

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0-75038 (0-38/75)

NASJONALT PROGRAM FOR OVERVÅKING
AV VANNRESSURSER

PILOTPROSJEKT SAUDAFJORDEN
OBSERVASJONER 1974 - 1976

Rapporten avsluttet 8. januar 1979

Prosjektleder: *Jon Knutzen*

Medarbeidere: *Brage Rygg*
Jens Skei

Instituttssjef Kjell Baalsrud

INNHOLDSFORTEGNELSE:

	Side:
FORORD	I-II
1. INNLEDNING	1
2. FORURENSNINGSTILFØRSLER	4
3. UNDERSØKELSESOMRÅDET	8
4. MATERIALE OG METODER	11
5. SEDIMENTER	14
5.1 Visuell betraktning av sedimentene	14
5.2 Metallinnhold	16
5.3 Organisk materiale	25
5.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)	25
5.5 Sammenligning med tidligere undersøkelser	29
6. BLØTBUNNSFAUNA	30
6.1 Resultater	30
6.2 Diskusjon	32
6.3 Videreføring av undersøkelsene	34
7. GRUNTVANNSSAMFUNN	35
7.1 Fysisk/kjemiske miljøfaktorer	35
7.2 Faunaregistreringer i algebeltet	38
7.3 Dykkerobservasjoner	40
7.4 Diskusjon	43
8. METALLER OG PAH I ORGANISMER	45
8.1 Metaller i alger	45
8.2 Metaller i muslinger	47
8.3 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i muslinger	50
9. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	54
10. LITTERATURREFERANSER	57
<u>VEDLEGG</u>	64
Tabell 1. Metaller og organisk materiale i sedimenter fra Saudafjorden	65
Tabell 2. PAH i sedimenter fra Saudafjorden (ppm tørrvekt)	69
Tabell 3. Bløtbunnsfauna i Saudafjorden høsten 1976	70
Tabell 4. Observasjoner av gruntvannssamfunn i Saudafjorden 1974, 1976	79
Tabell 5. PAH i muslinger fra Saudafjorden oktober 1976	88

FIGURFORTEGNELSE:

Side:

Fig. 1	Sedimentstasjoner i Saudafjorden/Hylsfjorden Desember 1976	15
Fig. 2	Den horisontale fordelingen av bly og mangan i overflatesedimentene i Saudafjorden	17
Fig. 3	Den horisontale fordelingen av kadmium i overflatesedimentene i Saudafjorden	18
Fig. 4	Vertikal fordeling av bly, sink og kadmium i sedimentet på stasjon SA3	19
Fig. 5	Vertikal fordeling av kvikksølv i sedimentet på stasjon SA3	20
Fig. 6	Relasjonen mellom alder og dyp i sedimentet basert på bly-210 dateringer	21
Fig. 7	Vertikal fordeling av bly (Pb) og Mangan (Mn) i sedimentet på stasjon SA10	22
Fig. 8	Horisontal utbredelse av total PAH, phenanthrene (phen) og benzo(a)pyrene (Ba-P) i overflatesedimentene i Saudafjorden	27
Fig. 9	Relativ anrikning av phenanthrene og benzo(a)pyrene i overflatesedimentene i Saudafjorden	28
Fig. 10	Stasjoner for bløtbunnsfauna	31
Fig. 11	Stasjoner for dykkerobservasjoner og fjærebeltets fauna 1974-1976	37
Fig. 12	Variasjon i 0-skjells PAH-innhold fra indre til ytre Saudafjord, oktober 1976	51
Fig. 13	Relativ forekomst av benzo(a)pyrene og benzo(b)fluoranthene med økende avstand fra utslippet. Saudafjorden, oktober 1976	53

TABELLFORTEGNELSE:

Tabell 2.1	Suspendert og oppløst materiale i utslippene fra EFP Co., Sauda	5
2.2	Konsentrasjoner og mengder av målte komponenter i hovedutslippene	6
2.3	Månedlige avløp (mill m ³) fra kraftstasjonen i Søndenaåhavn (A) og månedlig nedbør (mm) i Sauda	9
5.1	Beskrivelse av sedimentkjernene	14
5.2	Metaller og organisk materiale i sedimentene i en del norske fjorder	24
6.1	Antall arter av de forskjellige dyregruppene	33
7.1	Dyr funnet i algevegetasjonen langs strendene	39
8.1	Metallinnhold i alger fra Saudafjorden og Hylsfjorden Oktober 1974 og oktober 1976	45
8.2	Metaller i muslinger fra Saudafjorden 1976	48
8.3	Metaller i blåskjell og 0-skjell fra endel uberørte eller moderat påvirkede områder	48

F O R O R D

På oppdrag fra Miljøverndepartementet/Statens forurensningstilsyn (brev av 13/6 og 7/10 1977) er det som forberedelse til et nasjonalt overvåkingsprogram for vannressursene startet pilotprosjekter i et utvalg vannforekomster: Måselv/Barduelv, Iddefjorden, Saudafjorden, Glåma og Sørfjorden (Hardanger). Arbeidet er utført i henhold til programforslag fra NIVA (arbeidsnotat 12/5 1977), med enkelte endringer etter drøftelser med oppdragsgiver. Foruten å dekke de alminnelige formål med overvåking, har det vært en primær hensikt å få erfaringer for den videre planlegging av det nasjonale programmet.

Pilotprosjektene har av faglige, økonomiske og praktiske grunner måttet få litt forskjellig karakter, avhengig av situasjonen og tilgjengelige kunnskaper om vedkommende vannforekomst. Det kan f.eks. ha vært behov for supplerende grunnlagsundersøkelser (Saudafjorden) eller for å komplettere igangværende overvåking (Sørfjorden).

Rapporteringen må betraktes som en foreløpig dokumentasjon og som en del av grunnlaget for den fortsatte diskusjon om programmenes innhold og rapporteringsform.

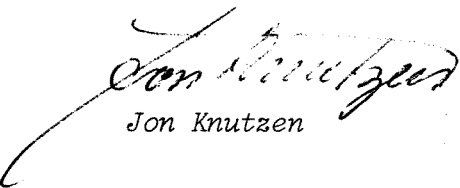
På grunn av materialets omfang er det valgt å presentere resultatene fra de enkelte pilotprosjekter hver for seg. Denne rapport omhandler observasjoner i Saudafjorden fra 1974 og 1976. 1974-observasjonene er tidligere rapportert til Sauda Smelteverk (NIVA, 0-51/74, 1976). Fordi nærværende rapport skal være utgangspunkt for fortsatt overvåking og tjene som referanse, er det funnet nødvendig å ta med hovedresultatene fra 1974-observasjonene sammen med en del data om natur- og utslippsforhold.

NIVA vil takke Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser ved sekretæren, statshydrolog E. Hansen, Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen og cand. real. H. Svendsen, Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen, for å ha fått anledning til å benytte hydrografiske observasjoner fra Saudafjorden og Hylsfjorden. Vi vil også få takke for diverse opplysninger om utslipps- og resipientforhold fra Sauda Smelteverk.

Analysene av metaller og PAH i organismer er utført ved Sentralinstitutt for industriell forskning (SI).

Ved instituttet har J. Skei, PH.D., vært ansvarlig for sediment-undersøkelsene og cand.real. B. Rygg for innsamling og vurdering av bløtbunnsfauna. Dykkerundersøkelsene er utført av undertegnede sammen med cand.real. K. Kvalvågnæs (1974) og cand.mag. N. Green (1976). P. Rygg har deltatt i innsamlingen og analysen av bløtbunnsfaunaprøvene.

Oslo, 8., januar 1979



Jon Knutzen

Jon Knutzen

1. INNLEDNING

Saudafjorden (fig. 1 har vært hardt belastet med avløpsvann fra Sauda Smelteverk (tidligere Electric Furnace Products Co. Ltd). De viktigste avløpskomponentene var suspendert materiale, metaller, cyanid og tjærestoffer. Til de sistnevnte hører polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), som inkluderer enkelte kreftfremkallende forbindelser. (For nærmere redegjørelse om problemer forbundet med PAH i vann, konferer Andelman og Snodgrass, 1974, Palmork, 1974, Knutzen, 1976, NIVA 0-5/76, 1977, Landner, 1977 og Knutzen, 1978). Fjordens forurensningstilstand ble først undersøkt i 1974 (NIVA, 0-51/74, 1976).

Bedriften har siden installert renseanlegg. Belastningen på fjorden er derved blitt betydelig redusert, særlig med hensyn til suspendert stoff og mangan og sink, men også for andre metaller (blant annet kobber, bly og kadmium). Renseanlegget startet driften i første halvår av 1977, men virket først skikkelig fra midten av 1. halvår 1978. Det vil være en viktig oppgave å få en nøyaktig kvantifisering av renseanleggets virkningsgrad overfor de enkelte avløpskomponenter, herunder også PAH.

For å få et utvidet referansemateriale før renseanlegget kom i gang, finansierte Sauda Smelteverk supplerende observasjoner og innsamling av prøver i oktober og desember 1976. Det er resultatene av disse tilleggsundersøkelsene som rapporteres her. (Observasjonsmaterialet er nærmere angitt i kap. 4). Sammen med dataene fra 1974 har man fått et grunnlag for å vurdere fjordens utvikling.

Da foreliggende rapport er den første i en serie overvåkingsrapporter om Saudafjorden, er det funnet hensiktsmessig med en forholdsmessig fyldig dokumentasjon av naturforhold, belastning og observerte forurensningseffekter (se nærmere under kap. 2 og 3). Nedenfor gjengis utdrag av konklusjonene fra forrige undersøkelse (NIVA, 0-51/74, 1976), sitat:

"Saudafjorden er karakterisert ved relativt jevn ferskvannstilførsel med enkelte flomtopper. Det utstrømmende brakkvannslaget varierer i tykkelse mellom 2-5 m. I sommermånedene er sannsynligvis saltholdigheten i 0-1 m jevnlig 0-5 ‰, og så lave saltholdigheter som 4-5 ‰ S

opptrer ved flom ned til 5-6 m. Siktedypet har variert fra 3-5 m nær utslippene til 5-10 m et par kilometer lenger ute i fjorden.

Bare for mangans vedkommende har de kjemiske analysene av fjordvannet gitt verdier markert over det som ellers er vanlig i kystvann. Sink, bly og kadmium er til dels funnet i konsentrasjoner som sannsynligvis representerer en økning i forhold til bakgrunnsnivået i Saudafjorden. Videre konklusjoner kan ikke trekkes av engangsobservasjoner.

I sedimentene nær utslippet er det påvist høyt innhold av mangan, sink, bly og kadmium. Konsentrasjonene avtok hurtig med økende avstand fra utslippet, og synes å nå et utflatningsnivå innenfor Ramsneset (fig. 1), med et forbehold for mangans vedkommende.

Det er registrert høye konsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) nær utslippet. I likhet med metallene avtok konsentrasjonene hurtig utover mot Ramsneset (fig. 1), men nivået må antas å ligge over bakgrunnsverdiene også lenger ut i fjorden.

Algeartene grisetang og blåretang hadde meget høyt innhold av mangan på alle lokaliteter ut til Bølneset (fig. 1). Også innholdet av sink var høyere enn normalt. Sannsynligvis gjaldt det samme for bly, mens derimot kobberkonsentrasjonene var som i alger fra uberørte områder. Resultatene dokumenterer at vannet i gjennomsnitt inneholder unormalt høye konsentrasjoner av særlig mangan, men også av sink og bly.

Bløtbunnsfaunaen i indre basseng var markert redusert, og sedimenter hadde et tydelig innslag av oljeaktige stoffer og små gråbrune klumper på overflaten. Dyresamfunnene bedret seg i få hundre meters avstand utenfor eller til side for utslippet, men var fremdeles artsfattige. Utover Ramsneset nærmet samfunnene seg det mer normale. Årsaken til de reduserte samfunn må antas å være en kombinasjon av nedslamming, ugunstige fysiske egenskaper hos sedimentene og mulig giftvirkning fra metaller og PAH.

Sannsynligvis kan artsfattige samfunn av alger og hardbunnsfauna i de øvre vannlag (0-5 m) tilskrives et ugunstig osmotisk miljø, dvs med vekslende og til dels meget lav saltholdighet. Med økende dyp vil også mangel på lys, nedslamming og uegnet bunn virke negativt, men disse

faktorer er mest aktuelle under 5 m, der det også er registrert et tydelig skille i faunaens sammensetning. For hovedvannmassene i indre fjord er det foreløpig intet faktisk grunnlag for å anta at giftvirkninger gjør seg gjeldende, men mulighetene kan ikke utelukkes.

Testene med avløpsvannet har vist moderat eller lav akutt giftighet overfor de benyttede arter av alger og fisk. Hemmende effekter ble ikke konstatert ved konsentrasjoner lavere enn 10% avløpsvann." (sitat slutt).

2. FORURENSNINGSTILFØRSLER

De følgende angivelser gjelder for tiden før renseanlegget kom i drift, slik forholdene var da undersøkelsene ble foretatt. Ved siden av at utslippet er blitt redusert, er også utslippsarrangementet endret. Blant annet er utslipp av prosessavløpsvann og kjølevann blitt skilt.

Sauda Smelteverk produserer ferromangan, silicomangan, en høykisellegering av ferrosilicium, mangan og zirkonium, - dessuten spesiallegeringer av mangan med lavt kullinnhold. Utslippene til vann kommer i det vesentlige fra råmaterialbehandling og våtvasking av gasser fra sinteranlegg og smelteovner. I vaskeanlegget benyttes ferskvann.

Avløpsvannet har et høyt innhold av oppløste og partikulære stoffer. Blant bestanddelene kan særlig nevnes mangan og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), en del jern og sink, foruten cyanid, fenoler, sulfid, arsen og mindre mengder av metallene kobber, bly og kadmium. Det vesentlige av avfallsstoffene kommer ut i to hovedutslipp på ca 5 meters dyp umiddelbart utenfor bedriftskaien. Utenom vann fra vaskeanlegget for ovnsgasser inngår kjølevann og diverse mindre kilder. I bedriftens rapport om forurensningstilførselene (EFP 1974a) er disse to utslippene betegnet henholdsvis F1 og D2. Et tredje, mindre utslipp fra sinterverkets våtvaskeanlegg (B01) går ut i overflaten nærmere elveutløpet (fig. 4.1). En rekke mindre utslipp blir ikke videre behandlet i foreliggende rapport.

Ifølge bedriftens målinger varierer pH i de tre utslippene innenfor intervallene mellom 4.4-8.8 (B01), 6.3-9.4 (D2) og 6.3-9.8. Disse surhetsgrader anses ikke å være noe problem ved utslipp til saltvann.

Det vesentlige bidraget av PAH kommer muligens fra fremstilling av silicomangan, der det delvis benyttes kull som reduksjonsmiddel, mens det ved ferromanganproduksjonen brukes koks. Ved de delvis åpne silicomanganovnene kan det imidlertid tenkes at tjærestoffene i stor grad forbrennes, men dette kan variere med produksjonsforholdene. Det understrekes at ovennevnte forhold langt fra er klarlagt, og at det dreier seg om helt foreløpige vurderinger.

Nedenstående tabeller, 2.1 og 2.2, gir data om vannforbruk og utslipp i perioden 1971-73. Foruten på forannevnte rapport fra bedriften bygger tabellene på tilleggsopplysninger fra ing. K.H. Gunnæs om vann- og forurensningsmengder fra en ny ovn for fremstilling av ferromangan (utslipp D2).

Tabell 2.1 SUSPENDERT OG OPPLØST MATERIALE I UTSLIPPENE FRA EFP CO., SAUDA. (Avrundede verdier fra EFP-rapport (1974a).

Utslipp	Vann- mengde m ³ /t	Suspendert stoff		Oppløst stoff		Total stofftran- sport kg/døgn
		g/l	kg/døgn	g/l	kg/døgn	
B01	45	1.44	1550	0.14	150	1700
F1	720	0.03	550	0.08	1400	1950
D2	1550	0.41	15100	0.20	7500	22600
Øvrige	5-70	-	30		10	< 50
Alle avløp	~2350	0.31	~17200	0.16	~9100	~26300

Midlere gløderestkonsentrasjon (suspendert stoff) i de tre hovedutslippene var 1.03 g/l (B01), 0.016 g/l (F1) og 0.37 g/l (D2).

Bidraget fra ny ovn for ferromanganfremstilling medfører en økning i utslipp D2 på ca 2600 kg suspendert stoff og 2700 kg oppløste stoffer pr døgn, dessuten 300 m³ vann pr time. Det totale vannforbruket blir følgelig noe under 2700 m³/time, mens totalutslippet av suspendert og oppløst materiale henholdsvis blir nær 20 000 kg pr døgn og i underkant av 12 000 kg pr døgn, tilsammen vel 31 000 kg.

Disse data gjelder som nevnt før renseanlegget kom i drift.

Det nåværende rene prosessavløp er ca 0.3-0.45 m³/sek, eller 1100-1600 m³/t.

Tabell 2.2 KONSENTRASJONER OG MENGDER AV MÅLTE KOMPONENTER I HOVED-UTSLIPPENE (Aritmetiske middelveier fra EFP-rapport (1974a))

Utslipp Komponenter	D2		F1		B01	
	mg/l	kg/døgn	mg/l	kg/døgn	mg/l	kg/døgn
Susp. materiale	404,8	15059	32.0	553	1441.9	1557
" mangan	~120	4563	~8	139	~420	456
" jern	~ 20	738	~0,7	11	~135	145
" sink	3.8	142	~0.7	10.9	~ 0.8	0.90
" bly	~ 0.45	16	~0.07	1.2	~0.5	0.55
" kadmium	~ 0.13	4.8	~0.02	0.45	~0.08	1.09
" arsen	~ 0.17	6.0	~0.01	0.22	~3.6	3.95
" karbon	~ 45	1656	~7	122	~130	139
Oppl. materiale	201.3	7488	81.6	1410	134.8	146
" mangan	32.4	1205	3.85	66.0	9.9	10.7
" jern	<0.05	<2.0	<0.05	<0.9	<0.05	<0.05
" sink	0.220	8.0	0.690	12.0	0.090	0.097
" kopper	<0.018	<0.7	<0.014	<0.24	<0.010	<0.010
" bly	0.007	<0.24	0.018	0.31	0.007	0.007
" kadmium	<0.002	<0.07	0.007	0.12	0.002	0.0022
" arsen	0.03	1.12	<0.02	<0.35	0.63	0.68
" kvikksølv	0.00010	0.004	0.00015	0.0026	0.00018	0.0001
" cyanid	1.6	59.5	2.0	34.6	<0.2	<0.22
Total sulfid	1.87	69.6	<0.05	<0.9	<0.02	<0.22
" fenoler	0.087	3.2	0.540	9.3	<0.001	<0.0011

Tallene som er angitt for konsentrasjonene av metaller knyttet til det suspenderte stoffet, er beregnet av instituttet ut fra opplysningene i nevnte EFP-rapport (1974a).

Om utslippene av fosfor- og nitrogenforbindelser angis for utslippene D2 og F1 følgende tilnærmede verdier i mg/l: Ortofosfas: 0.002-0.075, totalfosfor: 0.005-0.077, nitrat + nitritt: 0.12-0.23 og totalnitrogen: 1.9-2.2.

Det er i tabell 2.2 ikke tatt med avløpet fra den nevnte nye ovn, som er tilknyttet utslipp D2. Stort sett kan man regne med at den mengdemessige fordelingen av komponentene er den samme som gitt i tabell 2.2 for utslipp D2, men at avløpet til resipient inneholder 30% mer oppløste stoffer og 15% mer suspendert materiale før rensing.

Som nevnt har renseanlegg vært i drift og virket tilfredsstillende omtrent fra 2. kvartal 1978 (meddelt av R. Schei, Sauda Smelteverk). Anlegget er konstruert for å fjerne mer enn 80% av både suspendert materiale og mangan. (Rapport av 13/11 1974 fra Carl-H. Knudsen, rådgivende ingeniører). Bedriften regnet videre med en renseseffekt på 80% for sink og 50% for kopper og bly (brev av 31/12 1975 til SFT). I og med fjerningen av sink, kan det også antas at kadmiumutslippet vil bli redusert betydelig. Data om renseanleggets effektivitet må inkluderes i grunnlaget for vurderingen av fremtidige overvåkingsresultater.

Data for avløpsvannets innhold av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er sparsomme. I en døgnprøve fra 28-29/9 1977 var konsentrasjonen 0.3 mg/l (total PAH) og 0.005 mg/l av benzo(a)pyrene (B(a)P). Prøvene ble tatt under redusert drift, med avløp bare fra ferromanganovner (muntlig medd., R. Schei, Sauda Smelteverk). Utslippet av PAH må antas å være i betydelig grad avhengig av hvilket reduksjonsmiddel (kull eller koks) som brukes i ovnene og forbrenningsbetingelsene. Beregning av PAH-utslipp basert på en enkelt døgnblandprøve gir derfor stor usikkerhet. Antas prøven likevel å være rimelig representativ, gir dette et årlig utslipp i størrelsesordenen 3 - 4 tonn PAH, derav 60 - 80 kg B(a)P. Det vil være av stor interesse for resipientforholdene å få nærmere kvantifisert PAH-tilførselen og renseanleggets mulige reduksjon av denne belastningen.

3. UNDERSØKELSESONOMRÅDET

Fra munningsområdet med Hylsfjorden/Sandsfjorden og inn til Sauda er fjorden ca 15 km lang (Fig. 1). Fjorden er for det meste omgitt av bratte åser, og det vesentlige av nedbørfeltet drenerer til den innerste delen. Selve bassenget skråner på alle sider bratt ned mot bunnen. Mot Hylsfjorden/Sandsfjorden er dypet vel 200 m, mens dypet tiltar mot et maksimum på omkring 390 m midt i fjorden (litt syd for Bølneset). Området mellom Bølneset og Ramsneset har stort sett dyp mellom 200 og 350 m, mens det innenfor fra Ramsneset stiger relativt hurtig til omkring 20-50 m i havnebassenget.

I det indre bassenget (innenfor Ramsneset) er bunnen selv på grunt vann (0-40 m) dekket av løsavsetninger i varierende tykkelse. På de observerte bunndyrstasjonene var det forøvrig nokså varierende substrat, til dels med et høyt innhold av planterester eller treflis.

Bortsett fra tettbebyggelsen i Sauda, med ca 6 000 mennesker, er det stort sett spredt bebyggelse og liten befolkningskonsentrasjon i nedbørfeltet. Tilførselen av kommunalt avløpsvann er følgelig liten, og må antas å spille underordnet rolle for fjordens tilstand, med et visst forbehold for hygieniske og estetiske forhold i den umiddelbare nærhet av Sauda. Landbruksaktiviteten er beskjeden, og utenom smelteverket er det lite industriell virksomhet som kan tenkes å ha noen vesentlig innflytelse på fjorden og dens biologi.

Ifølge bedriftens rapport om forholdene i Saudafjordens indre basseng (EFP 1974b) er midlere, årlige ferskvannstilførsel ca $40 \text{ m}^3/\text{s}$, hvorav ca $30 \text{ m}^3/\text{s}$ kommer fra kraftstasjonsavløpet innerst i fjorden, mens det resterende hovedsaklig fordeler seg på de tre elvene Nordelva ($6 \text{ m}^3/\text{s}$), Storelva ($2 \text{ m}^3/\text{s}$) og Sagelva ($2 \text{ m}^3/\text{s}$). Som følge av den relativt dominerende rolle til kraftstasjonsavløpet, er ferskvannstilførselen jevnere enn det som vanligvis er tilfellet (kfr tabell 2.3) Den viktigste konsekvensen av at ferskvannstilstrømmingen er forholdsvis høy er at det blir tilnærmet permanent lav saltholdighet i fjordens overflatelag. Utslipet fra kraftstasjonen har også vært økende; fra omkring $10\text{-}12 \text{ m}^3/\text{s}$ som årsmiddel i 1930-årene, omkring $15 \text{ m}^3/\text{s}$ i 1950-60, økende til ca $20 \text{ m}^3/\text{s}$ i det påfølgende 10-året og $25\text{-}30 \text{ m}^3/\text{s}$ i de siste årene.

Tabell 2.3 MÅNEDLIGE AVLØP (mill m³) FRA KRAFTSTASJONEN I SØNDENÅHAVN (A) OG MÅNEDLIG NEDBØR (mm) I SAUDA (B) 1972-1974.

