



# Statlig program for forurensningsovervåking

## Rapport 240/86

---

Oppdragsgiver                      Statens forurensningstilsyn

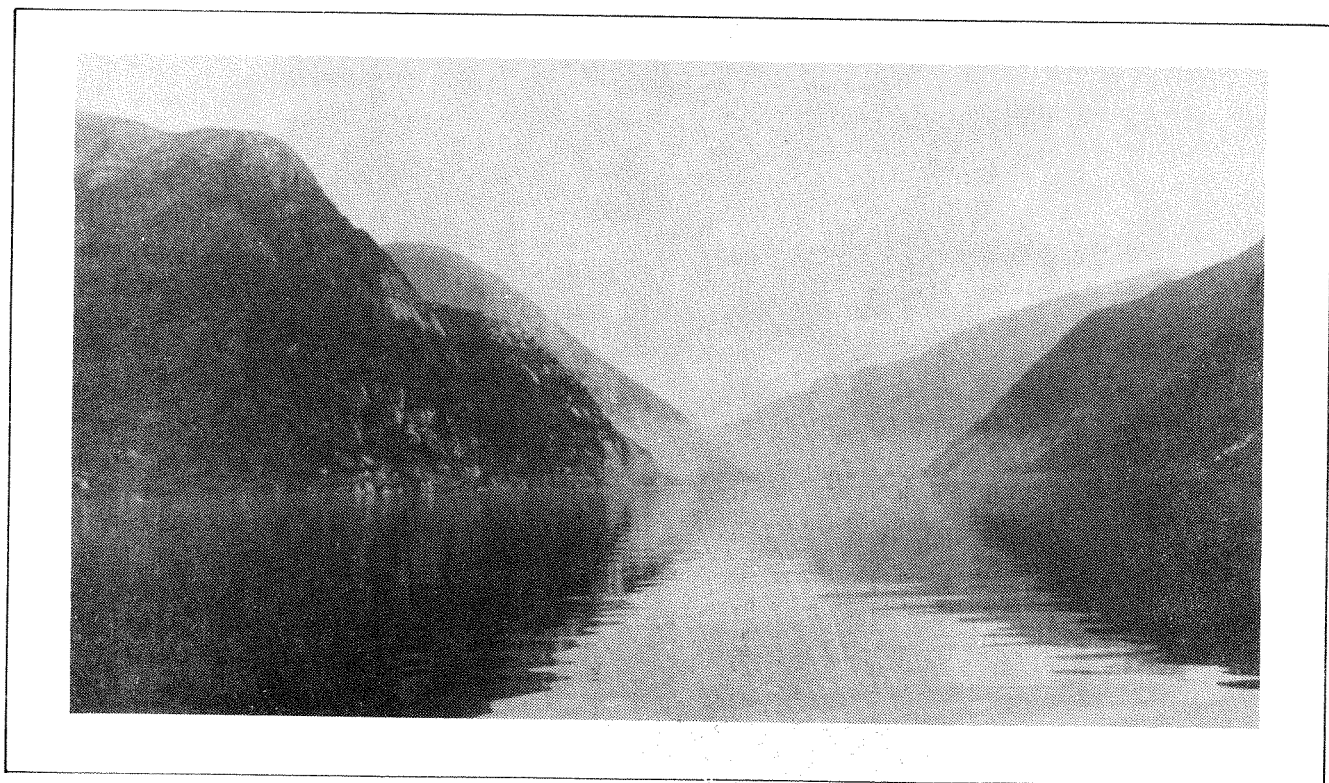
---

Deltakende institusjoner            NIVA  
  A/S Miljøplan

---

Delrapport 4  
Konklusjonsrapport

## Tiltaksorienterte miljø- undersøkelser i SØRFJORDEN og HARDANGERFJORDEN 1984 - 1985



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

**Hovedkontor**

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

**Sørlandsavdelingen**

Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041) 43 03 3

**Østlandsavdelingen**

Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065) 76 75 2

**Vestlandsavdelingen**

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

Prosjektnr.: 8000309
Undernummer: 8
Løpenummer: 1889
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN, 1984-1985. Delrapport 4. Konklusjonsrapport (Overvåkingsrapport nr. 240/86 )	Dato: 26. august 1986
	Rapportnr. 8000309
Forfatter (e):  Jens Skei	Faggruppe: Marinøkologisk Avd
	Geografisk område: Hordaland
	Antall sider (inkl. bilag): 32

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

Ekstrakt:

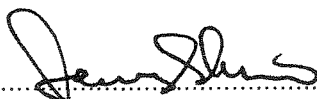
Rapporten gir et resymè av innholdet i tre fagrapporter:

1. Sedimentfeller, bunnsedimenter og bløtbunnfauna.
2. Metaller i tang. Toksisitetstester.
3. Gruntvannssamfunn i Sørfjorden 1981 - 1982, utgitt i forbindelse med tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1984-1985.

4 emneord, norske:
1. Forurensningsovervåking ; 1984-1985
2. Konklusjonsrapport
3. Sørfjorden/Hardangerfjorden
4.

4 emneord, engelske:
1. Pollution Monitoring ; 1984-1985
2. Summary Report
3. Sørfjorden/Hardangerfjorden
4.

Prosjektleder:

  
.....  
Jens Skei

For administrasjonen:

  
.....  
Tor Bokn

ISBN 82-577-1106-3



# Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000309

TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN

1984 - 1985.

DELRAPPORT 4. KONKLUSJONSRAPPORT.

Oslo, den 26. august 1986

Prosjektleder: J. Skei

Medarbeidere : A. Bakketun  
T. Bokn  
N. Green  
L. Kirkerud  
J. Knutzen  
K. Næs  
A. Pedersen  
B. Rygg

**INNHALDSFORTEGNELSE**

	<b>SIDE</b>
FORORD	3
OPPSUMMERING	4
1. BAKGRUNN FOR UNDERSØKELSEN	6
2. PROSJEKTETS MÅLSETTING	7
3. MÅLEPROGRAM	8
4. HVILKE SPØRSMÅL HAR VI FÅTT SVAR PÅ?	12
5. HVA MANGLER VI KUNNSKAP OM?	15
6. LITTERATUR	16
VEDLEGG: DELUNDERSØKELSENS MÅLSETTINGER OG KONKLUSJONER	17-32

SKE/EDA  
28/8 1986

## FORORD

En to års tiltaksorientert miljøundersøkelse i Sørfjorden og Hardangerfjorden med sidearmer er avsluttet (1984-1985). Oppdragsgiver har vært Statens forurensningstilsyn (SFT), mens industrien i Odda (Norzink A/S, K/S Ilmenittsmelteverket A/S og Odda smelteverk A/S) og Statens Forurensningstilsyn har finansiert overvåkingen. Oppdraget er utført under det Statlige program for forurensningsovervåking. Prosjektet er gjennomført i samarbeid med A/S Miljøplan i henhold til program fastlagt 3 mai 1984. I grove trekk har arbeidsdelingen gått ut på at Miljøplan har utført feltarbeidet og skrevet en datarapport, mens NIVA har bearbeidet resultatene og skrevet rapporter til oppdragsgiverene.

Parallellt og uavhengig av denne undersøkelsen har Fiskeridirektoratet i samme tidsrom utført undersøkelser på miljøgifter i fisk og blåskjell.

Undersøkelsen er rapportert i delrapporter:

Datarapport (A/S Miljøplan)

Delrapport 1. Sedimentfeller, bunnsedimenter og bløtbunnfauna.

Delrapport 2. Metaller i tang. Toksisitetstester.

Delrapport 3. Grunntvannssamfunn i Sørfjorden 1981-1982.

Denne sluttrapporten har som mål å fremstille en syntese eller et resymé av samtlige delrapporter i en meget konsentrert form. Det er lagt vekt på å få fram hovedkonklusjonene samt gi svar på de spørsmål som forvaltningen og almenheten naturlig stiller.

En rekke institusjoner og privatpersoner har vært engasjert i prosjektet og bidratt til dets slutføring (kfr. ovennevnte delrapporter).

Alle takkes for sin innsats.

