



Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport 607/95

Oppdragsgiver

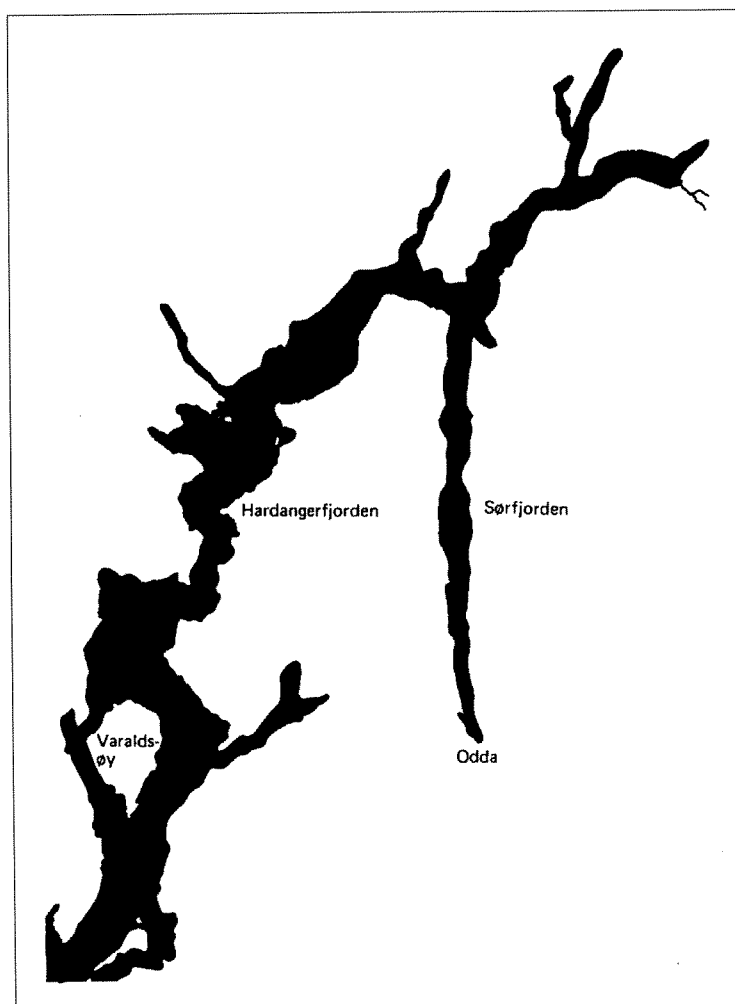
Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjoner NIVA

ASSAYERS

Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardanger- fjorden 1994

Delrapport 1
Vannkjemi



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.:	Undernr.:
O-800309	
Løpenr.:	Begr. distrib.:
3263	

Hovedkontor	Sørlandsavdelingen	Østlandsavdelingen	Vestlandsavdelingen	Akvaplan-NIVA A/S
Postboks 173, Kjelsås	Televeien 1	Rute 866	Thormøhlensgt 55	Søndre Tollbugate 3
0411 Oslo	4890 Grimstad	2312 Ottestad	5008 Bergen	9000 Tromsø
Telefon (47) 22 18 51 00	Telefon (47) 37 04 30 33	Telefon (47) 62 57 64 00	Telefon (47) 55 32 56 40	Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 22 18 52 00	Telefax (47) 37 04 45 13	Telefax (47) 62 57 66 53	Telefax (47) 55 32 88 33	Telefax (47) 77 68 05 09

Rapportens tittel: Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1994. Delrapport 1. Vannkjemi	Dato:	Trykket:
	1/06/95	NIVA 1995
Forfatter(e): Jens Skei	Faggruppe:	Geografisk område:
	Marin økologi	Hordaland
	Antall sider:	Opplag:
	28	

Oppdragsgiver: Statens Forureningstilsyn. (Overvåkningrapport nr. 607/95). TA nr.1211/1995	Oppdragsg. ref.:
--	------------------

Ekstrakt: Utviklingen med hensyn til tungmetallinnhold i vannprøver fra Sørfjorden er positiv og må tilskrives de tiltak som er gjort i de senere år. Overflatevannet er fortsatt betydelig forurenset innerst i fjorden, hovedsaklig som følge av episodiske tilførsler fra land i nærheten av Eitrheimsvågen. Avrenning fra industriområdene, spesielt i regnværperioder, kan representere den viktigste tilførselen av tungmetaller til Sørfjorden i dag. På større dyp (40 og 200 m) er utviklingen i ferd med å stabilisere seg, med tungmetallnivåer i overkant av normalverdier i ytre del av fjorden. Her vil nivåene neppe endre seg mye i årene som kommer.
--

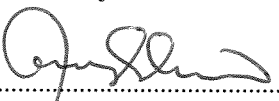
4 emneord, norske

1. Sørfjorden
2. Overvåking
3. Vannkjemi
4. Metaller

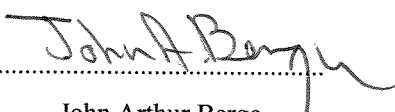
4 emneord, engelske

1. Sørfjorden
2. Monitoring
3. Water chemistry
4. Metals

Prosjektleder


.....
Jens Skei

For administrasjonen


.....
John Arthur Berge

ISBN 82-577-2776-8

Norsk institutt for vannforskning

O-800309

**TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I
SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN 1994**

DELRAPPORT 1. VANNKJEMI

Oslo,

1 juni 1995

Prosjektleder:

Jens Skei

Medarbeidere:

Unni Eframsen
ASSAYERS, Odda

Forord

NIVA har i 1994 gjennomført tiltaksorienterte undersøkelser i Sørfjorden 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. Prosjektet er utført i samarbeid med Alex Stewart Environmental Services A/S (ASSAYERS) i Odda, som har hatt ansvar for vannprøvetakingen og deler av analysene.

Undersøkelsen er et ledd i et overvåkingsprogram frem til år 2000 for vann, sedimenter og biota. Det statlige overvåkingsprogrammet i Sørfjorden startet i 1978.

Denne rapporten omfatter fjordens vannkjemi og vil bli etterfulgt av rapport vedrørende miljøgifter i organismer.

Oslo, 1 juni 1995

*Jens Skei
prosjektleder*

INNHOOLD

SIDE

FORORD	2
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
1. INNLEDNING	6
2. MÅLSETTING	8
3. FELTARBEID OG METODER	8
4. RESULTATER OG DISKUSJON	10
5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTIL- STANDEN I VANNMASSENE	22
6. LITTERATUR	24
VEDLEGG	25

Sammendrag og konklusjoner

Resultatene av overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1994 gir en beskrivelse av tilstanden to år etter oppryddingen av Eitrheimsvågen og åtte år etter fjerning av jarosittutslippet. 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 Sørfjorden og Hardangerfjorden i fremtiden kan nås.

Overvåkingen av vann i 1994 leder til følgende hovedkonklusjoner:

- 1. De regulære utslippene fra de tre største bedriftene (Norzink A/S, Odda Smelteverk A/S og Tinfos Titan & Iron K/S), endret seg lite det siste året. Imidlertid viste målinger utført av Norzink A/S at avrenning fra Norzinks bedriftsområde overskygger de regulære utslippene, ihvertfall når det gjelder sink og kadmium.**
- 2. Oksygenforholdene i havnebassenget viste kritiske verdier i bunnvannet i august. Dette er et vanlig fenomen i havnebassenget i Odda og skyldes stort oksygenforbruk og dårlig vannutskiftning på sensommeren og høsten.**
- 3. Nitrogenkonsentrasjonen i havnebassenget var betydelig høyere i 1994 enn i 1993, men konsentrasjonene avtok noe utover året. Dette må settes i sammenheng med en 45% økning i nitrogenutslippet fra Odda Smelteverk fra 1993 til 1994.**
- 4. Konsentrasjonene av tungmetaller i overflatevann i Sørfjorden var noe redusert i forhold til 1993, spesielt bly. Men fortsatt er det en variasjon over året som kan være vanskelig å forklare. Mest nærliggende er det å tro at dette skyldes episodiske tilførsler knyttet til nedbør og avrenning fra land.**
- 5. Ved intermediære dyp i fjorden (40m) var utviklingen positiv med hensyn til bly, kadmium og sink, mens nivået av kvikksølv var noe høyere enn i 1993. Nivåene var høyest i havnebassenget.**
- 6. I dypvannet (200m) ser konsentrasjonene av sink og kadmium ut til å ha stabilisert seg de siste tre årene på et nivå som bare er noe forhøyet i forhold til normale konsentrasjoner, mens kvikksølv har vært på bakgrunnsnivå i flere år. Målinger tidligere har vist uforklarlig høye nivåer av bly i dypvannet. Det er nå bekreftet at dette skyldes problemer med vannhenteren som ASSAYERS i Odda brukte i perioden august 1992 - juni 1994.**

De viktigste resultatene kan sammenfattes på følgende måte :

- Prøver ble innsamlet på fem stasjoner i februar, april, juni, august og desember 1994 for analyser av saltholdighet, suspendert materiale, nitrogen og oksygen (bare havnebassenget) og tungmetaller (nikkel, bly, kadmium, sink og kvikksølv).
- Målinger av saltholdighet i overflatevannet viste mindre enn 10 ‰ i juni og i august og stort sett mellom 15 og 30 ‰ resten av året. Dette illustrerer endringer i ferskvannstilførselen til fjorden.
- Det ble målt mellom 0.2 og 1.5 mg/l total mengde suspendert stoff (TSM) i prøver fra overflatevannet i Sørfjorden. I dypvannet i Havnebassenget var mengdene av partikler tidvis betydelig høyere .

