

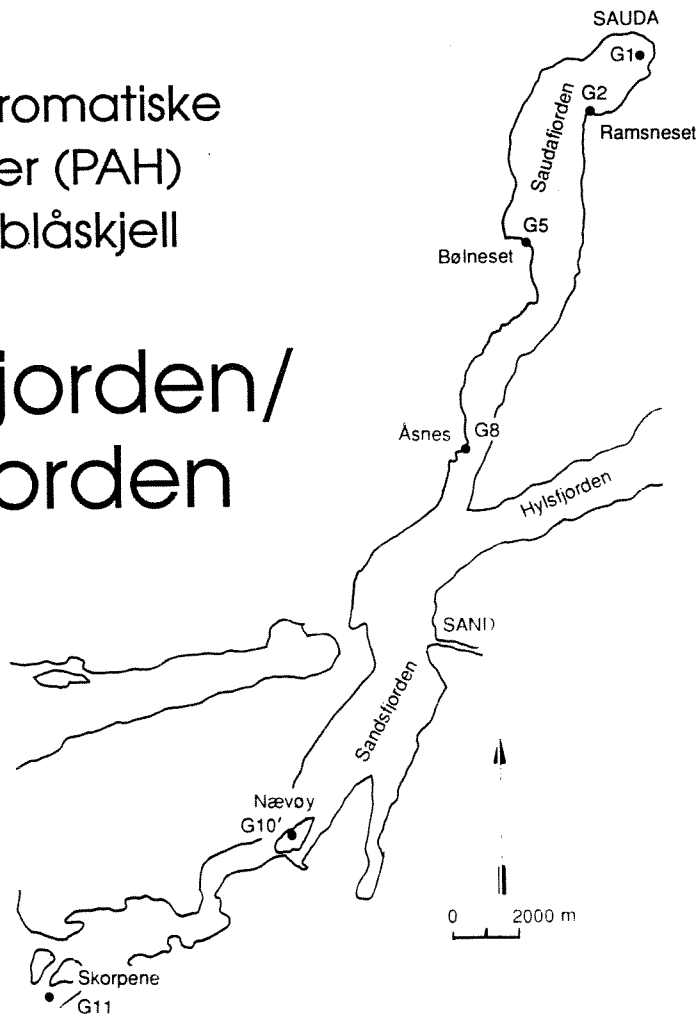


O-90168

Polysykliske aromatiske  
hydrokarboner (PAH)  
og metaller i blåskjell  
og oskjell fra

# Saudafjorden/ Sandsfjorden

1990



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

<b>Hovedkontor</b>	<b>Sørlandsavdelingen</b>	<b>Østlandsavdelingen</b>	<b>Vestlandsavdelingen</b>
Postboks 69, Korsvoll	Televeien 1	Rute 866	Breiviken 5
0808 Oslo 8	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5035 Bergen - Sandviken
Telefon (47 2) 23 52 80	Telefon (47 41) 43 033	Telefon (47 65) 76 752	Telefon (47 5) 95 17 00
Telefax (47 2) 39 41 89	Telefax (47 41) 44 513	Telefax (47 65) 78 402	Telefax (47 5) 25 78 90

Prosjektnr.:
O-90168
Undernummer:
Løpenummer:
2585
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel:	Dato:
Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og metaller i blåskjell og o-skjell fra Saudafjorden/Sandsfjorden 1990.	12/6-91
Forfatter (e):	Faggruppe:
Jon Knutzen	Marinøkologisk
	Geografisk område:
	Rogaland
	Antall sider (inkl. bilag):
	25

Oppdragsgiver:	
Sauda Smelteverk A/S.	

**Ekstrakt:**  
PAH-innholdet i blåskjell og o-skjell fra Saudafjorden og Sandsfjorden var i 1990 betraktelig lavere enn i 1986, og utslippet fra Sauda Smelteverk lot seg ikke med sikkerhet spore lenger enn til munningen av Saudafjorden. Innerst i Saudafjorden var det imidlertid fremdeles overkonsentrasjoner i størrelsesordenen opp til 100 - 200/20 - 40 ganger, henholdsvis for i o-skjell og blåskjell. Moderate overkonsentrasjoner av bly, kadmium, sink og mangan ble registrert i blåskjell.

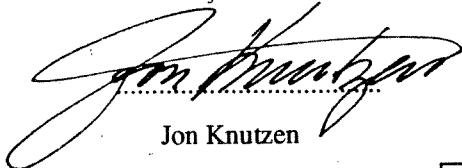
4 emneord, norske

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

4 emneord, engelske

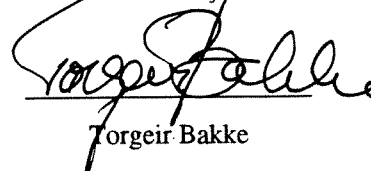
1. PAH
2. Metals
3. Industrial effluent
4. Monitoring
5. Indicator species

Prosjektleder



Jon Knutzen

Før administrasjonen



Torgeir Bakke

ISBN 82-577-1924-2

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

0-90168

**Polysykliske aromatiske hydrokarboner  
(PAH) og metaller i blåskjell og o-skjell  
fra Saudafjorden/Sandsfjorden 1990**

Oslo, 12/6-91.

Prosjektleder: Jon Knutzen  
Medarbeider : Lasse Berglind

(liv)jok-90168

<b>INNHold</b>	<b>SIDE</b>
FORORD	3
1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
2. BAKGRUNN OG FORMÅL	6
3. MATERIALE OG METODER	8
4. RESULTATER OG DISKUSJON	11
4.1 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	11
4.2 Metaller	17
5. OPPSUMMERENDE KOMMENTARER	19
6. LITTERATUR	21
VEDLEGGSTABELLER (Rådata, PAH)	23

## FORORD

Den foreliggende undersøkelse er utført på oppdrag fra Sauda Smelteverk A/S (brev av 23/8 1990). Hovedkontakt hos oppdragsgiver har vært leder av avdelingen for Helse, miljø og sikkerhet, Jan Rob.

Dykkerne Ordin H. Skorpa og Tore Abotnes og båtfører Arild Gusdal, takkes for assistanse ved innsamlingen av prøver.

Ved NIVA har Lasse Berglind vært hovedansvarlig for PAH-analysene, mens metallanalysene er foretatt på instituttets rutineanalyse-laboratorium. Frank Kjellberg har opparbeidet skjellprøvene.

NIVA, 12/6-91.

Jon Knutzen  
prosjektleder

## 1. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

I For å få ajourførte data om tilstanden i Saudafjorden/Sandsfjorden etter utslippsreduksjoner i september 1990 ved Sauda Smelteverk, er det analysert på innholdet av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH, "tjærestoffer") i o-skjell og blåskjell fra fire prøvesteder i Saudafjorden og to prøvesteder i Sandsfjorden (fig. 2).

Blåskjellene er også analysert på metallinnhold.

II I begge artene av muslinger er det registrert betydelig mindre PAH-innhold enn i 1986 (fig. 3, 4).

Utslippet lot seg ikke med sikkerhet spore lenger ut enn til omkring munningen av Saudafjorden, mot tidligere mer enn 35 km fra kilden.

Reduksjonen i PAH-innhold var mest markert i blåskjell, samsvarende med at belastningen i første omgang vil avta mest for dyr på grunt vann når utslippet reduseres. O-skjell, som vokser dypere, vil i større grad påvirkes av forurensninger lagret i sedimentet.

