

O-90076

Utslipp av avløpsvann fra
Odda Smelteverk A/S
til Sørfjorden

Evaluering av eksisterende resipientdata

NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	Vestlandsavdelingen Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.:

0-90076

Undernummer:

Løpenummer:

2444

Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Utslipp av avløpsvann fra Odda Smelteverk A/S til Sørfjorden. Evaluering av eksisterende resipientdata.	Dato: 5. juli 1990.
Forfatter (e): Jens Skei	Prosjektnummer:
	Faggruppe: Marinøkologisk
	Geografisk område: Hordaland
	Antall sider (inkl. bilag): 54

Oppdragsgiver: Odda Smelteverk A/S.	Oppdragsg. ref. (evt. NTF-nr.):
--	---------------------------------

Ekstrakt:
Odda Smelteverk A/S står for utslipp av tjærestoffer (PAH), nitrogen, cyanider og tungmetaller til Sørfjorden. Rapporten oppsummerer resultater fra tidligere undersøkelser av disse stoffene i vann, biologisk materiale og sedimenter. Utslipp av avfallskalk fører til rask sedimentering av PAH og nitrogen, slik at resipientvirkningene i stor grad er lokale. Utslipp på dypt vann fører til at lite av avfallsstoffene blandes opp i overflatelaget hvor blåskjell vokser.

4 emneord, norske:

1. Odda Smelteverk A/S
2. Sørfjorden
3. Resipientdata
- 4.

4 emneord, engelske:

1. Odda Smelteverk A/S
2. Sørfjorden
3. Recipient data
- 4.

Prosjektleder:


Jens Skei

For administrasjonen:


Tor Bokn

ISBN 82-577-1753-3

0-90076

**UTSLIPP AV AVLØPSVANN FRA
ODDA SMELTEVERK A/S TIL SØRFJORDEN.**

EVALUERING AV EKSISTERENDE RESIPIENTDATA.

Oslo, 5. juli 1990.

Prosjektleder: Jens Skei

FORORD

NIVA er bedt av Odda Smelteverk A/S om å sammenstille og evaluere resipientdata fra Sørfjorden som kan kobles til bedriftens utslipp (telefax datert 4/5-90).

Kontaktpersoner ved bedriften har vært Rolf Bøen og Gunnar Østby.

Oslo, 5. juli 1990.

Jens Skei
Prosjektleder

INNHOLDSFORTEGNELSE	SIDE
FORORD	2
SAMMENFATNING	4
1. INNLEDNING OG MÅLSETTING	5
2. DATAEVALUERING	9
2.1 PAH	9
2.2 Nitrogen	15
2.3 Andre utslippskomponenter	19
3. KUNNSKAPSMANGLER	20
4. LITTERATUR	21
VEDLEGG	24
Biologiske data	
Sedimentdata	
Vanndata	

SAMMENFATNING

Odda Smelteverk A/S står overfor betydelige utslippsreduksjoner. Før dette arbeidet påbegynnes, er det viktig å utrede hvilke miljøkonsekvenser dagens utslipp og tidligere utslipp har for Sørfjorden som resipient.

Denne utredningen har hatt som mål:

- å sammenstille eksisterende data fra Sørfjorden vedrørende stoffer som er relevante for Odda Smelteverks utslipp, samt evaluere data i relasjon til resipientvirkningen.

Dette kan sammenfattes slik:

1. Indre Sørfjord er brukt som resipient for industribedrifter i over 60 år, og det er vanskelig å koble resipientvirkninger til avløpsvannsamsetning til den enkelte bedrift.
2. Odda Smelteverk står for utslipp av PAH (tjærestoffer), nitrogen, cyanider og tungmetaller.
3. Utslipp av store mengder avfallskalk fører til rask sedimentering av miljøgifter og nitrogen i havnebassenget.
4. Ettersom utslippet ledes til 20 m dyp og fjorden store deler av året er lagdelt, vil utslippskomponentene i liten grad påvirke overflatelaget, blåskjellbestanden og algene.
5. Med unntak av lokale påvirkninger er det lite som tyder på at Odda Smelteverks utslipp påvirker miljøet i Sørfjordens hovedvannmasser.
6. Når tiltak for å begrense utslippene skal gjennomføres, bør man ta hensyn til avfallskalkens egenskap som "bindemiddel" for PAH, metaller og nitrogen. Å fjerne kalken fra utslippet uten å sikre en effektiv fjerning av miljøgiftene kan føre til en forverret situasjon i Sørfjorden.

1. INNLEDNING OG MÅLSETTING

Odda Smelteverk A/S bruker havnebassenget i Odda som resipient for avløpsvann. Utslippsledningen (6") følger strandområdet på fjordens østside i en lengde på vel en km før den ledes ut til et punkt midtfjords utenfor Djupevika. Her ledes avløpsvannet ut på ca. 20 m dyp (Fig. 1).

I 1989 slapp Odda Smelteverk ut følgende mengder miljøgifter og nitrogen:

Nitrogen (tot.):	558 tonn
Sink:	3.9 "
Kadmium:	0.4 "
Bly:	5.5 "
Kopper:	1.1 "
Nikkel:	4.4 "
Kvikksølv:	<3.4 kg
Tjærestoffer (PAH):	22 tonn

Utslippene skjer i forbindelse med produksjon av kalsiumkarbid, kalsiumcyanamid, dicyanamid og diamidkalk. Store mengder avfallskarbondat dannes ved dicyproduksjonen. Dette slemmes opp i ferskvann og ledes ut i Sørfjorden. Mengde avfallskalsiumkarbonat som dannes er ca. 4.5 tonn pr. tonn dicyanamid som produseres. Denne karbonaten inneholder både tungmetaller, cyanid, nitrogen og PAH. I tillegg kommer utslipp av purge (dvs. bleed fra dicyproduksjonen), som også inneholder de samme forurensningskomponentene.

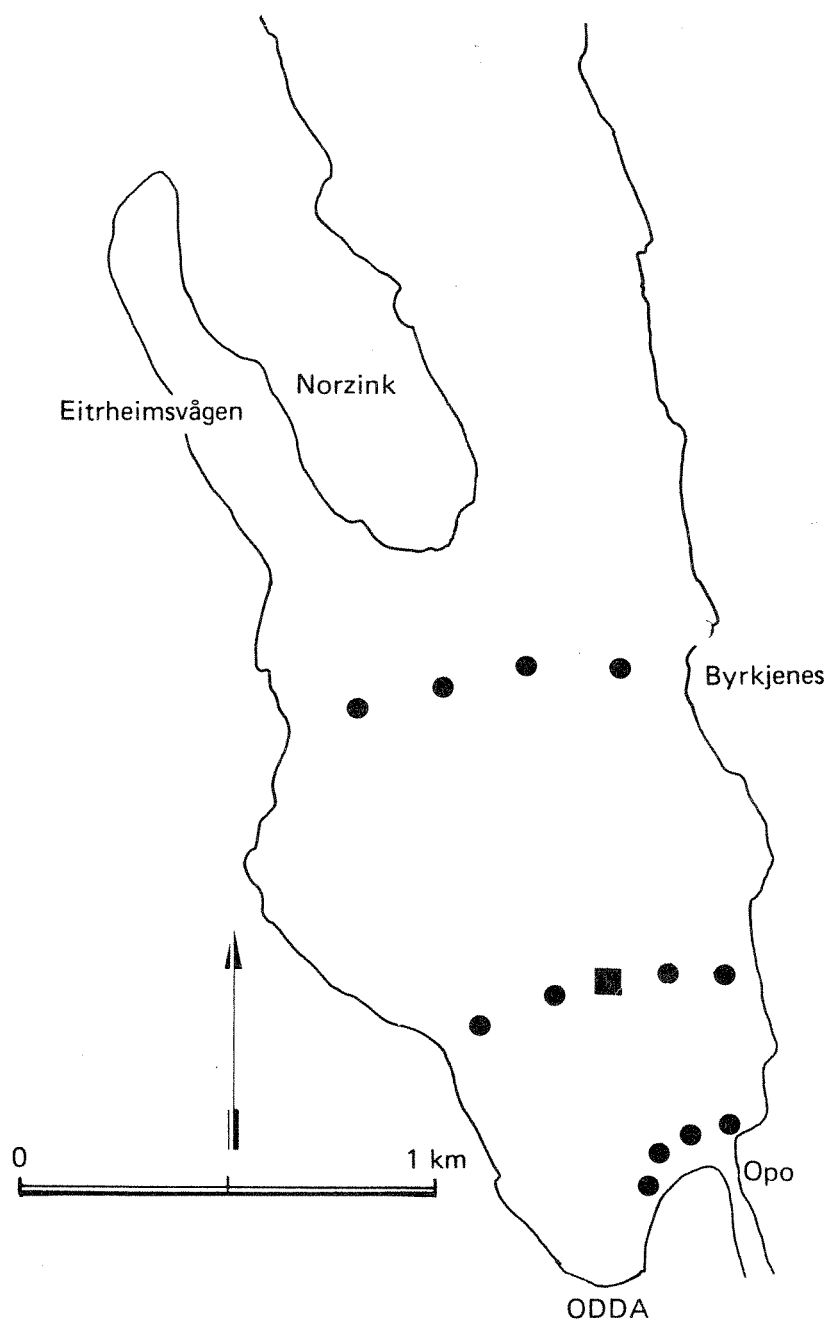


Fig. 1. Kart som viser utslippspunkt (■) havnebassenget og sedimentprøver (●) som ble innsamlet i 1985.

Utslippene vil variere noe fra år til år avhengig av produksjonsforholdene. I 1987 ble det f.eks. sluppet ut 758 tonn nitrogen, mens utslippet i 1989 var på 558 tonn (opplysninger fra bedriften). Utslippskomponentenes tilstandsform i avløpsvannet er delvis utredet av bedriften (løst/partikulært):

Nitrogen:	75 % vannløselig
PAH: ¹⁾	~5 % oppløst
Cd: ¹⁾	~3 % "
Pb: ¹⁾	~0.1% "
Zn: ¹⁾	~10.0% "
CN: ¹⁾	85 % "

¹⁾ Gjelder utslipp av avløpsvann fra våtvasking av avgass fra ovn 3 (Odda Smelteverks konsesjonssøknad av 13/8-85).

Miljøgiftenes vannløselighet i avfallskalsiumkarbonaten er ikke undersøkt. Faststoffet som tilføres fjorden er en blanding av CaCO_3 , CaO , kalk- og koksstøv.

Indre Sørfjord er resipient for tre store industribedrifter og en befolkning på ca. 8000 personer. Undersøkelser har vært gjennomført i fjorden fra først på 70-tallet (Skei, 1980). Men da hadde Sørfjorden allerede vært brukt som resipient for tungindustrien i nær 60 år, og vi har derfor liten eksakt viten om hvordan Sørfjorden var før industrien ble etablert.

De fleste miljøundersøkelsene som er gjort i Sørfjorden har vært konsentrert omkring tungmetaller, som følge av de dominerende utslippene fra Norzink. Etter at Norzink reduserte sine utslipp i 1986 representerte utslippet fra Odda Smelteverk det største bidraget av bly, kadmium og kopper dersom vi tar utgangspunkt i ordinære utslipp til Sørfjorden i 1989 (Skei et al., 1989b). Diffuse tilførsler av tungmetaller fra Eitrheimsvågen er imidlertid dominerende i forhold til de ordinære utslippene.

Det er imidlertid ikke i første rekke tungmetallene som kjennetegner utslippet fra Odda Smelteverk, selv om de også er av stor betydning. Utslipp av PAH (22 tonn i 1989) og nitrogen (558 tonn i 1989) er antatt å ha størst potensielt negativ virkning på miljøet i Sørfjorden. Denne rapporten tar for seg resipientdata for PAH og nitrogen som er innsamlet i Sørfjorden. Målsettingen med denne rapporten kan derfor formuleres slik:

- *Sammenstille eksisterende data fra Sørfjorden vedrørende stoffer som er relevante for Odda Smelteverks utslipp. Evaluere data i relasjon til resipientvirkninger.*

2. DATAEVALUERING

Eksisterende data på PAH og nitrogen er presentert i vedlegg.

Dataevalueringen vil omfatte en vurdering av forurensningsgraden (sammenligning med andre områder), stoffenes generelle virkninger i det marine miljø og betydningen for Sørfjorden og Hardangerfjorden.

2.1 PAH

Norsk smelteverksindustri har store direkte vannutslipp av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH, tjærestoffer), og en betydelig andel av disse er potensielt kreftfremkallende (Knutzen, 1989). Utslippenes totale størrelse dreier seg om ca. 100 tonn årlig. Det innebærer at Odda Smelteverk i 1989 bidro med størrelsesordenen 20% av totale PAH-utslipp til vann i Norge.

Utslippene til vann foranlediger forhøyet PAH-innhold i bl.a. spiselige organismer, særlig muslinger og snegl, og konsekvensen er begrensninger på rekreasjon, akvakultur og fiske over til sammen flere hundre km² fjordområder (Knutzen, 1989). Økologiske effekter er påvist i betydelig mindre arealer. Det er imidlertid en god del spekulasjon om sammenhengen mellom PAH-forurensede sedimenter og sykdom hos bunnlevende fisk (Malins et al., 1987).

