




0-90168

# PAH og metaller i fisk og muslinger fra Saudafjorden

1991-1992



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| Prosjektnr.:<br>O-90168 | Undernr.:       |
| Løpenr.:<br>2960        | Begr. distrib.: |

|  |   |  |   |  |
|--|---|--|---|--|
| <b>Hovedkontor</b><br>Postboks 69, Korsvoll<br>0808 Oslo 8<br>Telefon (47) 22 18 51 00<br>Telefax (47) 22 18 52 00 | <b>Sørlandsavdelingen</b><br>Televeien 1<br>4890 Grimstad<br>Telefon (47) 37 04 30 33<br>Telefax (47) 37 04 45 13 | <b>Østlandsavdelingen</b><br>Rute 866<br>2312 Ottestad<br>Telefon (47) 62 57 64 00<br>Telefax (47) 62 57 66 53 | <b>Vestlandsavdelingen</b><br>Thormøhlensgt 55<br>5008 Bergen<br>Telefon (47) 55 32 56 40<br>Telefax (47) 55 32 88 33 | <b>Akvaplan-NIVA A/S</b><br>Søndre Tollbugate 3<br>9000 Tromsø<br>Telefon (47) 77 68 52 80<br>Telefax (47) 77 68 05 09 |
|--|---|--|---|--|

|  |                                |                       |
|--|--------------------------------|-----------------------|
| Rapportens tittel:<br>PAH og metaller i fisk og muslinger fra Saudafjorden 1991 - 1992 | Dato:<br>17/11-93              | Trykket:<br>NIVA 1993 |
|  | Faggruppe:<br>Marin økologi    |                       |
| Forfatter(e):<br>Jon Knutzen<br>Lasse Berglind   | Geografisk område:<br>Rogaland |                       |
|  | Antall sider:<br>25            | Opplag:<br>60         |

|                               |                  |
|-------------------------------|------------------|
| Oppdragsgiver:<br>Elkem Sauda | Oppdragsg. ref.: |
|-------------------------------|------------------|

## Ekstrakt:

PAH-innholdet i blåskjell og o-skjell fra Saudafjorden viste fortsatt nedgang. Jevnført med i 1986 ble det registrert reduksjon på mer enn 99% i blåskjell og 95 - 99% i o-skjell fra indre/midtre fjord. De høyeste konsentrasjonene (i skjell fra havnebassenget) lå fremdeles i størrelsesordenen 30/100 ganger høyere enn et (nedjustert) "normalnivå". PAH-innholdet i filet av torsk var ubetydelig, mens konsentrasjonene i lever viste noe påvirkning. Blåskjell fra indre fjord hadde 6 - 8 ganger forhøyet manganinnhold, 2 - 3 ganger over-konsentrasjon av bly, men bare svake overkonsentrasjoner for kadmium og sink.

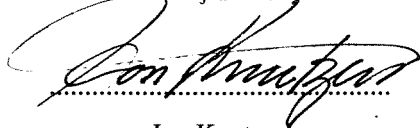
4 emneord, norske

1. PAH
2. Metaller
3. Overvåking
4. Industriutslipp

4 emneord, engelske

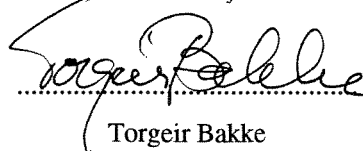
1. PAH
2. Metals
3. Monitoring
4. Industrial effluent

Prosjektleder



Jon Knutzen

For administrasjonen



Torgeir Bakke

ISBN82-577-2365-7

Norsk institutt for vannforskning

**O-90168**

**PAH OG METALLER I FISK OG MUSLINGER  
FRA SAUDAFJORDEN 1991 - 1992**

Oslo,

17. november 1993.

Prosjektleder:

Jon Knutzen

Medarbeider:

Lasse Berglind

## **Forord**

*Foreliggende undersøkelser er utført på oppdrag fra Elkem Sauda. Hovedkontakter hos oppdragsgiver har vært Anne Brit Opheim og siden Marit Torsvik. Prøveinnsamling er organisert av bedriften, som også har gitt opplysningene om utslipp fra behandlingsanlegget for vann fra røykgassrensingen.*

*Ved NIVA har Lasse Berglind vært ansvarlig for PAH-analysene, mens metallene er analysert ved rutineanalyaselaboratoriet/gruppen for atomabsorpsjonsspektrofotometri.*

*Oslo, 17. november 1993.*

*Jon Knutzen  
prosjektleder*

# Innhold

# Side

|  |    |
|--|----|
| FORORD   | 2  |
| 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER  | 4  |
| 2. BAKGRUNN OG FORMÅL  | 5  |
| 3. MATERIALE OG METODER  | 6  |
| 4. PAH I SKJELL OG FISK  | 12 |
| 6. ORIENTERENDE ANALYSER AV POLYKLORETE DIBENZOFURANER/DIBENZO-P-DIOKSINER (PCDF/PCDD) I BLÅSKJELL | 14 |
| 7. AVSLUTTENDE KOMMENTARER   | 14 |
| 8. REFERANSER  | 15 |
| VEDLEGG (Rådata)   | 17 |

# 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- I Overvåkingen av polisykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell og o-skjell fra Saudafjorden har fortsatt med analyse av 5 prøver i 1991 - 92 fra en stasjon i indre fjord og ved én registrering på et større antall stasjoner (ut til munningen av fjorden, - figur 1). I tillegg er det foretatt metallanalyser i skjell (2 ganger) og PAH-analyser i torsk fra indre og ytre fjord, samt en orienterende analyse av polyklorerte dibenzofuraner/dibenzo-p-dioksiner (PCDF/PCDD, "dioksiner") i blåskjell fra indre fjord.
- II I samsvar med utslippsreduksjonene har PAH-innholdet i blåskjell fra indre og midtre fjord avtatt med mer enn 99% siden 1986 (tabell 2). I o-skjell, som er mer eksponert for forurensede sedimenter (fra tidligere utslipp), har minskningen vært 95 - 99%.
- III Overkonsentrasjonene av PAH i skjell fra innerste stasjon - jevnført med (nedjustert) "antatt høyt bakgrunnsnivå" - var fremdeles i størrelsesordenen 30/100 ganger, henholdsvis i blåskjell og o-skjell. Konsentrasjonene falt imidlertid raskt utover i fjorden og var i midtre fjord redusert til 5/10 ganger. Pga. usikkerhet mht. "det diffuse bakgrunnsnivå" (dvs. utenfor innflytelse fra kjente punktkilder), er det vanskelig å si om det nåværende moderate utslipp vil kunne spores ut til fjordmunningen eller lenger (observasjoner i blåskjell mangler fra dette området).
- IV PAH-innholdet i filet av torsk var ubetydelig i prøvene fra både indre og ytre fjord, mens innholdet i lever vitnet om påvirkning, mest i fisken fra indre fjord (tabell 3). Også fiskens PAH-innhold var lavere enn registrert i 1986 - 87.
- V Skjell fra de to innerste stasjonene (< 2 km fra utslipp) viste fremdeles delvis forhøyede metallverdier; i blåskjell opp til 6 - 8 ganger for mangan, 2 - 3 ganger for bly, men bare svakt for sink og kadmium.
- VI Den orienterende analysen av PCDF/PCDD i blåskjell viste ingen tegn på dioksinforurensning fra nåværende utslipp. For å påvise eventuelle tidligere utslipp, må det analyseres sedimenter.
- VII Resultatene må vurderes av næringsmiddelmyndighetene mht. mulige justeringer av kostholds-råd. Slike lempninger synes med visse forbehold å være aktualisert i hvert fall for fisk i ytre del av fjorden.
- VIIIHvorvidt fortsatt overvåking har noen hensikt, bør avgjøres på grunnlag av:
- næringsmiddelmyndighetenes vurdering (bl.a. av behovet for å fastslå influensområdet for de reduserte utslipp)
  - utsiktene til og behovet for minsket belastning, spesielt når det gjelder PAH, men også metaller.

## 2. BAKGRUNN OG FORMÅL

Elkem Sauda har tidligere hatt store utslipp av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH). Dette har medført restriksjoner på bruk av spiselige organismer fra Saudafjorden. I gjeldende kostholdsråd av 13/3-1992 fra Statens Næringsmiddeltilsyn, advares det mot å spise skjell eller fiskelever fra området innenfor Åsnes (figur 1). Bedriften har også hatt betydelige utslipp av suspendert stoff, mangan og sink.

I henhold til analyser av avløpsvann fra behandlingsanlegg er utslippene redusert med 90 - 99% i perioden 1988 - 1992 (tabell 1). Tallene i tabellen baserer seg på analyser av døgnprøver for mangan, sink og suspendert stoff og på månedlige blandprøver for PAH. Analysene er delvis utført av bedriften selv, delvis av NIVA (PAH). Mangan og sink er analysert på filtrerte prøver (Whatman GF/C).