III I indre fjord (fra Ramsneset og innover) var det overkonsentrasjoner (jevnført med "bakgrunnsnivået" i størrelsesordenen 20 (40) - 100 (200?) ganger i o-skjell og 3 (5) - 20 (40?) ganger i blåskjell.

IV For metaller ble det funnet følgende ca. overkonsentrasjoner i blåskjell fra Saudafjorden:

Kadmium:	1 - 3 X
Bly :	1 - 5 X
Sink :	1 - 2 X
Mangan :	2 - 5 X

For mangan ble det funnet en forventet avtagende tendens med økende avstand fra kilden, mens variasjonen var mer uregelmessig for de øvrige. At det er registrert "normalverdier" midtfjords, men overkonsentrasjoner i skjell fra fjordmunningen (tabell 3), har ikke latt seg forklare.

I skjell fra indre/midtre fjord var metallkonsentrasjonen noe lavere enn observert i 1986. Dette gjaldt også ytre fjord, med

unntak for sink (tabell 4).

Skjellene fra prøvestedene i Sandsfjorden viste ingen unormale metallverdier.

- V Næringsmiddelmyndighetene må vurdere eventuelle konsekvenser for kostholdsråd fra 1989, som også omfatter begrensninger på bruk av skjell fra Sandsfjorden.
- VI For å dokumentere en stabil utslippssituasjon, vil det være nødvendig med fortsatt grundig kontroll i form av avløpsvannanalyser på særlig PAH, men også metaller (bly, kadmium, sink, mangan).

For å dokumentere at utslippsreduksjonene fortsetter å ha gunstig effekt i resipienten og eventuelt få oppfylt næringsmiddelmyndighetenes krav til å trekke tilbake kostholdsråd, vil det være påkrevet med videre overvåking av PAH i muslinger (og eventuelt bunnfisk).

## 2. BAKGRUNN OG FORMÅL

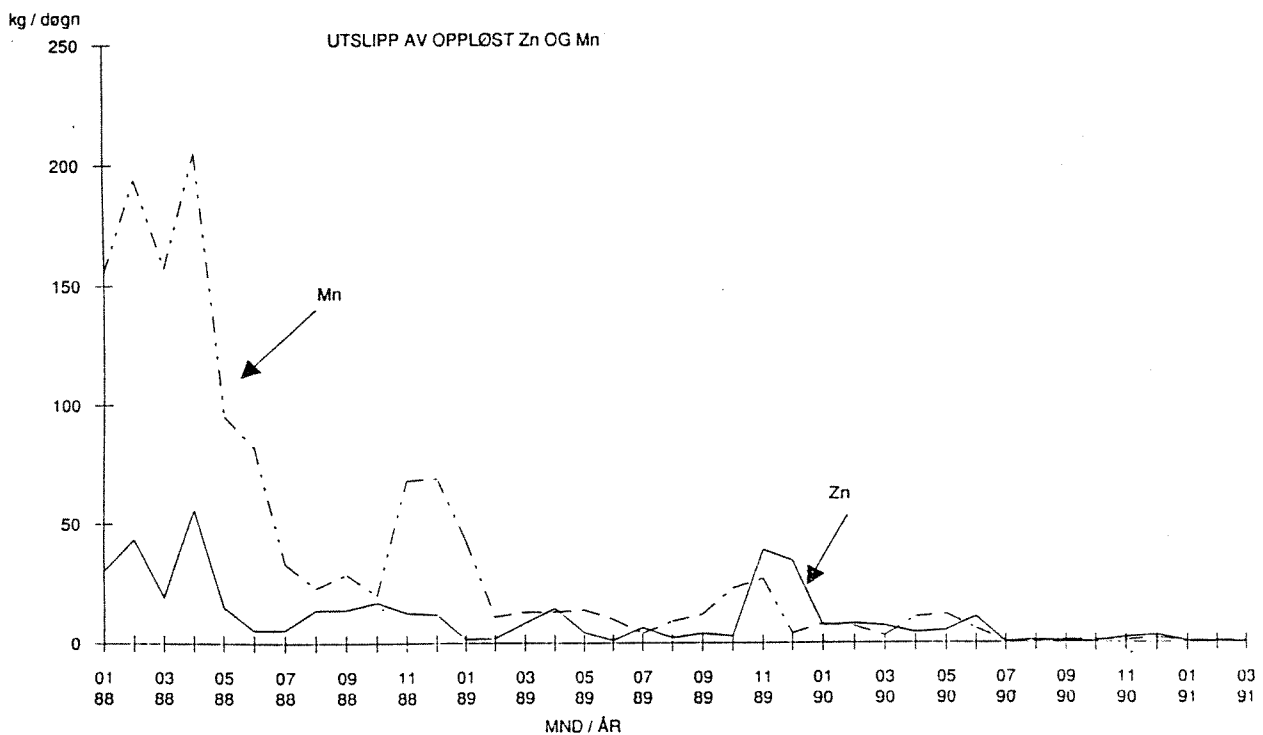
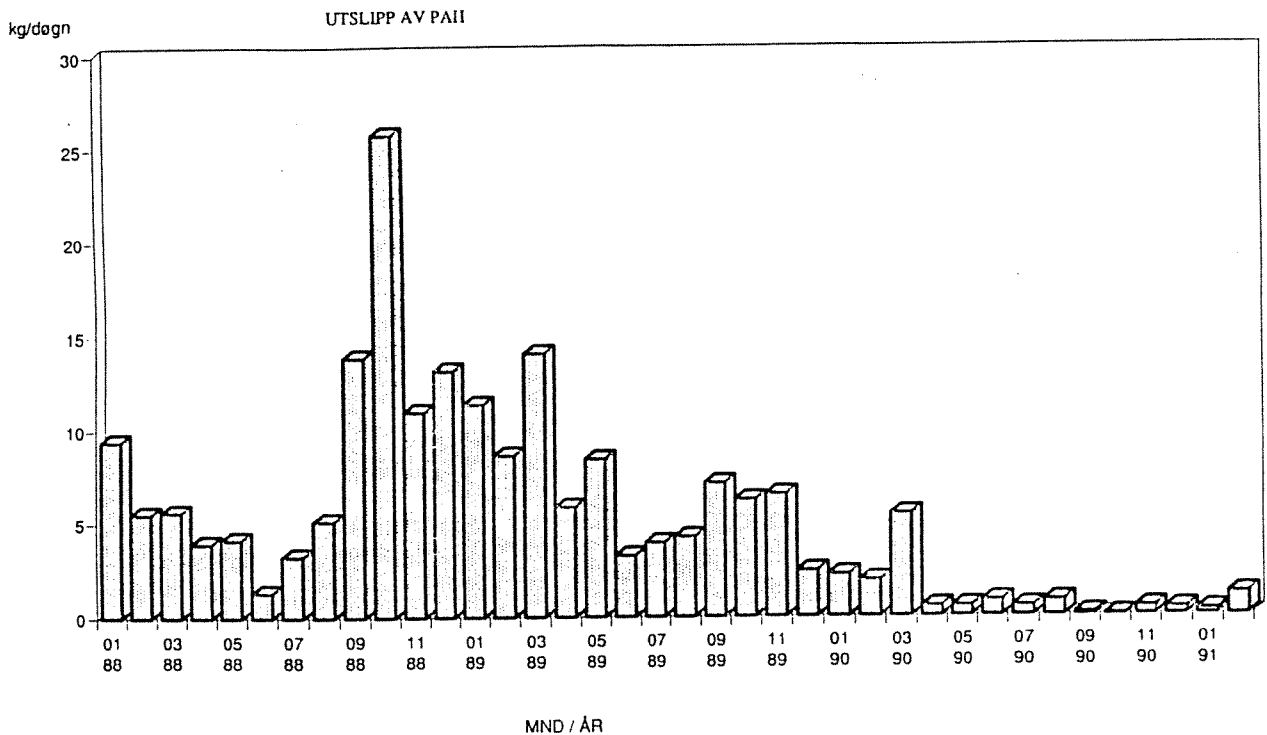
Det er tidligere registrert meget høye konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH, "tjærestoffer") i sedimenter og skjell fra Saudafjorden og Sandsfjorden (Knutzen og Skei, 1988). Det ble også konstatert forhøyet innhold i fisk av disse stoffene. Da PAH inkluderer en gruppe potensielt kreftfremkallende forbindelser (IARC, 1987), legger dette begrensninger på utnyttelsen av skjell og fisk til mat og på etablering av oppdrettsanlegg. SNT (Statens Næringsmiddeltilsyn) ga 11/7 1989 følgende kostholdsråd: "Skjell og fiskelever fra Sauda, Hylsfjorden og Sandsfjorden bør ikke spises".

