



Statlig program for
forurensningsovervåkning

Rapport 500|92

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

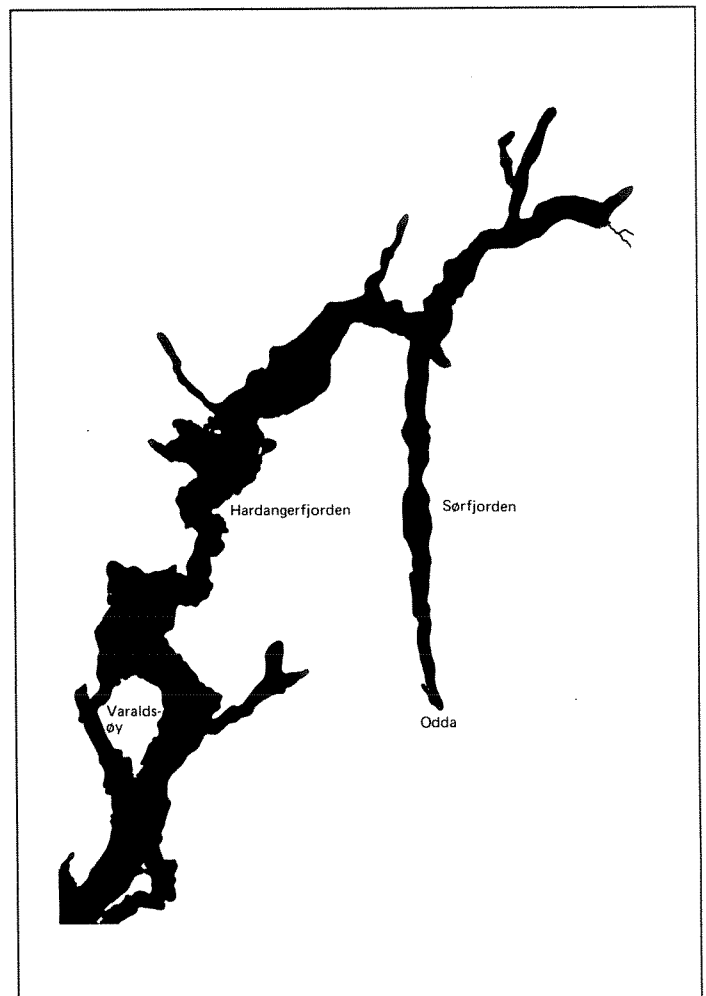
Deltakende institusjoner

NIVA

Tiltaksorienterte
miljøundersøkelser i

Sørfjorden og Hardanger- fjorden 1991

Delrapport 1. Vannkjemi og
sedimentundersøkelser



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Prosjektnr.: O-800309	Undernr.:
Løpenr.: 2804	Begr. distrib.:

Hovedkontor Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (47 2) 18 51 00 Telefax (47 2) 18 52 00	Sørlandsavdelingen Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47 41) 43 033 Telefax (47 41) 44 513	Østlandsavdelingen Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47 65) 76 752 Telefax (47 65) 76 653	Vestlandsavdelingen Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47 5) 32 56 40 Telefax (47 5) 32 88 33	Akvaplan-NIVA A/S Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47 83) 85 280 Telefax (47 83) 80 509
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1991. Delrapport 1. Vannkjemi og sedimentundersøkelser. (Overvåkingsrapport nr. 500/92. TA-nr. 888/1992).	Dato: 31/10-92	Trykket: NIVA 1992
	Faggruppe: Marinøkologisk	
Forfatter(e): Jens Skei	Geografisk område: Hordaland	
	Antall sider: 53	Opplag: 150

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

Ekstrakt:

Overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1991 viste betydelig reduksjon i konsentrasjonene av tungmetaller i vannmassene i forhold til 1990 til tross for små endringer i utslippssituasjonen. Unntak var høye nivåer av kvikksølv i overflatevannet, spesielt i september. I dypvannet (200 m) er nå nivåene tilnærmet normale. Analyser av tungmetaller i bunnsedimentene viste størst forbedring i området Tyssedal - Odda, sammenlignet med 1985. Dette henger sammen med større naturlig overdekking med uforurensede sedimenter her enn lenger ute i fjorden. I Hardangerfjorden vil det derfor ta lengre tid å redusere nivåene av metaller i sedimentene enn i Sørfjorden på grunn av liten sedimenttilvekst. Det ble påvist små endringer i nivåene av organiske miljøgifter i sedimentene siden 1985, noe som indikerer uendrede tilførsler. Orienterende dioksinanalyser indikerer ingen lokale kilder.

4 emneord, norske

1. Sørfjorden
2. Miljøgifter
3. Vann
4. Sedimenter

4 emneord, engelske

1. Sørfjord
2. Micro pollutants
3. Water
4. Sediments

Prosjektleder

Jens Skei

For administrasjonen

Torgeir Bakke

ISBN 82-577-2185-9

Norsk institutt for vannforskning

O-800309

**TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I
SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN 1991**

**Delrapport 1. Vannkjemi og
sedimentundersøkelser**

Oslo,

Oktober 1992.

Prosjektleder:
Medarbeider:

Jens Skei
Unni Efraimsen

Forord

NIVA har i 1991 gjennomført tiltaksorienterte undersøkelser i Sjørfjorden og Hardangerfjorden innenfor Statlig program for forurensningsovervåking, administrert av Statens forurensningstilsyn (SFT). Norzink A/S, Odda Smelteverk A/S og Tinfos Titan & Iron K/S dekket 75% av kostnadene.

Det er utarbeidet et forslag til overvåkingsprogram frem til år 2000, og 1991 var et basisår hvor målet har vært å få en status i forurensningstilstanden med hensyn til vann, blåskjell, tang, fisk, gruntvannsfauna, bløtbunnsfauna og sedimenter. Sist en slik status ble presentert var i 1984 - 1985.

Denne rapporten er den første i serien av to delrapporter som omfatter vannkjemi og sedimentkjemi.

Mannskapet på S/J Mathilde og M/S Siddis Girl takkes for godt samarbeid ved prøveinnsamlingene av henholdsvis vann og bunnsedimenter. Feltarbeidet har vært ledet av Unni Efraimsen. Takk rettes også til Norges Geologiske Undersøkelser (K. Bjerkli) for bruk av resultater fra felles tokt til Ytre Hardangerfjord med F/F Seisma, juni 1989.

Oslo, oktober 1992.

*Jens Skei
prosjektleder*

Innhold	Side
FORORD	2
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	3
1. INNLEDNING	5
2. MÅLSETTING	6
3. FELTARBEID OG METODER	7
4. RESULTATER OG DISKUSJON	9
4.1 Vannkjemi	9
4.2 Bunnsedimenter	17
5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTIL- STANDEN I VANNMASSENE OG SEDIMENTENE	36
6. LITTERATURHENVISNINGER	37
VEDLEGG	

Sammendrag og konklusjoner

Overvåkingen av Sjørfjorden og Hardangerfjorden i 1991 danner en basis for tilstanden før oppryddingen av Eitrheimsvågen iverksettes. Den vil gi et grunnlag for å bedømme om de tekniske tiltakene har vært vellykket og om de overordnede mål med hensyn til bruk av Sjørfjorden og Hardangerfjorden i fremtiden kan nås.

Undersøkelsen av vannkvalitet og sedimentkvalitet er en del av en større basisundersøkelse som også omfatter biologiske forhold. Resultatene fra de biologiske undersøkelsene rapporteres for seg (delrapport 2).

Overvåkingen av vann og sedimenter i 1991 gir grunnlag for følgende hovedkonklusjoner:

1. **Konsentrasjonene av tungmetaller i vannmassene i Sjørfjorden er klart redusert i forhold til 1990 med unntak av kvikksølv som viste meget høye konsentrasjoner i overflatevannet, spesielt i september. Målingene viste at kvikksølvet ble tilført Eitrheimsvågen.**
2. **I dypvannet i Sjørfjorden (200 m) nærmer tungmetallnivåene seg nå et bakgrunnsnivå. I de øvre 40 m er det derimot en klar gradient i konsentrasjoner på strekningen Odda - Ullensvang, med høyest konsentrasjoner ved Odda.**
3. **Målinger av tungmetaller i overflatesedimenter gjenspeiler forskjeller i fortykning med naturlige sedimenter etter at utslippene er blitt redusert. Sedimentene viser raskest forbedring i området Tyssedal - Odda, hvor fortykningen med naturlige sedimenter og industrislam med lavt tungmetall-innhold er størst. I dypbassenget i Hardangerfjorden derimot, er sedimenttilveksten anslått til mindre enn 1 mm pr. år, slik at her vil det ta meget lang tid før tungmetallnivået i overflatesedimentene blir normalt.**
4. **Målinger av organiske miljøgifter (tjærestoffer og klorerte forbindelser) i sedimentene i 1991 viser at det er klare punktkilder for både tjærestoffer (PAH) og klorerte forbindelser (PCB og stoffer typiske i plantevernmidler) i Sjørfjorden. Nivåene er betydelig høyere enn i Hardangerfjorden og viser også en økning innover Sjørfjorden. Med unntak av PAH kan ikke resultatene kobles til spesifikke kilder. Orienterende målinger av dioksiner i sedimenter fra Sjørfjorden viste nivåer tilsvarende områder uten punktkilder.**

De viktigste resultatene kan sammenfattes på følgende måte :

Vann

- Prøver ble innsamlet på fem stasjoner i april, juni, september og november 1991 for analyser av saltholdighet, suspendert materiale, nitrogen og oksygen (på utvalgte prøver) og tungmetaller (kopper, bly, kadmium, sink og kvikksølv).
- Det ble registrert en saltholdighetsvariasjon mellom 9 og 31‰ i overflaten med laveste saltholdighet i juni og september (stor vannføring i elvene) og høyest i april.
- I likhet med tidligere år ble det målt små mengder partikler i vannprøvene. De høyeste konsentrasjonene ble målt i overflatevann i Odda-området.

- Konsentrasjonene av nitrogen og oksygen målt i 1991 skiller seg svært lite fra 1990. Lokal forhøyning av nitrogen som skyldes utslipp fra Odda Smelteverk ble registrert. Oksygenivået i dypvannet i Oddas havnebasseng viste kritiske verdier i september (2.15 ml/l). To måneder senere var oksygeninnholdet økt til 3.90 ml/l.
- Konsentrasjonene av kopper, bly og sink i overflatevannet er redusert i forhold til 1990, mens kadmium viser små endringer, og kvikksølv viser en kraftig økning, spesielt om høsten. Eitrheimsvågen peker seg ut som en stor og variabel kilde for tungmetaller og påvirker i første rekke overflatevannet.
- Tungmetallnivået i vannmassen under brakkvannslaget er på retur, og i dypvannet (200 m) er nivåene snart nede på bakgrunnsnivå.

Sediment

- Bunnsedimentene i Sørfjorden og Hardangerfjorden består hovedsaklig av silt og leire og med et relativt lavt innhold av organisk karbon (1 - 2%) med unntak av sedimentene nær Tyssedal som trolig er påvirket av karbonholdig avfall fra TTI (8 -10% total organisk karbon). Bestemmelse av sedimentasjonsrater ved hjelp av bly-210 (naturlig isotop) viste en avsetning på 659 g/m²/år ved Kvalnes i Sørfjorden og 540 g/m²/år ved Strandebarm i Hardangerfjorden. Dette tilsvarer henholdsvis en sedimenttilvekst på 1.3 og 1.2 mm/år i overflatelaget. I dypbassenget i Hardangerfjorden ble sedimenttilveksten anslått til ca. 0.8 mm/år, basert på den vertikale fordelingen av tungmetaller. Den lave tilveksten tilsier at det vil ta lang tid før de øvre 10 cm av sedimentene får normale nivåer av tungmetaller.
- Sammenlignet med resultater for tungmetaller i sedimenter fra 1984 - 1985 har det skjedd en kraftig forbedring innerst i Sørfjorden i overflatesedimentene. Det skyldes at fortykningen med naturlige sedimenter her er stor. Lenger utover i Sørfjorden og Hardangerfjorden er det små forbedringer å spore siden 1984 - 1985.
- Konsentrasjonene av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimentene viser at det har vært små endringer i tilførslene de siste årene. Odda Smelteverk regnes idag som hovedkilden, mens det er påvist en viss forhøyning i nivåer utenfor Ålvik som indikerer en lokal kilde. Dette ble også påpekt i 1985.
- Analyser av polyklorerte bifenyler (PCB) i sedimenter fra Sørfjorden og Hardangerfjorden indikerer en kilde innerst i Sørfjorden. Det ble målt opp mot 30 mg/kg PCB (sum av 8 komponenter) i 1990 utenfor Eitrheimsvågen, 5 - 10 mg/kg i Tyssedalsområdet, 0.8 - 1.9 mg/kg i midtre og ytre deler av Sørfjorden og 0.6 - 0.8 mg/kg PCB i Hardangerfjorden. Nivåene er generelt lave, og de kan ikke kobles til noen bestemt kilde.
- Det ble registrert høyere nivåer av en del andre klorerte stoffer (f.eks. p,p-DDE) i sedimentene i Sørfjorden enn i Hardangerfjorden, som kan tyde på lokale kilder (bruk av plantevernmidler). Datamaterialet er imidlertid lite og gir ikke grunnlag for ytterligere tolkning.

1. INNLEDNING

1991 var et viktig år i overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden. Dette året markerte inngangen til en periode med anleggsarbeid og opprydning i Eitrheimsvågen og vil således representere en basis for dette arbeidet tar til. Foruten selve overdekningen og spuntingen i vågen, vil det i 1992 også være anleggsarbeid i gang på Eitrheimsneset i forbindelse med bygging av ny kai. Alle disse aktivitetene kan for en kortere periode føre til økt forurensning.

Det er ellers gått 5 år siden jarositt-utslippet ble overført til fjellhaller, slik at vi nå kan fastslå hvilke forbedringer i resipienten vi kan registrere som følge av denne utslippsreduksjonen. Med hensyn til utslipp fra de tre største bedriftene i indre Sørfjord i 1991, vises til tabell 1.

Tabell 1. Oversikt over utslipp til sjø fra Odda Smelteverk A/S (O.S.), Norzink A/S (NZ) og Tinfos Titan & Iron K/S (TTI) i 1991 (kg/år). Basert på opplysninger fra bedriftene.

Bedrift	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	PAH
O.S. ¹⁾	730	3100	2600	46	<0.7	15000
NZ ²⁾	30	2400	10738	106	35	-
TTI ³⁾	800	360	2700	80	<0.3	-
Totalt	1560	5860	16038	232	36	15000

1) Beregnet på grunnlag av 2 døgnprøver

2) Inkluderer også akutte uhellsutslipp

3) Tallene er oppgitt av SFT

Hvis man sammenligner med utslippstallene i 1990 (Knutzen og Skei, 1991) har utslippene av kvikksølv og kadmium gått noe ned, ellers er utslippssituasjonen nokså uendret. Etter opplysninger fra bedriftene er det imidlertid lite sannsynlig at utslippene er redusert, men at forskjellene skyldes problemer med å ta representative prøver. Økte utslipp fra Norzink henger i stor grad sammen med utslippshell.

2. MÅLSETTING

Det overordnede mål med overvåkingen i 1991 har vært

- å fastslå dagens forurensningssituasjon 5 år etter overføring av jarositt til fjellhaller og før igangsetting av anleggsarbeid i Odda-området i forbindelse med opprydding i Eitrheimsvågen og bygging av ny kai på Eitrheimsneset.

Delmålene knyttet til undersøkelser av vannkjemien og sedimentkjemien er å

- studere horisontale og vertikale gradienter av utvalgte tungmetaller og suspendert materiale i vannmassene i Sørfjorden for å kartlegge kilder, influensområde og tidstrend.
- studere fordelingen av tungmetaller og organiske miljøgifter i bunnsedimentene i Sørfjorden og Hardangerfjorden for å påvise endringer i belastning i forurensning over en periode på 20 år.
- relatere nivåer av miljøgifter i vann og sedimenter til foreslåtte miljøkvalitetskriterier og klasseinndeling.

3. FELTARBEID OG METODER

Vannprøver ble innsamlet 4. april, 21. juni, 23. september og 26. november 1991 med 51 Niskin vannhenter fra S/J Mathilde av Norheimsund. KOM-senteret i Odda deltok på samtlige tokt og tok parallelle vannprøver for analyser.

Prøvene ble tappet på spesialvaskede plastflasker for analyse av kadmium, sink, kobber og bly og glassflasker for analyse av kvikksølv og total nitrogen (ufiltrerte prøver). Tungmetallene er analysert etter Freon-ekstraksjon og atomabsorpsjon (Danielsson et al., 1982). Kvikksølv er analysert etter salpeteroppslutning ved kalddampeteknikk og gullfelle (Bloom og Crecelius, 1983). Total nitrogen ble analysert med autoanalyser.

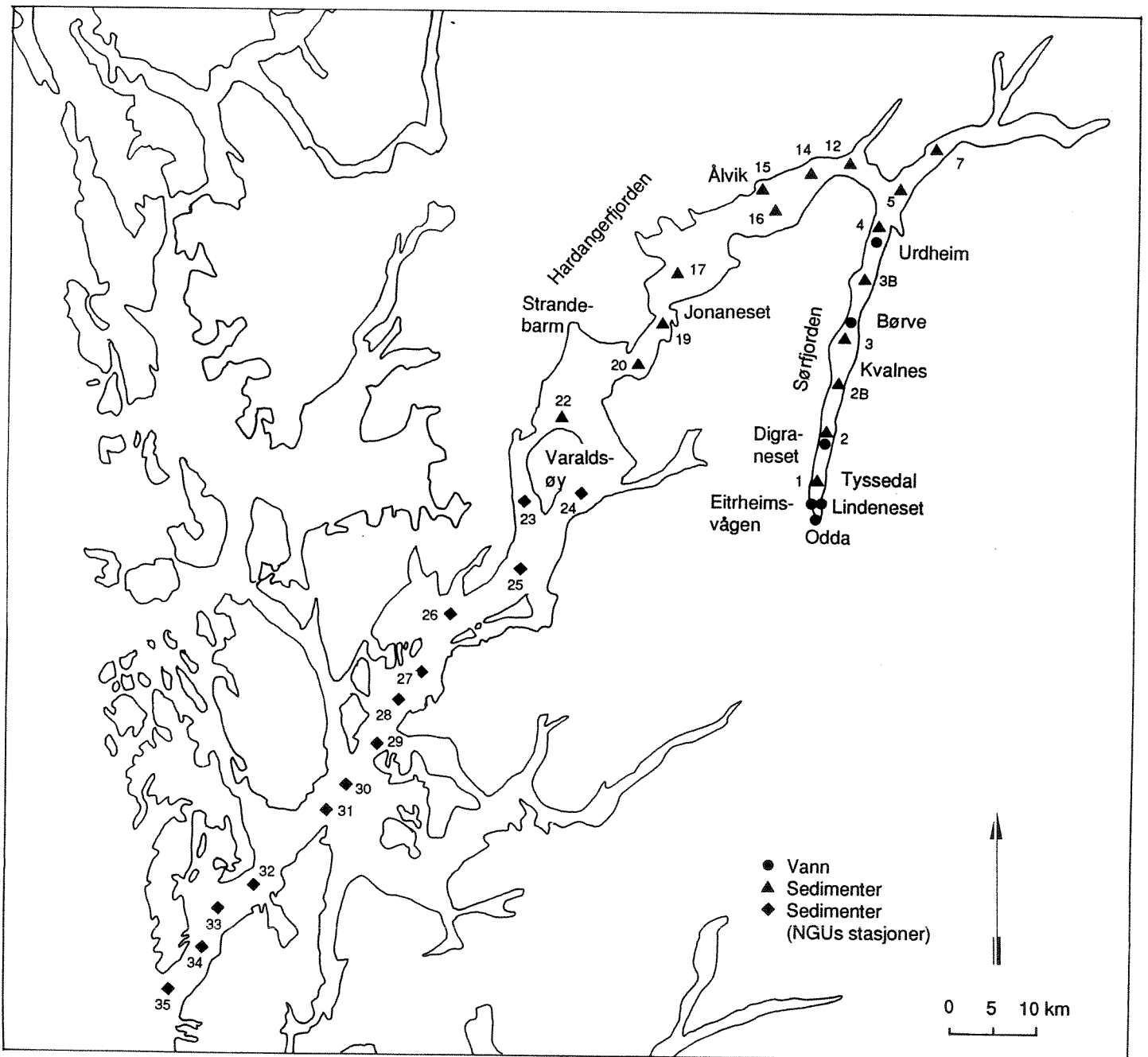
På stasjonen i havnebassenget ble det også tatt oksygenprøver (Winkler-titrering) og saltholdighet ble målt på et utvalg av prøver. Samtlige prøver ble analysert for mengde suspendert partikulært materiale (TSM) ved å trykkfiltrere ca. 1 l sjøvann gjennom 0.4 µm Nucleopore membranfiltre. Filtrene ble vasket med destillert vann for å fjerne salt før tørking og veiing.

