningskilder (Julshamn 1981). Konsentrasjonene var imidlertid ikke fullt så høye som observert i Grenlandsområdet (Kirkerud 1977) og betydelig lavere enn i Saudafjorden (Knutzen og medarb. 1982).

I blåskjellprøvene samlet innerst i fjorden noe tidligere samme år (1984) og analysert ved Veterinærinstituttet, ble det registrert 2-3 ganger så høye mangankonsentrasjoner som de høyeste verdier som rapporteres her. Såpass betydelig forskjell er vanskelig å forklare bare ut fra naturlige variasjoner (sesongmessige o.a.).

Det er bemerkelsesverdig at manganinnholdet i blåskjell ikke viste noen entydig tendens til å avta med avstanden fra smelteverksutslippet. Materialet gir ikke grunnlag for å si noe bestemt om årsakene til dette, men ett forhold som spiller inn kan være at de to innerste stasjonene (st. 9 Ålhomma og st. 11 Kvina) ligger på siden av og innenfor utslippsstedet, og derved berøres i mindre grad av utgående strøm med fortynnet avløpsvann.

Øvrige metaller i blåskjellene lå på det som kan betegnes et "høyt normalnivå" eller svakt høyere for jern og sink (Knutzen 1983). Heller ikke fluorinnholdet var det noe unormalt med.

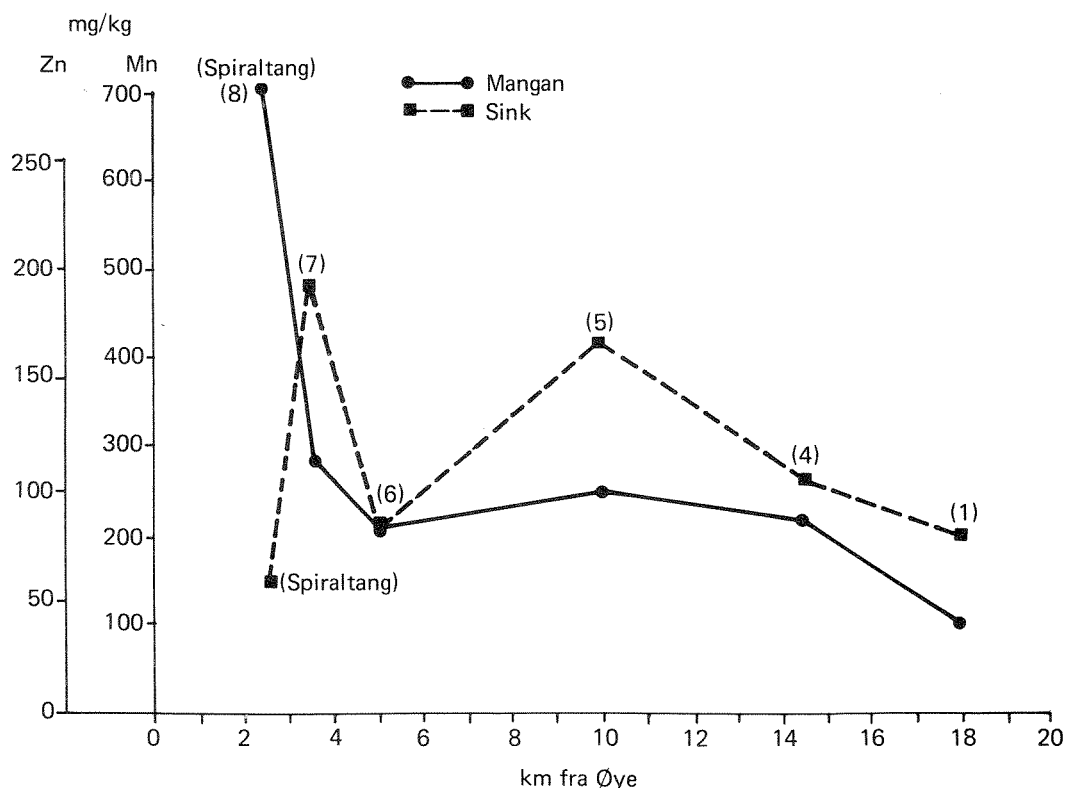


Fig. 4. Mangan og sink i blæretang (spiraltang St. 8) med økende avstand fra Øye, mg/kg tørrvekt. Stasjonsnummer i parentes.