I henhold til bedriftens rapporter til SFT, basert på analyser av månedblandprøver i utløp fra vannbehandlingsanlegg, er utslippet av PAH blitt betraktelig redusert fra 1990 (fig. 1). Mens det fra vannbehandlingsanlegget i 1988 - 1989 kom i størrelsesordenen 3 - 3.5 tonn PAH/år, var dette i første halvår 1990 redusert til vel 0.7 årstonn og for siste halvår ca. 0.2 årstonn. Anslag for årene før (Knutzen og Skei, 1988) må anses usikre. I tillegg til ovennevnte tall må man regne med diffuse tilførsler fra et forurenset nedbørfelt.

Også utslippene av mangan og sink fra vannrenseanlegget er markert redusert (fig. 1).

På bakgrunn av den reduserte belastning ønsket Sauda Smelteverk å få ajourført opplysningene om tilstanden i fjorden mht. innholdet av primært PAH i muslinger, men også metaller. Formålet med undersøkelsen er m.a.o. å se i hvilken grad minsket belastning har gitt utslag i skjellenes innhold av miljøgifter ved å sammenligne med tidligere data.





Figur 1. Utslipp av PAH, oppløst mangan og sink fra vannbehandlingsanlegget til Sauda Smelteverk 1988 - 1990, kg/døgn. (Opplysninger fra bedriften).

### 3. MATERIALE OG METODER

Blåskjell (Mytilus edulis) og o-skjell (Modiolus modiolus) er innsamlet fra følgende lokaliteter (fig. 2):

- St. G1: Holmen med lykt i havnebasseng.  
24 blåskjell, for det meste 6 - 7 cm, 3 - 4 m dyp.  
5 o-skjell, 11 - 13 cm, 10 - 15 m dyp.
- St. G2: Ramsneset.  
19 blåskjell, 6 - 9 cm, fra 2 - 3 m dyp.  
5 o-skjell, 11 - 13 cm, fra 6 m og nedover.
- St. G5: Bølneset, bukten innenfor neset.  
6 blåskjell, 6 - 8 cm, 5 - 6 m (liten forekomst).  
5 o-skjell, 12 - 14 cm, 10 - 11 m.
- St. G8: Åsnes, mellom bukt med hytte og nes mot fjorden.  
50 blåskjell, mest 4 - 5 cm, 2 - 3 m dyp.  
5 o-skjell, 13 - 15 cm, ca. 15 m.
- St. G10: Nævøy (Sandsfjorden). Stasjon flyttet fra liten bukt med hytte og brygge (Knutzen og Skei, 1988) til større bukt lenger inn.  
50 blåskjell, 4 - 5 cm, 2 - 5 m dyp.  
5 o-skjell, 12 - 13 cm, fra 8 - 10 m.
- St. G11: Ved Skorpene (Sandsfjorden).  
50 blåskjell, 3 - 5 cm.  
o-skjell: Ikke funnet.

Som man ser, var det ikke alltid mulig å få samlet inn 50 blåskjell til en standard blandprøve.

Etter innsamling er prøvene oppbevart nedfrost til opparbeidelse og deretter fryst ned igjen inntil analyse.

Både o-skjell og blåskjell er analysert på PAH, ut fra forskjellig eksponering pga. levestedet (blåskjell i nedre del av brakkevannslaget, o-skjell dypere), og dertil noe ulike akkumuleringsegenskaper (se bl.a. Knutzen og Skei, 1988 og Knutzen, 1989a).

Metallinnholdet er bare analysert i blåskjell.

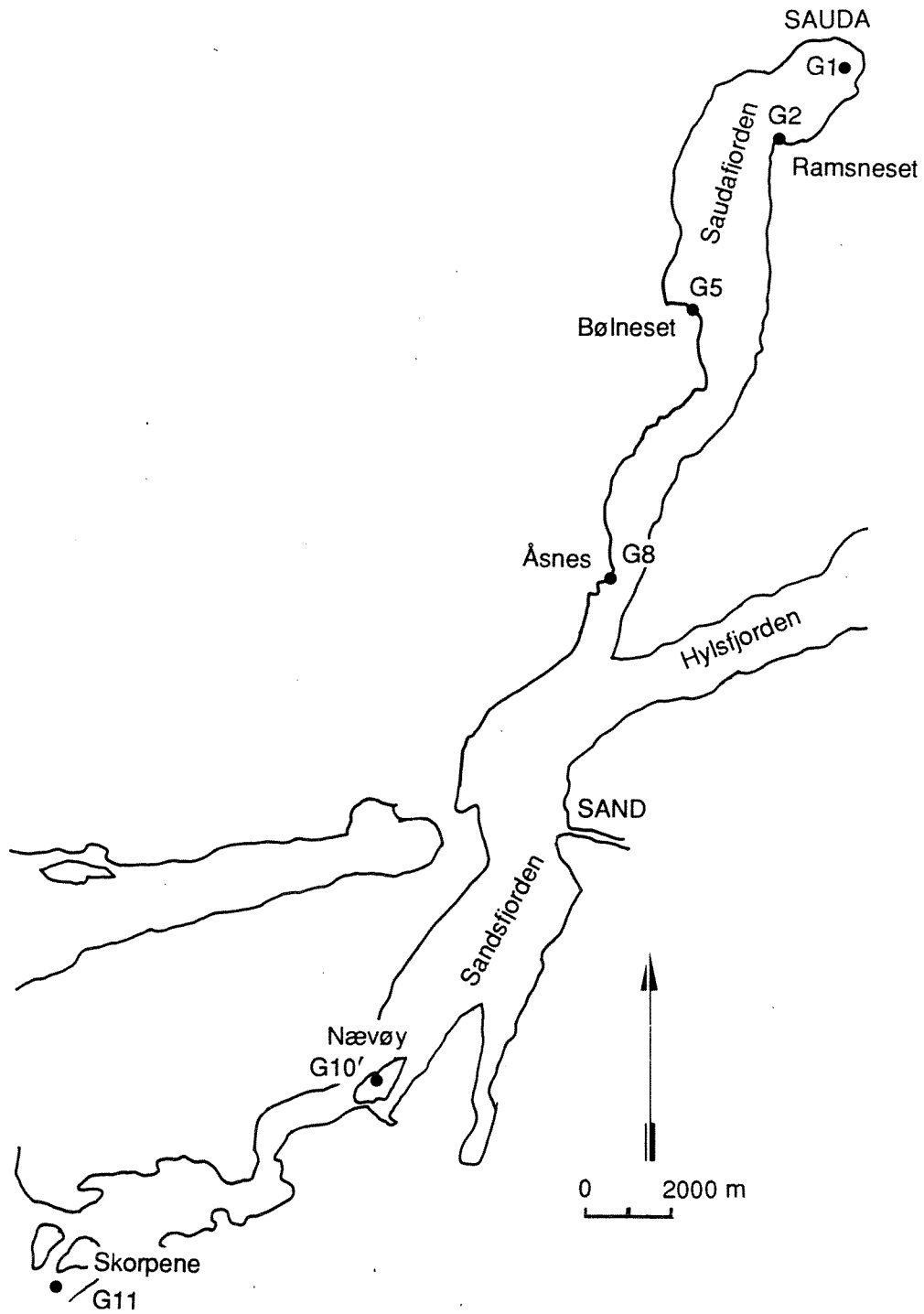
PAH er analysert på gasskromatograf med splitless injektor og