Det store utslippet av PAH fra Odda Smelteverk i 1989 skyldtes et større forbruk av petrolekoks enn tidligere. Det er forøvrig komplisert å kvantifisere PAH-utslippene fra eldre smelteverk. Analyser av avløpsvann fra Odda Smelteverk høsten 1985 indikerte at utslippet kunne ligge på 10 - 20 tonn PAH pr. år og at 5 - 10% av dette var potensielt kreftfremkallende stoffer (Kvalvågnes et al., 1986). Siden den gang er flere PAH-komponenter blitt inkludert i listen over kreftfremkallende stoffer, slik at vi idag må anta at mer enn 2 tonn kreftfremkallende PAH-forbindelser ble tilført Sørfjorden i 1989 (IARC, 1987).

Målinger av PAH omfatter følgende media i Sørfjorden:

- Fisk (flyndremuskel): (Julshamm et al., 1985)
- Fisk (torskelever): (JMG, 1987)
- Blåskjell : (Kvalvågnes et al., 1986, Knutzen, 1983, Skei et al., 1989)
- O-skjell : (Knutzen, 1983)
- Sedimenter: (Knutzen, 1983, Skei et al., 1986, Kvalvågnes et al., 1986)

Sediment-
fellemate-
riale : (Kvalvågnes et al., 1986).

Fisk

Fisk ble for første gang innsamlet i Sørfjorden for PAH-analyser høsten 1983 - våren 1984 (Julshamn et al., 1985). Flyndremuskel ble analysert for 23 PAH-komponenter, og det ble påvist små mengder PAH. Neste innsamling av fisk skjedde i 1987 i forbindelse med Oslo - Pariskommisjonens JMG-program. En blandprøve av torskelever fra 12 fisk ga 0.033 mg/kg våtvekt eller 0.143 mg/kg tørrvekt. Fisken ble fanget i indre Sørfjord. Bakgrunnsverdien for PAH i fiskefilet er mellom 0.02 - 0.05 mg/kg våtvekt, muligens enda lavere (Knutzen, 1989). På grunn av fettinnholdet ville man vente noe høyere verdier i lever. Det kan derfor antydes at blandprøven analysert i 1987 ikke indikerte forhøyede PAH-konsentrasjoner i torskelever. Erfaringsmessig viser det seg at fisk har en velutviklet evne til å omsette/utskille PAH (Knutzen, 1989). Tilsvarende observasjoner er gjort i det PAH-belastede området nær Lista Alumiumverk, hvor også lavt PAH-innhold i fisk ble registrert (Knutzen, 1987).

Det bør påpekes at de undersøkelserne som er gjort i Sørfjorden på PAH i fisk, må kun regnes som stikkprøver. Det er tidligere anbefalt å fange fisk fra Odda havnebasseng (f.eks. flyndre) for både å se på PAH-innhold, og gjøre en vurdering av fiskens helsetilstand.

Blåskjell og O-skjell

Muslinger regnes for å være den mest anvendelige gruppen av PAH-indikatorer, dels på grunn av at de akkumulerer PAH til høye konsentrasjoner og dels fordi de er vidt utbredt (Knutzen, 1989).

Bakgrunnsnivåets øvre grense for PAH i blåskjell og o-skjell synes å kunne være ca. 100 µg/kg friskvekt (total PAH) (Knutzen, 1989). I Sørfjorden ble blåskjell innsamlet for første gang for PAH-analyser i august - september 1981. Dette var samme år som DNN Aluminium i Tyssedal sluttet sin produksjon og at PAH-utslippet fra den bedriften opphørte. Resultatene viste svært høye konsentrasjoner, spesielt i Tyssedalsområdet, med verdier opp til 25 ganger over det normale (Knutzen, 1983). Det ble påvist 10 - 15% kreftfremkallende stoffer. Nye målinger i 1982 viste et betydelig fall i konsentrasjonene som ble tilskrevet nedleggelsen av DNN Aluminium. På den tiden var man ikke klar over at det var en annen stor PAH-kilde i Odda-området, og man antok at PAH-problemet var løst. Den raske reduksjonen i PAH-nivåene

i blåskjell fra 1981 til 1982 kan tilskrives at PAH ble tilført overflatelaget i Tyssedal, mens PAH fra Odda Smelteverk tilføres dypvannet.

Høsten 1985 gjennomførte NIVA en spesialanalyse av Odda Smelteverks PAH-problem (Kvalvågnæs et al., 1986). Undersøkelsen omfattet avløpsvannanalyser og analyser av blåskjell og sedimenter. Konsentrasjonene av PAH i blåskjell fra en lokalitet mindre enn 1 km fra utslippet var moderat forhøyet, dvs. omkring 10 ganger antatt bakgrunnsnivå. Omkring 15 km fra kilden lå nivået på omkring 2 ganger "normalverdien" (Kvalvågnæs et al., 1986). Fra disse undersøkelsene kan man konkludere at PAH-utslippet har kun lokale effekter på blåskjell. Forklaringen på dette kan være at utslippet skjer på 20 m dyp, under sprangsjiktet, og at en liten del av PAH-stoffene når overflatelaget. Dessuten at PAH i stor grad sedimenterer sammen med filterkaken i havnebassenget.

Nye undersøkelser av PAH i blåskjell ble gjort i september 1987 (Skei et al., 1989a). Nivåene var noe høyere enn i 1985, mens påvirkningen var meget lokal. Mens det ved Byrkjenes (ca. 500 m fra Odda Smelteverks utslipp) ble målt ca. 1800 µg/kg friskvekt total PAH, ble det ca. 1 km fra utslippet målt ca. 600 µg/kg (Skei et al., 1989a). Dataene bekrefter at de store PAH-utslippene fra Odda Smelteverk har en bemerkelsesverdig moderat innflytelse på blåskjellenes PAH-innhold. Tilsvarende PAH-utslipp fra jern-, aluminium- og ferromanganverk har forårsaket PAH-konsentrasjoner i blåskjell opptil et par størrelsesordener høyere enn i Sørfjorden. Dessuten er det i andre fjorder påvist forhøyet PAH-innhold i blåskjell 20 - 30 km og mer fra kilden (f.eks. Knutzen og Skei, 1988). Til sammenligning ble det målt PAH-verdier mellom 500 og 5800 µg/kg i blåskjell fra Fedafjorden (Knutzen, 1986). Her er utslippene av PAH mindre enn 500 kg pr. år (Knutzen et al., 1986). I blåskjell fra Saudafjorden ble det i 1986 målt opp mot 247000 µg/kg PAH (Knutzen og Skei, 1988), med en antatt PAH-belastning på ca. 8 tonn pr. år.

På bakgrunn av eksisterende data på PAH i skjell fra Sørfjorden, må det konkluderes at påvirkningen er moderat og lokal. Det må skyldes at PAH som slippes ut fra Odda Smelteverk er lite tilgjengelig for blåskjell ved at PAH-stoffene sedimenterer raskt og ikke når overflatelaget hvor blåskjellene vokser.

Sedimenter

De fleste PAH-forbindelsene har en lav vannløselighet og har en tendens til å akkumuleres i bunnsedimenter. Bestandigheten av PAH i

sedimentene er høy, særlig under anaerobe forhold (Knutzen, 1989), selv om det kan skje en viss mikrobiell nedbrytning.

De første PAH-analysene av sedimenter fra Sørfjorden ble gjort i 1973 (Palmork, 1974). Den gang ble det bare analysert på 4 komponenter, og resultatene ble uttrykt på våtvektbasis. Resultatene er således lite sammenlignbare med nyere data. Det ble imidlertid påvist en avstandsgradient med høyeste konsentrasjoner nærmere Odda enn Tyssedal.

I 1978 ble det tatt nye sedimentprøver for PAH-analyser på strekningen Tyssedal - Ullensvang (Knutzen, 1983). Høyeste konsentrasjon på 55 mg/kg tørrvekt ble målt ved Tyssedal, mens ytterst var konsentrasjonen i overflatesedimentene 2.8 mg/kg. Man antar at PAH-innholdet i sedimenter fra diffust belastede områder er ca. 0.2 - 0.5 mg/kg, men avhengig av kornstørrelse og organisk innhold.

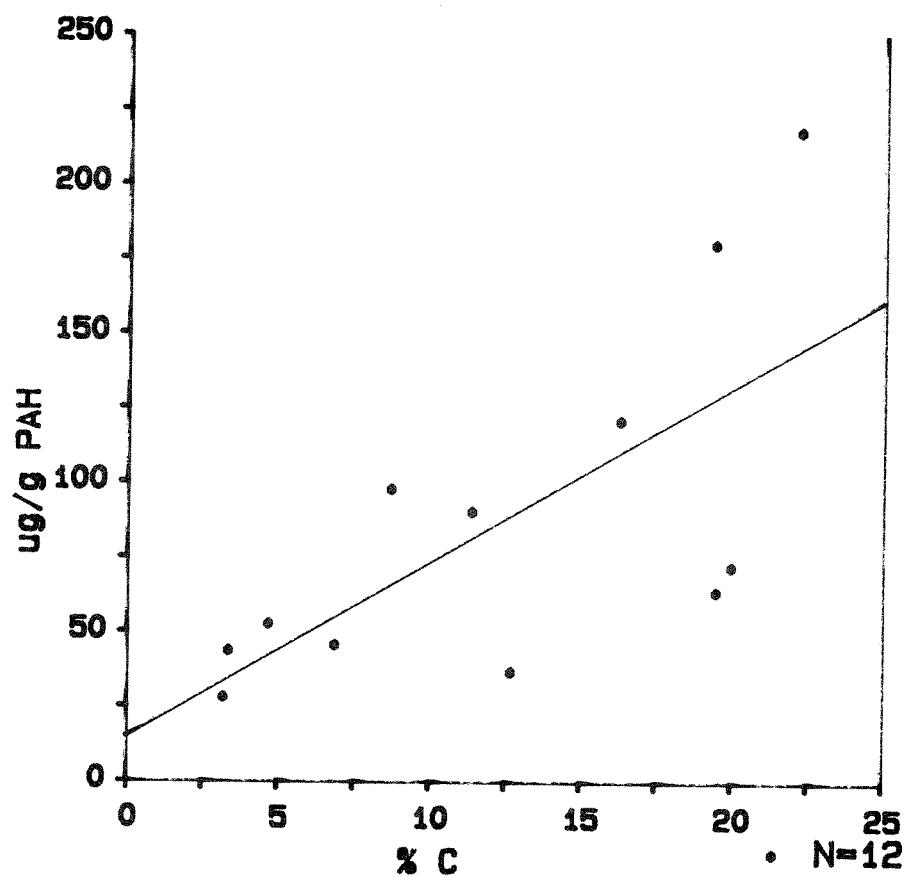
I 1985 ble nye prøver tatt fra de øvre 0 - 2 cm av sedimentene på to stasjoner i Sørfjorden, en i Eidfjorden og to i selve Hardangerfjorden (Skei et al., 1986). Resultatene viser at sedimentenes PAH-innhold varierte mellom 0.4 og 3.5 mg/kg PAH. Den innerste stasjonen i Sørfjorden (20 km fra Odda) viste høyeste konsentrasjon. Nivået her var temmelig nær det samme som ble målt i 1978. Med unntak av prøver tatt like utenfor Ålvik (lokal kilde) viste PAH-målingene i Hardangerfjorden og Eidfjorden bortimot normale konsentrasjoner.

Høsten 1985 ble det gjort en detaljstudie av sedimentenes innhold av PAH i Odda havnebasseng (Kvalvågnæs et al., 1986). 13 grabbprøver ble tatt i forskjellig avstand fra Odda Smelteverks utslipp (Fig. 1). Konsentrasjonene av PAH i sedimentene varierte mellom 28 og 310 mg/kg innenfor en radius på 1 km fra utslippspunktet. Det er således en kraftig sedimentering av PAH i utslippets nærområde. En stikkprøve av Odda Smelteverks avløpsvann høsten 1985 viste en partikkelmengde på nærmere 60 g/l (Kvalvågnæs et al., 1986). Dette er ekstremt høyt og vil nødvendigvis medføre stor sedimentering. Det er avfallskalken som dominerer det partikulære utslippet. Målinger av total nitrogen og karbon i de samme sedimentene utført på oppdrag av Odda Smelteverk i 1988, kan gi indikasjoner på sammenhengen mellom sedimentering av karbon, nitrogen og PAH. Ettersom karbonanalysene omfatter både uorganisk og organisk karbon, vil kalsiumkarbonatet være reflektert i karbonanalysene. Fig. 2 viser korrelasjonen mellom karbon og PAH. Med unntak av prøver fra østsiden av havnebassenget som er mer influert av sedimentering av organisk materiale fra Opo, er det en viss sammenheng mellom total karbon og PAH. Sannsynligheten er stor for at mesteparten av karbonet er uorganisk og at samvariasjonen reflekterer

sedimentering av PAH-holdig filterkake.

Hvis vi sammenligner PAH-konsentrasjonene i sedimentene fra indre Sørfjord med verdier målt i andre PAH-belastede fjorder, ser vi at Sørfjorden har høyere verdier enn i havnebassenget i Sauda målt i 1986 (Knutzen og Skei, 1988) og i Fedafjorden målt i 1984 (Knutzen et al., 1986). Verdiene i det utslippsnære området i Odda er imidlertid lavere enn de som er målt ved Årdal Aluminiumsverk (Næs et al., 1990). Det bør imidlertid påpekes at det er påvist store forskjeller i nivåer i sedimentene på grunn av flekkvis fordeling av PAH nær utslippene (Næs et al., 1990).