**Tabell 1.** Utslipp av PAH, mangan, sink og suspendert stoff fra Elkem Sauda 1988 - 1992, kg/døgn (middel/månedlig variasjon).

| ÅR    | PAH                | MANGAN          | SINK            | SUSP. STOFF       |
|-------|--------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 1988  | ≈ 9 (2 - 27)       | 94 (20 - 205)   | 20 (6 - 56)     | 1317 (600 - 2600) |
| 1989  | ≈ 7 (3 - 14)       | 15 (4 - 43)     | 10 (1.1 - 39)   | 1130 (150 - 2000) |
| 1990  | 1.1 (< 0.1 - 5.4)  | 4.5 (0.5 - 12)  | 4.6 (0.3 - 11)  | 219 (13 - 1050)   |
| 1991  | 0.25 (0.07 - 1.15) | 1.2 (0.4 - 3.5) | 2.2 (0.2 - 8.3) | 18 (9 - 48)       |
| 1992* | 0.13 (0.07 - 0.23) | 1.3 (0.8 - 2.4) | 2.1 (0.1 - 8.2) | 16 (9 - 26)       |

\* Produksjonsstans i desember (utslipp i bare 11 mnd.).

Observasjoner i 1990 viste betraktelig nedgang i blåskjells og o-skjells PAH-innhold, mens fremdeles overkonsentrasjoner i størrelsesorden min. 200 ganger, muligens mer i innerste del av fjorden (Knutzen, 1991a). Moderate overkonsentrasjoner (2 - 5 ganger) ble observert for bly, kadmium, sink og mangan i blåskjell.

Hovedhensikten med undersøkelsene i 1991 - 1992 har vært å tilveiebringe ajourførte opplysninger om tilstanden i fjorden og derved få et grunnlag for en revurdering og eventuell revisjon av ovennevnte kostholdsråd.

I tillegg er det i orienterende øyemed foretatt en analyse av polyklorerte dibenzofuraner/dibenzo-p-dioksiner (PCDF/PCDD, "dioksiner") i blåskjell. Den teoretiske mulighet for dannelsen av disse giftige stoffene ved ufullstendig forbrenning, gjør at det er et generelt behov for sonderende undersøkelser i smelteverksresipienter.

### 3. MATERIALE OG METODER

Prøvematerialet har bestått av lever og filet av torsk fra indre og ytre fjord (munningen av Hylsfjorden) og muslinger (blåskjell og o-skjell) fra stasjonene (figur 1):

- G1: Fyrlykt i havnebassenget
- G2: Ramsneset
- G5: Bukk innenfor Bølneset
- G8: Åsnes, mellom bukk med hytte og nes mot fjorden.

Prøvene av torsk er samlet inn i august 1992, mens skjellprøvene er fra 14/10-91 (st. G1, G2), 20/2-92 (G2), 25/5-92 (G2), 10/8-92 (G2) og 21/10-92 (alle stasjoner). Innsamlingen er organisert av Sauda Smelteverk og utført ved lokale medarbeidere.

De planlagte analyser av flatfisk fra indre fjord måtte utgå grunnet manglende fangst.

Av torsk er det fra indre fjord analysert blandprøver (lever og filet) av 10 fisk av middelvekt 518 g (442 - 613 g, 34 - 37 cm), fra ytre fjord blandprøver fra 20 stk. av middelvekt 581 g (367 - 820 g, 34 - 43 cm). Torsken hadde ingen ytre skader og leveren et normalt utseende med rødgul farge.

Blåskjellene er stort sett samlet på 3 - 4 (6) meters dyp. Blandprøvene er basert på 36 - 50 stk., overveiende i størrelsen 5 - 8 cm. Innsamlingsdypet for o-skjell har vært 10 - 15 m, og blandprøvene er opparbeidet av 10 (unntaksvis 5) skjell i størrelsen (11) 12 - 14 (15) cm.

PAH er analysert på gasskromatograf med splitless injektor og kapillarkolonne, tilkoblet masseselektiv detektor innstilt i SIM, slik at PAH identifiseres ut fra molekylionere og retensjonstid. Kvantifisering skjer ved hjelp av tilsetning av 7 deutererte PAH som indre standarder.

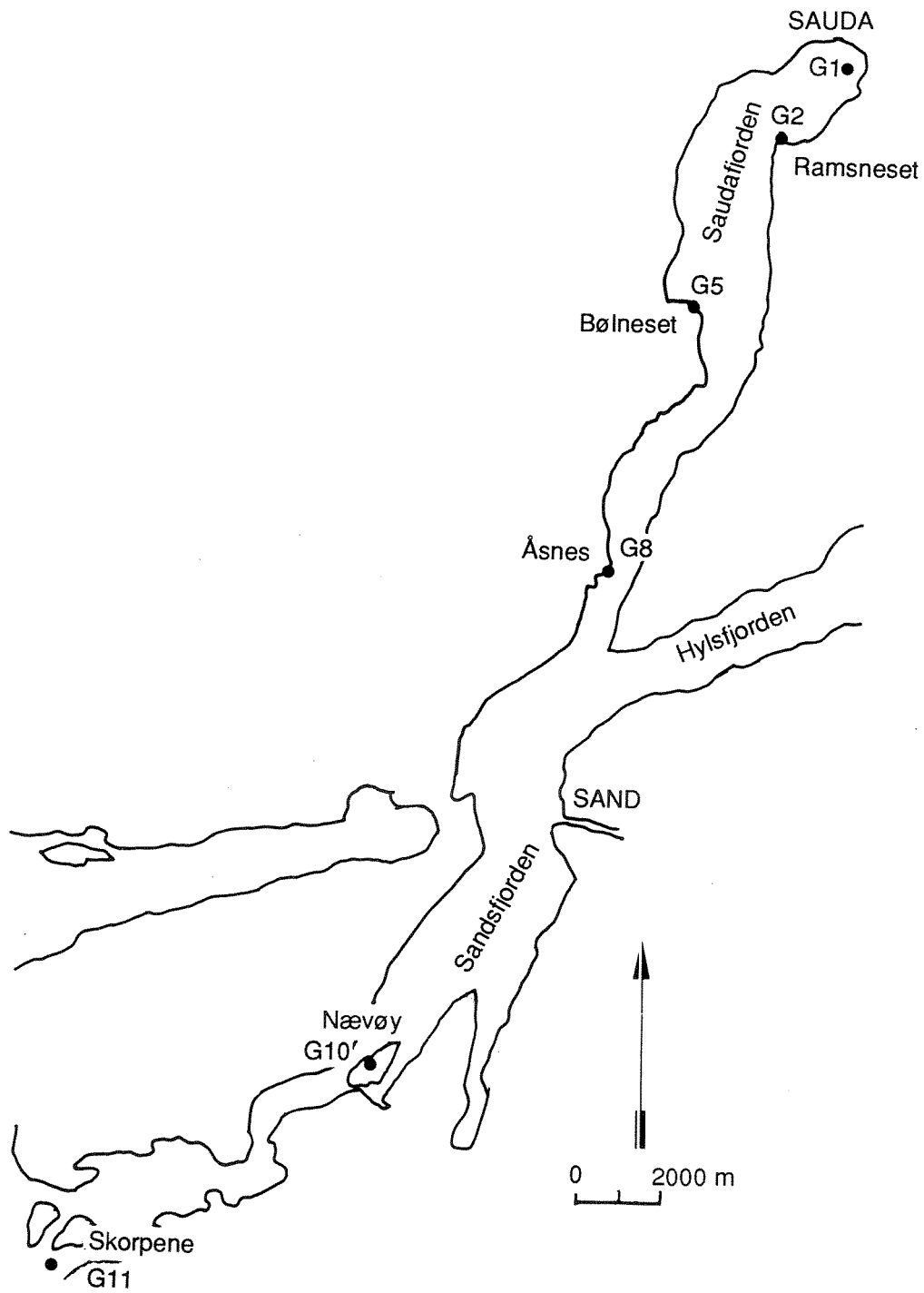
Metodikken kontrolleres bl.a. ved analyse av sertifisert referansemateriale av blåskjell (SRM 1974, NIST) og eget referansemateriale av o-skjell. Standardavvik for bestemmelse av enkeltforbindelse av PAH i biologiske prøver er i området 3 - 15% (middel < 10%). Deteksjonsgrensen for enkeltforbindelser er vanligvis ca. 0,2 µg/kg våtvekt.

Etter tining blir prøvene homogenisert, tilsatt de nevnte indre standarder og i hovedsaken opparbeidet/ekstrahert/renset etter Grimmer og Bøhnke (1975). Istedenfor 4 timers oppslutning i lut/metanol, er brukt 8 timer og påfølgende 30 minutters ekstraksjon i sykloheksan istedenfor 15 minutter.

For metallanalysene er en innveid subprøve av tint homogenisert oppsluttet med salpetersyre i autoklav ved 120°C og fortynnet med destillert og avionisert vann (Norsk Standard 4780, 1. utg. juni 1988). Bestemmelsen utføres på den klare væskefasen og skjer ved atomabsorpsjon i flamme eller grafittovn. Sink bestemmes ved atomabsorpsjon i flamme (NS 4770, NS 4773, 1. utg. mai 1980), mens mangan, bly, kadmium og kobber er bestemt ved flammeløs atomabsorpsjon (grafittovn) i henhold til NS 4780, NS 4781, 1. utg. juni 1988. Deteksjonsgrensene er 2,0/0,1/0,02 mg/kg våtvekt, henholdsvis for sink, bly/mangan/kobber og kadmium. Standardavviket ved analyse av paralleller er < 2% for sink og < 5 - 10% for de øvrige. Analyse kvaliteten kontrolleres mot sertifisert referansemateriale.

En orienterende analyse av polyklorerte dibenzofuraner/dibenzo-p-dioksiner (PCDF/PCDD) er utført ved NILU, ved metodikk bl.a. beskrevet hos Oehme et al. (1989).