Måned	1972		1973		1974	
	A	B	A	B	A	B
Januar		91,6	79,50	183,1	73,78	229,1
Februar		37,2	71,18	283,7	72,51	179,2
Mars		88,6	79,07	176,2	68,17	31,3
April		101,0	64,36	148,9	70,71	3,4
Mai		92,3	77,83	194,6	76,86	64,2
Juni		204,8	60,13	151,8	63,54	98,0
Juli		56,7	158,05	70,3	47,69	183,9
August		199,5	128,39	205,8	70,08	173,8
September	57,14	83,3	102,15	194,7	159,17	399,6
Oktober	73,78	183,9	65,85	150,5	57,81	39,2
November	70,57	399,9	73,42	384,0	39,54	277,7
Desember	71,00	297,0	70,21	311,3	60,85	460,4
Middel	-	153,9	32,6	204,6	27,3	178,3

I Storelvas nedbørfelt ligger en nedlagt sinkgruve. Analyser av elvevannet har imidlertid ikke vist noen økning i metallinnholdet nedenfor tilløp av dreinsvann fra avgangen (Ing. Gunnæs, pers.medd.). Indre fjordbassengs hydrografi og lagdelingsforhold er tidligere undersøkt av bedriften i perioden juli 1972 - juni 1973 (EFP 1974b). Foruten saltholdighet, temperatur og oksygen er det gjort observasjoner av kjemiske parametre (ortofosfat, mangan, cyanid, pH, suspendert tørrstoff og gløderest). I tillegg er det foretatt siktedypsregistreringer. Kort oppsummert viste undersøkelsene av fysiske forhold at saltholdigheten i overflaten varierte mellom nær 0 og ca 15 ‰ S, mest mellom 5 og 10 ‰. Tilsvarende varierte dybden av det tilnærmet gjennomblendede overflatelaget fra 0 til 4 m (flomsituasjon), for det meste 0.5-2 m. Sprangsjiktet strakte seg vanligvis mellom 0,5 og 4 m, mest 2 - 4 m. I flomsituasjoner kunne sjiktet strekke seg mellom 4 og 6 (8) m. Under spranglaget var saltholdigheten 20 ‰ eller mer. Oksygenmålingene viste neppe oksygenvinn av betydning i dyp ned til 200 m. Nær utslippene var siktedypet 3-5 m, mens det utenfor Ramsneset stort sett

ble målt 4-7 m (enkeltstående maksimum på 12 m).

Publiserte undersøkelser foreligger ikke fra området. I forbindelse med Ulla-Førre reguleringen er det imidlertid utført omfattende hydrografiske og marinbiologiske studier i Hylsfjorden/Sandsfjorden med tilliggende områder. Blant annet har det for perioden september 1972 - 1975 vært en hydrografisk stasjon i Saudafjorden, litt sør for Bølneset (Svendsen & Utne, Preliminære rapporter 1973, 1974a,b, 1975a,b og 1976, unpubl.). Fra denne stasjon er det også samlet inn vannprøver til analyse på næringssalter (Hovgaard 1976, unpubl.) og planteplankton (Nygaard 1975, 1976, 1977, unpubl.). Zooplanktonstudiene (Fosshagen 1976, unpubl.) innbefatter ikke Saudafjorden.

De øvrige biologiske observasjonene under Ryfylkeprosjektet (littoralfauna og -flora, spesielle blåskjellundersøkelser) omfatter observasjoner fra noe lenger ute i Saudafjorden (Hovgaard, Preliminære rapporter 1974, 1975 unpubl.). Resultatene både herfra og fra de øvrige lokaliteter som undersøkes i regi av Rådgivende Utvalg for Fjordundersøkelser, er av stor interesse for å bedømme forholdene i indre Saudafjord. Hvis saltholdighetsforholdene er tilnærmet likeartet, skulle eventuelle forskjeller i organisme-samfunnenes sammensetning kunne ses i lys av ulike grader av forurensningsbelastning.

Kjellsen og Ekornrød (1975, unpubl.) har gjennomført en omfattende undersøkelse av sedimentenes metallinnhold.

4. MATERIALE OG METODER

Det er gjort observasjoner av grunntvannsflora og -fauna, dyrelivet på bløtbunn og samlet inn sedimentprøver. Tang, muslinger og sedimenter er analysert på metallinnhold. PAH-forekomsten er registrert i muslinger og sedimenter. Blant annet med henblikk på jevnføring med data fra Hylsfjorden (Hovgaard 1974, preliminær rapport, unpubl.), er det gjort en spesiell undersøkelse av smådyr knyttet til tang i fjærebeltet.

Materialet er samlet inn 5-8/10 og 1-2/12 1976 (sedimenter). Sedimentkjerner fra 12 stasjoner (fig. 1) ble samlet inn fra "M/S FERRO" fra Hellevik med en Niemistö gravity corer med 5 cm diameter. Totalt 70 prøver fra disse stasjonene er analysert for bly, mangan, kadmium og organisk materiale, mens 26 av disse prøvene i tillegg ble analysert for sink, kobber, krom, sølv og kvikksølv. 10 prøver fra en sedimentkerne midt i fjorden (SA8, fig. 1) ble analysert for bly-210 for aldersdatering. PAH ble analysert på 14 prøver fra 6 av stasjonene. Stasjonene er anlagt hovedsaklig langs fjordens djupål og en stasjon i Hylsfjorden tjener som referanse (Fig. 1). Både PAH- og metallanalysene er utført på Sentralinstitutt for industriell forskning (SI). Sedimentprøver til PAH-analyser er frysetørket før ekstraksjon med cyclohexan og med etterfølgende væske-væske ekstraksjon med dimetylfyrmanid: vann i forholdet 9:1, deretter tilbakeekstraksjon av PAH i cyclohexan ved tilsetning av vann og cyclohexan. Det endelige ekstrakt er vasket med vann og tørket med naturiumsulfat. Etter inndamping til lite volum er ekstraktet analysert på en Carlo-Erba Fractovap 2101 AC gasskromatograf med glasskappillarkolonne og flammejonisasjonsdetektor. Metallene er analysert ved atomabsorpsjon etter oppslutning med salpetersyre.

Innsamlingen av prøver av bløtbunnsfauna ble foretatt med en 0.1 m^2 Petersen-grabb. Stasjonenes plassering er vist på fig. 10. BF1, BF2 og BF7 er også undersøkt tidligere (september 1974). Det ble da tatt prøver med en 0.08 m^2 Ekmangrabb (NIVA 1976). Grabbprøvene ble vasket gjennom siler med 1 mm hullstørrelse for å fjerne finfraksjonen av sedimentet. Det resterende materialet (organismer og partikler større enn 1 mm) ble tatt vare på for gjennomgåelse i laboratoriet. På stasjon BF1, BF7, BF10 og BF11 ble det tatt 4 grabbskudd (parallellprøver). Tre av prøvene fra hver stasjon er hittil gjennomgått. Den fjerde oppbevares inntil videre ubear-

beidet. På stasjon BF12 førte tekniske vanskeligheter til at vi bare fikk tatt én prøve. Også på den innerste stasjonen tok vi bare én prøve. Dette skyldtes hovedsaklig de store mengder av planterester som fantes der, og som gjorde at prøvevolumet ble svært stort, også etter silingen. Karakteren av materialet, med blant annet innhold av oljeaktige stoffer, var dessuten slik at levende organismer neppe kunne finnes der. Det hadde derfor liten hensikt å ta flere parallellprøver.

Plante- og dyrelivet på grunt vann er observert ved dykking, på samme måte som i 1974 (NIVA, 0-51/74, 1976). Observasjonene er dels tatt direkte inn på bånd, til dels er det samlet inn prøver for senere bearbeidelse. Observasjonsnettene fremgår av fig. 11. Undersøkelsene i 1976 tok sikte på å komplettere observasjonene fra 1974, og ble innskrenket til stasjonene G7 - G9 (fig. 11).

Krepsdyr fra fjærebeltet er samlet ved å skylle tang i en bakk med vann. På grunn av at vannstanden var høyere enn normalt, måtte tangen til dels samles ved dykking på 1 - 1.5 m dyp. Stasjonsnettene er vist på fig. 11.

Alger til metallanalyse ble samlet inn på stasjonene G2 - G5, G8 og G9 (fig. 11). På grunn av ujevn forekomst og for å få dekket hele fjorden, var det nødvendig å samle inn både grisetang (*Ascophyllum nodosum* f. *scorpiodes*) og blæretang (*Fucus vesiculosus*). Sistnevnte opptrådte til dels i en egen dvergform og dels som mer normalt utseende eksemplarer. Det ble lagt vekt på at hver prøve var så vidt mulig ensartet med hensyn til voksested (nivå på stranden) og eksemplarenes størrelse.

O-skjell og blåskjell til analyse på PAH og metaller er samlet inn på stasjonene G1, G5, G7 og G8. I 1974 ble det også tatt PAH-prøver av O-skjell fra stasjonene G1 og G4, som ikke tidligere er blitt rapportert og derfor tas med her. Størrelsen på de innsamlede O-skjell var på 12-15 cm (gamle individer), mens blåskjellene bare var 2-3 cm, med andre ord ganske unge eksemplarer. (Blåskjell har spredd og ujevn forekomst i Saudafjorden, og sannsynligvis vanskelig for å etablere seg på sitt vanligste voksested, i fjærebeltet).

De biologiske prøvene ble oppbevart i frossen tilstand inntil analyse.

Sentralinstitutt for industriell forskning har utført analysene på innhold av PAH og metaller i biologisk materiale. PAH-analysene er utført som ovenfor beskrevet for sedimentene, etter spesiell rensing. Metallene er analysert på hele alger og innmaten av skjell. Hver prøve omfattet flere eksemplarer. Analysene av skjell er foretatt på frysetørket materiale etter oppslutning i svovelsyre/salpetersyre. Etter fortynning ble prøvene dels ekstrahert, dels analysert direkte. Algematerialet er homogensiert i porselenskulemølle og dekomponert i "bombe" med svovelsyre og salpetersyre. Alle metallanalysene er foretatt ved atomabsorpsjon.

5. SEDIMENTER

Resultatene av metall- og PAH-analysene er gjengitt i vedlegg (Tabell 1 og 2). Stasjonsplasseringen er vist i fig. 1.

5.1 Visuell betraktning av sedimentene

Sedimentenes utseende kan gi et godt innblikk i sedimentenes tekstur (kornstørrelse, fasthet etc.) og sammensetning (uorganisk, organisk, planterester etc). I Tabell 5.1 er en slik visuell beskrivelse gjort og sammenstilt med sedimentasjonenes vanndyp og kjernelengde.

Tabell 5.1 BESKRIVELSE AV SEDIMENTKJERNENE

Stasjon nr.	Vanndyp (m)	Kjernelengde (cm)	Beskrivelse
SA 0	147	25	Meget bløte, sorte sedimenter. Overgang til grov sand ved 20 cm. dyp.
SA 1	60	46	Sort, sandig sediment. En god del planterester. H ₂ S-lukt fra 9 cm dyp og nedover.
SA 2	80	-	Brunt toppsediment med grovere siltig sand under.
SA 3	180	33.5	4-5 cm mørkt lag øverst med et tynt lyst lag i midten. Gradvis overgang til lysere silt. Hele sedimentkjernen gjennomgående mørk og organisk.
SA 4	80	32	3-4 cm brunt toppsjikt med en del polychaeterrør.
SA 5	250	-	Brunt topplag
SA 6	380	11	1 cm brunt lag i overflaten med polychaetrør. Grov silt under.
SA 7	375	48	1 cm brunt topplag. Bløte sedimenter.
SA 8	335	35	2 cm brunt topplag, ellers stort sett homogene sedimenter (grå-brun silt).
SA 9	300	35	4 cm brunt topplag, leirig silt som ble gradvis lysere nedover.
SA 10	320	-	4-5 cm brunt topplag over grå silt.
SA 11	500	42	6 cm brunt lag over lys silt som ble gradvis mere leirig nedover.

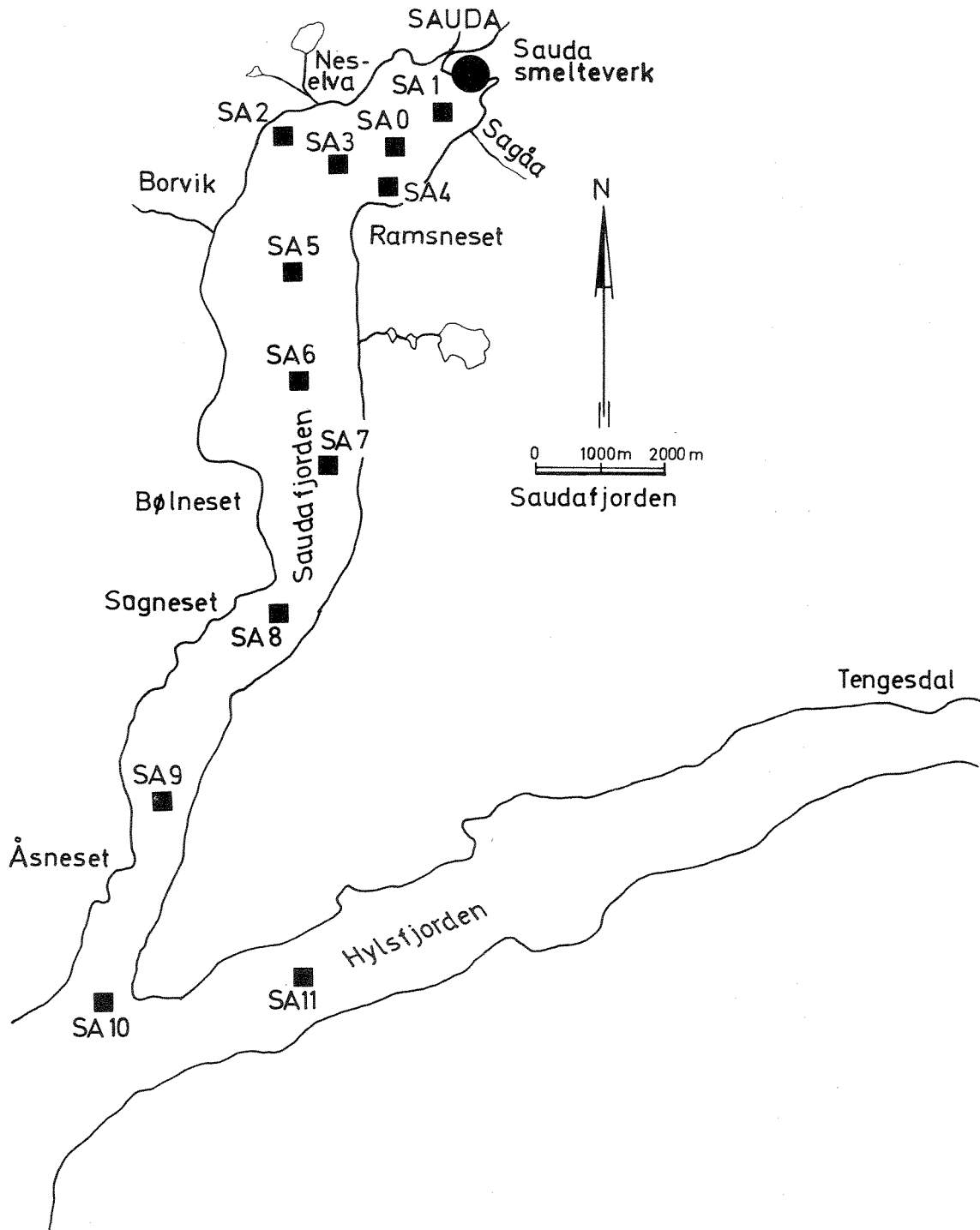


Fig. 1 Sedimentstasjoner i Saudafjorden/Hylsfjorden
Desember 1976

5.2 Metallinnhold

Variasjonsbredden av metallkonsentrasjoner var usedvanlig stor i sedimentene i Saudafjorden. Til eksempel varierte kadmium-konsentrasjonene mellom 0.2 og 1 700 ppm, og mangan mellom 0.07 og 11%.

De horisontale konsentrasjonsgradientene var også betydelige (Fig. 2 og 3), likeså de vertikale gradienene i de øvre 20 cm av sedimentene (Fig. 4). Nær utslippet (SA1, Fig. 1) var sedimentene sandige, og konsentrasjonene av metaller lavere enn på stasjon SA0, som lå dobbelt så langt fra utslippet. Mektigheten av forurensede sedimenter nærmest utslippet (SA1) overskred 20 cm. Ettersom bedriften startet sin produksjon i 1923, tilsier dette at sediment-tilveksten er større enn 4 mm pr år i dette området. På stasjon SA3, ca 1.3 km fra utslippet, var det forurensede laget ca 16 cm tykt, bedømt ut fra nivåene av mangan og kadmium. Dette tilsvarer en gjennomsnittlig sediment-tilvekst på ca 3 mm pr år. Stasjoner tatt på sidene av fjorden (SA2 og SA4, fig. 1) viste noe langsommere akkumulering av sedimenter. Metallkonsentrasjonen i sedimenter fra den innerste delen av Saudafjorden (SA0-SA4) var høyest i de øverste sedimentlagene (0-2 cm eller 2-4 cm) (fig. 4 og 5).

På stasjonene SA5-7, som alle lå i bassenget innenfor Bølneset (Fig. 1), var tykkelsen på det forurensede laget i overkant av 8 cm. Disse sedimentkjernene viste vekslinger i kornstørrelse med enkelte grovere lag, spesielt på stasjon SA6 (4-6 cm dyp).

På Stasjon SA8, ca 9 km fra utslippet, var metallkonsentrasjonene i sedimentene betydelig redusert. Fjorden er her på det smaleste, og sedimentering av fin-kornige partikulære forurensninger er trolig liten. Ved hjelp av analyser av bly - 210 ble en sedimentkjerne på denne stasjonen datert. Relasjonen mellom alder og dyp i sedimentet er vist på Fig. 6. Denne viser at det skjedde en voldsom endring i sedimenttilveksten ca 1920. I løpet av perioden 1914 \pm 12 til 1925 \pm 9 ble det avsatt ca 1 cm sediment pr år. Det kan antas at dette skyldes arbeid med vassdragsregulering og utbygging av Saudafallene like før 1920. Før 1914 \pm 12 var sedimenttilveksten så lav som 1.3 mm/år, og etter 1925 \pm 12 var gjennomsnittstilveksten 1.6 mm/år.

På de to ytterste stasjonene (SA9 og SA10) var det fortsatt tydelig kontaminering av sedimentene, i hvert fall i de øverste 6 cm. De vertikale gradi-

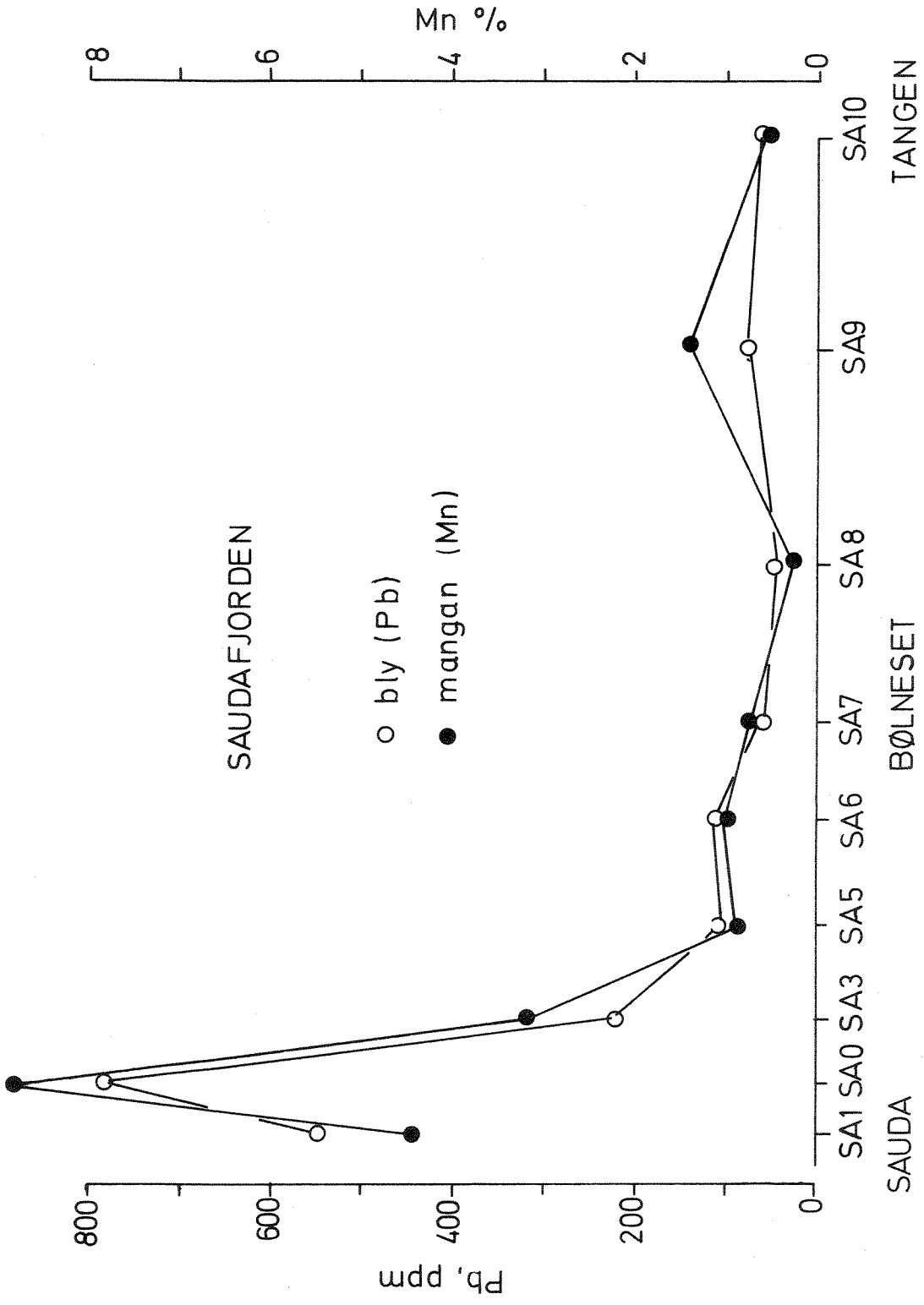


Fig. 2 Den horisontale fordelingen av bly og mangan i overflatesedimentene i Saudafjorden

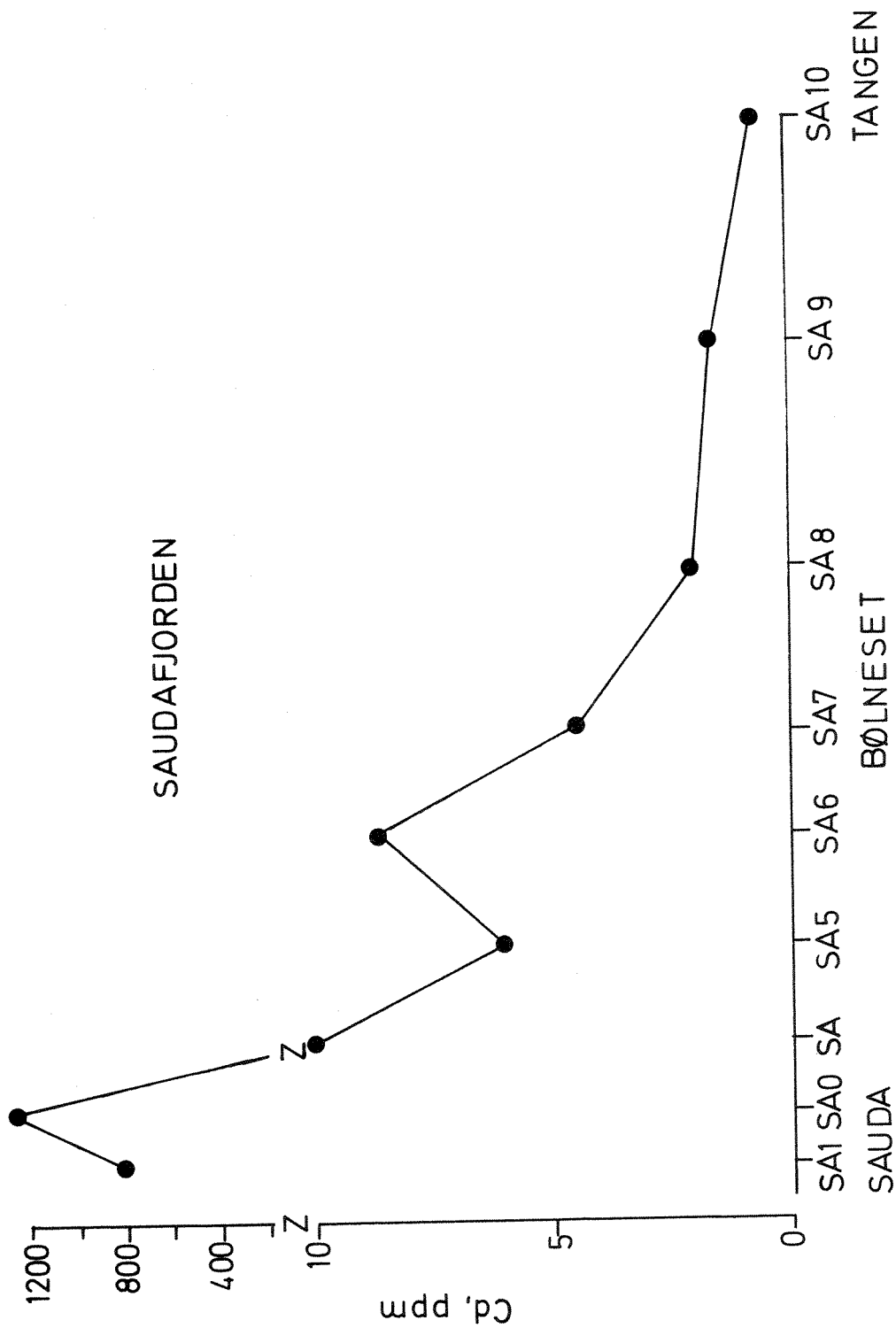


Fig. 3 Den horisontale fordelingen av kadmium i overflatesedimentene i Saudafjorden (merk endring i vertikalskala)