Sedimentprøver ble tatt fra M/S Siddis Girl med kjerneprøvetaker 10. - 13. mai 1991 på 16 stasjoner i Sørfjorden og Hardangerfjorden. Kjernene ble snittet i 1 cm sjikt. I tillegg ble det i juni 1989 tatt sedimentprøver fra ytre deler av Hardangerfjorden fra F/F Seisma ved bruk av samme prøvetakingsutstyr. Kjernene ble snittet i 2 cm sjikt. Dette arbeidet ble utført i samarbeid med Norges Geologiske Undersøkelser (NGU) i Trondheim (feltarbeidet og analysene ble finansiert av NGU). Samtlige sedimentprøver ble analysert for tungmetaller (Cd, Pb, Cu, Zn og Hg) etter totaloppslutning av prøvene med fluss-syre. Prøvene tatt i samarbeid med NGU ble også analysert for Mn og glødetap (organisk materiale).

Utvalgte prøver (9 stk.) ble analysert for 5-CB, alfa-BHC, HCB, Lindan, p,p-DDE, p,p-DDD, OCS og 8 PCB-forbindelser. I tillegg ble to prøver analysert for polyklorerte dibenzo-p-dioksiner (PCDD) og dibenzofuraner (PCDF), mens 9 prøver ble analysert for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH).

Analysene av tungmetaller, klororganiske forbindelser og PAH ble analysert ved NIVAs laboratorier, og dioksinene ble analysert ved Norsk institutt for luftforskning (NILU) i henhold til standard rutinemetoder.

Kart som viser lokalisering av prøvetakingsstasjoner for vann og sedimenter er presentert i figur 1.



Figur 1. Lokalisering av prøvetakingsstasjoner for vann og sedimenter i 1991. Figuren viser også lokaliseringen av NGUs sedimentstasjoner i ytre Hardangerfjorden, juni 1989.

4. RESULTATER OG DISKUSJON

4.1. Vannkjemi

Overvåking av vannkvalitet i fjorder har både fordeler og ulemper. Fordelen er at den gjenspeiler i stor grad den nåværende forurensningsbelastningen. Årsaken er at vannmassene har relativt kort oppholdstid i fjordene, spesielt overflatevannet (noen dager). Dypvannet derimot, kan ha en oppholdstid på noen måneder. Vannmassenes kjemi vil likevel gjenspeile dagens utslippsforhold bedre enn f.eks. analyser av biologisk materiale og sedimenter.

Ulempen med overvåking av vannkvalitet er at vannanalysene gir et øyeblikksbilde, og at det er behov for hyppige observasjoner for å gi et riktig bilde av en tidstrend. Dette er spesielt viktig hvis tilførslene av forurensningsstoffer til fjorden varierer sterkt over tid (f.eks. støtutslipp, uhell).

Målinger av **saltholdighet** i overflatevannet vil indikere mengden av ferskvann i fjorden og hvilke gradienter det er i saltholdighet utover fjorden, samt vertikal fordeling (lagdeling/sjiktning).

Mengde **suspendert materiale (TSM)** måles for å kunne vurdere sedimenttransport og eventuell transport av partikulære forurensninger. Målingene er nyttige i forbindelse med vurdering av tungmetalldata.

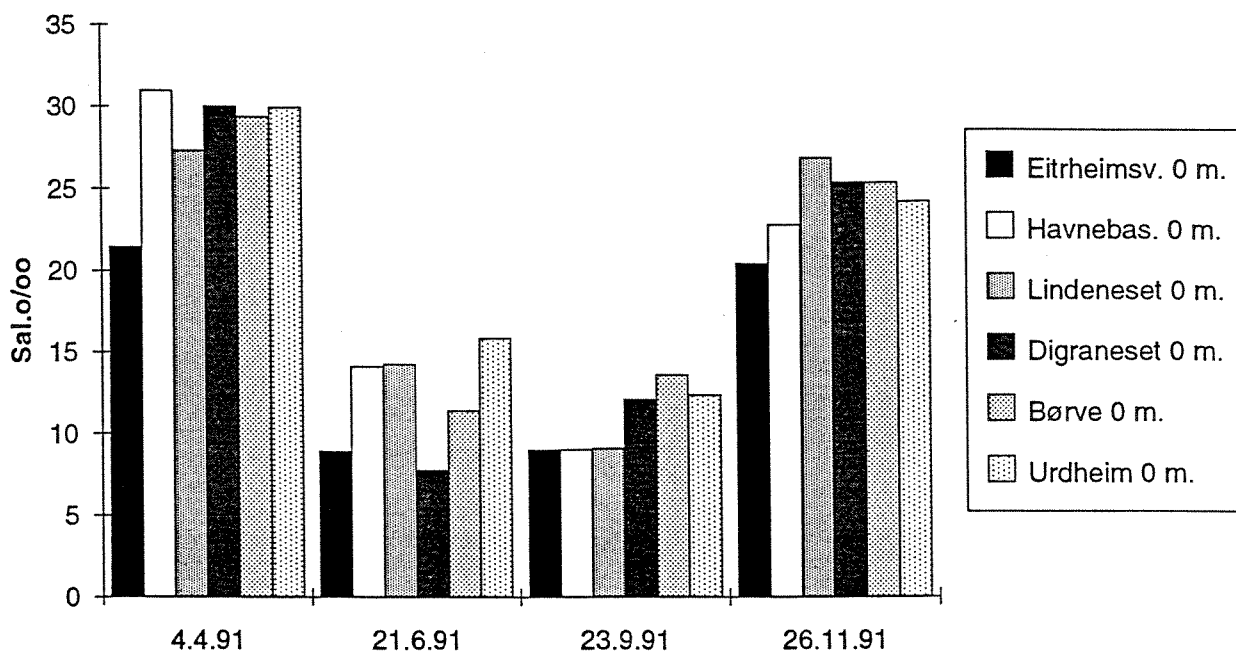
Målinger av **nitrogen** gjøres fordi det er et betydelig utslipp av nitrogen fra Odda Smelteverk og via urensset kommunal kloakk i forhold til naturlige tilførsler. Målingene vil gi et bilde av fordelingen av nitrogen i vannmassene utover fjorden og hvordan nivåene forandrer seg fra år til år ettersom utslippene endrer seg. Da utslippene fra Odda Smelteverk inneholder oksygenforbrukende substanser, måles det også på **oksygen** i Oddas havnebasseng. Utslipp av kloakk vil dessuten bidra til dette oksygenforbruket.

Registrering av nivåer av utvalgte **metaller** pågår for å overvåke horisontale og vertikale gradienter i vannmassene i Sørfjorden. Det er fortsatt betydelige utslipp fra industribedriftene i Odda-regionen (tabell 1) i tillegg til diffuse utslipp som skyldes tilførsler fra deponier på land og i strandkant og forurensede bunnsedimenter.

Saltholdighet.

I 1991 ble det registrert en saltholdighetsvariasjon mellom 9 og 31 ‰ i overflatevannet. De laveste saltholdighetene ble målt i juni og september og den høyeste i april (fig. 2). Dette gjenspeiler ferskvannstilførselen til Sørfjorden. Saltholdigheten var lavest i Eitrheimsvågen på samtlige tokt. Forøvrig var det en del variasjon fra stasjon til stasjon utover fjorden, som trolig skyldes ulik grad av blanding mellom overflatelag og underliggende vann, vindeffekter, inngående og utgående strøm i overflaten og tilførsel av ferskvann fra elver og bekker utover fjorden.

I dypvannet ved Digraneset (200 m) ble det målt saltholdigheter mellom 34.778 og 34.972 ‰ i 1991. Det tyder på små variasjoner over tid.

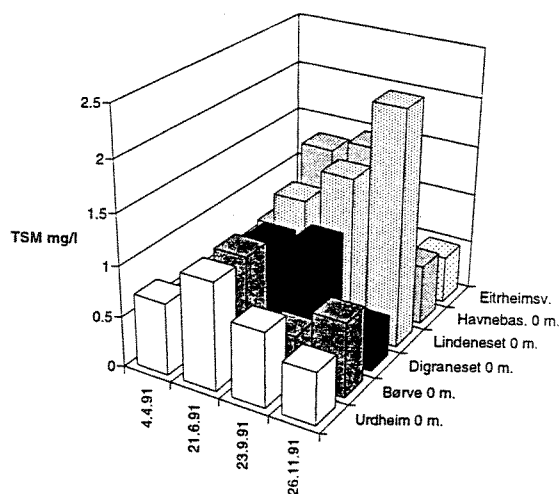


Figur 2. Saltholdighet i overflateprøver i Sør fjorden, 1991.

Suspendert materiale (TSM)

I 1990 varierte mengden partikulært materiale i vannmassene mellom 0.5 og 1.0 mg/l i Sør fjorden (Knutzen og Skei, 1991). I 1991 ble det registrert verdier av samme størrelsesorden, med de høyeste verdiene i overflatevannet (fig. 3). I dybdeintervallet 40 - 200 m ble det målt fra 0.13 til 0.51 mg/l suspendert materiale. Dette er meget lave konsentrasjoner. Det ble ikke målt på nivåer av TSM før 1986 da jarositten ble overført til fjellhaller, slik at vi ikke har mulighet til å stadfeste i hvilken grad dette utslippet påvirket TSM-verdiene i dypvannet.

I overflatevannet er nivåene av TSM generelt høyere i området Lindeneset - Odda enn utover fjorden (fig. 3). Det er rimelig med tanke på sedimenttransporten med Opo og tilførsler av partikulære utslipp fra industrien i Odda-området. Det bør ellers påpekes at det i 1991 tidvis ble registrert misfarget vann i indre deler av Sør fjorden som følge av algeoppblomstring (Roald Larsen, pers.komm). Den største partikkelmengden som ble registrert i overflatevannet ble målt ved Lindeneset i november (2.3 mg/l). Ved filterering ble det registrert en brunfarging av filteret, og det er grunn til å tro at dette skyldtes tilstedeværelse av dinoflagellater.



Figur 3. Mengde partikulært materiale (TSM) i overflatevannet i Sjørfjorden, 1991.

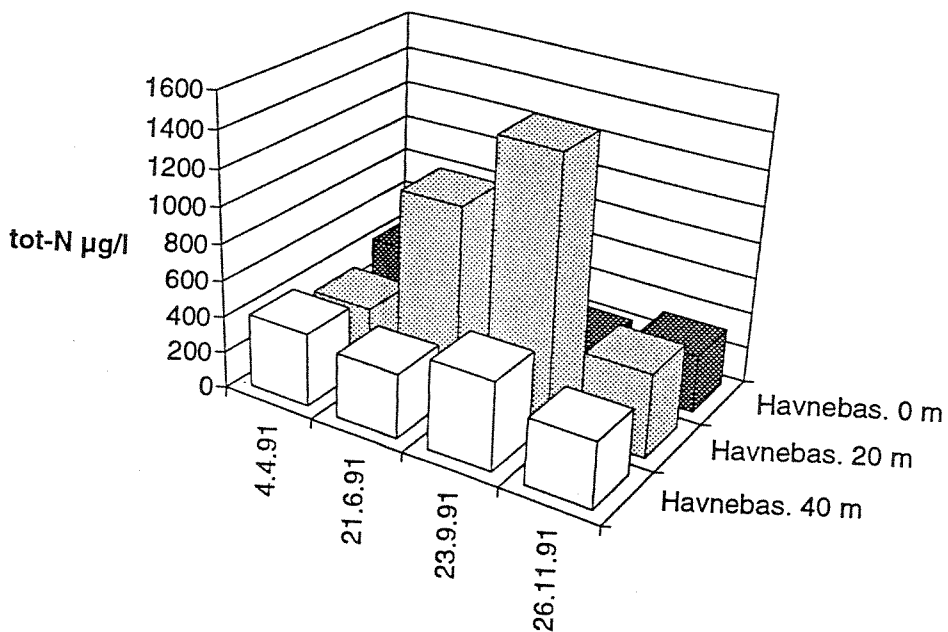
De små mengdene med partikler i Sjørfjorden må skyldes at mye av de naturlige sedimentene sedimenterer i Sandvinvann (ovenfor Odda), og at det som ellers tilføres fjorden av partikler sedimenterer relativt raskt i området Tyssedal - Odda. Måling av sedimentasjonsrater i ytre del av Sjørfjorden (Kvalnes) ved hjelp av bly-210 isotop (se kap. 4.2) ga meget lave rater og er i overensstemmelse med de små mengdene av partikler som er registrert i vannmassene. En konsekvens av dette er at partikler spiller en relativ beskjeden rolle med hensyn til fordeling av tungmetaller i vannmassene etter at jarosittutslippet ble overført til fjellhaller. Tidligere målinger av metaller i filtrerte og ufiltrerte prøver har bekreftet at metallene stort sett foreligger løst (målinger gjort av Norzink).

Nitrogen og oksygen

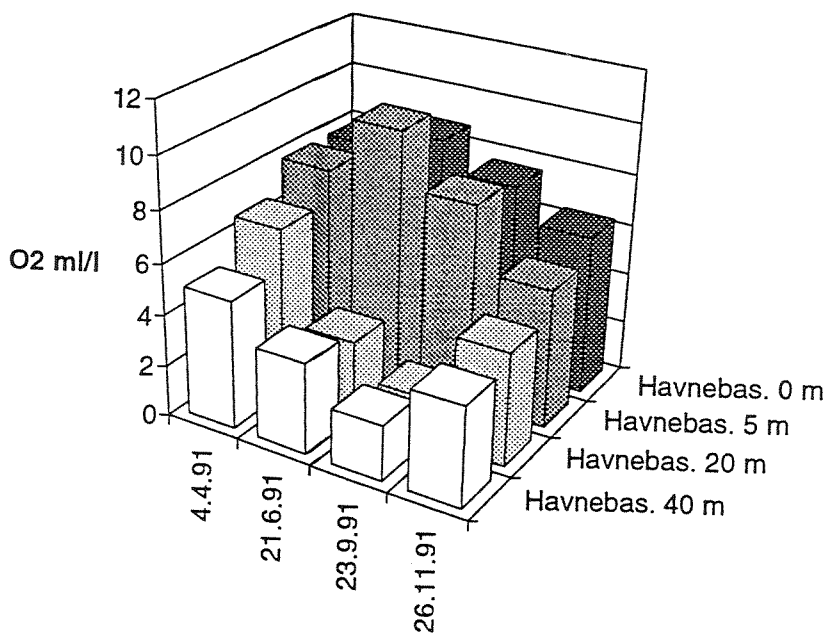
I 1990 ble det i overflatevann i Sjørfjorden målt stort sett verdier mellom 150 og 450 mg/l total nitrogen (Knutzen og Skei, 1991). Dette er ganske nøyaktig det samme som ble målt i 1991 med de høyeste verdiene i Eitheimsvågen og havnebassenget (fig.4). Høyeste konsentrasjoner ble målt på 20 m dyp i juni og september med henholdsvis 1040 og 1460 mg/l. Det er grunn til å tro at dette skyldes utslipp fra Odda Smelteverk på 20 m i Djupevik. De svært høye konsentrasjonene som registreres i Eitheimsvågen kan skyldes frigivelse av nitrogen fra avfallskalk som kan ha vært brukt i forbindelse med bygging av spuntvegg i 1986.

Oksygenmålingene begrenser seg til Oddas havnebasseng (fig. 5). Laveste konsentrasjon i dypvannet i 1990 ble målt til 2.06 ml/l i september (Knutzen og Skei, 1991). Dette er omtrent det samme som ble målt i september 1991 (2.15 ml/l). To måneder senere (november) hadde oksygeninnholdet økt til 3.90 ml/l, sannsynligvis på grunn av dypvannsutskiftning. Nøyaktig det samme skjedde i 1990. Det er derfor meget stabile oksygenforhold i dypvannet i havnebassenget med kritiske oksygenverdier om sommeren og høsten.

Det bør også bemerkes at det ble målt overmetning av oksygen på 5 m dyp i havnebassenget i juni (10 ml/l O₂). Dette antas å skyldes stor planktonproduksjon.



Figur 4. Mengde total nitrogen i havnebassenget i Odda, 1991.



Figur 5. Oksygen i havnebassenget i Odda, 1991.

Metaller

Grafisk fremstilling av alle tungmetallene analysert i tid (1990 og 1991) og rom er vist på figurene 6 - 10. Det går klart frem av disse figurene at Eitrheimsvågen er hovedkilden for tungmetallforurensningen i overflatevannet i Sørfjorden, og at denne kilden varierer sterkt over tid. Hvis vi sammenligner resultatene fra Eitrheimsvågen i 1990 og 1991 ser vi følgende:

(i) I overflatelaget har nivåene av kopper, bly, sink og kadmium avtatt i 1991.

(ii) Nivåene av kvikksølv har økt.

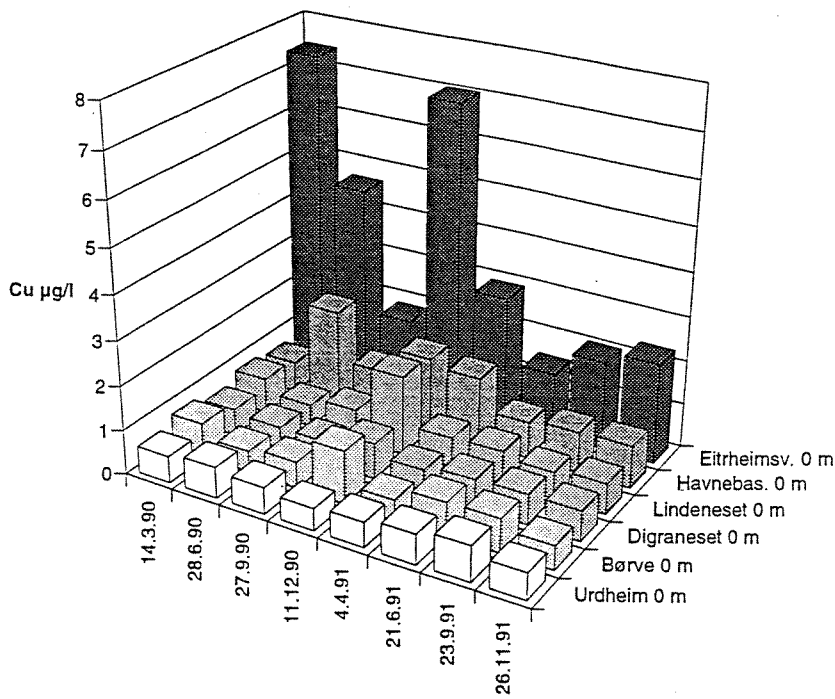
Disse sammenligningene er basert på gjennomsnittskonsentrasjoner over året. Tallene fra de enkelte tokt viser meget store svingninger, og det er derfor vanskelig å vurdere en tidstrend. Resultatene viser at Eitrheimsvågen er en uberegnelig kilde, trolig på grunn av varierende grad av utvasking av metaller fra deponier over og under vann. Målinger av sink i sjøvann gjort av Norzink på månedsbasis i Eitrheimsvågen, viser f.eks. 18 mg/l i overflatevann i august, mens det en måned senere ble målt 358 mg/l.