Oslo, den 26. august 1986  
Jens Skei  
Prosjektleder

### OPPSUMMERING

1. Denne rapporten gir et sammendrag av resultater fra to års tiltaksrettede miljøundersøkelser (1984-1985) i Sørfjorden og Hardangerfjorden med sidearmer foruten undersøkelser av gruntvannssamfunn i 1981-82. Rapporteringen omfatter foruten denne konklusjonsrapporten en datarapport og tre delrapporter (konklusjoner og sammendrag fra delrapportene finnes i vedlegg).
2. Undersøkelsen har omfattet biologiske og sedimentologiske forhold for å gi en bred fremstilling av forurensningstilstanden i området.
3. Hovedmålsettingen med undersøkelsen har vært å frembringe en status i forurensningstilstanden i Sørfjorden og Hardangerfjorden etter flere år med relativ uendret forurensningsbelastning. Dette skal danne et grunnlag for å vurdere effekten av tekniske tiltak som reduserer utslipp av tungmetaller fra Norzink A/S og som iverksettes i 1986 (jarositt til fjellhaller og bygging av spuntvegg i Eitrheimsvågen).
4. De viktigste forurensningssymptomene som er registrert ved denne undersøkelsen er:
  - akutt toksisitet overfor blåskjell og sjøpinnsvin pga. høyt innhold av sink i vannet innerst i Sørfjorden.
  - forhøyde konsentrasjoner av sink og kadmium i tang i Sørfjorden og både innover og utover i Hardangerfjorden.
  - lavt artsantall og grunt voksedyp av fastsittende alger vitner om dårlige vekstforhold i hele Sørfjorden (1981-1982).
  - bunnfaunaens artssammensetning var fattig og preget av forurensningstolerante arter innerst i Sørfjorden, og påvirkningen kunne også spores i Hardangerfjorden.
  - bruk av sedimentfeller viste at partikler med høyt metallinnhold transporteres utover Sørfjorden og ut i Hardangerfjorden
  - undersøkelser av bunnsedimentene viste at bunnen helt ut til Varaldsøy er påvirket av tungmetallutslippene fra Odda.

5. Undersøkelsen bekrefter tidligere observasjoner av at metallbelastningen er stor og at dette påvirker både organismer og bunnforhold i selve Sjørfjorden. Mistanken om at vannet innerst i fjorden er giftig overfor visse marine organismer ble også bekreftet. Imidlertid var det noe overraskende at sink mer enn kadmium syntes å være mest utslagsgivende mht. giftighet overfor de undersøkte artene.
6. Forholdene i Hardangerfjorden har tidligere vært lite undersøkt, bortsett fra registreringen av miljøgifter i blåskjell og fisk, som klart har vist en betydelig metallforurensning. Denne undersøkelsen bekrefter mistanken som ble reist tidlig i 70-årene om at også Hardangerfjorden med sidearmer får tilført betydelige mengder tungmetaller fra industrien i Odda.
7. Bortsett fra PAH i bunnsedimenter er hele undersøkelsen konsentrert om tungmetaller. Kilden for tungmetaller er nesten utelukkende utslipp fra Norzink og utlekking fra gamle deponier i Eitrheimsvågen. Kilden for PAH i sedimentene i Sjørfjorden antas hovedsaklig å være Odda Smelteverk, sammen med tidligere utslipp fra DNN Aluminium i Tyssedal (opphørte i 1981). En liten økning av PAH utenfor Alvik i Hardanger kan skyldes lokale bidrag (Bjølfefossen A/S).
8. Det bør påpekes at undersøkelsen ikke har sett på forhold som angår overgjødsling og estetiske forhold. Utslipp av store mengder nitrogen fra Odda Smelteverk, samt urensset kloakk fra Odda ville normalt gi overgjødslingsproblemer. Når disse ikke er spesielt iøyefallende kan dette skyldes høye metallkonsentrasjoner som hemmer produksjonen. Dette forholdet kan endre seg ved reduksjon av metallutslippene. Dette tilsier et behov for å redusere tilførslene av næringssalter og organisk materiale til fjorden.

## 1. BAKGRUNN FOR UNDERSØKELSEN

Etter over 50 år med industriforurensning i Sørfjorden er man nå inne i en opprenskningsperiode. Alvoret i forurensningen av Sørfjorden ble slått fast av Miljøvernkomiteen i Odda i begynnelsen av 70-åra og som en følge av dette ble det i de etterfølgende år gjennomført noen rensetiltak for å redusere utslippene til sjø. I 1973 ble det bygget et renseanlegg ved Norzink som reduserte utslippene av kvikksølv. Deretter fulgte reduksjoner i utslipp av discardsyre og prosesslekasjer som førte til minsket belastning med sink, kadmium og kopper spesielt. Men på grunn av en økning i sinkproduksjonen de siste årene har også utslippene av jarositt økt slik at utslippsmengden, bortsett fra kvikksølv, har endret seg lite de siste 10 år. Overvåking i resipienten har også tydet på at forholdene har forandret seg lite.

Fra midten av 1986 vil imidlertid forholdene endre seg drastisk mht. utslipp av tungmetaller. Fra 1. juli opphørte utslippet av jarositt og overføres nå til fjellhaller. I løpet av året vil en spuntvegg bygges i Eitrheimsvågen for å hindre at sjøvann skal trenge inn i gamle residumasser som ligger i fjæresonen. Disse tiltakene tilsammen forventes å gi en betydelig forbedring i fjorden. Det var derfor viktig å få registrert forurensningstilstanden i Sørfjorden og Hardangerfjorden forut for disse tiltakene. På den måten vil det etterpå være mulig å etterprøve virkningene av tiltakene. Et usikkerhetsmoment i vurderingene av hvor raskt forbedringene kan registreres, er bunnsedimentenes betydning som sekundær forurensningskilde. Spørsmålet om behovet for tiltak for å redusere denne forurensningskilden vil bli utredet i eget prosjekt (Prosjekt Indre Sørfjorden).



## 2. PROSJEKTETS MÅLSETTING

I NIVA's reviderte forslag til arbeidsprogram av 30 mars 1984 ble følgende hovedformål skissert:

Hovedformålet med undersøkelsen under Statlig program for forurensningsovervåking bør være:

- å kartlegge og avgrense området av Hardangerfjorden med sidearmer som er influert av forurensende utslipp fra industrien i Odda.

I tillegg skal undersøkelsen gi opplysninger om:

- utviklingen av forurensningen over tid, spesielt med tanke på en eventuell reduksjon eller økning i forurensningsbelastningen
- i hvilken grad dagens utslipp har giftvirkninger på marine organismer
- om det er andre kilder enn direkte utslipp fra Norzink som har betydning for tungmetallforurensningen i Sørfjorden (sigevann fra landdeponier, overflatevann fra Eitrheimsneset, utluting fra bunnsedimenter i Eitrheimsvågen etc.)

Målet for undersøkelsen synes å være nådd på alle punkt innenfor prosjektets økonomiske rammebetingelser. Spørsmålet om utlekking av metaller i Eitrheimsvågen er tatt opp i et separat prosjekt med Norzink som oppdragsgiver.

### 3. MÅLEPROGRAM

En oversikt over de målinger som er utført i Sørfjorden og Hardangerfjorden er fremstilt i A/S Miljøplans datarapport (Miljøplan, 1986). Tabellen nedenfor viser de registreringene som er gjort, og Fig. 1, 2 og 3 viser stasjonsplassering.

Tabell 1. TIDSPUNKT FOR GJENNOMFØRING AV DELUNDERSØKELSER

	1984				1985									
	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt
Sedimentfeller, utsetting og tømming	x		x		x		x	x			x	x		x
Prøvetaking sedimenter:														
- metaller								x						
- PAH								x						
- bløtbunnfauna								x						
Innsamling av tang	x													
Undersøkelser av gruntvannssamfunn ble gjennomført i august-september 1981 og 1982.														