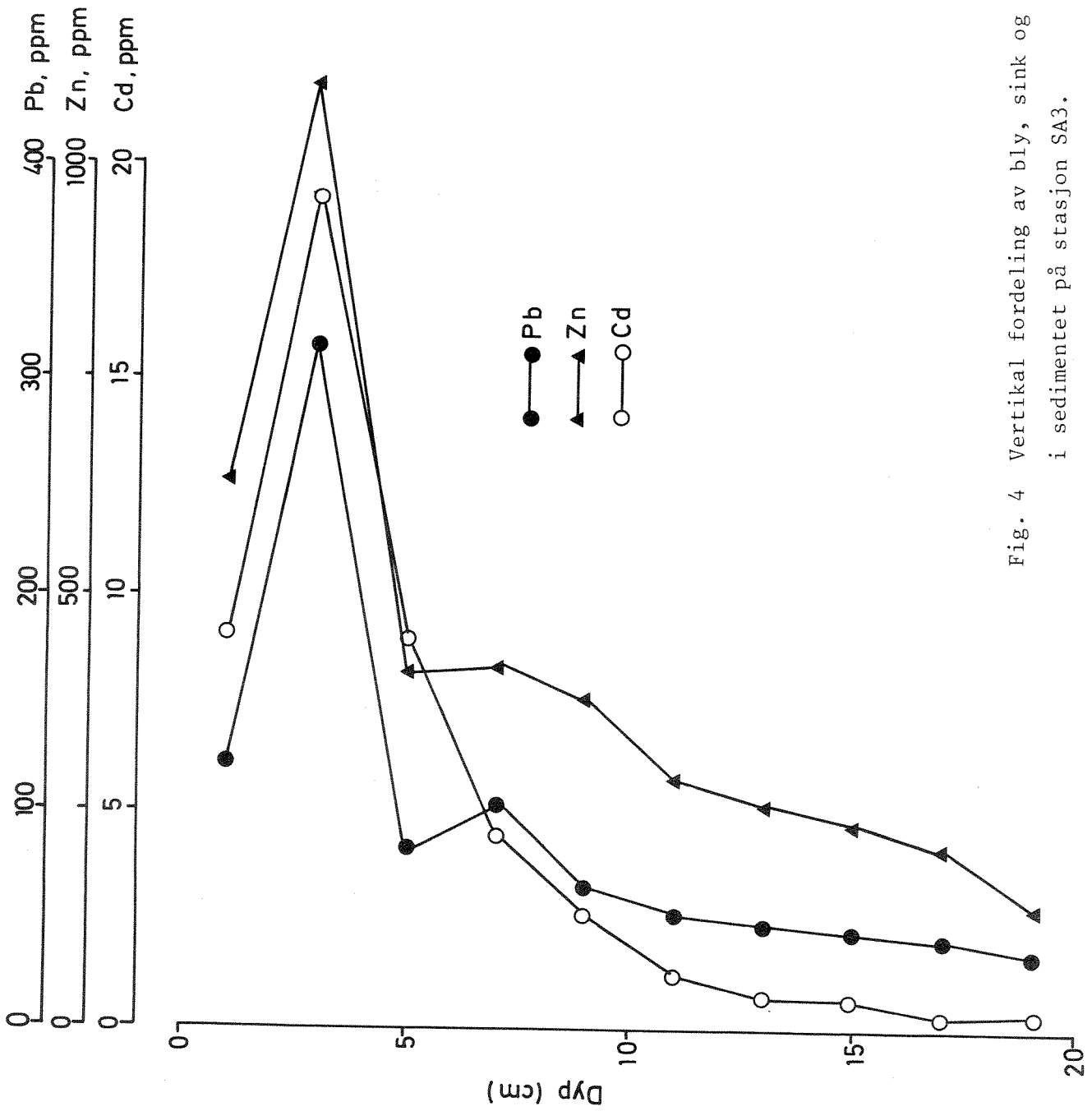


Fig. 4 Vertikal fordeling av bly, sink og kadmium i sedimentet på stasjon SA3.

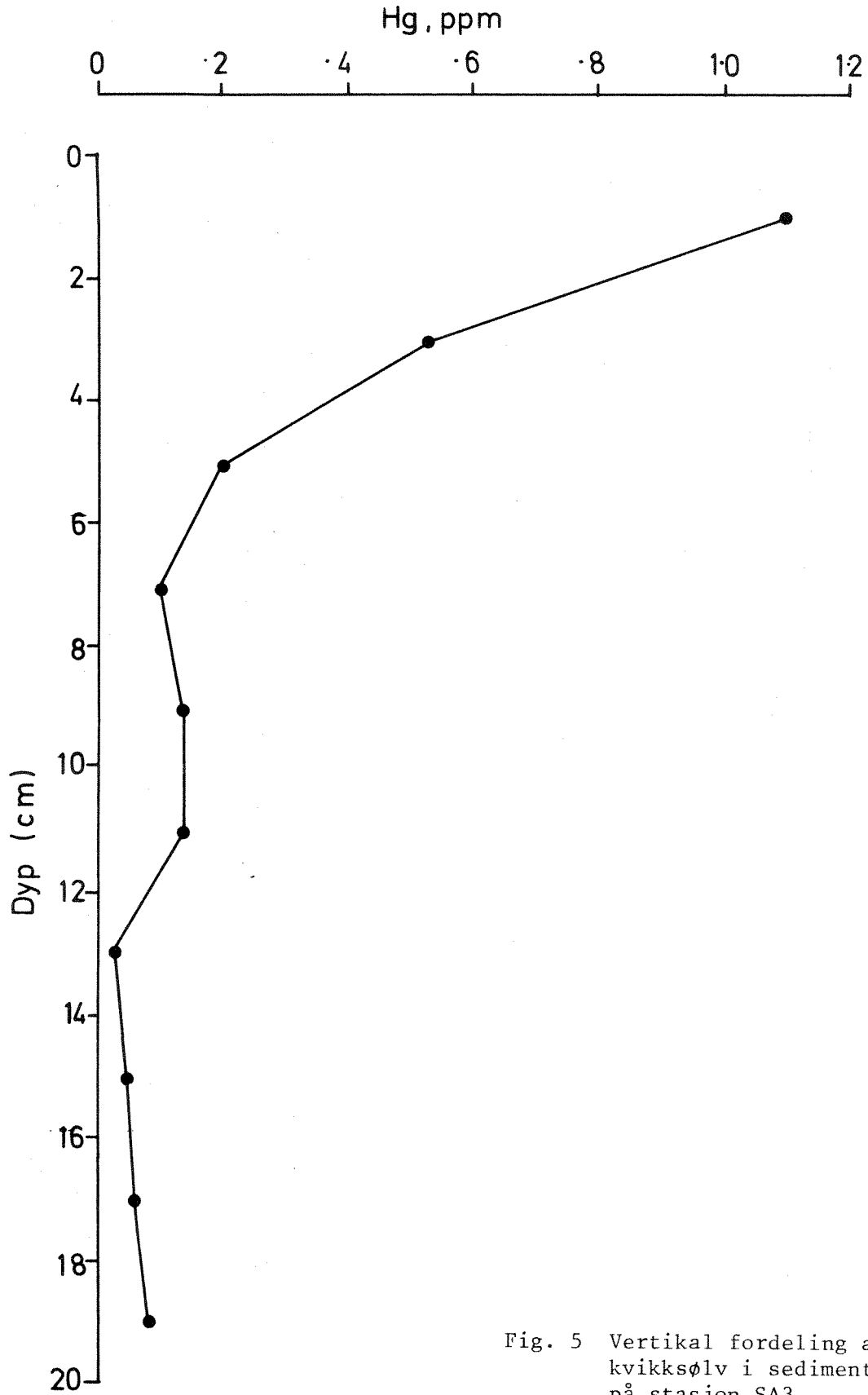


Fig. 5 Vertikal fordeling av kvikksølv i sedimentet på stasjon SA3

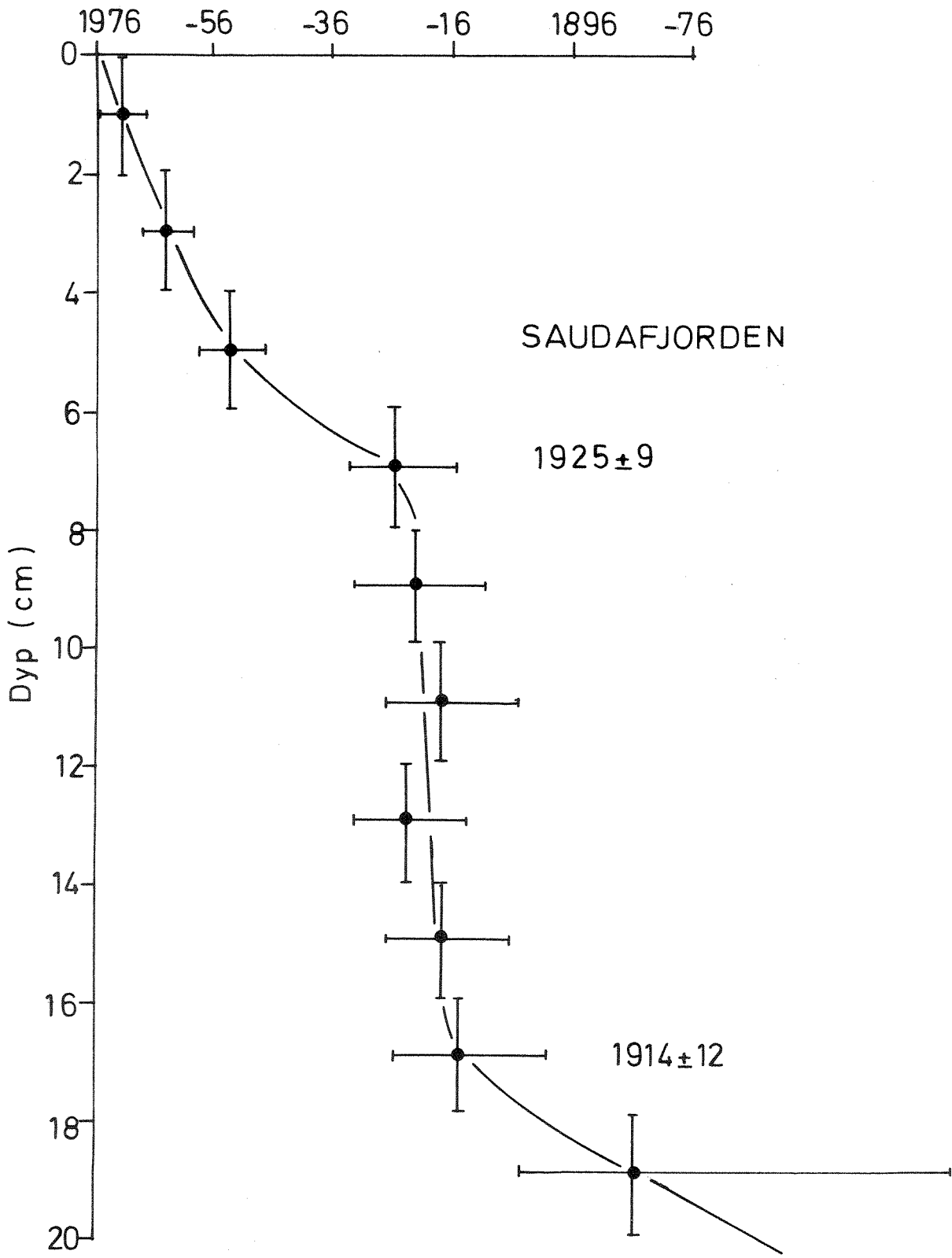


Fig. 6 Relasjonen mellom alder og dyp i sedimentet basert på bly-210 dateringer.

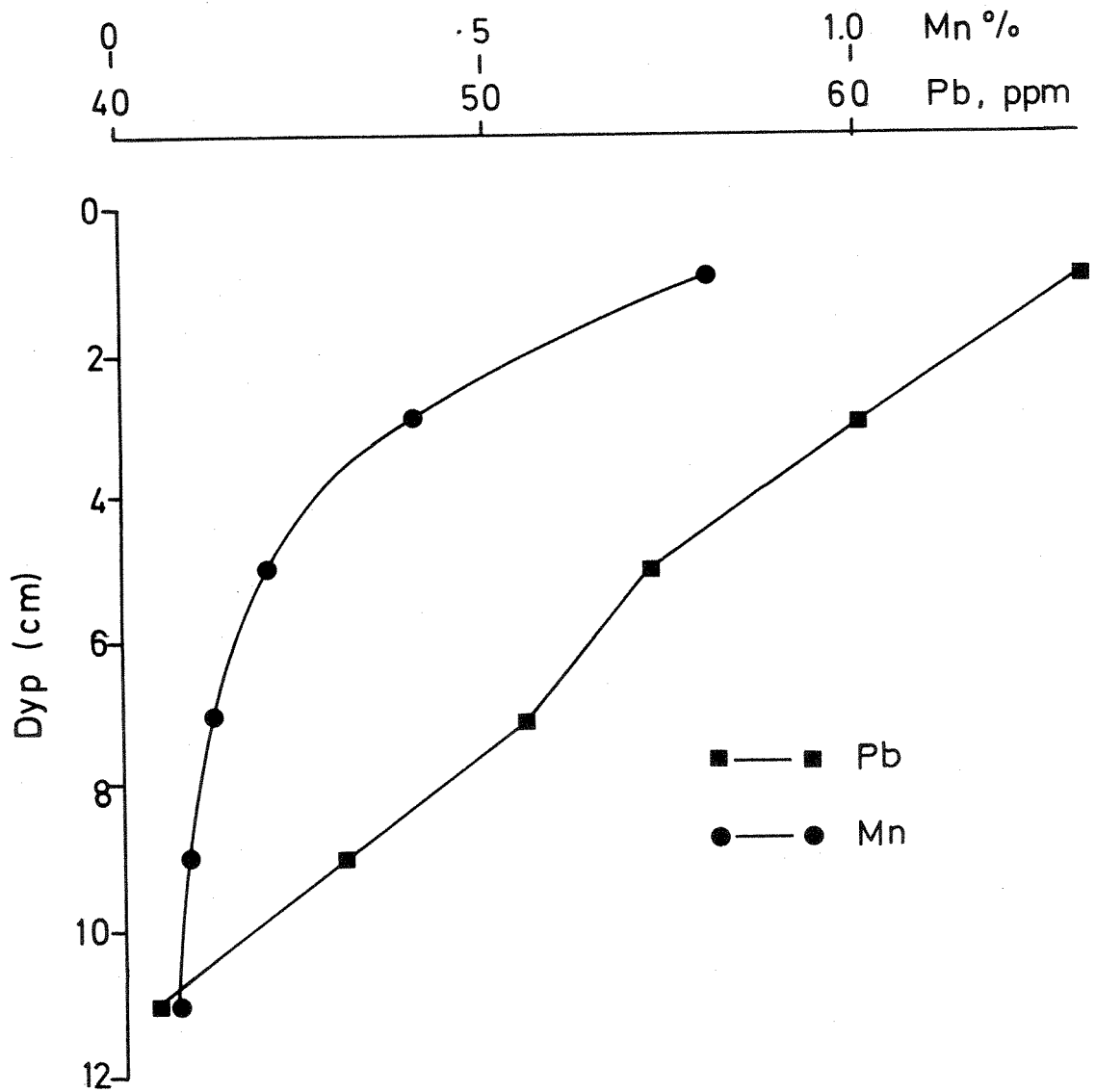


Fig. 7 Vertikal fordeling av bly (Pb) og Mangan (Mn) i sedimentet på stasjon SA10.

entene på stasjon SA10 var meget klare både for bly og mangan (Fig. 7).

Resultatene fra analysene av metaller i sedimentkjernen fra referensstasjonen i Hylsfjorden (SA11, Fig. 1) viste mange interessante trekk. Hvis vi antar at sedimenter fra større dyp enn 10 cm i kjernen er avsatt før noe industri hadde noen innflytelse på området, vil følgende omtrentlige bakgrunnsnivåer for metaller opptre:

bly = 30 ppm, mangan = 0.7%, kadmium = 0.3 ppm, sink = 160 ppm
kopper = 30 ppm, krom = 38 ppm, sølv = 0.3 ppm, kvikksølv = 0.26 ppm.

De metallene som her skiller seg ut ved høye konsentrasjoner er mangan og kvikksølv. Årsaken til dette kan være at disse metallene opptrer i fjellgrunnen i dreneringsområdet til Hylsfjorden, hvor det tidligere ble drevet gruvedrift (sink og bly). Til sammenligning kan bakgrunnsnivået for mangan og kvikksølv inne i selve Saudafjorden (SA3) settes til henholdsvis ca 0.13% og ca 0.06 ppm.

Vertikalprofilene for bly og kadmium i særdeleshet viser en anrikning relativt til bakgrunnsverdien i de øvre 6 - 8 cm av sedimentkjernen i Hylsfjorden. Det er usannsynlig at dette alene skyldes naturlige anrikningsprosesser (f eks fiksering i organisk materiale, kopresipitering med mangan etc), og man må anta at forurensninger fra Sauda også påvirker ytre deler av Hylsfjorden. Dette tilsier at Stasjon SA11 er noe mindre egnet som referansestasjon for metaller i sedimentene enn forutsatt.

For å oppsummere resultatene av metallanalysene i sedimentene, så viser disse i store trekk meget høye konsentrasjoner i indre del av Saudafjorden, spesielt av kadmium, mangan, sink og bly. Konsentrasjonene avtok svært raskt de første 3 km fra utslippet. Siden er kontamineringsnivået nokså jevnt utover fjorden. Det er også en viss kontaminering av kvikksølv i Saudafjorden, mens sedimentene i Hylsfjorden trolig har et naturlig høyt innhold av kvikksølv (og mangan). Konsentrasjonene av sølv, krom og kopper må betraktes som normale. Til sammenligning er nivåene av en rekke metaller i sedimenter fra et utvalg andre norske fjorder gitt i tabell 5.2.

Tabell 5.2 METALLER OG ORGANISK MATERIALE I SEDIMENTENE I EN DEL NORSKE FJORDER
(ppm, unntatt Fe og organisk materiale i %).

Lokalitet	Referanse	Hg	Zn	Cr	Fe	Ni	Pb	Cd	Cu	Org.mat.
Karmsundet	NIVA 0-147/76, 1978	0.02- 5.01	15- 600	14- 49	0.74- 2.10	15- 48	4- 290	0.4- 3.6	8- 230	2.99- 23.22
Frierfjorden	NIVA 0-111/70, 1976	0.11- 12.8	65- 870	-	0.27 7.45	9- 107	8- 704	1.5- 26.3	12- 129	2.41- 37.24
Ranafjorden	NIVA 0-31/75, 1977	-	45 1665	15- 91	1.6- 6.7	-	11- 865	-	19- 318	0.7- 8.1
Bekkelags- bassenget, Oslofjorden	NIVA 0-34/76, 1977	0.12- 19.6	98- 1320	32- 561	2.62- 5.01	16- 64	26- 900	-	45- 978	3.3- 28.0
Gandsfjorden	NIVA 0-82/76, 1978	0.08- 1.0	72- 245	23- 50	1.2- 3.5	10- 37	23- 127	-	13- 36	3.9- 7.3
Byfjorden, Stavanger	NIVA 0-82/76, 1978	0.05- 0.50	31- 57	11- 16	0.8- 1.0	7- 14	11- 38	-	8- 13	4.9- 6.3
Hafrsfjorden	NIVA 0-82/76, 1978	0.05- 0.29	80- 365	28- 45	2.0- 4.0	11- 30	26- 98	-	19- 40	21.8- 24.7
Iddefjorden	NIVA 0-38/75, 1978	0.03- 2.37	102- 1880	-	-	-	35 1335	0.26 14.6	30- 351	6.0- 35.2
Saudafjorden	dette arbeidet	0.03- 1.10	135- 1100	28- 82	-	-	7- 960	0.1- 1700	28- 71	0.8- 16.6

Sedimentasjonshastigheten avtar utover fjorden, og midtfjords ble den målt til 1.6 mm/år. Her var det forurensede laget (hva som er avsatt etter at Sauda Smelteverk startet sin virksomhet i 1923) ca 6-7 cm tykt. Det er tydelig at sedimenteringen av forurensninger i Saudafjorden foregår på to måter. Nær utslippet skjer en umiddelbar sedimentering av grovt industriavfall med meget høye metallkonsentrasjoner. Dette gir opphav til høye metallkonsentrasjoner i sedimentene i dette området. Dernest skjer det en spredning og transport av meget fint partikulært materiale og metaller i løsning i den utgående brakkvannsstrømmen. Partiklene sedimenterer gradvis, og løste metaller adsorberes til partikler eller tas opp av plankton og transporteres på den måten til sedimentene. Dette fører til at vi kan spore forurensningen så langt som 15 - 20 km borte fra kilden (minimum).

5.3 Organisk materiale

Sedimentenes innhold av organisk materiale varierte mellom 0.8 og 16.6% (basert på glødetapsmålinger). De høyeste konsentrasjonene ble målt i Sauda's havnebasseng (SA 0 og SA 1). Mye av dette organiske materialet bestod av planterester og skyldes trolig transport av terrestrisk organisk materiale med elva. På grunn av stor sedimenttilvekst i dette området skjer det en rask overdekning av det organiske materialet som fører til utvikling av hydrogenulfid i det dypere sedimentlag på stasjonene SA 1 og SA 0.

Også lengre ute i Saudafjorden var innholdet av organisk materiale i sedimentene relativt høyt (5-7%). Dette skyldes trolig at sedimenttilveksten er liten og at organisk materiale prosentvis blir noe høy ettersom transporten av uorganiske sedimenter med elver til Saudafjorden antas relativt liten på grunn av vassdragsregulering.

5.4 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Et antall av 34 PAH komponenter er blitt identifisert og kvantifisert i 14 sedimentprøver fra Saudafjorden (tabell 2 i appendiks). Konsentrasjonen av total PAH varierte mellom 0.2 og 100 ppm (tørrvekt). Analyser av to sedimentprøver tatt nærmere utslippet i 1974 viste nær 1 000 ppm PAH (NIVA, 0-51/74, 1976).

Fordelingen av PAH i overflatesedimentene i fjorden viste høye konsentrasjoner i nærheten av utslippet og meget rask reduksjon i konsentrasjonene utover (Fig. 8). Dette tyder på at PAH sedimenterer hovedsaklig innen 4 km fra utslippet, men at forurensingen av PAH kan spores helt ut til samløpet med Hylsfjorden.

Sammensetningen av PAH i overflatesedimentene endret seg utover fjorden. Mens det prosentvise innholdet av benzo(a)pyrene (BaP) og anthracene avtok med avstanden fra kilden, økte det relative innholdet av phenanthrene (Fig. 9). Dette kan skyldes at tungtløselige PAH-forbindelser sedimenterer nærmest kilden, mens de mere lettløselige transporteres lengre. Alternativet er at uforurensede sedimenter har et høyere innhold av f.eks. phenanthrene enn andre komponenter (Björseth, Knutzen & Skei, in prep.).

Det er også gradienter vertikalt i sedimentene, men de er forholdsvis små, da det er kun analysert på sedimenter som antas å være avsatt etter at bedriften i Sauda kom i drift (1923). Små endringer i PAH-konsentrasjonene vertikalt antyder ellers at disse stoffene er nokså bestandige i det marine miljø, og at de ikke lett lar seg nedbryte kjemisk eller biologisk under de eksisterende forhold i avleiringene.

På grunn av naturlig forekommende forbrenningsprosesser (vulkanutbrudd, skogbrann) og muligens ved biosyntese, må man regne med et visst bakgrunnsnivå av PAH i sedimenter. Dette er foreløpig utilstrekkelig kartlagt, men sannsynligvis vil de naturlige nivåene ikke være særlig mye lavere enn det som er observert på SA 11 i Hylsfjorden. Det antas derfor å være av mindre interesse å eventuelt spore PAH-påvirkningen fra Sauda Smelteverk på sedimenter utenfor Hylsfjorden. Noe annerledes stiller dette seg med hensyn til PAH i muslinger (kfr. kap. 8).