## 7. KLORORGANISKE FORBINDELSER I ORGANISMER

Analysene av tungt nedbrytbare og akkumulerende organiske klorforbindelser ble vesentlig foretatt for å utvide de generelle kunnskaper om slike stoffers forekomst i norske fjorder og kystfarvann.

Resultatene er stilt sammen i appendikstabell A7 og viser lave konsentrasjoner av PCB (polyklorerte bifenyler), nedbrytningsprodukter av DDT, lindan, heksaklorbenzen og summen av organisk bundet persistent klor (EPOCl) i både skrubbe, torsk, krabbe og blåskjell. Konsentrasjonene i fisk var på samme nivå som i den tilnærmet uberørte Stavfjorden i Sogn (Knutzen og Kvalvågnes 1982). I blåskjell lå de identifiserte forbindelsene på samme nivå som det er vanlig å finne på åpen, lite brakkvannspreget kyst. Derimot var summen av persistente klorforbindelser - ca 90% uidentifiserte - i den høye del av intervallet karakteristisk for tydelig ferskvannspåvirkede områder (Knutzen og Kirkerud 1984). Fenomenet med en høy andel uidentifiserte, persistente klorforbindelser er vanlig i Norge og bør gjøres til gjenstand for spesialstudier. Foreløpig er betydningen av EPOCl usikker.

## 8. LITTERATUR

- Bjønnes, P.O. og O.G. Brakstad, 1977. Undersøkelse av tungmetaller i biologisk materiale fra Kristiansandsfjorden. Seminaroppgave våren 1977 ved Agder Distriktshøgskole, 37 s.
- Bøe, B. 1984. Analyse av klorerte hydrokarboner og kvikksølv i fisk fra Frierfjorden januar 1983. Fiskeridirektoratet, Rapporter og meldinger 2/1984. 8s.
- Connell, J.J., Gibson, D., Hardy, R., Mackie, P.R., McGill, A.S. & McLeod, D. 1981. Possible toxic components in smoked fish products. S. 221-228 i Noelle, H. (red.) Nahrung aus dem Meer. Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg - New York. 260 s.
- Eisler, R. 1981. Trace metals concentrations in marine organisms. Pergamon Press, New York, etc. 685 s.
- Hall, R.A., Zook, E.G. og G.M. Meaburn, 1978. National Marine Fisheries Service survey of trace elements in the fisheries resource. NOAA Techn. Rep. NMFS SSRF-721. US Dept. of Commerce - National oceanic and Atmospheric Administration - National Marine Fisheries Service. Mars 1978, 313 s.
- Haugen, I. og Molvær, J. 1982. Foreløpig vurdering av Fedafjorden, Rosfjorden og Mannefjorden ved Mandal. NIVA-rapport O-80065. 29/3 1982, 16 s.
- Holme, J. A., 1984. Humantoksikologisk vurdering av polyaromatiske hydrokarboner i blåskjell med spesiell referanse til kreosotforurensninger i Trøndelag. Notat fra Toksikologisk avdeling, SIFF, September 1984, 13 s.
- IARC. 1983. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Polynuclear aromatic components. Del 1, vol. 32 s. 34-91.
- Julshamn 1981. Studies on major and minor elements in molluscs in Western Norway I Geographical variation in the contents of 10 elements in oyster (Ostrea edulis), common mussel (Mytilus edulis) and brown seaweed (Ascophyllum nodosum) from three oyster farms. Fish. Dir. Skr. Ernæring 1(5):161-182.
- Julshamn, K. og O.R. Brækkan, 1975, Determination of trace elements in fish tissues by the standard addition method. Atomic Absorption Newsletter 14(3):49-52.