Vi kan konkludere med at utslippet av PAH fra Odda Smelteverk fører til sterkt PAH-holdige sedimenter i havnebassenget. På grunn av kalkutslippet skjer det en medfelling av PAH. Det fører til at PAH spres i langt mindre grad fra utslippspunktet sammenlignet med utslipp fra andre smelteverk.



$$Y = 5.87 X + 14.94 \quad R=0.69 \quad P_{\leq} 0.050 \quad SD=4.31$$

Fig. 2. Korrelasjon mellom total karbon og PAH i sedimenter fra Odda Havnebasseng (prøver fra to stasjoner på østsiden av havnebassenget er utelatt). Prøvene ble innsamlet i 1985.

Sedimentfeller

En sedimentfellerigg plassert ved Kvalnes (ca. 20 km fra Odda) samlet sedimenterende materiale i 1984 - 85. Prøvene ble analysert for PAH og konsentrasjonene varierte mellom 17 og 42 $\mu\text{g/g}$ PAH i 1985 (mellom 20 og 250 m dyp). Ved beregning av daglig fluks av PAH kom man frem til vel 30 $\mu\text{g/m}^2/\text{d}$. Til sammenligning var fluksen av sink basert på de samme prøvene ca. 2500 $\mu\text{g/m}^2/\text{d}$.

Hvis vi sammenligner konsentrasjonene av PAH i sedimentfelle materialet med konsentrasjonene i de underliggende bunnsedimentene ved Kvalnes, er konsentrasjonene i fellene mye høyere (en faktor på ~10 i forskjell). Dette skyldes trolig at fellene fanger opp svært fine partikler sammenlignet med bunnsedimentene hvor også grovere materiale avsettes og fortynner PAH-holdig materiale (rasmateriale fra sidene).

2.2 Nitrogen

Nitrogen tilføres Sørfjorden via industriutslipp (Odda Smelteverk), kommunalt avløpsvann, avrenning fra jordbruksområder, naturlig avrenning fra dyrket mark og via nedbør. En sammenstilling av nitrogen tilførselene utført for Odda kommune i 1988 viste at ~76% av nitrogen tilførselen til Sørfjorden skyldtes utslipp fra Odda Smelteverk (Skei, 1988).

I kommunal kloakk består nitrogenforbindelsene hovedsakelig av ammonium og organisk bundet nitrogen i partikler. Utslippene av nitrogen fra smelteverket har variert fra år til år avhengig av dicyproduksjonen og hvor mye av filterkaken som tas ut av avløpsstrømmen og brukes til jordbruksformål. I 1987 ble det sluppet ut 758 tonn nitrogen, hvorav 2/3 var vannløselig (Skei, 1988). I 1989 utgjorde nitrogenutslippet 558 tonn. Den ikke vannløselige delen av nitrogenet er trolig nitridler.

De målinger av nitrogen som er gjort i Sørfjorden, omfatter vann og sedimenter.

Vann

De første nitrogenanalysene av prøver fra Sørfjorden ble gjort først på 70-tallet i forbindelse med Miljøvernkomiteens arbeid (Miljøvernkomiteen i Odda, 1973). I vannmassen ble det påvist overkonsentrasjoner av nitrogen med fallende konsentrasjoner utover fjorden. Målingene indikerte også et betydelig innslag av partikulært bundet nitrogen. I Miljøvernkomiteens rapport ble det påpekt at

dypvannsutslippet av nitrogen fra Odda Smelteverk i liten grad berører overflatelaget på grunn av vannets sjiktning. Om høsten derimot, når stabiliteten i vannmassen svekkes, kan nitrogen tilføres overflaten, og det skjer en oppblomstring av alger (Miljøvernkomiteen i Odda, 1973).

I forbindelse med et oppdrag for Odda kommune, utførte NIVA målinger av total-nitrogen, nitrat og ammonium fra 5, 20, 40 og 45 m dyp i Oddas havnebasseng og utenfor Lindeneset i 1988 (Skei og Molvær, 1989). Det ble målt høye og variable mengder av nitrogen fra 20 m og ned mot bunnen (juni - oktober). Høyeste verdi for totalt nitrogen ble målt i 20 m dyp i september 1988 (2736 µg/l). Vi må anta at denne vannprøven har vært sterkt berørt av skyen med avløpsvann fra smelteverket. I samme prøve ble det bare målt 49 µg/l nitrat, mens ammonium utgjorde 570 µg/l. Det betyr at 77% av nitrogenet består av noe annet enn nitrat og ammonium. Sannsynligvis er tungtløselige nitrider en betydelig bestanddel i avløpsvannet. Denne observasjonen strider mot bedriftens opplysning om at 75% av nitrogenet i avløpsvannet er vannløselig.

En kraftig økning i nitrat-mengdene i vannet like over sedimentet indikerer at det skjer en oksydasjon til nitrat i bunn sedimentet (Skei og Molvær, 1989). Dette kan være en del av forklaringen på det store oksygenforbruket i bunnvannet i indre Sørfjord.

Hvis vi sammenligner stasjonen i havnebassenget med stasjonen ved Lindeneset og midler data for perioden juni - oktober 1988, får vi følgende (µg/l, total-nitrogen):

	5 m	20 m	40m	45 m
Havnebassenget:	409	1306	1026	880
Lindeneset:	269	705	710	729

Som vi ser, skjer det et betydelig konsentrasjonsfall over en strekning på 2 km. Dette indikerer en rask sedimentering av nitrogenforbindelser i havnebassenget. Men det bør påpekes at konsentrasjonene ved Lindeneset fortsatt er høye.

Fra desember 1988 har målinger av total-nitrogen inngått i Statlig program for forurensningsovervåking i Sørfjorden. Målingene omfatter hele Sørfjorden ut til Ullensvang. Resultatene viser at det er vanskelig å se effekter av Odda Smelteverks utslipp nord for Digraneset (ca. 10 km fra kilden). Til dels betydelige variasjoner i havnebassenget over året indikerer variable utslippsmengder. Ved

munningen av Sørfjorden ble det i desember 1989 målt 327 µg/l nitrogen (totalt) i overflatevannet og ca. 300 µg/l i underliggende vannmasser. Brakkvannstransporten ut av fjorden er på det tidspunkt estimert til 150 m³/s (Skei et al., 1990). Dette gir en daglig nitrogentransport ut fjorden på 4.1 tonn, mens det daglige utslippet fra Odda Smelteverk var ca. 1.6 tonn nitrogen (gjennomsnitt for året). Det "naturlige" innholdet av nitrogen i sjøvann er vanskelig å fastslå. Hvis vi antar at ca. 300 µg/l (samme konsentrasjon som i underliggende vann) kan være et naturlig nivå og at "overskuddsmengden" (dvs. 27 µg/l) skyldes utslipp fra smelteverket, tilsvarer transporten av "overskuddsnitrogen" ca. 350 kg pr. dag. Dette tilsvarer ca. 20% av utslippsmengden. Det ser derfor ut til at så mye som 80% av nitrogenutslippet blir igjen inne i Sørfjorden og at 20% tilføres Hardangerfjorden. I så fall er dette i god overenstemmelse med observasjonen i havnebassenget som viste at omkring 75% av nitrogenet trolig er partikulært og vil således sedimentere.

Det bør sterkt presiseres at disse beregningene bygger på et meget spinkelt grunnlag og må nærmest betraktes som et forsøk på kvantifisering av relative størrelser.

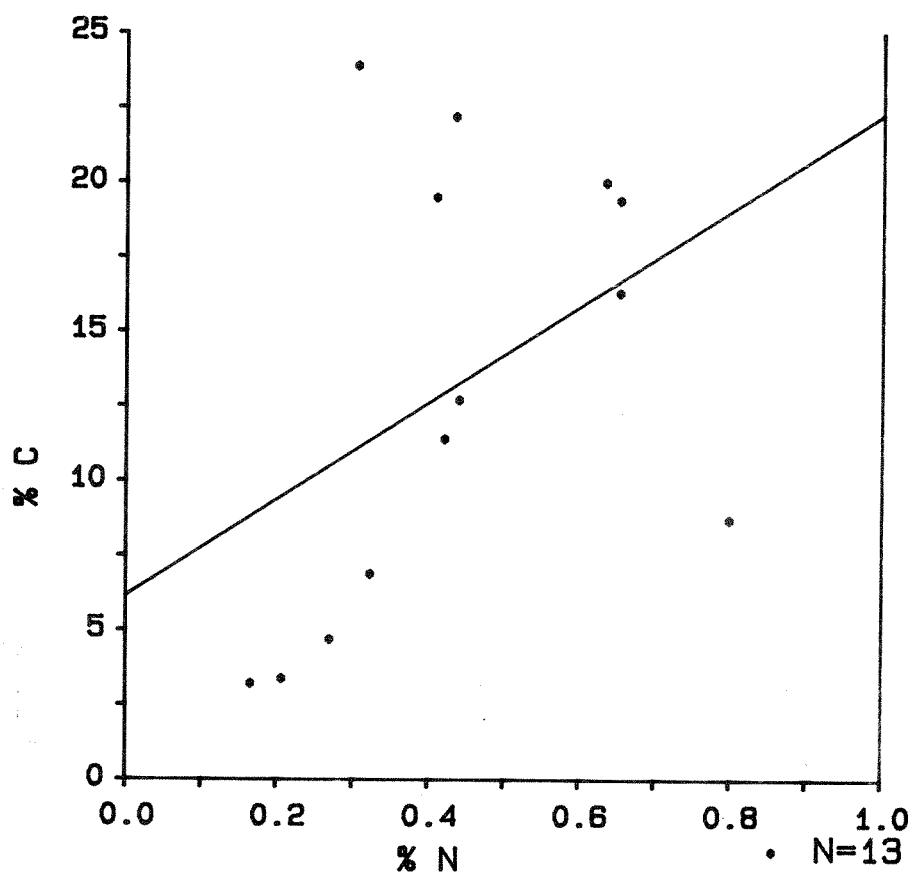
Sedimenter

Analysen av nitrogen i bunsedimentene er bare utført på prøver fra havnebassenget. De samme prøvene (totalt 13 stasjoner) ble også analysert for total karbon og PAH (se kap. 2.1). I tillegg ble de øvre 12 cm (2 cm sjikt) av en kjerne fra sentrale deler av havnebassenget analysert for total-nitrogen og karbon.

Konsentrasjonene av total-nitrogen varierte mellom 0.166 og 0.799% tørrvekt. Det betyr at en meget liten del av sedimentet, selv kloss inntil utslippspunktet, utgjøres av nitrogen. I "normale" kystsedimenter varierer nitrogen-mengdene i sedimentet stort sett mellom 0.1 og 0.3%. Det må derfor konkluderes med at til tross for store utslipp av nitrogen, er konsentrasjonene i sedimentet i det utslippsnære området moderate. Mest sannsynlig årsak til dette er den store akkumuleringen av avfallskalk som virker fortynnende på nitrogenet. Det kan forøvrig nevnes at ifølge smelteverkets konsesjonssøknad inneholder avfallskalken ~0.7% partikkelbundet nitrogen. Dette er i godt samsvar med hva vi finner i bunsedimentene nært utslippet. Analyser av total karbon (organisk og uorganisk) i de samme sedimentene, viser ekstremt høye verdier med konsentrasjoner på vel 20%. Det er grunn til å tro at dette skyldes uorganisk karbonat (filterkake). Fig. 3 viser samvariasjonen mellom nitrogen og karbon. Årsaken til den dårlige sammenhengen må være at vi har ulike kilder

for nitrogen og karbon (organisk/uorganisk).

Den vertikale fordelingen av karbon og nitrogen i de øvre 12 cm av kjernen fra havnebassenget viser små forskjeller. Dette indikerer at sedimenttilveksten er så stor at eventuell nedbrytning av nitrogen og karbonforbindelser maskeres. Forøvrig må vi anta at en betydelig del av karbon og nitrogen er av uorganisk opprinnelse.



$$Y = 16.13 X + 6.17$$

$$R=0.42$$

$$P \leq 1.000$$

$$SD=16.13$$

Fig. 3. Samvariasjon mellom total karbon og nitrogen i overflatesedimenter fra Oddas havnebasseng.

2.3 Andre utslippskomponenter

Foruten PAH og nitrogen har Odda Smelteverk også et betydelig utslipp av tungmetaller (bly, nikkel, sink, kopper og kadmium). I 1989 var utslippet fra smelteverket den viktigste punktkilden for bly, kadmium og kopper til indre Sørfjord, hvis vi ikke tar med diffus forurensning fra Eitrheimsvågen. Metallene er i hovedsak partikkelbundet og vil sannsynligvis følge med avfallskalken. På grunn av at Norzink frem til 1986 var den absolutt dominerende metallkilden, er det ikke mulig ved hjelp av analyser av metaller i sedimenter og biologisk materiale å fastslå betydningen av Odda Smelteverks utslipp. Vi kan derfor ikke knytte resipientdata på metaller til smelteverkets utslipp. Mengdemessig er imidlertid utslippet fra smelteverket så stort at det er nødvendig å redusere utslippet.

Analyser av avfallskalk som ble brukt til overdekkingsforsøk på Solbergstrand i 1987 (Skei et al., 1987) inneholdt følgende tungmetallkonsentrasjoner:

Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	mg/kg
13	104	25	0.04	<0.05	

Det er bare bly som viser overkonsentrasjoner i kalken sammenlignet med "normale" fjordsedimenter (målinger av bly som bedriften selv har fått utført, viser store variasjoner i konsentrasjoner i kalken). Det skulle tilsi at i det området hvor avfallskarbonaten sedimenterer vil det ikke oppstå nivåer av metaller på bunnen (med kanskje unntak av bly) som gir opphav til forurensning. Det skyldes de store kalkmengdene som sedimenterer og som virker fortynnende.