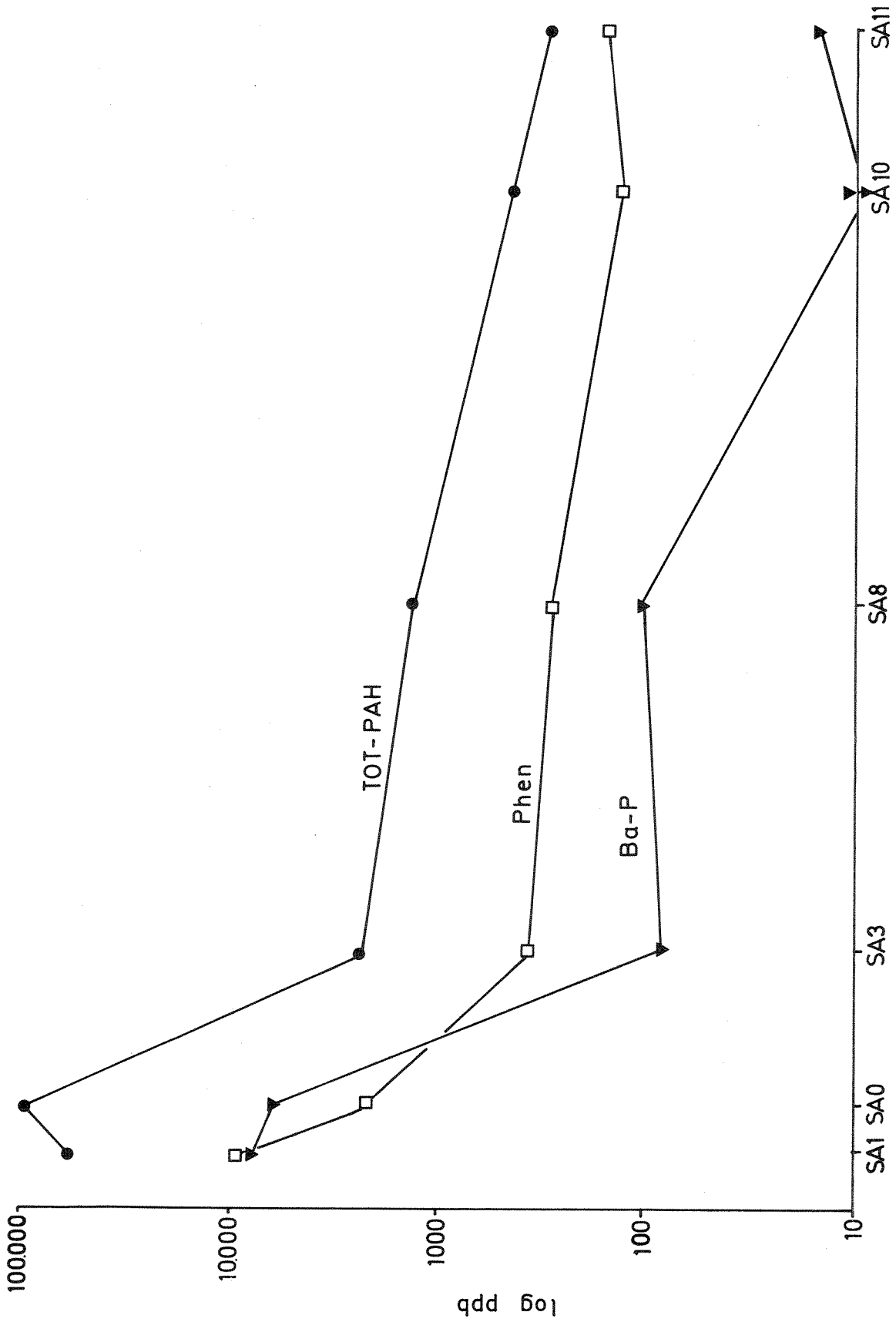


Fig. 8 Horisontal utbredelse av total PAH, phenanthrene (phen) og benzo(a)pyrene (Ba-P) i overflatesedimentene i Saudafjorden (merk logaritmisk konsentrasjonsskala).

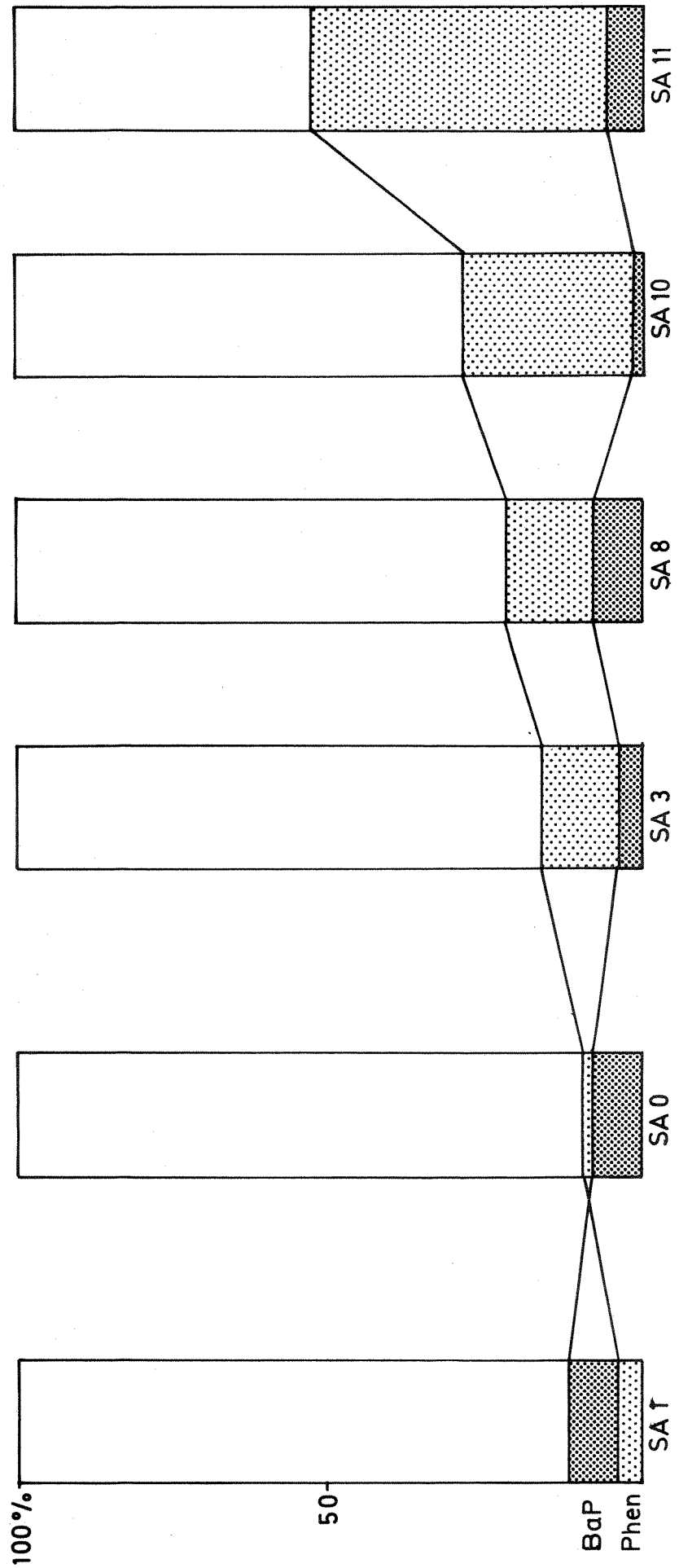


Fig. 9 Relativ anrikning av phenanthrene og benzo(a)pyrene i overflatesedimentene i Saudafjorden.

5.5 Sammenligning med tidligere undersøkelser

I september 1974 ble sedimentkjerner fra 5 stasjoner innenfor Ramsneset innsamlet for metallanalyser (NIVA, 0-51/74, 1976). Konsentrasjonene av metaller var betraktelig lavere enn funnet i det samme område i desember 1976. Fordelingen viste imidlertid stort sett samme trend med sterkt avtagende konsentrasjoner vekk fra utslippet. Dette var spesielt tilfelle for kadmium.

I 1975 ble sedimentprøver fra hele Saudafjorden innsamlet og analysert for metaller (Kjellsen & Ekornröd, 1975). Resultatene viser god overensstemmelse med undersøkelsene fra 1976 med hensyn til relativ fordeling av metaller i overflatesedimentene. Spesielt gjelder dette mangan. Høyere konsentrasjoner av mangan 400 m fra utslippet enn 2-300 m fra utslippet er i samsvar med 1976-undersøkelsen (se s 73, NIVA 0-51/74, 1976 og Fig. 2). Kjellsen og Ekornröd påviste også en økning i mangan ca 13 km ut i fjorden, noe som likeens indikeres på fig. 2.

Når absoluttkonsentrasjonene for metaller ved undersøkelsene i 1974, 1975 og 1976 var noe forskjellige, antas dette hovedsaklig å skyldes store horisontalgradienter, spesielt innen 3 km fra utslippet.

Bruk av sedimentprøvetaker med 5 cm diameter i 1976 (Niemistö gravity corer) i motsetning til 2 cm diameter i 1974 og 1975 (Tamm prøvetaker), kan også ha bidratt til uoverensstemmelsene. Risikoen for en sammenblanding av sedimentsjiktene og tap av de øverste mm av sedimentet er betydelig større ved prøvetakere med liten diameter på røret.

6. BLØTBUNNSFAUNA

6.1 Resultater

I det følgende gjengis hovedtrekkene i resultatene (tabell 6.1). De fullstendige resultatene er presentert i tabell 3 i vedlegg. Stasjonsplasseringen fremgår av fig. 10.

Stasjon BF2, ca 150 m utenfor kaia

Dyp: 35 m.

Bunnen besto av svart slam iblandet store mengder plantemateriale (løv o.a.). Det var både lukt og tydelige spor av oljeaktige stoffer. Det ble ikke funnet noen dyr i prøven.

Stasjon BF1, ved Ramsneset.

Dyp: 30 m.

Bunnen var forholdsvis hard med sand, grus og skall iblandet finere sediment. Volumet av grabbprøvene var mindre enn på de andre stasjonene på grunn av at grabben ikke tok så dypt i bunnen. De vanligste artene var børstemarkene *Prionospio cirrifera*, *Ophelina modesta*, *Owenia fusiformis* og *Glyphanostomum macroglossum* og muslingen *Thyasira*.

Stasjon BF7, ved Fløkstad.

Dyp: 30 m.

Bunnen besto av gråsvart mudder og silt. Artsantallet var bare halvparten så høyt som på BF1, men kan likevel ikke betraktes som påfallende lavt. De vanligste artene var børstemarkene *Ophelina modesta*, *Zeppelina monostyla*, *Nereimyra punctata* og *Chaetozone setosa* samt muslingen *Thyasira*.

Stasjon BF10, i Honganvikbukta

Dyp: 25 m

Bunnen besto av mykt sediment. Artsantallet av børstemark var meget høyt. De vanligste artene var *Polydora flava*, *Prionospio cirrifera*, *Spiophanes kroeyeri*, *Paraonides lyra* og *Ophelina modesta* samt muslingen *Thyasira*.

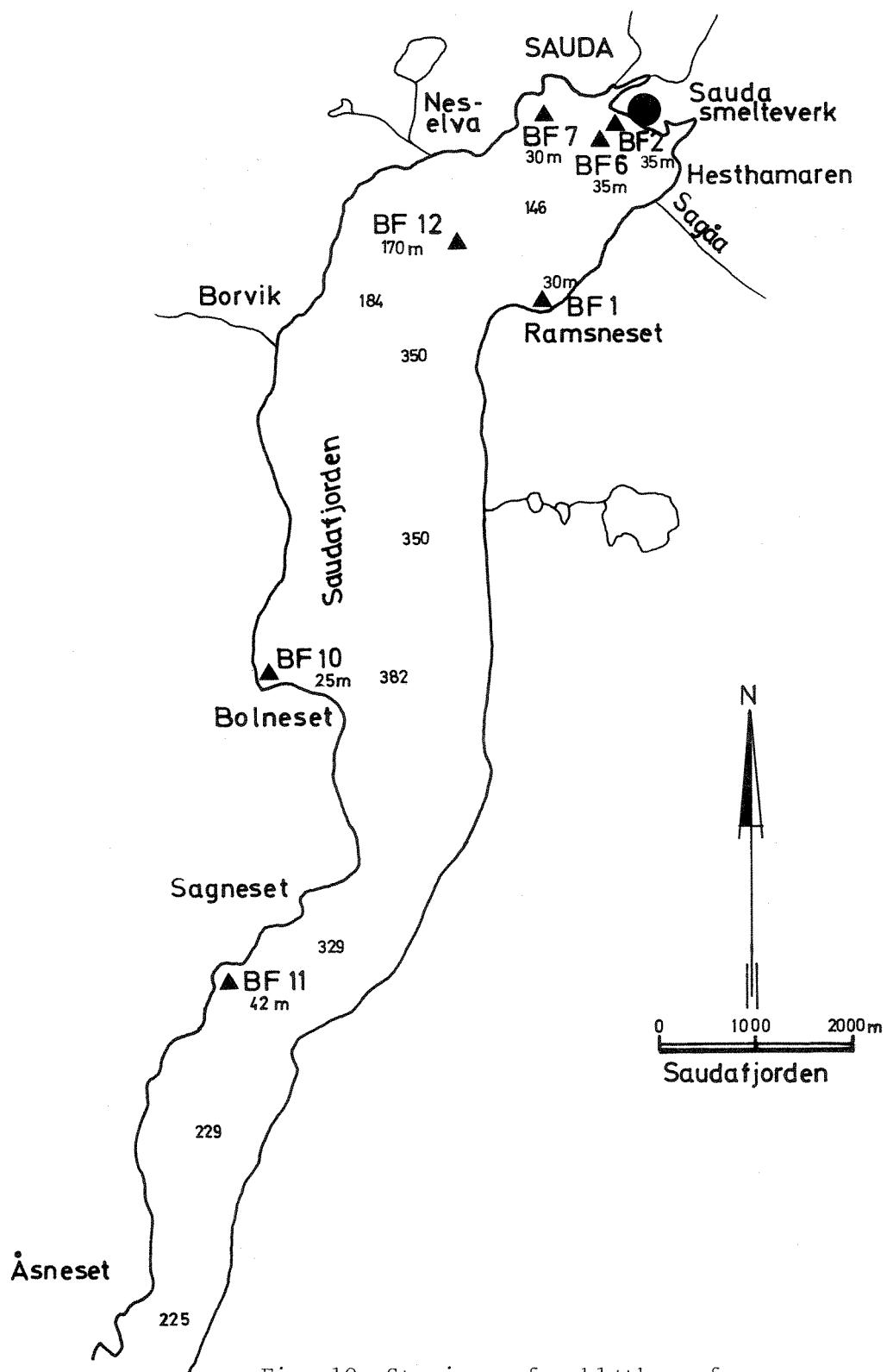


Fig. 10 Stasjoner for bløtbunnsfauna

Stasjon BF11, i Ilstadvika

Dyp: 22 m (replikat 1) og 42 m (replikat 2-4)

I den grunneste prøven fantes mye grovt skallmateriale. På 42 m var bunnen mykere. Artsantallet var enda høyere enn på BF10. Det fantes flere arter av muslinger, krepsdyr og slangestjerner. De vanligste artene var børstemarkene *Prionospio cirrifera*, *Owenia fusiformis* og *Glyphanostomum macroglossum*, altså stort sett de samme som var vanligst på stasjon BF1. Forklaringen kan være at substratforholdene var ganske like på BF1 og BF11.

Stasjon BF12, midtfjords NV for Ramsneset

Dyp: 170 m

Bunnen besto av mørkt sediment. Bare én prøve ble innsamlet på denne stasjonen, og det er nok delvis grunnen til at antall registrerte arter var lavt. På grunn av at biotopen var nokså forskjellig fra de andre stasjonene, er en direkte sammenligning av faunaen ikke så lett tolkbar. Påfallende for prøven fra stasjon BF12 var den sterke dominansen av børstemarken *Samythella vanelli*.

6.2 Diskusjon

Faunaen på alle de undersøkte lokalitetene (BF2 unntatt) var dominert av børstemark (Polychaeta), som er den vanligste dyregruppen på bløtbunn i alle fjorder. Flere arter av muslinger (Bivalvia) var også vanlige.

Fra den innerste til den ytterste av stasjonene BF7-BF1-BF10-BF11 (figur 10) var det en tydelig gradvis økning i artsantallet (tabell 6.1). Replikatene fra en og samme stasjon viste til dels betydelige innbyrdes forskjeller (se tabellene i vedlegg). Det tyder på lokale variasjoner på bunnen. Et pålitelig anslag av gjennomsnittlig individtetthet ville forutsette et større antall replikater. Av ganske mange av de innsamlede arter fantes det bare ett individ (tabell 6.1). Det er derfor sannsynlig at flere replikater på hver stasjon ville ha gitt en vesentlig økning i antall registrerte arter. Av hensyn til sammenligningen med prøvene fra det innerste området av fjorden var det viktig å velge stasjoner med omtrent samme dyp, også lenger ute. Dette medførte at en måtte holde seg nær strendene, der bunnen er mer skrånende og mer varierende enn i de

flate dyp-partiene. Mer homogene forhold er det antagelig langs dypålen i fjorden. På den dype stasjonene BF12 (170 m) ble det tatt kun én vellykket prøve. Det er derfor ikke mulig å si noe om variasjonen der.

Tabell 6.1 ANTALL ARTER AV DE FORSKJELLIGE DYREGRUPPENE

Stasjon:	BF1	BF7	BF10	BF11	BF12
Antall replikater:	3	3	3	3	1
DYREGRUPPER:					
Polychaeta (mangebørstemark)	33	16	54	49	12
Gastropoda (snegler)	2	1	1	1	
Bivalvia (muslinger)	8	5	7	14	2
Peracarida*	1		2	5	
Decapoda (tifotkreps)				2	
Echinodermata (pigghuder)	1		1	6	1
Andre grupper **	1	1	3	3	1
Sum antall arter	46	23	68	80	16
Prosent av artene som fantes som ett individ	24	41	38	32	40

* Peracarida er en gruppe av små krepsdyr, her: Cumacea, Isopoda (tanglus) og Amphipoda (tanglopper)

** Nemertinea (slimormer), Caudofoveata (ormebløtdyr) og Sipunculida (pølseormer).

Det er vanlig å bruke artsantallet som et grovt mål på miljøkvaliteten. Det synes således å være bedre forhold utover i fjorden enn lengst inne. Denne type gradient er et vanlig fenomen i mange fjorder, og det synes som den hovedsaklig skyldes naturlige forhold. Gradienten forsterkes imidlertid ofte ved sivilisatorisk påvirkning.

På grunnlag av resultatene fra 1974 og 1976 er inntrykket at på vestsiden av Storelvas utløp og utover, og fra Hesthamaren og utover er faunaen ikke påvisbart påvirket av forurensningen. Utenfor kaiene (ut til 100-200 m) er faunaen til dels ødelagt. På en lokalitet 350 m ut (BF6) var faunaen ikke

særlig redusert, men hadde en artssammensetning som tyder på forurensningsbelastning (blant annet den tette forekomsten av muslingen *Thyasira*) (NIVA 0-51/74, 1976). To kilometer ut midtfjords (BF12) syntes faunaen å være påvirket i og med det nokså lave artsantall, og med nesten bare børstemark og muslinger representert. Den tallmessige dominansen av børstemarkarten *Samythella vanelli* i forhold til andre arter, tyder også på et forstyrret miljø. Mangelen på replikater fra stasjonen gjør imidlertid at denne vurderingen er usikker.

6.3 Videreføring av undersøkelsene

På grunn av den relativt store forskjellen mellom replikatene fra en og samme stasjon, kan det bli vanskelig å påvise forandringer fra ett tidspunkt til et annet, selv om dette til en viss grad kan kompenseres for ved økt replikatantall i senere faser. Bortsett fra i nærområdet for utslippene og et stykke utover langs dypålen er dessuten forholdene i Saudafjorden så pass nær opp til det normale at kun små forandringer kan ventes. Det vil derfor være lite hensiktsmessig å bruke BF1, BF7, BF8, BF10 og BF11 som overvåkningslokaliteter. I overvåkningsfasen kan istedet velges: BF2, BF6 og BF12, samt én ny stasjon mellom BF6 og BF12 og én ny stasjon ca 1 km utenfor BF12.

Innsamling av prøver fra disse stasjonene bør gjøres allerede i 1979. Materialet vil da antagelig fremdeles være representativt for bløtbunnsfaunaens tilstand før virkningen av rens tiltakene har begynt å gjøre seg særlig gjeldende. Dermed kan en få et betydelig bedre referansemateriale enn det som hittil er skaffet tilveie.

7. GRUNTVANSSAMFUNN

7.1 Fysisk/kjemiske miljøfaktorer

Utgangspunktet for disse undersøkelser er den kombinerte belastning på marine organismesamfunn med forurensninger og ferskvann. Forurensningsbelastningen inkluderte også partikulært materiale (mulig forringede lysforhold og nedslamming). Blant de naturlige faktorer som kan påvirke utbredelsen av de forskjellige strandfauna-arter i området, må en anta at saltholdighet, eksponeringsgrad og substrat-type er de viktigste. Hvis en arts forekomst er mer avgrenset enn hva som skulle forventes ut fra dens krav til disse faktorene, kan det tyde på forurensningsvirkninger.

Ut fra de samtidige, månedlige observasjoner av saltholdighet i Saudafjorden og Hylsfjorden i tiden september 1972 - november 1975 (Svendsen og Utne, 1973, 1974ab, 1975ab, 1976 unpubl.) fremgår at det er stor grad av parallellitet i utviklingen i ytre halvdel av de to fjordene. Med mindre variasjoner har det i alle tre år inntrått et saltholdighetsminium i overflatelaget i perioden juni - september. Middelsaltholdigheten i denne perioden (12 observasjoner over 3 år, Svendsen og Utne op.sit.), lar seg beregne til 4,6 ‰ og 3,6 ‰, henholdsvis utenfor Tengesdal og utenfor Bølneset (Fig. 11). De laveste saltkonsentrasjonene er jevnlig, med ett unntak, observert utenfor Bølneset. Dertil synes periodene med lav saltholdighet ofte både å være lengre i Saudafjorden og å nå de laveste ekstremverdier (< 1 - 2 ‰ S).

Samtidige observasjoner av saltholdighet i hele Saudafjordens lengde er mer sparsomme og omfatter bare 8 observasjoner fra juli 1977 til oktober 1978 (upublisert materiale fra Sauda Smelteverk A/S (brev av 1/12 1978 med vedlegg)). Disse data viser stort sett mindre forskjell enn 1 ‰ S i 0-1 m nivået mellom innerste stasjon ved Ramsneset og Borvik og de utenforliggende (Bølneset og Åsnes).

Av ovenstående følger at man synes å ha en situasjon hvor forskjeller i biologiske forhold mellom indre og ytre partier av Saudafjorden ikke skulle kunne tilskrives forskjeller i ferskvannsbelastningen. Videre er det sannsynlig at stasjonen i Tengesdal, Hylsfjorden er brukbar som referansestasjon, idet saltholdighetsforholdene synes likeartet de man har i Saudafjorden.

To viktige forbehold må tas overfor gyldigheten av denne konklusjonen. Det ene er at tilsynelatende små forskjeller i saltmiljøet kan være utslagsgivende nær grensene for marine arters toleranseområder. *Det er i dag neppe tilstrekkelige kunnskaper om de aktuelle arters miljøkrav til å dømme sikkert om dette.* Det andre forbehold gjelder representativiteten av saltholdighetsdataene. Disse er relativt sparsomme, særlig for hele lengden av Saudafjorden.

Det må følgelig konkluderes med at spørsmålene om Tengedalstasjonens referanseverdi og saltholdighetsvariasjonene i Saudafjordens lengderetning ikke kan besvares sikkert, og at det muligens kreves så hyppige målinger på de biologiske stasjonene at det ligger utenfor den praktiske ramme av et overvåkingsprogram.

Utslipet av partikulært materiale kunne, som nevnt, tenkes å forringe lysmiljøet og medføre en nedslamming som ville være ugunstig for de fleste fastsittende alger og flere arter av hardbunnsfauna.