- Konsentrasjonene av nitrogen i havnebassenget gikk kraftig opp fra $< 500 \mu\text{g/l}$ i 1993 til verdier $>1000 \mu\text{g/l}$ i 1994. Dette henger sammen med en økning i utslippene fra Odda Smelteverk fra 15 tonn i 1993 til 22 tonn i 1994.
- Konsentrasjonene av tungmetaller i overflatevannet var fortsatt variable, med en tendens til høye konsentrasjoner i desember. Saltholdigheten i Eitrheimsvågen og i Havnebassenget var lav i desember og dette reflekterer mye nedbør. Det er spesielt sink og kadmium som viser disse svingningene.
- Tungmetallnivået i vannmassen under brakkvannslaget (40 m dyp) er også på retur i forhold til 1993. Et unntak er kvikksølv som viste noe forhøyede nivåer i forhold til 1993 stort sett hele 1994.
- I dypvannet (200 m dyp) har konsentrasjonene av sink og kadmium stabilisert seg (sink : 2-10 $\mu\text{g/l}$ og kadmium : 0.03 - 0.06 $\mu\text{g/l}$). Dette er nesten på bakgrunnsnivå. Bly viste en konsentrasjon på ca. 0.1 $\mu\text{g/l}$ som også er tilnærmet et bakgrunnsnivå.

1. INNLEDNING

Overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden er nå inne i en fase hvor man forventer å se resultater av de forurensningsbegrensende tiltak som er gjennomført de siste årene ved industribedriftene i Odda. Utslippsendringene med hensyn til tungmetaller har vært såvidt dramatiske at det er all grunn til å forvente forvente store forskjeller i vannkjemien, ettersom responsen vil være raskest her. Resultatene har også vist siden jarositten ble overført til fjellhaller i 1986 og oppryddingen i vågen i 1992 at nivåene av tungmetaller i vannmassen har gått drastisk ned, først ved midlere dyp ettersom jarositten ble utledet på 30-40m dyp og senere i overflatevannet etter at spuntvegg og overdekking i Eitrheimsvågen ble gjennomført. Til tross for dette har det i de senere år (spesielt 1989-90) vært påvist store skiftninger i nivåene av metaller, spesielt i overflatevannet, som i stor grad skyldes forurenset vann som tetningsbarrieren ikke har kunnet holde tilbake i perioder med stor nedbør. Når vi nå skal vurdere effekten av tiltakene er det derfor viktig å se på overvåkningsresultatene i noe lengre tidsperspektiv enn fra år til år, for å kunne skille episodiske hendelser fra den langsiktige forbedringen.

Utslippene av metaller og PAH fra de tre største industribedriftene i Odda-området er vist i 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 1994 (kg/år). Basert på opplysninger fra bedriftene. Tallene i parentes representerer utslippstall for 1993

Bedrift	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	PAH
O.S.	239 (341)	299 (866)	934 (1600)	41.7 (<169)	6.7 (manglet)	2600 (2900)
NZ ¹⁾	200 (26)	4000 (7266)	58000 (17948)	900 (589)	12.9 (17.5)	-
TTI	26.7 (1)	71.4 (195)	4374 (4529)	11.2 (1)	0.6 (-)	- (-)
Totalt	466 (368)	4370 (8327)	63308 (24077)	953 (<759)	20.2 (<23)	2600 (2900)

¹⁾ Tilførslene fra Norzink for 1994 omfatter både regulære utslipp, utpumping av vann bak spuntvegg, avrenning fra kaiområde og beregnede mengder av tungmetaller (kun for sink og kadmium) tilført fjorden via overflatevann og kloakk (diffuse tilførsler). Fordelingen mellom disse enkeltkildene er følgende (kg/år):

	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
Drift	6400	31	3540	50	9.9
Fra Eitrheimsvågen	2135	83	3	8	0.3
Kaien	14000	50	350	100	2.8
Diffuse tilførsler (ca.)	35000	700	?	?	?
SUM ^x	58000	900	4000	200	12.9

^x Disse tallene er skjønsmessig avrundet oppover av Norzink a.s.

Hvis man sammenligner med utslippstallene i 1993 (Skei, 1994), har tilførslene av **bly** gått kraftig ned. Det skyldes reduserte utslipp fra samtlige bedrifter. Det bør bemerkes at i utslippstallene for sink og kadmium fra Norzink er det også tatt med hvor mye som tilføres Eitrheimsvågen via utpumping av vann over spuntvegg og avrenning fra fabrikk- og kaiområdet til sjø. Det fremgår av opplysningene fra bedriften at avrenning fra fabrikk- og kaiområdet totalt dominerer tilførslene til sjø fra Norzink. Det er først nå at tilførslene via overflatevann fra bedriftsområdet er i ferd med å bli kvantifisert gjennom et internt måleprogram som startet høsten 1993 på initiativ av Norzink (Norzink, 1995). Foreløbig er det kun rapportert målinger av sink og kadmium.

I følge tabell 1 er det en kraftig økning i utslippstallene for **sink** i forhold til 1993. Det skyldes det betydelige bidraget via avrenning fra Norzinks bedriftsområde (Norzink, 1995). Det bør diskuteres om det igangsatte måleprogrammet for diffuse tilførsler også bør omfatte bly, kvikksølv og kobber. Drensvannet vil påvirke overflatevannet i fjorden og vil variere med nedbørforholdene.

Utslipp av **nikkel** er ikke med på sammenstillingen ovenfor, selv om nikkel inngår i analyseprogrammet i resipienten. I følge opplysninger fra bedriftene slapp TTI ut 14 kg nikkel til sjø i 1994, mens utslippet fra O.S. var på 894 kg.

Utslipet av **PAH** fra O.S. ble i følge opplysninger fra bedriften kraftig redusert i 1993, fra 11.3 tonn til 2.9 tonn. Utslipet ble ytterligere redusert i 1994 til 2.6 tonn.

Utslipet av **nitrogen** fra O.S. ble beregnet til 15.1 tonn i 1993, mens utslippet i 1994 var på 22 tonn. Det er altså en viss økning i forhold til 1993.

Konklusjonen på utslippsituasjonen må være at regulære utslipp fra bedriftene er på vei ned, men at det nå kvantifiseres flere diffuse kilder. Dette er ikke nye utslipp, men det er først nå at disse kvantifiseres. Ett eksempel på dette er Norzinks egne målinger av tungmetaller i overflatevannavrenning fra bedriftsområdet. Dette er trolig en betydelig forurensingskilde også ved de to andre storbedriftene i Odda-området og kanskje den største for enkelte metaller under dagens forhold. Slike kilder blir relativt sett betydelig viktigere når primærutslippene forsvinner.

2. MÅLSETTING

Det **overordnede mål** med overvåkingen i 1994 har vært

- å fastslå dagens forurensningssituasjon i lys av de tiltak som er gjort de senere årene

Delmålene knyttet til undersøkelsen av vannkjemien var å

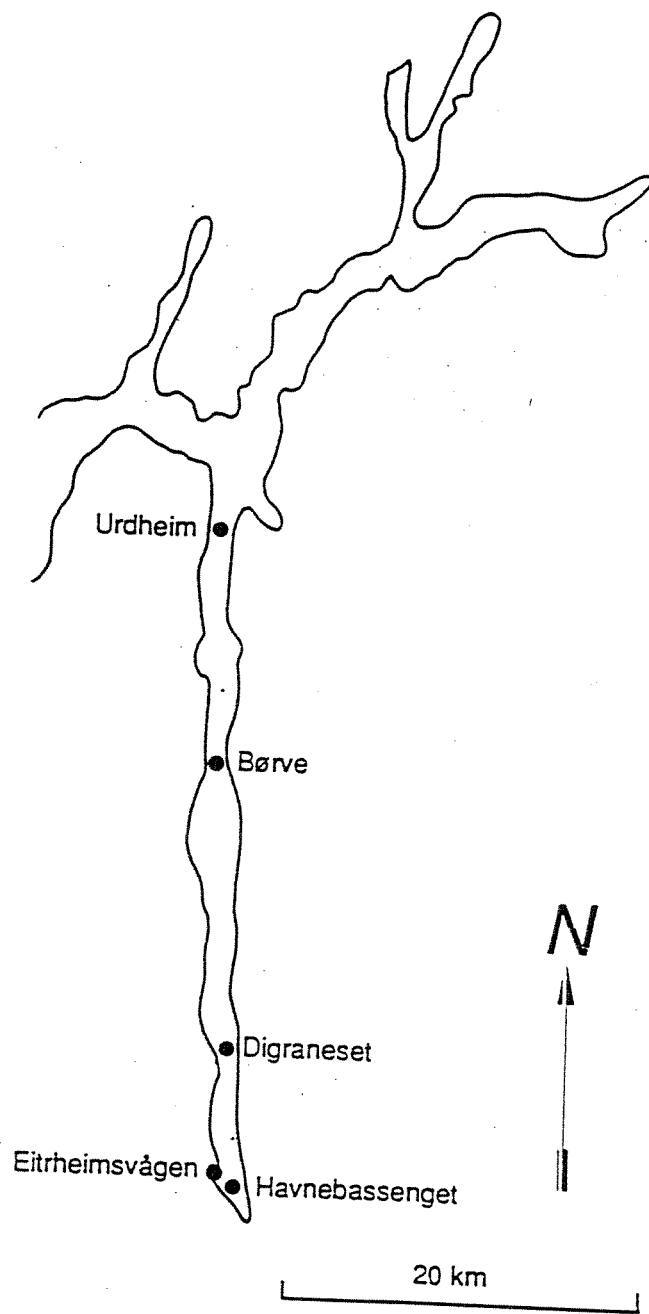
- studere horisontale og vertikale gradienter av utvalgte tungmetaller, nitrogen og suspendert materiale i vannmassene i Sørfjorden for å belyse kilder, influensområde og tidstrend.