9

kapillarkolonne, tilkoblet en masseselektiv detektor innstilt i SIM, slik at PAH identifiseres ut fra molekylionene og retensjonstid. Kvantifisering skjer ved hjelp av de tilsatte indre standarder (deutererte naftalen, fenanten, chrysen).

Etter tining er prøvene homogenisert, tilsatt de nevnte indre standarder og opparbeidet/ekstrahert/renset, i hovedsak modifisert etter Grimmer og Böhnke (1975). Istedetfor 4 timers oppslutning i lut/metanol, er brukt 8 t og påfølgende 30 istedetfor 15 min. ekstraksjon i sykloheksan.

Metallanalysene er foretatt etter oppslutning ( $120C^0$ ) i konsentert salpetersyre og fortynning med destillert og avionisert vann (Norsk Standard 4780 1. utg. juni 1988). Sink bestemmes med atomabsorpsjon i flamme, NS 4770, NS 4773, 1. utg. mai 1980), mens kadmium, bly, kobber, mangan, krom, nikkel, jern, kobolt og vanadium er bestemt ved flammeløs atomabsorpsjon (grafittovn) i henhold til NS 4780, NS 4781, 1. utg. juni 1988.



Figur 2. Stasjoner for blåskjell og o-skjell i Saudafjorden/Sandsfjorden 3-4/9 1990.

## 4. RESULTATER OG DISKUSJON

### 4.1 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Rådata for disse analyser (våtvektsbasis) er gjengitt i vedleggstabellene A1 (blåskjell) og A2 (o-skjell).

Hovedresultatene, sammenstilt i tabell 1 og illustrert i fig. 3 - 5, viser at:

- PAH-innholdet i blåskjell (fig. 3) og o-skjell (fig. 4) har avtatt betraktelig siden 1986.
- I begge arter faller konsentrasjonen bratt med økende avstand fra kilden, og et tilnærmet "normalnivå" ble nådd ved munningen av Sandsfjorden.
- I indre fjord (innenfor Ramsneset) var det fremdeles overkonsentrasjoner i størrelsesordenen 20 - (40) - 100 (200?) ganger i o-skjell, mens det i blåskjell var 3 (5) - 20 (40?) ganger et antatt "høyt bakgrunnsnivå".

Tabell 1. PAH, KPAH<sup>1</sup> og benzo(a)pyren (B(a)P) i blåskjell og o-skjell fra Saudafjorden og Sandsfjorden 3-4/9-90,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  friskvekt. (I parentes angitt % KPAH og B(a)P av sum PAH).

	PAH	KPAH (%)	B(a)P (%)	% tørrv.
<b>BLÅSKJELL</b>				
St. G1 Havnebasseng	4310	2521 (59)	332 (7.5)	15.9
St. G2 Ramsneset	589	243 (41)	10 (1.7)	16.4
St. G5 Bølneset	841	179 (21)	6 (0.7)	16.7
St. G8 Åsnes	251	108 (43)	-	12.1
St. G10 Nævøy	87	57 (66)	1 (1.1)	13.7
St. G11 Skorpene	31	3 (10)	-	14.1
<b>O-SKJELL</b>				
St. G1 Havnebasseng	27811	13087 (47)	2383 (8.5)	13.6
St. G2 Ramsnes	4367	2847 (65)	464 (11)	15.7
St. G5 Bølneset	2330	1399 (60)	157 (6.5)	18.5
St. G8 Åsnes	279	78 (28)	2 (0.7)	15.0
St. G10 Nævøy	37	9 (23)	0.4 (1.1)	17.2

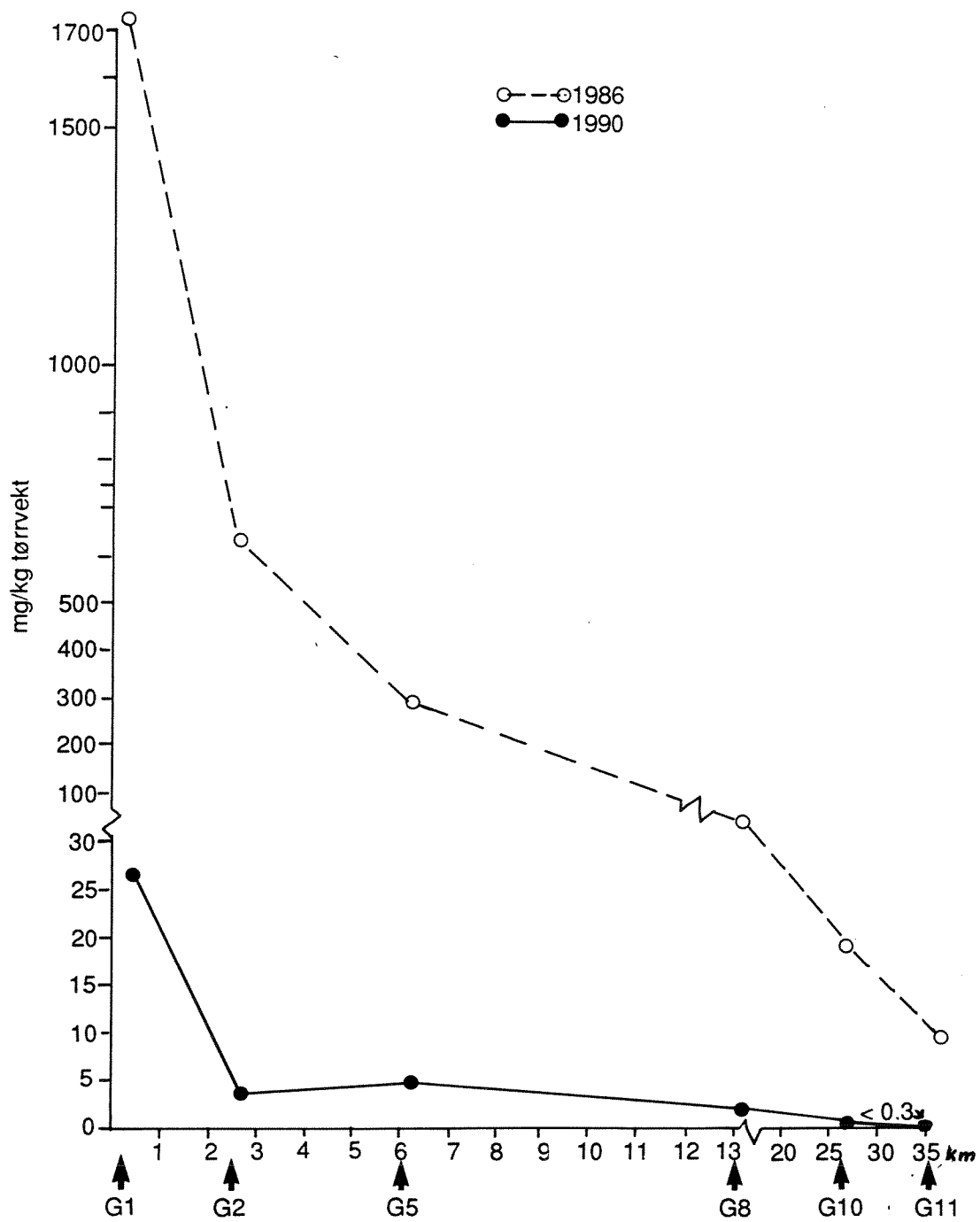
<sup>1</sup>) KPAH er summen av potensielt kreftfremkallende PAH i henhold til IARC (1987).