Det er verdt å merke seg at svingningene i metallkonsentrasjoner i vågen ikke er de samme for alle metallene. Det vil si at forholdstallene mellom metallene ikke er konstante. Forholdet Zn/Pb i overflatevann varierte i 1991 mellom 20 og 65, mens forholdet mellom Zn/Cd, metaller som vanligvis samvarierer, varierte mellom 14 og 88. Til sammenligning ble Zn/Pb og Zn/Cd i overflatesedimenter fra Eitrheimsvågen målt i 1987 henholdsvis til 11 og 258 (Skei et al., 1987). Det er altså ingen sammenheng mellom forholdstallene mellom disse metallene i vannmassen og i sedimentene. Mye tyder på at det skjer en selektiv utvasking av metaller fra det faste avfallet.

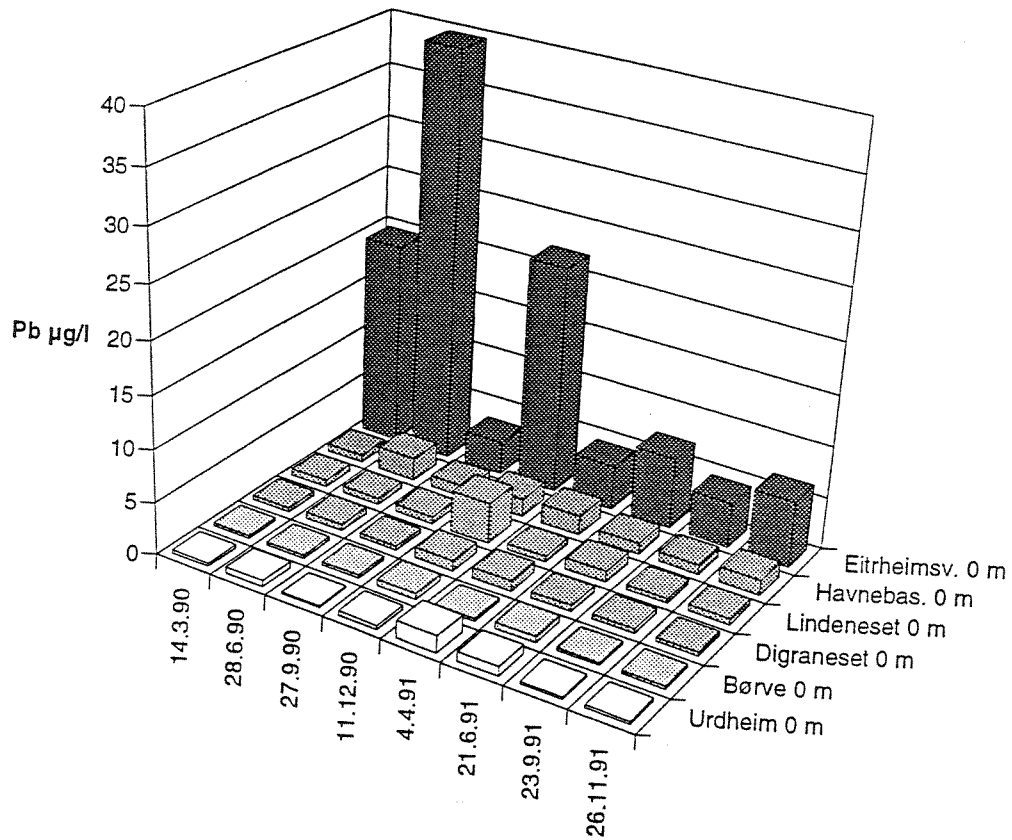
Overflatevann

Fig. 6 viser endringene i overflatekonsentrasjoner i **kopper** i Sørfjorden fra mars 1990 til november 1991. Tilførsler til Eitrheimsvågen dominerer bildet, men konsentrasjonene har gått betydelig ned siden 1990. Nivåene i Eitrheimsvågen i 1991 var stort sett lavere enn 2 mg/l, mens nivåene ved Urdheim var nede i ca. 0.6 mg/l.

Fordelingen av **bly** (fig. 7) viser også at Eitrheimsvågen er hovedkilden, men at nivåene er betydelig redusert i forhold til 1990. Den store forskjellen mellom Eitrheimsvågen og Havnebassenget tyder på at mye sedimenterer i selve Havnebassenget.



Figur 6. Fordeling av kopper i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden i 1990 og 1991.

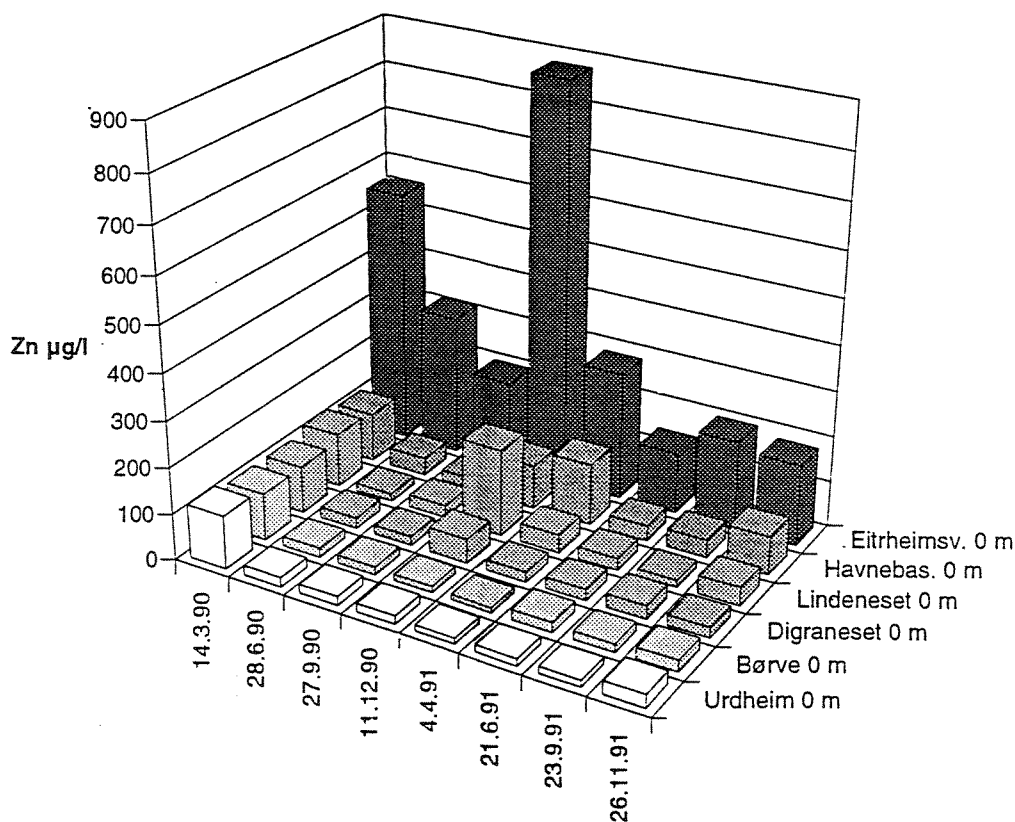


Figur 7. Fordeling av bly i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden i 1990 og 1991.
(lib) ske-sørfjord

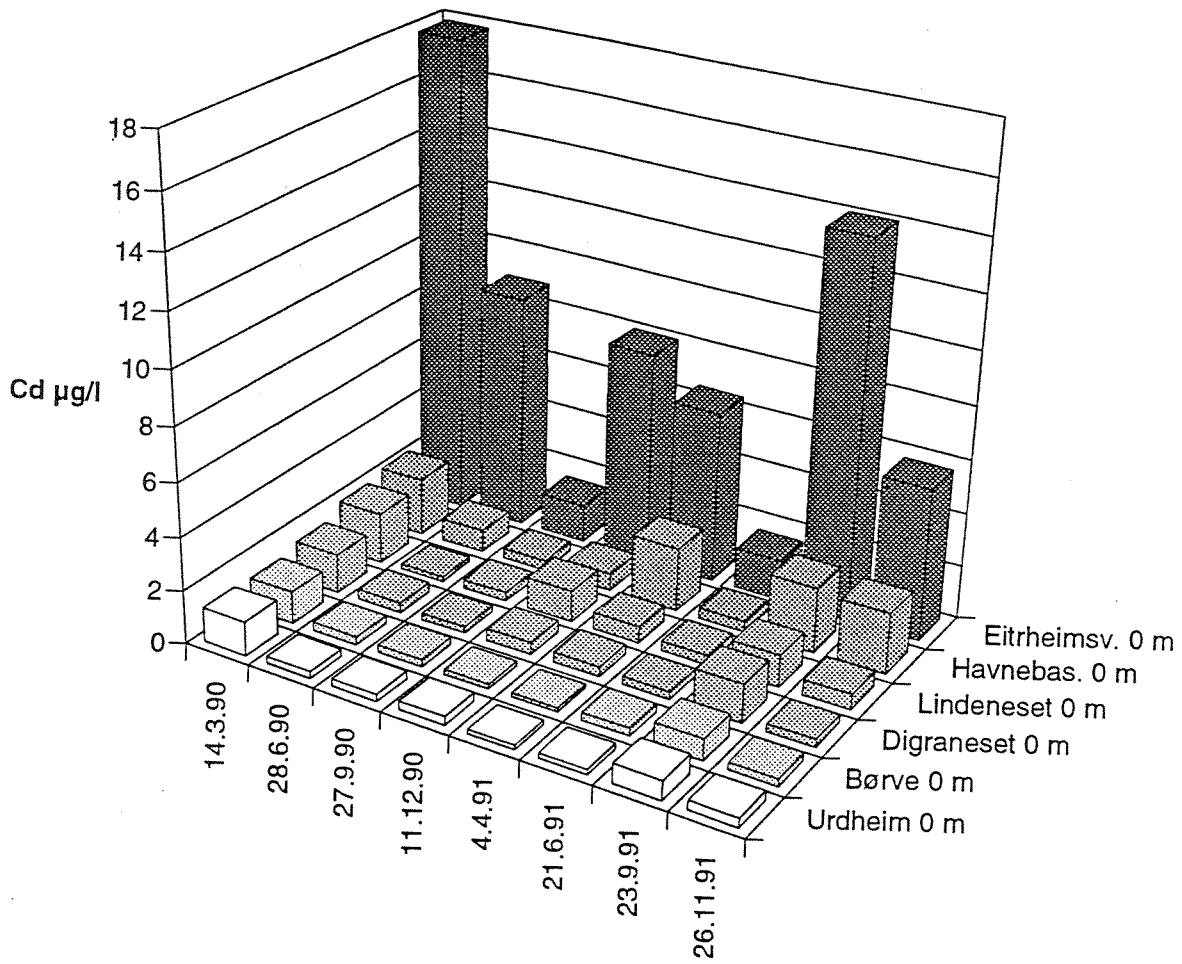
Konsentrasjonene av **sink** (fig. 8) i overflatevannet har også gått ned i forhold til 1990. Men fortsatt er det store tilførsler fra Eitrheimsvågen. Ved utløpet av Sørfjorden var nivået i 1991 nå nede i ca. 15 $\mu\text{g/l}$. I 1974 ble det målt konsentrasjoner i området 150 - 250 $\mu\text{g/l}$ ved Ullensvang (Skei, 1975). Det er således skjedd en dramatisk forbedring i vannkvalitet de siste 15 år i Sørfjorden.

Fig. 9 viser at **kadmium** fortsatt opptrer i høye konsentrasjoner i overflatevann i Sørfjorden. I motsetning til metallene beskrevet ovenfor, viser ikke kadmium noen nedgang, sammenlignet med 1990. Videre er det åpenbart at tilførsler fra Eitrheimsvågen i sterkere grad enn for de andre metallene bestemmer fordelingen av kadmium.

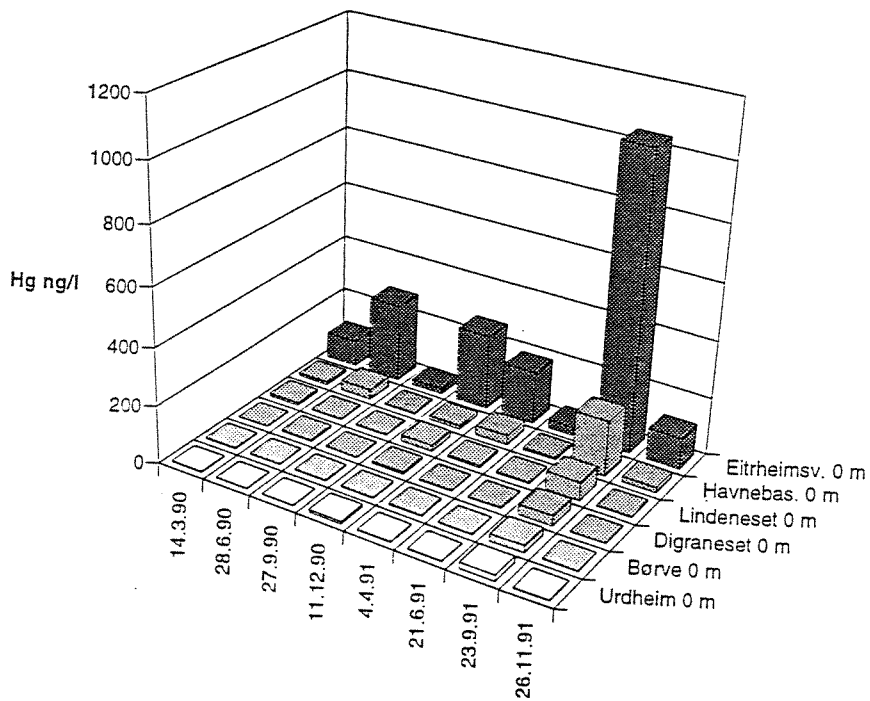
Kvikksølvkonsentrasjonene i overflatevann fra Eitrheimsvågen varierte sterkt i 1991 (240 - 1040 ng/l) (fig. 10). Til sammenligning regnes normalkonsentrasjonen i sjøvann å være 1 - 2 ng/l . Eitrheimsvågen er således en betydelig kvikksølvkilde som påvirker overflatevannet i hele Sørfjorden og sannsynligvis langt ut i Hardangerfjorden. Årsaken til de ekstremt høye verdiene målt i september er ikke kjent. I og med at høye konsentrasjoner ble registrert i hele fjorden helt ut til Urdheim (21 ng/l Hg), må mengdene av kvikksølv som ble tilført Sørfjorden i september ha vært meget store. Hvor lenge de ekstraordinære tilførslene av kvikksølv til vågen hadde pågått da prøvene ble tatt 23. september, er vanskelig å si ettersom forrige tokt var 21. juni og neste tokt var 26. november. Dette illustrerer de tolkningsproblemer man har når det kun er fire tokt pr. år og som også har medført at frekvensen er øket til 6 tokt pr. år i 1992.



Figur 8. Fordelingen av sink i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden i 1990 og 1991. (lib) ske-sørfjord



Figur 9. Fordelingen av kadmium i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden i 1990 og 1991.



Figur 10. Fordelingen av kvikksølv i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden i 1990 og 1991. (lib) ske-sørfjord

Dypvann

Det er en meget markert forskjell mellom metallnivåene i brakkvannslaget og underliggende vann. I 40 m og 200 m dyp ble det på strekningen havnebassenget - Urdheim målt følgende konsentrasjoner av **tungmetaller** (tabell 2):

Tabell 2. Tungmetaller i sjøvann på 40 m og 200 m dyp i Sjørfjorden på strekningen havnebassenget - Urdheim (gjennomsnitt over hele året 1991). (Cu, Pb og Zn: µg/l. Cd og Hg: ng/l).

Metall/dyp	Havnebass.	Lindeneset	Digraneset	Børve	Urdheim
Cu/40	1.01	0.83	0.45	0.29	0.28
Cu/200	-	-	0.28	0.23	0.23
Pb/40	3.18	1.51	0.33	0.21	0.18
Pb/200	-	-	0.15	0.15	0.20
Zn/40	21.65	20.85	11.75	6.51	4.90
Zn/200	-	-	4.90	4.21	3.51
Cd/40	175	143	88	57	43
Cd/200	-	-	55	40	39
Hg/40	13.75	7.75	< 2	< 2	< 2
Hg/200	-	-	< 2	< 2	< 2

Disse resultatene viser at det er en klar gradient i tungmetaller fra Havnebassenget og ut til munningen av Sjørfjorden ved 40 og 200 m dyp i 1991. Gradientene er klarest i 40 m dyp, hvor kontamineringen er størst. I 200 m dyp nærmer vi oss nå et naturlig bakgrunnsnivå i Sjørfjorden. Ifølge Knutzen og Skei (1990) (med nye justeringer gjort i 1992) betegnes fjordvann å være upåvirket med hensyn til tungmetaller hvis følgende nivåer ikke overskrides : Cu: 0.3 µg/l, Pb: 0.05 µg/l, Zn: 1.5 µg/l, Cd: 30 ng/l og Hg: 2 ng/l.

4.2. Bunnsedimenter

Bunnsedimenter representerer lagre for de fleste miljøgifter. De øvre 5 - 10 cm av sedimentet kan betraktes som et "hurtiglager" hvor stoffer som er lagret lett utveksles med vannmassen over og tas opp av eller omfordes av dyr som lever på sedimentflaten eller i sedimentet. Vi kan derfor betrakte miljøgifter som er lagret i de øvre 10 cm av sedimentet som omsettbare og potensielt biotilgjengelige. Miljøgifter lagret dypere enn 10 cm i sedimentet utgjør i større grad det permanente lageret hvor sjansene for innvirkning på vannkvaliteten over sedimentet og biologiske forhold er betydelig mindre. Men det bør påpekes at en del sedimentlevende dyr graver så dypt som 30 - 40 cm og vil således kunne omfordere miljøgifter i det permanente lageret.

Sedimentene i dypbassengene i Sjørfjorden og Hardangerfjorden er generelt svært finkornige (silt og leire). Det er også generelt oksiske sedimenter med et brunt overflatelag. Denne sedimenttypen er velegnet å prøveta med kjerneprøvetaker og gir de beste forutsetningene for å tolke geokjemiske data.

Visuell beskrivelse av sedimentene.

Tabell 3 gir en visuell beskrivelse av sedimentkjernene med hensyn til farge, kornstørrelse, konsistens, tilstedeværelse av dyr, eventuell lagdeling, kjernelengde og vanddyp.

Tabell 3. Visuell beskrivelse av sedimentkjerner fra Sørfjorden og Hardangerfjorden tatt i 1989 og 1991.