3. FELTARBEID OG METODER

Vannprøver ble innsamlet 14. februar, 18. april, 20. juni, 18. august og 13. desember 1994 av ASSAYERS i Odda. På toktet i august deltok NIVA for å ta parallelle prøver med eget prøvetakingsutstyr. Det ble forslått en del endring i utstyr og rutiner, noe som medførte at oktober-toktet ble sløffet i påvente av anskaffelse av ny vannprøvetaker. Det er således gjennomført fem prøveinnsamlinger i 1994.

Prøvene ble tatt med Hydro-Bios vannhenter og tappet på spesialvaskede plastflasker for analyse av kadmium, sink, kopper, nikkel og bly og glassflasker for analyse av kvikksølv og total nitrogen (ufiltrerte prøver). Ny vannhenter (Niskin, 5l) ble brukt på desember-toktet. Dette er samme type vannhenter som NIVA bruker for sine sjøvannsprøver. Tungmetallene (bly, sink, kadmium og nikkel) er analysert ved NIVA etter Freon-ekstraksjon og atomabsorpsjon (Danielsson et al., 1978). Kvikksølv er analysert ved NIVA etter salpetersyreoppslutning ved kalddampeteknikk og gullfelle (Bloom og Crecelius, 1983). Total suspendert materiale, saltholdighet og oksygen ble analysert ved ASSAYERS i Odda. Total nitrogen er analysert ved NIVA i følge standardisert metode. Total suspendert materiale er gravimetrisk bestemt på membranfilter (KEBO) med 0.45 µm porestørrelse. Saltholdighet og oksygen er målt med YSI-instrument, henholdsvis modell 33 og 57.

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



Figur 1. Lokalisering av prøvetakingsstasjoner for vann i 1994.

4. RESULTATER OG DISKUSJON

Overvåking av miljøkvalitet basert på vannanalyser i fjorder har både fordeler og ulemper. Fordelen er at slike analyser gjenspeiler i hvert fall noe av variasjonene i 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. Problemet er imidlertid regulariteten i tilførslene av forurensning. Hvis disse varierer mye over tid, og frekvensen av prøvetaking er forholdsvis liten, gir ikke vannprøvene nødvendigvis et tilfredsstillende bilde av situasjonen. Dette er spesielt viktig hvis tilførslene av forurensningsstoffer til fjorden varierer sterkt over tid som følge av støtutslipp, uhell, eller nedbørsforskjeller.

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.

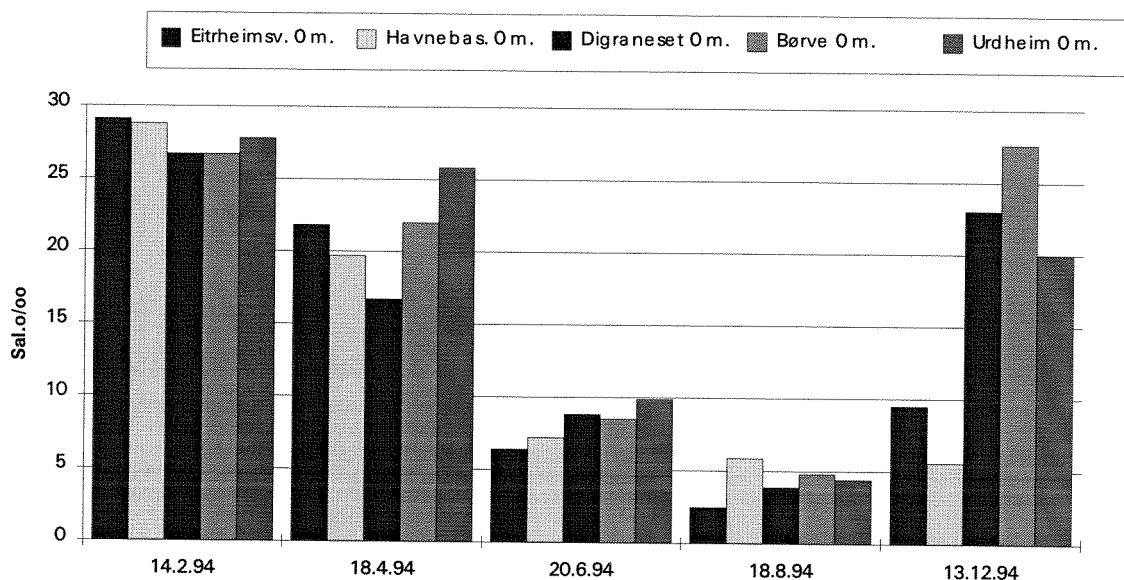
Målinger av **nitrogen** gjøres fordi det er et betydelig utslipp av nitrogen fra Odda Smelteverk og via urensset kommunal kloakk i forhold til naturlige tilførsler. Målingene gir et bilde av fordelingen av nitrogen i vannmassene i havnebassenget og hvordan nivåene forandrer seg fra år til år ettersom 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 tilførsler fra deponier på land og i strandkant og forurensede bunnsedimenter. Sammenlignet med tilførslene før 1986 er dagens tilførsler minimale.

Saltholdighet.

I 1993 ble det registrert en saltholdighetsvariasjon mellom 0.5 og 31 ‰ i overflatevannet og i 1994 mellom 2.5 ‰ og 29.1 ‰. De laveste saltholdighetene ble målt i juni og august og den høyeste i februar (figur 2). Dette er stort sett samme bilde som i 1993 og gjenspeiler ferskvannstilførselen til Sørfjorden. Saltholdigheten var lavest i Eitheimsvågen eller havnebassenget på samtlige tokt. Forøvrig var det en del variasjon fra stasjon til stasjon utover fjorden, noe 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. Sannsynligvis er snøsmelting og frakt av smeltevann i de største elvene (Opo, Tyso) mest bestemmende for saltholdigheten i overflatevannet, mens regnværperioder kanskje i mindre grad influerer overflatesaltholdigheten. I så fall vil man vente at nivået av metaller i overflatevannet var lavere i juni og august på grunn av fortykning med ferskvann. Det er verdt å merke seg at den største forskjellen i saltholdighet i fjorden var i desember, med lave saltholdigheter i Eitheimsvågen og havnebassenget og høye saltholdigheter lenger utover fjorden (fig.2).

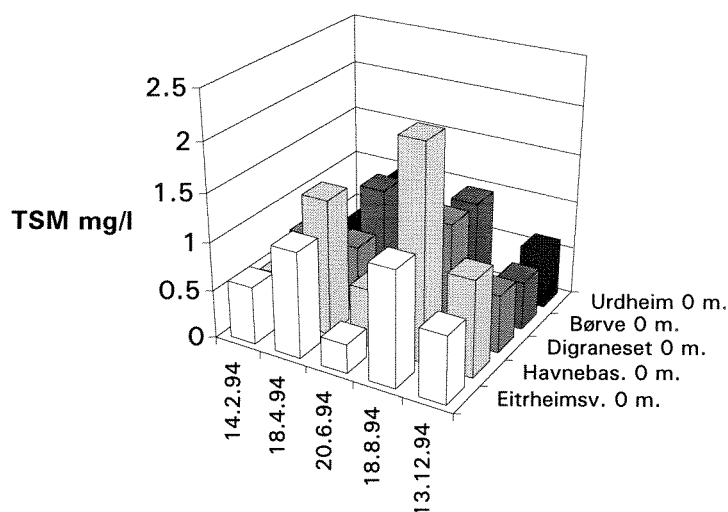
I dypvannet ved Digraneset (200 m) ble det målt saltholdigheter mellom 25.5 og 35 ‰ i 1993 og mellom 31.4 og 35.0 ‰ i 1994. I likhet med tidligere år var det også i 1994 åpenbare feil i ASSAYERS saltbestemmelser, enten som følge av problemer med vannhenteren eller mangel på kalibrering av måleinstrument. De potensielle feilkildene bør nå være utbedret. En sammenligning mellom NIVAs og ASSAYERS målinger på august-toktet viste opp til 7 ‰ forskjell for prøver fra dypt vann. Man bør derfor se bort i fra data på saltholdighet, med unntak av overflateprøvene som viste rimelig god overenstemmelse.



Figur 2. Saltholdighet i overflateprøver i Sør fjorden, 1994.

Suspendert materiale (TSM)

I 1993 ble det registrert jevnt over høye konsentrasjoner, med den høyeste verdien i bunnvannet i havnebassenget i februar (4.5 mg/l). I 1994 ble de høyeste konsentrasjonene målt i havnebassenget og kan skyldes påvirkning fra utslippet til Odda Smelteverk (56900 tonn pr.år med suspendert stoff, i følge bedriften). Verdiene ellers i fjorden er stort sett lavere enn 1 mg/l. Selv i Eitrheimsvågen ble det ikke målt høyere konsentrasjoner enn 1.4 mg/l suspendert stoff i 1994. Det innebærer at det lite partikkeltransport fra vågen og at de metallene som tilføres stort sett kan foreligge i løst form (målinger av metaller i filtrerte vannprøver har bekreftet dette).