De nevnte overkonsentrasjoner og influensområdet størrelse bør ikke tas for bokstavelig og er muligens underestimert.

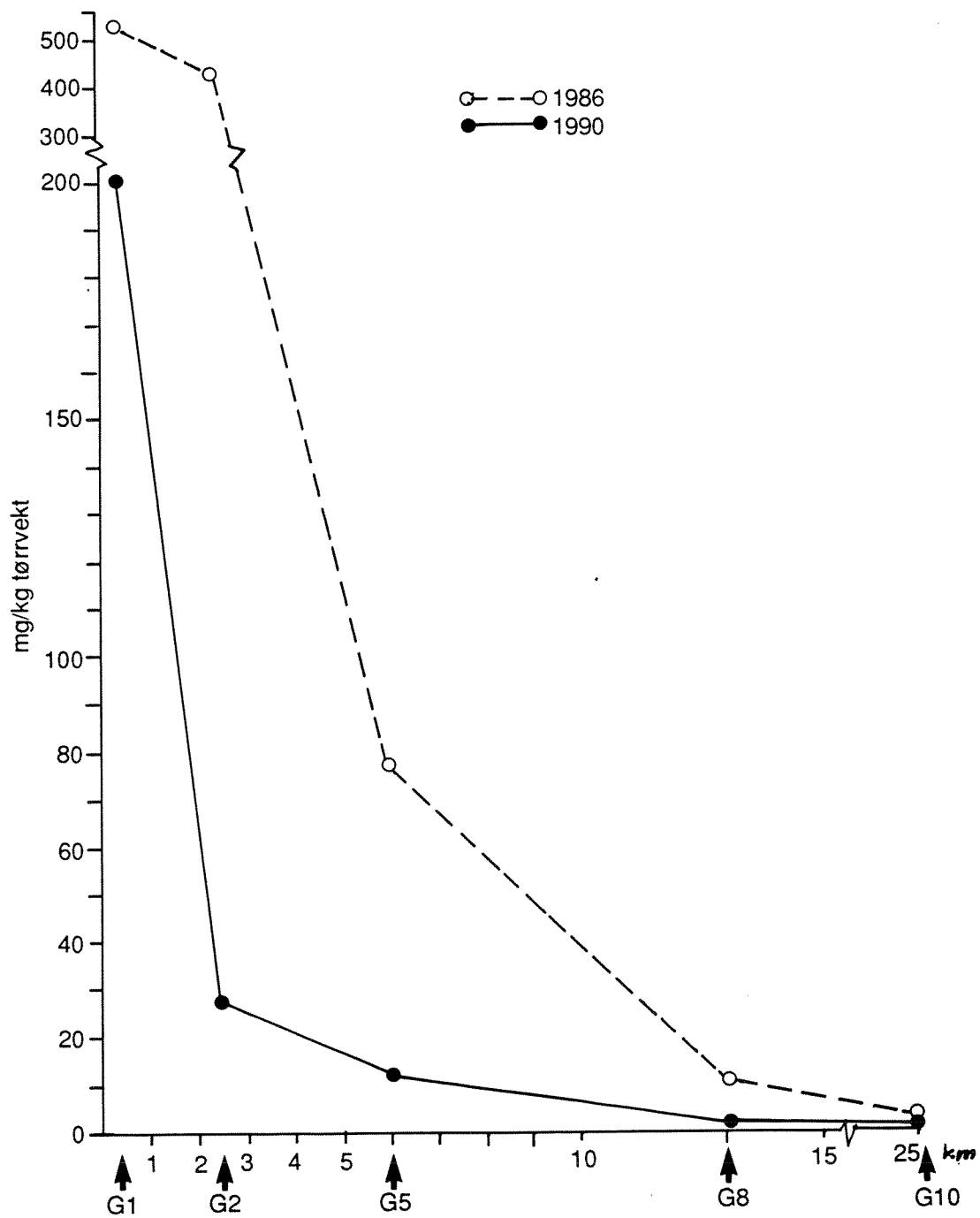
Angivelsene bygger på erfaringsmateriale fra norske og utenlandske undersøkelser frem til 1988, som antydte at selv bare ved diffus belastning (ingen identifiserte punktkilder) forekom PAH-innhold i blåskjell og o-skjell på henholdsvis 100 - 200 µg/kg og ca. 100 µg/kg våtvekt eller ca. 0.5 - 1 og vel 0.5 mg/kg tørrvekt (Knutzen, 1989b).

En del nyere observasjoner har gitt lavere verdier enn dette i skjell fra markert PAH-belastede fjorder (Knutzen og Green, 1990; Knutzen, 1991a) eller områder med mye båttrafikk (Grande et al., 1990; Berge, 1991). Noen av de til dels ekstremt lave konsentrasjonene kan imidlertid ha bakgrunn i uopklarte analysetekniske problemer (Knutzen og Green, 1990).

Av dette følger at man sannsynligvis bør mistenke punktkilder eller episodisk påvirkning allerede ved verdier for sum PAH over 50 - 100 µg/kg friskvekt. På særlig lite berørte/trafikkerte steder kan "normalnivået" ligge enda lavere.