Svensden og Utne (1973, 1974ab, 1975ab, 1975ab, 1976 unpubl.) har også registrert siktedypet ytterst i Hylsfjorden og utenfor Bølneset. Dataene viser stor grad av samvariasjon og liten forskjell i midlere siktedyp (ca 6.5 m i ytre Hylsfjorden og ca 6.0 m i midtre Saudafjorden som middel av 26 observasjoner 1972-1975). Upubliserte data fra 1977-1978 (Sauda Smelteverk A/S) viser stort sett ikke mer enn 1-2 m mindre siktedyp ved Ramsneset (middel av 8 observasjoner \sim 6.0 m) enn ved Borvik, Bølneset og Åsnes. Ofte var forskjellen ubetydelig. Ser man bort fra usikkerheten ved de fåtallige observasjonene, synes derfor ikke lysforholdene å være noe vesentlig dårligere på de indre stasjonene. Det bør imidlertid legges til at man tidligere har observert dårligere lysforhold i havnebassenget sammenliknet med stasjoner utover mot Ramsneset.

Før renseanleggets igangsettelse ble avløpsvannet for det meste innlagret i 3-4 meters dyp (EFP 1974b, NIVA 0-51/74, 1976). Mineralpartiklene i utslippet skulle dermed ikke være noen avgjørende miljøfaktor for de organismer som lever i de øvre 5 m, i hvert fall ikke utenfor fjordens indre basseng (St G1 og St G3).

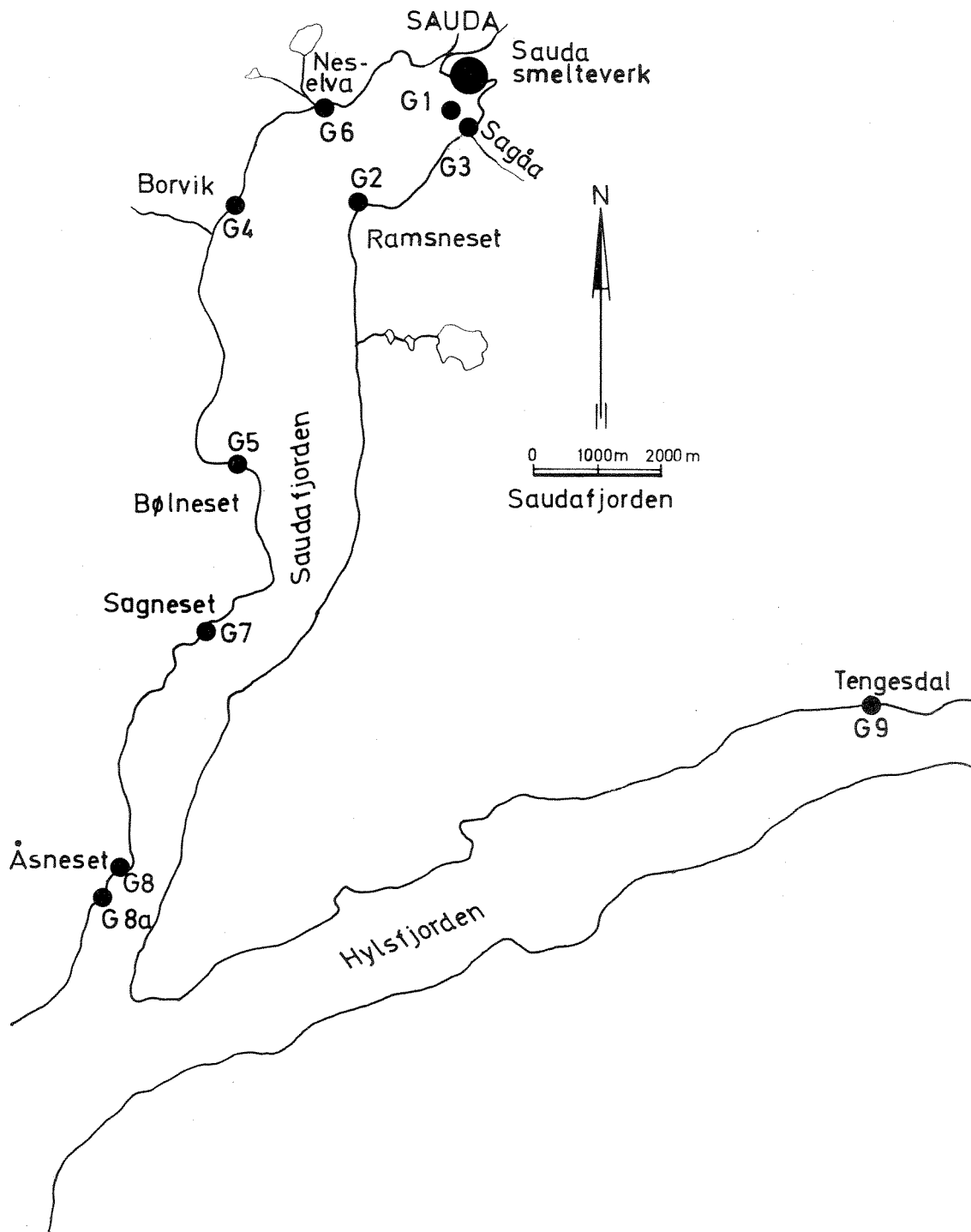


Fig. 11 Stasjoner for dykkerobservasjoner og fjørebeltets fauna 1974 - 1976.

7.2 Faunaregistreringer i algebeltet

Resultatene av faunaregistreringene er satt opp i tabell 7.1. Stasjonenes beliggenhet er vist i fig. 11. Den nedre saltholdighets-toleransegrensen for hver art er angitt. Artsantallet må betegnes som svært lavt, men det var ganske rikelig individmengde av enkelte arter. Vanligst var *Gammarus oceanicus* (en art av marflo). Den opptrer tallrikt i de fleste brakkvannspåvirkete strandområder langs norskekysten. *Gammarus zaddachi* (en annen art av marflo) var også vanlig. Den tåler enda lavere saltholdighet, nesten helt ferskt vann. *Jaera* er en slekt av små brakkvannstolerante isopoder som det er vanlig å finne i stort antall i algebeltet.

Prøvene fra Saudafjorden var omtrent identiske med det en kan finne i Østersjøen i områder med lavere enn 6 ‰ saltholdighet. I Østersjøen finnes i tillegg isopodene *Idotea baltica* og *Idotea viridis* vanlig representert i algebeltet. *Idotea*-artene synes imidlertid ikke å være vanlig i norske fjorder med lav saltholdighet, og mangelen på funn i Saudafjorden kan derfor ikke betraktes som unormalt. Heller ikke i Hylsfjorden er det funnet *Idotea* (Hovgaard 1974, unpubl.). Observasjonene fra Hylsfjorden viser at strandfaunaen i de to fjordene var svært lik.

Tabell 7.1 DYR FUNNET I ALGVEGETASJONEN LANGS STRENDENE

ART	STASJON	G2	G3	G4	G5	G7	G8	Artens nedre salinitets- toleransgrense (°/oo)	Referanse
<i>Mytilus edulis</i>						+	+	5	B
<i>Fraunus flemosus</i>							+	< 6	R
<i>Jaera</i> sp.	+	++	+				++	< 3.5	N
<i>Gammarus zaddachi</i>	+	++	+			+	++	ca 0	S
<i>Gammarus salinus</i>							+	2.5	S
<i>Gammarus oceanicus</i>	++	++	++	++	++	++	++	2.5	S

++ = vanlig

+ = spredt

B: Brattegard 1966

R: Rygg, observasjoner fra Østersjøen

N: Naylor et al. 1961

S: Segerstråle 1947

7.3 Dykkerobservasjoner

Resultatene av dykkerobservasjonene på st. G1-G9 (fig. 11) er gjengitt i tabell 4 i vedlegg. For dokumentasjonens skyld er også resultatene fra 1974 tatt med. Nedenfor følger en kort karakteristikk av samfunnene. (For 1974-observasjonene kfr. NIVA, O-51/74, 1976)

St. G1, ved fyrlykt utenfor kai

I 1974 var det meget fattig vegetasjon omkring vannlinjen. På ca. 0,5 - 1 m opptrådte en relativt tett bestand av en grønnalge, *Cladophora* sp, til dels dekket med diverse epifyttiske *) diatoméer. Blågrønnalger *Spirulina subsalsa* fantes som et iøynefallende belegg på silt i 0,5 - 2 m dyp. Under dette dyp ble det ikke påvist alger, selv om det var en del egnede voksesteder (fjell eller stein som ikke var nedslammet). Dyrelivet var meget fattig i overflatelaget. Ingen representanter for de vanlige arter (snegler, rur o.a.) i strandsonen ble observert. Derimot fantes store bevoксninger med den kolonidannende hydroiden *Clava squamata*. Under 5 m inntrådte en forandring (kfr. tabell 4 i vedlegg) med flere vanlige arter. Dominerende var sjøanemonen *Cerianthus lloydii*.

St. G2, Ramsneset ved fyrlykt

Fjellet var i oktober 1974 uten dyre- og planteliv omkring vannlinjen (NIVA, O-51/74, 1976). Få cm dypere ble det observert en blæreløs dvergform av blæretang (tabell 4). Nedover mot 1 m ble eksemplarene større og enkelte hadde blærer og små reseptakler. Den dominerende algen i 0,3 - 1 m (1,5 m) var imidlertid samme *Cladophora* sp som funnet på st. G1, også her vanligvis tett bevoксst med diatoméer. Under 1,5 m var det lite alger, mest spredte forekomster av løstsittende *Spirulina*. Dypere vokste algene så spredt at noen egentlig nedre grense var vanskelig å fastslå. I de øvre 5 m var faunaen dominert av hydroiden *Clava squamata*. Forekomst av fjærmygglarver indikerte den høye graden av ferskvannspåvirkning. Under ca. 5 m ble det noe mer artsrikt, men fremdeles et ganske fattig samfunn.

*) Epifytt er planter eller dyr som vokser på andre planter.

I 1976 ble det på denne stasjonen bare gjort observasjoner i strandsonen. Det var ingen markerte endringer fra 1974.

St. G3, Sagåa

Med mindre betydningsfulle variasjoner hadde denne lokaliteten samme preg som de ovennevnte (kfr. tabell 4 og NIVA 0-51/74, 1976). Det gjaldt også for 1976-observasjonene, som innskrenket seg til fjærebeltet.

St. G4, Borvik

Bortsett fra fjærebeltet er også denne stasjonen bare undersøkt i 1974 (kfr. tabell 4 og NIVA 0-51/74, 1976). Forskjellen fra stasjonene på østsiden var små. Det kan nevnes spredt forekomst av smalvokst grisetang (karakteristisk for denne arten ved lave saltholdigheter), og noe rikere organismesamfunn under 5 m. Man kan merke seg forekomster av sjøkreps på relativt grunt vann. De samme littoralartene *) ble observert både i 1974 og 1976.

St. G5, Bølneset

Den smale formen av grisetang var mest fremtredende i fjærebeltet sammen med den før nevnte *Cladophora*, mens det var relativt lite av den småvokste blæretangen. *Cladophora* var her som på de innenforliggende stasjonene tett bevokst med diatoméer som trives ved lav saltholdighet. (*Diatoma elongatum*, *Rhoicosphenia curvata* o.a.). Dyrelivet var i stor grad sammenfallende med de øvrige stasjoner.

Littoralsamfunnene så likedan ut i 1976 som to år tidligere. Unntatt fra dette var noen små (3-4 mm brede) kuleformede dannelser på kjønnsorganenes plass hos en del eksemplarer av dvergformen til blæretang. Nærmere observasjoner gjør det lite trolig at det dreier seg om reduserte reseplakler (kjønnsorganer). Mer sannsynlig er et tilfelle av gallelignende dannelser forårsaket av en infeksjon. Kulene syntes for regelmessige til å være kreftdannelser. (Kreft er tidligere observert hos alger som resultat av PAH-påvirkning.)

*) Littoralsonen omfatter fjærebeltet ned til omkring laveste lavvann.

St. G6, ut for Neselva

Dette er den innerste stasjonen for observasjoner av grisetang. Forøvrig er det lite å bemerke til funnene utover det som allerede er nevnt. (Kfr. nærmere i vedleggstabell 4 og tidligere rapport). Stasjonen ble ikke innbefattet i 1976-programmet.

St. G7, Sagneset

På denne lokaliteten ble det gjort undersøkelser i 1976. Som det fremgår av tabell 4 var det både for fjærebeltets vedkommende og på dypere vann forholdsvis liten forskjell fra 1974-observasjonene på stasjonene lenger inn, bl.a. med store forekomster av begrodd *Cladophora* sp i 1-2 m. Man kan imidlertid legge merke til at både blæretang og grisetang opptrådte i mer normalt utseende. Selv om blæretangen stort sett ikke hadde blærer, var eksemplarene av vanlig størrelse og med ellers normalt utviklet bladplate. Det ble også funnet levende blåskjell høyere opp enn tidligere.

Algeveksten under 3 m var meget sparsom. Bare kalkalger ble påvist. Dette har sannsynligvis mest sammenheng med store bestander av sjøpinnsvin, som beiter på algene.

St. G8, Åsnes

Levende blåskjell opptrådte like under vannlinjen. Forøvrig var plante- og dyrelivet på grunt vann lite forskjellig fra lenger inn. Muligens kan man peke på en artsrikere flora under 2-3 m, men også på denne stasjonen var det svært spredt algebevoksning.

St. G9, Tengesdal, Hylsfjorden

Heller ikke her ble det observert snegler eller rur i fjæra. Derimot var det relativt rikelig med blåskjell fra ca. 1 m (Høy vannstand).

Algesoneringen lignet på den i Sandsfjorden ved blant annet den store forekomsten av samme *Cladophora* sp. begrodd med ferskvannstolerante diatoméer; videre ved fraværet av sagtang og rødalger i øvre del av sublittoralen. Bortsett fra i et bratt urområde på 3-6 meters dyp var algefloraen noe rikere på arter og fantes lenger ned enn i Saudafjorden, men algene vokste meget spredt.

7.4 Diskusjon

Med unntak av innerste stasjon (G1) og muligens St 63 (fig. 11) var det små forskjeller mellom samfunnene på forskjellige steder utover i fjorden. Det var heller ikke markert rikere samfunn på referansestasjonen i Hylsfjorden.

Sammensetningen av faunaen i algebeltet (kap. 7.2) kan forklares ut fra det som er kjent om artenes miljøkrav, særlig til saltholdighet.

Når unntas de mest utslippsnære lokalitetene, er det rimelig å anta at ferskvannspåvirkningen også har vært mest utslagsgivende for den øvrige flora og fauna i 0-5 m. Selv for de mest utslippsnære lokaliteter er det vanskelig å konkretisere noen bestemt virkning som alene kan tilbakeføres på utslippet. Blant annet har man både det forhold at avløpsvannet hurtig fortynnes og at det vanligvis er oppnådd innlagring noe under overflaten. Ved tidligere biotester (NIVA, 0-51/74, 1976) er dessuten indikert lav akutt giftighet av avløpsvannet overfor fisk og planktonalger.

På den annen side utelukker ikke observasjonene at utslippet har forsterket ferskvannspåvirkningens reduserende effekt på de marine samfunn. Både nedslamming ved partikler, som til dels var markert, og et generelt ugunstig kjemisk lokalmiljø (ved partikler med høyt innhold av bionegative stoffer), kan ha bidratt til dette. Nedslamming gjør f.eks. grunnen mindre egnet som voksested for fastsittende alger.

Det bemerkelsesverdige, nesten absolutte fravær av fastsittende alger på dypere vann enkelte steder i Saudafjorden i motsetning til på referansestasjonen i Hylsfjorden) kan vanskelig forklares. Lysforholdene synes relativt ens i de to fjorder, og lokalt var det mange eksempler i midtre

og ytre del av Saudafjorden på at også grunnforholdene kunne ligge til rette for benthosalger. Beiting ved sjøpinnsvin kan slå ut forskjellig på ulike steder og til ulike tidspunkter. Det er imidlertid ikke mulig å ha noen mer bestemt formening om denne faktors eventuelle betydning for den mulige forskjell mellom de to fjorders algeflora på noe dypere vann (>5 m). Til det trengs mer langvarige, eller også helst hyppigere observasjoner.

Når nå utslippene er redusert, vil man ved de senere undersøkelser av gruntvannssamfunnene få bedre muligheter for å bedømme den relative betydning av naturlige og utslippsbetingede miljøfaktorer.

8. METALLER OG PAH I ORGANISMER

8.1 Metaller i alger

Resultatet fra algeanalysene på prøver fra 1974 og 1976 er gjengitt i tabell nedenfor. Fordi de aktuelle artene hadde ujevn forekomst og dels opptrådte i forskjellige vokseformer, er det i noen grad samlet inn flere arter og former på samme stasjon. Lokalitetene fremgår av fig. 11.

Tabell 8.1 METALLINNHOLD I ALGER FRA SAUDAFJORDEN OG HYLSEFJORDEN, Oktober 1974 og oktober 1976 (mg pr kg tørrvekt). Stasjonene er ført opp med økende avstand fra utslippet.

ART/METALL STASJON/ÅR		<i>Ascophyllum nodosum</i> (Grisetang)					<i>Fucus vesiculosus</i> ¹⁾ (Blæretang)				
		Mn	Zn	Pb	Cu	Cd	Mn	Zn	Pb	Cu	Cd
G3 Sagåa	1974						17000	1440	58	27	≤ 4
	1976						19400	1450	110	45	2
G6 Ved Neselva	1974	20000	1400	29	25	≤ 4	11000	1400	50	26	≤ 4
G2 Ramsneset	1974						6000	1200	22	20	≤ 4
	1976						22000	2200	70	30	4
G4 Bordvik	1974	3000	840	7	22	≤ 4	14000	1540	42	19	≤ 4
		3300	530	15	30	< 1					
	1976	9700	1320	20	38	2	9700	1300	60	38	4
G5 Bølneset	1974	30000	1750	36	20	≤ 4	33000	2200	67	21	≤ 4
		1900	1060	10	24	2					
	1976	3200	1140	20	30	5	18000	2200	80	30	2
G7 Sagnes	1976						3700	940	35	15	2
G8 Åsnes	1976						8500	960	30	15	3
G9 Tengesdal							3200	580	15	6	8 ²⁾

1) Mer eller mindre dvergvekst, unntatt fra St G9, Tengesdal

2) Usikker verdi.

Disse tall kan sammenlignes med det normale variasjonsområdet for metallinnholdet i de samme arter fra upåvirkede eller lite belastede vannmasser (kfr NIVA 0-51/74, 1976 og NIVA 0-111/70, 1977 for litteraturhenvisninger og nærmere angivelser):

	BLÆRETANG mg/kg tørrvekt	GRISSETANG mg/kg tørrvekt
Mangan (Mn)	10 - 100 (200)	10 - 50 (100)
Sink (Zn)	30 - 100 (150)	30 - 100(250)
Bly (Pb)	< 1 - 5 (10)	< 1 - 5 (10)
Kobber (Cu)	3 - 20 (30)	3 - 20 (30)
Kadmium (Cd)	< 1 (2)	< 1 (2)

Parentesverdiene angir maksimalnivået for konsentrasjoner i områder uten bestemte punktkilder.

Den relativt store variasjonsbredden skyldes at flere faktorer spiller inn ved forholdet mellom metallkonsentrasjonen i alger og vann. Forskjell mellom artene, metallenes tilstandsform, algenes voksenivå på stranden, andre naturforhold, årstiden, algenes alder o.a. Særlig kan høy alder gi seg utslag i høye konsentrasjoner, et forhold som kan ha hatt betydelig innvirkning på metallnivåene i de mer eller mindre reduserte blæretangeksemplarene.

Det kan ut fra dette likevel konstateres at algene i Saudafjorden hadde svært høyt innhold av mangan og dertil betydelig forhøyde konsentrasjoner av sink og bly. For mangan dreiet det seg om ca 50 - 200 ganger normalinnholdet, hvis man regner med den øvre del av ovenstående konsentrasjonsintervall. Sink- og blyinnholdet var ca 10 - 20 ganger normalkonsentrasjonene.

Kobberkonsentrasjonene lå også noe over antatte bakgrunnsverdier, men i mindre grad. Normalinnholdet av kadmium har man utilstrekkelige kunnskaper om, men eventuelle overkonsentrasjoner kan ikke ha vært særlig markerte (< 5 x).

Som nevnt er det på enkelte stasjoner samlet inn atskilte prøver av noe forskjellig utseende eksemplarer av de to arter. Det fremgår av tabellen 8.1 at dette ga visse utslag for grissetang. På St G4 var det en del eksemplarer som var markert mørkere av farge enn de øvrige. I tabellen fremtrer

denne prøven med tydelig høyest innhold av mangan og sink. Voksenivået på stranden var likt, og eksemplarenes størrelse og øvrige form den samme for de to fargegrupper. Det er likevel mulig at de mørkeste var eldst, og at dette er forklaringen på det høyere metallinnholdet.

I et annet tilfelle (St G5) ble grisetangeksemplarene delt i to prøver etter størrelsen. Denne oppsplittingen ga ingen bestemt forskjell med hensyn til metallinnhold. (Store eksemplarer inneholdt mest mangan, bly og kobber, mens de små plantene hadde høyere konsentrasjoner av sink og kadmium).

Av tabellen ses at man i 1974 stort sett fant høyere konsentrasjoner i algene samlet på St G5, Bølneset, enn i alger samlet nærmere utslippet. I 1976 ble det også funnet høye konsentrasjoner på denne stasjonen. Det synes derfor som om det ikke er noen tendens til minskning av metallbelastningen på strekningen Sauda - Bølneset. Videre utover er det observert en viss tendens til minskning, uten at den kan sies å være entydig (tabell 8.1).

Bortsett fra den usannsynlige kadmiumsverdien, ses at metallkonsentrasjonene ved Tengesdal i Hylsfjorden var lavere enn i Saudafjorden (tabell 8.1). Likevel var konsentrasjonene av særlig mangan, men også av sink og bly flere ganger høyere enn de antatte naturlige nivåer. Påvirkningen fra smelteverket synes med andre ord å kunne spores langt inn i nabofjorden.

8.2 Metaller i muslinger

Resultatene av analysene på skjellprøvene er ført opp i tabell 2. Da det var vanskelig å finne blåskjell i hele fjordens lengderetning, ble det vesentlig benyttet den nær beslektede arten O-skjell.

Tabell 8.2 METALLER I MUSLINGER fra Saudafjorden 1976
(mg/kg tørrvekt). Stasjonene er ført opp med økende avstand fra utslippet.

ART/METALL STASJON	<i>Mytilus edulis</i> (Blåskjell)					<i>Modiolus modiolus</i> (O-skjell)				
	Mn	Zn	Pb	Cu	Cd	Mn	Zn	Pb	Cu	Cd
G1 Havnebasseng						2800	143	138	22	25
G5 Bølneset						810	2367	145	28	42
G7 Sagneset						390	114	75	29	26
G8 Åsnes	250	435	36	8	3	820	169	84	27	30

Disse konsentrasjoner kan jevnføres med en del data representative for liten eller bare moderat metallforurensning, stilt sammen i tabell 8.3.

Tabell 8.3 METALLER I BLÅSKJELL (*Mytilus edulis*) og O-skjell (*Modiolus modiolus*) fra en del uberørte eller moderat påvirkede områder (mg/kg tørrvekt)

	Mn	Zn	Pb	Cu	Cd	Ref.:
<i>Mytilus edulis</i> :		80- 208 85-122 ~ 45	0.5-15.8	5.3-12.0 5 - 13 ~ 1	2.0-3.6 1 - 4 ~ 1.25	Andersen, 1973 Lande, 1977 ¹⁾ Sullivan, 1977 ²⁾ Philips, 1977, 1978 ³⁾ Segar et al., 1971
	4.9-8.1 3.5	26-66	28-34		0.8-1.2	
<i>Modiolus modiolus</i> :		1680 320-530	32.4 23-42	72 10-44	15.6 4.5-7.1	Andersen, 1973 Segar & al., 1971
	47-150					

- 1) Bare referert resultater fra antall moderat påvirkede lokaliteter.
- 2) Omregnet fra våtvektsbasis, antatt tørrvekt = 20% x våtvekt.
- 3) Middelerdien fra 4 Oslofjord-lokaliteter.

Før man trekker noen bestemte konklusjoner ut fra sammenligningen, må det understrekes at det er flere naturlige forhold som kan ha betydelig innvirkning på konsentrasjonene av metaller (kfr blant annet Philips 1976a,b). Blant disse faktorer kan nevnes metallenes tilstandsform (tilgjengelighet, opptaksmekanisme), vannets saltholdighet (Philips 1977) og innhold av organiske stoffer (chelatorer) tilstedeværelse av andre metaller, årstid (sesongvariasjon i blant annet fysiologiske forhold), alder og størrelse, voksenivå på stranden o.a. Disse faktorer virker noe varierende hos ulike arter og slår heller ikke ut på samme måte i relasjon til alle metaller. Philips (1978) fremhever f.eks. at blåskjell synes å ha spesiell evne til å regulere manganopptaket.

Dyr må anses å være noe mer kompliserte metallindikatorer enn alger, som stort sett regnes å ha et passivt, lite eller ikke regulerbart opptak av metaller i løsning.