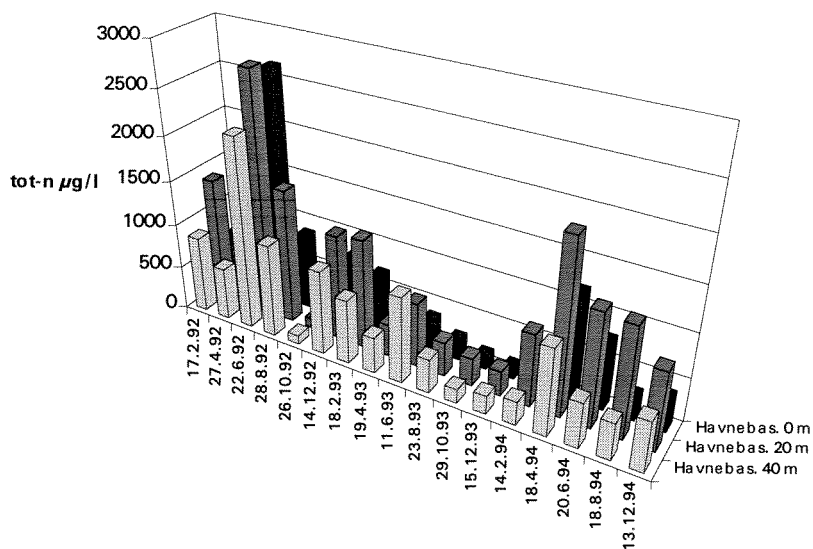
Figur 3. Mengde partikulært materiale (TSM) i overflatevannet i Sørfjorden, 1994.

Nitrogen og oksygen

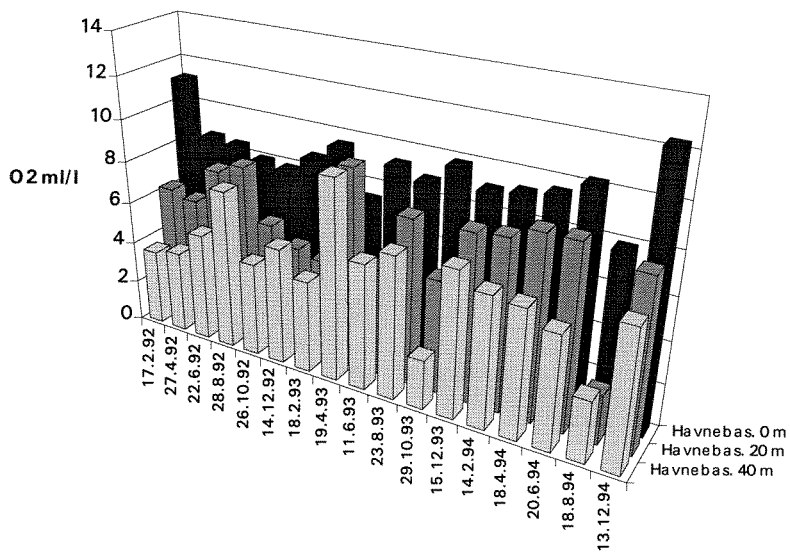
I 1994 ble det kun gjort målinger av nitrogen i havnebassenget i Odda.

I 1993 ble det i overflatevann i havnebassenget målt verdier mellom 120 og 670 $\mu\text{g/l}$ total nitrogen (Skei, 1994). Dette er betydelig lavere enn det som ble målt i 1994 (figur 4), hvor konsentrasjonene varierte mellom 125 og 1950 $\mu\text{g/l}$. Høyeste konsentrasjon i overflaten ble målt i april. Figur 4 viser at det er klar nedgang i nitrogen-konsentrasjonene fra 1992 til 1993 og at konsentrasjonene fortsetter å avta utover året i 1993. Dette antas å skyldes reduksjonen i tilførsler av nitrogen fra Odda Smelteverk fra 81 tonn i 1992 til 15 tonn i 1993. I 1994 var konsentrasjonene høyere enn i 1993 og det må settes i forbindelse med en økning i utslippene av nitrogen fra Odda Smelteverk på 45%.

Oksygenmålingene begrenser seg også til Oddas havnebasseng (figur 5). Laveste konsentrasjon i dypvannet i 1992 ble målt til nesten 4 ml/l i april (Skei, 1993), mens det i 1993 ble målt ned til 2.7 ml/l i september (Skei, 1994). I 1994 ble laveste oksygenkonsentrasjon registrert i 20 m dyp (2.33 ml/l) i august. Sannsynligvis var det da en vannutskiftning på gang, ettersom det ble registrert høyere nivåer nærmere bunnen. De laveste konsentrasjonene har vanligvis opptrådt på høstparten, etter lengre perioder med dårlig vannutskiftning og stort oksygenforbruk som følge av planktonoppblomstringer, kloakkutslipp og tilførsler av oksygenforbrukende substanser fra Odda Smelteverk.



Figur 4. Mengde total nitrogen i havnebassenget i Odda, 1992 - 1994 (0, 20 og 40 m dyp).



Figur 5. Oksygen i havnebassenget i Odda, 1992 -94 (0, 20 og 40 m dyp).

Metaller

Overflatevann

Grafisk fremstilling av resultater fra tungmetallanalyser i overflatevann i 1992, 1993 og 1994 er vist på figurene 6 -10. Det går klart frem av disse figurene at Eitrheimsvågen fortsatt var hovedkilden for tungmetallforurensningen i overflatevannet i Sørfjorden i 1994, og at denne kilden varierte sterkt over tid. Hvis vi sammenligner resultatene fra Sørfjorden i 1992, 1993 og 1994 ser vi at i overflatenivåene av bly avtok i 1994 sammenlignet med 1992 og 1993. Når det gjelder sink, kadmium og kvikksølv var det små forskjeller mellom 1993 og 1994 (fig 8 - 10). Hvis vi derimot ser på utviklingen utover året i 1994 er det gjennomgående en betydelig reduksjon i konsentrasjonsnivået av tungmetaller i overflatevannet. Tidligere år har det vært en tendens til en økning i nivåene på slutten av året, men dette ble ikke registrert like tydelig i 1994.

Den gjennomsnittlige overflatekonsentrasjonen midlet over året for samtlige stasjoner i perioden 1991 - 1994 er vist nedenfor (alle konsentrasjoner i µg/l, unntatt kvikksølv som er i ng/l) :

Metall/år	Eitrheimsvågen	Havnebassenget	Digraneset	Børve	Urdheim
Pb-1991	5.5	1.3	0.59	0.36	0.74
-1992	3.3	3.7	0.76	0.67	0.49
-1993	1.8	2.5	2.86	0.67	0.46
- 1994	0.8	0.5	0.29	0.24	0.22
Zn-1991	196.5	72.3	24.8	18.9	17.7
-1992	106.6	21.9	15.2	12.1	12.0
-1993	62.5	37.5	25.0	8.7	7.0
-1994	75.6	42.4	14.2	9.1	8.5
Cd-1991	6.9	1.9	0.6	0.38	0.35
-1992	3.2	0.8	0.29	0.19	0.16
-1993	1.1	0.25	0.16	0.10	0.08
-1994	0.9	0.45	0.16	0.11	0.10
Hg-1991	341	63.4	<10.9	<8.1	<7.0
-1992	20.2	7.8	<3.2	<2.4	<2.3
-1993	10.8	<6.8	<2.9	<2.0	<2.0
-1994	10.0	<5.4	<5.8	<2.7	<2.0

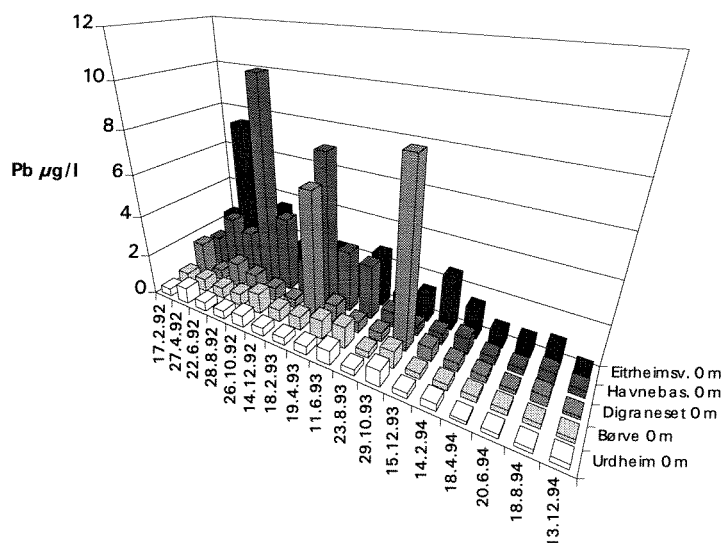
Disse resultatene viser at i Eitrheimsvågen har det vært en kraftig forbedring i tungmetallnivået i overflatevannet i perioden 1991-1994. Nivåene i havnebassenget følger nivåene i Eitrheimsvågen. Ellers er det generelt en klar gradient fra Eitrheimsvågen (innerst) til Urdheim (ytterst) i overflatevannet .

Nikkel

Overflatekonsentrasjoner av **nikkel** i Sørfjorden i 1994 varierte mellom 0.1 og 1 µg/l. Dette er lavere konsentrasjoner enn det som er målt tidligere. I følge Rygg og Thelin (1993) kan verdier av nikkel i sjøvann lavere enn 0.5 µg/l betegnes som normalverdier. Nikkel ble inkludert i programmet på grunn av Tinfos Titan & Iron K/S og Odda Smelteverks utslipp av nikkel til sjø. Det er ingen ting som tyder på at avløpsvann som inneholder nikkel påvirker overflatevannet i nevneverdig grad.

Bly

Fordelingen av **bly** (figur 6) viser at tilførslene fortsatt er størst til Eitrheimsvågen, men at konsentrasjonene er gått kraftig ned. Nivåer som overskrider 1 $\mu\text{g/l}$ bly (tilstandsklasse V, meget dårlig) må betraktes som ekstremt høyt i forhold til et bakgrunnsnivå i sjøvann på ca. 0.05 $\mu\text{g/l}$ (Rygg og Thelin 1993). I 1994 overskred ikke gjennomsnittsnivåene av bly på noen av stasjonene tilstandsklasse V. Ytterst i fjorden lå konsentrasjonsnivået av bly i overflatevann ca. 5 ganger høyere enn normalkonsentrasjonen. Overflatevannet er derfor fortsatt forurenset av bly, men er redusert kraftig i forhold til 1991, før oppryddingen i Eitrheimsvågen skjedde. Den gang lå gjennomsnittsnivået av bly 7 ganger høyere enn i 1994.