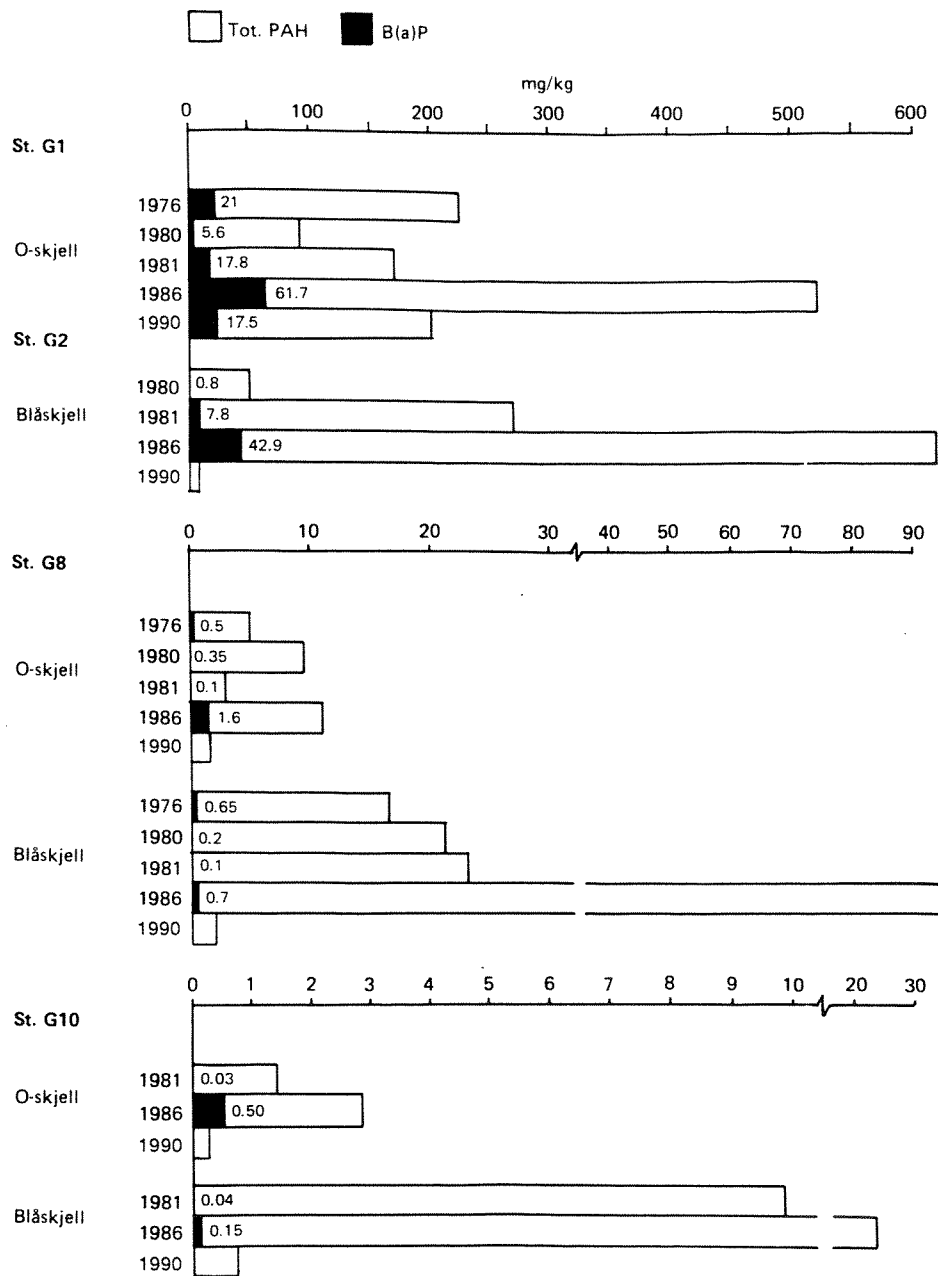


Figur 3. PAH i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Saudafjorden og Sandsfjorden (st. G10/G11), sept. 1990 og aug. 1986 mg/kg tørrvekt.



Figur 4. PAH i o-skjell (Modiolus modiolus) fra Saudafjorden og Sandsfjorden (st. G10), sept. 1990 og aug. 1986, mg/kg tørrvekt.





Figur 5. PAH og benzo(a)pyren (B(a)P) i o-skjell og blåskjell fra utvalgte stasjoner i Saudafjorden og Sandsfjorden (st. G10) 1976 - 1990, mg/kg tørrvekt.

I tabell 2 er det gitt en oppsummering av "PAH-profilen" i avløpsvann og muslinger. Analysene på utslippet fra vannbehandlingsanlegget er foretatt på månedlige blandprøver. I juli 1990 begynte en økt grad av resirkulering, men "midlere PAH-profil" fra siste halvår 1990 var ikke vesensforskjellig fra tidligere (kfr. analyseutskrifter rapportert til SFT). De fire stoffgruppene i tabell 2 (se fotnote til tabellen) representerer grupper med økende molekylvekt og stort sett avtagende løselighet.

I avløpsvannet var det en sterk varierende, men til dels meget høy andel av diaromatiske og relativt flyktige/lettløselige heterosykliske og triaromatiske forbindelser (0 - 28% av sum PAH i 1989, 0 - 54% i 1990). Slike stoffer (naftalen til dibenzothiofen på rådata-skjemaene) ble praktisk talt ikke gjenfunnet i muslingprøvene.

Av tabell 2 fremgår at det både i blåskjell og o-skjell var et forholdsmessig høyere innslag av potensielt kreftfremkallende stoffer enn i avløpsvannet. De fleste KPAH tilhører gruppen av tungtløselige PAH, som ofte ses anrikt relativt til avløpsvann i o-skjell (se bl.a. Knutzen 1989a, 1991b). En slik anriking på KPAH er derimot mindre karakteristisk for blåskjell og skyldes i det foreliggende tilfellet en bemerkelsesverdig "overrepresentasjon" av benz(a)antracen i blåskjellene (kfr. BA/T/C i tabell 2 og vedleggstabell A1). Mens benz(a)antracen utgjorde 50 - 75% av sum KPAH i blåskjell, var andelen i o-skjell bare 10 - 25%.

Tabell 2. Prosentvis bidrag til sum PAH fra utvalgte forbindelser og stoffgrupper i avløpsvann og skjell 1989 - 1990, middel, standardavvik og variasjonsintervall.

STOFFER	Utslipp 1989 n=12	Utslipp 1990 n=12	Blåskjell 1990 n=6	O-skjell 1990 n=5
F/F1/P <sup>1)</sup>	49±13 (28-68)	47±21 (7-74)	30±26 (7-67)	19±10 (5-26)
BA/T/C <sup>2)</sup>	12±3 (6-17)	13±8 (3-26)	45±26 (19-77)	15±9 (3-26)
BF1/BP <sup>3)</sup>	14±5 (3-23)	16±10 (2-28)	23±13 (10-44)	57±11 (41-68)
IP/BPe <sup>4)</sup>	2±1.5 (0-4)	1.5±1.5 (0-4)	<2 (0-5)	7±3 (3-11)
KPAH	17±7 (2-27)	18±10 (3-31)	40±21 (10-66)	45±19 (23-65)

1) Sum fenantren/fluoranten/pyren.

2) Sum benz(a)antracen/trifenylen/chrysen.

3) Sum benzofluorantener/benzopyrener.

4) Sum Indeno (1,2,3-cd)pyren/benzo(ghi)perylene.