- Julshamn, K. og J. Eriksen, 1977. Sporelementer i fisk, skalldyr og tang i og utenfor Kristiansand havn. Fiskeridirektoratets Vitamininstitutt. Rapport Nr. 1/77. 16 s. + tabeller.
- Julshamn, K., Haugsnes, J. og J. Eriksen, 1978a. Sporelementer i torsk, sild, rødspette og lodde fra det nordøstlige Atlanterhav. Fiskeridirektoratets Vitamininstitutt, Rapport Nr. 6 - 1978. 13 s. + tabeller.
- Julshamn, K., Haugsnes, J. og J. Eriksen. 1978b. Major and minor element (mineral) levels in products and offal from the fishing industries. Fish. Dir. Skr. Ser. Ernæring 1(4):137-144.
- Julshamn, K., Slinning, K.-E., Haaland, H., Bøe, B. og Føyn, L. 1985. Analyse av sporelementer og klorerte hydrokarboner i fisk og blåskjell fra Hardangerfjorden og tilstøtende fjordområder høsten 1983 og våren 1984. Fiskeridirektoratet. Rapporter og meldinger 6/85, Bergen, juli 1985, 55 s. + figurer.
- Kirkerud, L., 1977. Metaller i dyr. Kap. 2.1.2 i T. Bokn og medarb.: Resipientundersøkelse av Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport nr. 6: Fremddriftsrapport fra de biologiske undersøkelsene mars 1974 - mai 1976. NIVA-rapport 0-111/70. 12/9 1977, 234 s.
- Kirkerud, L., Haakstad, M., Knutzen, J., Rygg, B., Skei, J. og Ø. Tryland, 1985. Basisundersøkelse i Ranafjorden - en marin industriresipient. Samlerapport. Rapport 207/86 i Statlig program for forurensningsovervåking. 24/11 1985, 76 s.
- Knutzen, J. 1981. Kap. 8. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i vann, sedimenter og organismer i L. Kirkerud (prosjektleder) og medarb.: Vefsenfjorden som resipient for avfall fra Mosjøen Aluminiumverk. Rapport 1. Undersøkelser 1978-1980. NIVA-rapport 0-76149. 1/7 1981, 175 s.
- Knutzen, J. 1983. Blåskjell som metallindikator. (The common mussel (Mytilus edulis) as a metal indicator.) Vann 1(1983):24-33. Engl. summary.

- Knutzen, J. 1984a. Undersøkelse av forurensning med PAH og metaller i Heddalsvatnet 1982-83. NIVA-rapport O-82063. 13/6 1984, 39 s.
- Knutzen, J. 1984b. Basisundersøkelse i Ranafjorden, en marin industriresipient. Delrapport IV. Undersøkelse av organismesamfunn på grunt vann og av PAH og metaller i hvirvelløse dyr og tang 1980-1981. Rapport 120/84 i Statlig program for forurensningsovervåking. 8/1 1984, 108 s.
- Knutzen, J. 1985. "Bakgrunnsnivåer" i utvalgte metaller og andre grunnstoffer i tang. Øvre grense for "normalinnhold", konsentrasjonsfaktorer, naturbetingede variasjoner, opptaks- og utskillelsesmekanismer. NIVA-rapport O-83091. 22/7 1985, 121 s.
- Knutzen, J. og Kirkerud, L. 1984. Blåskjell og nær beslektede arter (Mytilus spp.) som indikatorer på klorerte hydrokarboner - bakgrunnsnivåer i diffust belastede områder. NIVA-rapport O-83091, 20/3 1984. 32 s.
- Knutzen, J. og Kvalvågnæs, K. 1982. Innledende basisundersøkelse i Stavfjorden. 1981. Referansenivåer av klororganiske forbindelser, metaller og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i marine organismer. Rapport 33/82 i Statlig program for forurensningsovervåking. 18/6 1982, 18 s.
- Knutzen, J., Martinsen, K. og B. Enger, 1986. Basisundersøkelse av Kristiansandsfjorden. Delrapport 4. Miljøgifter i fisk og andre organismer 1982-1984. Rapport nr 220/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking 2/5 1986, 115 s.
- Knutzen, J., Molvær, J. og Ormerod, K., 1986. Undersøkelser i Fedafjorden 1984-85. Delrapport 2. Forurensningstilførsler, vannkvalitet og hydrografiske forhold. Rapport 221/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking 5/5 1986, 37 s.
- Knutzen, J., Rygg, B. og J. Skei, 1982. Overvåking i Saudafjorden 1981. Rapport 50/82 i Statlig program for forurensningsovervåking. 10/9 1982, 87 s.
- Knutzen, J. og B. Sortland, 1982. Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in some algae and invertebrates from moderately polluted parts of the coast of Norway. Water Res. 16(4):421-428.
- Lo, M.-T. og Sandi, E., 1978. Polycyclic aromatic hydrocarbons



(Polynuclears) in food. Residue Reviews 69, 35-86.