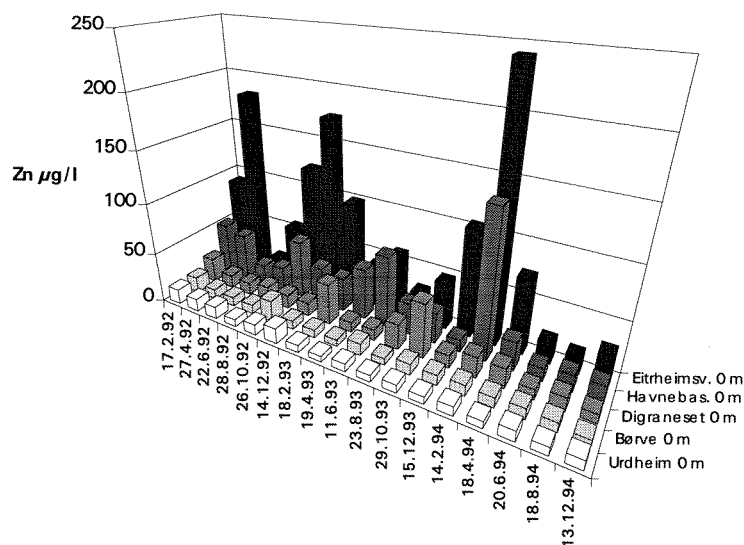


Figur 6. Fordeling av bly i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden i 1992 - 1994

Sink

Konsentrasjonene av **sink** (figur 7) i overflatevannet er fortsatt variabel som følge av varierende tilførsler fra Eitrheimsvågen. Det har vært en tendens til høyere nivåer på slutten av året de fleste årene. I 1994 ble det derimot ikke registrert en slik økning (fig.7). Svært høye konsentrasjoner ble målt i februar 1994 i Eitrheimsvågen (242 $\mu\text{g/l}$) og dette ga også en økning i konsentrasjonene i havnebassenget og delvis ved Digraneset. Hva som foranlediget denne økningen i sink i Eitrheimsvågen i februar er ikke kjent, men nedbørsforholdene ser ut til å spille en stor rolle.

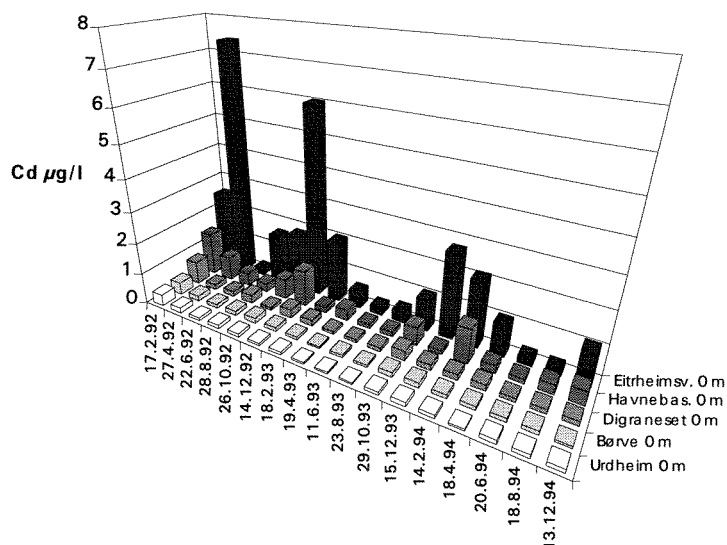
Gjennomsnittsnivåene av sink i overflaten er redusert til det halve i hele fjorden i forhold til 1991, noe som kan tilskrives oppryddingen i vågen. I henhold til SFTs klassifisering av vannkvalitet er nivåer av sink i sjøvann som overskrider 10 $\mu\text{g/l}$ dårlig (tilstandsklasse IV). I 1994 ble det målt konsentrasjoner som overskrider denne grensen på de tre innerste stasjonene. Overflatevannet er derfor fortsatt betydelig forurenset av sink.



Figur 7. Fordeling av sink i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden i 1992 - 1994

Kadmium

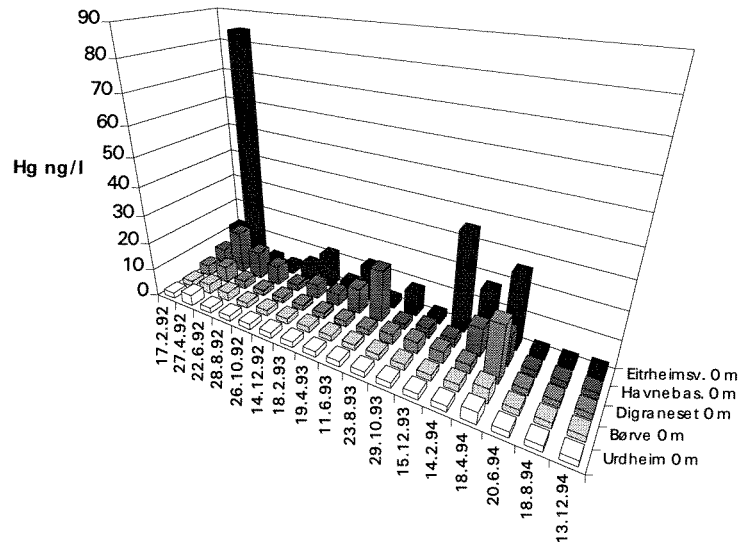
Figur 8 viser at **kadmium** i likhet med sink varierer betydelig og at det er en viss samvariasjon. Konsentrasjoner høyere enn 1 µg/l er ekstremt høyt sammenlignet med en bakgrunnskonsentrasjon på 0.03 µg/l (Rygg og Thelin 1993). Slike høye konsentrasjoner ble i 1994 bare påvist i Eitrheimsvågen. Gjennomsnittskonsentrasjonen av kadmium i overflatevannet i ytterste delen av Sørfjorden var i 1994 ca. 0.1 µg/l eller ca. tre ganger høyere enn normalkonsentrasjonen. Dette er fortsatt høyt, men i 1991 var kadmiumkonsentrasjonen i overflatevannet ytterst i fjorden over 10 ganger normalen. Dette innebærer at forholdene stadig bedrer seg.



Figur 8. Fordelingen av kadmium i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden i 1992 - 1994.

Kvikksølv

Kvikksølvkonsentrasjonene i overflatevann fra Eitrheimsvågen varierte sterkt i perioden desember 1993 - april 1994 (figur 9). Dette gav opphav til periodevis forhøyede nivåer i havnebassenget og ut til Digraneset i samme tidsrom. I andre halvår av 1994 var imidlertid kvikksølvkonsentrasjonene stabile og lave. Selv i Eitrheimsvågen ble det målt kvikksølvkonsentrasjoner ned mot bakgrunnsnivå (2 ng/l). Hva som er årsaken til de kraftige reduksjonene i nivåer andre halvår 1994 er ikke kjent. Det vil bli interessant å følge opp dette i 1995.



Figur 9. Fordelingen av kvikksølv i overflatevann på stasjonene i Sørfjorden 1992 - 1994.

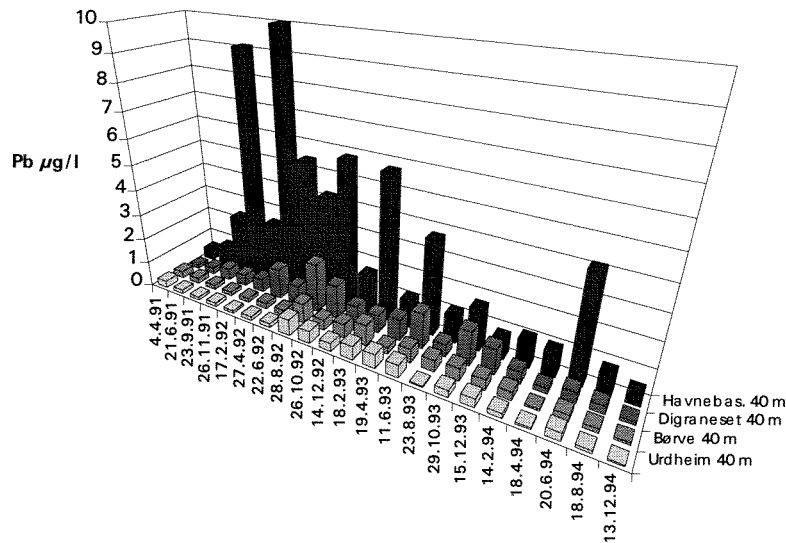
Intermediært vann

Med intermediært vann menes i dette tilfelle vann på 40 m dyp i Sørfjorden. Dette er et dyp som påvirkes av dypvannsutslipp (tidligere jarosittutslipp, gipsutslipp, utslipp fra Odda Smelteverk etc.) og hvor vannet har en betydelig lengere oppholdstid enn i overflaten.

Det har vært en meget markert forskjell mellom metallnivåene i overflatelaget og underliggende vann, spesielt etter 1986 da jarosittutslippet fra Norzink opphørte.