I tillegg til metaller har Odda Smelteverk også et stort utslipp av cyanider. Tidlig på 70-tallet var utslippet på 160 kg pr. dag (Miljøvernkomiteen i Odda, 1973). Ifølge Odda Smelteverks konsesjonssøknad av 1985, slippes det ut 245 kg CN⁻ pr. dag, hvorav 85% er vannløselig. I tillegg kommer cyanid i avfallskalken som er beregnet til 19 g/tonn avfallskalsiumkarbonat. Med utgangspunkt i 100.000 tonn avfallskalk gir dette et utslipp på 1900 kg pr. år eller ca. 5 kg pr. dag. Vi kan derfor regne med en total cyanid-belastning på 250 kg pr. dag på havnebassenget.

Cyanid er lite stabilt i sjøvann, og vi må regne med en rask omdanning. I Ranfjorden ble cyanid målt i vannmassen i giftige konsentrasjoner (Kirkerud et al., 1985). Dette skyldtes utslipp fra Norsk Koksverk på tilsammen 100 tonn cyanid pr. år. (Odda Smelteverk ca. 90 tonn pr. år). Det er derfor grunn til å tro at giftige konsentrasjoner også kan registreres i den umiddelbare nærhet av Odda Smelteverks utslipp, men at dette bare er lokalt. En nærmere kartlegging av giftige cyanidkonsentrasjoner basert på fortynningsberegninger bør vurderes.

3. KUNNSKAPSMANGLER

Det som kompliserer vurderingen av resipientdata fra Sørfjorden og koblingen til Odda Smelteverks utslipp, er den lange forurensningshistorien i Sørfjorden og flere store industrikilder. Utslipp har pågått så lenge at det ikke finnes observasjoner i resipienten før industrien ble etablert.

Når det gjelder utslippskomponenter er det spesielt nitrogen og cyanid som Odda Smelteverk har vært alene om. DNN Aluminium hadde frem til 1981 store PAH-utslipp som gjort det vanskelig å skille effekten av dette og smelteverkets utslipp fra hverandre. For metallenes vedkommende har det vært en fullstendig maskering av smelteverkets utslipp som følge av de store utslippene fra Norzink. Et resultat av alt dette er at resipientdata og kobling til effekter av Odda Smelteverks utslipp er vanskelig. Vi mener derfor at mer informasjon er å hente ved å gå direkte på smelteverkets avløpsvann og måle biologiske og kjemiske effekter ved lab-eksperimenter.

Et av de sentrale spørsmålene vedrørende utslippet av PAH er i hvilken grad dette gir opphav til biologiske effekter i Sørfjorden. Eksperimenter med filterkaken ville kunne fastslå hvor kjemisk mobilt og biologisk tilgjengelig PAH bundet til kalken er. Den samme problemstillingen gjelder nitrogen og for så vidt tungmetaller. Nitrogenets betydning for algevekst kan lett la seg undersøke ved relativt enkle laboratorieforsøk. Først da kan vi med noenlunde sikkerhet fastslå om vi kan sammenligne de nitrogenforbindelsene som er tilstede i avløpsvannet med andre nitrogenkilder.

Det er viktig å få klarlagt en del usikre momenter omkring smelteverkets avløpsvann og resipientvirkninger. Utbredelse av giftige cyanidkonsentrasjoner i vannet, basert på fortynningsberegninger, er et av disse usikre momentene. Forurensningsbegrensende tiltak bør ta hensyn til de lokale resipientforholdene, og det er vesentlig å gjennomføre de tiltak som monner mest først.

4. LITTERATUR

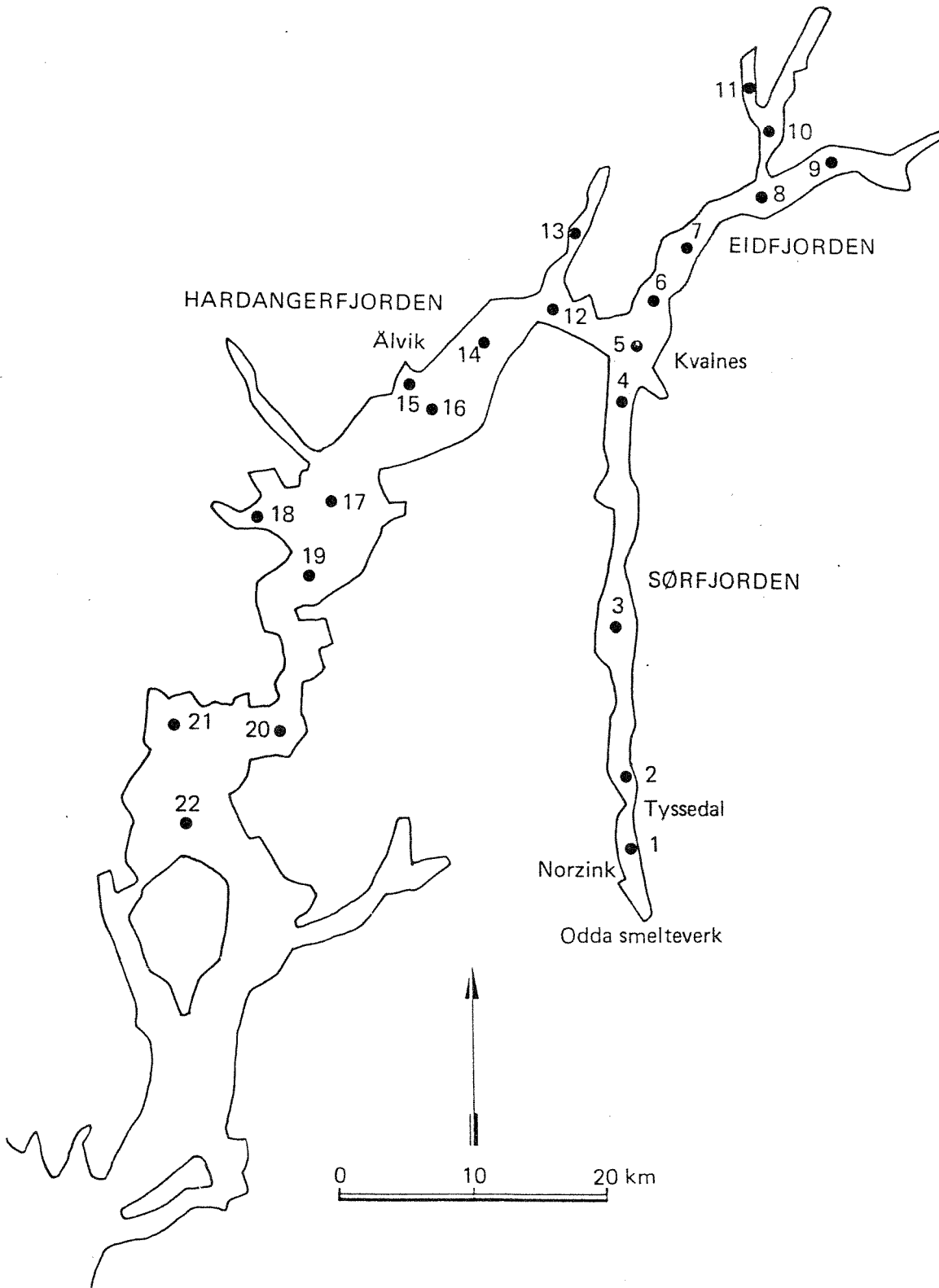
- IARC, 1987. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overall evaluation of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs vol. 1 to 42. Suppl. 7, Lyon, Frankrike.
- JMG, 1987. Upubliserte data (kilde: N. Green, NIVA).
- Julshamn, K., Bøe, B. og Føyn, L., 1985. Analyse av sporelementer og klorerte hydrokarboner i fisk og blåskjell fra Hardangerfjorden og tilstøtende fjordområder høsten 1983 og våren 1984. Fiskeridirektoratet, Rapporter og meldinger 6/85. 55 s. + figurer.
- Kirkerud, L., Haakstad, M., Knutzen, J., Rygg, B. Skei, J. og Tryland, Ø., 1985. Basisundersøkelse i Ranafjorden - en marin industri-resipient. Samlerapport. NIVA-rapport O-8000310 (l.nr. 1800). 76 s.
- Knutzen, J., 1983. Supplerende basisundersøkelse i Sørfjorden (Hardanger) 1981-1982. Metaller, PAH og fluor i organismer (med tillegg av eldre data om PAH i sedimenter). NIVA-rapport O-8000309 (l.nr. 1570). 43 s.
- Knutzen, J., 1986. Undersøkelser i Fedafjorden 1984-1985. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. NIVA-rapport O-8000320 (l.nr. 1864). 39 s.
- Knutzen, J., 1987. Orienterende undersøkelser 1986 av PAH, klororganiske stoffer og metaller i skrubbeflyndre og taskekrabbe fra resipientområdet til Lista Aluminiumverk og referansestasjoner. NIVA-rapport O-68019. 21 s.
- Knutzen, J., 1989. PAH i det akvatiske miljø - opptak/utskillelse, effekter og bakgrunnsnivåer. NIVA-rapport O-87189/E-88445 (l.nr. 2205). 107 s.
- Knutzen, J. og Skei, J., 1988. Tiltaksorientert overvåking i Saudafjorden 1986-1987. NIVA-rapport O-8000306 (l.nr. 2109). 50 s.
- Knutzen, J., Rygg, B. og Skei, J., 1986. Undersøkelser i Fedafjorden 1984-1985. Samlerapport. NIVA-rapport O-8000320 (l.nr. 1858). 24 s.

- Kvalvågnæs, K., Berglind, L. og Knutzen, J., 1986. Undersøkelser i Sørfjorden i forbindelse med PAH-utslipp fra Odda Smelteverk A/S. NIAV-rapport 0-85165 (l.nr. 1846). 27 s.
- Malins, D.C., McCain, B.B., Brown, D.W. m.fl., 1987. Sediment-associated contaminants and liver diseases in bottom-dwelling fish. *Hydrobiologia*, 6: 67-74.
- Miljøvernkomiteen i Odda, 1973. Resipientundersøkelser i Sørfjorden 1972. (Red. E. Sigvartsen).
- Næs, K., Knutzen, J. og Rygg, B., 1990. Overvåking av Årdalsfjorden. Sedimenter, bløtbunnsfauna og O-skjell. NIVA-rapport (in press).
- Palmork, K., 1974. Polysykliske aromatiske hydrokarboner i det marine miljø. I "9. Nordiska Symposiet om Vattenforskning. Fjorder og kystvann som resipienter". Trondheim, 27-29.6-1973. S. 99-125.
- Skei, J., 1988. Vurdering av beslutningsgrunnlaget for valg av rensegrad og utslippsarrangement for kommunal kloakk i Odda. NIVA-rapport 0-88040 (l.nr. 2137). 24 s.
- Skei, J. og Molvær, J., 1989. Resipientmålinger, beregning av innlagringsdyp og rensegrad for kommunalt avløpsvann i Odda. NIVA-rapport 0-88040 (l.nr. 2239). 57 s.
- Skei, J., Knutzen, J. og Næs, K., 1989a. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1987-1988. NIVA-rapport 0-8000309 (l.nr. 2227). 132 s.
- Skei, J., Rygg, B. og Næs, K., 1986. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1984-85. Delrapport 1: Sedimentfeller, bunnsedimenter og bløtbunnsfauna. NIVA-rapport 0-8000309 (l.nr. 1851). 62 s.
- Skei, J., Seip, K.L., Tveit, I., Strømsnes, P., Skeie, O. og Bøen, R., 1989b. Indre Sørfjord. Sedimentenes betydning for metallforurensning i miljøet. Muligheter og behov for tiltak. Fase 3. Tiltaksanalyse. NIVA-rapport 0-89053 (l.nr. 2261). 68 s.
- Skei, J., Pedersen, A., Berge, J.A., Bakke, T. og Næs, K., 1987. Indre Sørfjord. Sedimentenes betydning for metallforurensning i miljøet. Muligheter og behov for tiltak. Fase 2.

Kvantifisering av utlekking av tungmetaller fra forurensede sedimenter. NIVA-rapport 0-87005 (l.nr. 2067). 101 s.

Skei, J., Knutzen, J., Moy, F. og Green, N., 1990. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1988-1989 (in press).