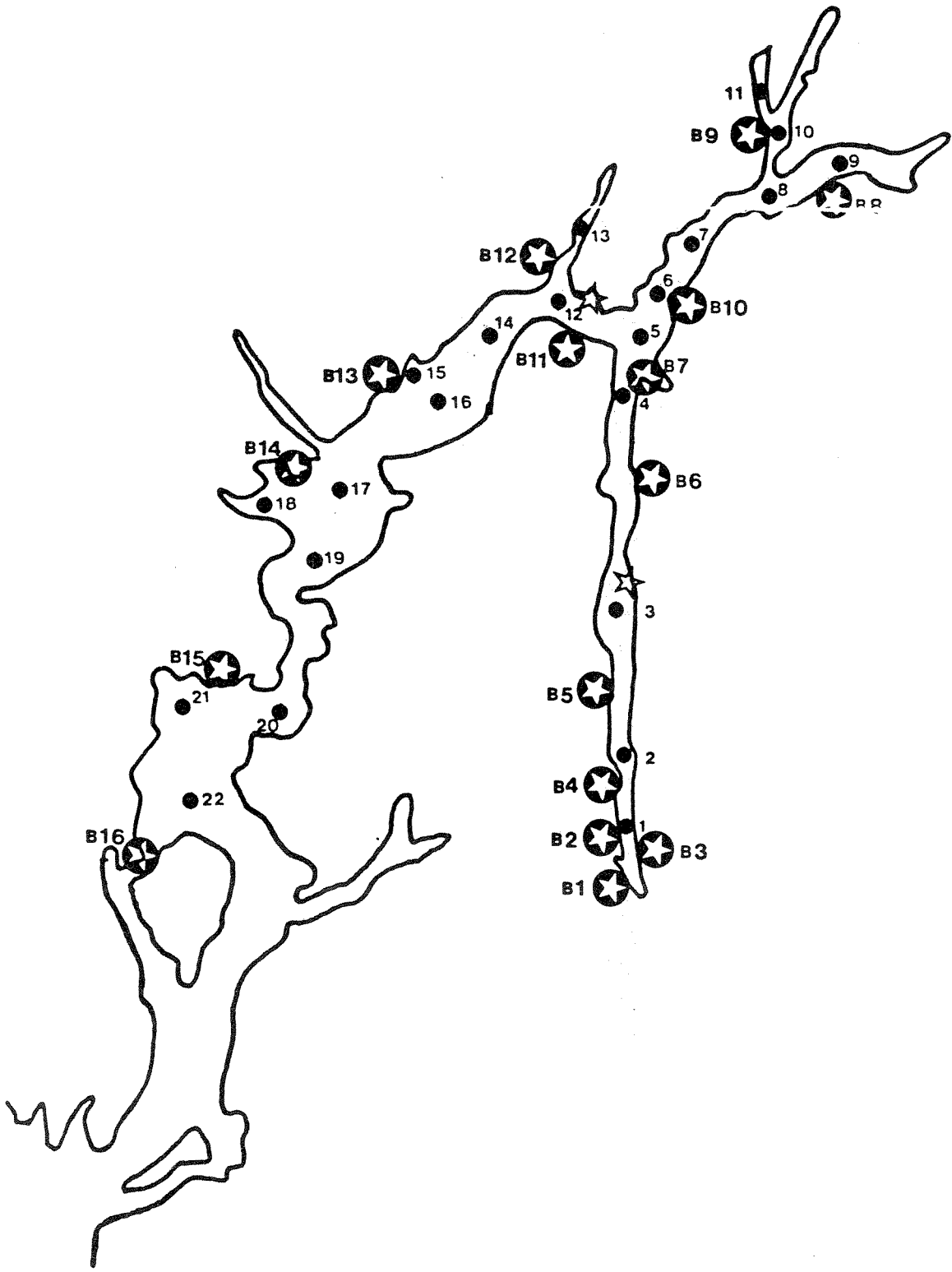
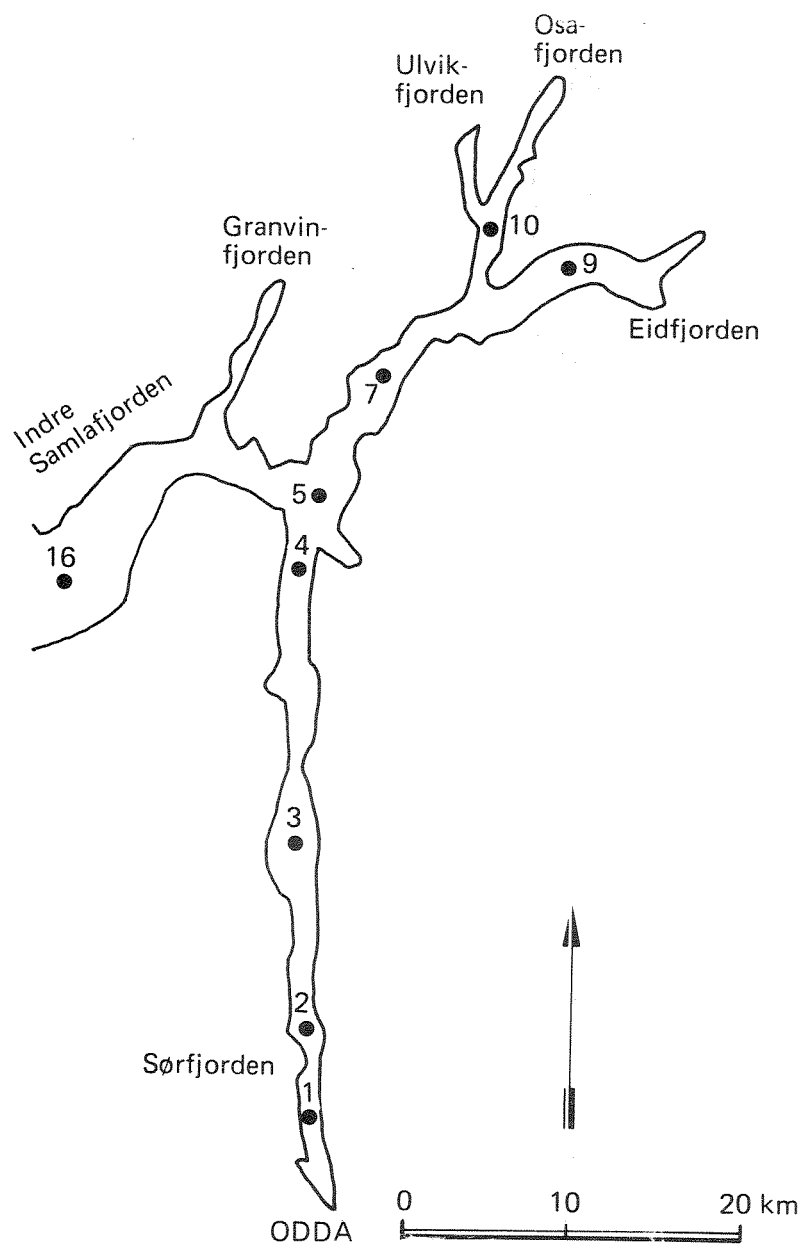
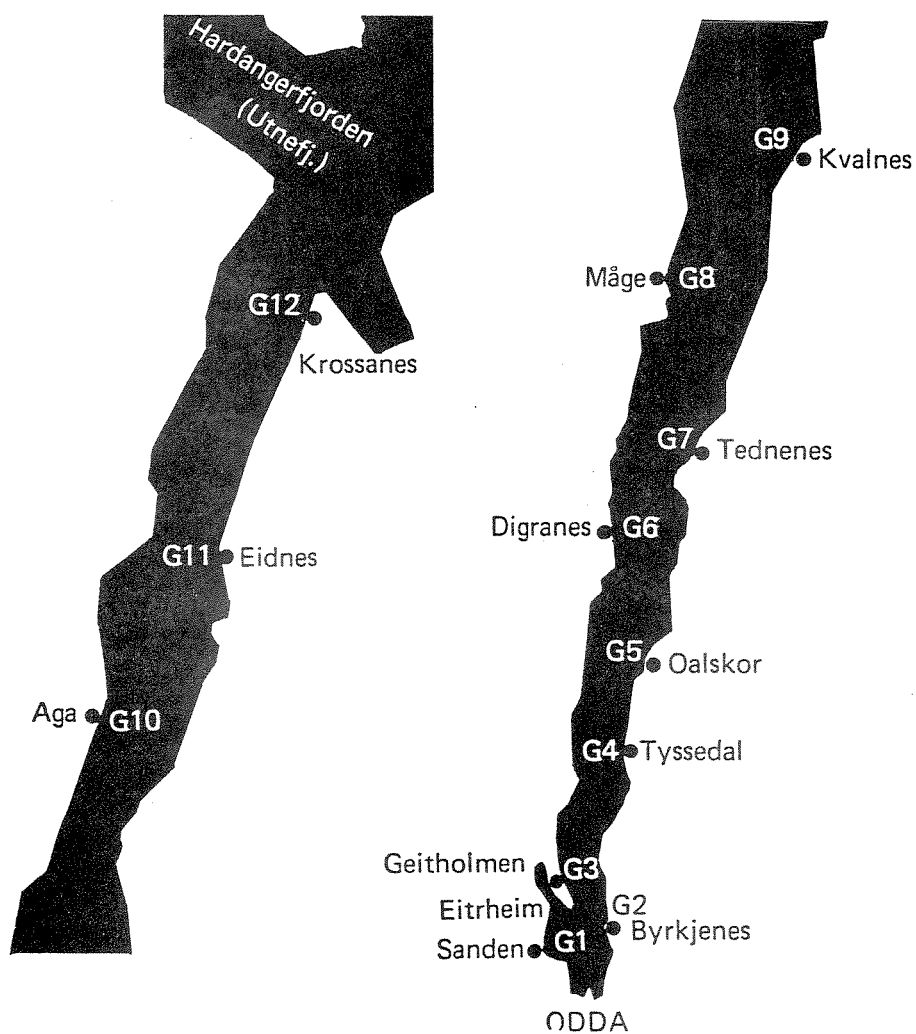
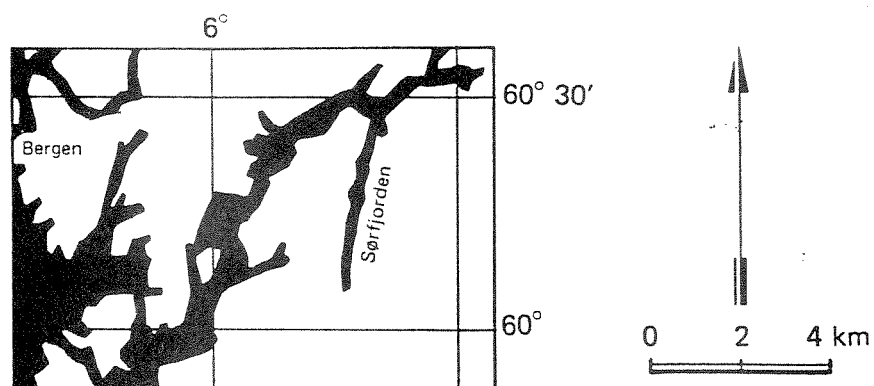


Fig. 1. STASJONSNETT I SØRFJØRDEN OG HARDANGERFJORDEN 1984-85

- Stasjon for sedimentprøver
- ⊛ Stasjon for tangprøver
- ☆ Plassering av sedimentfeller



Figur 2. Bløtbunnfaunastasjoner ble lagt til Sørfjorden, Eidfjorden, Osafjorden og indre Samlafjorden. Stasjonene er identiske med sedimentstasjonene med samme nummer (Figur 1).