**Figur 1.** Overvåkingsstasjoner for PAH i muslinger fra Saudafjorden/Sandsfjorden (1991 - 1992 bare i Saudafjorden ut til st. G8).

## 4. PAH I SKJELL OG FISK

Rådata fra disse analysene er gjengitt i vedlegg, mens hovedresultatene fremgår av tabell 2 (blåskjell og o-skjell) og tabell 3 (torsk). Av tabell 2 og figurene 2 - 3 ses også utviklingen fra det maksimale forurensningsnivået for PAH i muslinger som ble registrert i 1986 (Knutzen og Skei, 1988).

**Tabell 2.** PAH, KPAH <sup>1)</sup> og B(a)P <sup>2)</sup> i blåskjell (*Mytilus edulis*) og o-skjell (*Modiolus modiolus*) fra Saudafjorden 1986 - 1992,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. i.p. = ikke påvist.

| Stasjonnr. | År                 | Blåskjell     |               |               | O-skjell |       |       |
|------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|----------|-------|-------|
|            |                    | PAH           | KPAH          | B(a)P         | PAH      | KPAH  | B(a)P |
| St. G1     | 1986               | 278417        | 125606        | 23456         | 69498    | 37317 | 8202  |
|            | 1990               | 4310          | 2521          | 332           | 27811    | 13087 | 2383  |
|            | 1991               | 1996          | 634           | 109           | 6312     | 2843  | 446   |
|            | 1992               | 1621          | 523           | 92            | 4523     | 1762  | 295   |
| St. G2     | 1986               | 89553         | 44216         | 6173          | 60476    | 30740 | 5518  |
|            | 1990               | 589           | 243           | 10            | 4367     | 2847  | 464   |
|            | 1991               | 467           | 155           | 26            | 937      | 445   | 61    |
|            | 1992 <sup>3)</sup> | 332           | 145           | 23            | 498      | 224   | 35    |
| St. G5     | 1986               | 58276         | 23428         | 2401          | 13477    | 8309  | 1425  |
|            | 1990               | 841           | 179           | 6             | 2330     | 1399  | 157   |
|            | 1992               | 283           | 75            | 11            | 247      | 103   | 11    |
| St. G8     | 1986               | 11886         | 4086          | 89            | 1816     | 1238  | 94    |
|            | 1990               | 251           | 108           | i.p.          | 279      | 78    | 2     |
|            | 1992               | <sup>4)</sup> | <sup>4)</sup> | <sup>4)</sup> | 80       | 26    | 3     |

<sup>1)</sup> Sum av potensielt kreftfremkallende PAH etter IARC (1987).

<sup>2)</sup> Benzo(a)pyren, den mest kjente av KPAH.

<sup>3)</sup> Middell av 4 obs.

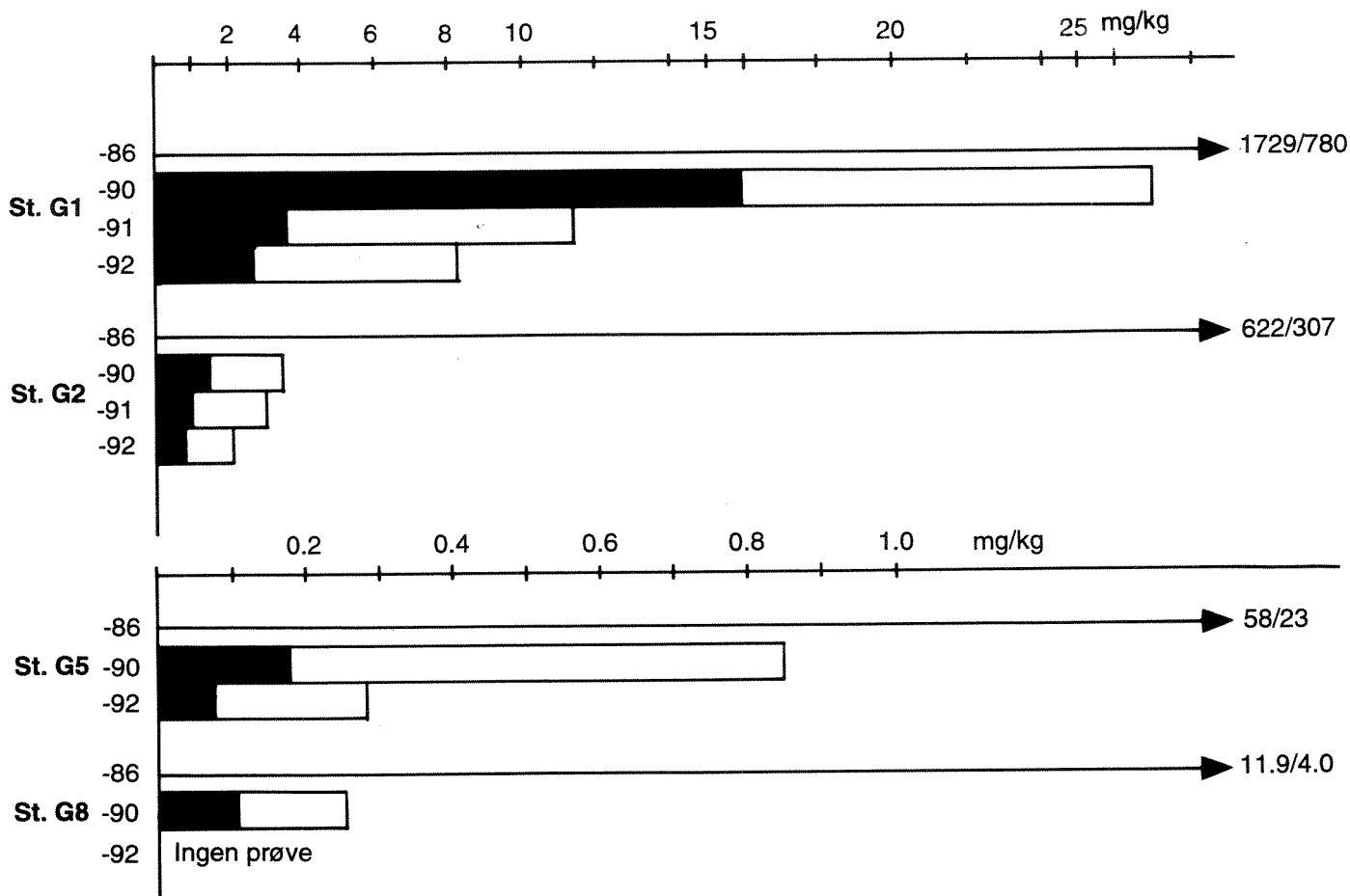
<sup>4)</sup> Ikke funnet blåskjell.

Fra 1986 er PAH-innholdet i blåskjell fra indre (st. G1, G2) og midtre fjord (st. G5) redusert med mer enn 99%. For o-skjell konstateres en svakt mindre reduksjon på 95 - 99%, men da også på stasjonen i fjordmunningen (st. G8). Konsentrasjonene av potensielt kreftfremkallende forbindelser (B(a)P og andre KPAH) har avtatt i samme grad.

Den noe større bedringen i blåskjell er rimelig ut fra de to artenes ulike levedyp. Blåskjell er generelt mest eksponert for overflatelaget og dermed de direkte utslipp, mens o-skjell fra noe større dyp kan påvirkes relativt mer av sedimenter der forurensningsnivået bare endres langsomt.

Tilførslene av PAH før 1988 må anses som usikre. Antas imidlertid samme belastning i 1986 som i 1988, ses ved sammenligning med tabell 1 at reduksjonen i skjellenes PAH-innhold er tilnærmet proporsjonal med minskningen i de direkte utslipp.

Gjenværende grad av PAH-forurensning i fjorden lar seg vanskelig fastslå eksakt, spesielt for de ytre områder. Grunnen er dels at man først i den senere tid har fått rutinemessige opparbeidelses- og analyseprosedyrer egnet til å registrere det "diffuse bakgrunnsnivå" (dvs. konsentrasjoner som er vanlige utenfor innflytelse fra punktkilder). En annen vanskelighet er at skjellene tar opp og skiller ut PAH relativt raskt; med halveringstider på for det meste 5 - 20 dager (Knutzen, 1989a med ref.). Dermed er skjellenes PAH-innhold ømfintlige for varierende belastning og episodiske påvirkninger f.eks. ved oppvirvling av forurensede sedimenter.