NAS (National Academy of Science) 1972. Particulate Polycyclic Organic Matter. NAS, Washington DC, 362s.

Rosseland, B.O., Skogheim, O.K. & Bremnes, T. 1981. Avrenning fra manganslamdeponi. Vannkjemiske og fiskeribiologiske forhold i Sagevassdraget, Kvinesdal 1980. Rapport no 5 (1981) fra Fiskeriforskningen, Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk, As-NLH, 56 s.

Rygg, B., Knutzen, J., Skei, J., Heie, A., Ramdahl, T., Oksviks, A. og A. Melhuus, 1984. Kreosotforurensninger i Trøndelag. Miljøvirkninger i Hommelvika, Størdalsfjorden, Gudå og Mostadmarka. NIVA-rapport O-83115. 13/7 1984, 132 s.

Rygg, B. og J. Skei, 1986. Undersøkelser i Fedafjorden 1984-1985. Delrapport 1. Sedimenter og bløtbunnfauna. Rapport 214/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking 31/1 1986, 53 s.

EDA

12/3.86

13/6.86

## A P P E N D I X

- Tabell A1. Disykliske og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i taskekrabbe (Cancer pagurus), filèt av skrubbe (Platichthys flesus) og filèt av torsk (Gadus morhua) fra Fedafjorden i oktober 1984, µg/kg friskvekt.
- Tabell A2. Disykliske og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell (Mytilus edulis) fra Fedafjorden og Stolsfjorden (St.3) 5-6/9 1984, µg/kg friskvekt.
- Tabell A3. Disykliske og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i albuskjell (Patella vulgata) og strandsnegl (Littorina littorea) fra Fedafjorden 5-6/9 1984, µg/kg friskvekt
- Tabell A4. Metaller i torsk (Gadus morhua), skrubbe (Platichthys flesus) og taskekrabbe (Cancer pagurus), aug.-okt. 1984, mg/kg friskvekt
- Tabell A5. Metaller og fluor i blæretang (Fucus vesiculosus), grisetang (Ascophyllum nodosum) og spiraltang (Fucus spiralis) fra Fedafjorden 5-6/9 84, mg/kg tørrvekt.
- Tabell A6. Metaller og fluor i blåskjell (Mytilus edulis) fra Fedafjorden 5-6/9 1984, mg/kg tørrvekt.
- Tabell A7. Klororganiske forbindelser i skrubbe (Platichthys flesus), torsk (Gadus morhua), taskekrabbe (Cancer pagurus) og blåskjell (Mytilus edulis) fra Fedafjorden august-oktober 1984, mg/kg friskvekt (også tørrvektsbasis for blåskjell).

Tabell A1. Disykliske og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i taskekrabbe (Cancer pagurus), filèt av skrubbe (Platichthys flesus) og filèt av torsk (Gadus morhua) fra Fedafjorden i oktober 1984, µg/kg friskvekt.

I: Krabbeinnmat, ytre fjord      II: Krabbeinnmat, indre fjord.  
 III: Klør av II.                      IV: Skrubbefilèt, indre fjord  
 V: Torskefilèt, indre fjord