Med disse forbehold ses av tabellene (8.2 og 8.3) at manganforurensningen tydelig reflekteres i blåskjellenes innhold av dette metall, til tross for den påståtte evnen til regulert opptak (Philips, 1978). Også sinkverdiene fremtrer som forhøyede i forhold til det normale, men ikke i samme grad. Derimot ses bare en usikker økning for bly vedkommende, og ingen for kobber og kadmium.

Referansedata for O-skjell er sparsomme. Dertil varierte mangan- og sinkverdiene med økende avstand fra utslippet på en måte som er vanskelig å tolke (tabell 8.3). Med ett unntak var sinkverdiene lavere enn det andre har funnet i områder uten en tilsvarende stor punktkilde. Imidlertid er det tydelige indikasjoner på at mangankonsentrasjonene var høyere enn på ubelastede lokaliteter. Det samme kan sies om bly.

O-skjell kan, på denne bakgrunn, synes mindre egnet som indikatorer på metalltilførselene i Saudafjorden. Også blåskjell ga mindre tydelig utslag enn algene, og av den grunn kan de neppe inneha samme indikatorverdi for beskrivelsen av renseeffekt og fremtidig utvikling (Dessuten er som nevnt blåskjells opptreden i fjorden usikker).

Det kan på den annen side hevdes at muslingene, i hvert fall O-skjell som vokser på dypere vann, kan belyse en annen side av metallbelastningen enn algene. Spørsmålet om andre dyrearters egnethet som metallindikatorer bør

vurderes nærmere. Det kan f eks være mer aktuelt å benytte sjøpinnsvin, som inngår i næringskjedene basert på benthosalger, og/eller representanter for bløtbunnsfaunaen. Sistnevnte vil gi vitnesbyrd om betydningen av sedimentenes og metallrike partiklers innvirkning på metalltransporten gjennom næringskjeder med utgangspunkt i detritus (organisk partikkelmateriale).

8.3 Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i muslinger

Resultatene av disse analyser er gjengitt i tabell 5 i vedlegg. Prøvestedene ses av fig. 11. Forholdene kan i korthet karakteriseres ved variasjonen i innholdet av total PAH og enkelte komponenter med økende avstand fra utslippet (fig. 12). Ved en orienterende prøvetaking i 1974 på St Gl, ble det observert enda høyere konsentrasjoner i 0-skjell: 727 mg PAH pr kg tørrvekt, derav 57 mg/kg av den kreftfremkallende forbindelsen benzo(a)pyrene (B(a)P).

Til sammenligning gjengis følgende konsentrasjoner av B(a)P funnet i blåskjell ved utenlandske undersøkelser:

<u>Sted:</u>	<u>Kons. (mg/kg tørrvekt)</u>	<u>Referanse:</u>
Frankrike	0.005-0.75	(Bourcart og Mallet, 1965 (Greffard og Meury, 1967 (Perdriau, 1964
S. California, USA	< 0.0005-0.04 ¹⁾	Dunn og Young, 1976
Vancouver, Canada	~ 0.002 -1 ¹⁾	Dunn og Stich, 1976

¹⁾ Omregnet fra våtvektsbasis, antatt tørrvekt = 20% av våtvekt.

Man ser at konsentrasjonene i indre Saudafjord var ekstremt høye. Bakgrunnsnivået av B(a)P i blåskjell antas av Dunn og Young (1976) å være mindre enn 0.0005 mg/kg tørrvekt.

Dette er imidlertid svært lavt i forhold til det man ofte ellers har funnet i uberørte områder. Under alle omstendigheter er det på det rene at PAH kan spores i muslinger helt ut til fjordens munning og sannsynligvis lenger, i motsetning til hva tilfellet var for sedimentene. Selv om konsentrasjo-

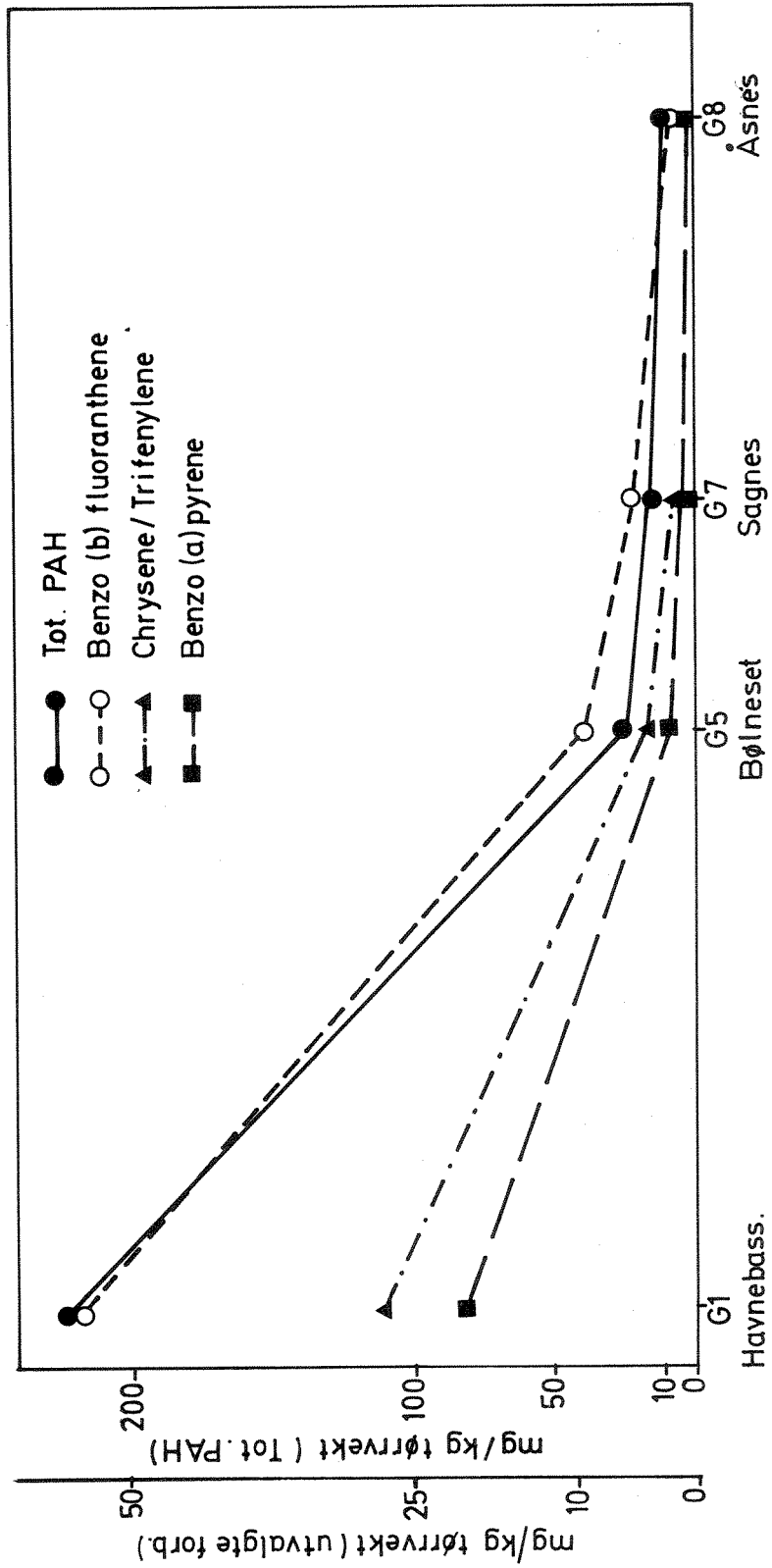


Fig. 12 Variasjon i 0-skjells PAH-innhold fra indre til ytre Saudafjord, oktober 1976.

nene avtok hurtig utover i fjorden (fig. 12), lå nivåene av B(a)P i muslinger fra fjordmunningen på ca 0.5 mg/kg, dvs. nær 3 størrelsesordner over det antatte bakgrunnsnivå. Dette sier også noe om bestandigheten av PAH i muslinger som er under vedvarende påvirkning.

I motsetning til i sedimentene, var det ingen vesentlig forskjell i den relative sammensetningen av PAH i muslinger fra ulike deler av fjorden (sammenlign figurene 9 og 13 og vedleggstabellene 2 og 5).

Den dominerende bestanddel av PAH i muslinger var benzo(b)fluoranthene (25-40%), som er blant de kreftfremkallende PAH, men ikke av de mest cancerogene. Av de registrerte PAH regnes særlig benzo(a)pyrene (5-10%), benzo(j)fluoranthene, benzo(c)phenanthrene som kreftfremkallende, med den førstnevnte som viktigst. Man ser at de potensielt cancerogene utgjorde en betydelig andel av totalen (i enkelte prøver over 50%).

Det er foreløpig ikke satt opp anbefalte maksimalverdier for PAH i mat, og de hygieniske sidene av å spise 0-skjell og andre sjødyr fra Saudafjorden må vurderes av helsemyndighetene. I denne forbindelse bør også de noe forhøyede metallkonsentrasjonene tas med i betraktning.

Mer aktuelt enn sanking av muslinger er eventuelt ervervs- og hjemmefiske. For å få et skjønn på dette problemet, vil det være formålstjenelig å inkludere i overvåkingsprogrammet analyse av en del fisk (eventuelt krepsdyr) på PAH-innhold. Presumptivt mest utsatt vil være standfisk som f eks torsk og ulike flyndrearter. Fisk må antas å ha større evne til å omsette og skille ut PAH enn muslinger (Landner 1977, Knutzen, 1976, 1978). Det er derfor mindre sannsynlig at tilsvarende høye konsentrasjoner vil bli funnet i fisk, men for å få et pålitelig vurderingsgrunnlag må forholdet undersøkes nærmere.

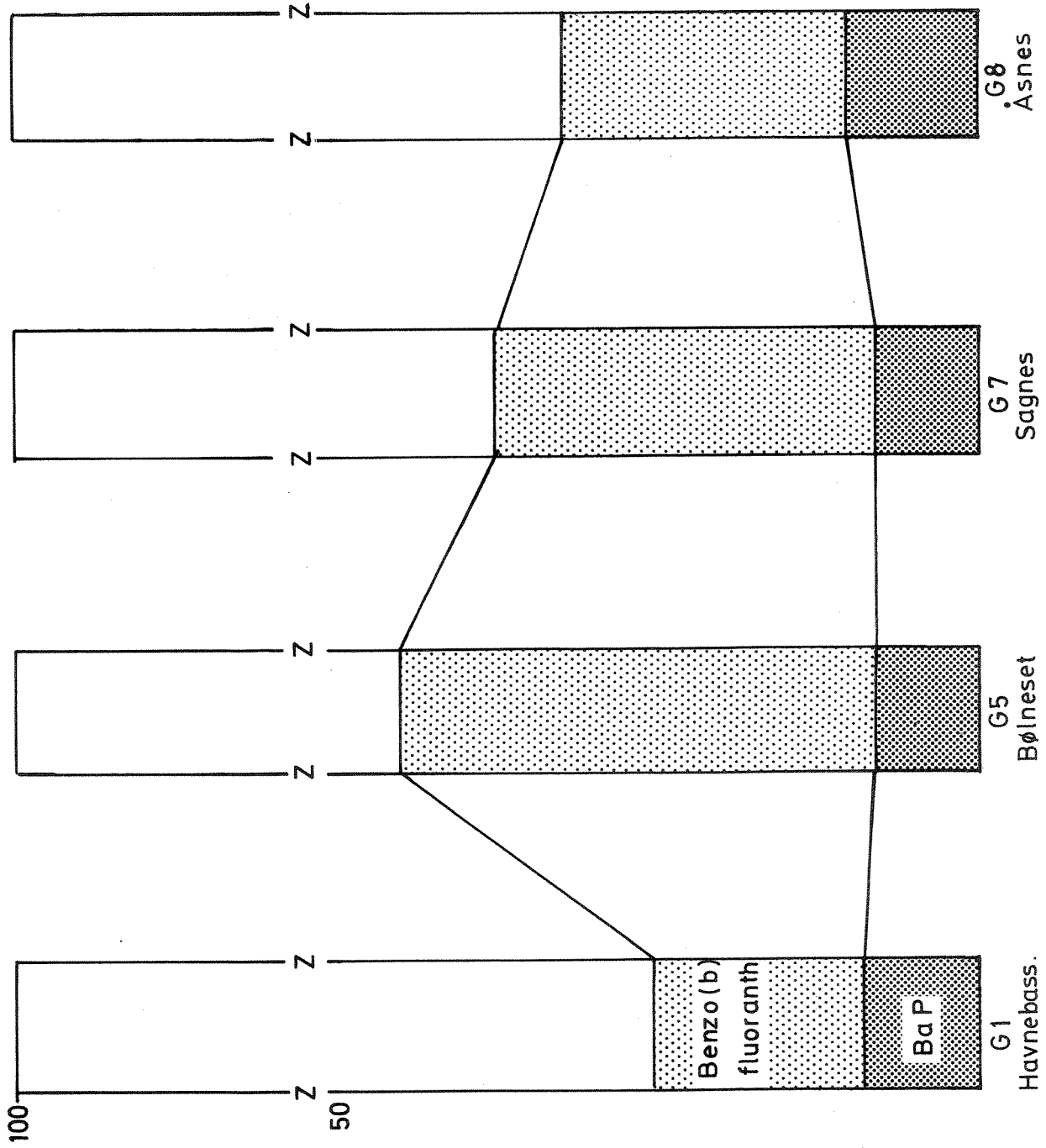


Fig. 13 Relativ forekomst av benzo(a)pyrene og benzo(b)fluoranthene med økende avstand fra utslippet. Saudafjorden, oktober 1976.

9. SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

- I. Som ledd i igangsettelsen av et nasjonalt overvåkingsprogram for vannressursene er Saudafjorden (fig. 1) valgt ut som ett av pilot-områdene. Denne rapport gir en sammenstilling av observasjoner fra 1974 og 1976, før renseanlegg kom i full drift ved Sauda Smelteverk (1978). Hensikten har vært å etablere en basis for å følge utviklingen i fjordens forurensningstilstand.
- II. Observasjonene omfatter innhold av metaller og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimenter, fastsittende alger og muslinger; bløtbunnsfauna og gruntvannssamfunn. En del hydrografiske data er stilt til rådighet av Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser og Sauda smelteverk. Stasjoner i Hylsfjorden (fig. 1, 11) er valgt som referanse.
- III. Saudafjorden er sterkt ferskvannspåvirket og dessuten karakterisert ved relativt jevn vanntilførsel på grunn av vassdragsregulering. Særlig i månedene juni - september er det regelmessig lav saltholdighet i overflaten (0-5 ‰). Overflatelagets tykkelse (ned til spranglaget) er stort sett 2-5 m. Det er ikke påvist noen særlig forskjell i overflatelagets saltholdighet fra innerst til ytterst i fjorden (ca 15 km). Med unntagelse av det innerste bassenget er det heller ikke funnet vesentlig forskjell i lysforholdene. Siktedypet i vegetasjonsperioden har stort sett vært 6-8 (4-10) m i hele fjordens lengderetning utenfor Ramsneset.
- IV. Fjordens forurensningssituasjon er dominert av utslippet fra Sauda Smelteverk. Før innstallering av renseanlegg inneholdt avløpsvannet høye konsentrasjoner av partikulært materiale, PAH og metaller i løst og partikkelbundet form, ved siden av en del andre komponenter (cyanid, arsen, sulfid, fenoler). Data for belastningen etter at renseanlegget kom i drift er foreløpig ikke systematisert. Belastningen med lett nedbrytbart organisk stoff og næringssalter er moderate eller små.

V. Artsfattige gruntvannssamfunn ble registrert i hele Saudafjorden. Mest ekstreme var forholdene i indre basseng (nær utslippet), men forskjellene var små utover i fjorden. Både flora og fauna i sjiktet 0 - 5 m var tydelig preget av ferskvannspåvirkningen. Hardbunnsfaunaen forandret noe karakter på dypere vann (> 5 m), men var fremdeles ikke særlig artsrik. Samfunnet av benthosalger var dårlig utviklet, også under 5 m, med som regel bare få og spredte eksemplarer.

Referansestasjonen i Hylsfjorden hadde ikke nevneverdig flere arter enn Saudafjord-lokalitetene, verken i 0,5 m laget eller dypere. Observasjonene indikerer at de reduserte gruntvannssamfunn i det vesentlige må tilskrives ferskvannspåvirkningen og andre naturlige faktorer i fjordmiljøet, blant annet beiting. Det kan likevel ikke utelukkes at forurensningsbelastningen har forsterket effekten. Nær utslippet var forurensningsvirkningen tydelig. Den relative betydning av naturlige og utslippsbetingede miljøfaktorer lenger ut i fjorden vil først kunne belyses ved senere undersøkelser (på bakgrunn av utslippsreduksjonene).

VI. Utenfor kaiene til Sauda Smelteverk (ut til 100-200 m) var bløtbunnsfaunaen til dels ødelagt. På en lokalitet 350 m ut var faunaen ikke særlig redusert, men hadde en artssammensetning som tyder på forurensningsbelastning (blant annet den tette forekomsten av muslingen *Thyasira*). Også to kilometer ut midtfjords på 170 m dyp tydet faunaens sammensetning på et forstyrret miljø. Fra vestsiden av Storelvas utløp og utover, og fra Hesthamaren og utover langs fjordens sider (fig. 10) var faunaen ikke påvisbart påvirket av forurensningen. Overvåkningsstasjonene bør derfor ligge langs fjordens midtål.

VII. Det øverste lag av sedimentene hadde høyt innhold av metaller, spesielt mangan, kadmium og bly (tabell 5.2, kap. 5). Konsentrasjonene var særlig høye innenfor Ramsneset, og selv om avstandsgradientene var merkerte (fig. 2, 3, kap. 5) kunne metallbelastningen spores i hele Saudafjorden.

Sedimenttilveksten (bedømt etter bly-210 datering og muligheten av forurensede avsetninger) var høyest i havnebassenget. Vertikalprofiler av metallfordelingen viste markert minskning fra det forurensede overflatelaget og nedover (fig. 4, 5, 7).

PAH-konsentrasjonene viste også utpregede horisontal- og vertikal-gradienter, med raskt avtagende konsentrasjoner utenfor indre basseng (fig. 8). Tilnærmede bakgrunnsnivåer var nådd ved fjordmunningen.

- VIII Innholdet av metaller i grisetang og blåretang var til dels svært høyt. For mangans vedkommende var konsentrasjonene til dels mer enn 50-100 x antatt bakgrunnsnivå, - for sink og bly ca 10-20 x normalinnholdet. Øvrige metaller (kobber og kadmium) viste bare mindre overkonsentrasjoner. Det var liten forskjell i metallinnholdet i alger samlet fra indre til midtre del av fjorden (Bølneset, fig. 11), mens metallkonsentrasjonene var noe lavere i alger fra de ytre stasjonene (tabell 8.1). Også på referansestasjonen ved Tengesdal i Hylsfjorden var det markert forhøyede konsentrasjoner av mangan, sink og bly.
- IX Metallinnholdet i 0-skjell og blåskjell varierte på en noe uregelmessig måte med avstanden fra utslippet, og viste også visse forskjeller mellom artene. Unormalt høye konsentrasjoner ble særlig observert for mangan (ca 10-100 x antatte bakgrunnsverdi), men delvis også for sink og bly.
- X PAH-konsentrasjonene i 0-skjell var ekstremt høye. Selv om konsentrasjonene sank raskt med økende avstand fra utslippet (fig. 12, kap. 8.3), må det regnes med at PAH-påvirkningen kan spores over et betydelig større område enn undersøkelsene har omfattet. Muslinger samlet i fjordmunningen hadde et innhold av benzo(a)pyrene som tilsvarer 100 - 1000 ganger bakgrunnsnivået i skjell fra ubelastede lokaliteter.
- XI De mulige konsekvenser av høyt PAH-innhold (og til dels av metaller) i spiselige organismer må vurderes av helsemyndighetene. For å få et bedre grunnlag for denne bedømmelsen, må utvalgte arter av standfisk (eventuelt også reker og andre krepsdyr) analyseres på innhold av PAH og metaller.
- XII For å følge Saudafjordens utvikling, er det av vesentlig betydning å få den best mulige karakteristikk av avløpsvannets sammensetning med hensyn til PAH og metaller (partikulært og løst).

10. LITTERATURREFERANSER

Andelman, J.B. og Snodgrass, J.E., 1974:

Incidence and significance of polynuclear aromatic hydrocarbons in the water environment. CRC Critical Reviews in Environmental Control. 4(1): 69-83.

Andersen, A.T., 1973:

Tungmetaller og andre forurensninger i Oslofjorden og kystfarvann - innvirkning av disse på marine organismer. VANN 2 (1973): 84-88.

Bjørseth, A., Knutzen, J. og Skei, J.,

Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and mussels from Saudafjord, W. Norway, by glass capillary gas chromatography (under forberedelse).

Bourcart, J. og Mallet, L., 1965:

Pollution marine des rives de la regime centrale de la mer Tyrrhénienne (baie de Naples) par les hydrocarbures polybenzéniques du type benzo-3.4. pyrene. C.R. Acad. Sci. (Paris) 260: 3729-3734.

Brattegard, T., 1966:

The natural history of the Hardangerfjord. 7. Horizontal distribution of the fauna of rocky shores. Sarsia 22: 1-54.

Dunn, B.P. og Stich, H.F., 1976:

Monitoring procedures for chemical carcinogens in coastal waters. J. Fish. Res. Bd. Can. 33: 2040-2046.

Dunn, B.P. og Young, D.R., 1976:

Baseline levels of benzo(a)pyrene in Southern California Mussels. Mar. Poll. Bull. 7(12): 231-234.

Electric Furnace Products Co. Ltd. 1974a:

Utslipp til vannresipient. Avløpsvann fra gassrensaneanlegg.

Måleresultater 1971-1973. Intern rapport 29/1 1974. 25 s. (Upubl.)

Electric Furnace Products Co. Ltd. 1974b:

Saudafjordens indre basseng. Undersøkelser av forurensningsgrad.

Måleresultater 1972-1973. Intern rapport, 29/1 1974. 28 s. (Upubl.)

FAO/WHO Joint Expert Committee on Food Additives, 1972:

Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury, lead and cadmium: 16. rapp. (FAO Nutrition Meetings Report Series, No. 51 Wld Hlth Org. techn. Rep. Ser. No. 505).

Fosshagen, A., 1976:

Zooplankton i Ryfylkefjordene 1973. Biologisk stasjon, Espevrend.

Universitetet i Bergen. Juni 1976. 55 s. + tabeller. Rapport til

Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser. Preliminær Rapport 2-76.

(Upubl.)

Greffard, J. og Meury, J., 1967:

Note sur la pollution en rade de Toulon par les hydrocarbures cancerigenes. Cah. Oceanogr. 19: 457-468.

Hovgaard, P., 1974:

Littoralundersøkelser 1972-73. Biologisk stasjon, Espevrend.

Universitetet i Bergen. Juli 1974. 30 s. Rapport til Rådgivende

utvalg for fjordundersøkelser, Ryfylkeprosjektet. Preliminær

Rapport 2-74. (Upubl.)

Hovgaard, P., 1975:

Undersøkelser av blåskjell. Biologisk stasjon. Espevrend.

Universitetet i Bergen. Juli 1975. 21 s. Rapport til Rådgivende

utvalg for fjordundersøkelser, Ryfylkeprosjektet. Preliminær

Rapport 3-75. (Upubl.)

Hovgaard, P., 1976:

Næringssalter i Ryfylkefjordene (november 1973 - november 1975).
Biologisk stasjon, Espeland. Universitetet i Bergen. Aug. 1976.
48 s. Rapport til rådgivende utvalg for fjordundersøkelser.
Preliminær rapport 3-76 (Unpubl.)

Kjellsen, A. og Ekornrød, L.Ø., 1975:

Analyse av tungmetaller i sedimenter fra Saudafjorden. Seminaroppgave
våren 1975. Studieretning i analytisk kjemi. Agder Distriktshøgskole.
Kristiansand, mai 1975. Stensilert, 45 s. (Unpubl.).

Knudsen, Carl-H., Rådgivende ingeniør, 1974:

L 0101 Electric Furnace Products Co. Ltd., Sauda. Renseanlegg og
transportsystem for spillvann fra industriområder. Forprosjekt med
sammendrag av undersøkelsesrapport. 53 s. + figurvedlegg.
Drammen, 13/11 1974 (Unpubl.).

Knutzen, J., 1976:

Polysykliske aromatiske hydrokarboner - forekomst og effekter i miljøet.
12. nordiska symposiet om vattenforskning, Visby 11-13/5 1976.
NORDFORSK. Miljøvårdssekretariatet. Publ. 1976(2):401-417.

Knutzen, J., 1978:

Utslipp av PAH fra elektrokjemisk industri. Akkumulering og effekter i
det marine miljø. Særtrykk 3921 Kjemi 1/1978 3 s.