Bly

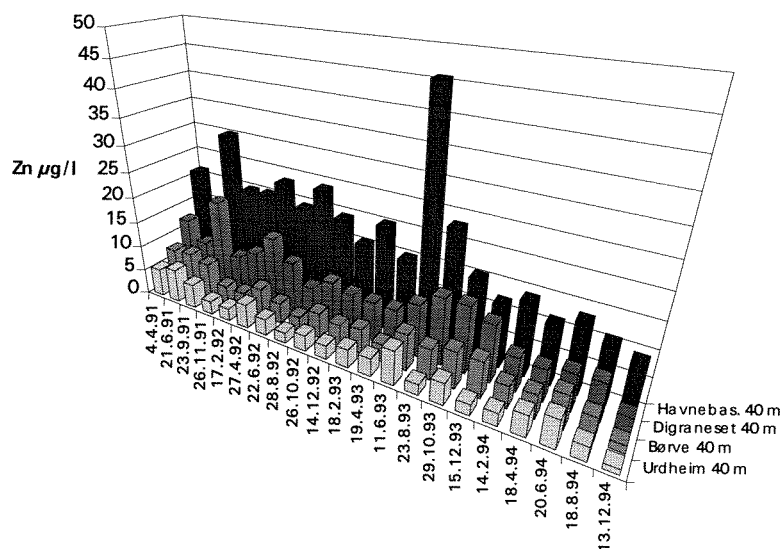
Konsentrasjonene av **bly** har vist en avtagende tendens fra 1991 til 1994 (fig.10). Med unntak av en økning i 40 m dyp i havnebassenget i juni (som også forplantet seg til Digraneset, fig.10) har konsentrasjonene avtatt i denne perioden. I desember 1994 var konsentrasjonen av bly på 40 m dyp i havnebassenget 0.4 µg/l, ved Digraneset 0.12 µg/l, ved Børve 0.09 µg/l og ved Urdheim 0.05 µg/l. Det er således fortsatt en forurensningsgradient av bly i Sørfjorden, selv ved 40 m dyp og nivåene nærmer seg bakgrunnskonsentrasjoner først ved munningen av Sørfjorden.



Figur 10. Bly i 40 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1994.

Sink

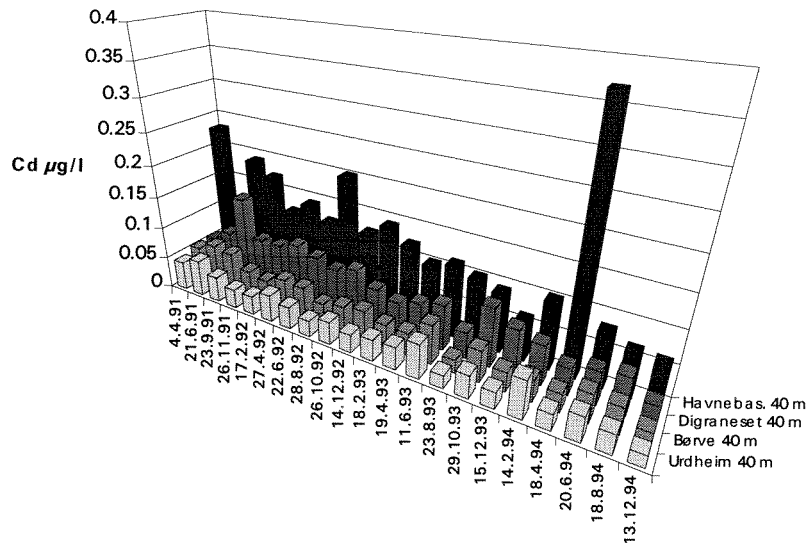
Konsentrasjonene av **sink** i 40 m dyp har ikke endret seg mye i perioden 1991-1994 (fig.11), men det er en generell nedgang, hvertfall i havnebassenget. Konsentrasjonene har holdt seg stort sett under 15 µg/l, selv i havnebassenget. I likhet med bly var det også for sink en klar forurensningsgradient i 40 m dyp i hele fjorden i 1994 (i desember fra 9 µg/l i havnebassenget til < 1 µg/l ved Urdheim). I forhold til et bakgrunnsnivå på < 1.5 µg/l er dette fortsatt høyt innerst i fjorden, men meget forskjellig fra nivåene før 1986. I perioden 1982 - 1986 var konsentrasjonene av sink i 40 m dyp ved Digraneset ca. 200-300 µg/l (Skei et. al., 1989). Dette er igjen et bevis på at utslippsreduksjoner har gitt store forbedringer i resipienten.



Figur 11. Sink i 40 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1994.

Kadmium

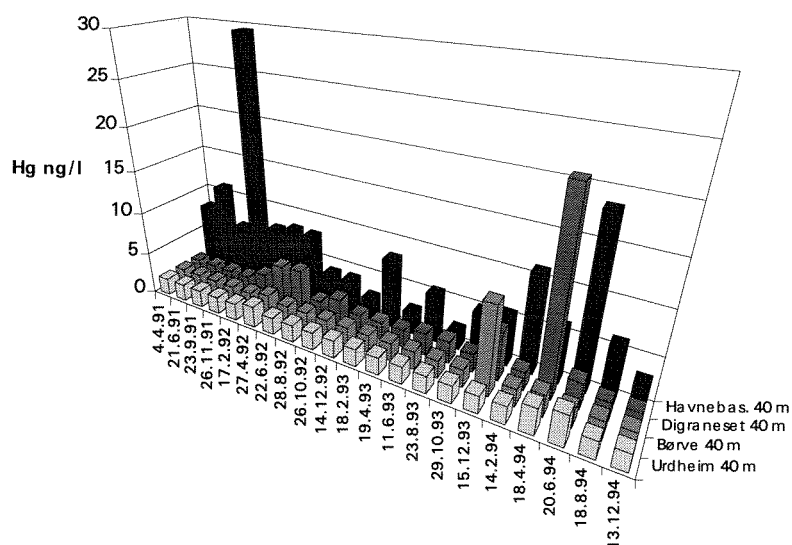
Fig.12 viser utviklingen i nivåer av **kadmium** i 40 m dyp fra 1991 - 1994 på strekningen havnebassenget til Urdheim, ytterst i Sørkjorden. I likhet med sink avtok konsentrasjonene i det intermedieære vannet i hele fjorden i denne perioden. En uforklarlig høy verdi i havnebassenget i april tillegges liten vekt når tidsperspektivet 1991 - 1994 vurderes. Nivåene nærmer seg nå et bakgrunnsnivå i 40 m dyp.



Figur 12. Kadmium i 40 m dyp i Sørkjorden i perioden 1991 - 1994.

Kvikksølv.

Utviklingen i konsentrasjonene av **kvikksølv** (fig. 13) viser høyere konsentrasjoner i 40 m dyp i fjorden i 1994 enn i 1993, spesielt innerst i fjorden. Det ble også registrert forhøyede nivåer av kvikksølv i overflatevann i perioden desember 1993 - april 1994, så det er mye som tyder på at kvikksølvet kommer fra området rundt Eitheimsvågen.



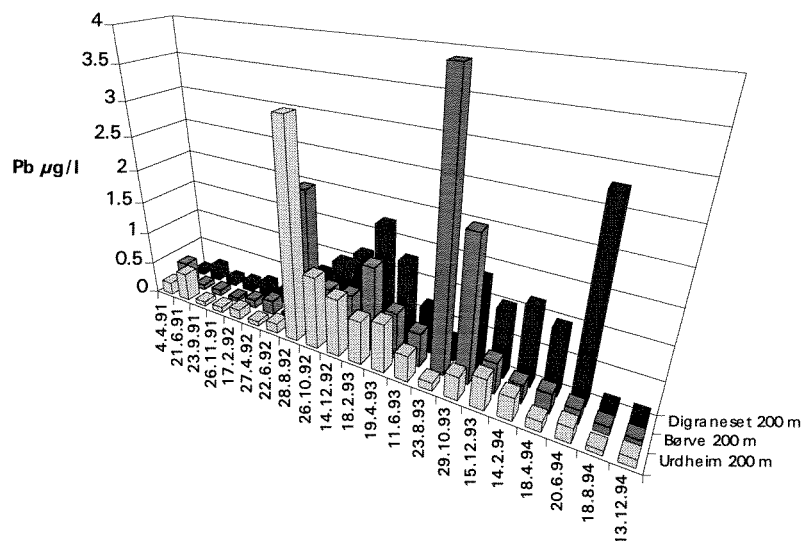
Figur 13. Kvikksølv i 40 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1994.

Dypvann.

Med dypvann menes her vannprøver tatt ved 200 m dyp. De dypeste bassengene i Sør fjorden er dypere enn 380 m, slik at prøvene ikke representerer bunnvannet i bassengene. Oppholdstiden på dypvannet regnes for å være flere måneder, slik at dette kan være vann som mottar forurensning over lang tid. I forbindelse med toktet i august tok NIVA ekstra prøver fra 250 m, 300 m og 340 m dyp ved Børve og fra 250 m dyp ved Digraneset for å sjekke nivåene av tungmetaller. Dette ble spesielt gjort fordi man hadde mistanke om at vannhenteren som ASSAYERS brukte gav feile blyverdier på store dyp (utett, utløsning i feil dyp eller kontaminering fra selve vannhenteren som gir størst utslag på store dyp når vannet er lenge i kontakt med vannhenteren).