Stasjon	Vanddyp (m)	Kjernelengde (cm)	Beskrivelse
1	118	22	1 cm brun-sort, løst topplag. Brun, siltig leire i de øvre 10 cm, deretter grå siltig leire (noe skjellmateriale nederst).
2	302	30	1 cm løst, brunt topplag. Øverste 20 cm løs, grå-brun siltig leire. Fastere under.
2B	386	19	Løs, siltig og brunlig leire øverst. Så noe fastere siltig leire til 12 cm. Deretter fastere sedimenter under (grå-brunt).
3	386	27	0 - 1 cm løs, brunlig siltig leire. Grå-brun fra 1 - 3 cm og gradvis fastere. Hele kjernen har brunskjær.
3B	354	17	0.5 cm brunt topplag. 4 cm med løs, gråbrun, siltig leire. Deretter fastere.
4	303	19	0.5 cm løst, gråbrunt topplag. Deretter grå, siltig leire.
5	710	21	1 cm brunt, løst topplag. Løs gråbrun siltig leire ned til 10 cm. Deretter mer siltig.
7	517	23	1 cm brunt topplag. Fastere fra 8 cm dyp.
12	764	23	1 cm brunt topplag. Fastere fra 10 cm.
14	801	20	0.5 cm brunt topplag. Siltig ned til 10 cm. Overgang til leire.
15	87	16	Grå-blå siltig leire i de øvre 3 cm. Deretter sandig, grå-blå leire.
16	850	24	2 cm løst, brunt topplag. Noe fastere under. Fra 18 cm grå, homogen leire.
17	737	16	1 cm brunt topplag. 1 - 2 cm med grå leire, spetter av organisk materiale. Deretter fin leire.
19	760	14	1 cm brunt topplag. Noe innslag av sand og stein (rasmateriale?).
20	575	27	1 cm brunt topplag. 2 - 3 cm gråbrun siltig leire, deretter grå homogen leire.
22	670	20	1 cm brunt topplag. 2 - 3 cm gråbrun siltig leire, deretter grå homogen leire.
23	485	23	Markert brunt toppsjikt. Hard leire i bunnen. Mye bioturbasjon.
24	670	18	Kraftig utviklet brun overflate. Blåleire underst.

(tab. 3 forts. neste side).

(Tab. 3 - forts.)

Stasjon	Vanndyp (m)	Kjernelengde (cm)	Beskrivelse
25	660	18	Kraftig utviklet brun overflate. Bioturbasjon.
26	510	24	Noe mindre utviklet topplag. Hard.
27	515	30	Brun toppsediment med leire under.
28	505	47	Blågrå, fin leire med brun overflate.
29	435	23	Brun toppflate. Sandig sediment.
30	296	14	Sandig silt. Børstemark i overflaten. Mye grov sand i de øvre 6 cm. Mye organismer.
31	358	27	Siltig sediment. Skjev overflate. (Dårlig kjerne).
32	350	38	Brunlig topp med leirig sediment. Forstyrret.
33	330	30	Brunlig topp med leirig sediment.
34	424	39	Brunlig topp med leirig sediment.
35	340	32	Brunlig topp med leirig sediment.

Det som er karakteristisk med disse sedimentene er det brune overflatelaget som skyldes utfelling av jern- og manganforbindelser. Dette er vanligvis godt synlig i områder hvor sedimenttilveksten er liten og indikerer at sedimentene stort sett er oksiske i overflaten.

Kornfordeling og organisk materiale

Kornstørrelsen og kornstørrelsesfordelingen sier noe om sedimentets opphavsmateriale og sedimentasjonsmiljøet. I området Sørfjorden - Hardangerfjorden består mye av sedimentene av breslam (leire og silt). Dette finmaterialet sedimenterer i dybbassengene. I tillegg vil noe av sedimentene være influert av rasmateriale og turbiditter (Holtedahl, 1965).

Kornfordelingen uttrykt som prosent fraksjon av sedimentet som er finere enn sand (< 63 µm) viser at i de fleste prøver er 85% eller mer finere enn sand (dvs. silt og leire). Noe grovere materiale ble registrert ved Digraneset i Sørfjorden (st. 2, fig.1) og ved munningen av Sørfjorden (st. 4). Dette kan skyldes innslag av rasmateriale.

Konsentrasjonen av **organisk karbon** ble målt på utvalgte grabbstasjoner i overflatesedimentene i Sørfjorden og Hardangerfjorden. Den innerste stasjonen ved Tyssedal viste nivåer av total organisk karbon på 8 - 10% og et C/N-forhold 30 - 60. Dette er høye konsentrasjoner og et meget høyt C/N-forhold, sannsynligvis på grunn av utslipp av karbonholdig askeavfall fra TTI. På de øvrige stasjonene i Sørfjorden og Hardangerfjorden ble det målt karbonverdier mellom 1.1 og 1.9% og et C/N-forhold mellom 8.2 og 10.5, som er vanlig for fjordsedimenter influert av marint organisk materiale. Nivået av karbon ble ikke målt i sedimentene i 1984, slik at det kan ikke gjøres noen sammenligning.

Sedimentasjonsrater

Konsentrasjonen av miljøgifter i sedimentene vil avhenge av sedimenttilveksten. Hvis tilførselen av naturlige sedimenter som hovedsaklig består av erosjonsmateriale er høy, vil nivået av forurensende stoffer bli tilsvarende lavt. Det er derfor vesentlig å beregne tilførselsrater i tillegg til konsentrasjoner når forurensning av sedimenter skal vurderes.

I forbindelse med innsamling av sedimentprøver innenfor Joint Monitoring Programme i 1990 ble det gjennomført dateringer av sedimenter fra en lokalitet i Sørfjorden (Kvalnes) og en i Hardangerfjorden (Strandebarm). Ved hjelp av isotopen bly-210 ble det målt en avsetning på 659 g/m²/år i Sørfjorden og 540 g/m²/år i Hardangerfjorden. Dette tilsvarer en sedimenttilvekst på henholdsvis 1.3 og 1.2 mm/år i overflatelaget av sedimentet, hvilket er lave rater sammenlignet med andre fjorder.

En tidligere datering av en sedimentkjerne tatt ved Kvalnes i 1978 (Skei, 1981) viste en sedimenteringsrate på 720 g/m²/år, hvilket er i god overenstemmelse med målingene som ble gjort i 1990. Målinger av sedimentasjon ved hjelp av sedimentfeller i 1984 - 1985 ved Kvalnes viste en betydelig lavere sedimentfluks (ca. 315 g/m²/år ved 250 m vanddyb). Sedimentprøvene ble tatt på 386 m dyp og er således ikke direkte sammenlignbar. En annen forklaring på forskjellene kan være at en del av sedimentakkumuleringen i dypbassengene i Sørfjorden skyldes rasmateriale som transporteres ned de bratte sidene på Sørfjorden (Skei et al., 1986).

En konsekvens av den lave sedimenttilveksten i Sørfjorden og Hardangerfjorden er at det vil ta lang tid før de forurensede sedimentene blir en del av det permanente lageret hvor innvirkning på den overliggende vannmassen og dyr som lever i sedimentet blir underordnet. Med en sedimenttilvekst på 1.3 mm/år vil det ta 77 år før det er bygget seg opp et sedimentlag på 10 cm. Av den grunn må man regne med at effekten av naturlig overdekking som forurensningsbegrensende tiltak vil bli noe forsinket.

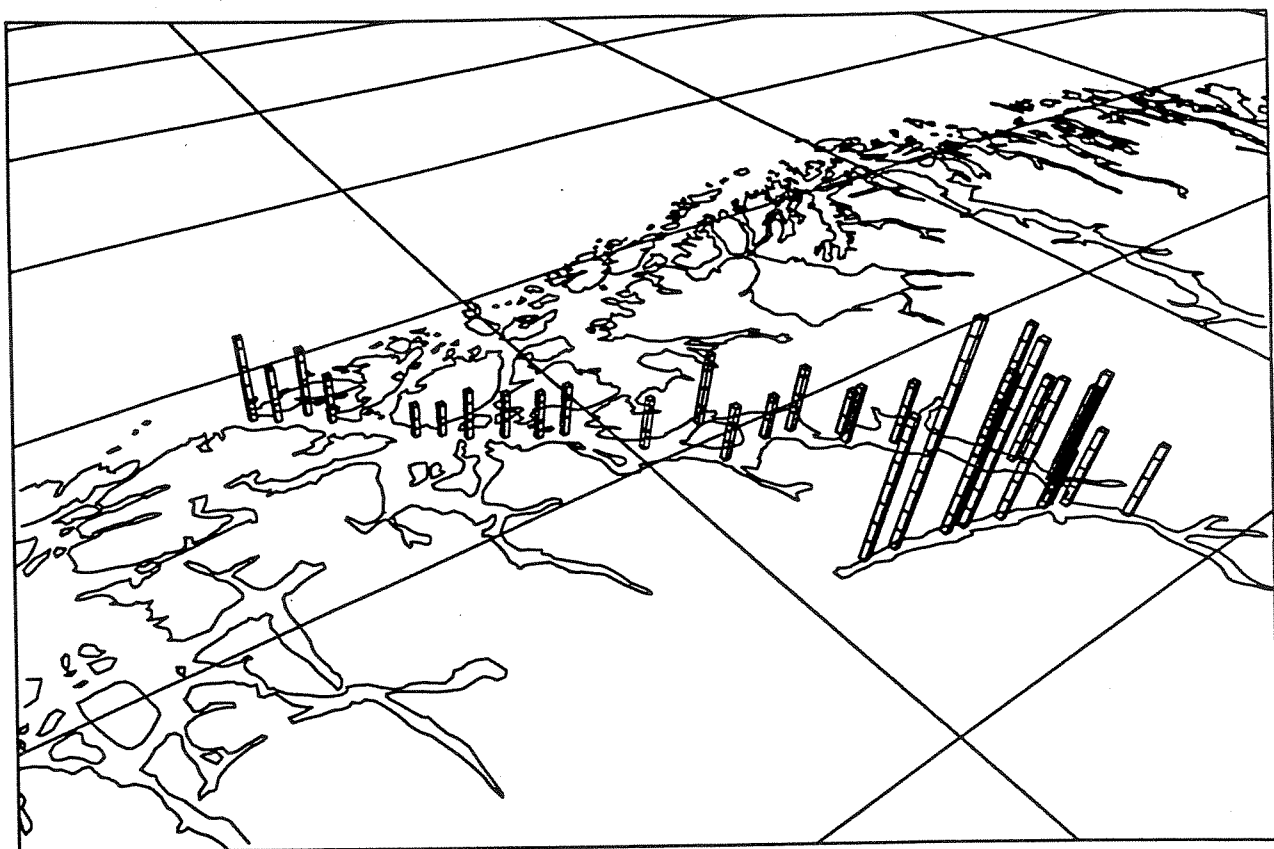
Tungmetaller

De tungmetallene som man har valgt å konsentrere seg om er kopper, bly, kadmium, sink og kvikksølv. Dette er alle tungmetaller som har kjente kilder i Odda-området og som omfatter høyprioriterte metaller i miljøsammenheng (kadmium, bly og kvikksølv). Dette er også metaller som er blitt overvåket i snart 20 år i Sørfjorden.

Vanligvis normaliseres tungmetalldata i sedimenter til sedimentets aluminiuminnhold (eller litium) og kornstørrelse (Loring, 1991). Dette gjøres for å kunne kompensere for forskjeller i mineralogi og kornstørrelse og for dermed lettere å kunne skille mellom naturlige variasjoner og forurensning. Data fra Sørfjorden og Hardangerfjorden derimot, viser konsentrasjoner som langt overskrider naturlige variasjoner, slik at det har liten hensikt å normalisere data.

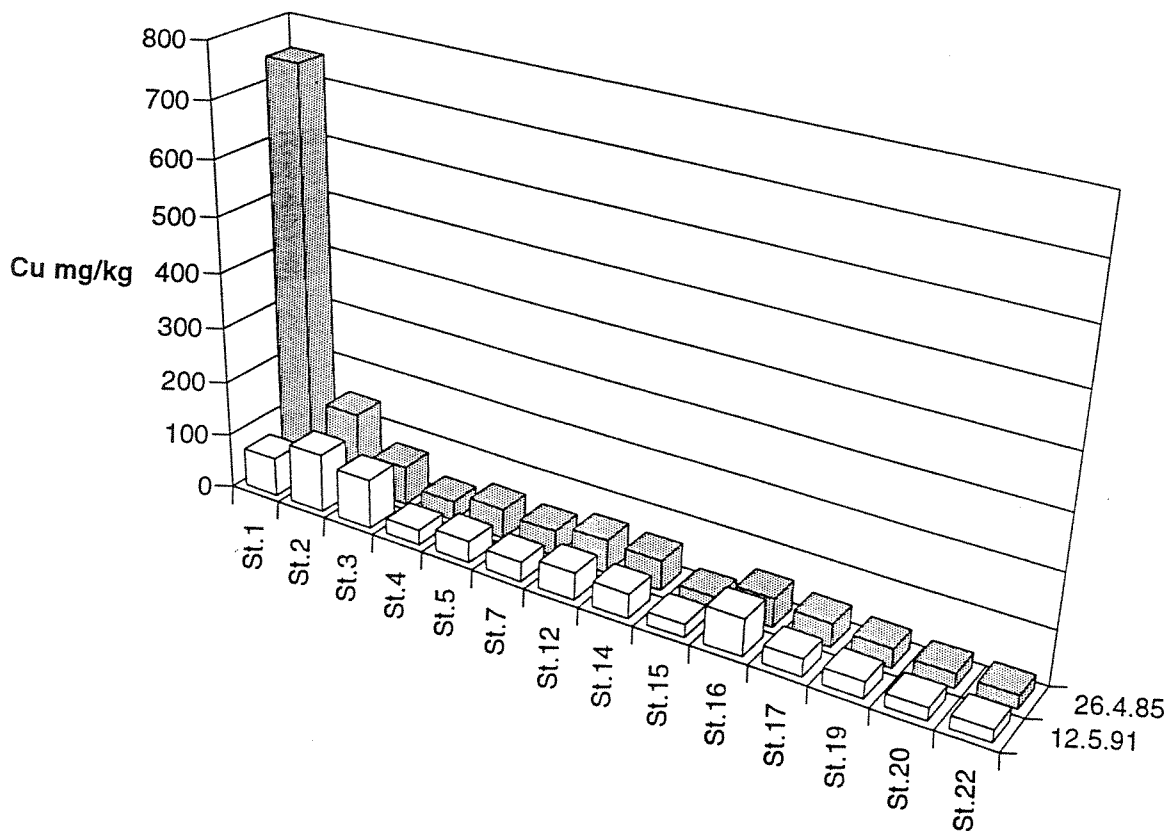
Kopper (Cu)

Målinger i 1985 viste konsentrasjoner stort sett under 50 mg/kg utenfor Sørfjordens munning. Dette er i følge Knutzen og Skei (1990) litt i overkant av hva som betraktes som bakgrunnsnivå i fjordsedimenter (25 ± 10 mg/kg). Det bør imidlertid presiseres at prøvene i 1985 ble oppsluttet med salpetersyre og således ikke gir totalkonsentrasjon av metaller. Av den grunn må vi anta at total kopperkonsentrasjon var i overkant av 50 mg/kg. Resultatene fra 1991, som representerer total konsentrasjon, viser stort sett verdier mellom 20 og 50 mg/kg i overflatesedimentene i Hardangerfjorden (fig. 11). Det kan derfor registreres en viss nedgang siden 1985 (fig. 12).



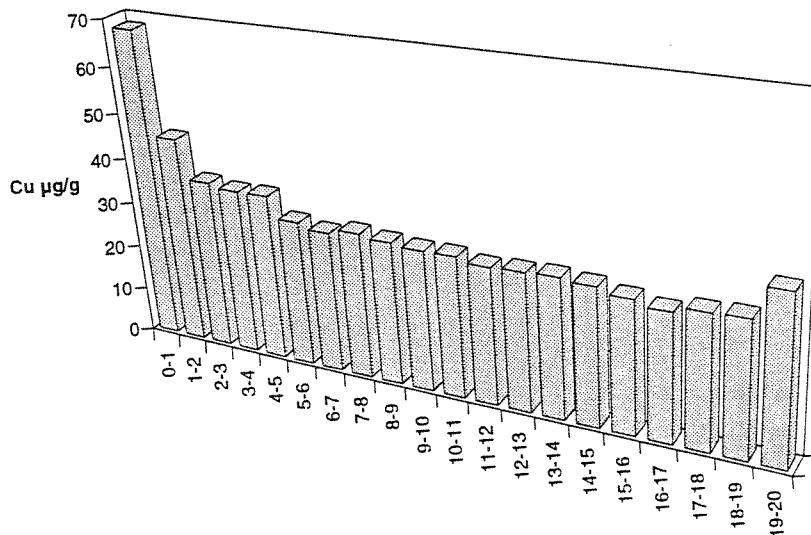
Figur 11. Fordelingen av kopper i overflatesedimenter fra Sørkjolen og Hardangerfjorden, 1989 og 1991.

(lib) ske-sørkjolen



Figur 12. Sammenligning av konsentrasjoner av kopper i overflatesedimenter målt i 1985 og 1991 på strekningen Tyssedal (st. 1) til Varaldsøy (st. 22).

Analysen av en 20 cm lang kjerne fra dybbassenget i Hardangerfjorden (st. 16, 850 m dyp) viste verdier av kopper i nedre deler av kjernen på ca. 30 mg/kg (fig.13). Dette kan vi betrakte som bakgrunnsnivå for kopper i sedimenter fra Hardangerfjorden. I den øverste centimeteren i denne kjernen ble det målt 68 mg/kg kopper. Vi må anta at sedimenttilveksten i dybbassenget i Hardangerfjorden er svært liten og at den øverste centimeteren representerer minst 10 - 20 år.



Figur 13. Vertikal fordeling (cm) av kopper i sedimentkjerne fra dybbassenget i Hardangerfjorden (st. 16, 850 m dyp).

I selve Sørfjorden ble det i overflatesedimentene målt fra 30 til 90 mg/kg kopper i 1991 (fig. 11). Til sammenligning ble det i 1985 målt konsentrasjoner mellom 36 og 748 mg/kg. Forskjellene er minst ytterst i fjorden og størst helt innerst (fig. 12). Ved eliminering av jarosittutslippet i 1986 ble det en dramatisk endring i tilførselene av tungmetallholdig slam til sedimentene innerst i fjorden. I dette området er også tilførselene av naturlige sedimenter størst, slik at det skjer en relativ rask forbedring. På den innerste stasjonen like utenfor Tyssedal (st. 1, fig. 1) ble det målt følgende konsentrasjoner i de øvre 3 cm i sedimentene :

0 - 1 cm :	71 mg/kg
1 - 2 cm :	121 "
2 - 3 cm :	190 "

Det bør imidlertid påpekes at de øvre 3 cm befinner seg i det aktive "hurtiglageret" som er potensielt tilgjengelig for sedimentlevende dyr og som lett kan utsettes for fysisk omrøring.

Bly (Pb)

Nest etter sink er bly det tungmetallet som ble sluppet ut i størst kvanta til Sørfjorden fra industrien i Odda. I begynnelsen av 70-årene var utslippet fra Norzink oppe i over 4 tonn pr. dag, mens i begynnelsen av 80-årene var utslippet i størrelsesordenen 1 til 2 tonn pr. dag. I 1991 er det samlede utslippet av bly fra industribedriftene i Odda-området på 5.8 tonn pr. år eller ca. 15 kg på dagsbasis (tabell 1). Det har således skjedd en dramatisk endring i blytilførselene de siste 10 år.

I området **utenfor** Sørfjorden ble det i 1985 registrert blykonsentrasjoner i overflatesedimentene mellom 340 og 80 mg/kg fra munningen av Sørfjorden til Varaldsøy (st. 22). I 1991 ble det på samme strekningen målt verdier på samme nivå i overflatesedimentene. På strekningen Varaldsøy - munningen av Hardangerfjorden ble det i 1989 målt mellom 50 og 100 mg/kg (fig. 14). Det ser derfor ikke ut til å være noen nedgang i bly-konsentrasjonene i sedimentene fra 1985 til 1991 i Hardangerfjorden (fig. 15). Analyser av kjernen fra dypbassenget (fig. 16) viste 380 mg/kg bly i overflaten og 35 - 40 mg/kg i dypere deler av kjernen. I henhold til Knutzen og Skei (1990) er bakgrunnsnivået av bly i fjordsedimenter på 20 ± 10 mg/kg, noe som samsvarer rimelig bra med nivåene i den dypeste delen av kjernen i Hardangerfjorden. Et nivå på 380 mg/kg bly i sedimenter betegnes som markert forurenset (se Knutzen og Skei, 1990). Årsaken til det høye forureningsnivået i dypbassenget i Hardangerfjorden antas å være den lave sedimenttilveksten og at de øvre 1 cm representerer sedimentering i den perioden da utslippene fra industrien i Odda fortsatt var meget høy. Fig. 16 viser at ihvertfall de øvre 5 cm av kjernen er kontaminert. Hvis vi går ut fra at tilførselene av industriavfall har vedvart i minst 60 år, gir dette en gjennomsnittlig sedimenttilvekst på 0.8 mm/år. I så fall representerer de øvre 1 cm av sedimentet ca. 13 år og inkluderer således perioden før jarositt-avfallet fra Norzink ble overført til fjellhaller.