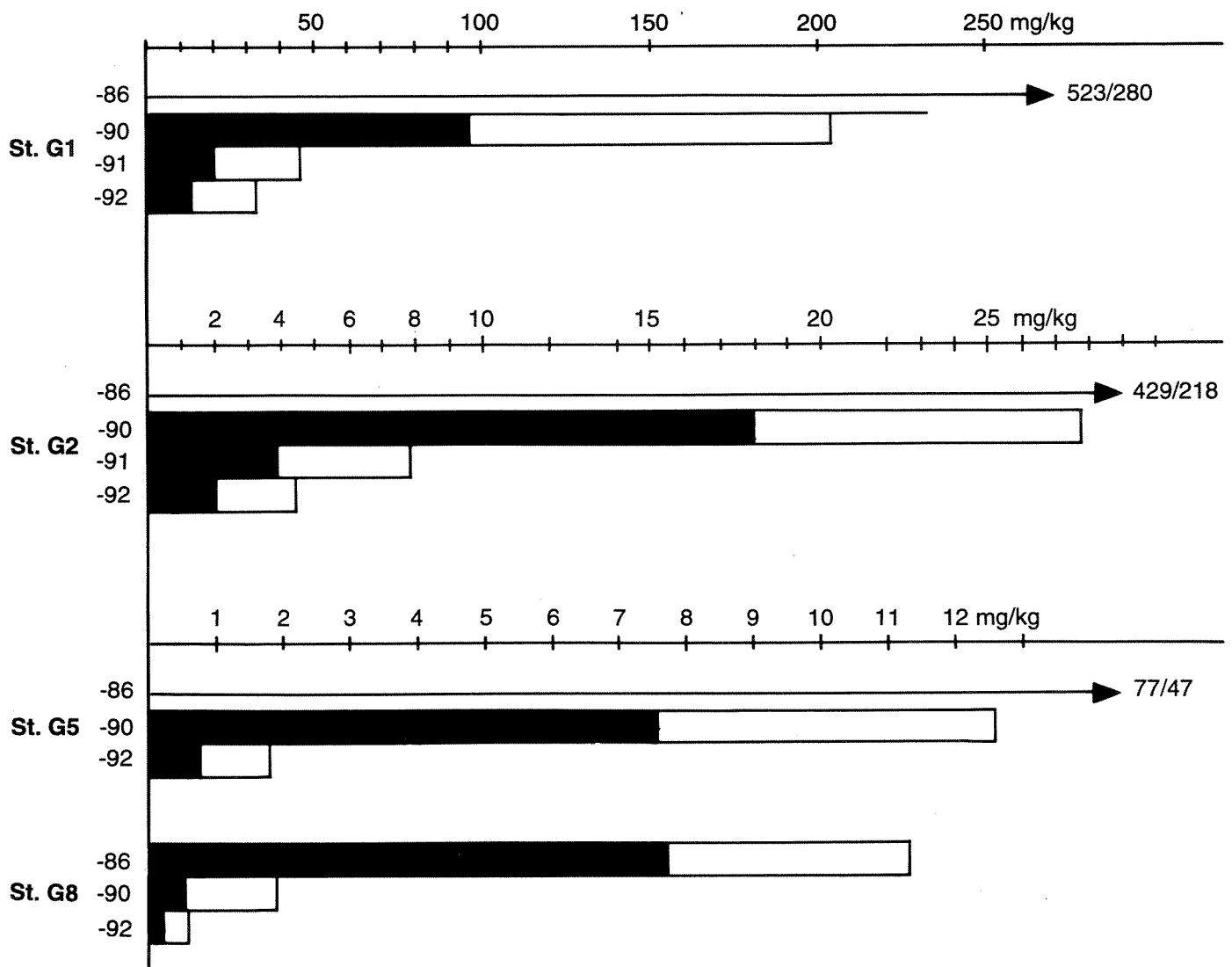
**Figur 2.** PAH og KPAH (sladdet) i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Saudafjorden 1986 - 1992, mg/kg tørrvekt.

En del senere data tyder på at det diffuse bakgrunnsnivå i blåskjell neppe ligger over 50 µg i PAH/kg våtvekt, til dels betydelig lavere (Varanasi et al., 1990, Næs et al., 1991 (st. B5), Holte et al., 1992, Konieczny og Knutzen, 1992, upubliserte NIVA-data fra Joint Monitoring Program innen Oslo/Paris kommisjonen).

Med et antatt bakgrunnsnivå på 50 µg/kg våtvekt i både blåskjell og o-skjell var det overkonsentrasjoner i 1992 på ca. 30 ganger i blåskjell og ca. 100 ganger i o-skjell fra den innerste stasjonen (tabell 2). Utover sank konsentrasjonene raskt, til overkonsentrasjoner på ca. 5 ganger i blåskjell (st. G5) og 10/2 ganger i o-skjell (st. G5/G8).

Om de nåværende reduserte utslipp vil kunne spores utenfor Saudafjorden, gir ikke resultatene grunnlag for å si noe sikkert om. Den moderate forurensningsgrad i o-skjell fra ytterste stasjon kan like gjerne stamme fra tidligere tilførsler lagret i gruntvannssedimenter. På den annen side ses av tabell 2 at nivået i blåskjell endret seg lite fra indre (st. G2) til midtre fjord (st. G5). For eventuelt å fastslå influensområdet må det analyseres blåskjell fra fjordmunningen og på minst en lokalitet lenger ut.

Av tabell 3 ses at PAH-innholdet i filet av torsk var lavt eller ikke detekterbart, henholdsvis i fisk fra indre og ytre fjord. Derimot var PAH tydelig påvisbart i lever og omkring 5 ganger høyere i fangsten fra indre fjord. I begge områder var det imidlertid moderat innhold av B(a)P og andre potensielt kreftfremkallende PAH. Både i filet og lever viste resultatene nedgang til mindre enn 1/10 av det som ble observert i 1986 - 87 (Knutzen og Skei, 1988). Til sistnevnte data knytter det seg imidlertid analysetekniske usikkerheter.



Figur 3. PAH og KPAH (sladdet) i o-skjell (*Modiolus modiolus*) fra Saudafjorden 1986 - 1992, mg/kg tørrvekt.

Tabell 3. PAH, KPAH og B(a)P i filet og lever av torsk (*Gadus morhua*) fra indre Saudafjorden og munningsområdet for Saudafjorden/Hylsfjorden august 1992, µg/kg våtvekt. i.p. = ikke påvist.

| Omr., vev          | PAH  | KPAH | B(a)P |
|--------------------|------|------|-------|
| <b>Indre fjord</b> |      |      |       |
| Filet              | 1.2  | i.p. | i.p.  |
| Lever              | 56.5 | 8.5  | 1.1   |
| <b>Ytre fjord</b>  |      |      |       |
| Filet              | i.p. | i.p. | i.p.  |
| Lever              | 9.1  | 3.6  | 0.7   |

Sikre avstandsgradienter i fisk er bl.a. vanskelige å få pga. usikkerhet som følge av fiskens vandring (se også nedenfor om PAH-profilen). Selv om leververdiene i torsk fra ytre område er lave, kan det ikke utelukkes en innflytelse. I tilfellet kan denne innflytelsen like gjerne være fra tidligere utslipp

(gjennom forurensede bunndyr som føde) som fra nåværende tilførsler.

Både for skjell og fisk er man igang med å kartlegge PAH-forekomsten i bare diffust belastede områder med henblikk på å få mer pålitelige referanseverdier enn det som hittil har vært benyttet.

Tabell 4 viser PAH-profilene i avløpsvann og de to muslingartene. Profilene er gitt ved % bidrag til sum PAH fra 4 grupper av PAH-forbindelser listet i rekkefølge etter økende molekylvekt og (stort sett) minskende løselighet.

Både for avløpsvann og o-skjell viser PAH-profilene stor grad av samsvar med data fra 1989 - 90 (Knutzen, 1991a), mens andelen av BA+T/C (tabell 4) i blåskjell synes å ha gått betydelig ned (fra i middel 45 til 26%).

Både blåskjell og o-skjell hadde en anrikning på tyngre og tungtløselige forbindelser (BFI/BP og IP/BPe og dermed KPAH) jevnført med avløpsvann og en tilsvarende underrepresentasjon av mer løselige forbindelser (F/Fl/P). Mest utpreget var tendensen i o-skjell, der det også har vært vanlig å observere en slik anrikning (bl.a. Knutzen, 1989b, 1991b). I blåskjell er en tilsvarende oppkonsentrering av tunge forbindelser mindre vanlig. At blåskjell fra Saudafjorden her skiller seg ut, kan ha sammenheng med at de i større grad enn i andre PAH-resipienter er eksponert til PAH-forurenset sediment på samme måte som o-skjell.

**Tabell 4.** Sammenligning av PAH-profil avløpsvann og skjell 1991 - 1992. Middell/standardavvik (variasjonsintervall) i utvalgte grupper %-bidrag til sum PAH.

|                      | AVLØPSVANN <sup>2)</sup> | BLÅSKJELL <sup>3)</sup> | O-SKJELL <sup>3)</sup> |
|----------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| F+Fl+P <sup>1)</sup> | 50/13 (30 - 73)          | 25/14 (12 - 43)         | 15/11 (7 - 38)         |
| BA+T/C               | 10/6 (4 - 19)            | 26/12 (7 - 41)          | 12/4 (8 - 21)          |
| BFI+BP               | 13/6 (4 - 24)            | 31/8 (20 - 44)          | 50/13 (25 - 67)        |
| IP+BPe               | 3/1.5 (2 - 6)            | 10/7 (3 - 22)           | 17/9 (3 - 31)          |
| SUM                  | 76/14 (52 - 91)          | 93/3 (86 - 97)          | 94/2 (92 - 97)         |
| KPAH                 | 16/8 (4 - 31)            | 36/7 (26 - 47)          | 42/7 (31 - 39)         |
| B(a)P                | 3.1/1.5 (1 - 6)          | 6.1/1.6 (4 - 9)         | 6/2 (3 - 8)            |
| B(e)P                | 3.4/1.6 (1.5 - 6)        | 13/5 (5 - 22)           | 19/13 (3 - 41)         |

1) F = Fenantren, Fl = Fluoranthen, P = Pyren, BA = Benz(a)antracen, T/C = Trifenylen/Chrysen, BFI = Benzo(b,j,k)fluoranten, BP = Benzo(a,e)pyren, IP = Indeno(1,2,3-cd)pyren, BPe = Benzo(ghi)perylene.