Bly

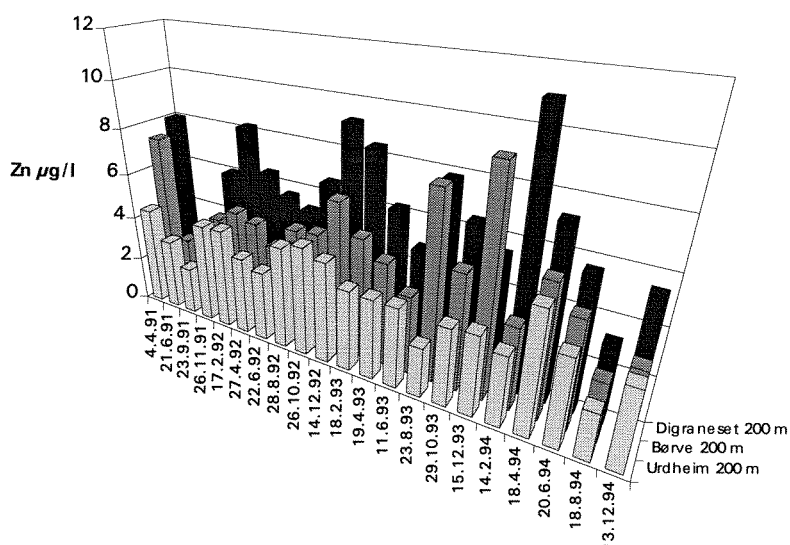
Figur 14 viser fordelingen av bly ved 200 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1994. Fra april 1991 til og med juni 1992 stod NIVA for vannprøvetakingen med egen vannhenter. I august 1994 ble også NIVAs vannhenter brukt og fra desember 1994 har ASSAYERS tatt i bruk en ny vannhenter av samme type som den som NIVA bruker. Det er åpenbart på grunnlag av fig.14 at vannhenteren som ble brukt i perioden august 1992 - juni 1994 kontaminerte vannprøvene med bly og at resultatene må betraktes som verdiløse. Alle spekulasjoner omkring årsaken til forhøyede blyverdier i dypvannet (Skei, 1993;1994) var således ubegrunnet. I august 1994 ble det målt under 0.1 µg/l bly under 200 m dyp. Sannsynligvis har konsentrasjonene ligget på dette nivået de senere årene.



Figur 14. Bly i 200 m dyp i Sørfjorden i perioden 1991 - 1994 (det gjøres oppmerksom på at blyverdiene fra perioden august 1992 t.o.m. juni 1994 er feilaktige).

Sink

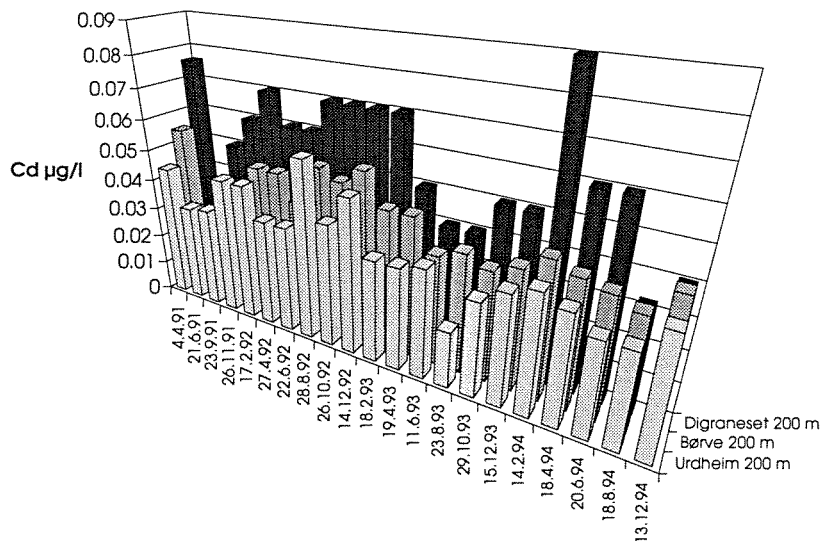
Konsentrasjonene av **sink** ved 200 m dyp på de tre ytterste stasjonene har ikke endret seg så mye de tre siste årene (fig.15). Konsentrasjonene har variert mellom 2 og 10 µg/l og det er ingen klar trend over tid. Konsentrasjonene har vært høyest innerst i fjorden og har avtatt utover. Dette er et konsentrasjonsnivå som i henhold til SFTs klassifikasjon kan betraktes som mindre god-nokså dårlig (II-III). Sannsynligheten er stor for at nivået vil endre seg lite i årene fremover med tanke på den belastningen som Sørfjorden har vært utsatt for over en lang tidsperiode. Disse moderate nivåene av sink kan neppe betraktes som et miljøproblem.



Figur 15. Sink i 200 m dyp i Sørfjorden i perioden 1991 - 1994.

Kadmium

I likhet med sink har konsentrasjonene av **kadmium** i dypvannet variert lite de siste tre årene. Konsentrasjonene har stort sett variert mellom 0.03 og 0.07 $\mu\text{g/l}$ og med avtagende konsentrasjoner utover fjorden. Det er en tendens til noe lavere konsentrasjoner i 1994 i forhold til 1993. Gradienten i dypvannet utover fjorden indikerer at dypvannet fortsatt er noe påvirket av utslippene innerst i fjorden. I 1994 varierte konsentrasjonene av kadmium på 200 m dyp mellom 0.03 og 0.04 $\mu\text{g/l}$ på de to ytterste stasjonene. Dette er bare såvidt i overkant av bakgrunnsnivå.

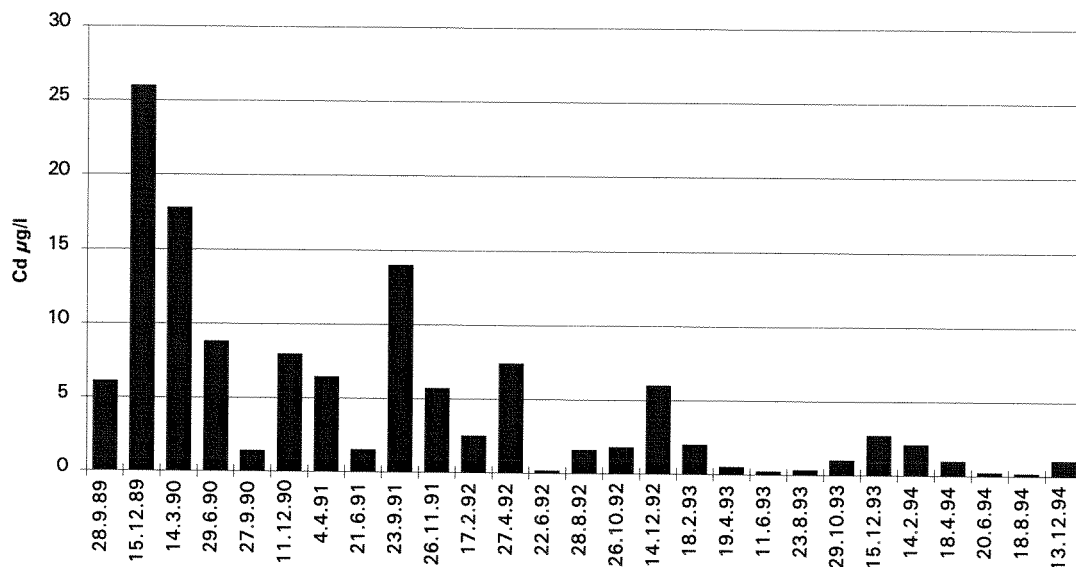


Figur 16. Kadmium i 200 m dyp i Sør fjorden i perioden 1991 - 1994.

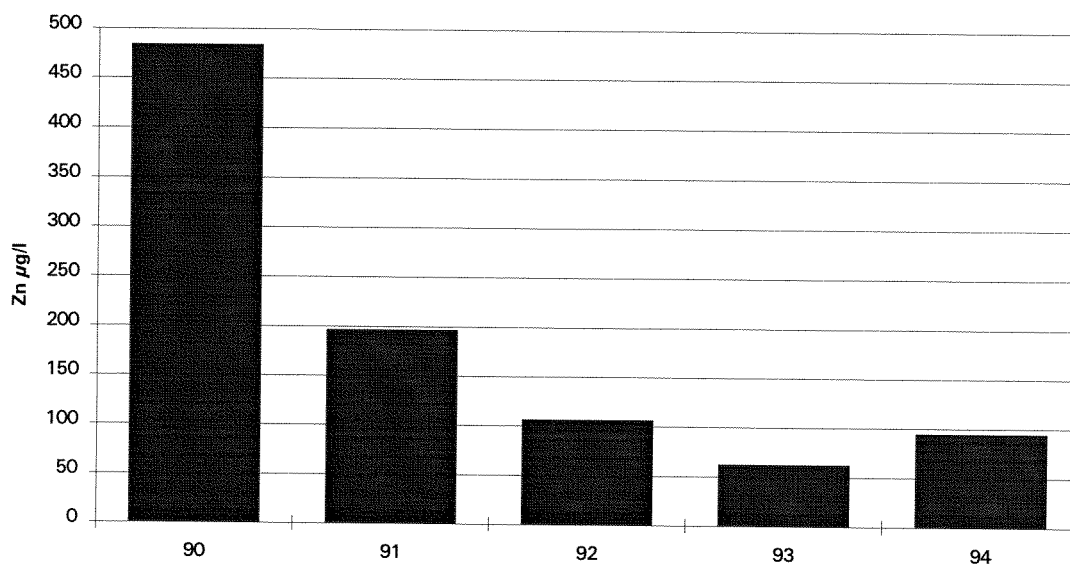
Alle resultatene viser at det er en klar gradient i tungmetaller fra havnebassenget og ut til munningen av Sør fjorden ved overflaten, 40 og 200 m dyp i 1994, slik som i 1993, men at forskjellen mellom indre og ytre fjord blir mindre.