PAH	Stasjon	I	II	III	IV	V			
Naftalen			19		? 3.1				
2-Metylnaftalen			6		? 3.4				
1-Metylnaftalen			3						
Bifenyl			12						
Acenaftalen			96	5.6	2.2	2			
Acenaften			16						
4-Metylbifenyl									
Dibenzofuran			100	21.2	2.6	2			
Fluoren			82	14.6	2.0	3			
9-Metylfluoren									
9,10-Dihydroantracen									
2-Metylfluoren			5						
1-Metylfluoren		2.4	2					3	
Dibenzothiophen			41	5.6				9	
Fenantren		6.2	216	34.5	10.5	? 70			
Antracen		? 4.4	76	23.0	3.6	8			
Carbazole									
3-Metylfenantren									
2-Metylfenantren									
2-Metylantracen			6		3.3				
4,5-Metylfenantren								12	
4- og/eller 9-Metylfenantren									
1-Metylfenantren		8.9	7		3.2	4			
Fluoranten		15.2	130	17.2	25.0	36			
Pyren		? 107.0	87	10.7	? 101.0	24			
Benzo(a)fluoren									
Benzo(b)fluoren					6.9				
4-Metylpyren									
2-Metylpyren og/eller Metylfluoranten									
1-Metylpyren			3						
Benzo(ghi)fluoranten									
Benzo(c)fenantren ***									
Benzo(a)antracen *		7.7	61	12.7	15.9	3			
Trifenyl/Chrysen *		12.9	90	14.1	41.7	5			
Benzo(b)fluoranten **		9.8	30	7.9	44.0	ca 5			
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)			23	3.3	15.1				
Benzo(e)pyren *		4.1	17		21.9				
Benzo(a)pyren ***		4.2	24	3.6	19.3	ca. 2			
Perylen			5		2.6				
Indeno(1,2,3-cd)pyren *		2.3	9	2.4	10.7				
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracen *** 1)			2		3.8				
Picen									
Benzo(g,h,i)perylene		ca. 4.0	5	1.0	10.6				
Anthanthrene									
Coronen									
4.5 Metylenpyren		3.7			5.2				
Sum		192.8	1173	177.4	357.6	183			
Derav KPAH		~10	~55	~13	~75	~5			
% KPAH		~5	~5	~7	~20	~3			
% Tørrstoff		41.8	31.6	22.2	19.6	19.9			

1) KPAH er summen av moderat (\*\*) og sterkt kreftfremkallende (\*\*\*) PAH i henhold til U.S. National Academy of Science (NAS, 1972). I summen \*\* + \*\*\* er det medregnet 50 % av benzo(j,k)fluoranten og dibenz(a,h/a,c)antracen, idet bare B<sub>(j)</sub>F og DB(a,h)A er kreftfremkallende. Når PAH-innholdet i alle benzofluoranthener er gitt som en sum, er 2/3 regnet som KPAH

Tabell A2. Disykliske og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Fedafjorden og Stolsfjorden (St.3) 5-6/9 1984, µg/kg friskvekt.

PAH \ Stasjon	3	4	5	6	8	9	10	11
Naftalen		50						
2-Metylnaftalen		209						
1-Metylnaftalen		242						
Bifenyli		646						
Acenaftylen		271						
Acenaften		1066						
4-Metyl bifenyli		134						
Dibenzofuran		802						
Fluoren		1130						
9-Metylfluoren		50						
9,10-Dihydroantracen								
2-Metylfluoren		68						
1-Metylfluoren		65	18		3	6		
Dibenzothiophen		44			7	7		
Fenantren	15.6	712	43	17	131	53	63	? 38
Antracen		70	16		32	9		8
Carbazole								
3-Metylfenantren								
2-Metylfenantren								
9-Metylantracen / 2-metylantracen		50			65	? 114		13
4,5-Metylfenantren								
4- og/eller 9-Metylfenantren								
1-Metylfenantren	6.0	14	10		9	7		2
Fluoranten	28.9	88	258	163	397	463	849	675
Pyren	25.7	49	107	31	139	144	245	162
Benzo(a)fluoren	15.4		28	10	21		50	36
Benzo(b)fluoren	10.7			6	16	24	28	23
4-Metylpyren								
2-Metylpyren og/eller Metylfluoranten								
1-Metylpyren	9.3				5	10		10
Benzo(ghi)fluoranten								
Benzo(c)fenantren ***					25	17		15
Benzo(a)antracen *	12.0	12	24	40	74	130	207	133
Trifenylen/Chrysen *	37.0	30	69	113	163	263	465	292
Benzo(b)fluoranten **	32.3		93	61	95	172	189	213
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)	19.3	17	55	43	51	103	97	125
Benzo(e)pyren *					92	225	304	157
Benzo(a)pyren ***	11.7	~ 3	19		22	51	86	35
Perylen					7	18	26	13
Indeno(1,2,3-cd)pyren *	18.3		22	18	24	29	102	80
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracen *** 1)	7.7			11	6	10	? 68	7
Picen								
Benzo(g,h,i)perylene	11.5		17	14	25	31	96	38
Anthanthrene								
Coronen								
Sum	261.4	5822	779	527	1409	1886	2875	2075
Derav KPAH	~ 25	~ 15	~ 140	~ 90	~ 170	~ 295	~ 410	~ 330
% KPAH	~ 10	< 0.3	~ 18	~ 17	~ 12	~ 16	~ 14	~ 16
% Torrstoff	15.7	13.0	11.8	13.1	13.6	14.5	15.7	15.9