Lande, E., 1977:

Heavy metal pollution in Trondheimsfjorden, Norway, and the recorded
effects on the fauna and flora.
Env.Poll. 12: 187-198.

Landner, L., 1977:

Polyaromatiska kolväten i vattenmiljö. Kunnskapssammenstilling.
November 1977. IVL Publ. B 399 fra Institutet för Vatten - och Luft-
vårdsforskning, Stockholm Dec. 1977.

Naylor, E., Slinn, D.J. & Spooner, G.M., 1961:

Observations on the British species of *Jaera* (Isopoda, Asellota).
J.mar.Biol. Ass. U.K. 41: 817-828.

Norsk institutt for vannforskning, 1976:

0-111/70. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport nr 3. Fremdriftsrapport fra de sedimentgeokjemiske undersøkelsene i juli 1975. (Forfatter J. Skei. Stensilert 60 s.)

Norsk institutt for vannforskning, 1976:

0-51/74. Resipientundersøkelse av Saudafjorden. Observasjoner av hydrografi, sedimenter og biologiske forhold 10-13/9 1974. 15/2 1976, 138 s. + vedlegg (Saksbeh.: J. Knutzen).

Norsk institutt for vannforskning, 1977:

0-111/70. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport nr. 6. Framdriftsrapport fra de biologiske undersøkelsene mars 1974-mai 1975. 12/9 1977, 234 s. (Forf.: T. Bokn, L. Kirkerud, K. Kvalvågnæs, B. Rygg).

Norsk institutt for vannforskning, 1977:

0-31/75. Resipientundersøkelse i Ranafjorden. Rapport nr 2. Innledende hydrografiske, geokjemiske og biologiske undersøkelser. (Saksbehandler: L. Kirkerud, Stensilert 141 s.).

Norsk institutt for vannforskning, 1977:

0-5/76. Undersøkelse av PAH fra ferrosilisiumsindustri. Litteraturstudium. 2/2 1977, 38 s. (Saksbehandlere: J. Knutzen, R.T. Arnesen, L. Berglind, E. Gjessing).

Norsk institutt for vannforskning, 1977:

0-34/76. Sedimentundersøkelse i Bekkelagsbassenget. Januar 1977 (Saksbehandler: J. Skei, stensilert 45 s.)

Norsk institutt for vannforskning, 1978:

0-38/75. Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Pilotprosjekt Iddefjorden 1977. Saksbehandlere: Jan Magnusson og Jens Skei. Stensilert 74 s.

Norsk institutt for vannforskning, 1978:

0-82/76. Kjemisk/biologiske undersøkelser i fjordene omkring Stavangerhalvøya. September 1976. (Saksbehandler: T. Bokn, stensilert 66 s.)

Norsk institutt for vannforskning, 1978:

0-147/76. Orienterende undersøkelse i Karmsundet. Hydrokjemiske, sedimentgeokjemiske og biologiske undersøkelser i juni 1977. (Saksbehandler: J. Skei, Stensilert 58 s.)

Perdriau, J., 1964:

Pollution marine par les hydrocarbures cancerigenes-type benzo-3.4 pyrene - incidence biologique. Cah. Oceanogr. 16: 205-229.

Philips, D.J.H., 1976a:

The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. I Effect of environmental variables on uptake of metals. Mar. Biol. 38: 59-69.

Philips, D.J.H., 1976b:

The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper. II. Relationship of metals in the mussel to those discharged by industry. Mar. Biol. 38: 71-80.

Philips, D.J.H., 1977:

The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of trace metals in Scandinavian water I. Zinc and Cadmium. Mar. Biol. 43: 283-291.

Philips, D.J.H., 1978:

The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of trace metals in Scandinavian waters. II Lead, iron and manganese. Mar. Biol. 46: 147-156.

Segar, D.A., Collins. J.D. & Riley, J.P., 1971:

The distribution of major and some minor elements in marine animals, Part II. Molluscs. J.mar.biol.Ass. U. K. 51: 131-136.

Segerstråle, S.G., 1947:

New observations on the distribution and morphology of the amphipod, *Gammarus zaddachi* Sexton, with notes on related species.

J. mar. Biol. Ass. U.K. 27: 219-244.

Sullivan, D.O., 1977: A comparison of heavy metal levels in seaweeds and shellfish from areas of the Irish Coast. C.M. 1977/E:56. Fisheries Improvement Committee. ICES.

Svendsen, H., og Utne, N., 1973:

Hydrografi i Ryfylkefjordene (sept. 1972 - mai 1973). Geofysisk Institutt, avd. A. Universitetet i Bergen. August 1973. 29 s. Rapport til Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser, Ryfylkeprosjektet. Preliminær Rapport 1-73. (Upubl.).

Svendsen, H., og Utne, N., 1974a:

Hydrografi i Ryfylkefjordene (juni - desember 1973). Geofysisk Institutt avd. A, Universitetet i Bergen. Februar 1974. 33 s. Rapport til Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser, Ryfylkeprosjektet. Preliminær Rapport 1-74. (Upubl.).

Svendsen, H. og Utne, N., 1974b:

Hydrografi i Ryfylkefjordene (januar - juni 1974). Geofysisk Institutt avd. A. Universitetet i Bergen. Oktober 1974. 22 s. Rapport til Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser, Ryfylkeprosjektet. Preliminær Rapport 3-74. (Upubl.).

Svendsen, H. og Utne, N., 1975a:

Hydrografi i Ryfylkefjordene (juli - desember 1974). Geofysisk Institutt, Avd. A, Universitetet i Bergen. Februar 1975. 23 s. Rapport til Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser, Ryfylkeprosjektet. Preliminær Rapport 2-75. (Upubl.).

Svendsen, H. og Utne, N., 1975b:

Hydrografi i Ryfylkefjordene (januar - juni 1975). Geofysisk Institutt, avd. A, Universitetet i Bergen, September 1975. 25 s. Rapport til Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser, Ryfylkeprosjektet. Preliminær Rapport 4-75. (Unpubl.).

Svendsen, H. og Utne, N., 1976:

Hydrografi i Ryfylkefjordene (juli - november 1975) Geofysisk Institutt, avd. A. Universitetet i Bergen. Januar 1976. 25 s. Rapport til Rådgivende utvalg for fjordundersøkelser, Ryfylkeprosjektet. Preliminær Rapport 1-76. (Unpubl.).

WHO (Verdens Helseorganisasjon), 1973:

Trace elements in humans nutrition. Report of a WHO Expert Committee Techn. Rep. Ser. No. 532. Geneve 1973, 65 s.

V E D L E G G

INNHold:

- Tabell 1 Metaller og organisk materiale i sedimenter fra
 Saudafjorden
- Tabell 2 PAH i sedimenter fra Saudafjorden (ppm tørrvekt)
- Tabell 3 Bløtbunnsfauna i Saudafjorden høsten 1976.
- Tabell 4 Observasjoner av gruntvannssamfunn i Saudafjorden 1974,
 1976
- Tabell 5 PAH i muslinger fra Saudafjorden oktober 1976.
 (mg/kg tørrvekt)

Tabell 1. METALLER OG ORGANISK MATERIALE I SEDIMENTER FRA SAUDAFJORDEN

Stasjon:	Dyp cm	Pb ppm	Cd ppm	Zn ppm	Cu ppm	Cr ppm	Ag ppm	Hg ppm	Mn %	Org mat %
SA 0	0 - 2	600	856	-	-	-	-	-	6.71	12.3
	2 - 4	960	1700	-	-	-	-	-	11.0	16.6
	4 - 6	160	21.8	-	-	-	-	-	1.53	7.2
	6 - 8	26	2.8	-	-	-	-	-	0.17	6.1
SA 1	0 - 2	800	1230	-	-	-	-	-	7.0	14.9
	2 - 4	300	384	-	-	-	-	-	1.8	9.4
	4 - 6	275	292	-	-	-	-	-	1.92	8.8
	6 - 8	315	342	-	-	-	-	-	1.24	8.4
	8 - 10	103	15.8	-	-	-	-	-	0.38	8.5
	10 - 12	185	16.6	-	-	-	-	-	0.45	9.2
	12 - 14	182	15.1	-	-	-	-	-	0.47	8.4
	14 - 16	51	13.0	-	-	-	-	-	0.18	8.5
SA 2	16 - 18	92	7.2	-	-	-	-	-	0.19	7.8
	18 - 20	138	13.1	-	-	-	-	-	0.45	10.7
	0 - 2	223	14.0	-	-	-	-	-	2.23	6.6
	2 - 4	125	14.3	-	-	-	-	-	0.65	5.5
	4 - 6	27	1.7	-	-	-	-	-	0.12	4.2
	6 - 8	10	0.6	-	-	-	-	-	0.067	3.5

forts. tabell 1. Metaller og organisk materiale i sedimenter fra Saudafjorden

Stasjon:	Dyp cm	Pb ppm	Cd ppm	Zn ppm	Cu ppm	Cr ppm	Ag ppm	Hg ppm	Mn %	Org mat %
SA 3	0 - 2	123	9.1	630	38	29	0.46	1.10	1.72	5.1
	2 - 4	315	19.4	1100	71	39	0.22	0.53	4.7	10.3
	4 - 6	83	9.0	410	47	34	0.50	0.20	0.71	8.9
	6 - 8	104	4.5	425	50	34	0.40	0.10	0.96	10.2
	8 - 10	66	2.7	380	49	28	0.38	0.14	0.60	9.4
	10 - 12	54	1.35	290	44	38	0.36	0.14	0.26	8.3
	12 - 14	48	0.75	260	47	35	0.38	0.03	0.20	8.0
	14 - 16	44	0.65	240	42	35	0.06	0.05	0.16	8.2
SA 4	16 - 18	41	0.25	210	42	40	0.30	0.06	0.084	8.0
	18 - 20	33	0.35	140	33	37	< 0.06	0.09	0.076	8.1
	0 - 2	240	15.2	-	-	-	-	-	2.98	6.7
	2 - 4	114	9.2	-	-	-	-	-	0.80	4.4
SA 5	4 - 6	42	7.6	-	-	-	-	-	0.10	3.8
	6 - 8	43	3.7	-	-	-	-	-	0.093	4.1
	0 - 2	82	4.3	-	-	-	-	-	1.27	5.8
	2 - 4	130	7.6	-	-	-	-	-	0.51	6.9
	4 - 6	48	1.7	-	-	-	-	-	0.13	6.1
	6 - 8	40	0.6	-	-	-	-	-	0.087	6.2

forts. tabell 1. Metaller og organisk materiale i sedimenter fra Saudafjorden

Stasjon:	Dyp cm	Pb ppm	Cd ppm	Zn ppm	Cu ppm	Cr ppm	Ag ppm	Hg ppm	Mn %	Org mat %
SA 6	0 - 2	140	10.2	-	-	-	-	-	1.55	7.2
	2 - 4	69	7.2	-	-	-	-	-	0.50	4.5
	4 - 6	7	0.7	-	-	-	-	-	0.094	0.8
	6 - 8	82	4.2	-	-	-	-	-	0.91	6.6
SA 7	0 - 2	73	5.0	-	-	-	-	-	1.18	6.6
	2 - 4	49	3.9	-	-	-	-	-	0.33	4.9
	4 - 6	45	4.8	-	-	-	-	-	0.59	4.6
	6 - 8	70	5.3	-	-	-	-	-	0.96	4.4
SA 8	0 - 2	37	0.10	140	36	44	0.35	0.39	0.080	5.2
	2 - 4	49	4.0	245	35	82	0.10	0.62	0.49	5.7
	4 - 6	35	1.6	195	32	31	0.31	0.22	0.24	5.1
	6 - 8	30	0.6	150	28	33	0.40	0.16	0.093	5.2
	8 - 10	35	0.4	175	31	35	0.29	0.35	0.23	5.4
	10 - 12	48	0.4	210	33	36	0.09	0.26	0.22	6.0

forts tabell 1. Metaller og organisk materiale i sedimenter fra Saudafjorden

Stasjon:	Dyp cm	Pb ppm	Cd ppm	Zn ppm	Cu ppm	Cr ppm	Ag ppm	Hg ppm	Mn %	Org mat %
SA 9	0 - 2	90	2.6	-	-	-	-	-	2,0	7,1
	2 - 4	69	0.7	-	-	-	-	-	0,82	6.3
	4 - 6	58	0.45	-	-	-	-	-	0.43	6.7
	6 - 8	56	0.5	-	-	-	-	-	0.91	6.6
SA 10	0 - 2	66	0.8	-	-	-	-	-	0.80	6.4
	2 - 4	60	0.7	-	-	-	-	-	0.40	5.8
	4 - 6	54	0.5	-	-	-	-	-	0.18	5.6
	6 - 8	51	0.25	-	-	-	-	-	0.13	5.4
	8 - 10	46	0.2	-	-	-	-	-	0.083	4.9
	10 - 12	41	0.6	-	-	-	-	-	0.073	5.1
SA 11	0 - 2	58	1.2	240	32	34	0.56	0.35	2.05	7.6
	2 - 4	77	0.7	270	35	40	0.16	0.60	2.76	8.1
	4 - 6	71	0.5	240	36	34	0.08	0.28	0.52	8.3
	6 - 8	48	0.6	170	34	54	0.08	0.28	0.54	7.4
	8 - 10	36	0.6	240	28	42	0.38	0.24	0.62	6.9
	10 - 12	34	0.35	210	29	40	0.28	0.22	0.63	6.6
	12 - 14	31	0.35	135	31	39	0.07	0.14	0.97	6.8
	14 - 16	29	0.3	150	30	40	0.36	-	1.00	6.6
	16 - 18	30	0.25	150	33	38	0.40	0.29	0.46	6.0
	18 - 20	26	0.35	145	29	32	0.36	0.37	0.51	6.1

TABELL 2 PAH I SEDIMENTET FRA SAUDAFJORDEN (PPB TØRRVEKT)

Peak number	Station number PAH	SAL				SA3	SAB			SA10	SAL1			
		0-2 cm	2-4 cm	4-6 cm	6-8 cm		0-2 cm	2-4 cm	4-6 cm		6-8 cm	0-2 cm	4-6 cm	6-8 cm
1	Napthalene	483.8	685.9	278.7	328.3	58.3	-	10.9	-	-	-	-	-	-
2	2-Methylnapthalene	142.6	190.0	128.2	126.3	28.2	-	8.7	-	-	-	-	-	-
3	1-Methylnapthalene	48.2	66.6	39.6	39.3	9.8	-	2.3	-	-	-	-	-	-
4	Biphenyl	78.9	124.0	100.7	69.9	10.5	-	5.0	-	-	-	-	-	-
5	Acenaphthylene	93.8	170.0	128.8	68.6	5.8	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Acenaphthene	31.8	51.8	45.0	31.1	6.3	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Dibenzofuran	202.6	286.7	287.7	164.6	21.4	-	6.7	-	-	-	-	-	-
8	Fluorene	36.0	49.5	51.2	49.4	8.0	-	4.7	-	-	-	-	-	-
9	Dibenzothiophene	49.2	0.0	65.9	33.8	9.0	5.4	2.2	2.8	2.8	0.3	3.7	0.3	3.7
10	Phenanthrene	2175.2	2781.5	3409.8	1477.6	357.8	269.2	205.9	121.6	149.5	34.5	106.2	34.5	106.2
11	Anthracene	727.9	1075.2	1119.6	524.0	62.1	11.0	2.9	4.3	-	-	13.9	7.1	13.9
12	Methylphenanthrene/Methylanthracene	138.6	197.2	234.6	135.3	41.7	17.4	13.1	12.5	7.2	11.6	13.0	11.6	13.0
13	Methylphenanthrene/Methylanthracene	220.0	255.4	335.9	189.1	51.2	16.8	11.4	9.7	5.6	3.4	8.9	3.4	8.9
14	2-Methylanthracene	162.1	370.9	305.7	159.1	12.8	2.0	0.3	0.4	-	0.8	3.4	0.8	3.4
15	4,5-Methylenephenanthrene	12.2	38.8	27.0	35.0	9.2	6.8	0.9	1.5	-	7.0	9.5	7.0	9.5
16	Methylphenanthrene/Methylanthracene	128.7	416.3	288.0	129.7	20.7	6.8	3.5	2.2	0.8	1.9	3.3	1.9	3.3
17	1-Methylphenanthrene	106.9	107.5	151.5	91.9	25.6	10.3	8.1	4.8	2.8	2.5	4.5	2.5	4.5
18	Fluoranthene	2134.9	3028.6	3616.3	1707.8	427.8	184.5	140.8	77.9	14.8	26.9	40.3	26.9	40.3
19	Bihydrobenzo(a/b)fluorenes	148.2	279.3	262.8	109.7	16.8	3.9	2.6	1.9	-	-	-	-	-
20	Pyrene	1517.1	2010.4	2475.7	1223.3	281.8	62.0	43.4	38.5	5.9	26.0	19.4	26.0	19.4
21	Benzo(a)fluorene	29.6	110.0	41.0	51.8	10.2	4.2	3.2	2.7	-	2.4	0.9	2.4	0.9
22	Benzo(b)fluorene/4-Methylpyrene	144.8	212.2	214.2	146.1	21.0	6.0	3.8	2.0	-	2.3	1.3	2.3	1.3
23	1-Methylpyrene	157.4	325.2	283.2	170.0	17.0	2.1	1.6	1.3	-	2.1	0.2	2.1	0.2
24	Benzo(c)phenanthrene	38.6	64.5	65.9	46.7	9.6	7.1	1.7	2.5	-	1.3	0.3	1.3	0.3
25	Benzo(a)anthracene	2158.9	2620.5	2853.2	1516.2	118.5	49.3	27.3	14.8	2.1	7.3	3.0	7.3	3.0
26	Chrysene/Triphenylene	4161.2	4141.9	4360.7	2383.0	176.1	125.9	58.2	23.2	29.0	9.3	4.2	9.3	4.2
27	Benzo(b)fluoranthene	5587.3	4678.3	5394.4	2907.9	89.0	100.2	40.0	21.0	21.7	5.7	4.0	5.7	4.0
28	Benzo(j/k)fluoranthenes	2540.2	2227.9	2553.2	1447.4	43.8	38.9	22.0	11.3	6.5	3.2	2.1	3.2	2.1
29	Benzo(e)pyrene	6973.9	6249.0	6444.2	3692.6	111.5	17.3	47.5	22.8	13.7	7.7	10.3	7.7	10.3
30	Benzo(a)pyrene	6312.9	6493.6	6384.4	3548.9	82.5	102.4	1.8	7.8	15.6	2.5	3.8	2.5	3.8
31	Perylene	1657.6	1717.9	1756.5	1019.6	19.9	10.4	1.7	1.4	-	1.5	0.6	1.5	0.6
32	o-Phenyleneperylene	7577.6	6493.1	5744.1	3077.6	56.0	85.7	31.0	18.3	8.7	2.6	1.9	2.6	1.9
33	Dibenz(a,c/a,h)anthracenes	1969.6	1598.5	1204.5	633.8	5.9	17.2	5.3	2.2	-	-	-	-	-
34	Benzo(ghi)perylene	8703.0	7514.8	7004.6	4004.5	74.3	84.9	36.1	20.2	-	3.1	2.6	3.1	2.6
TOTAL	PAH	56651.3	56633.0	57656.8	31339.9	2990.1	1247.7	716.3	429.2	284.0	173.0	261.3	173.0	261.3

Tabell 3.

BLØTBUNNSFAUNA I SAUDAFJORDEN HØSTEN 1976.

Merk: Stasjonene som i rapportteksten er kalt BF-1, BF-7 osv. er i databellen kalt S1G, S7G osv.

TABELLSERIE	B : RUNNDRYR I SAUDAFJORDEN	PRØVE- : PROSJEKT	003875	REPLIKATER 1-3	PRØVE- : MEDIUM	SEDIMENT	1	2	3	4	5	AMMERK- NINGER	KODE
TABELL	I : FUNN I GRABBRØVER	IDENTI- : STASJON	SIG		INFOR- : OBSERVERT STASJONDYP METER	40.00							
*		RIKASJON : START-TID	761001.0000		MASJON : PRØVETAKINGSMETODE	PETERSENCRABB							
*			761002.0000			RYGG							
*		: ØVRE DYP METER	.00										
*		: NEDRE DYP METER	.20										
*													
*		PRØVE- :				LUPE							
*		AMMERK- :				RYGG							
*		NING :											
*													

REPLIKAT NR. ANMALL LEVENDE INDIVIDER PR. 0.1M2 AMMERK- NINGER

NAVN (GRUPPE OG ART)	1	2	3	4	5	AMMERK- NINGER	KODE
NEMERTINEA							
NEMERTINEA INDEIN							
POLYCHAETA							
APHRODITIDAE INDET							
PHOLOE MINUTA (FABRICIUS 1780)							
STHEBELAIS SP							
NERFIMYRA PUNCTATA (O.F.MUELLER 1788)							
LAFORPIS GLAUCIA (CLAPAREDE 1870)							
NEPHYS HOMBERGII SAVIGNY 1818							
GLYCERA ALBA (O.F.MUELLER 1776)							
GLYCERA CAPITATA OERSTED 1843							
GONIADA VACULATA OERSTED 1843							
LUMBRINERIS TETRAURA (SCHWARDA 1861)							
PROTOROVILLEA KEFERSTEINI (MCINTOSH 1869)							
POLYORA SP							
PRIONOPIO CIRRIFFERA WIREN 1883							
CHAETIZONE SETOSA MALMGREN 1867							
CIRRATULUS CIRRATUS (O.F.MUELLER 1776)							
SCOLOPLOS ARMIGER (O.F.MUELLER 1776)							
ARICIDEA MINUTA SOUTHWARD 1956							
PARAONIS FULGENS (LEVINSEN 1893)							
PARAONIS GRACILIS (TAUBER 1879)							
PARAONIDES LYRA (SOUTHERN 1914)							
OPHELINA MODESTA STØEP-BOWITZ 1958							
HETEROMASTUS FILIFORMIS (CLAPAREDE 1864)							
FUCLYMENE OERSTEDI (CLAPAREDE 1863)							
MALDANIDAE INDET							
ORENIA FUSIFORMIS DELLE CHIAJE 1841							
AMPHARETE FINNARCHICA (M.SARS 1864)							
AMPHICETIS GUNNERI (M.SARS 1835)							
GLYPHAKOSTOMUM MACROCLOSSUM (ELIASON 1955)							
GLYPHAKOSTOMUM SP							
MELINNA CRISTATA (M.SARS 1851)							
FUCHONE SP							
JASMINIENRA CANDELA (GRUBE 1863)							
SABELLIDAE INDET							
SABELLIDAE INDEIN							

TABELLSERIE B : BUNNDYR I SAUDAFJORDEN
 TARELL I : FUNN I GRABBRØVER

NAVN (GRUPPE OG ART)	REPLIKAT NR.	1	2	3	4	5	ANMÆRKNING	KODIF
OPISTHOBANCHIA				1.				
CYLICHA SP		1.						
PHILINE SP								
BIVALVIA		15.	5.	38.			*	
BIVALVIA INDETN		3.	7.				*	
ASTARTE SP				7.				
THYASIRA FLEXUOSA (MONTAGU 1803)			6.	34.				
THYASIRA SPP				5.				
LUCINOMA BOREALIS (LINNE 1767)								
CLAUSINELLA SP		1.	2.					
HIATELLA ARCTICA (LINNE 1767)			1.	3.				
AMPHIPODA								
WESTWOODILLA HYALINA (SP. BATE)				1.				
HOLOTHROIDEA								
LABIDOPLEX BUSKI (MCINTOSH)		2.		1.				