Av tabell 2 ses at gruppen F/F1/P var dominerende i avløpsvannet både i 1989 og 1990, men blant disse var det uvanlig lite fenantren (bare unntaksvis over 2% av sum PAH). Nærmere studium av avløpsvannets sammensetning viser forøvrig mange tilfeller av betydelig variasjon i enkeltstoffenes relative betydning fra måned til måned. I betraktning av at i hvert fall blåskjell har ganske hurtig opptak/utskillelse (halveringstider på dager/få uker), kan sammenligninger med en midlere avløpsprofil være av begrenset verdi for å identifisere en kilde.

## 4.2 Metaller

I forhold til et antatt "høyt bakgrunnsnivå" (Knutzen og Skei, 1990) ble det registrert noe overkonsentrasjoner av bly, kadmium, sink og mangan i blåskjell fra særlig indre del av Saudafjorden (tabell 3). For de øvrige analyserte metaller ble det bare funnet vanlig forekommende konsentrasjoner. (I tillegg til metallene oppført i tabell 3, viste alle prøver < 0.2 mg/kg våtvekt av kobolt og vanadium).

For mangan var overkonsentrasjonene i størrelsesordenen 5 ganger på innerste stasjon og jevnt fallende ut fjorden, men fremdeles med 2 - 3 ganger forhøyede verdier i skjell fra fjordmunningen (st. G8).

For bly, kadmium og sink hadde variasjonen med avstanden fra Sauda et mer uregelmessig forløp. Fra overkonsentrasjoner på ca. 3/5/2 ganger for hhv. kadmium/bly/sink i skjell fra st. G1, avtok innholdet til et høyt normalnivå i skjell fra st. G5 Bølneset, mens konsentrasjonen var tydelig høyere igjen i skjell fra Åsnes (kontrollert ved reanalyse for kadmium og bly del, kfr. fotnoter til tabell 3).

Tabell 3. Metaller i blåskjell fra Saudafjorden/Sandsfjorden 3-4/9-1990, mg/kg våtvekt.

STASJONER	Cd	Pb	Zn	Cu	Mn	Cr	Ni	Fe	% tørrv.
G1 Havnebasseng	0.83	3.3	60	2.1	24.2	0.2	0.2	20	15.9
G2 Ramsneset	0.43	2.3	50	2.4	18.8	0.4	0.3	20	16.4
G5 Bølneset	0.19	1.0	30	3.0 <sup>1)</sup>	15.2	0.3	0.2	20	16.7
G8 Åsnes	0.57 <sup>2)</sup>	3.7 <sup>3)</sup>	80	1.4 <sup>4)</sup>	13.7	0.2	<0.2	30	12.1
G10 Nærvøy	0.18	1.1	30	0.8	5.5	0.1	<0.2	20	13.7
G11 Skorpene	0.16	0.8	20	0.9	9.2	0.1	0.3	30	14.1

- 1) Reanalysert, 2.9 mg/kg v.v ved 1. gangs analyse.
- 2) Reanalysert, 0.66 mg/kg v.v. ved 1. gangs analyse.
- 3) Reanalysert, 4.1 mg/kg v.v. ved 1. gangs analyse.
- 4) Reanalysert, 4.6 mg/kg ved 1. gangs analyse.

Sammenlignet med 1986-data for metaller i blåskjell, ses en nedgang for kadmium, bly og mangan på alle stasjoner med målinger fra tidligere (tabell 4). Også sinkinnholdet hadde avtatt noe på lokalitetene G2 og G5, mens blåskjellene fra ytterst i Saudafjorden viste en viss økning.

Den avtagende tendensen er i samsvar med bedriftens opplysninger om reduserte utslipp av mangan og sink (fig. 1), mens det ikke kan gis noen forklaring på den forhøyede sinkkonsentrasjonen i skjellene fra Åsnes. En eller annen feil (kontaminering av prøven, feilanalyse) kan ikke utelukkes, men det er bemerkelsesverdig at det både i 1986 og 1990 er registrert uventede overkonsentrasjoner av både kadmium, bly og sink. Forholdet bør derfor følges opp ved senere undersøkelser.

Tabell 4. Utvalgte metaller i blåskjell fra Saudafjorden 1981 - 1990, mg/kg tørrvekt.

STASJONER	ÅR	Cd	Pb	Zn	Mn	Cu	% tørrv.
G1	1990	5.2	20.8	377	152	13.2	15.9
G2	1981	3.0	16.0	460	190	8.0	19.0
	1986	7.7	21.3	546	396	13.9	-
	1990	2.6	14.0	305	115	14.6	16.4
G5	1986	6.0	24.2	233	152	8.9	-
	1990	1.1	6.0	180	91	18.0	16.7
G8	1980	2.6	17.4	287	170	6.3	15.7
	1986	9.8	43.4	450	220	10.6	-
	1990	4.7	30.5	661	113	11.5	12.1

## 5. OPPSUMMERENDE KOMMENTARER

Det er konstatert en betydelig nedgang i både o-skjells og blåskjells PAH-innhold. Verdier høyere enn "normalt" synes å begrense seg til Saudafjorden, mens det bare er funnet lave konsentrasjoner i skjell fra stasjonene i Sandsfjorden. Om dette får konsekvenser for de nevnte kostholdsråd om ikke å spise skjell og lever av fisk fra Sandsfjorden, må vurderes av næringsmiddelmyndighetene. Imidlertid vil en eventuell heving av restriksjonene i deler av det berørte området trolig kreve:

- en vurdering av om utslippssituasjonen kan anses å være stabil og under kontroll.
- kriterier for opphevelse av restriksjoner forårsaket av forhøyet PAH-innhold i spiselige organismer.

Av det første punktet følger betydningen av å ha et tilstrekkelig omfattende analyseprogram for avløpsvann (og eventuelle andre mistenkte kilder). I denne forbindelse bør det vurderes å inkludere analyser av bly og kadmium. Imidlertid er det bare registreringer i resipienten som kan gi den endelige bekreftelse på at næringsmiddelmyndighetenes krav blir oppfylt.

Også de forurensede sedimentene representerer en viss usikkerhet. Hvis slike sedimenter får være i ro, representerer de neppe noen kilde av betydning for annet enn bunndyr og fisk som lever i kontakt med sedimentene eller har sitt vesentlige næringsgrunnlag i forurensede bunndyr. O-skjell må inkluderes i denne gruppen av utsatte organismer fordi de i hvert fall noen steder lever halvveis nede i bunnavleiringer som kan være mer eller mindre påvirket.

Imidlertid vil det særlig i havnebassenget være fare for at forurenset bunn virvles opp ved båttrafikk (propellvann, ankring) og PAH-holdige partikler derved bringes opp i brakkvannslaget og i noen grad spres utover i fjorden.

På grunn av de til dels store variasjoner i skjells PAH-innhold som er registrert i andre smelteverksresipienter (Rygg et al., 1987 og upubl. data fra Vefsnfjorden), tilrås for eventuell fremtidig overvåking at skjell fra en stasjon i indre fjord (st. G2 Ramsneset) analyseres på PAH-innhold minimum 6 - 8 ganger gjennom året. Arealdekningen kan eventuelt innskrenkes ved å utelate observasjoner i havnebassenget (st. G1), der brukerinteressene må antas minst. Om forholdene utenfor Saudafjorden skal bedømmes indirekte ut fra data for skjell fra st. G8

Åsnes eller det finnes ønskelig med direkte overvåking i skjell fra Sandsfjorden/Hylsfjorden, blir et skjønnsspørsmål.