V E D L E G G

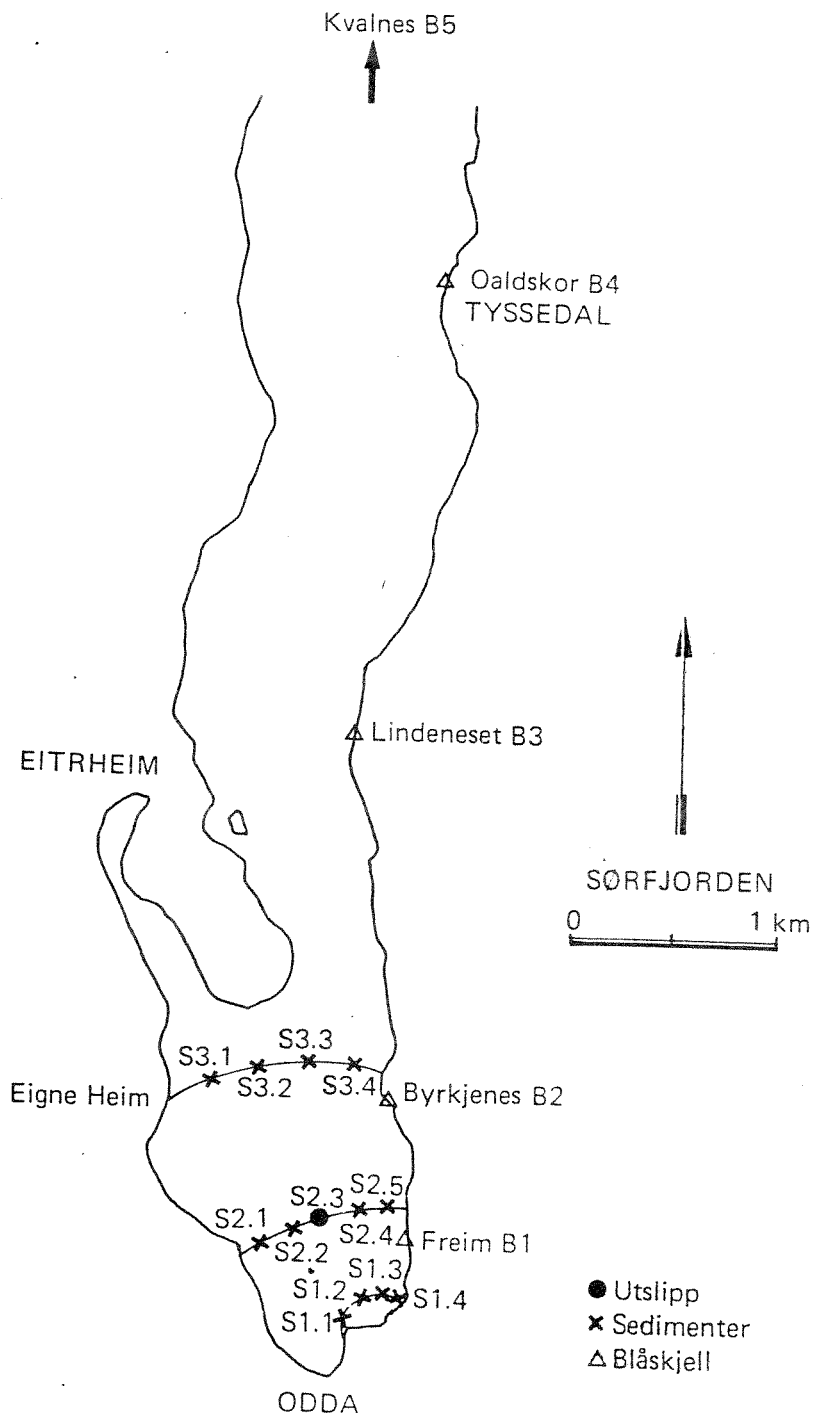


2. Sedimentstasjoner i Sør fjorden og Hardangerfjorden, april 1985. (Skei og medarb. 1986, PAH-analyser fra st. 3, 4, 7, 15, 17). Stasjoner fra Statlig program for forurensningsovervåking.

PAH i sedimenter i Sørfiorden og Hardangerfiorden 3. mai
1985.

		ug/kg tørket materiale							
		St.3	St.4	St.7	St.15	St.17			
PAH	Prove mrk.	387 m 0-2 cm	300 m 0-2 cm	518 m 0-2 cm	84 m 0-2 cm	746 m 0-2 cm			
Naftalen									
2-Metylnaftalen									
1-Metylnaftalen									
Bifenyl									
Acenäftyyien									
Acenäften									
4-Metylbifenyl									
Dibenzofuran									
Fluoren					46	44			
9-Metylfluoren									
9.10-Dihydroantracen									
2-Metylfluoren									
1-Metylfluoren									
Dibenzothiopen									
Fenantren		148		13	138	37			
Antracen									
Acridine									
Carbozole									
2-Metylantracen									
1-Metylfenantren									
9-Metylantracen									
Fluoranten		397	108	124	297	59			
Pyren		378	Maskert	80	203	38			
Benzo(a)fluoren		22	57	7					
Benzo(b)fluoren		57	120	11	126				
1-Metylpyren									
Benzo(c)fenantren									
Benzo(a)antracen		213	57	33	112	ca.20			
Trifenylen/Chrysen		331	120	78	163	45			
Benzo(b)fluoranten		486	192	122	177	67			
Benzo(j,k)fluoranten		150			97	33			
Benzo(e)pyren		293	78	48	100	41			
Benzo(a)pyren		226	47	17	91	ca.20			
Perilen									
O-Phenylene-pyren		323	44	51	94	39			
Dibenz(a,h)antracen		68							
Picen									
Benzo(g,h)periyien		274	42	55	57	ca.20			
Antranthrene									
Coronen									
4,5 Metylenepyren		196							
Sum		3562	865	639	1701	463			

1 mg = 1000 µg



Stasjoner for prøvetaking av sedimenter og blåskjell i Sør fjorden 23. og 24. oktober 1985.

PAH i blåskiell fra Sørfjorden 24. oktober 1985.

Prove mrk. PAH µg/l	µg/kg våtvekt							
	Freim	Byrkje- neset	Linde- neset	Oald- skar	Kval- neset			
Naftalen								
2-Metylnaftalen								
1-Metylnaftalen								
Bifenyli								
Acenaftiyen								
Acenaften								
4-Metylbifenyli								
Dibenzofuran		2						
Fluoren		2						
9-Metylfuoren								
9,10-Dihydroantracen								
2-Metylfuoren								
1-Metylfuoren								
Dibenzothiophen		2						
Fenantren	6	13	19	11	8			
Antracen	1	2	3	2				
Acridine								
Carbozole								
2-Metylantracen	ca. 2	ca. 2	2	2				
1-Metylfenantren	4	9	4	7				
9-Metylantracen								
Fluoranten	33	58	46	33	31			
Pyren	16	26	25	20	16			
Benzo(a)fluoren	6	11						
Benzo(b)fluoren	4	5	6	2				
1-Metylopyren	2	3						
Benzo(c)fenantren								
Benzo(a)antracen	96	149	27	23	25			
Trifenylen/Chrysen	75	141	42	44	34			
Benzo(b)fluoranten	49	140	31	26	18			
Benzo(j,k)fluoranten	25	70	10	13				
Benzo(e)pyren	54	94	20	21	8			
Benzo(a)pyren	21	80	8	6	1			
Perylen	10	23		2				
O-Phenyleneopyren	5	13	4	2				
Dibenz(a,h)antracen								
Picen								
Benzo(ghi)perylen	10	34	ca. 8	4				
Anthanthrene								
Coronen								
Sum Våtvekt	419	879	255	218	141			
% Torrstoff	16,7	14,4	20,2	17,6	14,1			
Sum PAH bereg- net på torrvekt	2509	6104	1262	1239	1000			

PAH i sedimenter i indre del av Sørfjorden 23. oktober 1985.

Prove mrk. PAH $\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/g}$ (tørrvekt)							
	S1,1	S1,2	S1,3	S1,4	S2,1	S2,2	S2,3	S2,4
Naftalen								
2-Metylnaftalen								
1-Metylnaftalen								
Bifenyl								
Acenaftalen								
Acenaften								
4-Metylbifenyl								
Dibenzofuran							2,04	
Fluoren		0,41		4,05		0,45	3,47	
9-Methylfluoren								
9,10-Dihydroantracen								
2-Metylfluoren								
1-Metylfluoren								
Dibenzothiophen		0,56		6,73		1,27	6,03	
Fenantren	2,17	7,52	1,29	78,63	4,8	10,42	50,91	3,81
Antracen	0,47	1,59	ca 0,27	16,3	0,72	3,53	11,70	1,11
Acridine								
Carbozole								
2-Metylantracen				1,79		0,52	2,25	
1-Metylfenantren				2,70		0,42	3,30	
9-Metylantracen								
Fluoranten	4,68	9,92	2,70	46,45	7,79	12,74	28,87	4,92
Pyren	3,60	7,01	1,36	38,66	6,21	8,77	27,42	3,13
Benzofluoren		1,31		4,11	0,95			
Benzobifluoren	0,81	0,82		3,15		3,23	6,65	0,98
1-Metylopyren		0,41		1,0		1,31	1,06	0,17
Benzo(c)fenantren								
Benzo(a)antracen	2,32	8,12	1,95	18,8	5,81	11,08	13,8	3,93
Trifenylen Chrysen	4,36	15,01	3,87	32,0	10,56	22,35	20,86	8,13
Benzo(b)fluoranten	6,14	23,06	5,57	16,12	12,56	25,1	8,9	11,29
Benzo(i,k)fluoranten	1,67			5,20	6,30	7,7	4,58	5,65
Benzo(e)pyren	5,05	12,23	2,70	13,74	9,01	19,95	9,77	6,21
Benzo(a)pyren	4,60	11,19	3,08	11,76	8,29	15,41	7,24	5,95
Perylene	0,75	2,7	0,47	2,79	1,58	6,39	2,61	1,24
O-Phenyleneopyren	4,52	4,61	2,11	1,58	5,94	9,91	1,81	2,49
Dibenz(a,h)antracen	0,99	3,98	0,53		2,25	6,37	1,41	1,26
Picen								
Benzo(ghi)perylene	3,54	10,27	2,15	4,24	7,47	13,21	3,43	3,56
Anthanthrene								
Coronen								
Sum	45,67	120,72	28,05	309,8	90,24	180,13	218,11	63,82
Karsinogene PAH	12,57	30,54	7,32	30,48	26,25	50,73	19,84	21,32

PAH i sedimenter i indre del av Sør fjorden 23. oktober 1985.

Prove mrk. PAH $\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/g}$ tørrvekt				
	S25	S3,1	S3,2	S3,3	S3,4
Naftalen					
2-Metylnaftalen					
1-Metylnaftalen					
Bifenyl					
Acenaftylen					
Acenaften					
4-Metylifenyl					
Dibenzofuran	0,44				
Fluoren	0,21				
9-Metylfluoren					
9,10-Dihydroantracen					
2-Metylfluoren					
1-Metylfluoren					
Dibenzothiophen	0,67		0,35	0,56	0,23
Fenantren	6,00	1,93	4,50	5,67	2,14
Antracen	1,63	0,50	0,81	1,57	0,52
Acridine					
Carbozoie					
2-Metylantracen	0,25				
1-Metylphenantren	0,28				
9-Metylantracen					
Fluoranten	11,02	4,47	5,20	11,05	3,58
Pyren	6,73	3,44	3,87	7,78	2,73
Benzo(a)fluoren	0,49		1,05	1,82	
Benzo(b)fluoren	0,32		0,75	1,38	
1-Metyloxyren	0,23				0,60
Benzo(c)fenantren					
Benzo(a)antracen	4,68	2,92	2,45	7,41	2,45
Trifenylen/Chrysen	8,41	4,89	3,54	12,69	4,34
Benzo(b)fluoranten	9,58	6,32	5,32	14,34	4,92
Benzo(i,k)fluoranten	4,5	3,94	1,26	3,60	2,20
Benzo(e)pyren	5,01	5,03	4,06	8,51	3,84
Benzo(a)pyren	4,5	4,62	3,31	8,18	3,26
Perylen	1,16	0,89	0,62	1,65	0,61
O-Phenyleneopyren	2,21	5,87	2,21	4,39	1,91
Dibenz(a,h)antracen	1,17	2,60	0,54	1,67	0,65
Picen					
Benzo(g,h)perylen	2,79	5,29	3,83	5,45	2,78
Anthanthrene					
Coronen					
Sum	72,28	52,71	43,67	97,72	36,76
Karsinogene PAH	17,5	15,51	9,8	25,99	9,93

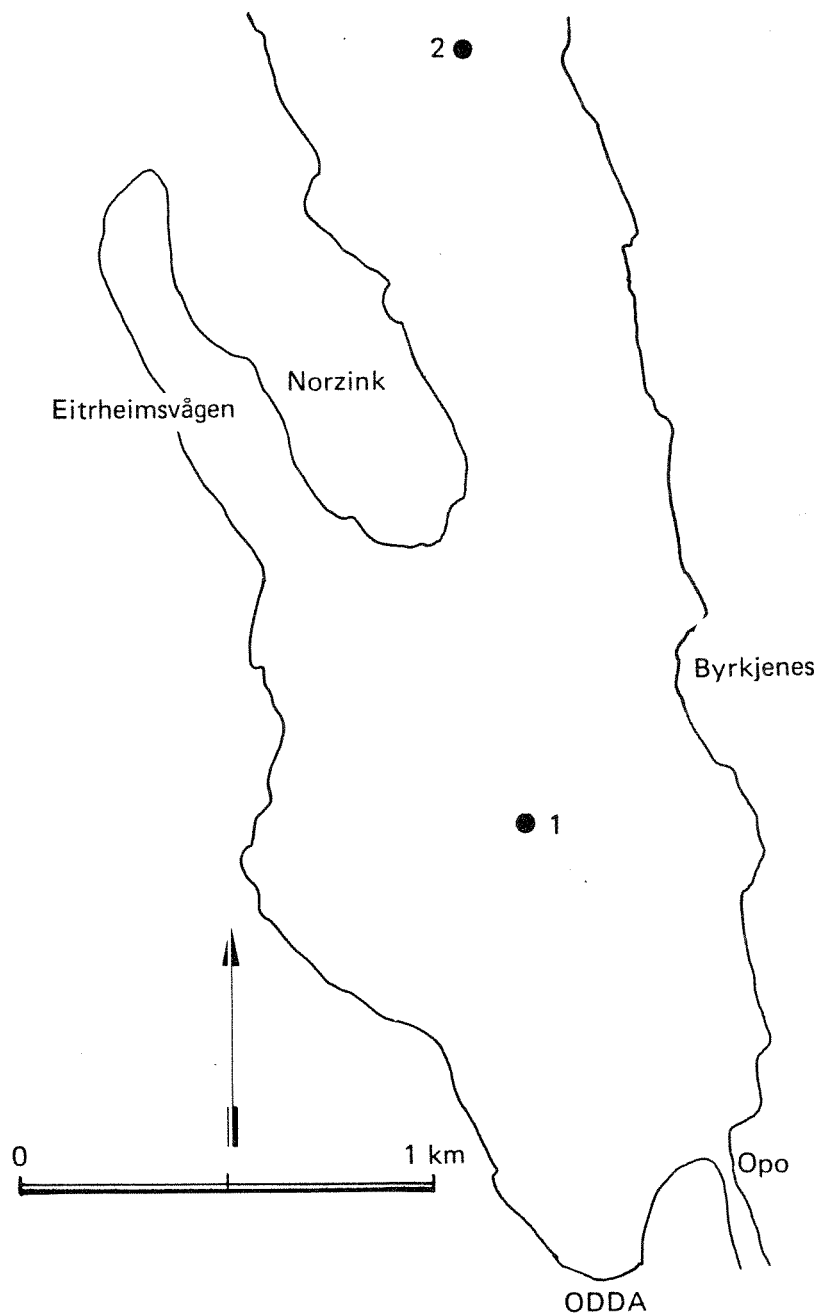
Karbon og nitrogen i overflatesedimenter for indre del av Sørfjorden 23. oktober 1985.