ANMÆRKNINGER

EUCHONE SP
 APHRODITIDAE INDETN (CLAPAREDE 1863)
 EUCLYMENE OERSTEDI
 GLYPHANOSTOMUM SP
 AMPHARETE FINMARCHICA (M. SARS 1864)
 ASTARTE SP
 BIVALVIA INDETN
 APHRODITIDAE INDETN
 PARAGNIS GRACILIS (TAUBER 1879)
 BIVALVIA INDETN

I REPLIKAT 1 : USIKKER BESTEMMELSE
 I REPLIKAT 1 : UNDERFAMILIE HARMOTHOINAE
 I REPLIKAT 1 : USIKKER ARTSBESTEMMELSE
 I REPLIKAT 1 : USIKKER BESTEMMELSE
 I REPLIKAT 1 : USIKKER ARTSBESTEMMELSE
 I REPLIKAT 2 : A-SULCATA FILLER FLIPTITICA
 I REPLIKAT 2 : SKALLENE OPPLØST AV FORMALIN
 I REPLIKAT 2 : UNDERFAMILIE HARMOTHOINAE
 I REPLIKAT 2 : USIKKER BESTEMMELSE
 I REPLIKAT 3 : SKALLENE OPPLØST AV FORMALIN

NIVA-PROSJEKT : 003875 DATO : 79- 2- 9

TABELLTYPE : NIVA/BIOBAS PRIH2

SIDE : 1

TABELLSERIE B : BUNNDYR I SAUDAFJORDEN
 TABELL I : FUNN I GRABRPÅRVER

```

*****
* PRØVE- : PROSJEKT 003875
* IDENTIL- : STASJON S10G REPLIKATER 1-3
* FIKASJON : START-TID 7609200000
* : SLUTT-TID 7609210000
* : ØVRE DYP METER .00
* : NEDRE DYP METER .20
*****
* PRØVE- : MEDIUM SEDIMENT
* INFOR- : OBSERVFRT STASJONDYP METER 30.00
* MASJON : PRØVETAKINGSMETODE PETERSENGRABB 0.1M2
* : LAGRINGSMETODE RYGG
* : PRØVE TATT AV
* : VIDERE LAGRING
*****
* : ANALYSEMETODE LUPE
* : ANALYTIKER RYGG
* : ANALYSEDATO
*****
    
```

REPLIKAT NR. ANTALL LEVENDE INDIVIDER PR. 0.1M2 ANMERK- KODE

NAVN (GRUPPE OG ART)	1	2	3	4	5	ANMERK-	KODE
NEMERTINEA							
NEMERTINEA INDETN							
POLYCHAETA							
APHRODITIDAE INDET							
HARMOTHOE NODOSA (M.SARS 1860)							
PHOLOE MINUTA (FABRICIUS 1780)						*	
PTEONE SP							
OPHIOBOMBUS FLEXUOSUS (DELLE CHIAJE 1822)							
LAEMONEIS GLAUCA (CLAPAREDE 1870)	17.	3.					
NEPHTYS HOMBERGII SAVIGNY 1818		1.					
GLYCERA ALBA (O.F. MUELLER 1776)	5.						
GLYCERA CAPITATA ØRSSTED 1843	3.	2.					
GONIADA WACULATA ØRSSTED 1843		1.					
LUMBRINERIS LATREILLI AUDOUIN&MILNE-EDWARDS 1834		1.				*	
LUMBRINERIS TETRAURA (SCHWARDA 1861)		1.					
LUMBRINERIS TETRAURA (SCHWARDA 1861)		1.					
PROTODORVILLEA KFFERSTEINI (MCINTOSH 1869)		1.					
POLYDORA ANTENNATA CLAPAREDE 1868		1.					
POLYDORA FLAVA CLAPAREDE 1870		1.					
PRIONOSPIO CIRRIFFERA WIREN 1883	116.	17.					
PRIONOSPIO MALMGRENI CLAPAREDE 1868	57.	66.					
SCOLELEPIS TRIDENTATA SOUTHERN 1914	3.	1.					
SPIOPHANES BOMBIX (CLAPAREDE 1870)	4.	2.					
SPIOPHANES KRÖEYERI GRUBE 1860	123.	18.					
MAGELONA MINUTA ELIASON 1962		1.					
CAULLERIELLA KILLARIENSIS (SOUTHERN 1914)		1.					
CHAETIZONE SETOSA MALMGREN 1867	4.	3.					
CIRRATULIDAE INDET	1.	1.					
THARYX MARIONI (SAINT-JOSEPH 1894)		1.					
ORBINIA NORVEGICA (M.SARS 1872)	1.						
SCOLOPLOS ARMOER (O.F. MUELLER 1776)		1.					
ARICIDEA JEFFREYSII (MCINTOSH 1879)	2.						
ARICIDEA MINUTA SOUTHWARD 1956		1.					
PARAONIS FULGENS (LEVINSEN 1883)		1.					
PARAONIS GRACILIS (TAUBER 1879)	3.						
PARAONIS SP		5.					
PARAONIDES LYRA (SOUTHERN 1914)	37.	34.					

TABELLSERIE B : BUNNDYR I SAUDAFFJORDEN
 TABELL I : FUNN I GRABPRØVER

 ANTALL LEVENDE INDIVIDER PR. 0.1M2 ANMERK-
 NINGER

REPLIKAT NR. 1 2 3 4 5 KODE

NAVN (GRUPPE OG ART)	1	2	3	4	5	KODE
OPHELINA CYLINDRICAUDA (HANSEN 1878)	1.	2.				OP12 CYL.
OPHELINA MOESTA STOPP-ROALTZ 1958	4.	33.	299.			OP12 MOD
COSSURA LONGICIRRATA WEBSTER & BENEDICT 1887			1.			COSS LON
CAPITOMASTUS MINIMUS (LANGERHANS 1880)	1.	6.	7.			CAP1 MIN
HETEROMASTUS FILIFORMIS (CLAPAREDE 1864)		1.				HETE FIL
EUCLYMENE AFFINIS (M.SARS 1872)		1.				EUCL AFF
OMPHIA FUSIFORMIS DELL' CHIAJE 1841	6.	2.	1.			OWEN FUS
DIPLOCIRRUS GLAUCUS (MALMGREN 1867)	1.	1.	2.			DIP1 GLA
PECTINARIA AURICOMA (O.F.MUELLER 1776)	8.	5.	1.			PECT AUR
AMPHARETE FINMARCHICA (M.SARS 1864)	1.		6.			AMPH FIN
AMPHICTETS GUNNERI (M.SARS 1835)	4.					AMPHAROX
AMPHARETIDAE INDETN	10.	7.	15.			AMPHAROX
GLYPHANGSTOMUM MACROGLOSSUM (ELIASON 1955)			3.			MUGG WAH
MUGGA WAHRBERGI ELIASON 1955			1.			SAB3 OCT
SABELLIDES OCTOCIRRATA (M.SARS 1835)	3.	1.	1.			SOSA SUL
SOSANE SULCATA MALMGREN 1865	3.	3.	1.			TERE STR
TEREBELLIDES STROEMI M.SARS 1835		1.				THEL CTR
TRILEPUS CININNATUS (FABRICIUS 1780)	3.	2.				TRIC CLA
TRICHOBRANCHUS GLACIALIS MALMGREN 1865	28.	12.	29.			EUCHONIZ
EUCHONE SP						EUCHON9Z
EUCHONE SPP						OP1STOZY
OPISTOBRANCHIA	3.		3.			PHIL1IZ
PHILINE SP						CAUDGFZY
CAUDFOVEATA						SCUT VEN
SCUTIPUS VENTROLINEATUS SALVINI-PLAWEN 1968	1.					BIVALVZY
BIVALVIA						BIVALV1Y
SIVALVIA INDEIT		1.				LIW2 SUL
LIMATULA SULCATA (BROWN 1827)		1.	1.			ARCT ISL
ARCTICA ISLANDICA (LINNE 1767)		7.				THYASI9Z
THYASTIRA SPP	10.	7.	23.			LUCI BOR
LUCINOMA BOREALIS (LINNE 1767)			4.			ARRA 1Z
ABRA SP			2.			CUSPID1Z
CUSPIDARIA SP			1.			CUMACFZY
CUMACEA						FUDORE1Z
EUDORELLA SP		1.				ISOP0DZY
ISOPODA						CIHO BOR
CIROLANA BOREALIS LILLJEBORG	1.					SIPUNCZY
SIPUNCULIDA						SIPUNC1Y
SIPUNCULIDA INDEIT		1.				OPHIURZY
OPHIUROIDEA						AMPHI CHI
AMPHIURA CHIAJEI FORBES	3.	2.				

 ANMERKNINGER

EUCHONE SP I REPLIKAT 1 : USIKKER BESTEMMELSE
 HARMOTHOE NODOSA (M.SARS 1860) I REPLIKAT 1 : USIKKER ARISBESTEMMELSE
 LAEONEREIS GLAUCA (CLAPAREDE 1870) I REPLIKAT 2 : USIKKER BESTEMMELSE
 EUCHONE SP I REPLIKAT 2 : USIKKER BESTEMMELSE

TABELLSERIE B : RUNNDR I SAUDAFJORDEN
TABELL I : FUNN I GRABBRØVER

REPLIKAT NR. 1 2 3 4 5 ANMÆRKNING ARMERK- NING

NAVN (GRUPPE OG ART)

REPLIKAT NR.	1	2	3	4	5	ANMÆRKNING	ARMERK- NING
MYRIOCHELE HEERI	6.						
MALMGREN 1867	10.						
OWENIA FUSIFORMIS		40.	3.				
DELLE CHIAJE 1841		8.	11.				
AMPHARFIE FINMARCHICA (M.SARS 1864)		36.	38.				
GLYPHAKOSTOMUM MACROGLOSSUM (ELIASON 1955)	2.						
MELINNA CRISTATA (M.SARS 1851)			2.				
MUGGA WAHRBERGII ELIASON 1955			11.				
SABELLIDES OCTOCIRRATA (M.SARS 1835)			1.				
SAMYTHELLA VANELLI (FAUVEL 1936)		8.	10.				
SUSANE SULCATA MALMGREN 1865		1.	24.				
TEREBELLIDES STROEMI M.SARS 1835			1.				
CHONE DUNFRI MALMGREN 1867	2.						
EUCHONE SP			25.				*
SABELLIDAE INDET	2.	17.					*
HYDRIDES NORVEGICA GUNNERUS 1768	1.						
PCMATOCEROS TRIOUFIER (LINNE 1758)	1.						
PROSOBRANCHIA							
EULIMA SP							*
CAUDOFOVEATA							
SCUTOPIUS VENTROLINEATUS SALVINI-PLAWEN 1968							
BIVALVIA							
RIVALVIA INDET	29.						*
RIVALVIA INDET	3.						
THYASIRA FLEXUOSA (MONTAGU 1803)	2.						
THYASIRA SP		7.	11.				
THYASIRA SP							
LUCINOMA BOREALIS (LINNE 1767)	1.						
MYSELLA BIDENTATA (MONTAGU 1803)	1.						
PARVICARDIUM SP	2.						
MOERELLA PUSILLA (PHILIPPI 1836)	1.						
AGRA SP							
HIATELLA ARCTICA (LINNE 1767)	2.						
GORBULA GIBBA (OLIVI 1792)	1.						
CUSPIDARIA SP							
ISOPODA							
ISOPODA INDET	3.						*
GNATHIA OXYURAEA (LILLJEBORG)		2.					
CIRROLANA BOREALIS LILLJEBORG		1.					
AMPHIPODA							
AMPHIPODA INDET	2.						
AMPELISCA SP							
AMPELISCA SP							
DECAPODA							
GALATHEA STRIGOSA (LINNE 1761)	1.						
MACROPIDIPUS DEPURATOR (LINNE 1758)	1.						
SIPUNCULIDA							
SIPUNCULIDA INDET							
SIPUNCULIDA INDET	3.						
OPHIUROIDEA							
OPHIOPHOLIS ACULEATA (O.F.MUELLER)							
AMPHIURA CHIAJEI FORRES		5.	7.				
AMPHIURA FILIFORMIS (O.F.MUELLER)			5.				

NIVA-PROSJEKT : 003675 DATO : 79- 2- 9

TABELLTYPE : NIVA/BIORAS PRIH2

(FORTS.)

TABELLSERIE B : BUNNDYR I SAUDAFJORDEN
 TABELL 1 : FUNN I GRABBPØRVER

SIDE : 3

NAVN (GRUPPE OG ART)	REPLIKAT NR.	1	2	3	4	5	ANMERK- NINGER	KODF
OPHIURA ALBIDA FORBES								OPH9 ALB
OPHIURA ROBUSTA AYRES		1.						OPH9 ROB
HOLOTHUROIDEA		3.						HOLOTHZY
LABIDOPLAX BUSKI (MCINTOSH)		6.						LABI BUS

ANMERKNINGER

BIVALVIA INDETN
 ISOPODA INDETN
 APHRODITIDAE INDET
 SABELLIDAE INDET
 POLYDORA FLAVA CLAPAREDE 1870
 FULIMA SP
 OPHELINA CYLINDRICAUDA (HANSEN 1878)
 EUCHONE SP
 POLYDORA FLAVA CLAPAREDE 1870

I REPLIKAT 1 : 4 ARTER (12+8+5+4) SMA
 I REPLIKAT 1 : LIMNORIA LIGNORUM
 I REPLIKAT 1 : UNDERFAMILIE HAPMOHOINAE
 I REPLIKAT 1 : UNDERFAMILIE FABRICIINAE
 I REPLIKAT 2 : USIKKER ARTSBESTEMMELSE
 I REPLIKAT 3 : USIKKER BSTEMMELSF
 I REPLIKAT 3 : USIKKER ARTSBESTEMMELSE
 I REPLIKAT 3 : USIKKER BESTEMMELSE. NY ART?
 I REPLIKAT 3 : USIKKER ARTSBESTEMMELSE

NIVA-PROSJEKT : 003875 DATO : 79- 2- 9

TABFLLTYPE : NIVA/RIOBAS PRIH2

SIDE : 1

TABELLSERIE B : RUNNDRYR I SAUJDAFJORDEN
 TABELL 1 : FUNN I GRABRPØVER

```

*****
* PRØVE- : PROSJEKT 003875
* IDENTI- : STASJON S12G REPLIKATER 1-1
* FIKASJON : START-TID 7609110000
* : SLUTT-TID 7609120000
* : ØVRE DYP METER .00
* : NEDRE DYP METER .20
*****
* PRØVE- :
* ANMÆRK- :
* NING :
*****
* PRØVE- : MEDIUM
* INFOR- : OBSERVERT STASJONDYP METER
* MASJON : PRØVETAKINGSMETODE
* : LAGRINGSMETODE
* : PRØVE TATT AV
* : VIDERE LAGRING
*****
* : ANALYSEMETODE
* : ANALYTIKER
* : ANALYSEDATA
*****
    
```

REPLIKAT NR. 1 2 3 4 5 ANMÆRK- ANMÆRK- ANMÆRK-
 ANTALL LEVENDE INDIVIDER PR. 0.1M2 5 5 5 5 5 NING

NAVN (GRUPPE OG ART)

```

NEMERTINFA
NEMERTINEA INDETN
POLYCHAETA
  NEMERTINIDAE INDETN
    NEPHYS INCISA MALMGREN 1874
    LUMBRINERIS GRACILIS (EHLERS 1868)
    PRIONOSPIO CIRRIFERA WIREN 1883
    SPIOCHAEIPTERUS TYPICUS M.SARS 1856
    PARANOIDES LYRA (SOUTHERN 1914)
    HETEROMASTUS FILIFORMIS (CLAPAREDE 1864)
    MALDANIDAE INDETN
      OWENIA FUSIFORMIS DELLE CHIAJE 1841
      SARYTHELLA VARELLI (FAUVEL 1936)
      SCSANE SULCATA MALMGREN 1865
      SABELLIDAE INDETN
        BIVALVIA
          BIVALVIA INDETN
          HOLOTHUROIDEA
          LABIDOPLEX BUSKI (MCINTOSH)
    
```

NIVA-PROSJEKT : 003875 DATO : 79- 2- 9
 TABELLTYPPE : NIVA/BIOBAS PRIH2

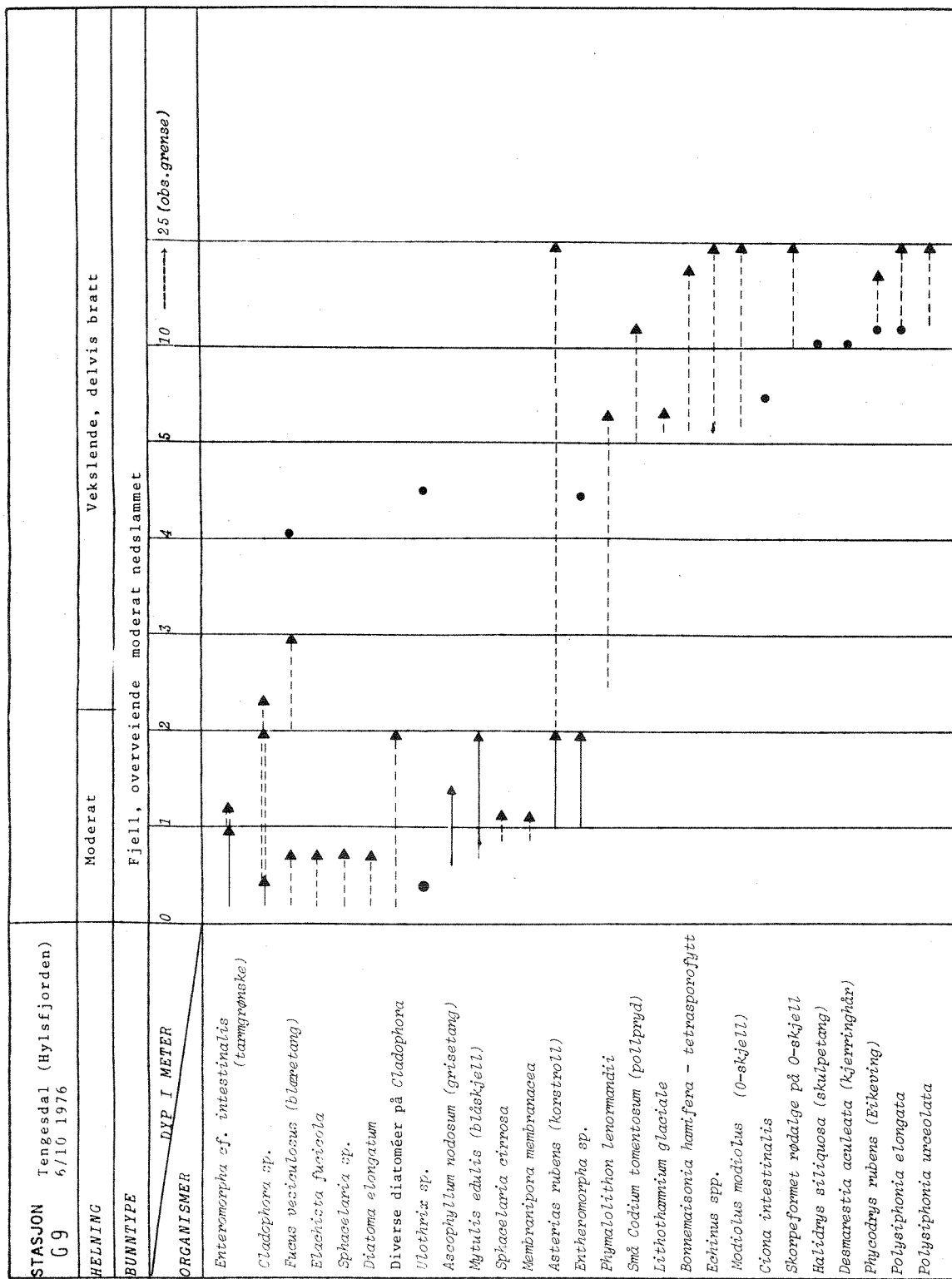
NEMERTZY
 NEMERT9Y
 POLYCHZY
 HESTONIX
 NEPH INC
 LUMR GRA
 PRIO CIR
 SPIO TYP
 PAP2 LYR
 HETE FIL
 MALDANIX
 OWEN FUS
 SAM2 VAN
 SOSA SUL
 SAR4ELIX
 BIVALVZY
 BIVALV9Y
 HOLOTHZY
 LABI BUS

Tabell 4 OBSERVASJONER AV GRUNTVANNSSAMFUNN I SAUDAFJORDEN 1974, 1976

Hyppig, sammenhengende forekomst: Spredt forekomst:
 Vanlig, sammenhengende forekomst: Enkeltobservasjoner:

STASJON G I	Moderat						Svak
	Betong		stein		Mudder, enkelte steiner		
HELVING	0	1	2	3	4	5	70
BUNNTYPE	DYP I METER						
ORGANISMER							
<i>Enteromorpha</i> sp.	•						
<i>Cladophora</i> sp.							
Div. diatomer på <i>Cladophora</i>							
<i>Rhizoclonium implexum</i>							
<i>Ulothrix subflaccida</i>							
<i>Spirulina subsalsa</i>							
<i>Oscillatoria tenuis</i>							
<i>Clava squamata</i>							
<i>Modiolus modiolus</i> (0-skjell)							
<i>Cerianthus lloydii</i>							
<i>Carcinus maenas</i> (strandkrabbe)							
<i>Asterias rubens</i> (korstroll)							
<i>Metridium senile</i> (sjørellik)							
Cf. <i>Tealia felina</i> (fjæresjrose)							
Uident. børstemark							•

STASJON G 6		Ut for Neselva 12/9 1974									
HELNING	BUNNTYPE	Moderat									
		Fjell									
DYP I METER		+ loddrett									
ORGANISMER		0	1	2	3	4	5	10	Svak		
									Mudder	20 (obs. grense)	
Dvergform <i>Fucus vesiculosus</i> (blæretang)		↑	↑								
<i>Cladophora</i> sp.		↑	↑								
<i>Elachista fucicola</i>		---	---								
<i>Spongonema tomentosum</i>		---	---								
<i>Gammarus oceanicus</i>		---	---								
<i>Gammarus zaddachi</i>		---	---								
<i>Ascophyllum nodosum</i> f. <i>scorpioides</i> (grisetang)		---	---								
<i>Clava squamata</i>				↑							
Døde <i>Mytilus edulis</i> (blåskjell)				↑							
<i>Spirulina subsalsa</i>				↑							
<i>Asterias rubens</i> (konstroll)							↑				
<i>Echinus acutus</i>								•			
<i>Serpula vermicularis</i>								↑			
<i>Echinus esculentus</i>								↑			
<i>Talia felina</i> (fjæresjorose)								↑			
<i>Hyas araneus</i> (pyntekrabbe)								•			
<i>Modiolus modiolus</i> (0-skjell)								↑			
<i>Pomatoceros triqueter</i> (trekantmank)								↑			
<i>Anomia</i> sp.								↑			
<i>Nephrops norvegicus</i> (sjøkreps)								↑			



Tabell 5 PAH I MUSLINGER FRA SAUDAFJORDEN OKTOBER 1976 (ppb tørrvekt) a)

STASJON	G1 Havnebasseng	G5 Bølneset	G7 Sagnes	G8 Åsnes	G8 Åsnes
Art ^{b)}					
PAH	MM	MM	MM	MM	ME
Phenanthrene	1130	36	26	20	23
Antracene	524	26	17	0	7
Methylphenanthrene/Methylanthracene	621	0	0	0	9
Methylphenanthrene/Methylanthracene	937	8	5	0	0
2-Methylanthracene	685	10	9	0	24
Methylphenanthrene/Methylanthracene	440	20	11	0	18
Methylphenanthrene/Methylanthracene	1272	0	7	0	11
1-Methylphenanthrene	500	0	2	0	0
Fluoranthene	20122	450	263	163	413
Pyrene	8164	424	236	105	679
Benzo(a)fluorene	2889	252	138	0	372
Benzo(b)fluorene	2303	113	82	0	166
1-Methylpyrene	3606	161	96	0	183
Benzo(c)phenanthrene	1951	149	54	26	105
Benz(a)anthracene	25264	1842	1004	225	1398
Chrysene/Triphenylene	27501	3506	1688	682	3350
Benzo(b)fluoranthene	56509	9272	4947	1653	3775
Benzo(j&k)fluoranthene	8094	1293	1230	843	1821
Benzo(e)pyrene	22990	1696	1149	434	2763
Benzo(a)pyrene	20846	1881	1113	517	663
Perylene	3976	180	101	35	144
o-Phenylene-pyrene	6218	750	488	209	240
Dibenz(a,h)anthracene	2242	236	168	53	82
Benzo(ghi)perylene	6017	624	356	112	228
Anthranthrene	358	0	0	0	0
Total PAH identified:	225163	22934	13189	5111	16774
a) Prosent tørrvekt av muslinger	13.3	25.5	16.2	14.4	16.6

b) ME = Mytilus edulis (blåskjell)
 MN = Modiolus modiolus (0-skjell)

NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: O-75038
Undernummer: VIII
Løpenummer: 1098
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Pilotprosjekt Saudafjorden. Observasjoner 1974 - 1976.	Dato: 19790108
	Prosjektnummer: O-75038
Forfatter(e): Knutzen, Jon Rygg, Brage Skei, Jens	Faggruppe:
	Geografisk område: Rogaland
	Antall sider (inkl. bilag): 93

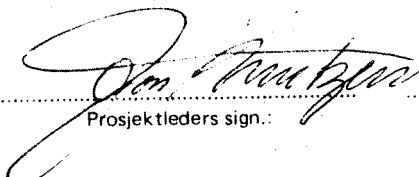
Oppdragsgiver: Det kongelige miljøverndepartement	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:

Observasjoner fra 1974 og 1976, før renseanlegg kom i full drift ved Sauda Smelteverk (1978). Basis for å følge forurensningsutviklingen. Innhold av metaller og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimenter og organismer. Bløtbunnsfauna, gruntvannssamfunn.

4 emneord, norske:
1. resipientovervåking
2. biologi
3. smelteverk
4. Saudafjord

4 emneord, engelske:
1.
2.
3.
4.


Prosjektleders sign.:

Seksjonsleders sign.:


Instituttetsjefs sign.:

ISBN 82-577-0137-8