1)  
KPAH er summen av moderat (\*\*) og sterkt kreftfremkallende (\*\*\*) PAH i henhold til U.S. National Academy of Science (NAS, 1972). I summen \*\* + \*\*\* er det medregnet 50 % av benzo(j,k)fluoranten og dibenz(a,h/a,c)antracen, idet bare B<sub>(j)</sub>F og DB(a,h)A er kreftfremkallende. Når PAH-innholdet i alle benzofluoranthener er gitt som en sum, er 2/3 regnet som KPAH

Tabell A2. forts ....

PAH \ Stasjon	12	13						
Naftalen								
2-Metylnaftalen								
1-Metylnaftalen								
Bifenyl								
Acenaftalen								
Acenaften								
4-Metylbifenyl								
Dibenzofuran								
Fluoren								
9-Metylfluoren								
9,10-Dihydroantracen								
2-Metylfluoren								
1-Metylfluoren								
Dibenzothiophen								
Fenantren	58	13						
Antracen	9							
Carbazole								
3-Metylfenantren								
2-Metylfenantren								
2-Metylantracen / 9-Metylantracen	30							
4,5-Metylfenantren								
4- og/eller 9-Metylfenantren								
1-Metylfenantren	7	6						
Fluoranten	323	149						
Pyren	80	15						
Benzo(a)fluoren		14						
Benzo(b)fluoren		8						
4-Metylpyren								
2-Metylpyren og/eller Metylfluoranten								
1-Metylpyren								
Benzo(ghi)fluoranten								
Benzo(c)fenantren ***								
Benzo(a)antracen *	90	73						
Trifenylen/Chrysen *	186	175						
Benzo(b)fluoranten **	124	169						
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)	45	99						
Benzo(e)pyren *	89	72						
Benzo(a)pyren ***	22	21						
Perylen	8	5						
Indeno(1,2,3-cd)pyren *	18	19						
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracen *** 1)	5	4						
Picen								
Benzo(g,h,i)perylene	20	16						
Anthanthrene								
Coronen								
Sum	1114	858						
Derav KPAH	~170	~240						
% KPAH	~15	~28						
% Tørrstoff	15.4	15.2						

1)  
KPAH er summen av moderat (\*\*) og sterkt kreftfremkallende (\*\*\*) PAH i henhold til U.S. National Academy of Science (NAS, 1972). I summen \*\* + \*\*\* er det medregnet 50 % av benzo(j,k)fluoranten og dibenz(a,h/a,c)antracen, idet bare B<sub>(j)</sub><sup>F</sup> og DB(a,h)A er kreftfremkallende. Når PAH-innholdet i alle benzofluorantener er gitt som en sum, er 2/3 regnet som KPAH

Tabell A3. Disykliske og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i albuskjell (Patella vulgata) og strandsnegl (Littorina littorea) fra Fødafjorden 5-6/9 1984, µg/kg friskvekt. Albuskjellstasjoner: 1-4. Strandsneglstasjoner: 8.