På bakgrunn av den teoretiske risiko for dannelse av polyklorerte dibenzofuraner og dibenzo-p-dioksiner (PCDF/PCDD), "dioksiner") ved tilfeller av ufullstendig forbrenning, bør det generelt foretas sonderende analyser i forbindelse med smelteverksavløp. I dette tilfellet kan dette gjøres ved å analysere blåskjell/o-skjell fra indre fjord, eventuelt supplert med analyse av slam fra vannbehandlingsanlegget.

## 6. LITTERATUR

- Berge, J.A., 1991. Miljøgifter i organismer i Hvaler/Koster-området. Rapport 446/91 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8805501/900346 (under trykking).
- Grande, M., L. Berglind, G. Holtan og M. Walday, 1990. PAH-forurensning fra flytrafikken på Fornebu mai - desember 1989. NIVA-rapport 0-89102 (l.nr. 2461), 41 s. ISBN 82-577-1771-1.
- Grimmer, G. og H. Böhnke, 1975. Polycyclic aromatic hydrocarbon profile analysis of high-protein foods, oils and fats by gas chromatography. J.AOAC 58: 725-.
- IARC, (Int. Agency Res. Cancer), 1987. IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs volumes 1 to 42. Suppl. 7, Lyon, 440 s.
- Knutzen, J., 1989a. Tiltaksorientert overvåking av Sunndalsfjorden, Møre og Romsdal. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer 1987. Rapport 347/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000366 (l.nr. 2273), 34 s. ISBN-82-577-1572-7.
- Knutzen, J., 1989b. PAH i det akvatiske miljø - opptak/utskillelse, effekter og bakgrunnsnivåer. NIVA-rapport 0-87189/E-88445 (l.nr. 2205), 107 s. ISBN 82-577-1497-6.
- Knutzen, J., 1991. Overvåking av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i o-skjell fra Årdalsfjorden 1990. NIVA-rapport 0-899504/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 0-8000306 (l.nr. 2109), 50 s. ISBN 82-577-1388-0.
- Knutzen, J. og N. Green, 1990. Overvåking av miljøgifter i blåskjell og torsk fra Grenlandsfjordene 1989. Rapport 415/90 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000312 (l.nr. 2470), 41 s. ISBN 82-577-1781-9.

Knutzen, J. og J. Skei, 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer, samt foreløpige forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport 0-862602 (l.nr. 2540), 139 s. ISBN 82-577-1855-6.

Rygg, B., N. Green, J. Molvær og K. Næs, 1987. Grenlandsfjordene og Skienselva 1986. Rapport 287/87 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 0-8000312 (l.nr. 2033), 91 s. ISBN 82-577-1293-0.



**VEDLEGGSTABELLER**

Rådata for PAH i muslinger

Tabell A1. PAH i blåskjell fra Saudafjorden/Sandsfjorden sept. 1990,  
µg/kg friskvekt.

Navn/lokalitet : SAUREP  
 Oppdragsnr. : 90168  
 Prøve mottatt : 22.1.91  
 Lab.kode : HYP 1-6  
 Jobb.nr. : 91/10  
 Prøvetype : Bio.m. Blåskjell  
 Kons. i : µg/kg våtvekt  
 Dato : 15.3.91  
 Analytiker : VIC/BRG

1: St. G1. Fyrlykt 3.9.90  
 2: St.G2 Ramnsneset 3.9.90  
 3: St 5. Balneset 3.9.90  
 4: St. G8. Åsnes 4.9.90  
 5: St.G 10 Nærøy. 4.9.90  
 6: St. G11 Skogene.4.9.90

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen	2	2	2			
2-M-Naf.						
1-M-Naf.						
Bifenyl						
Acenaftalen	1		3			
Acenaften						
Dibenzofuran						
Fluoren	1					
Dibenzotiofen						
Fenantren	102	3	21	2	1	1
Antracen	5	1	2			
2-M-Antracen	1	1	1			
1-M-Fenantren	1					
9-M-Antracen	1		1			
Fluoranten	231	139	395	28	4	19
Pyren	108	7	75	3	1	1
B(a)A*	1244	145	85	91	47	
Trif/Chry.	472	86	85	101	20	6
B(b)fluoranten*	846	86	83	17	9	3
B(j,k)fluoranten*						
B(e)P	721	102	73	9	4	1
B(a)P*	332	10	6		1	
Ind. (1,2,3-cd)pyr.*	77	2	4			
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1)	9					
B(ghi)perylene	143	5	4			
Coronen						
Dibenzopyrener*	13		1			
SUM	4310	589	841	251	87	31
Derav KPAH(*)	2521	243	179	108	57	3
%KPAH						
%Tørrstoff	15.9	16.4	16.7	12.1	13.7	14.1

Anm.: benzo(b)fluoranten inkluderer benzo(j,k)fluoranten  
 \* markerer potensielt kreftfremkallende egenskaper overfor  
 mennesker etter IARC (1987), dvs. tilhørende IARC's kategorier  
 2A+2B (sannsynlige+trolige cancerogene).  
 Sum av \* utgjør KPAH.

Tabell A2. PAH i o-skjell fra Saudafjorden/Sandsfjorden sept. 1990,  
µg/kg friskvekt.

Navn/lokalitet : SAUREP  
 Oppdragsnr. : 0-90168  
 Prøve mottatt : 22.1.91  
 Lab.kode : HYP 7-11  
 Jobb.nr. : 91/10  
 Prøvetype : Bio.materiale (O-skjell)  
 Kons. i : µg/kg våtvekt  
 Dato : 21/3-91  
 Analytiker : VIC/BRG

1: G1. Fyrlykt 3.9.90  
 2: G2. Ramnsneset(?) 3.9.90  
 3: St.G5. Bølneset 3.9.90  
 4: St.G8. Åsnes 4.9.90  
 5: St.G10 Nærøy 4.9.90  
 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen						
2-M-Naf.						
1-M-Naf.						
Bifenyl						
Acenaftylene						
Acenaften						
Dibenzofuran	2					
Fluoren	4				0.3	
Dibenzotiofen	10					
Fenantren	568	2	2	1	0.5	
Antracen	207				0.1	
2-M-Antracen	7					
1-M-Fenantren	43					
9-M-Antracen	45					
Fluoranten	4662	222	285	63	8.4	
Pyren	2300	7	10	8	0.4	
B(a)A*	3315	312	153	8	0.2	
Trif/Chry.	3886	454	277	23	1	
B(b)fluoranten*	4757	1118	982	51	7.6	
B(j,k)fluoranten*	1900	620				
B(e)P	2336	565	250	91	17.4	
B(a)P*	2383	464	157	2	0.4	
Ind. (1,2,3-cd)pyr.*	500	206	82	7	0.4	
Dibenz. (a,c/a,h)ant.* 1)	187	81	6	1		
B(ghi)perylene	654	270	107	15	0.7	
Coronen						
Dibenzopyrener*	45	46	19	9		
SUM	27811	4367	2330	279	37.4	
Derav KPAH(*)	13087	2847	1399	78	8.6	
%KPAH						
%Tørrstoff	13.6	15.7	18.5	15	17.2	

Anm. I prøvene 3 og 4 er benzo(j,k)fluoranten inkludert i benzo(b)f  
 \* 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.