I Sørfjorden ble det i 1985 målt bly-konsentrasjoner fra 254 mg/kg ved munningen av fjorden til 8616 mg/kg utenfor Tyssedal (Skei et al., 1986) (fig. 15). Tilsvarende ble det i overflatesedimentene i 1991 målt fra 150 til 810 mg/kg på samme strekningen (fig. 14). Det kan derfor fastslås en betydelig reduksjon i bly-kontamineringen av sedimentene i Sørfjorden i perioden 1985 - 1991. Hvis vi sammenligner med målinger gjort før 1985 på tre lokaliteter i Sørfjorden ser vi følgende:

Sted	1971	1978/81	1985	1991
Tyssedal	4700	5220	8616	130
Digraneset	1030	1077	1389	810
Børve	148	287	488	590

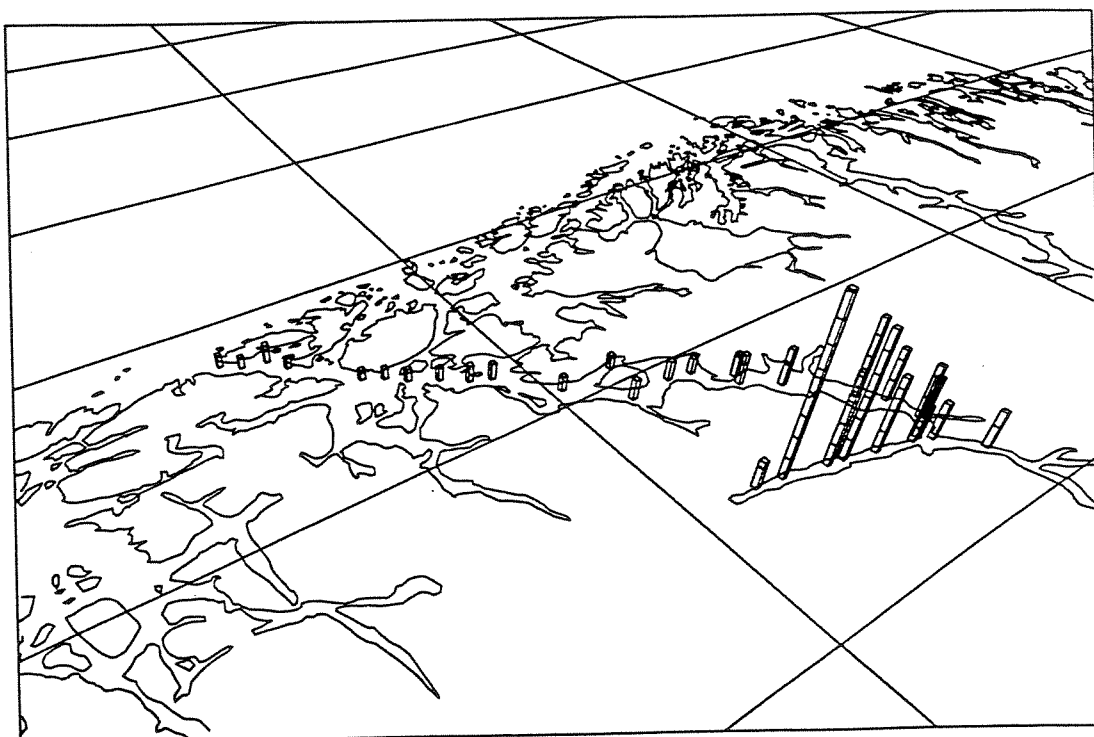
(Alle konsentrasjonene er i mg/kg, tørt sediment).

Av disse tallene fremgår at nærmest kilden til bly (Tyssedal) økte konsentrasjonene frem til 1985. Dette skyldes ganske sikkert økt produksjon ved Norzink fra 1965 til 1980 (50% produksjonsøkning) og av den grunn økt utslipp av jarositt og bly. I perioden 1985 - 1990 skjedde en kraftig reduksjon i utslippene og det gjenspeiler seg i stasjonen nærmest kilden først. Samme tendensen ser vi også ved Digraneset, men her er forskjellen mellom 1985 og 1991 mindre på grunn av lavere sedimenttilvekst. Ved Børve (ca. halvveis ute i Sørfjorden, fig.1) ser vi at nivåene i overflaten var høyest i 1991. Det skyldes at de øvre 1 cm av sedimentet representerer en lengre tidsperiode enn de øverste 1 cm ved Digraneset og omfatter således en periode med store utslipp.

En annen måte å registrere reduksjon av utslippene på er å se på vertikalprofilen i sedimentet nærmest kilden (st. 1, Tyssedal). I de øvre 3 cm er fordelingen som følger:

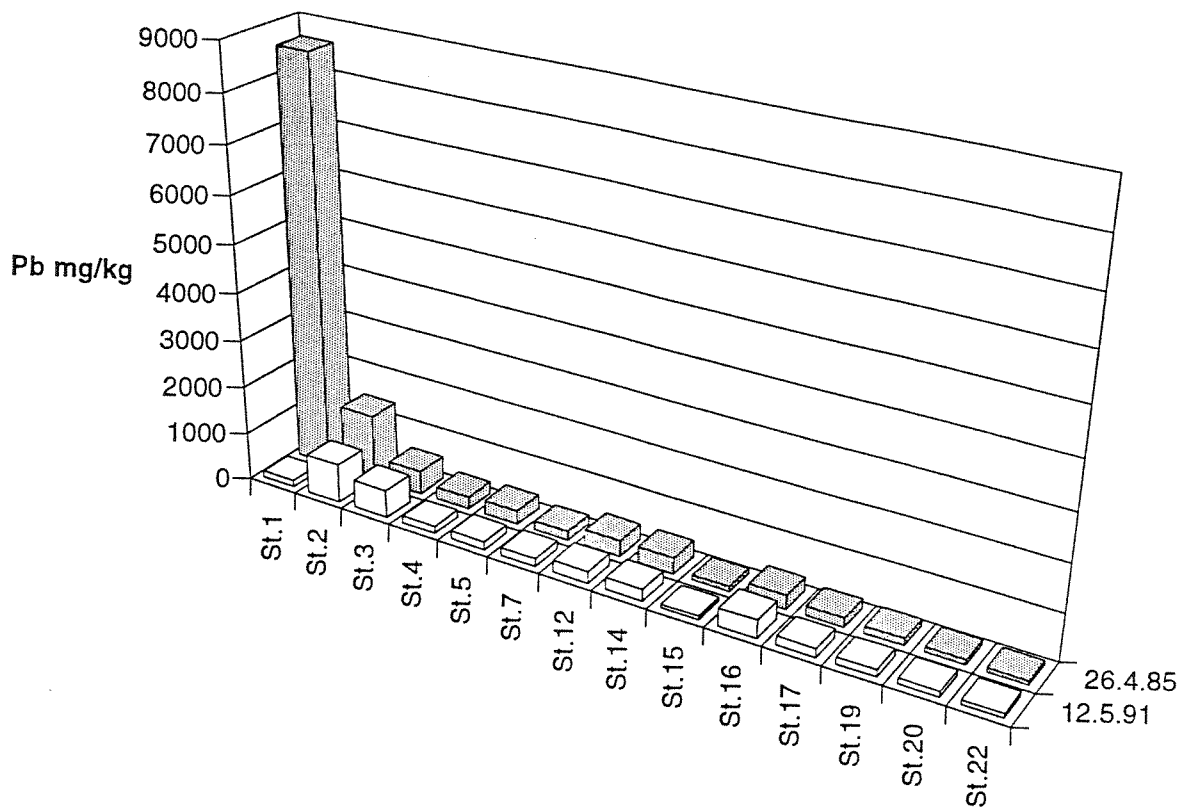
0 - 1cm :	130 mg/kg
1 - 2 cm :	470 "
2 - 3 cm :	1280 "

Det er derfor en god overenstemmelse mellom utlippsforhold og det vi registrerer i sedimentene. Det er et eksempel på sedimentenes fortreffelighet når det gjelder kartlegging av en forurensningssituasjon i tid og rom.

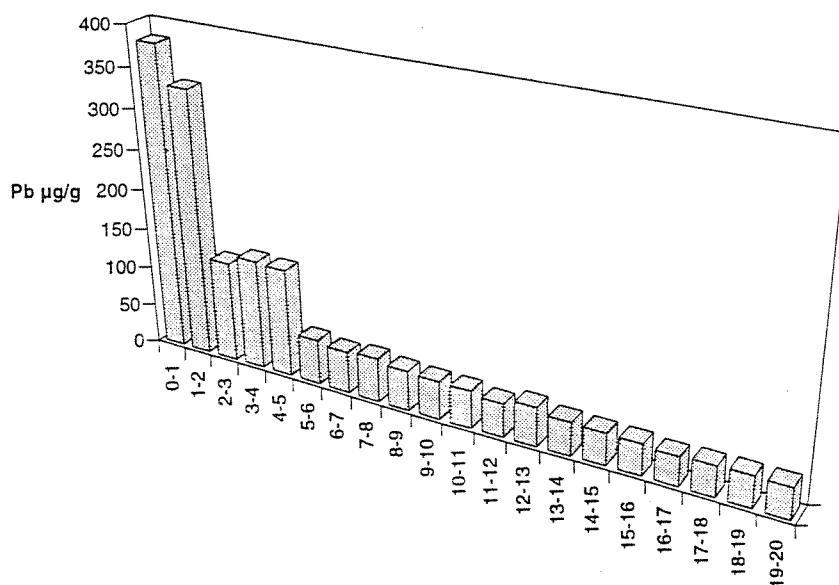


Figur 14. Fordelingen av bly i overflatesedimenter fra Sørfjorden og Hardangerfjorden, 1989 og 1991.

(lib) ske-sørfjord



Figur 15. Sammenligning av konsentrasjoner av bly i overflatesedimenter målt i 1985 og 1991 på strekningen Tyssedal (st. 1) til Varaldsøy (st. 22).



Figur 16. Vertikal fordeling (cm) av bly i sedimentkjerne fra dypbassenget i Hardangerfjorden (st. 16, 850 m dyp).

(lib) ske-sørfjord

Sink (Zn)

Store sinkutslipp har ført til ekstremt høye konsentrasjoner i sedimentene innerst i fjorden, spesielt i området Tyssedal - Odda (Skei et al., 1972). På det meste var utslippet av sink fra Norzink ca. 6 tonn pr. dag, mens det samlede utslipp fra de tre største bedriftene idag er vel 40 kg pr. dag (tabell 1).

Mens utslippene av bly stort sett fulgte utslippene av jarositt, hadde sink flere kilder. En del av disse ble eliminert ved bygging av vannrensaneanlegg i 1976.

Utenfor Sjørfjorden ble det i 1985 målt mellom 150 og 450 mg/kg sink i overflatesedimentene (Skei et al., 1986), mens i 1991 ble det målt mellom 170 og 610 mg/kg innenfor Varaldsøy (st. 22) og mellom 80 og 180 mg/kg utenfor Varaldsøy (fig. 17). I likhet med bly kan det ikke spores noen stor endring i overflatesedimentene i Hardangerfjorden mellom 1985 og 1991 (fig. 18). Det skyldes at det er for kort tid mellom tidspunktet for deponering av jarositt i fjellhaller (1986) og neste prøvetaking.

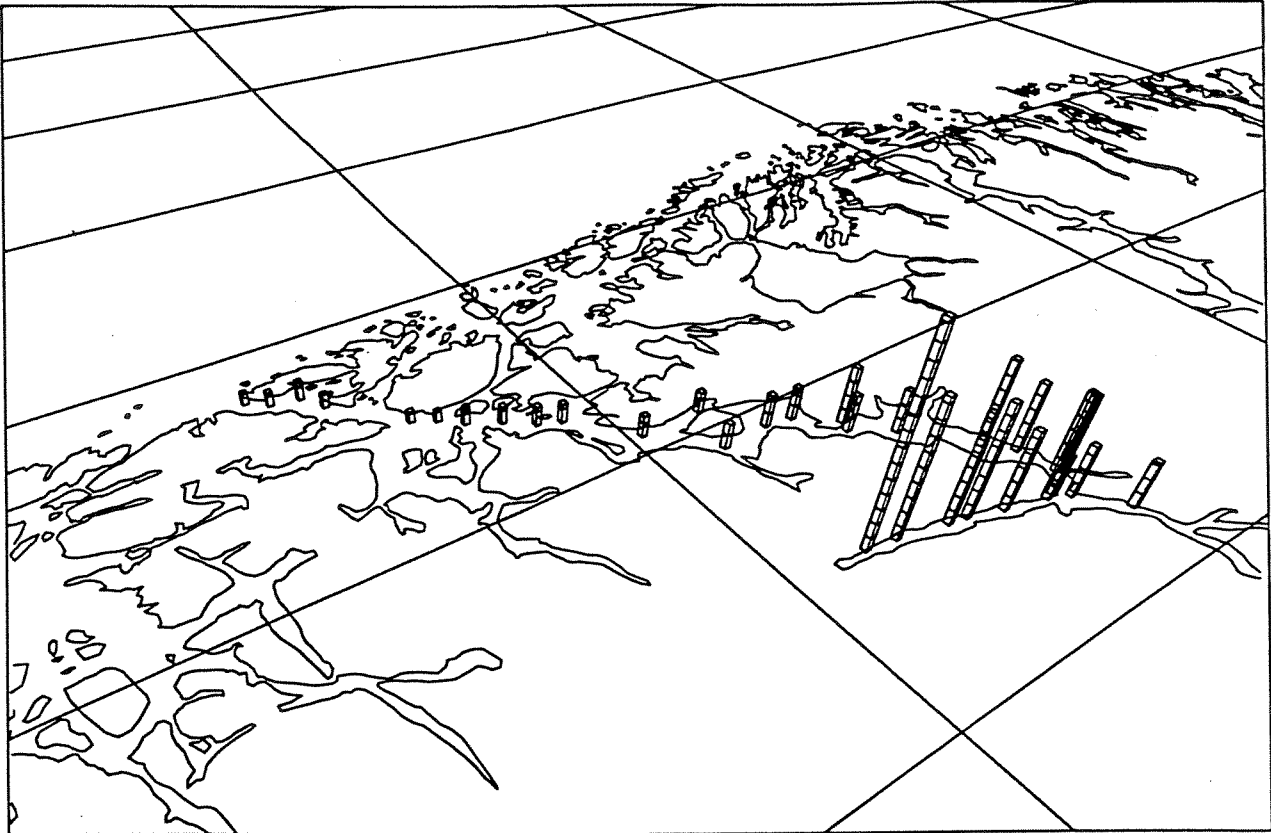
Sedimentkjernen i dypbassenget i Hardangerfjorden viste en konsentrasjon på 610 mg/kg sink i overflaten og ca. 170 mg/kg i dypere deler av kjernen (fig. 19). De relativt høye konsentrasjonene i nedre deler av kjernen tyder på et naturlig høyt bakgrunnsnivå, trolig på grunn av forkomst av sinkholdig malm i området. Vanligvis regnes bakgrunnsnivået for sink i fjordsedimenter å ligge på 100 + 50 mg/kg (Knutzen og Skei, 1990). Det er derfor ikke mulig å si med sikkerhet at sedimentene utenfor Varaldsøy er kontaminert på grunn av utslipp fra Odda-området.

I Sjørfjorden ble det registrert nivåer av sink i overflatesedimentene i området 270 - 8380 mg/kg i 1985 og i 1991 i området 280 - 1430 mg/kg. En sammenligning med tidligere år viser for tre av stasjonene:

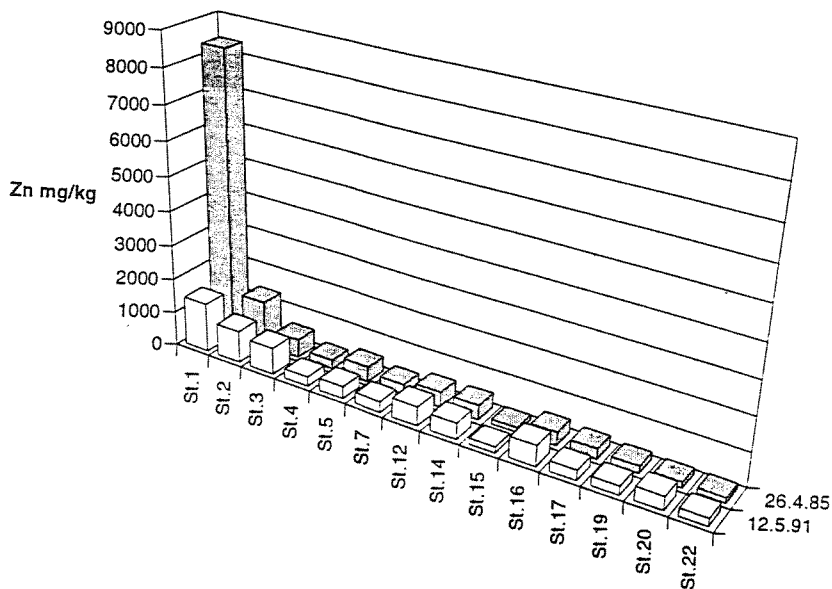
Sted	1971	1978/81	1985	1991
Tyssedal	6500	8650	8380	1430
Digraneset	1080	1313	1340	940
Børve	340	412	538	780

(Alle konsentrasjoner er i mg/kg).

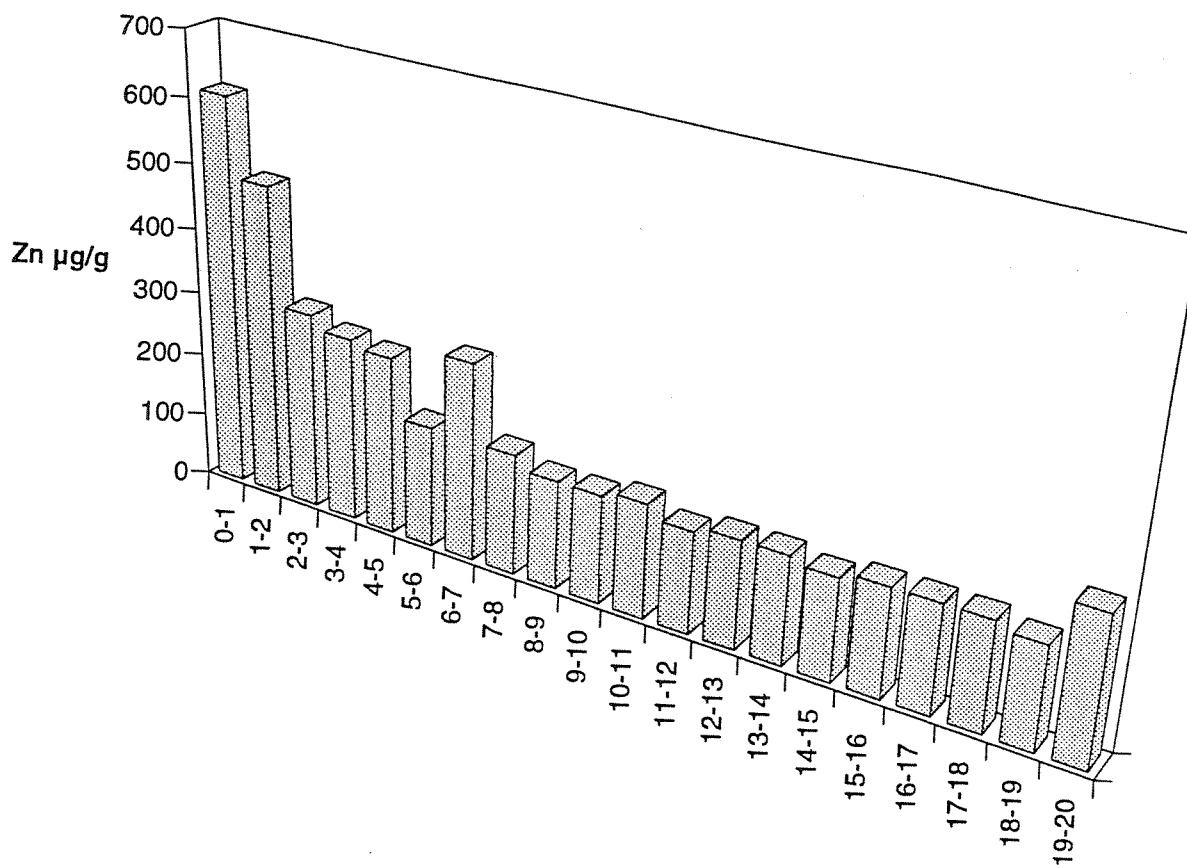
Dette tallmaterialet viser samme trend som for bly og hvor den naturlige sedimenteringen bestemmer hvor raskt et sediment reagerer på en utslippsendring. Med den lave sedimenttilveksten man har i ytre deler av Sjørfjorden og i Hardangerfjorden vil det ta meget lang tid før nivåene av tungmetaller i overflatesedimentene blir tilnærmet normale.