Figur 3. Stasjoner for undersøkelse av grunntvannsamfunn i Sør fjorden 1981-82.

#### 4. HVILKE SPØRSMÅL HAR VI FATT SVAR PÅ?

De overordnede og sentrale spørsmålene som forvaltning og meningmann stiller er følgende:

- (I) Hvor alvorlig er forurensningssituasjonen i Sjørfjorden?
- (II) Hvilke deler av Hardangerfjorden er påvirket av forurensningen og i hvor stor grad ?
- (III) Er forurensningen til hinder for utøvelse av rekreasjonsaktiviteter (bading, sportsfiske, skjellsanking)?
- (IV) Hvordan påvirker forurensningen utøvelse av yrkesfiske og havbruk?
- (V) Hva kan gjøres for å bedre forholdene og hvor lang tid vil det ta før forbedringen kan registreres?
- (VI) Hvilke tiltak monner mest?

Naturvitenskaplige undersøkelser gir sjelden helt entydige og klare svar. Utsagnskraften vil i stor grad avhenge av områdets kompleksitet og datatilfanget. Når det vitenskaplige dataunderlaget er utilstrekkelig, må skjønn tas i bruk. De konklusjoner som trekkes vil derfor være basert på en blanding av konkrete observasjoner og skjønn.

De spørsmålene som er listet ovenfor kan besvares på følgende måte:

- (I) I relasjon til forurensningsproblemer i andre norske fjorder og også marine resipienter i utlandet er Sjørfjorden ekstrem. Dette er vurdert ut fra innholdet av tungmetaller i vann, biologisk materiale og bunnsedimenter. Problemene i Sjørfjorden er også ekstreme med tanke på at forurensningen er meget omfattende i utbredelse. Påvirkningen kan spores minimum 100 km fra kilden. Når i tillegg fjorden har vært resipient for tungmetallholdig industriavløpsvann i over 50 år, er det forståelig at forurensningen er alvorlig.

(II) Det har vært kjent lenge at selve Sjørfjorden - den 40 km lange strekningen fra Krossaneset til Odda er forurenset. Belastningen på Hardangerfjorden har derimot vært noe mere uspesifisert. Analyser av tungmetaller i blåskjell og fisk utført av Fiskeridirektoratet (Julshamn et al. 1985) gav følgende konklusjon:

- Forhøyet innhold av kadmium i blåskjell ( $>0,5 \text{ mgkg}^{-1}$ ) i hele Hardangerfjorden.
- Høyt innhold av kvikksølv i flyndre ( $>0,5 \text{ mgkg}^{-1}$ ) i hele Sjørfjorden.
- Sammenlignet med undersøkelser foretatt i 1972 og 1975 er forurensningssituasjonen lite endret. Kvikksølvinnholdet i flyndre er fortsatt høyt, selv om det ble foretatt betydelig reduksjon av kvikksølv utslippene allerede i 1973.

Selv blåskjellprøver tatt i ytre deler av Alefjærfjorden viste forhøyede kadmium-verdier (Julshamn et al, 1985). Likeså innholdt flyndre fanget i Granvinsfjorden og Ulviksfjorden kvikksølv over grensen som helsemyndighetene anbefaler for konsum. Det ble også påvist forhøyede verdier av sink i filet og lever av sei og flyndre helt ut til Varaldsøy (Julshamn et al, 1985).

Undersøkelser av tungmetaller i tang og bunnsedimenter støtter i grove trekk funnene i skjell og fisk, og viser at store deler av Hardangerfjorden med sidearmer er påvirket av utslippene i Odda. Det er imidlertid klare avstandsgradienter med avtagende konsentrasjoner fra munningen av Sjørfjorden.

- (III) Spørsmålene om forurensningen er til hinder for bruken av og fjordområdene til forskjellige formål kan ikke besvares klart.
- (IV) Vannkvalitetskriterier til ulike bruksformer er lite utviklet, bortsett fra grenseverdien for tungmetaller i konsumvarer fastsatt av helsemyndighetene. Fiskeridirektoratets rapport konkluderer med at "størstedelen av Hardangerfjorden helt sydvest til Valevåg er uegnet til oppdrett av blåskjell til human konsum, dette på grunn av kadmiumverdier over  $0,5 \text{ mgkg}^{-1}$  frisk vekt". Videre at flyndrefilets innhold av kvikksølv medfører begrensning i konsumet (høyst 2 fiskemåltider pr. uke). Dette medfører restriksjoner både på utøvelse av yrkesfiske, havbruk, sportsfiske og skjellsanking. Når det gjelder bading, vil ikke innholdet av tungmetaller i vannet ha noen betydning, selv om det er lite anbefalingsverdig i Oddas nærområde pga. annen forurensning (særlig kloakkvannsutslipp og nedsatt sikt i vannet).
- (V) Opprensningstiltak er allerede i gang og i løpet av året forventes tungmetall-tilførslene fra Norzink å reduseres kraftig. På spørsmålet om hvor lang tid det vil ta før forbedringene kan registreres, er svaret at vannets tungmetall-innhold forventes å avta i løpet av noen måneder. Deretter forventes innholdet av tungmetaller i biologisk materiale å avta, sannsynligvis i løpet av ett til to år, men med forbehold for kvikksølv i fisk. Forbedringen vil skje senest i bunnsedimentene. Her vil tidsperspektivet dreie seg om en 5 års-periode. Det bør påpekes at disse vurderingene er gjort på grunnlag av skjønn. En betydelig usikkerhetsfaktor er i hvilken grad bunnsedimentene vil bidra med tungmetaller til vann og biologisk materiale, og i hvilken grad spuntingen i Eitrheimsvågen vil være vellykket. Det er derfor nødvendig å utrede muligheten av å igangsette tiltak som har som mål å rehabilitere bunnforholdene innerst i fjorden, hvor forurensningen er verst.
- (VI) De tiltakene som nå vil monne mest er klart overføringen av jarositt til fjellhaller. Det betyr 100% eliminering av en betydelig tungmetallkilde. Imidlertid vil det fortsatt være et utslipp av tungmetaller fra Norzink i forbindelse med discardsyre og gipsutslipp, selv om dette er lite i forhold til dagens utslipp. Det andre tiltaket som man håper vil monne er spuntveggen i Eitrheimsvågen som vil skjerme gamle residumasser for tidevannspåvirkning. Effekten av dette tiltaket er noe mer usikkert, spesielt pga. de store mengdene av forurensede masser



som ligger på framsiden av spuntveggen.

Selv om tungmetallproblemet er størst er det et betydelig utslipp av tjærestoffer (PAH) fra Odda Smelteverk til Sørfjorden. Dette problemet er tatt opp i et eget prosjekt med Odda Smelteverk som oppdragsgiver. Likeså er det et meget stort nitrogen-utslipp fra Odda Smelteverk som sammen med urensset kloakk fra Odda kommune gir et betydelig gjødslingsbidrag til fjorden. Etter hvert som opprensningen i forbindelse med tungmetallforurensningen skjer, bør de andre utslippene reduseres etter tur for at fjorden skal kunne restaureres.

#### 5. HVA MANGLER VI KUNNSKAP OM?

Det er etter hvert blitt samlet inn betydelige mengder med miljødata fra Sørfjorden og Hardangerfjord-området. En oversikt over undersøkelser gjort fram til 1980 er gjengitt i Skei (1980). Dokumenteringen av forurensningssituasjonen synes å være god, likeså har spesialundersøkelser av bestemte utslipp (Kvalvågnæs et al., 1986; Skei, 1985) gitt verdifull informasjon.