Stasjon	% C	% N
=====		
S 1.1	6.89	0.323
S 1.2	16.3	0.653
S 1.3	3.22	0.166
S 1.4	23.9	0.305
S 2.1	11.4	0.421
S 2.2	19.4	0.653
S 2.3	22.2	0.434
S 2.4	19.5	0.409
S 2.5	20.0	0.634
S 3.1	4.7	0.27
S 3.2	3.38	0.207
S 3.3	8.72	0.799
S 3.4	12.7	0.44

PAH i materiale fra sedimentfeller fra Kvalnes i Sør fjorden.

PAH $\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/g}$ torket materiale				Prove mrk.
	1	2	3	4	
Naftalen					
2-Metylnaftalen					
1-Metylnaftalen					
Bifenyl					
Acenaftalen					
Acenaften					
4-Metyl-bifenyl					
Dibenzofuran					
Fluoren					
9-Methylfluoren					
9,10-Dihydroantracen					
2-Metylfluoren					
1-Metylfluoren					1. Kvalnes, 26/4-85
Dibenzothiophen	2,4	0,52	1,19	2,0	250 m Nedre
Fenantren	19,2	3,47	6,31	10,1	
Antracen	7,3	0,65	1,51	1,6	2. Kvalnes, 15/7-85
Acridine					30 m (opp). Uten kloroform
Carbozole					
2-Metylantracen	1,4	0,52		0,3	3. Kvalnes, 14/11-85, 20 m
1-Metylfenantren	1,4			0,5	
9-Metylantracen					4. Kvalnes, 14/11-85, 250 m
Fluoranten	23,8	5,27	6,03	11,2	
Pyren	22,3	4,43	5,27	10,0	
Benzo(a)fluoren					
Benzo(b)fluoren					
1-Metylpyren					
Benzo(c)fenantren					
Benzo(a)antracen	2,4	0,48	1,21	1,5	
Trifenylen/Chrysen	3,9	0,78	1,79	2,6	
Benzo(b)fluoranten	1,8	0,42	1,96	2,1	
Benzo(j,k)fluoranten					
Benzo(e)pyren					
Benzo(a)pyren	0,7	0,12	0,74	0,7	
Perylen					
Q-Phenylenapyren	1,7	0,31	0,69		
Dibenz(a,h)antracen					
Picen					
Benzo(g,h)perylene	1,1	0,29	0,58		
Antanthrene					
Coronen					
Sum	89,4	17,26	27,28	42,6	

1 mg = 1000 μg



Plassering av målestasjoner i indre Sør fjord i 1988
(nitrogen i vannprøver).

STASJON : 1
 PARAMETER : TOIN

DYP METER	DATO 880606	DATO 880620	DATO 880711	DATO 880718	DATO 880808	DATO 880816	DATO 880829	DATO 880912	DATO 880926	DATO 881010
5.0	206.	236.	392.	279.	341.	294.	1001.	425.	222.	698.
20.0	1266.	1644.	2436.	563.	716.	489.	1199.	2736.	878.	1136.
40.0							1026.			
45.0	1808.	402.	737.	1470.	716.	891.		677.	591.	629.
MIN. :	206.	236.	392.	279.	341.	294.	1001.	425.	222.	629.
MIDDEL :	1093.	760.7	1188.	770.7	591.	558.	1075.	1279.	563.7	821.
MAX. :	1808.	1644.	2436.	1470.	716.	891.	1199.	2736.	878.	1136.
ST.AVIK:	814.8	769.5	1094.	622.1	216.5	304.4	107.8	1268.	328.9	275.
R.ST.8 :	74.5	101.2	92.1	80.7	36.6	54.6	10.0	99.1	58.3	33.5
ANTALL :	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

DYP	N	MIN	MID	MAX	ST.AV.
5.0	10	206.000	409.400	1001.000	252.847
20.0	10	489.000	1306.300	2736.000	762.220
40.0	1	1026.000	1026.000	1026.000	
45.0	9	402.000	880.111	1808.000	457.297
	30	206.000	870.133	2736.000	630.477

STASJON : 1
 PARAMETER : NH4N

DYP	DATO	DATO	DATO	DATO	DATO	DATO	DATO	DATO	DATO	DATO
METER	880606	880620	880711	880718	880808	880816	880829	880912	880926	881010
5.0	7.	3.	66.	21.	4.	9.	69.	104.	7.	173.
20.0	230.	500.	700.	122.	213.	80.	362.	570.	259.	333.
40.0							397.			
45.0	424.	20.	135.	438.	117.	388.		240.	48.	33.
MIN. :	7.	3.	66.	21.	4.	9.	69.	104.	7.	33.
MIDDEL :	220.3	174.3	300.3	193.7	111.3	159.	276.	304.7	104.7	179.7
MAX. :	424.	500.	700.	438.	213.	388.	397.	570.	259.	333.
ST.AVIK:	208.7	282.2	347.8	217.5	104.6	201.5	180.1	239.6	135.2	150.1
R.ST.* :	94.7	161.9	115.8	112.3	94.0	126.7	65.3	78.7	129.2	83.5
ANTALL :	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

DYP	N	MIN	MID	MAX	ST.AV.
5.0	10	3.000	46.300	173.000	56.833
20.0	10	80.000	336.900	700.000	199.569
40.0	1	397.000	397.000	397.000	
45.0	9	20.000	204.778	438.000	172.506
	30	3.000	202.400	700.000	193.701

STASJON : 1
 PARAMETER : NO3N

DYP METER	DATO 880606	DATO 880620	DATO 880711	DATO 880718	DATO 880808	DATO 880816	DATO 880829	DATO 880912	DATO 880926	DATO 881010
5.0	6.	3.	25.	14.	1.	15.	6.	17.	2.	49.
20.0	24.	245.	200.	24.	23.	15.	69.	49.	123.	150.
40.0							280.			
45.0	245.	280.	290.	300.	345.	270.		101.	320.	430.
MIN. :	6.	3.	25.	14.	1.	15.	6.	17.	2.	49.
MIDDEL :	91.67	176.	171.7	112.7	123.	100.	118.3	55.67	148.3	209.7
MAX. :	245.	280.	290.	300.	345.	270.	280.	101.	320.	430.
ST.AVIK:	133.1	150.8	134.8	162.3	192.6	147.2	143.5	42.39	160.5	197.4
R.ST.% :	145.2	85.7	78.5	144.1	156.6	147.2	121.3	76.2	108.2	94.1
ANTALL :	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

DYP	N	MIN	MID	MAX	ST.AV.
5.0	10	1.000	13.800	49.000	14.597
20.0	10	15.000	92.200	245.000	82.807
40.0	1	280.000	280.000	280.000	
45.0	9	101.000	286.778	430.000	87.876
	30	1.000	130.700	430.000	133.703

STASJON : 2
 PARAMETER : TOIN

DYP METER	DATO 880606	DATO 880620	DATO 880711	DATO 880718	DATO 880808	DATO 880816	DATO 880829	DATO 880912	DATO 880926	DATO 881010
5.0	179.	194.	278.	218.	212.	341.	369.	260.	260.	371.
20.0	237.	1380.	1436.	260.	371.	302.	327.	909.	1112.	711.
40.0							710.			
45.0	1044.	366.	507.	1149.	639.	1322.		438.	683.	411.
MIN. :	179.	194.	278.	218.	212.	302.	327.	260.	260.	371.
MIDDEL :	486.7	646.7	740.3	542.3	407.3	655.	468.7	535.7	685.	497.7
MAX. :	1044.	1380.	1436.	1149.	639.	1322.	710.	909.	1112.	711.
ST.AVIK:	483.5	640.9	613.2	525.8	215.8	578.	210.1	335.3	426.	185.8
R.ST. % :	99.4	99.1	82.8	97.0	53.0	88.2	44.8	62.6	62.2	37.3
ANTALL :	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

DYP	N	MIN	MID	MAX	ST.AV.
5.0	10	179.000	268.200	371.000	71.024
20.0	10	237.000	704.500	1436.000	475.065
40.0	1	710.000	710.000	710.000	
45.0	9	366.000	728.778	1322.000	354.321
	30	179.000	566.533	1436.000	390.349

STASJON : 2
 PARAMETER : NH4N

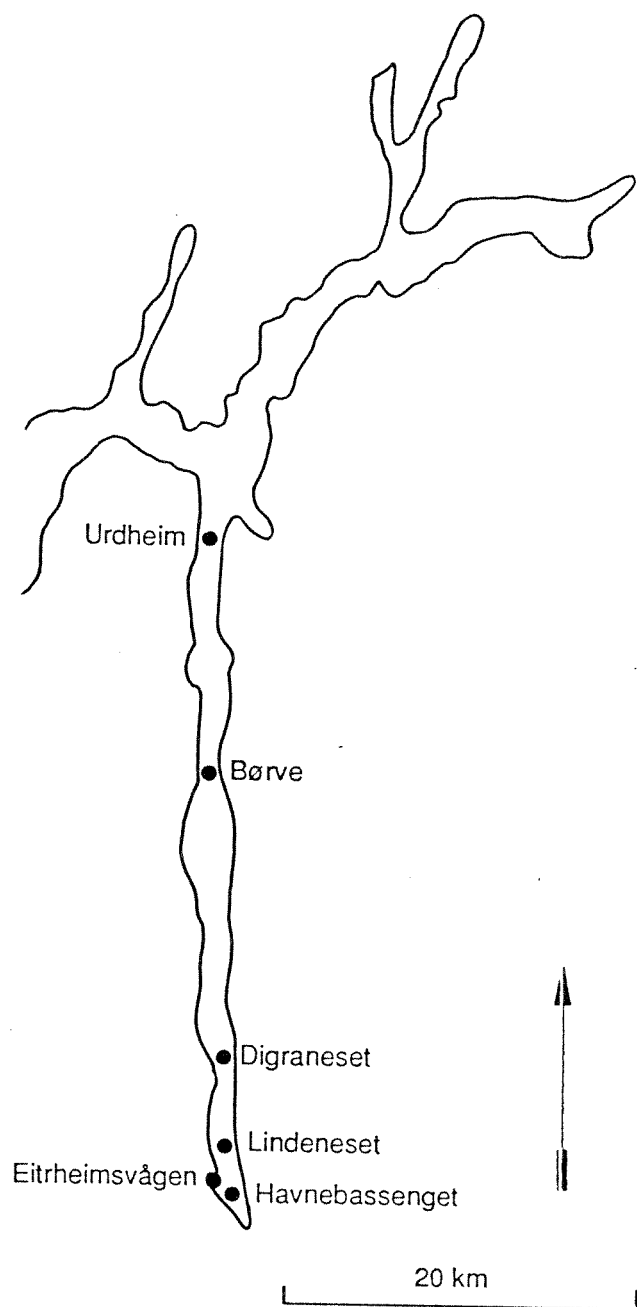
DYP	DATO	DATO	DATO	DATO	DATO	DATO	DATO	DATO	DATO	DATO
METER	880606	880620	880711	880718	880808	880816	880829	880912	880926	881010
5.0	13.	3.	32.	11.	4.	4.	20.	48.	19.	56.
20.0	9.	379.	42.	38.	105.	33.	59.	219.	274.	175.
40.0							177.			
45.0	216.	4.	36.	315.	77.	365.		101.	95.	10.
MIN. :	9.	3.	32.	11.	4.	4.	20.	48.	19.	10.
MIDDEL :	79.33	128.7	36.67	121.3	62.	134.	85.33	122.7	129.3	80.33
MAX. :	216.	379.	42.	315.	105.	365.	177.	219.	274.	175.
ST.AVIK:	118.4	216.8	5.033	168.3	52.14	200.6	81.75	87.53	130.9	85.15
R.ST.¸ :	149.2	168.5	13.7	138.7	84.1	149.7	95.8	71.4	101.2	106.0
ANTALL :	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

DYP	N	MIN	MID	MAX	ST.AV.
5.0	10	3.000	21.000	56.000	18.696
20.0	10	9.000	133.300	379.000	124.051
40.0	1	177.000	177.000	177.000	
45.0	9	4.000	135.444	365.000	132.555
	30	3.000	97.967	379.000	113.384

STASJON : 2
 PARAMETER : NO3N

DYP METER	DATO 880606	DATO 880620	DATO 880711	DATO 880718	DATO 880808	DATO 880816	DATO 880829	DATO 880912	DATO 880926	DATO 881010
5.0	4.	2.	12.	8.	2.	4.	3.	12.	7.	35.
20.0	3.	265.	115.	9.	20.	13.	335.	42.	48.	290.
40.0							31.			
45.0	189.	290.	300.	320.	350.	270.		58.	290.	280.
MIN. :	3.	2.	12.	8.	2.	4.	3.	12.	7.	35.
MIDDEL :	65.33	185.7	142.3	112.3	124.	95.67	123.	37.33	115.	201.7
MAX. :	189.	290.	300.	320.	350.	270.	335.	58.	290.	290.
ST.AVIK:	107.1	159.6	145.9	179.8	195.9	151.	184.1	23.35	152.9	144.4
R.ST. % :	163.9	85.9	102.5	160.1	158.0	157.9	149.7	62.6	133.0	71.6
ANTALL :	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

DYP	N	MIN	MID	MAX	ST.AV.
5.0	10	2.000	8.900	35.000	9.905
20.0	10	3.000	114.000	335.000	131.039
40.0	1	31.000	31.000	31.000	
45.0	9	58.000	260.778	350.000	87.635
	30	2.000	120.233	350.000	134.798



Innsamling av vannprøver (•), 1988-89.