Figur 17. Fordelingen av sink i overflatesedimenter fra Sørkjorden og Hardangerfjorden, 1989 og 1991.



Figur 18. Sammenligning av konsentrasjoner av sink i overflatesedimenter målt i 1985 og 1991 på strekningen Tyssedal (st. 1) til Varaldsøy (st. 22).
(lib) ske-sørkjorden



Figur 19. Vertikal fordeling (cm) av sink i sedimentkjerner fra dypbassenget i Hardangerfjorden (st. 16, 850 m dyp).

Kadmium (Cd)

Kadmium er kanskje regnet som den største miljøtrusselen i Sjøfjorden - Hardangerfjordområdet. Mange års overvåking av kadmium i blåskjell har bekreftet at vi står overfor et alvorlig miljøproblem som bl.a. har bidratt til kostholdsråd når det gjelder blåskjell og fiskelever.

I finkornige fjordsedimenter er det naturlige bakgrunnsnivået 0.20 ± 0.05 mg/kg (Knutzen og Skei, 1990). Målinger gjort utenfor Sjøfjorden i 1985 viste verdier i overflatesedimentene mellom 0.1 og 0.5 mg/kg ut til Varaldsøy. Dette tilsier at nivåene som ble målt i 1985 bare på enkelte stasjoner var høyere enn bakgrunnsnivå.

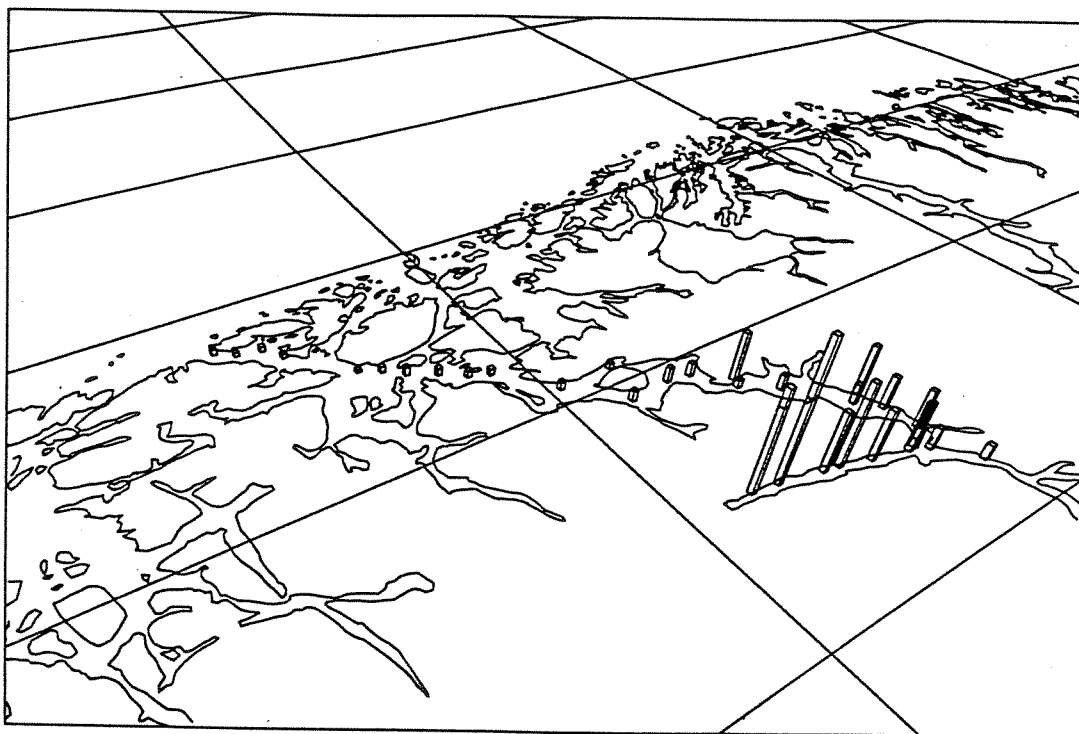
I 1991 ble det målt mellom 0.13 og 0.70 mg/kg i Hardangerfjorden og mellom 0.05 og 0.13 utenfor Varaldsøy (1989) i overflatesedimentene (fig. 20). Nivåene er omtrent de samme som i 1985 (fig. 21). Sedimentkjernen i dypbassenget i Hardangerfjorden viste en konsentrasjon på 0.70 mg/kg i overflaten og verdier mellom 0.15 og 0.20 mg/kg i dypere deler av kjernen som må betraktes som normalt (fig. 22). Det kan derfor konkluderes med at overflatesedimentene i Hardangerfjorden bare er svakt kontaminert. Kadmiumforurensningen i dette området er tydeligvis stort sett begrenset til overflatevannet hvor kadmium forligger løst eller er knyttet til små partikler som ikke sedimenterer i området.

I Sørfjorden er det ved Tyssedal, Digraneset og Børve (se fig. 1) målt kadmium i overflatesedimentene i 1971, 1987/81, 1985 og 1991. Disse resultatene viser følgende:

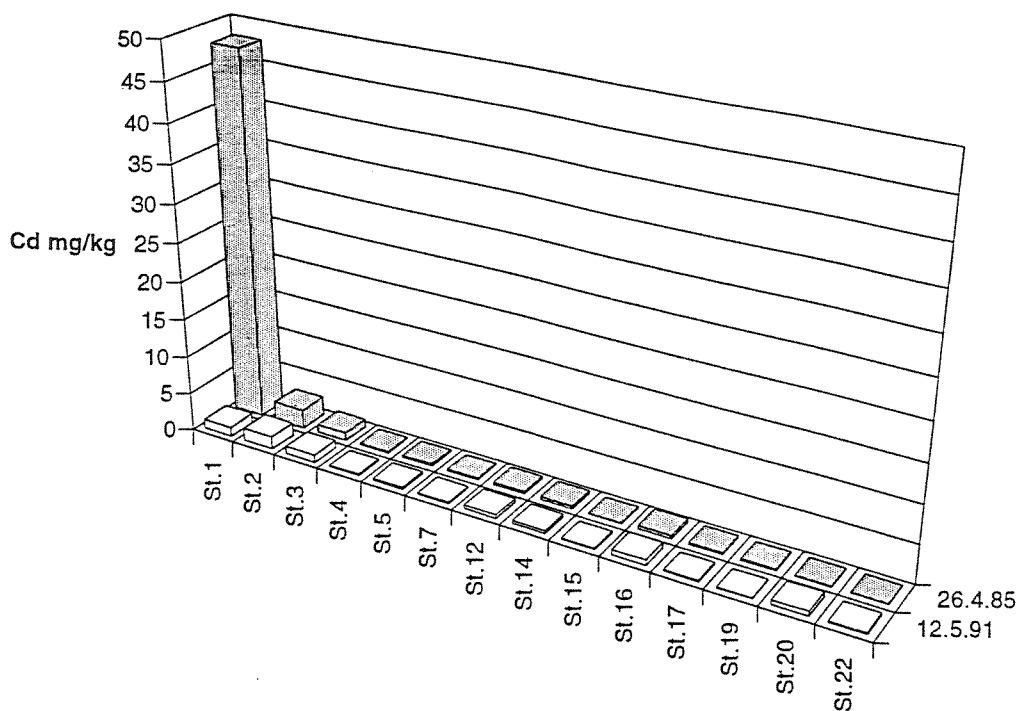
Sted	1971	1978/81	1985	1991
Tyssedal	45	41	48	1.2
Digraneset	16	4	2.5	1.7
Børve	-	0.75	1.00	1.00

(Alle konsentrasjonene er i mg/kg).

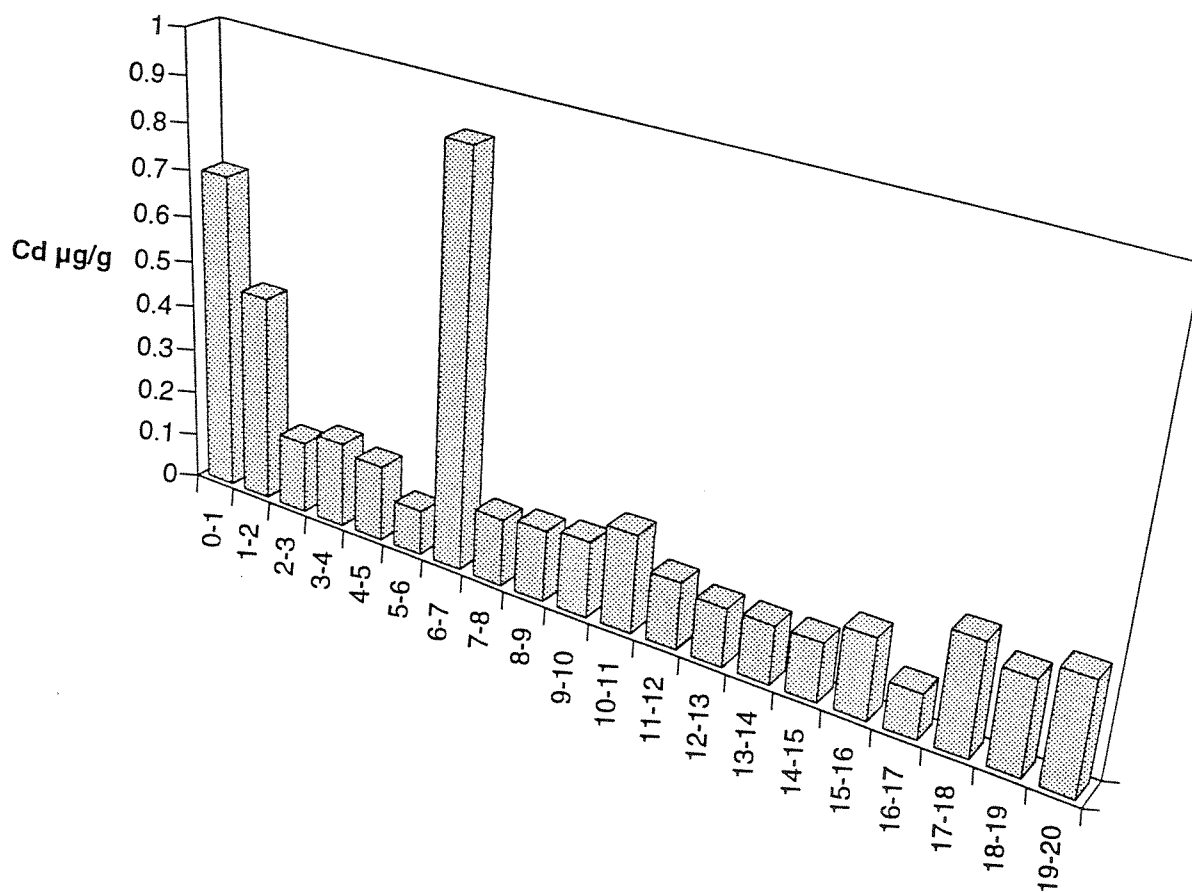
Resultatene viser på samme måte som bly og sink en kraftig nedgang innerst i fjorden mellom 1985 og 1991, mens ved Børve er konsentrasjonene de samme i 1985 og 1991. Ved munningen av Sørfjorden ble det målt 0.23 mg/kg kadmium i 1991, noe som bekrefter at forurensningen av sedimentene med kadmium er mye mere lokal enn sink og bly. Videre er det grunn til å tro kadmium i sedimentene i Sørfjorden skyldes tidligere avsetning av jarositt, men at den mer omfattende forurensningen av fisk og skaldyr skyldes andre kadmiumkilder som påvirker overflatevannet og som transporteres langt (f. eks. deponier over og under vann i Eitrheimsvågen).



Figur 20. Fordelingen av kadmium i overflatesedimenter fra Sørkjorden og Hardangerfjorden, 1989 og 1991.



Figur 21. Sammenligning av konsentrasjoner av kadmium i overflatesedimenter målt i 1985 og 1991 på strekningen Tyssedal (st. 1) til Varaldsøy (st. 22).
(lib) ske-sørkjord



Figur 22. Vertikal fordeling (cm) av kadmium i sedimentkjerne fra dybbassenget i Hardangerfjorden (st. 16, 850 m dyp).

Kvikksølv (Hg)

Kvikksølv har vært et problem i Sørfjorden i lang tid, sannsynligvis helt fra utslippene fra Norzink startet i 30-årene. Ved bygging av renseanlegg i 1973 ble det registrert en betydelig bedring i biologisk materiale og i vann. Til tross for dette var utslippene fra Norzink i 1977 ca. 1350 kg pr. år (SINTEF, 1979), mens det totale utslippet fra de tre største bedriftene i Odda-området i 1991 var 36 kg.

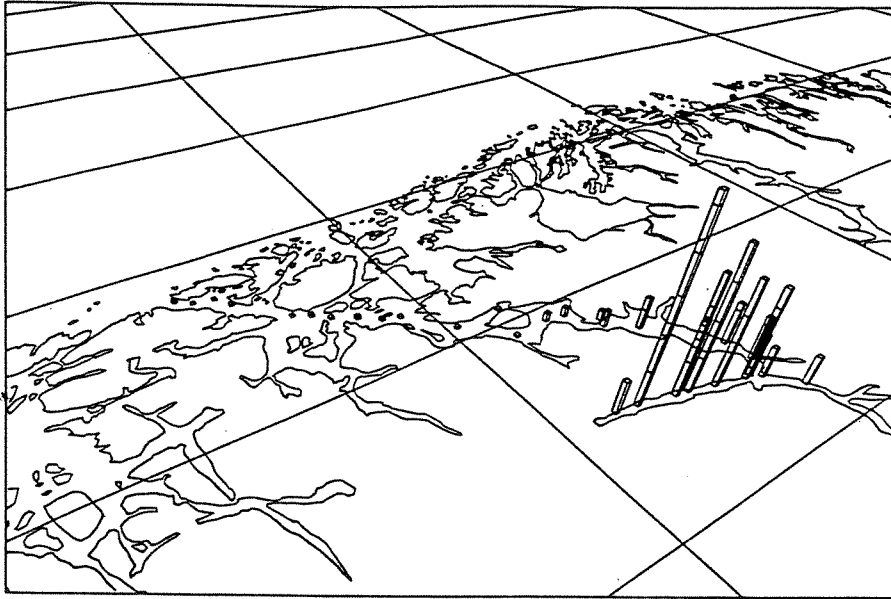
Utenfor Sørfjorden ble det i 1985 registrert konsentrasjoner av kvikksølv mellom 0.2 og 1.0 mg/kg i overflatesedimentene. Til sammenligning er bakgrunnsnivået av kvikksølv i fjordsedimenter vurdert til 0.1 ± 0.05 mg/kg (Knutzen og Skei, 1990). Det ble således målt en betydelig kvikksølvkontaminering av sedimentene i hele Hardangerfjorden ut til Varaldsøy (Skei et al., 1986).

I 1991 ble det påvist konsentrasjoner i området 0.25 og 2.00 mg/kg ut til Varaldsøy og 0.02 og 0.08 mg/kg utenfor Varaldsøy (1989) (fig. 23 og 24). Det kan derfor slås fast at sedimentene i Hardangerfjorden ut til Varaldsøy fortsatt er betydelig forurensset av kvikksølv.

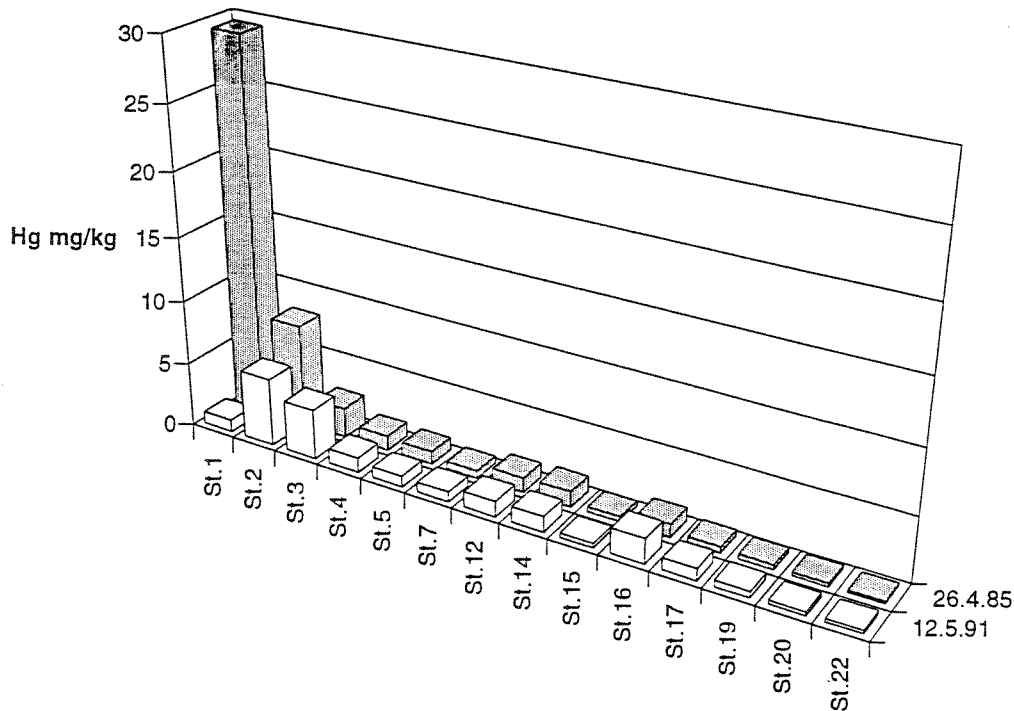
Sedimentkjernen fra dypbassenget i Hardangerfjorden (850 m) viser en meget klar anrikning i de øvre 5 cm (fig. 25). Det er derfor klart at dette representerer sedimenter avsatt etter at industrien i Odda tilførte fjorden kvikksølv og at sedimentasjonsraten i dette bassenget er mindre enn 1 mm pr. år. Det vil derfor ta mer enn 100 år før et sedimentlag med tykkelse 10 cm bygger seg opp.

Analysen av dypere deler av sedimentkjernen viser konsentrasjoner mellom 0.01 og 0.05 mg/kg, noe som bekrefter at bakgrunnsnivået av kvikksølv i sedimentene i dette området er meget lavt.