2) Perioden oktober 1991 - 1992. N = 9 (+ jan./febr. og juli/aug. 1992).

3) Alle stasjoner okt. 1991 - okt. 1992. N = 7/8 (blåskjell/o-skjell).

Selv om årsgjennomsnittsverdiene i stoffgruppene prosentbidrag til sum PAH i avløpsvann tyder på stor stabilitet, viser variasjonsintervallenes størrelse at de kortperiodiske fluktuationene er betydelige. Ytterligere markert blir dette ved betraktning av enkeltstoffer. Med relativt hurtig opptak og utskillelse, spesielt i fisk, men også i blåskjell og andre indikatorarter, er dette et kompliserende forhold ved sporing av kilder.

Fisk synes generelt dårlig egnet som indikator på PAH-forurensning pga. rask omsetning og utskillelse. Andelen av KPAH på nærmere 40% av totalinnholdet i lever av torsk fra ytre fjord mot vel 15% i fisken fra indre fjord (tabell 2), er ett av mange eksempler på vanskelig tolkbare data. Muligens bedre enn å analysere på PAH kan det være å analysere (stabilere) nedbrytningsprodukter

(Krahn et al., 1984) eller DNA-addukter (McElroy et al., 1989 med ref.). Imidlertid synes disse metodene innarbeidet som rutine bare ved relativt få laboratorier og lite utbredt innen overvåking. (DNA-addukter er assosiasjoner mellom nedbrytningsprodukter av forbindelser innen gruppen KPAH og det arvestoffbærende DNA-molekylet).

## 5. METALLER I SKJELL

Analyseresultatene fra 1991 - 1992 er vist i tabell 5 (våtvektsbasis), mens utviklingen i indre fjord fra 1986 fremgår av tabell 6 (tørrvektsbasis for å utligne for forskjeller i vanninnhold).

**Tabell 5.** Metaller i blåskjell og o-skjell fra indre Saudafjord oktober 1991 og oktober 1992, mg/kg våtvekt.

| ART/ST.          | ÅR                 | Pb                | Cd  | Zn  | Mn                | Cu  | % tørrv. |
|------------------|--------------------|-------------------|-----|-----|-------------------|-----|----------|
| <b>Blåskjell</b> |                    |                   |     |     |                   |     |          |
| St. G1           | 1991               | 0.5 <sup>1)</sup> | 0.3 | 42  | 38 <sup>1)</sup>  | -   | -        |
|                  | 1992               | 1.8               | 0.4 | 40  | 309 <sup>2)</sup> | 1.0 | 19.5     |
| St. G2           | 1991               | 0.9 <sup>1)</sup> | 0.4 | 39  | 29 <sup>1)</sup>  | -   | -        |
|                  | 1992               | 1.2               | 0.4 | 23  | 31                | 0.6 | 14.8     |
| <b>O-skjell</b>  |                    |                   |     |     |                   |     |          |
| St. G1           | 1992 <sup>3)</sup> | 18                | 4.7 | 314 | 160               | 8.6 | 13.7     |
| St. G2           | 1992 <sup>3)</sup> | 18                | 4.4 | 440 | 228               | 7.7 | 13.8     |

<sup>1)</sup> Reanalyserte verdier (ny subprøve av homogenisat), opprinnelige verdier for bly hhv. for st. G1 og G2 2.2 og 4.8, for mangan 37 og 60 mg/kg.

<sup>2)</sup> Reanalysert med samme resultat.

<sup>3)</sup> Reanalysert (ny subprøve av homogenisat) pga. generelt høyt metallinnhold. Ingen vesentlige forskjeller mellom opprinnelige og reanalyserte verdier.

**Tabell 6.** Metaller i blåskjell fra indre Saudafjord 1986 - 1992, mg/kg tørrvekt.

| ART/ST. | ÅR                 | Pb    | Cd    | Zn    | Cu   | Mn                 |
|---------|--------------------|-------|-------|-------|------|--------------------|
| St. G1  | 1990               | 20.8  | 5.2   | 377   | 13.2 | 152                |
|         | 1991 <sup>1)</sup> | ≈ 3.0 | ≈ 1.8 | ≈ 250 | -    | ≈ 225              |
|         | 1992               | 9.0   | 2.0   | 212   | 3.1  | 1580 <sup>2)</sup> |
| St. G2  | 1986               | 21.3  | 7.7   | 546   | 13.9 | 396                |
|         | 1990               | 14.0  | 2.6   | 305   | 14.6 | 115                |
|         | 1991 <sup>1)</sup> | ≈ 5.6 | ≈ 2.2 | ≈ 230 | -    | ≈ 175              |
|         | 1992               | 8.0   | 2.4   | 158   | 4.1  | 210                |

<sup>1)</sup> Antatt forhold tørrvekt : våtvekt = 1 : 6.

<sup>2)</sup> Se fotnote <sup>2)</sup> til tabell 5.

Bortsett fra den høye verdien på st. G1 i 1992, viste mangan i blåskjell 6 - 8 ganger høyere konsentrasjon enn "antatt høyt bakgrunnsnivå" (Knutzen og Skei, 1990, forbehold for mulig høyere innhold av Mn i brakkvannspregede områder). Øvrige metaller viste moderate overkonsentrasjoner (bly, 2 - 3 x), svake forhøyelser (sink, kadmium) eller normalt innhold (kobber). Ut fra det som er kjent om utslippene er det ikke mulig å si noe sikkert om hva den ene ekstremverdien av mangan kan skyldes. Verdien er bekreftet ved reanalyse på nytt uttak av homogenisat. Muligens kan forholdet ha sammenheng med vekslende mangankonsentrasjon og flekkvis fordeling av mangan over gruntvannssedimentene der blåskjellene er samlet (utløsning og utfelling av mangan i grensesjikt mellom reduserende og oksyderende lag).

O-skjellenes metallinnhold var generelt 5 - 10 ganger høyere enn i blåskjell, et resultat som ble bekreftet ved to reanalyser. Det er sparsomt med referanseverdier fra uberørte områder for o-skjell, men av Segar et al. (1971), Julshamn (1981) og Green et al. (1993) synes arten å ha til dels betydelig høyere naturlig innhold av alle de her aktuelle metallene enn blåskjell. Imidlertid er det sannsynlig at i hvert fall de registrerte verdier av bly og kadmium representerer overkonsentrasjoner.

Med forbehold for den høye manganverdien i blåskjell fra st. G1 i 1992, ses at det i hovedsaken er observert lavere metallinnhold i blåskjell fra 1991 - 1992 jevnført med 1986 og 1990 (tabell 6). For eventuelt å kunne gi noen sikrere utviklingstendenser trenges et betydelig fyldigere materiale og et opplegg som tillater en statistisk bearbeidelse. (For enkelte metaller (særlig bly) bør man ved sammenligning med eldre data også være oppmerksom på at sikkerheten i analysene har økt etter 1990).

## **6. ORIENTERENDE ANALYSER AV POLYKLO- RERTE DIBENZOFURANER/DIBENZO-P-DIOKSI- NER (PCDF/PCDD) I BLÅSKJELL**

Den orienterende analysen av blåskjell fra St. G2 i oktober 1992 viste et samlet innhold av TCDD-ekvivalenter (ekvivalenter av den giftigste av forbindelsene) på 0.26 ng/kg våtvekt. Dette er omtrent som høyt diffust bakgrunnsnivå langs norskekysten (NIVA/NILU, unpubl.) og viser dermed ingen nåværende belastning av betydning. Resultatet utelukker ikke mulige tidligere utslipp. For eventuelt å klargjøre dette trenges en tilsvarende orienterende analyse av sediment.

## **7. AVSLUTTENDE KOMMENTARER**

De observerte konsentrasjoner av PAH i fisk og muslinger må vurderes av næringsmiddelmyndighetene med henblikk på eventuell revisjon av de gjeldende kostholdsråd. Slike justeringer synes i hvert fall aktualisert for fisk, og muligens også for muslinger, fra det ytre området. Her mangler imidlertid en bekreftelse på de forventet lave verdiene i blåskjell.

Hvorvidt det har noen hensikt å fortsette overvåkingen, og i hvilket omfang, avhenger bl.a. av næringsmiddelmyndighetenes vurdering. Andre momenter kan være kontrollfunksjonen og spørsmålet om hvor langt nåværende belastning kan spores. For å belyse det siste trenges både blåskjellprøver samlet lenger ut enn st. G5 Bølneset og tilgang på de ovennevnte nye referansedata.

Hvis det er tvilsomt om videre reduksjon i direkte utslipp kan oppnås, vil kontrollfunksjonen primært bestå i å registrere eventuelle uhellsutslipp, ikke som i de senere år å følge utviklingen i resipienten ved stadig minskende belastning. Restbelastningen i form av avrenning fra deponier, episodisk oppvirvling av forurensede sedimenter, samt bidrag fra båttrafikk og avrenning fra land, kan muligens være tilstrekkelig til at noen videre forbedring mht. PAH i indre fjord (innenfor Ramsneset) ikke kan ventes på flere år (ved uttynning av forurensede sedimenter).