5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTILSTANDEN I VANNMASSENE

Det er nå innsamlet vannkjemiske data for to år etter at oppryddingen i Eitrheimsvågen ble avsluttet. Effekten av oppryddingen er ikke uteblitt. Konsentrasjonene av metaller i overflatevannet er på vei nedover, selv om forholdene har vært noe labile. Fortsatt opptrer perioder med økning i tilførsler til fjorden. I hovedsak kan disse episodiske tilførslene henføres til Eitrheimsvågen, men man heller ikke se bort fra andre uregelmessigheter vedrørende tilførsler. Fig. 17 viser kadmium i overflateprøver fra Eitrheimsvågen i perioden 1989 - 1994. Her kommer det tydelig fram at nivåene stort sett var mye høyere i perioden før 1993. Det samme viser mengdene av sink i vannet (årgjennomsnitt i overflaten), med et gjennomsnitt på nesten 500 $\mu\text{g/l}$ i 1990 og i underkant av 100 $\mu\text{g/l}$ i 1994 (fig.18).



Figur 17. Kadmium i overflatevann fra Eitheimsvågen i perioden 1989 - 1994.



Figur 18. Gjennomsnittlige sink-verdier på års-basis i overflatevann i Eitheimsvågen 1990 - 1994.

Vi må forvente at nivåene vil synke ytterligere i 1995, spesielt i indre fjord, men at nivåene i ytre fjord etterhvert vil stabilisere seg på et nivå som er bare litt lavere i dag og som vil ligge noe høyere enn bakgrunnsnivå. Dette vil i høyeste grad være akseptabelt for en fjord som Sørfjorden, med en mangeårig forurensningshistorie.

Det vil være viktig å finne årsakene til de episodiske tilførslene som fortsatt påvirker fjorden. Avrenning fra bedriftsområdene under nedbørsperioder og utpumping av vann oppsamlet bak spuntvegg i vågen har tidligere blitt vurdert som potensielle kilder (Skei, 1994). Hadde det vært mulig å redusere kildene til de episodiske utslippene ville rehabiliteringsforløpet i fjorden skjedd raskere.

6. LITTERATUR

- Bloom, N.S. og E.A. Crecelius, 1983. Determination of mercury in seawater at sub-nannogram 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.
- Norzink, 1995. Resultater fra Norzinks måleprogram for diffus avrenning. Pers.medd. Per Strømsnes.
- Rygg, B. og I. Thèlin, 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veiledning nr. 93:02, 20s.
- Skei, J., 1975. The marine chemistry of Sørfjorden, West Norway. Ph.D.-thesis, University of Edinburgh. 207 s.
- Skei, J., 1992. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1991. Delrapport 1. Vannkjemi og sedimentundersøkelser. Rapport 500/92 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2804), 53 s.
- Skei, J., 1993. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1991. Delrapport 1. Vannkjemi. Rapport 544/93 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2967), 22 s.
- Skei, J., J. Knutzen, og K. Næs, 1989. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1987-1988. Rapport 346/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2227), 132 s.

VEDLEGG

Tabell 1: Vannkjemiske data 1994.

Urdheim

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
14/02/94	0	<2	0.340	8.80	0.110	1.04	27.80	0.4
14/02/94	40	<2	0.180	2.40	0.058	0.39	32.00	0.5
14/02/94	200	<2	0.240	3.00	0.038	0.54	33.10	0.6
18/04/94	0	4.0	0.140	6.80	0.060	0.28	25.80	1.0
18/04/94	40	3.0	0.070	4.10	0.025	0.28	29.80	0.7
18/04/94	200	2.5	0.150	5.20	0.035	0.26	31.50	0.8
20/06/94	0	<2	0.190	10.00	0.120	0.42	9.90	0.6
20/06/94	40	3.5	0.300	5.40	0.038	0.25	33.00	<0.15
20/06/94	200	<2	0.220	3.75	0.030	0.24	33.90	<0.15
18/08/94	0	<2	0.190	7.80	0.110	0.88	4.40	
18/08/94	40	<2	0.110	2.70	0.030	0.27	34.40	
18/08/94	200	<2	0.068	2.00	0.030	0.24	35.03	
13/12/94	0	<2	0.240	9.00	0.110	0.24	20.00	0.6
13/12/94	40	<2	0.053	< 1	0.018	0.25	30.00	0.2
13/12/94	200	<2	0.120	3.40	0.038	0.23	35.00	0.6

Børve

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
14/02/94	0	2.5	0.280	10.60	0.120	0.58	26.70	0.4
14/02/94	40	<2	0.320	4.20	0.033	0.59	33.90	2.0
14/02/94	200	<2	0.220	3.50	0.043	0.53	34.20	<0.2
18/04/94	0	5.0	0.260	9.60	0.120	0.42	22.00	1.1
18/04/94	40	2.5	0.070	4.50	0.028	0.26	28.30	1.8
18/04/94	200	4.5	0.290	5.60	0.040	0.25	29.60	1.4
20/06/94	0	<2	0.240	10.60	0.120	0.28	8.50	0.3
20/06/94	40	<2	0.260	6.35	0.043	0.29	28.70	0.2
20/06/94	200	<2	0.210	4.55	0.038	0.24	31.00	0.3
18/08/94	0	<2	0.230	9.20	0.120	0.28	4.80	1.2
18/08/94	40	<2	0.160	4.35	0.040	0.31	34.34	1.3
18/08/94	200	<2	0.120	2.45	0.035	0.24	35.02	0.3
18/08/94	250		0.083	1.85	0.030	0.24	35.05	
18/08/94	300		0.080	1.55	0.028	0.21	35.03	
18/08/94	340		0.078	1.55	0.028	0.27	35.03	
13/12/94	0	<2	0.170	5.60	0.070	0.30	27.50	0.5
13/12/94	40	<2	0.090	1.40	0.020	0.27	32.50	0.7
13/12/94	200	<2	0.090	3.35	0.043	0.23	34.20	0.6

Digraneset

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
14/02/94	0	3.0	0.400	20.00	0.180	0.50	26.70	0.7
14/02/94	40	2.0	0.460	6.40	0.060	0.74	34.80	0.7
14/02/94	200	4.0	1.160	11.00	0.090	2.14	32.90	0.4
18/04/94	0	20.0	0.300	19.20	0.190	0.30	16.70	0.7
18/04/94	40	21.5	0.200	6.00	0.040	0.26	19.20	0.9
18/04/94	200	16.0	0.960	7.20	0.060	0.38	31.30	0.9
20/06/94	0	<2	0.190	9.80	0.120	0.34	8.80	0.3
20/06/94	40	3.0	0.430	7.00	0.050	0.34	27.60	0.2
20/06/94	200	11.0	2.780	5.60	0.060	2.72	28.90	0.2
18/08/94	0	<2	0.450	13.20	0.140	0.20	3.86	1.2
18/08/94	40	<2	0.300	7.20	0.056	0.30	34.36	1.4
18/08/94	200	<2	0.120	3.20	0.032	0.22	35.04	0.5
18/08/94	250		0.130	2.20	0.032	0.22	35.03	
13/12/94	0	<2	0.130	8.80	0.150	0.32	23.00	0.6
13/12/94	40	<2	0.120	2.80	0.030	0.28	32.80	0.6
13/12/94	200	<2	0.120	5.40	0.040	0.28	34.80	0.6

Eitrheimsvågen

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
14/02/94	0	17.5	1.440	242.00	2.100	0.64	29.10	0.6
14/02/94	10	8.0	0.560	13.40	0.100	0.88	28.20	0.5
18/04/94	0	26.0	0.760	72.00	1.000	0.36	21.80	1.1
18/04/94	10	25.5	3.400	66.00	0.360	8.80	28.00	1.2
20/06/94	0	<2	0.740	20.40	0.230	0.22	6.40	0.3
20/06/94	10	7.0	1.330	116.00	3.300	0.36	20.40	1.4
18/08/94	0	<2	0.930	16.00	0.190	0.16	2.48	1.2
18/08/94	10	20.0	2.900	54.40	0.330	0.36	30.16	1.2
13/12/94	0	2.5	0.290	27.40	1.040	0.30	9.50	0.7
13/12/94	10	6.5	0.150	9.60	0.200	0.30	28.50	0.7

Havnebassenget

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Ni µg/l	O2 ml/l	Sal. o/oo	TSM mg/l	Tot-N µg/l
14/02/94	0	10.0	0.790	140.00	1.100	0.44	9.24	28.8	0.5	125
14/02/94	20	6.5	0.710	13.40	0.100	0.52	8.05	31.1	0.6	830
14/02/94	40	11.0	1.020	13.80	0.100	0.52	6.23	32.7	0.6	270
18/04/94	0	11.0	0.340	27.60	0.250	0.28	9.52	19.7	1.4	1180
18/04/94	20	6.5	0.560	12.60	0.080	0.36	8.61	30.2	3.4	1950
18/04/94	40	6.0	0.920	11.00	0.370	0.38	6.09	29.7	1.6	990
20/06/94	0	<2	0.300	12.20	0.140	0.24	10.22	7.2	0.6	760
20/06/94	20	6.5	1.590	20.20	0.110	0.50	8.61	28.4	0.4	1290
20/06/94	40	18.5	4.100	13.00	0.080	0.32	5.39	31.2	1.1	515
18/08/94	0	<2	0.610	16.00	0.300	0.22	7.86	5.846	2.2	265
18/08/94	20	16.0	1.630	22.80	0.140	0.58	2.33	32.315	0.3	1260
18/08/94	40	6.0	0.790	10.60	0.064	0.36	2.91	34.363	0.6	420
13/12/94	0	<2	0.340	16.20	0.450	0.28	12.32	5.60	1.0	370
13/12/94	20	<2	0.300	12.00	0.140	0.42	7.98	26.00	1.3	900
13/12/94	40	3.0	0.440	9.00	0.060	0.38	6.58	32.00	1.1	575



Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås, 0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00 Fax: 22 18 52 00

ISBN 82-577-2776-8