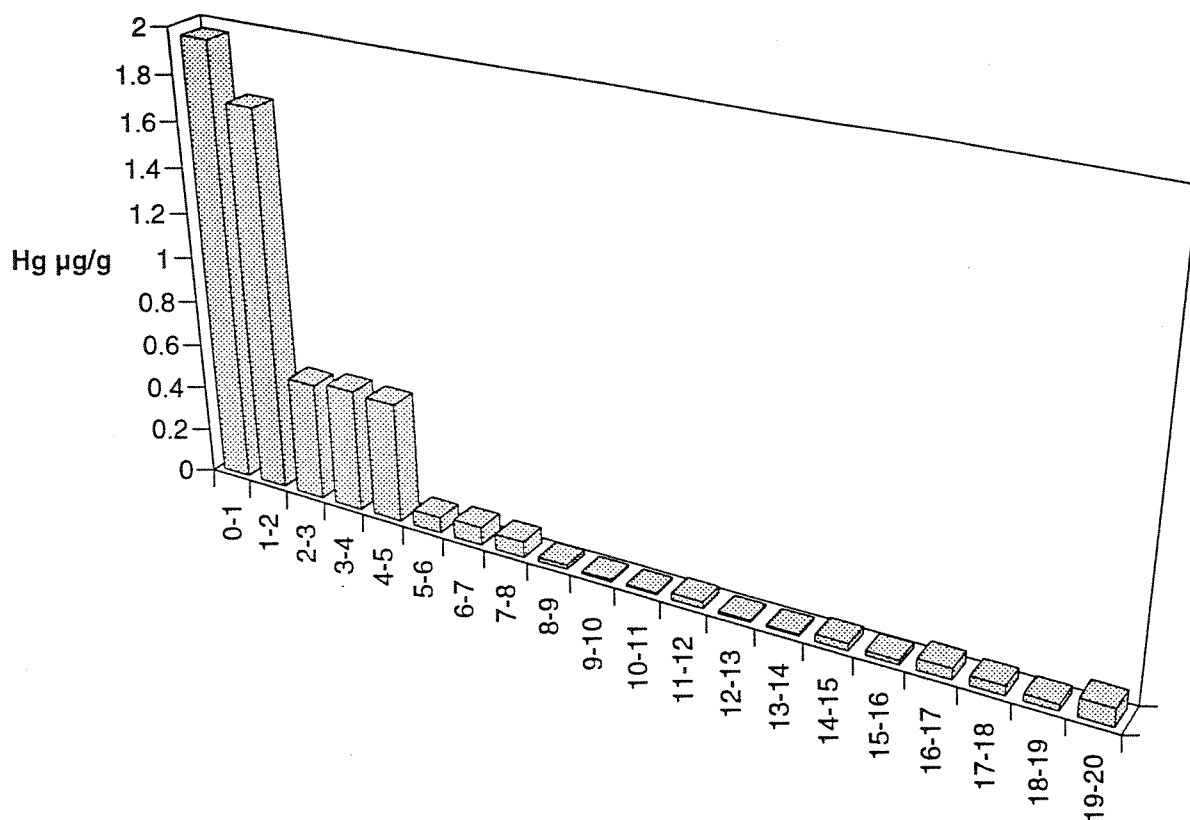
I selve Sørfjorden ble det i 1985 målt konsentrasjoner i området 1 til 29 mg/kg kvikksølv. Til sammenligning ble det målt konsentrasjoner mellom 1 og 5 mg/kg i 1991 på strekningen Ullensvang - Tyssedal (fig. 24). Dette viser at konsentrasjonene har gått betydelig ned, spesielt ved Tyssedal, men at nivåene fortsatt er svært høye i hele Sørfjorden. Konsentrasjonene er nå høyere ved Digraneset (st. 3) enn ved Tyssedal (st. 2) på grunn av forskjeller i sedimenttilvekst. Dette har delvis naturlige årsaker, men man kan heller ikke se bort fra at det delvis skyldes utslipp av slam og aske fra Tinfos Titan & Iron K/S (TTI) som inneholder lavere konsentrasjoner av disse metallene enn de underliggende sedimentene.



Figur 23. Fordelingen av kvikksølv i overflatesedimenter fra Sørkjosen og Hardangerfjorden, 1989 og 1991.



Figur 24. Sammenligning av konsentrasjoner av kvikksølv i overflatesedimenter målt i 1985 og 1991 på strekningen Tyssedal (st. 1) til Varaldsøy (st. 22).
(lib) ske-sørkjosen



Figur 25. Vertikal fordeling (cm) av kvikksølv i sedimentkjerne fra dypbassenget i Hardangerfjorden (st. 16, 850 m dyp).

Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH)

Tjærstoffer eller polysykliske aromatiske hydrokarboner er blitt viet en del oppmerksomhet under overvåkingen av Sør fjorden og Hardangerfjorden. Dette skyldes to store punktkilder i indre del av Sør fjorden: DNN Aluminium i Tyssedal frem til 1982 da verket ble nedlagt, og Odda Smelteverk i Odda. Målinger i biologisk materiale i de senere år har imidlertid kun påvist nokså lokale effekter.

I 1985 ble det gjort analyser av overflatesedimenter på to stasjoner i Sør fjorden (st. 3 og 4), en i Eidfjorden (st. 7) og to i selve Hardangerfjorden (st. 15 og 17) (Skei et al., 1986). Resultatene viste at PAH-innholdet (sum av 45 komponenter) varierte mellom 0.4 og 3.5 mg/kg. Høyest var konsentrasjonen på den innerste stasjonen i Sør fjorden (Børve, ca. 20 km fra Odda), noe som indikerer at hovedkilden befant seg i Sør fjorden.

I 1991 ble det målt PAH i sedimentene litt nord for Kvalnes (st. 2B), ved Ullensvang (st. 3B) og på fire stasjoner i Hardangerfjorden (st. 15, 16, 19 og 22). Det er således ikke helt samsvar mellom stasjonene i 1985 og 1991. På stasjonene i Sør fjorden ble det målt mellom 1.5 og 2.5 mg/kg total PAH i overflatesedimentene. På stasjon 2B ble det også analysert på sjiktene 1 - 2, 2 - 3, og 3 - 4 cm dyp i sedimentet. Nivåene var omtrent de samme som i overflaten, noe som kan tyde på at tilførslene ikke har endret seg stort de senere år. Omtrent halvparten av PAH-mengden i prøvene omfatter stoffer som betegnes som potensielt kreftfremkallende (KPAH).

Prøvene fra Hardangerfjorden viste konsentrasjoner mellom 0.4 og 0.8 mg/kg PAH med unntak av prøven tatt utenfor Ålvik (st. 15) som viste 1.1 mg/kg. I 1985 ble det målt 1.7 mg/kg total PAH, noe som bekrefter at det befinner seg en lokal PAH-kilde i Ålvik. I henhold til Knutzen og Skei (1990) er

konsentrasjoner opp til 0.5 mg/kg å betrakte som bakgrunnsnivåer, slik at sedimentene utenfor Ålvik må ansees som kontaminert av PAH.

Konklusjonen må bli at sedimentene i Sjørfjorden og Ålvik er kontaminert av PAH, men at nivåene ellers i Hardangerfjorden må betraktes som nærmest normale. Det bør påpekes at det kun ble gjort analyser av sediment fra ytre deler av Sjørfjorden. Tidligere analyser innerst i Sjørfjorden i 1990 basert på 10 PAH-komponenter viste verdier i Oddas havnbasseng på 270 mg/kg PAH i overflatesedimentene (J.Klungøy, pers. medd). Det er således en lokal og kraftig forurensning av PAH innerst i Sjørfjorden.

Polyklorerte bifenyler (PCB) og andre klorerte forbindelser

Det er påvist forhøyede nivåer av PCB i fiskelever innerst i Sjørfjorden helt siden 70-årene uten at man med sikkerhet har kunnet påvise noen konkret kilde (Knutzen og Skei, 1990). Høsten 1990 ble det gjennomført en sedimentundersøkelse i området Odda - Tyssedal for om mulig å kunne oppspore en hovedkilde (Skei og Klungøy, 1990). På grunn av generelt lave nivåer i sedimentene lyktes det ikke å finne noen bestemt kilde. De høyeste nivåene ble målt like utenfor Eitrheimsvågen hvor konsentrasjonen av 10 PCB-komponenter var 32 µg/kg (Skei og Klungøy, 1990). Knutzen og Skei (1990) har vurdert verdier lavere enn 5 µg/kg PCB som lite eller ubetydelig berørt. På den ytterste stasjonen litt nord for Tyssedal ble det i 1990 registrert 9 µg/kg PCB.

I 1991 ble det gjort analyser av klororganiske forbindelser på de samme stasjonene som PAH-analysene ble gjort. Foruten 8 PCB-komponenter ble det også analysert detekterbare mengder av alfa-BHC, HCB og p,p-DDE. Nivåene av lindan og OCS lå under deteksjonsgrensen.

Summen av 8 PCB-komponenter i overflateprøver fra Sjørfjorden på strekningen Kvalnes - Ullensvang var henholdsvis 1.9 og 0.6 µg/kg. I Hardangerfjorden ble det målt mellom 0.6 og 0.8 µg/kg PCB i overflateprøvene. Det observeres derfor en ganske klar gradient :

Eitrheimsvågen:	32 µg/kg PCB
Tyssedalområdet:	5 - 10 "
Midtre/ytre Sjørfjord:	0.8 - 1.9 "
Hardangerfjorden:	0.6 - 0.8 "

Dette indikerer at det befinner seg en PCB-kilde i nærheten av Odda, og at denne kilden har påvirket sedimentene i Sjørfjorden, men neppe i Hardangerfjorden.

Konsentrasjonen av stoffer som tidligere forekom i plantevernmidler (alfa-BHC og p,p-DDE) viste betydelig høyere konsentrasjoner i sedimentene i Sjørfjorden enn i Hardangerfjorden. Det er også påvist forhøyede nivåer av DDT og DDE i fiskelever i Sjørfjorden (Knutzen og Skei, 1991), som derved sannsynliggjør at disse stoffene har vært tilført eller tilføres Sjørfjorden. Det er grunn til å tro at dette kan kobles til landbruk og hagebruk, men det kan ikke tilbakeføres til noen konkret kilde.

Konsentrasjonene av HCB og 5-CB i sedimentene er noe høyere på den innerste sedimentstasjonen sammenlignet med de andre stasjonene. Det er imidlertid for få målinger og for lave konsentrasjoner til å vektlegge dette.

Det ble også gjort orienterende analyser av polyklorerte dibenzo-p-dioksiner (PCDD) og dibenzofuraner (PCDF) på stasjonene ved Tyssedal og Digraneset. Resultatene viste en konsentrasjon på henholdsvis 214 ng/kg og 156 ng/kg som sum dioksin (sum 2,3,7,8,-TEQ = 8.90 og 4.16). Dette er lave konsentrasjoner og indikerer ingen lokale tilførsler.

5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTILSTANDEN I VANNMASSENE OG SEDI-MENTENE

Overvåking av vann og sedimenter har pågått kontinuerlig siden 1977. Vannprøver har vært innsamlet flere ganger pr. år, mens sedimenter stort sett har vært innsamlet med intervaller på 4 - 5 år. Det eksisterer således et betydelig datamateriale som strekker seg over en periode på 15 år. I tillegg ble det innsamlet en god del prøver i perioden 1970 - 1977, men det kan reises en del tvil om datakvaliteten, spesielt på vannprøver.

Situasjonen i 1991 reflekterer forholdene fem år etter at jarosittavfallet fra Norzink ble ledet til fjellhaller, noe som førte til mer enn 90% reduksjon i utslippene av en rekke tungmetaller. Samme år ble det også bygget en spuntvegg på land i Eitrheimsvågen, som skulle redusere bidragene av tungmetaller fra deponier på land i vågen. Allerede i 1987 - 1988 ble det registrert en reduksjon i tungmetallnivåene i vann på 20 - 40 m dyp i Odda-området (Skei et al., 1989). Denne forbedringen ble tilskrevet fjerningen av jarositt. Det ble imidlertid observert små forbedringer i vannkvaliteten i overflatevannet på grunn av store bidrag fra deponier under og over vann i Eitrheimsvågen. Ved overvåkingen i 1988 - 1989 ble det registrert en dramatisk økning i forurensningsgraden av tungmetaller (spesielt sink) i overflatevann i hele Sør fjorden (Skei et al., 1990) på grunn av store tilførsler fra Eitrheimsvågen. Disse målingene bekrefter tidligere antagelser om at Eitrheimsvågen er en stor forurensningskilde, og at tiltak er nødvendig hvis målsetningen om at "fisk og skalldyr fra Hardangerfjorden/Sør fjorden skal fritt kunne brukes for konsum og at Hardangerfjorden skal få en vannkvalitet som gjør fjorden egnet for aquakultur" (Skei et al., 1989). Disse tiltakene er nå i ferd med å iverksettes, og overvåking i den neste 5-årsperioden vil avsløre i hvilken grad tiltakene har vært vellykket. Situasjonen i 1991 med hensyn til vannkvalitet viser at Eitrheimsvågen er en variabel kilde og at det spesielt var kvikksølv som viste store endringer over året. Med unntak av overflatevannet viser resultatene fra 1991 en stadig forbedring, slik at det er grunn til å være optimistisk med tanke på de neste 5 år.

Når det gjelder sedimentene er situasjonen noe annerledes. Responen på endringer i tilførsler av forurensning har en annen tidsskala sammenlignet med vann og vil bidra til at den totale forbedringen av miljøkvaliteten i fjorden vil forsinkes noe. Forurensning lagret i de øvre 10 cm av sedimentet er potensielt et problem på grunn av utløsning av stoffer til porevann og vannmassen over og opptak i sedimentlevende dyr som spises av f.eks. bunnfisk. Den naturlige sedimenttilveksten i midtre og ytre deler av Sør fjorden og Hardangerfjorden er meget lav, mens i området Tyssedal - Odda hvor sedimentene har vært mest forurenset, skjer overlagingen av naturlige sedimenter og industrislam, som inneholder lavere konsentrasjoner av tungmetaller enn de opprinnelige sedimenter, meget raskt. Situasjonen i 1991 var således at sedimentene innerst i Sør fjorden var betydelig mindre forurenset enn de var i 1984 - 1985 da forrige basisundersøkelse ble gjort. I ytre deler av Sør fjorden og i Hardangerfjorden var det bare små forbedringer å spore, og vi må forvente at denne situasjonen vil vedvare i lang tid.

Som eksempel kan nevnes at sedimenttilveksten i dypbassenget i Hardangerfjorden (850 m) er ca. 0.8 mm pr. år, og at det vil ta over 100 år før det er avsatt et sedimentlag på 10 cm.

6. LITTERATURHENVISNINGER

- Bloom, N.S. og E.A. Crecelius, 1983. Determination of mercury in seawater at sub-nanogram per liter levels. *Mar. Chem.*, 14: 49-59.
- Danielsson, L.-G., B.Magnusson og S. Westerlund, 1978. An improved metal extraction procedure for the determination of trace metals in sea water by atomic absorption spectrometry with electrothermal atomization. *Anal.Chim.Acta.*, 98: 47-59.
- Holtedahl, H., 1965. Recent turbidities in Hardangerfjord, Norway. *Proc.17th Symp. Colston Res.Soc. (Bristol)*, 107-141.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1990. Kvalitetskriterier for miljøgifter i vann, sedimenter og organismer samt forløpig forslag til klassifikasjon av miljøkvalitet. NIVA-rapport O-862602 (l.nr. 2540), 139 s.
- Knutzen, J. og J. Skei, 1991. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sjørfjorden og Hardangerfjorden 1990. Rapport 467/91 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2634), 63 s.
- Loring, D.H., 1991. Normalization of heavy-metal data from estuarine and coastal sediments. *ICES J.mar.Sci.*, 48: 101-115.
- SINTEF, 1979. Materialstrømanalyse for kvikksølv. Forprosjekt. Rapport for Statens forurensningstilsyn, 49 s.
- Skei, J., 1975. The marine chemistry of Sjørfjorden, West Norway. Ph.D.-thesis, University of Edinburgh. 207 s.
- Skei, J., 1981. Dispersal and retention of pollutants in Norwegian fjords. *Rapp. P.-v-Reun.Cons.int.Explor.Mer*, 181 : 78:86.
- Skei, J., N.B. Price, S.E. Calvert og H. Holthedal, 1972. The distribution of heavy metals in sediments of Sjørfjord, West Norway. *Water, Air and Soil Poll.*, 1: 452-461.
- Skei, J., B. Rygg og K. Næs, 1986. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sjørfjorden og Hardangerfjorden 1984 - 85. Delrapport 1: Sedimentfeller, bunnsedimenter og bløtbunnsfauna. Rapport 222/86 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 1851), 62 s.
- Skei, J., A. Pedersen., J.A. Berge, T. Bakke og K. Næs, 1987. Indre Sjørfjord. Sedimentenes betydning for metallforurensning i miljøet. Muligheter og behov for tiltak. Fase 2. Kvantifisering av utlekking av tungmetaller fra forurensede sedimenter. NIVA-rapport O-87005 (l.nr. 2067), 101 s.
- Skei, J., K.L. Seip, I. Tveit, P. Strømsnes, O. Skeie og R. Bøen, 1989. Indre Sjørfjord. Sedimentenes betydning for metallforurensning i miljøet. Muligheter og behov for tiltak. Fase 3. Tiltaksanalyse. NIVA-rapport O-89053 (l.nr. 2261), 68 s.
- Skei, J. og J. Klungsøyr, 1990. Kartlegging av PCB i sedimenter fra Indre Sjørfjord. NIVA-rapport O-90180 (l.nr.2528), 16 s.

Skei, J., J. Knutzen, F. Moy og N. Green, 1991. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1988 - 1989. Rapport 406/90 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2435), 75 s.

VEDLEGG

- Tabell 1:** Vannkjemiske data 1991.
- Tabell 2:** Tungmetaller i sedimenter fra Sørfjorden og Hardangerfjorden, 1991.
- Tabell 3:** Polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) i sedimenter fra Sørfjorden og Hardangerfjorden, 1991.
- Tabell 4:** Klororganiske forbindelser i sedimenter fra Sørfjorden og Hardangerfjorden, 1991.
- Tabell 5:** Dioksiner i sedimenter fra Sørfjorden og Hardangerfjorden, 1991.