Det vi i første rekke mangler kunnskap om, er hvilken betydning de store bunnarealene forurensset av tungmetaller har for det øvrige miljø. Det kan eksempelvis nevnes at i de øvre 10 cm av sedimentene i det sterkt belastede området Lindeneset - Odda ( $2,6 \times 10^6 \text{ m}^2$ ) er lagret 3000-6000 tonn sink. Hvor mye av denne sinken som finner veien tilbake til vannet eller til organismer, er ikke kjent. Det som er mere bekymringsfullt er det store bunnarealet med forhøyde kvikksølvkonsentrasjoner. Kvikksølv kan som kjent omdannes i sedimenter ad mikrobiologisk vei til biotilgjengelig kvikksølv. Dette kan i verste fall føre til at innholdet i kvikksølv i fisk vil holde seg høyt i lang tid framover.

PAH-forurensede sedimenter kan også gi tydelig forhøyet PAH-innhold i fisk, særlig i arter med tilhold tett ved eller på bunnen (flyndrearter o.a.). PAH i fisk fra innerst i fjorden bør derfor overvåkes.

I prosjekt Indre Sørfjorden vil det bli gjort forsøk på å kvantifisere den betydningen som forurensede sedimenter har som sekundær forurensningskilde.

## 6. LITTERATUR

- Julshamn, K., Slinning, K.E., Haaland, H., Bøe, B. og Føyn, L.  
(1985). Analyser 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.
- Kvalvågnæs, K., Berglind, L. og Knutzen, J. (1986). Undersøkelser i Sørfjorden 1985 i forbindelse med PAH-utslipp fra Odda Smelteverk. NIVA-rapport, O-85165, 29 s.
- Miljøplan (1986). Overvåking av Hardangerfjorden og Sørfjorden 1984-1985. Arbeid utført av A/S Miljøplan, 9 s. + vedlegg.
- Skei, J., (1980). Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Oversikt over utførte undersøkelser i Sørfjorden (Hardanger). NIVA-rapport, O-8000309, 32 s.
- Skei, J. (1985) Diffuse tilførsler av tungmetaller fra Eitrheimsvågen - Odda. Resultater fra undersøkelser i 1984. NIVA-notat. O-85111, 22 s. + appendiks.

**VEDLEGG****DELUNDERSØKELSENES MÅLSETTINGER OG KONKLUSJONER**



# Statlig program for forurensningsovervåking

18

0-8000309

**TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN**

**1984-1985**

**DELRAPPORT 1. SEDIMENTFELLER, BUNNSEDIMENTER OG BLØTBUNNSFAUNA.**

Oslo, den 12. februar 1986

Prosjektleder : J. Skei

Medarbeidere : K. Næs

B. Rygg

## 2. MÅLSETTING

I NIVA's reviderte forslag til arbeidsprogram av 30. mars 1984 ble følgende hovedformål skissert:

Hovedformålet med undersøkelsen under Statlig program for forurensingsovervåking bør være:

- å kartlegge og avgrense området av Hardangerfjorden med sidearmer som er influert av forurensende utslipp fra industrien i Odda.

I tillegg skal undersøkelsen gi opplysninger om

- utviklingen av forurensningen over tid, spesielt med tanke på en eventuell reduksjon eller økning i forurensningsbelastningen.
- i hvilken grad dagens utslipp har giftvirkninger på marine organismer.
- det er andre kilder enn direkte utslipp fra Norzink som har betydning for tungmetallforurensningen i Sørfjorden (sivevann fra landdeponier, overflatevann fra Eitrheimsneset, utluting fra bunnsedimenter i Eitrheimsvågen etc.)

Sedimentfeller, bunnsedimenter og bløtbunnsfauna ble tatt i bruk for å gi svar på følgende spørsmål:

- (i) Hvor langt fra Odda kan forurensningen av tungmetaller spores med sikkerhet i sedimentene?
- (ii) Hvor store forskjeller er det i sedimentering av tungmetaller i Sørfjorden og Hardangerfjorden?
- (iii) Hvilken virkning har sedimentforurensningen på bløtbunnsfaunaen?

Videre er det et mål å foreta beregninger forurensningsbudsjett som viser sammenhengen mellom de mengder av tungmetaller som slippes ut fra industrien og de mengder som sedimenterer i fjordsystemet. Dette kan også bidra til å fastslå de ulike kilders relative betydning (direkte utslipp, diffuse tilførsler etc.).

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Delundersøkelsen, som omfatter sedimentfeller, bunnsedimenter og bløt-bunnsfauna, hadde som mål å kartlegge i hvor stort område det sedimenterer tungmetaller og PAH, og om forurensningen av bunnen influerer på bløtbunnsfaunaen.

Resultatene kan sammenfattes på følgende måte:

1. Målinger ved hjelp av sedimentfeller viser at partikler med høyt metallinnhold delvis transporteres ut av Sjørfjorden og sedimenterer i Hardangerfjorden. Dette er i samsvar med analysene av bunnsedimentene.
2. Analyse av tungmetaller på 22 sedimentstasjoner i Sjørfjorden-Hardangerfjorden viser at kadmium og sink opptrer i forhøyede konsentrasjoner ut til Jonanaset (~ 80 km fra Odda). Bly og kvikksølv forurenses bunnen helt ut til Varaldsøy (~ 100 km fra Odda). Kopperforurensningen av bunnsedimentene begrenser seg til Sjørfjorden.
3. PAH-forurensningen av bunnen er stort sett begrenset til Sjørfjorden, bortsett fra lokalt nær Alvik, hvor kilden trolig er Bjølvefossen Smelteverk.
4. Den vertikale fordelingen av tungmetaller i sedimentene viser gjennomgående en økning mot overflaten. Dette innebærer at belastningen på bunnen har økt de senere år. Dette er sannsynligvis i samsvar med størrelsen av jarositt-utslippet, som igjen er avhengig av sinkproduksjonen.
5. Bunnfaunaens artssammensetning var preget av forurensnings-tolerante arter innerst i Sjørfjorden. Her var også artsmangfoldet lavest. I de øvrige deler av fjordområdene var artsmangfoldet høyere, men ikke så høyt som det normale i lite forurensnings-påvirkete fjorder.

Dette gir grunnlag for følgende konklusjoner:

- Mistanken i begynnelsen av 70-årene om at også Hardangerfjorden med sidearmer kunne være påvirket av forurensninger fra industrien

i Odda er dokumentert.

- Analyser av sedimenterende partikler fanget opp i sedimentfeller både i Sjørfjorden og i Hardangerfjorden viste at det i 1984-85 foregikk en aktiv sedimentering av sink, bly og kadmium langt over det som er normalt. Dette kan være både jarositt-partikler og metaller utfelt i vannmassen (adsorpsjon til leire og plankton).
- Undersøkelsen av bunnsedimentene indikerer klart at store deler av bunnsedimentene i Hardangerfjorden er forurenset. Det bør spesielt bemerkes at kvikksølvinnholdet er betydelig i et stort område, og at dette gir grunn til bekymring på grunn av kvikksølvets evne til å omdannes til biologisk tilgjengelige forbindelser (metylering).
- Ved eliminering av jarositt-utslippet til sjø i 1986 må man forvente en betydelig redusert belastning på bunnsedimentene, både i Sjørfjorden og i Hardangerfjorden.
- Bunnfaunaundersøkelsen viste at tungmetallene i sedimentene har ført til nedsatt artsmangfold. Ved redusert sedimentering av tungmetaller må man vente en økning i artsmangfoldet.



TILTAKSRETTEDE MILJØUNDERSØKELSER I  
SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN 1984-1985

**Delrapport 2. Metaller i tang. Toksisitetstester.**

Oslo, 17. mars 1986

Prosjektleder: J. Skei

Medarbeidere: Å. Bakketun (NIVA)  
V. Frivoll, Tromsø Univ.  
H. Hovde  
L. Kirkerud (NIVA)  
J. Knutzen (NIVA)  
J. Rytter Hasle,  
Miljøplan A/S  
A. Stene, Tromsø Univ.



## 2. MÅLSETTING

Undersøkelsene som er rapportert i denne delrapporten er uavhengige av hverandre og har således forskjellige delmål:

### Metaller i tang

Formålet med fortsatte undersøkelser har vært å

- følge utviklingen og dokumentere tilstanden før tiltak (overføring av jarositt til fjellhaller, bygging av spunsvegg i Eitrheimsvågen)
- få informasjon om forurensningers spredning og nivå i Sørfjorden og i Hardangerfjorden
- undersøke nivået i tang med hensyn til tidligere ikke observerte metaller (sølv og tinn).