## 8. REFERANSER

- Green, N.W., J. Knutzen, L. Berglund og L. Golmen, 1993. Undersøkelse av miljøgifter i sediment og organismer fra Ranfjorden 1989 - 90. Rapport 516/93 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800310 (l.nr. 2872), 157 s. ISBN 82-577-2240-5.
- Grimmer, G. og H. Bøhnke, 1975. Polycyclic aromatic hydrocarbon profile analysis of high-protein foods, oils and fats by gas chromatography. J. AOAC 58: 725-733.
- Holthe, B., G. Bahr, B. Gulliksen, T. Jacobsen, J. Knutzen, K. Næs og E.Oug, 1992. Resipientundersøkelser i Tromsøysundet og Sandnessundet, Tromsøy kommune, 1991 - 1992. Organismesamfunn på bløtbunn, hardbunn, i fjæra, miljøgifter i bunnsedimenter og organismer og bakteriologiske undersøkelser. Rapport nr. 91247 fra Akvaplan-NIVA, 162 s.
- IARC (Int. Agency Res. Cancer), 1987. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs volumes 1 to 42. Supp. 7, Lyon, 440 s.
- Julshamn, K., 1981. Studies on major and minor elements in molluscs in Western Norway. IV The distribution of 17 elements in different tissues of oyster (*Ostrea edulis*), common mussel (*Mytilus edulis*) and horse mussel (*Modiolus modiolus*) from unpolluted waters. Fisk. Dir. Skr. Ser. Ernæring 1(5) 215-234.
- Knutzen, J., 1989a. PAH i det akvatiske miljø - opptak/utskillelse, effekter og bakgrunnsnivåer. NIVA-rapport O-87189/E-88445 (l.nr. 2205), 107 s. ISBN 82-577-1497-6.
- Knutzen, J., 1989b. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer 1987. Rapport 347/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-8000366 (l.nr. 2273), 34 s. ISBN 82-577-1572-7.
- Knutzen, J., 1991a. Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og metaller i blåskjell og o-skjell fra Saudafjorden/Sandsfjorden 1990. NIVA-rapport O-90168 (l.nr. 2582), 25 s. ISBN 82-577-1924-2.
- Knutzen, J., 1991b. Overvåking av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i o-skjell fra Årdalsfjorden 1990. NIVA-rapport O-899504/E-90446 (l.nr. F-529), 15 s. ISBN 82-577-1864-5.
- Knutzen, J. og J. Skei. 1988. Tiltaksorientert overvåking i Saudafjorden 1986 - 1987. Rapport 309/88 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800306 (l.nr. 2109), 50 s. ISBN 82-577-1388-0.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifisering av miljøkvalitet. NIVA-rapport O-862602 (l.nr. 2540), 139 s. ISBN 82-577-1855-8.

- Konieczny, R. og J. Knutzen, 1992. Overvåking av PAH i muslinger, snegl og fisk fra Sunndalsfjorden 1991- 1992. Rapport 504/92 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-91086 (l.nr. 2818), 28 s. ISBN 82-577-2214-6.
- Krahn, M.M., M.S. Myers, D.G. Burrows og D.C. Malins, 1984. Determination of metabolites of xenobiotics in bile of fish from polluted waterways. *Xenobiotica* 14: 633-646.
- McElroy, A.E., J.W. Farrington og J.M. Teal, 1989. Bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. S. 2 - 39 i U. Varanasi (red.): *Metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment*. CRC Press Boca Raton. 341 s.
- Næs, K., E. Oug, J. Knutzen og F. Moy, 1991. Resipientundersøkelse av Tromøysund. Bunn-sedimenter, organismer på bløt- og hardbunn, miljøgifter i organismer. NIVA-rapport O-89170 (l.nr. 2645), 104 s. ISBN 81-577-1986-2.
- Oehme, M., S. Manö, E.M. Brevik og J. Knutzen, 1989. Determination of polychlorinated dibenzofuran (PCDF) and dibenzo-p-dioxin (PCDD) levels and isomer patterns in fish, crustacea, mussel and sediment samples from a fjord region polluted by Mg-production. *Frezenius Z. Anal. Chem.* 335: 987-997.
- Segar, D.A., J.D. Collins og J.P. Riley, 1971. The distribution of the major and some minor elements in marine animals. Part II. Molluscs. *J.Mar. Biol. Ass. U.K.* 51: 131-136.
- Varanasi, U., S.-L. Chan, MacLeod et al., 1990. Survey of subsistence fish and shellfish for exposure to oil spilled from Exxon Valdez. - First year: 1989 NOAA Technical Memorandum NMFS F/NWC-191. National Oceanic and Atmospheric Administration, Seattle.

## **VEDLEGG**

**Rådata for PAH-analyser i skjell og fisk (NIVA)  
og for dioksinanalyser i blåskjell (NILU)**

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Saudafjorden  
 Oppdragsnr. : 90168  
 Prøver mottatt : 19.11.91  
 Lab.kode : MXP 1-4  
 Jobb.nr. : 92/7  
 Prøvetype : Bio.materiale  
 Kons. i : Ug/kg våtvekt  
 Dato : 21.4.92  
 Analytiker : Brg

1: St.1. Blå.sk. bøye ved kai <sup>14/10-91</sup> 4: St.2.O-sk. Rammsnes <sup>14/10-91</sup>  
 2: St.2.Blå.sk.Rammsnes " 5:  
 3: St.1. O-sk.bøye ved kai " 6:

| Parameter/prøve         | 1    | 2    | 3    | 4    | 5 | 6 |
|-------------------------|------|------|------|------|---|---|
| Naftalen                | 2    | 1    | 5    | 1    |   |   |
| 2-M-Naf.                | 3    | 2    | 3    | 1    |   |   |
| 1-M-Naf.                | 1    | 1    | 3    | 1    |   |   |
| Bifenyl                 | 2    | 1    | 4    | 1    |   |   |
| 2,6-Dimetylnaftalen     | 3    | 1    | 3    | 1    |   |   |
| Acenaftalen             | 5    | 2    | 58   | 2    |   |   |
| Acenaften               | 3    | 1    | 22   | 1    |   |   |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen  | 1    |      |      |      |   |   |
| Fluoren                 | 4    | 1    | 39   | 5    |   |   |
| Fenantren               | 88   | 12   | 315  | 7    |   |   |
| Antracen                | 16   | 2    | 97   | 4    |   |   |
| 1-Metylfenantren        | 8    | 2    | 11   |      |   |   |
| Fluoranten              | 231  | 57   | 1143 | 53   |   |   |
| Pyren                   | 155  | 32   | 501  | 8    |   |   |
| Benz(a)antracen*        | 252  | 70   | 670  | 50   |   |   |
| Chrysen                 | 563  | 119  | 686  | 70   |   |   |
| Benzo(b)fluoranten*     | 250  | 52   | 1102 | 214  |   |   |
| Benzo(j,k)fluoranten*   | x)   | x    | 530  | 77   |   |   |
| Benzo(e)pyren           | 216  | 62   | 380  | 279  |   |   |
| Benzo(a)pyren*          | 109  | 26   | 446  | 61   |   |   |
| Perylen                 | 23   | 4    | 89   | 6    |   |   |
| Ind.(1,2,3cd)pyren*     | 20   | 6    | 66   | 30   |   |   |
| Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1 | 3    | 1    | 29   | 13   |   |   |
| Benzo(ghi)perylene      | 38   | 12   | 110  | 52   |   |   |
| Coronen                 |      |      |      |      |   |   |
| Dibenzopyrener*         |      |      |      |      |   |   |
| SUM                     | 1996 | 467  | 6312 | 937  |   |   |
| Derav KPAH(*)           | 634  | 155  | 2843 | 445  |   |   |
| %KPAH                   | ~ 32 | ~ 33 | ~ 45 | ~ 47 |   |   |
| %Tørrstoff              | 17.6 | 15.2 | 13.7 | 11.6 |   |   |

Anm.: x) Innkudert benzo(b)fluoranten

\* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).

Sum av \* utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : SAUREP  
 Oppdragsnr. : 90168  
 Prøver mottatt : 2.4.92  
 Lab.kode : OKO 1-2  
 Jobb.nr. : 92/59  
 Prøvetype : Muslinger  
 Kons. i : Ug/kg våtvekt  
 Dato : 22.4.92  
 Analytiker : Brg

1: 0-skjell Rammsneset feb.-92 4:  
 2: Blåskjell Rammsneset feb.-92 5:  
 3: 6:

| Parameter/prøve            | 1   | 2    | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------------------------|-----|------|---|---|---|---|
| Naftalen                   | 6   | 11   |   |   |   |   |
| 2-M-Naf.                   |     |      |   |   |   |   |
| 1-M-Naf.                   |     |      |   |   |   |   |
| Bifenyl                    |     |      |   |   |   |   |
| 2,6-Dimetylnaftalen        |     |      |   |   |   |   |
| Acenaftylen                |     |      |   |   |   |   |
| Acenaften                  |     |      |   |   |   |   |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen     |     |      |   |   |   |   |
| Fluoren                    | 8   | 12   |   |   |   |   |
| Fenantren                  | 9   | 20   |   |   |   |   |
| Antracen                   |     |      |   |   |   |   |
| 1-Metylfenantren           |     |      |   |   |   |   |
| Fluoranten                 | 25  | 28   |   |   |   |   |
| Pyren                      | 74  | 24   |   |   |   |   |
| Benz(a)antracen*           | 39  | 76   |   |   |   |   |
| Chrysen                    | 53  | 53   |   |   |   |   |
| Benzo(b)fluoranten*        | 127 | 84   |   |   |   |   |
| Benzo(j,k)fluoranten*      | 54  |      |   |   |   |   |
| Benzo(e)pyren              | 132 | 74   |   |   |   |   |
| Benzo(a)pyren*             | 60  | 37   |   |   |   |   |
| Perylen                    | 15  |      |   |   |   |   |
| Ind. (1,2,3cd)pyren*       | 60  | 27   |   |   |   |   |
| Dibenz. (a, c/a, h)ant.* 1 | 27  |      |   |   |   |   |
| Benzo(ghi)perylene         | 61  | 27   |   |   |   |   |
| Coronen                    |     |      |   |   |   |   |
| Dibenzopyrener*            |     |      |   |   |   |   |
| SUM                        | 750 | 473  |   |   |   |   |
| Derav KPAH(*)              | 367 | 224  |   |   |   |   |
| %KPAH                      | ~49 | ~47  |   |   |   |   |
| %Tørrstoff                 | 9   | 14.8 |   |   |   |   |

\* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).  
 Sum av \* utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Saudafjorden  
 Oppdragsnr. : 90168  
 Prøver mottatt : 4.6.92  
 Lab.kode : QFM 1-2  
 Jobb.nr. : 92/95  
 Prøvetype : Muslinger  
 Kons. i : Ug/kg våtvekt  
 Dato : 14.8.92  
 Analytiker : Brg

1: Blåskjell st G2 Rammsneset 26.5.92 4:  
 2: O-skjell st G2 Rammsneset 26.5.92 5:  
 3: 6:

| Parameter/prøve         | 1     | 2     | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------|-------|-------|---|---|---|---|
| Naftalen                |       |       |   |   |   |   |
| 2-M-Naf.                |       |       |   |   |   |   |
| 1-M-Naf.                |       |       |   |   |   |   |
| Bifenyl                 |       |       |   |   |   |   |
| 2,6-Dimetylnaftalen     |       |       |   |   |   |   |
| Acenaftylen             |       |       |   |   |   |   |
| Acenaften               |       |       |   |   |   |   |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen  |       |       |   |   |   |   |
| Fluoren                 | 2.6   | 2.4   |   |   |   |   |
| Fenantren               | 11.6  | 5.8   |   |   |   |   |
| Antracen                | 2.3   | 3.7   |   |   |   |   |
| 1-Metylfenantren        |       |       |   |   |   |   |
| Fluoranten              | 6.5   | 19    |   |   |   |   |
| Pyren                   | 5.6   | 9.5   |   |   |   |   |
| Benz(a)antracen*        | 19    | 20    |   |   |   |   |
| Chrysen                 | 32    | 35    |   |   |   |   |
| Benzo(b)fluoranten*     | 25    | 75    |   |   |   |   |
| Benzo(j,k)fluoranten*   |       | 33    |   |   |   |   |
| Benzo(e)pyren           | 43    | 131   |   |   |   |   |
| Benzo(a)pyren*          | 17    | 35    |   |   |   |   |
| Perylen                 | 3.9   | 7.7   |   |   |   |   |
| Ind.(1,2,3cd)pyren*     | 8     | 30    |   |   |   |   |
| Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1 | 1.9   | 11    |   |   |   |   |
| Benzo(ghi)perylene      | 13    | 38    |   |   |   |   |
| Coronen                 |       |       |   |   |   |   |
| Dibenzopyrener*         |       |       |   |   |   |   |
| SUM                     | 191.4 | 456.1 |   |   |   |   |
| Derav KPAH(*)           | 70.9  | 204   |   |   |   |   |
| %KPAH                   | ~37   | ~45   |   |   |   |   |
| %Tørrstoff              | 18.7  | 12.1  |   |   |   |   |

\* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).  
 Sum av \* utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : SAUREP  
 Oppdragsnr. : 90168  
 Prøver mottatt : 25.8.92  
 Lab.kode : SGA 1-2  
 Jobb.nr. : 92/134  
 Prøvetype : Bio.materiale  
 Kons. i : Ug/kg våtvekt  
 Dato : 8.9.92  
 Analytiker : Brg

1: O-skjell. Saudafjorden st.G2, Ramsneset 10.8.92  
 2: Blåskjell. " " " "

| Parameter/prøve         | 1    | 2    | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------|------|------|---|---|---|---|
| Naftalen                | 5    | 6    |   |   |   |   |
| 2-M-Naf.                |      |      |   |   |   |   |
| 1-M-Naf.                |      |      |   |   |   |   |
| Bifenyl                 |      |      |   |   |   |   |
| 2,6-Dimetylnaftalen     |      |      |   |   |   |   |
| Acenaftylen             |      | 2    |   |   |   |   |
| Acenaften               |      |      |   |   |   |   |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen  |      |      |   |   |   |   |
| Fluoren                 | 4    | 1    |   |   |   |   |
| Fenantren               | 2    | 10   |   |   |   |   |
| Antracen                | 2    | 3    |   |   |   |   |
| 1-Metylfenantren        | 1    | 1    |   |   |   |   |
| Fluoranten              | 16   | 39   |   |   |   |   |
| Pyren                   | 2    | 33   |   |   |   |   |
| Benz(a)antracen*        | 8    | 109  |   |   |   |   |
| Chrysen                 | 20   | 33   |   |   |   |   |
| Benzo(b)fluoranten*     | 27   | 54   |   |   |   |   |
| Benzo(j,k)fluoranten*   | 14   |      |   |   |   |   |
| Benzo(e)pyren           | 118  | 75   |   |   |   |   |
| Benzo(a)pyren*          | 15   | 22   |   |   |   |   |
| Perylen                 | 2    | 6    |   |   |   |   |
| Ind.(1,2,3cd)pyren*     | 22   | 12   |   |   |   |   |
| Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1 | 5    | 4    |   |   |   |   |
| Benzo(ghi)perylene      | 28   | 26   |   |   |   |   |
| Coronen                 |      |      |   |   |   |   |
| Dibenzopyrener*         |      |      |   |   |   |   |
| SUM                     | 291  | 436  |   |   |   |   |
| Derav KPAH(*)           | 91   | 201  |   |   |   |   |
| %KPAH                   | ~ 31 | ~ 46 |   |   |   |   |
| %Tørrstoff              | 14   | 15.3 |   |   |   |   |

\* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).  
 Sum av \* utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Saudafjorden  
 Oppdragsnr. : 90168  
 Prøver mottatt : 4.11.92  
 Lab.kode : TGR 1-4  
 Jobb nr. : 92/182  
 Prøvetype : Biologisk materiale  
 Kons. i : Ug/kg våtvekt  
 Dato : 28.1.93  
 Analytiker : Brig

- 1: Blåskjell. G1. Bøye ved kai okt.-92  
 2: Blåskjell. G2. Ramsneset okt.-92  
 3: O-skjell.G1. Bøye ved kai okt.-92  
 4: O-skjell.G2. Ramsneset okt.-92  
 5:  
 6:

| Parameter/prøve         | 1    | 2    | 3    | 4    | 5 | 6 |
|-------------------------|------|------|------|------|---|---|
| Naftalen                |      |      |      |      |   |   |
| 2-M-Naf.                |      |      |      |      |   |   |
| 1-M-Naf.                |      |      |      |      |   |   |
| Bifenyl                 |      |      |      |      |   |   |
| 2,6-Dimetylnaftalen     |      |      |      |      |   |   |
| Acenaftylen             |      |      |      |      |   |   |
| Acenaften               |      |      |      |      |   |   |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen  |      |      |      |      |   |   |
| Fluoren                 | 6    | 1    | 14   | 3    |   |   |
| Fenantren               | 50   | 5    | 205  | 4    |   |   |
| Antracen                | 31   | 1    | 80   | 4    |   |   |
| 1-Metylfenantren        | 7    | 1    | 11   |      |   |   |
| Fluoranten              | 338  | 51   | 839  | 44   |   |   |
| Pyren                   | 303  | 27   | 612  | 17   |   |   |
| Benz(a)antracen*        | 56   | 24   | 306  | 27   |   |   |
| Chrysen/trifenylen      | 63   | 11   | 344  | 29   |   |   |
| Benzo(b)fluoranten*     | 91   | 17   | 430  | 66   |   |   |
| Benzo(j,k)fluoranten*   | 54   | 8    | 268  | 35   |   |   |
| Benzo(e)pyren           | 83   | 25   | 164  | 77   |   |   |
| Benzo(a)pyren*          | 92   | 14   | 295  | 30   |   |   |
| Perylen                 | 38   | 3    | 106  | 3    |   |   |
| Ind.(1,2,3cd)pyren*     | 177  | 14   | 313  | 72   |   |   |
| Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1 | 53   | 5    | 150  | 5    |   |   |
| Benzo(ghi)perylene      | 179  | 22   | 386  | 79   |   |   |
| Coronen                 |      |      |      |      |   |   |
| Dibenzopyrener*         |      |      |      |      |   |   |
| SUM                     | 1621 | 229  | 4523 | 495  |   |   |
| Derav KPAH(*)           | 523  | 82   | 1762 | 235  |   |   |
| %KPAH                   | 32.3 | 35.8 | 39.0 | 47.5 |   |   |
| %Tørrstoff              | 19.5 | 14.8 | 13.7 | 13.8 |   |   |

\* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).  
 Sum av \* utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.



NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Saudafjorden  
 Oppdragsnr. : 90168  
 Prøver mottatt : 30.10.92  
 Lab.kode : TFO 1-3  
 Jobb nr. : 92/187  
 Prøvetype : Biologisk materiale  
 Kons. i : Ug/kg våtvekt  
 Dato : 14.1.93  
 Analytiker : Brg

1: Blåskjell Bølneset 21.10.92  
 2: O-skjell Bølneset 21.10.92  
 3: O-skjell Åsnes 21.10.92  
 4:  
 5: O-skjell Bølneset 21.10.92 R E A N A L Y S E 30.4.93  
 6: O-skjell Åsnes 21.10.92 R E A N A L Y S E 30.4.93

| Parameter/prøve         | 1    | 2     | 3    | 4 | 5     | 6        |
|-------------------------|------|-------|------|---|-------|----------|
|                         |      |       |      |   |       | Reanalys |
| Naftalen                |      |       |      |   |       |          |
| 2-M-Naf.                |      |       |      |   |       |          |
| 1-M-Naf.                |      |       |      |   |       |          |
| Bifenyl                 |      |       |      |   |       |          |
| 2,6-Dimetylnaftalen     |      |       |      |   |       |          |
| Acenaftalen             | 2    | 1     | 0.3  |   | 1     |          |
| Acenaften               | 1    | 0.7   |      |   |       |          |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen  |      | 0.3   |      |   |       |          |
| Fluoren                 | 0.6  | 1     | 0.8  |   |       |          |
| Fenantren               | 6    | 2     | 0.8  |   | 2     | 0.9      |
| Antracen                | 2    | 1     | 0.4  |   | 2     | 0.4      |
| 1-Metylfenantren        | 1    | 0.3   | 0.2  |   | 0.4   | 0.2      |
| Fluoranten              | 81   | 14    | 4    |   | 22    | 6        |
| Pyren                   | 35   | 4     | 0.8  |   | 4     | 1        |
| Benz(a)antracen*        | 23   | 9     | 2    |   | 12    | 3        |
| Chrysen/trifenylen      | 20   | 9     | 4    |   | 19    | 7        |
| Benzo(b)fluoranten*     | 20   | 27    | 7    |   | 25    | 8        |
| Benzo(j,k)fluoranten*   | 8    | 14    | 4    |   | 16    | 4        |
| Benzo(e)pyren           | 35   | 63    | 30   |   | 68    | 33       |
| Benzo(a)pyren*          | 11   | 9     | 2    |   | 12    | 3        |
| Perylen                 | 1.6  | 0.9   | 0.2  |   | 1     | 0.3      |
| Ind.(1,2,3cd)pyren*     | 12   | 32    | 6    |   | 29    | 7        |
| Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1 | 0.8  | 10    | 2    |   | 10    | 3        |
| Benzo(ghi)perylene      | 22   | 35    | 8    |   | 35    | 8        |
| Coronen                 |      |       |      |   |       |          |
| Dibenzopyrener*         |      |       |      |   |       |          |
| SUM                     | 283  | 235.2 | 75.5 |   | 258.4 | 84.8     |
| Derav KPAH(*)           | 74.8 | 101   | 23   |   | 104   | 28       |
| %KPAH                   | 26.4 | 42.9  | 30.5 |   | 40.2  | 33.0     |
| %Tørrstoff              | 18.2 | 14.1  | 14.1 |   |       |          |

\* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).  
 Sum av \* utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Navn/lokalitet : Saudafjorden  
 Oppdragsnr. : 90168  
 Prøver mottatt : 21.10.92  
 Lab.kode : TCL  
 Jobb nr. : 92/172  
 Prøvetype : Biol.materiale  
 Kons. i : Ug/kg våtvekt  
 Dato : 21.1.93  
 Analytiker : Brg

1: Torskelever. Ytre Saudafjord august-92  
 2: Torskelever. Indre Saudafjord august-92  
 3: Torskefilet. Ytre Saudafjord august-92  
 4: Torskefilet.Indre Saudafjord august -92  
 5:  
 6:

| Parameter/prøve           | 1    | 2    | 3    | 4    | 5 | 6 |
|---------------------------|------|------|------|------|---|---|
| Naftalen                  |      |      |      |      |   |   |
| 2-M-Naf.                  |      |      |      |      |   |   |
| 1-M-Naf.                  |      |      |      |      |   |   |
| Bifenyl                   |      |      |      |      |   |   |
| 2,6-Dimetylnaftalen       |      |      |      |      |   |   |
| Acenaftalen               |      |      |      | 0.4  |   |   |
| Acenaften                 |      |      |      |      |   |   |
| 2,3,5-Trimetylnaftalen    |      |      |      |      |   |   |
| Fluoren                   |      | 7.4  |      |      |   |   |
| Fenantren                 | 1.3  | 2.2  |      | 0.2  |   |   |
| Antracen                  | 0.3  | 1.9  |      |      |   |   |
| 1-Metylfenantren          | 0.3  | 0.3  |      |      |   |   |
| Fluoranten                | 1.5  | 25   |      | 0.4  |   |   |
| Pyren                     | 0.5  | 3.9  |      | 0.2  |   |   |
| Benz(a)antracen*          | 0.4  | 0.6  |      |      |   |   |
| Chrysen/trifenylen        | 0.8  | 2.7  |      |      |   |   |
| Benzo(b)fluoranten*       | 1.3  | 3.5  |      |      |   |   |
| Benzo(j,k)fluoranten*     | 1.2  | 2.5  |      |      |   |   |
| Benzo(e)pyren             | 0.8  | 3.2  |      |      |   |   |
| Benzo(a)pyren*            | 0.7  | 1.1  |      |      |   |   |
| Perylen                   |      | 0.5  |      |      |   |   |
| Ind. (1,2,3cd)pyren*      |      | 0.8  | ?    |      |   |   |
| Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1) |      |      |      |      |   |   |
| Benzo(ghi)perylene        |      | 0.9  | ?    |      |   |   |
| Coronen                   |      |      |      |      |   |   |
| Dibenzopyrener*           |      |      |      |      |   |   |
| SUM                       | 9.1  | 56.5 | X    | 1.2  |   |   |
| Derav KPAH(*)             | 3.6  | 8.5  |      | 0    |   |   |
| %KPAH                     | 39.6 | 15   |      |      |   |   |
| %Tørrstoff                | 51.5 | 43.2 | 23.2 | 20.3 |   |   |

Anm.: deteksjonsgrense 0.2 ug/kg våtvekt

X) Ingen PAH ble påvist i denne prøven i høyere kons enn 0.2 ug/kg  
 \* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor  
 mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier  
 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).  
 Sum av \* utgjør KPAH.

1) Bare (a,h)-isomeren.

PCDF- OG PCDD-ANALYSERESULTATER

|                 |                               |
|-----------------|-------------------------------|
| PRØVENUMMER     | 92/1287                       |
| PRØVEART        | Blåskjell st.G.2              |
| OPPDRAGSGIVER   | NIVA                          |
| PRØVEBETEGNELSE | Ramsneset, Sandafj.<br>okt.92 |
| PRØVEMENGDE     | 40g                           |
| MÅLEENHET       | pg/g                          |
| DATAFILES       | BD001/BD003                   |

<: PÅVISNINGSGRENSER VED SIGNAL/STØYFORHOLD 3:1  
 2,3,7,8-TEQ ETTER NORDISK MODELL  
 PÅVISNINGSGRENSER INKLUDERT I BEREGNING AV 2,3,7,8-TEQ

| KOMPONENT               | KONSENTR. | GJENVIN.<br>% | 2378-TEQ |
|-------------------------|-----------|---------------|----------|
| 2378-tetra-CDF          | 0.72      | 79            | 0.07     |
| SUM Tetra-CDF           | 4.74      |               |          |
| 12378/12348-penta-CDF   | 0.15      |               | 0.00     |
| 23478-penta-CDF         | 0.18      | 72            | 0.09     |
| SUM Penta-CDF           | 1.51      |               |          |
| 123478/123479-heksa-CDF | 0.10      | 104           | 0.01     |
| 123678-heksa-CDF        | 0.05      |               | 0.01     |
| 123789-heksa-CDF        | 0.01      |               | 0.00     |
| 234678-heksa-CDF        | 0.05      |               | 0.01     |
| SUM Heksa-CDF           | 0.55      |               |          |
| 1234678-hepta-CDF       | 0.08      | 62            | 0.00     |
| 1234789-hepta-CDF       | 0.01      |               | 0.00     |
| SUM Hepta-CDF           | 0.13      |               |          |
| Okta-CDF                | 0.18      | 80            | 0.00     |
| SUM DIBENZOFURANER      | 7.11      |               |          |
| 2378-tetra-CDD          | 0.03      | 97            | 0.03     |
| SUM Tetra-CDD           | 1.07      |               |          |
| 12378-penta-CDD         | 0.05      | 76            | 0.03     |
| SUM Penta-CDD           | 0.45      |               |          |
| 123478-heksa-CDD        | 0.03      |               | 0.00     |
| 123678-heksa-CDD        | 0.05      | 114           | 0.01     |
| 123789-heksa-CDD        | 0.03      |               | 0.00     |
| SUM Heksa-CDD           | 0.59      |               |          |
| 1234678-hepta-CDD       | 0.29      | 56            | 0.00     |
| SUM Hepta-CDD           | 0.68      |               |          |
| Okta-CDD                | 1.13      | 120           | 0.00     |
| SUM DIBENZODIOKSINER    | 3.92      |               |          |
| SUM 2378-TCDD-EKV.      |           |               | 0.26     |

% Fett : 1.3

---

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo  
Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2365-7