STASJON : BØRVE
DATO : 881216

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      357.
40.0     351.
200.0    327.
```

STASJON : BØRVE
DATO : 890823

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      276.
40.0     269.
200.0    348.
```

STASJON : BØRVE
DATO : 890929

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      342.
40.0     288.
200.0    425.
```

STASJON : BØRVE
DATO : 891215

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      333.
40.0     315.
200.0    297.
```

STASJON : DIGRANESET
DATO : 881216

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      317.
40.0     345.
200.0    305.
```

STASJON : DIGRANESET
DATO : 890823

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      263.
40.0     302.
200.0    348.
```

STASJON : DIGRANESET
DATO : 890928

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      363.
40.0     473.
200.0    417.
```

STASJON : DIGRANESET
DATO : 891215

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      408.
40.0     471.
200.0    341.
```

STASJON : EITRHEIMSVÅGEN
DATO : 881216

=====

DYP	TOTN
METER	myg/l

0.0	
10.0	450.

STASJON : EITRHEIMSVÅGEN
DATO : 890823

=====

DYP	TOTN
METER	myg/l

0.0	315.
10.0	348.

STASJON : EITRHEIMSVÅGEN
DATO : 890928

=====

DYP	TOTN
METER	myg/l

0.0	500.
10.0	411.

STASJON : EITRHEIMSVÅGEN
DATO : 891215

=====

DYP	TOTN
METER	myg/l

0.0	555.
10.0	1240.

STASJON : HAVNEBASENGET
DATO : 890823

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      249.
20.0     488.
40.0     2020.
```

STASJON : HAVNEBASENGET
DATO : 890928

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      854.
5.0
20.0     398.
40.0     1130.
```

STASJON : HAVNEBASENGET
DATO : 891215

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      594.
5.0
20.0     641.
40.0     654.
```

STASJON : LINDENESET
DATO : 881216

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      503.
20.0
40.0     461.
```

STASJON : LINDENESET
DATO : 890823

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      302.
20.0     476.
40.0    1110.
```

STASJON : LINDENESET
DATO : 890928

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      390.
20.0     794.
40.0     801.
```

STASJON : LINDENESET
DATO : 891215

```
=====
DYP      TOTN
METER    myg/l
-----
0.0      440.
20.0     396.
40.0     497.
```

STASJON : URDHEIM

DATO : 881216

=====

DYP	TOTN
METER	myg/l

0.0	414.
40.0	509.
200.0	398.

STASJON : URDHEIM

DATO : 890823

=====

DYP	TOTN
METER	myg/l

0.0	249.
40.0	236.
200.0	323.

STASJON : URDHEIM

DATO : 890929

=====

DYP	TOTN
METER	myg/l

0.0	314.
40.0	315.
200.0	404.

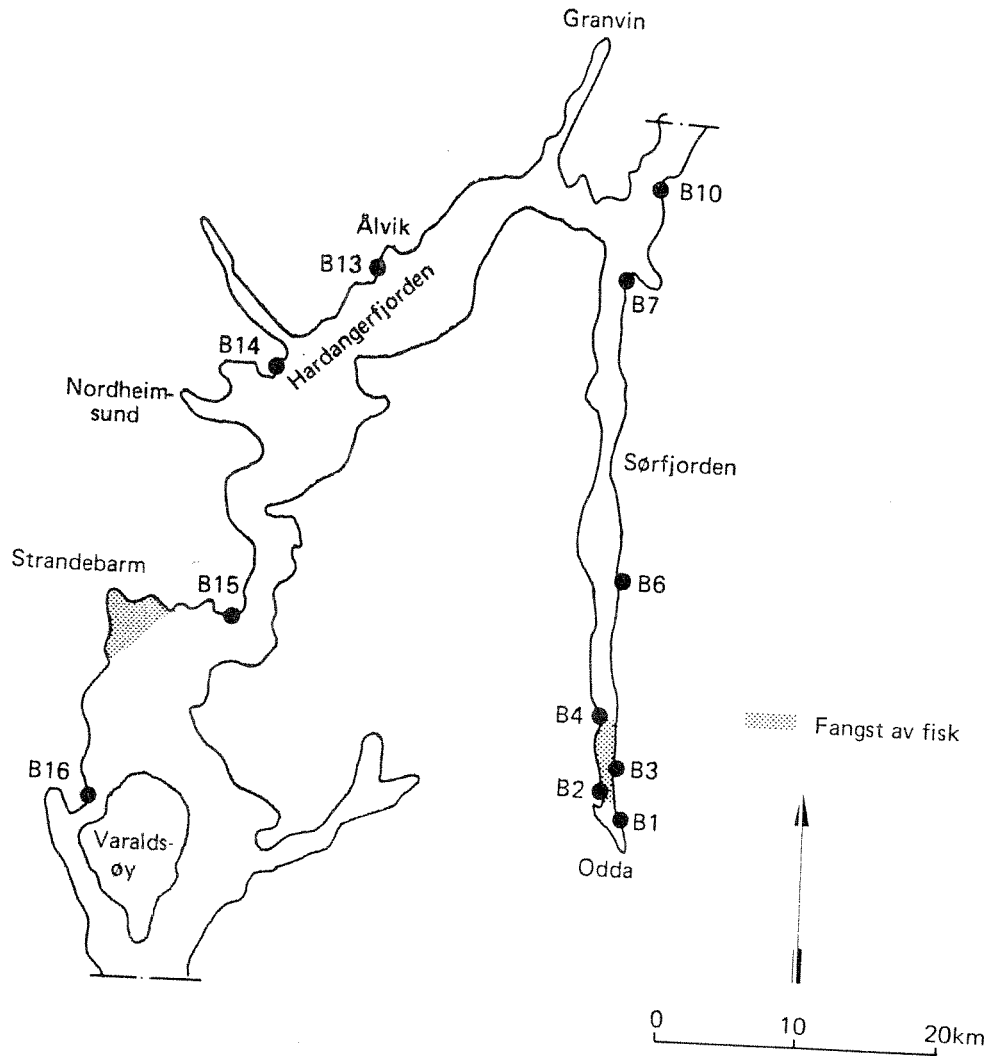
STASJON : URDHEIM

DATO : 891215

=====

DYP	TOTN
METER	myg/l

0.0	327.
40.0	291.
200.0	291.

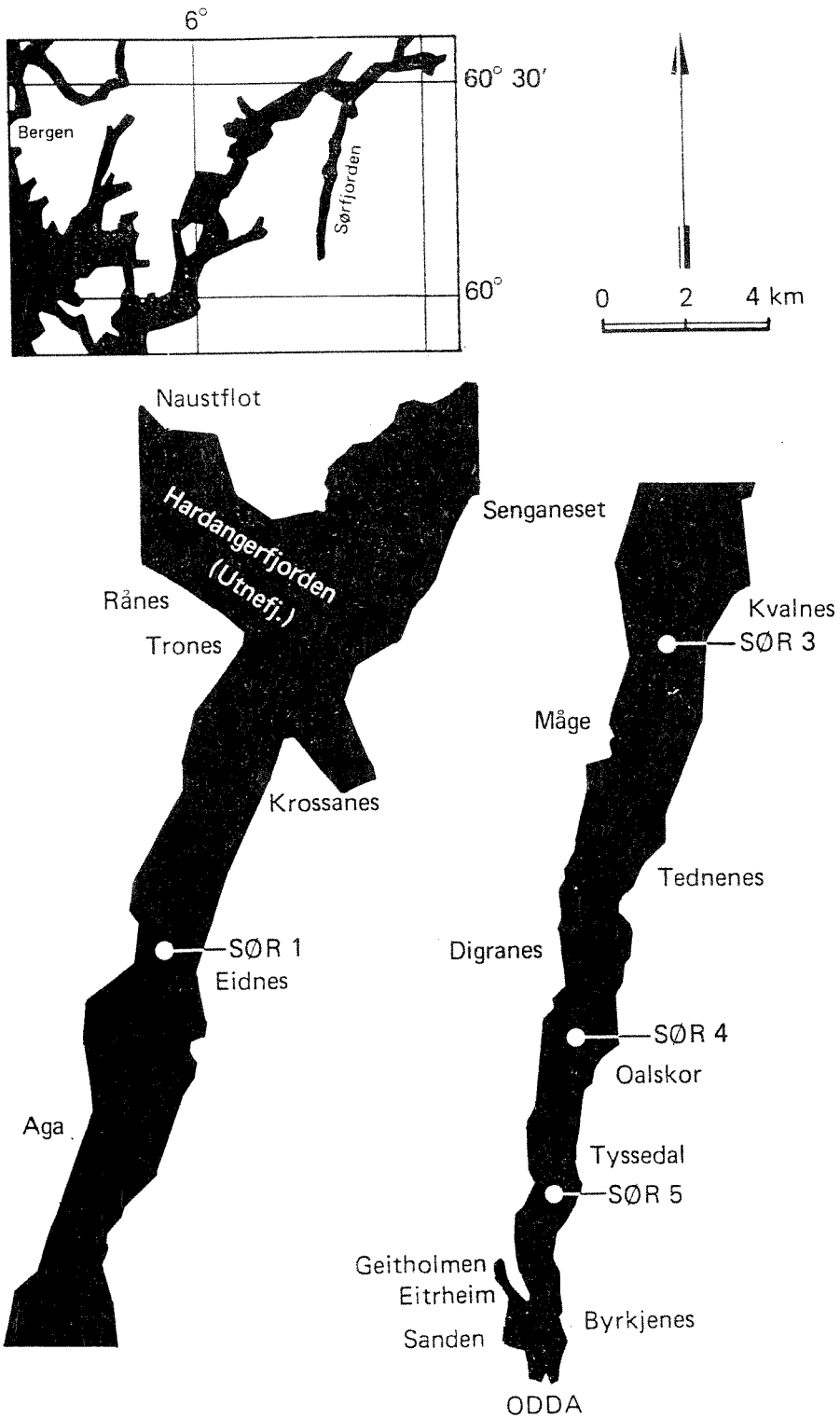


Prøvesteder for fisk, blåskjell og tang i Sør fjorden og Hardangerfjorden 1987.

PAH i blåskjell fra Sørfjorden, sept. 1987, µg/kg tørrvekt.

PAH	Stasjon	B1 Byrkjenes	B2 Eitrheim- neset	B3 Tysedal	B13 Ranaskjær
Naftalen					
2-Metylnaftalen					
1-Metylnaftalen					
Bifenyli					
Acenaftylene					
Acenaften					
4-Metyl-bifenyli					
Dibenzofuran					
Fluoren		35			
9-Metylfluoren					
9,10-Dihydroantracene					
2-Metylfluoren					
1-Metylfluoren					
Dibenzothiopen					
Fenantren		2849	818	180	732
Antracene		378	115	22	81
Carbazole					
3-Metylfenantren					
2-Metylfenantren		58	36	43	
2-Metylantracene					
4,5-Metylfenantren					
4- og/eller 9-Metylfenantren					
1-Metylfenantren		87			
Fluoranten		2017	824	734	650
Pyren		1140	424	317	537
Benzo(a)fluoren		110	67	58	
Benzo(b)fluoren		64	42	43	
4-Metylpyren					
2-Metylpyren og/eller Metylfluoranten					
1-Metylpyren					
Benzo(gni)fluoranten					
Benzo(c)fenantren		69		43	
Benzo(a)antracene *		924	364	295	203
Trifenylene/Chrysen * 1)		1198	503	640	342
Benzo(b)fluoranten *		644	242	423	105
Benzo(i,k)fluoranten *					49
Benzo(e)pyren		401	115		
Benzo(a)pyren *		169	Maskert	36	57
Perylen					
Indeno(1,2,3-cd)pyren *		52	18	43	
Dibenz(a,h og/eller a,c)antracene *					
Picen					
Benzo(g,h,i)perylene		105	24	72	
Anthracene					
Coronen					
Sum		10330	3592	2929	2756
Derav KPAH		~2418	~876?	~1047	~585
% KPAH		~23	~24?	~37	~21
% Tonnstoff		17,2	16,5	13,9	12,3

1) Forbindelser merket * er potensielt kreftfremkallende i henhold til IARC (1987) og medregnet i sum potensielt kreftfremkallende : KPAH. (Bare regnet 50% av innholdet av chrysen/trifenylene, idet trifenylen ikke er regnet som kreftfremkallende).