### Giftighetstester

Hensikten med giftighetstestene var å gi opplysninger om i hvilken grad dagens tungmetallutslipp (1985) hadde giftvirkninger på marine organismer; dertil belyse hvilke metaller som antas å ha størst giftighet overfor testorganismene.

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

(i) Metaller i tang

Observasjonene av metallene kvikksølv, kadmium, bly og sink i tang fra Sørfjorden 1984 viste stort sett samme høye forurensningsgrad som konstatert i 1981-82, muligens med en tendens til minskning for bly og særlig kvikksølv, (fig. 3-6). For sinks og kadmiums vedkommende lot forurensningene seg spore både innover og langt utover i Hardangerfjorden. Også kobber opptrådte i forhøyede konsentrasjoner, men i mindre grad og sannsynlig begrenset til Sørfjorden.

Av sølv og tinn ble det ikke observert forhøyede konsentrasjoner i tang.

Bortsett fra kobber og muligens kvikksølv synes blåskjell å være en mer ømfintlig og egnet indikator på vannets midlere metallinnhold enn grisetang. Særlig gjaldt dette bly, men for de fjerneste lokalitetene også kadmium og muligens sink.

(ii) Toksisitetstester

Vannet fra Eitrheimsvågen innerst i Sørfjorden var akutt toksisk overfor 2 av de 5 artene som ble testet. Den akutte giftvirkningen skyldes det høye sinkinnholdet kombinert med redusert saltholdighet.

Giftvirkningen av sink og redusert saltholdighet kan forklare at den ene av artene (sjøpinnsvin), som var følsom for testen, ikke finnes innerst i Sørfjorden. Den andre følsomme arten (blåskjell) viste tilsynelatende større utbredelse og forekomst enn testresultatet skulle tilsi, noe som antakelig kan tilskrives adaptasjon til sink hos den lokale stamme.

Befruktede torskeegg og to krepsdyrarter (rurlarver og tanglopper) var også blant testorganismene. Disse viste liten reaksjon på vannet fra Eitrheimsvågen.

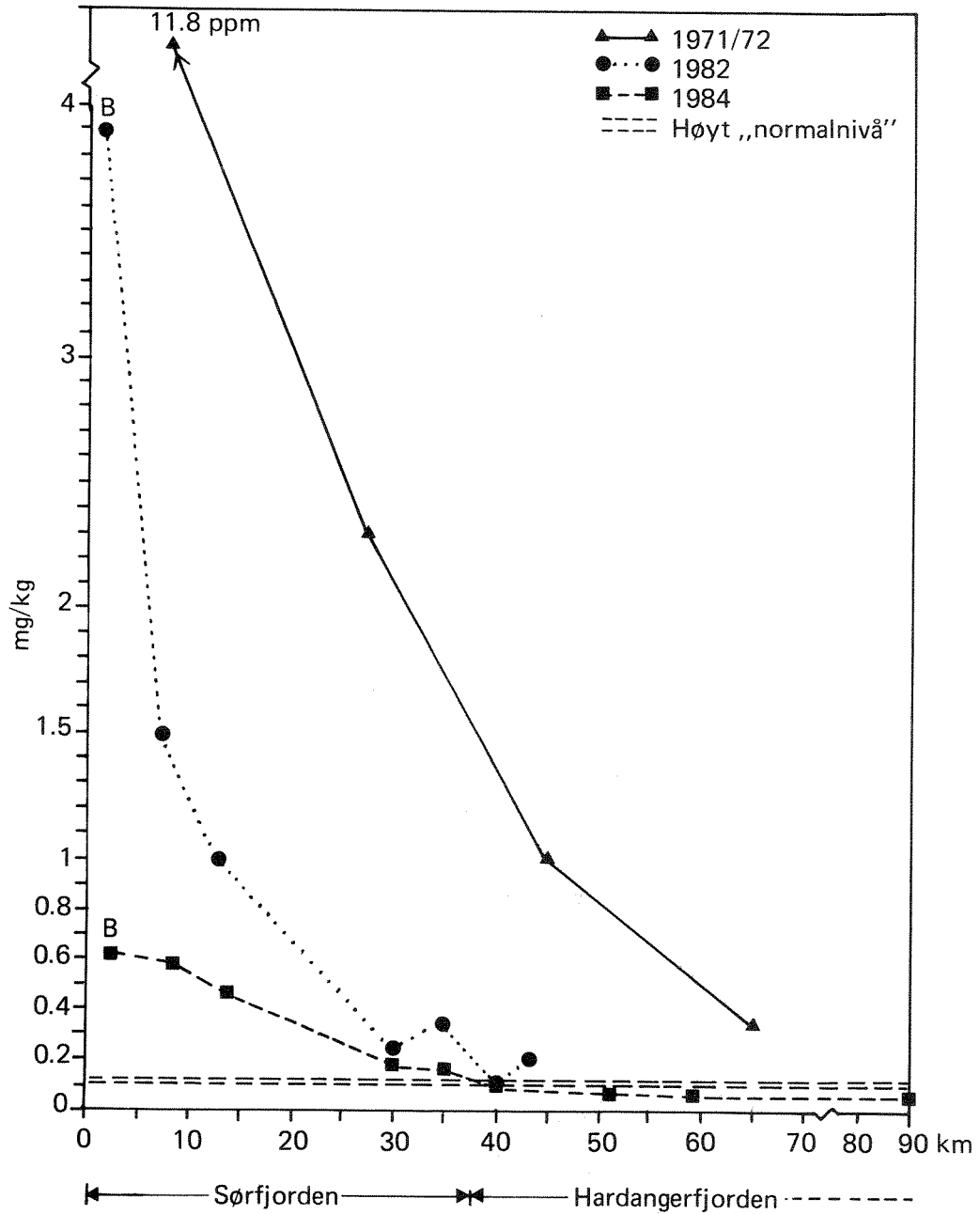


Fig. 3. Kvikksølv i blæretang (B) og grisetang fra Sør fjorden og Hardangerfjorden. Data 1971/72 etter Haug et al (1974)

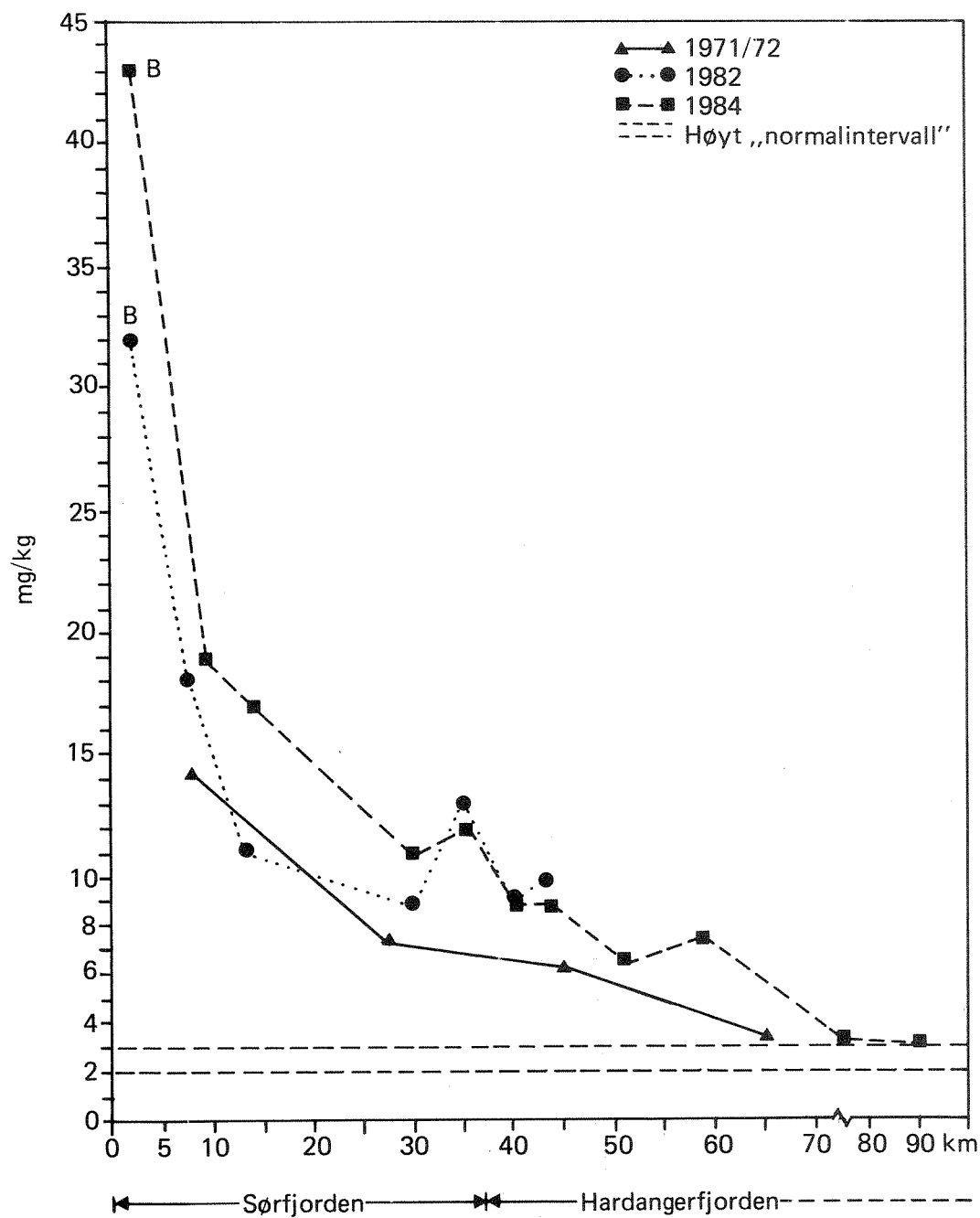


Fig. 4. Kadmium i blæretang (B) og grisetang i Sjørfjorden og Hardangerfjorden. Data 1971/72 etter Haug et al (1974)