Tabell 1. Vannkjemiske data 1991

STASJON : Urdheim

DATO : 910404

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	29.956	156.	3.00	1.610	0.57	12.60	0.160	0.712
40.0		231.	<2.00	0.280	0.29	5.55	0.045	0.198
200.0		266.	<2.00	0.190	0.30	4.40	0.044	0.170

STASJON : Urdheim

DATO : 910621

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	15.849	147.	<2.00	0.860	0.68	15.40	0.190	1.070
40.0		312.		0.150	0.22	6.65	0.057	0.157
200.0		258.	<2.00	0.440	0.23	3.15	0.032	0.201

STASJON : Urdheim

DATO : 910923

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	12.324	185.	21.00	0.210	0.80	14.60	0.720	0.744
40.0		222.	<2.00	0.120	0.31	4.80	0.040	0.151
200.0		261.	<2.00	0.070	0.17	2.10	0.033	0.138

STASJON : Urdheim

DATO : 911126

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	24.142	257.	<2.00	0.260	0.60	28.20	0.340	0.521
40.0		183.	<2.00	0.150	0.30	2.60	0.030	0.144
200.0		273.	<2.00	0.088	0.23	4.40	0.045	0.132

STASJON : Børve
DATO : 910404

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	29.410	156.	4.00	0.290	0.46	10.60	0.150	0.515
40.0		254.	<2.00	0.260	0.33	7.75	0.054	0.183
200.0		272.	<2.00	0.360	0.26	7.35	0.055	0.273

STASJON : Børve
DATO : 910621

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	11.380	176.	<2.00	0.620	0.76	22.00	0.290	1.086
40.0		288.	<2.00	0.230	0.23	8.05	0.067	0.162
200.0		258.	<2.00	0.085	0.18	2.80	0.028	0.123

STASJON : Børve
DATO : 910923

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	13.539	173.	24.50	0.250	0.76	17.80	0.810	0.450
40.0		218.	<2.00	0.180	0.28	7.05	0.063	0.084
200.0		278.	<2.00	0.090	0.18	2.40	0.038	0.359

STASJON : Børve
DATO : 911126

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	25.338	218.	<2.00	0.280	0.54	25.00	0.270	0.740
40.0		279.	<2.00	0.160	0.31	3.60	0.043	0.163
200.0		269.	<2.00	0.058	0.30	4.30	0.038	0.130

STASJON : Digraneset

DATO : 910404

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	30.032	329.	4.00	0.990	0.54	22.40	0.360	0.523
40.0		266.	<2.00	0.140	0.47	12.40	0.056	0.511
200.0	34.921	288.	<2.00	0.086	0.32	8.00	0.076	0.132

STASJON : Digraneset

DATO : 910621

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	7.759	206.	3.50	0.570	0.66	24.80	0.300	1.005
40.0	34.775	306.	<2.00	0.270	0.32	8.60	0.074	0.162
200.0	34.972	264.	<2.00	0.230	0.22	2.60	0.032	0.150

STASJON : Digraneset

DATO : 910923

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	12.041	206.	34.00	0.430	0.68	28.80	1.440	1.106
40.0	34.912	374.	<2.00	0.470	0.60	18.20	0.140	0.269
200.0	34.778	273.	<2.00	0.120	0.22	3.00	0.050	0.235

STASJON : Digraneset

DATO : 911126

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	25.352	234.	<2.00	0.360	0.68	23.20	0.290	0.412
40.0	33.081	263.	<2.00	0.450	0.42	7.80	0.080	0.200
200.0	34.932	285.	<2.00	0.150	0.36	6.00	0.060	0.329

STASJON : Lindeneset
DATO : 910404

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	27.366	329.	8.00	0.550	0.70	39.80	0.610	0.563
20.0		215.	3.00	0.130	0.37	10.40	0.120	1.005
40.0		329.	6.50	0.440	0.66	18.40	0.160	0.306

STASJON : Lindeneset
DATO : 910621

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	14.259	224.	5.50	1.080	0.72	25.80	0.350	1.223
20.0		1080.	13.50	0.980	1.22	45.20	0.210	0.448
40.0		324.	8.50	0.460	0.58	12.60	0.090	0.296

STASJON : Lindeneset
DATO : 910923

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	9.064	195.	62.50	0.450	0.58	16.00	1.200	1.566
20.0		734.	8.00	0.740	0.68	27.60	0.280	0.428
40.0		482.	3.50	1.940	1.30	35.60	0.180	0.400

STASJON : Lindeneset
DATO : 911126

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	26.871	342.	4.00	0.580	0.68	39.60	0.570	2.337
20.0		365.	2.50	0.790	0.54	12.60	0.120	0.447
40.0		336.	12.50	3.200	0.76	16.80	0.140	0.385

STASJON : Havnebassenget

DATO : 910404

DYP	SAL.	O2	TOTN	HG	PB	CU	ZN	CD	TSM
METER	0/00	ml/l	myg/l	ng/l	myg/l	myg/l	myg/l	myg/l	mg/l
0.0	30.976	7.86	426.	33.50	1.86	1.54	134.00	2.40	0.624
5.0		7.84							
20.0		6.61	320.	5.00	0.34	0.48	17.40	0.19	0.580
40.0		5.04	404.	8.00	0.47	0.74	21.20	0.23	0.354

STASJON : Havnebassenget

DATO : 910621

DYP	SAL.	O2	TOTN	HG	PB	CU	ZN	CD	TSM
METER	0/00	ml/l	myg/l	ng/l	myg/l	myg/l	myg/l	myg/l	mg/l
0.0	14.073	8.70	270.	7.00	1.06	0.82	32.60	0.390	1.553
5.0		10.06							
20.0		3.02	1040.	13.00	1.14	1.20	31.80	0.190	0.441
40.0		3.55	359.	11.00	0.80	0.80	15.60	0.110	0.520

STASJON : Havnebassenget

DATO : 910923

DYP	SAL.	O2	TOTN	HG	PB	CU	ZN	CD	TSM
METER	0/00	ml/l	myg/l	ng/l	myg/l	myg/l	myg/l	myg/l	mg/l
0.0	8.999	7.57	212.	194.00	0.92	0.92	38.40	2.450	1.674
5.0		7.95							
20.0		1.70	1460.	6.00	1.00	0.92	40.40	0.360	0.363
40.0		2.16	494.	6.50	2.34	1.30	30.00	0.190	0.557

STASJON : Havnebassenget

DATO : 911126

DYP	SAL.	O2	TOTN	HG	PB	CU	ZN	CD	TSM
METER	0/00	ml/l	myg/l	ng/l	myg/l	myg/l	myg/l	myg/l	mg/l
0.0	22.761	6.30	320.	19.00	1.48	0.96	84.00	2.300	0.599
5.0		5.46							
20.0		4.43	464.	3.00	1.12	0.66	14.60	0.150	0.307
40.0		3.90	365.	29.50	9.10	1.20	19.80	0.170	0.373

STASJON : Eitrheimsvågen

DATO : 910404

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	21.433	494.	183.00	4.300	2.88	280.00	6.440	0.657
10.0		308.	42.50	3.200	1.02	100.00	1.840	0.775

STASJON : Eitrheimsvågen

DATO : 910621

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	8.927	240.	30.00	6.860	1.42	134.00	1.520	0.915
10.0		2160.	19.00	1.470	1.42	67.60	0.380	2.002

STASJON : Eitrheimsvågen

DATO : 910923

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	8.999	245.	1040.00	4.350	2.00	194.00	14.000	1.342
10.0		1160.	69.50	5.900	1.82	77.00	4.800	0.775

STASJON : Eitrheimsvågen

DATO : 911126

DYP METER	SAL. 0/00	TOTN myg/l	HG ng/l	PB myg/l	CU myg/l	ZN myg/l	CD myg/l	TSM mg/l
0.0	20.370	330.	111.00	6.400	2.28	178.00	5.700	0.472
10.0		434.	12.00	2.020	0.86	41.20	0.400	0.299

Tabell 2. Tungmetaller i sedimenter fra Sørfjorden og Hardangerfjorden, 1991.

stasjon	dato	dyp cm	Pb mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg
1	12.5.91	0-1	130	1430	1.21	70.6	0.94
1	12.5.91	1-2	470	1650	3.34	121	4.12
1	12.5.91	2-3	1280	2140	4.9	190	6.72
2	12.5.91	0-1	810	940	1.65	107	5.31
2	12.5.91	1-2	660	880	1.77	108	4.59
2	12.5.91	2-3	800	830	1.76	118	4.59
2B	12.5.91	0-1	330	580	0.71	78.8	2.15
2B	12.5.91	1-2	300	490	0.65	80.4	2.04
2B	12.5.91	2-3	320	550	0.77	84.3	2.08
3	13.5.91	0-1	590	780	0.99	90.8	3.93
3	13.5.91	1-2	510	670	1.01	70.5	3.89
3	13.5.91	2-3	330	570	0.89	74.2	3.03
3B	13.5.91	0-1	350	550	0.6	70	2.94
3B	13.5.91	1-2	420	490	0.69	81.2	3.25
3B	13.5.91	2-3	220	300	0.41	69.3	2.35
4	13.5.91	0-1	150	280	0.23	27.7	1.17
4	13.5.91	1-2	180	280	0.32	30.3	1.13
4	13.5.91	2-3	150	240	0.25	28.3	0.97
5	12.5.91	0-1	170	360	0.26	39.2	0.84
5	12.5.91	1-2	220	420	0.24	43.1	1.08
5	12.5.91	2-3	230	470	0.4	47.5	1.54
7	11.5.91	0-1	170	320	0.17	36.2	0.78
7	11.5.91	1-2	150	310	0.25	38.3	0.88
7	11.5.91	2-3	210	380	0.24	41.3	0.95
12	11.5.91	0-1	250	560	0.45	49.1	1.23
12	11.5.91	1-2	310	460	0.4	61	1.58
12	11.5.91	2-3	220	410	0.36	49.3	1.24
14	11.5.91	0-1	250	480	0.39	44.4	1.2
14	11.5.91	1-2	200	440	0.33	45	1.19
14	11.5.91	2-3	180	340	0.25	42.5	0.82
15	11.5.91	0-1	78.2	170	0.12	23.5	0.34
15	11.5.91	1-2	69.5	160	0.1	21.8	0.29
15	11.5.91	2-3	65.2	160	<0.09	20.8	0.29
16	11.5.91	0-1	380	610	0.7	68	1.96
16	11.5.91	1-2	333	490	0.46	45.6	1.71
16	11.5.91	2-3	126	310	0.16	37	0.53
16	11.5.91	3-4	138	290	0.19	36.2	0.55
16	11.5.91	4-5	136	280	0.17	36.4	0.54
16	11.5.91	5-6	56.6	190	<0.10	31.8	0.07
16	11.5.91	6-7	52.1	310	0.91	30.7	0.08
16	11.5.91	7-8	55	190	0.15	31.8	0.07
16	11.5.91	8-9	50	170	0.16	31.1	0.02
16	11.5.91	9-10	48	170	0.17	30.6	<0.01
16	11.5.91	10-11	47	180	0.22	30.7	<0.01
16	11.5.91	11-12	42	160	0.15	29.7	0.03
16	11.5.91	12-13	49	170	0.13	30	<0.01
16	11.5.91	13-14	42	170	0.13	30.3	0.01
16	11.5.91	14-15	40	160	0.13	29.8	0.03
16	11.5.91	15-16	39	170	0.18	28.6	0.02

stasjon	dato	dyp cm	Pb mg/kg	Zn mg/kg	Cd mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg
16	11.5.91	17-18	37.6	170	0.25	28.7	0.04
16	11.5.91	18-19	38.6	160	0.21	29	0.03
16	11.5.91	19-20	38.4	230	0.25	35.7	0.08
17	11.5.91	0-1	180	300	0.18	32.4	0.92
17	11.5.91	1-2	160	310	0.29	32.6	0.65
17	11.5.91	2-3	81.6	210	0.33	29.2	0.24
19	10.5.91	0-1	147	260	0.1	30	0.48
19	10.5.91	1-2	149	250	0.12	29.6	0.52
19	10.5.91	2-3	87.2	200	<0.10	26	0.22
20	10.5.91	0-1	114	400	0.59	23.4	0.29
20	10.5.91	1-2	128	260	0.11	24.4	0.43
20	10.5.91	2-3	125	240	0.12	23.6	0.53
22	10.5.91	0-1	91.8	230	0.18	22.5	0.25
22	10.5.91	1-2	85.5	220	<0.09	20.9	0.24
22	10.5.91	2-3	102	210	0.11	21.1	0.29

Navn/lokalitet : Sørfjorden
 Oppdragsnr. : 8000309
 Prøver mottatt : 25.6.91
 Lab.kode : KUB 7-9
 Jobb.nr. : 91/87
 Prøvetype : Sedimenter
 Kons. i : Ng/g tørrvekt
 Dato : 9.8.91
 Analytiker : Brg

1: St.16 0-1 cm 4:
 2: St.19 0-1 cm 5:
 3: St.22 0-1 cm 6:

Parameter/prøve	1	2	3	4	5	6
Naftalen						
2-M-Naf.						
1-M-Naf.						
Bifenyl						
Acenaftylen						
Acenaften						
Dibenzofuran						
Fluoren						
Dibenzotiofen						
Fenantren	66	33	30			
Antracen	19					
2-M-Antracen			15			
1-M-Fenantren						
9-M-Antracen						
Fluoranten	89	45	38			
Pyren	68	32	30			
B(a)A*	53	15	22			
Trif/Chry.	70	48	29			
B(b)fluoranten*	186	122	90			
B(j,k)fluoranten*						
B(e)P	49	31	26			
B(a)P*	27	37	25			
Ind.(1,2,3-cd)pyr.*	118	82	72			
Dibenz.(a,c/a,h)ant.* 1)						
B(ghi)perylen	83	56	48			
Coronen						
Dibenzopyrener*						
SUM	828	501	425			
Derav KPAH(*)	384	256	209			
%KPAH						
%Tørrstoff						

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

1) Bare (a,h)-isomeren.

Tabell 4. Klororganiske forbindelser i sedimenter fra Sørfjorden og Hardangerfjorden, 1991.

Navn/lokalitet : Sørfjorden

Oppdragsnr. : 800309
 Prøver mottatt : 25/6-91
 Lab.kode : KUB
 Jobb nr. : 91/87
 Prøvetype : Sed.
 Konsentrasjoner i : ug/kg tørrvekt

Prøvebetegnelse

1 - St.19 0-1cm 10/5-91
 2 - " 22 " 10/5-91

Parameter	1	2	3	4	5	6	7
5-CB	<0.05	<0.05					
α-BHC	0.51	0.72					
HCB	0.14	0.19					
γ-BHC (Lindan)	<0.05	<0.05					
p,p-DDE	0.22	0.25					
p,p-DDD	Maskert	Maskert					
OCS	<0.05	<0.05					
PCB-28	<0.05	<0.05					
PCB-52	0.09	0.18					
PCB-101	<0.05	0.05					
PCB-118	0.05	0.05					
PCB-153	0.10	0.10					
PCB-138	0.11	0.12					
PCB-180	0.07	0.07					
PCB-209	<0.05	<0.05					
EPOCL							
EPOBr							
% Fett							
% Tørrstoff	36.8	34.4					

Navn/lokalitet : Sørfjorden

Oppdragsnr. : 800309
Prøver mottatt : 25/6-91
Lab.kode : KUB
Jobb nr. : 91/87
Prøvetype : Sed.
Konsentrasjoner i : ug/kg tørrvekt

Prøvebetegnelse

1 - SKE 1 0-1cm 12/5-91
2 - " 1 1-2 " 12/5-91
3 - " 1 2-3 " 12/5-91
4 - " 1 3-4 " 12/5-91
5 - SKE 2 0-1 " 13/5-91
6 - St.15 0-1 " 11/5-91
7 - " 16 0-1 " 11/5-91

Parameter	1	2	3	4	5	6	7
5-CB	0.19	0.11	0.10	0.13	<0.05	0.09	<0.05
α-BHC	2.08	1.80	1.97	1.79	0.53	0.73	0.78
HCB	0.65	1.01	0.54	0.52	0.15	0.19	0.22
γ-BHC (Lindan)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
p,p-DDE	0.91	1.38	0.37	1.42	0.57	0.37	0.37
p,p-DDD	Maskert	Maskert	Maskert	Maskert	Maskert	Maskert	Maskert
OCS	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
PCB-28	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
PCB-52	0.17	0.16	0.17	0.26	0.13	0.18	0.17
PCB-101	0.28	0.31	0.28	0.38	<0.05	0.07	0.06
PCB-118	0.12	0.15	0.09	0.23	<0.05	0.05	0.05
PCB-153	0.60	0.61	0.60	0.68	0.09	0.14	0.16
PCB-138	0.35	0.73	0.52	Maskert	0.09	0.17	0.15
PCB-180	0.25	0.22	0.19	0.24	0.05	0.10	0.14
PCB-209	0.06	0.08	0.07	0.07	<0.05	<0.05	0.05
EPOCL							
EPOBr							
% Fett							
% Tørrstoff	37.3	41.9	45.1	46.5	44.2	30.1	27.8

Tabell 5. Dioksiner i sedimenter fra Sørfjorden og Hardangerfjorden, 1991.

PCDF- OG PCDD- KONSENTRASJONER

PRØVENUMMER	91/461
PRØVEBESKRIVELSE	SEDIMENT
KUNDE	NIVA 1740/91
KUNDENS PRØVENUMMER	STORANESET ST. 2, 0-5 cm
DATAFILER	P0556, P0571
TOTAL PRØVEMENGDE	27,240
ENHET FOR PRØVEMENGDE	g
ENHET I RAPPORT	pg/g

<: DETEKSJONSGRENSER VED SIGNAL/STØYFORHOLD 3:1

2,3,7,8-TEQ ETTER NORDISK MODELL

DETEKSJONSGRENSER INKLUDERT I BEREGNING AV 2,3,7,8-TEQ

i: INTERFERENS

KOMPONENT	KONS. pg/g	% GJENV. 2,3,7,8-TEQ	
2378-tetra-CDF	3,541	73,0%	0,35
SUM tetra-CDF	26,664		
12378/12348-penta-CDF	2,752		0,03
23478-penta-CDF	2,987	85,1%	1,49
SUM penta-CDF	30,753		
123478/123479-hexa-CDF	4,010	78,5%	0,40
123678-hexa-CDF	2,052		0,21
123789-hexa-CDF	0,479		0,05
234678-hexa-CDF	2,399		0,24
SUM hexa-CDF	29,233		
1234678-hepta-CDF	10,787	71,0%	0,11
1234789-hepta-CDF	1,928		0,02
SUM hepta-CDF	16,071		
Octa-CDF	41,707		0,04
SUM FURANER	144,429		2,94
2378-tetra-CDD	0,213	46,5%	0,21
SUM tetra-CDD	19,139		
12378-penta-CDD	0,957	81,9%	0,48
SUM penta-CDD	18,115		
123478-hexa-CDD	0,936		0,09
123678-hexa-CDD	1,208	76,8%	0,12
123789-hexa-CDD	0,981		0,10
SUM hexa-CDD	11,765		
1234678-hepta-CDD	13,751	80,7%	0,14
SUM hepta-CDD	25,329		
Octa-CDD	81,946	76,8%	0,08
SUM DIOKSINER	156,294		1,22
SUM 2,3,7,8-TEQ			4,16

PCDF- OG PCDD- KONSENTRASJONER

PRØVENUMMER 91/460
 PRØVEBESKRIVELSE SEDIMENT
 KUNDE NIVA 1740/91
 KUNDENS PRØVENUMMER TYSSDAL ST. 1, 0-5 cm
 DATAFILER P0557, P0572

TOTAL PRØVEMENGDE 30,000
 ENHET FOR PRØVEMENGDE g
 ENHET I RAPPORT pg/g

<: DETEKSJONSGRENSER VED SIGNAL/STØYFORHOLD 3:1

2,3,7,8-TEQ ETTER NORDISK MODELL

DETEKSJONSGRENSER INKLUDERT I BEREGNING AV 2,3,7,8-TEQ

i: INTERFERENS

KOMPONENT	KONS. pg/g	% GJENV. 2,3,7,8-TEQ	
-----------	---------------	----------------------	--

2378-tetra-CDF	8,810	44,0%	0,88
SUM tetra-CDF	115,408		

12378/12348-penta-CDF	11,938		0,12
23478-penta-CDF	9,553	59,5%	4,78
SUM penta-CDF	113,886		

123478/123479-hexa-CDF	7,170	68,5%	0,72
123678-hexa-CDF	4,423		0,44
123789-hexa-CDF	0,567		0,06
234678-hexa-CDF	3,895		0,39
SUM hexa-CDF	59,410		

1234678-hepta-CDF	12,032	56,4%	0,12
1234789-hepta-CDF	1,677		0,02
SUM hepta-CDF	17,583		

Octa-CDF	3,739		0,00
SUM FURANER	310,026		7,52

2378-tetra-CDD	0,124	61,0%	0,12
SUM tetra-CDD	7,958		

12378-penta-CDD	1,014	57,9%	0,51
SUM penta-CDD	18,056		

123478-hexa-CDD	1,097		0,11
123678-hexa-CDD	1,694	68,3%	0,17
123789-hexa-CDD	0,985		0,10
SUM hexa-CDD	14,608		

1234678-hepta-CDD	24,402	76,7%	0,24
SUM hepta-CDD	45,439		

Octa-CDD	127,934	51,6%	0,13
SUM DIOKSINER	213,995		1,38

SUM 2,3,7,8-TEQ			8,90
------------------------	--	--	-------------

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Postboks 69 Korsvoll, 0808 Oslo
ISBN 82-577-2185-9