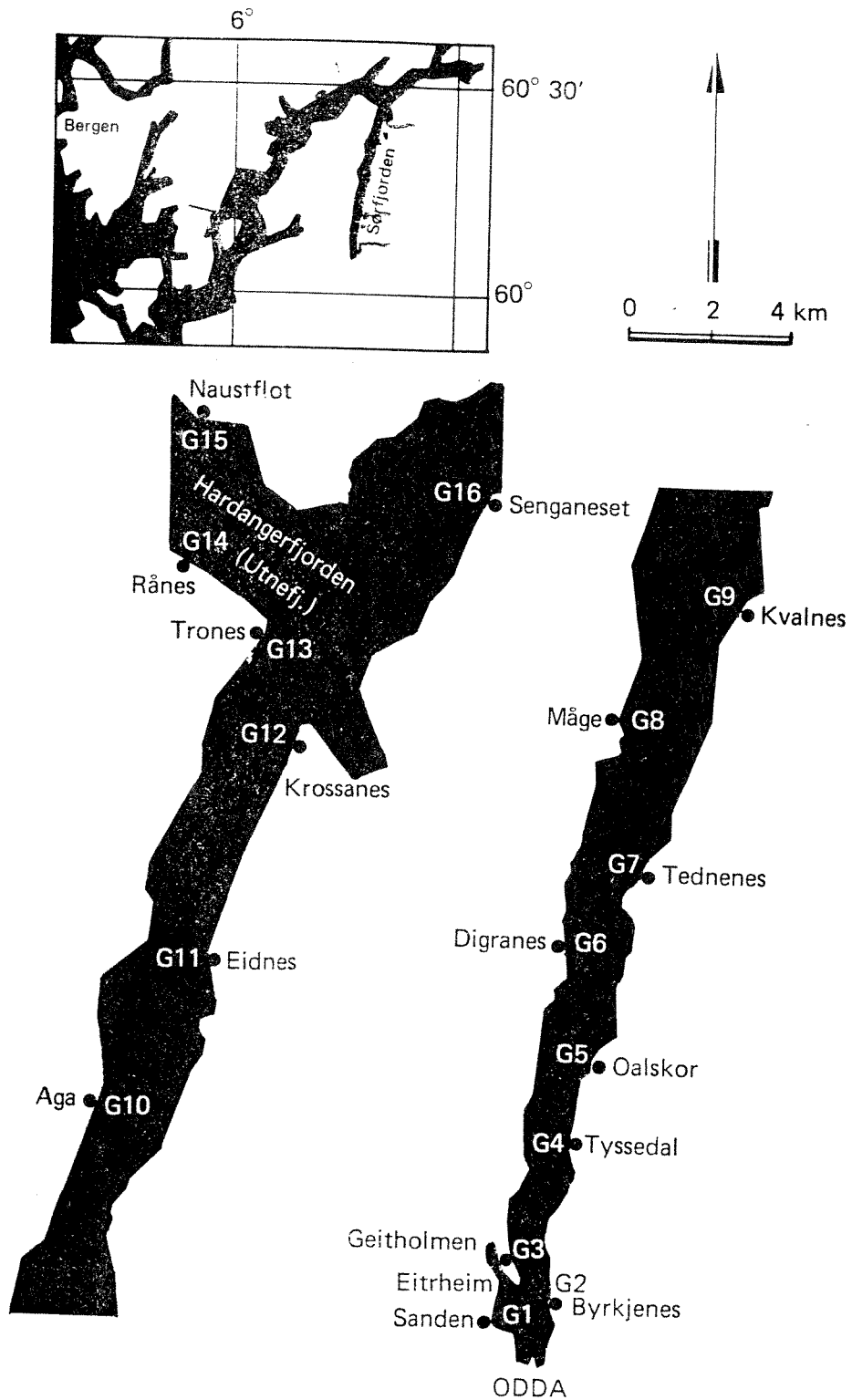


Stasjoner for observasjon av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i Sør fjordens sedimenter 1978

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i overflatesedimenter (0-2 cm) i Sørfjorden, Hardanger, april 1978, µg/kg tørrvekt

PAH	Prøve nr. 1.					
	SØR 5	SØR 4	SØR 3	SØR 1 0-2 cm	SØR 1 2-4 cm	SØR 1 4-6 cm
Naftalen	155	47		46	19	
2-Metylnaftalen		50	20	24		
1-Metylnaftalen			15			
Bifenyli	50		8			
Acenaftyler			32			
Acenafter	405	148	36	81	47	33
4-Metylbifenyli						
Dibenzofuran	136		28			
Fluoren	350	175	56		33	22
9-Metylfuoren			42			
9.10-Dihydroantraceni						
2-Metylfuoren	58					
1-Metylfuoren						
Dibenzothiopher	249	72	32			
Fenantren	3404	1241	363	204	65	45
Antraceni	709	261	95	31	17	
Acridine						
Carbazole	527	189	43	26	62	74
2-Metylantraceni	115					14
1-Metylfenantren	129	51				14
9-Metylantraceni	76					
Fluoranten	4650	2109	491	386	138	87
Pyren	6222	1648	395	276	133	63
Benzo(a)fluoren	1058	357	68	67		15
Benzo(b)fluoren	547	181	39	23		
1-Metyipyren						
Benzo(c)fenantren ***	762	180	46	37		
Benzo(a)antraceni *	3250	946	185	172	69	37
Trifenylen/Chrysen *	4550	1378	233	238	87	42
Benzo(b)fluoranten **	7380	1309	202	271	117	51
Benzo(j,k)fluoranten **	2698	948	171	185	71	29
Benzo(e)pyren *	4228	909	146	194	89	46
Benzo(a)pyren ***	3817	931	161	160	57	30
Perylen	993	243	37	51	23	18
0-Phenylenepyren	2846	753	103	155		28
Dibenz(a,h)antraceni ***						
Picen	487					
Benzo(ghi)perylen	2607	737	108	147		42
Anthracene	526	169	108	26		
Coronen	425					
1.2 Dihydroopyren	191		18			
1.2.3.4 Dibenzopyren	430					11
Sum PAH	55850	15083	3199	2779	1027	701
Ca. KPAH 1)	13308	2894	494	554	209	95
% KPAH	23.8	19.1	15.5	20.0	20.3	13.6

1) KPAH er summen av moderat (**) og sterkt kreftfremkallende PAH (***) i henhold til US National Academy of Science (NAS), 1972). I summen av **+*** er det bare medregnet 50% av benzo(j,k)fluoranten idet bare B(j)F er kreftfremkallende. Når alle benzofluorantener er slått sammen, er det til KPAH regnet med 2/3 av summen.



Stasjoner for undersøkelse av gruntnvannsamfunn og miljøgifter i organismer i Sør fjorden 1981-82

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell fra Sørfjorden, Hardanger, august/september 1981 og august/september 1982, µg/kg tørrvekt.

PAH	Stasjon	G11	G10	G6	G7	G7	G2	G3
	år	1981	1981	1981	1981	1982	1981	1981
Naftalen				30				
2-Metylnaftalen								
1-Metylnaftalen				41				
Bifenyl								
Acenaftalen								
Acenaften								
4-Metylbifenyl								
Dibenzofuran				34				
Fluoren				35				
9-Metylfluoren								
9.10-Dihydroantracen								
2-Metylfluoren								
1-Metylfluoren								
Dibenzothiophen	45		94					
Fenantren	588	161	1665	2224	48	335	270	
Antracen		23				53		
Acridine								
Carbazole								
2-Metylantracen	50	59	129	156		63		
1-Metylfenantren	64	38	114	166		59		
9-Metylantracen								
Fluoranten	2585	1692	5736	7719	80	2612	1155	
Pyren	187	186	1226	1839	40	1209	465	
Benzo(a)fluoren	181	140	283	429		211	240	
Benzo(b)fluoren			43	58		38	97	
1-Metylpyren								
Benzo(c)fenantren ***		179	455	101		251		
Benzo(e)antracen *	290	182	905	1027		1060	352	
Trifenylen/Chrysen *	2127	1421	3912	5234	184	2425	1508	
Benzo(b)fluoranten **	456	293	2627	2510	104	1158	677	
Benzo(j,k)fluoranten** 1)	759	ica 416		1100		248		
Benzo(e)pyren *	370	301	1764	2279	48	1106	405	
Benzo(a)pyren ***	124	39	127	269	32	128	127	
Perylen	69		47					
O-Phenylene-pyren	86	150	512	117		102	188	
Dibenz(a,h)antracen ***								
Picen								
Benzo(ghi)perylene		210	426	243		179	67	
Anthanthrene								
Coronen								
Sum PAH		7981	5490	20205	25471	536	11237	5641
Ca KPAH 1)		960	719	2334	3430	102	1661	579
% KPAH		12.0	13.1	11.5	13.4	19.0	14.8	10.3
% Tørrstoff		14.7	12.8	12.4	16.6	12.5	20.2	13.4

1) KPAH er summen av moderat (**) og sterkt kreftfremkallende PAH (***) i henhold til US National Academy of Science (NAS), 1972). I summen av **+*** er det bare medregnet 50% av benzo(j,k)fluoranthen idet bare B(j)F er kreftfremkallende. Når alle benzofluoranthener er slått sammen, er det til KPAH regnet med 2/3 av summen.

(forts.) Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i blåskjell fra Sørfjorden, Hardanger, august/september 1981 og august/september 1982, µg/kg tørrvekt.

PAH \ Stasjon år	G5 1981	G12 1981	G12 1982
Naftalen			
2-Metylnaftalen			
1-Metylnaftalen			
Bifenyl			
Acenaftalen			
Acenaften			
4-Metylbifenyl			
Dibenzofuran			
Fluoren			
9-Metylfluoren			
9.10-Dihydroantracen			
2-Metylfluoren			
1-Metylfluoren			
Dibenzothiophen			
Fenantren	1876	363	29
Antracen		35	
Acridine			
Carbazole			
2-Metylantracen	206	99	
1-Metylfenantren	326	53	
9-Metylantracen			
Fluoranten	6199	1811	58
Pyren	2904	105	14
Benzo(a)fluoren	243	145	
Benzo(b)fluoren	174		
1-Metylpyren			
Benzo(c)fenantren ***			
Benzo(a)antracen *	761	146	
Trifenylen/Chrysen *	3709	1274	22
Benzo(b)fluoranten **	2113	587	72
Benzo(j,k)fluoranten** 1)	1122		
Benzo(e)pyren *	2206	237	65
Benzo(a)pyren ***	538	32	
Perylen	240	56	
O-Phenylenepyren	578	135	
Dibenz(a,h)antracen ***			
Picen			
Benzo(ghi)perylene		236	
Anthanthrene			
Coronen			
Sum PAH	23195	5314	260
Ca KPAH 1)	3214	396	48
% KPAH	13.9	7.5	18.5
% Tørrstoff	15.2	17.5	13.9

1) KPAH er summen av moderat (**) og sterkt kreftfremkallende PAH (***) i henhold til US National Academy of Science (NAS), 1972). I summen av **** er det bare medregnet 50% av benzo(j/k)fluoranten idet bare B(j)F er kreftfremkallende. Når alle benzofluorantener er slått sammen, er det til KPAH regnet med 2/3 av summen.

Polysykliske aromatiske hydrokarboner i oskjell fra Sørfjorden, Hardanger, august/september 1981, µg/kg tørrvekt.

PAH	Stasjon år	G11	G10	G6	G7	G5	G12
Naftalen							
2-Metylnaftalen							
1-Metylnaftalen							
Bifenyl							
Acenaftalen							
Acenaften							
4-Metylbifenyl							
Dibenzofuran							
Fluoren							
9-Methylfluoren							
9.10-Dihydroantracen							
2-Methylfluoren							
1-Methylfluoren							
Dibenzothiophen							
Fenantren			27	30	35		29
Antracen					20		
Acridine							
Carbazole							
2-Metylantracen							
1-Metylfenantren							
9-Metylantracen							
Fluoranten		119	41	143	127	162	58
Pyren		ca 10	74	18	42	48	14
Benzo(a)fluoren					45		
Benzo(b)fluoren							
1-Metylpyren							
Benzo(c)fenantren ***					24		
Benzo(a)antracen *		26		52	169	121	
Trifenylen/Chrysen*		111	74	247	582	384	22
Benzo(b)fluoranten**		106	87	505	1314	1019	72
Benzo(j,k)fluoranten ** 1)		128	95(?)	337	438	478	
Benzo(e)pyren *		282		397	416	739	65
Benzo(a)pyren ***		~ 5		71	263	202	
Perylen							
O-Phenylene-pyren				159	194	107	
Dibenz(a,h)antracen ***							
Picen							
Benzo(ghi)perylene		123		172	251		
Anthanthrene							
Coronen							
Sum PAH		910	398(?)	2131	3920	3260	260
Ca KPAH		175	134(?)	744	1820	1460	48
% KPAH 1)		19.2	~ 30	34.9	46.4	44.8	18.4
% Tørrstoff		12.9	14.8	11.4	11.4	10.2	13.9

1) KPAH er summen av moderat (**) og sterkt kreftfremkallende PAH (***) i henhold til US National Academy of Science (NAS), 1972). I summen av **+*** er det bare medregnet 50% av benzo(j/k)fluoranthen idet bare B(j)F er kreftfremkallende. Når alle benzofluoranthener er slått sammen, er det til KPAH regnet med 2/3 av summen.

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69, Korsvoll
0808 Oslo 8.

ISBN 82-577 -1753-3