PAH \ Stasjon	1	2	3	4	8
Naftalen	623				
2-Metylnaftalen	305				4
1-Metylnaftalen	234				
Bifenylnaftalen	255				
Acenaftylen	2600	20			18
Acenaften	369				10
4-Metylbifenylnaftalen	32	12			
Dibenzofuran	586				
Fluoren	668	12		13	12
9-Metylfuoren					
9,10-Dihydroantracen					
2-Metylfuoren	20		15		
1-Metylfuoren	12		16		16
Dibenzothiophen	51		118	13	7
Fenantren	916	137	1210	289	83
Antracen	141	38	78	38	17
Carbazole					
3-Metylfenantren					
2-Metylfenantren					
2-Metylantracen/metylantracen	18		15		
4,5-Metylfenantren					
4- og/eller 9-Metylfenantren					
1-Metylfenantren	7		60		10
Fluoranten	82	58	655	85	82
Pyren	50	40	330	50	38
Benzo(a)fluoren			24		
Benzo(b)fluoren			14		
4-Metylpyren					
2-Metylpyren og/eller Metylfuoranten					
1-Metylpyren			11		
Benzo(ghi)fluoranten					
Benzo(c)fenantren ***					
Benzo(a)antracen *	3	9	53	6	16
Trifenylen/Chrysen *	8	17	90	14	33
Benzo(b)fluoranten **	} ca. 10	11	40	} 5	16
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)		4	25		8
Benzo(e)pyren *					
Benzo(a)pyren ***	ca. 5	15	10	ca. 2	4
Perylen					
Indeno(1,2,3-cd)pyren *	ca. 3	8	7	4	ca. 5
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracen *** 1)					
Picen					
Benzo(g,h,i)perylen	ca. 3	ca. 6	ca. 5	ca. 4	ca. 2
Anthanthrene					
Coronen					
Sum	7001	387	2776	523	381
Derav KPAH	~10	~28	~63	~5	~25
% KPAH	10.3	~7	~2	~1	~7
% Tørrstoff	20.2	20.6	20.5	18.8	14.5

1) KPAH er summen av moderat (\*\*) og sterkt kreftfremkallende (\*\*\*) PAH i henhold til U.S. National Academy of Science (NAS, 1972). I summen \*\* + \*\*\* er det medregnet 50 % av benzo(j,k)fluoranten og dibenz(a,h/a,c)antracen, idet bare B<sub>(j)F</sub> og DB(a,h)A er kreftfremkallende. Når PAH-innholdet i alle benzofluoranthener er gitt som en sum, er 2/3 regnet som KPAH

Tabell A4. Metaller i torsk (Gadus morhua), skrubbe (Platichthys flesus) og taskekrabbe (Cancer pagurus), aug.-okt. 1984, mg/kg friskvekt. Blandprøver fra flere individer, antall angitt i parentes.

Art/prøvested	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn	Tørrv.%
TORSK, Innenfor Agnhlm. Gjeller (5) Filèt (5)	0.010 0.046	0.03 0.05	0.07 0.04	0.91 0.33	12.2 2.7	5.0 0.21	17.2 18.5
SKRUBBE, Innenfor Agnhlm. Gjeller (9) Filèt (9)	0.013 0.017	0.16 0.03	0.05 0.02	0.69 0.40	15.6 2.9	10.9 0.14	16.2 18.8
KRABBE 1) Innenfor Agnhlm Gjeller (8) Bløtdeler i skall (8)	0.036 0.038	4.0 0.04	0.28 1.09	27.3 20.1	50.1 46.4	317.0 20.4	10.9 29.3
KRABBE 1) Utenfor FEDA Gjeller (3)	0.022	0.04	0.09	21.1	28.7	3.3	10.6

1)

Alle krabber fra oktober.

Tabell A5 Metaller og fluor i bløretang (*Fucus vesiculosus*), grisetang (*Ascophyllum nodosum*) og spiraltang (*Fucus spiralis*) fra Fedafjorden 5-6/9 1984, mg/kg tørrvekt. (Forklaring av kjemiske tegn - se nedenfor).