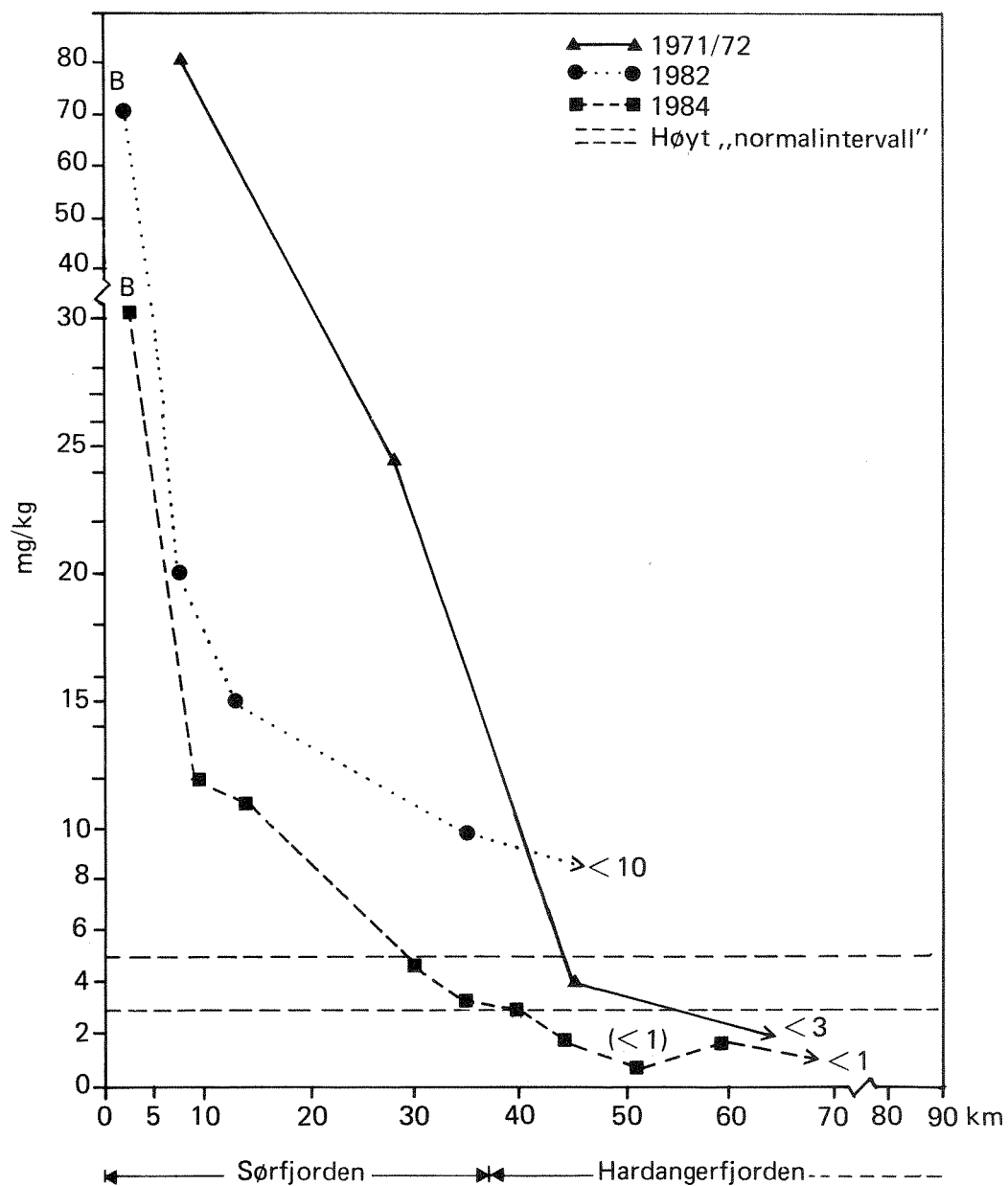


Fig. 5. Bly i blæretang (B) og grisetang fra Sør fjorden og Hardangerfjorden. Data 1971/72 etter Haug et al (1974)

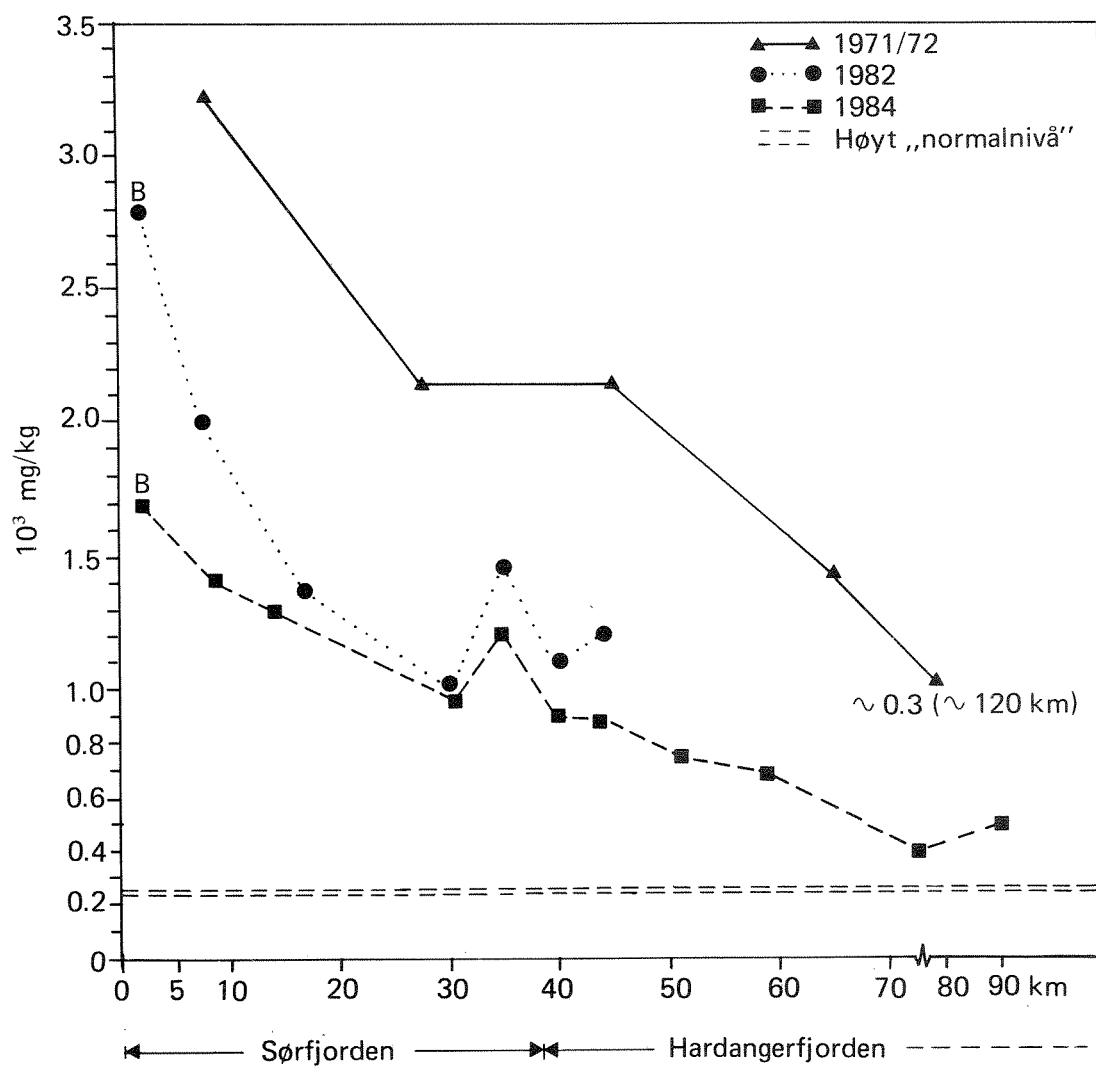


Fig. 6. Sink i blåretang (B) og grisetang fra Sør fjorden og Hardangerfjorden. Data 1971/72 etter Haug et al (1974).



# Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000309

**TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN**  
Delrapport 3: Gruntvannssamfunn i Sørfjorden 1981-1982

Oslo, 20. juni 1986

Prosjektleder: Jens Skei

Medarbeidere: Tor Bokn  
Norman Green  
Are Pedersen

## SAMMENDRAG

### Formål

Hovedformålet med undersøkelsen har vært å kartlegge hvilke områder av Sørfjorden som er influert av forurensede utslipp fra industrien i Odda. I tillegg skulle registreringen gi opplysninger om i hvilken grad utslipp har giftvirkninger på marine organismer.

### Konklusjoner:

- Forholdsvis lavt artsantall av fastsittende alger og dyr vitner om dårlige vekstforhold i hele Sørfjorden.
- De dårlige vekstvilkår på 0-2m dyp skyldes sannsynligvis:
  - 1) Store tilførsler av elvevann som forårsaker lav saltholdighet. Stor partikkeltransport via ferskvannet medfører turbid vann, nedslamming og partikkelskuring.
  - 2) Metallutslipp som kan forårsake forgiftninger og dermed nedsatt leveevne hos organismene.
- Fraværet av ferskvannstolerante, opportunistiske arter i strandsonen kan være en effekt av forgiftning og/eller partikkelskuring.
- Turbid vann, nedslamming og giftige utslipp samt kråkebollbeiting, har i stor grad redusert forekomsten av alger og dyr mellom 2 og 30m dyp.
- Alge- og dyresamfunn på gruntvann i området fra Holmen (Geitholmen) og innover (st. G1-G3) er mest påvirket av forurensninger.

Gruntvannsorganismer er registrert på 12 ulike stasjoner (fig.1) ned til 15-33m dyp avhengig av siktbarhet i vannet og utbredelsen av de forskjellige organismer. I tabellene A1 og A2 er alle registreringer av organismer fra undersøkelsene i august/september måneder i 1981 og 1982 notert. Totalt er det observert 40 algearter, hvilket er lavt. Artsantallet økte kun i liten grad fra Odda og til munningen av Sørfjorden. Største registrerte voksedyp var på 10-15m dyp, og gjenspeiler turbide vannmasser.

Lite artsantall gjør det vanskelig å bedømme eutrofipåvirkning på algesamfunnene, men stasjonene nær tettstedene Odda og Kinsarvik vitner om en påvirkning fra kommunale utslipp og/eller andre



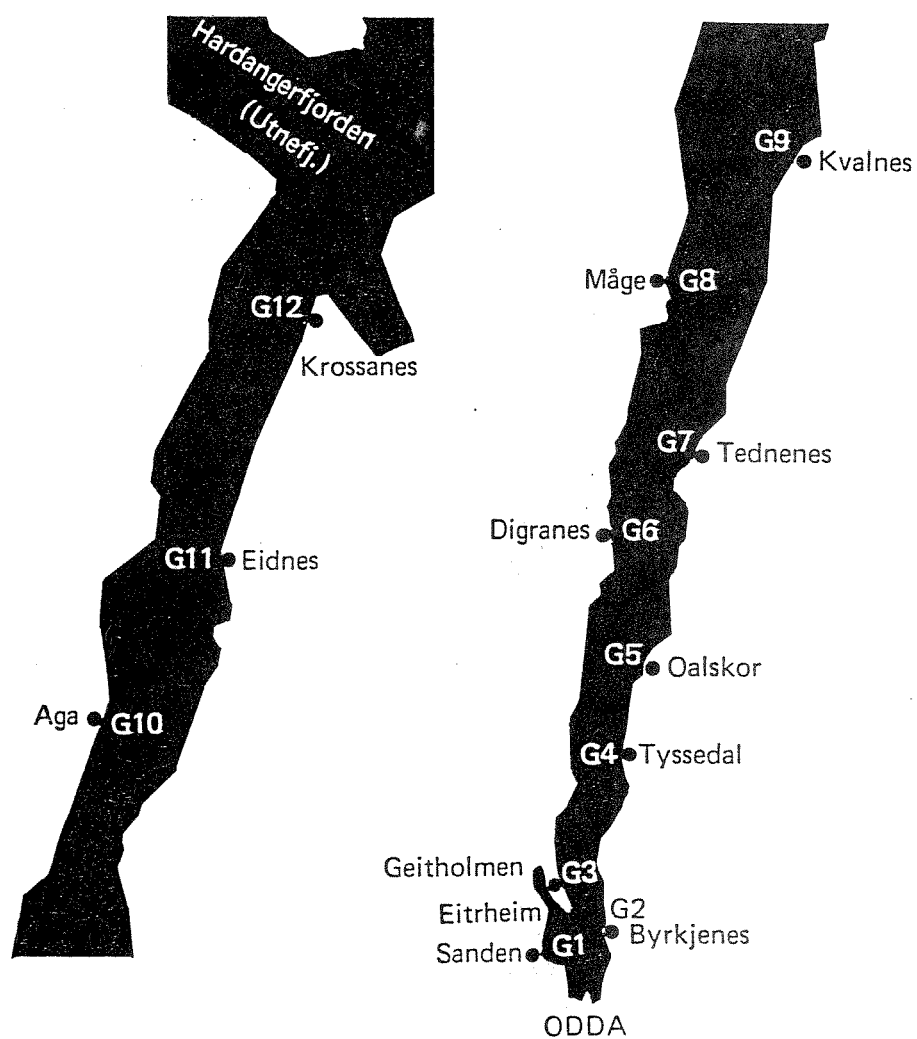
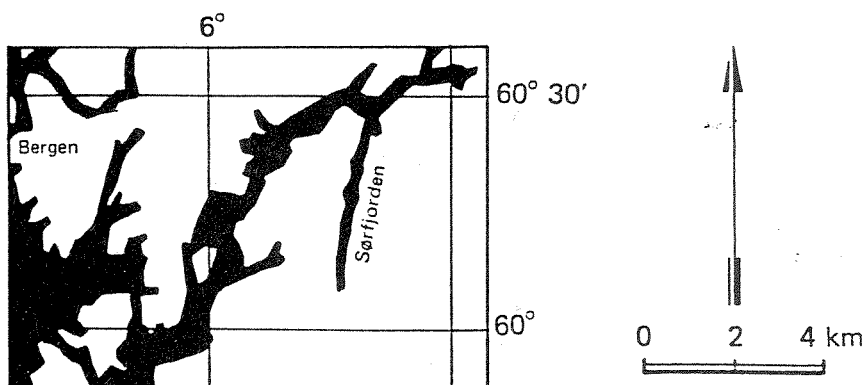
næringssaltkilder.

Årsaken til de meget fattige algesamfunn i Sørfjorden kan sannsynligvis søkes blant såvel naturlige som sivilisatoriske påvirkninger. Elvene tilfører fjorden store mengder ferskvann, som reduserer mangfoldighet i marine organismesamfunn betydelig.

I tillegg inneholder elvevannet partikulært materiale av ulik kvantitet og kvalitet, som virker negativt på organismene. En flora og fauna som er stresset fra naturens side blir ekstra ømfintlig overfor de store industritilførsler, som slippes ut i Sørfjorden.

Under 2 m dyp vil fra Oalskar og utover i fjorden, all forekomst av alger og dyr være påført et høyt beitepress fra sjøpinnsvin. Dette reduserer forekomst av fastsittende dyr og alger i betydelig grad. Den øvre grense hvor sjøpinnsvin kan beite (1-7 m dyp) vil variere med tykkelsen på overliggende ferskvannslag. At metallutslippene forårsaker gifteffekter på organismene er sannsynlig, men noen kvantifisering av giftigheten kan bare utføres eksperimentelt. Det er spesielt mistanke om gifteffekter på ulike organismer fra tungmetallene kadmium, kvikksølv og bly. Fraværet av sjøpinnsvin innenfor Tyssedal er muligens en gifteffekt (jf. Kirkerud & Knutzen 1986).

Fraværet av de to grønnalgene Cladophora sp. - grønn dusk og Ulva lactuca - havsalat kan heller ikke forklares kun ut fra naturforholdene. Partikkelskuring, dårlig substratstabilitet og industriens metallutslipp er sannsynligvis viktige årsaker til fraværet av disse to opportunistiske arter. De samme faktorer er rimeligvis årsaken til at Fucus serratus - sagtang ikke er observert på de innerste stasjoner nær Eitrheimsvågen (fig.1).



Stasjoner for undersøkelse av grunntvannsamfunn i Sør fjorden 1981-82.