Arter/Stasjoner	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	Co	Mn	Fe	Ti	F
<b>BLØRETANG</b>												
1 Vikane	0.04	1.2	0.6	3.7	78	2.4	3.9	0.4	98	45	4.3	
2 Skagelia		1.4	1.0	4.7	149	1.6	6.5	0.7	126	42	2.0	
4 Tarmevika/Andabeløya		0.7	0.9	6.5	103	1.0	2.9	0.4	215	214	3.2	
5 Sveignes		0.8	0.9	6.5	165	1.5	5.7	1.1	250	93	2.8	
6 Bines	0.05	0.6	1.5	8.0	86	2.0	4.0	1.1	210	94	2.6	
7 Kvina Verft		0.5	2.3	23.6	193	2.7	4.1	1.3	280	361	7.8	
<b>GRISSETANG</b>												
1 Vikane		0.4	0.9	3.1	59	3.1	1.1	0.4	23	27	4.1	
2 Skagelia												10.5
3 Rauholmen		0.3	0.9	>2	100	0.3	>0.8	>1	30	36		
4 Tarmevika/Andabeløya												5.2
<b>SPIRALTANG</b>												
8 Skarvenes		0.6	2.7	15.3	57	2.4	3.3	0.4	708	381	9.0	

1) Analysene ved NIVA, middel av 2 paralleller.

Hg: Kvikksølv Cd: Kadmium P: Bly Cu: Kobber Zn: Sink Cr: Krom Ni: Nikkel Co: Kobolt Mn: Mangan  
 Fe: Jern Ti: Titan F: Fluor



Tabell A 6. Metaller og fluor i blåskjell (Mytilus edulis) fra Fedafjorden 5-6/9 1984, mg/kg tørrvekt.  
 Analysert ved SI.

Stasjon:	% tørrst.	Hg	Cd	Pb	Cu	Zn	Cr	N <sub>1</sub>	Co	Mn	Fe	Ti	F
Nr 5 Sveigenes	9.0	0.018	2.1	9.8	26.9	183	4.5	2.5	1.1	121	340	7.4	25 <sup>1)</sup>
Nr. 6 Bines	6.8		1.8	5.1	24.2	209	7.1	3.3	1.3	166	366	14.0	
Nr. 8 Skarvenes	6.3		1.1	2.8	13.1	163	3.2	1.9	0.5	120	265	8.1	
Nr. 9 Ålhomma	9.5	0.018	1.4	4.3	14.7	169	7.2	2.2	0.7	77	228	5.3	
Nr. 11 Kvina	10.3		1.2	3.7	14.8	151	3.0	0.9	0.7	75	285	5.2	
Nr. 12 Teistedal	9.1		1.8	10.4	11.5	291	2.8	2.0	0.4	63	228	0.7	12.0

1) Usikker verdi på grunn av lite materiale.

Tabell A7. Klororganiske forbindelser i skrubbe (Platichthys flesus), torsk (Gadus morhua), taskekrabbe (Cancer pagurus) og blåskjell (Mytilus edulis) fra Fedafjorden august-oktober 1984, mg/kg friskvekt (også tørrvektsbasis for blåskjell). Blandprøver av flere eksemplarer (9 skrubber, 5 torsk, 8 krabber, 25-30 blåskjell).  
Analyser ved SI.

Art/Stasjon	% tørrstoff	PCB	HCB	γ BHC	p p DDE	EPOCl	% fett
SKRUBBE Innenfor Agnholmen	9.3	<0.02	<0.0003	<0.0003	<0.004	0.05	0.8
TORSK Innenfor Agnholmen	17.2	<0.01	<0.0003	<0.0003	<0.004	0.04	0.4
KRABBE. Innenfor Agnholmen	27.9	0.05	0.001	<0.003	0.02	0.5	10.2
BLÅSKJELL St 9 Ålhomma	16.9	0.01	<0.0002	0.001	<0.001	2.0	1.1
St13 Værtødna	13.3	0.007	<0.0002	0.0005	<0.001	1.2	0.7
St 9 tørrv. basis		0.06	<0.001	0.005	<0.005	11.8	
St13 tørrv. basis		0.05	<0.001	0.004	<0.005	8.9	

PCB: Polyklorerte bifenyler

HCB: Heksaklorbenzen

γ BHC: Lindan

p-p DDE: Nedbrytningsprodukt av DDT

EPOCl: Ekstraherbart, persistent organisk bundet klor