



Statlig program for forurensningsovervåking

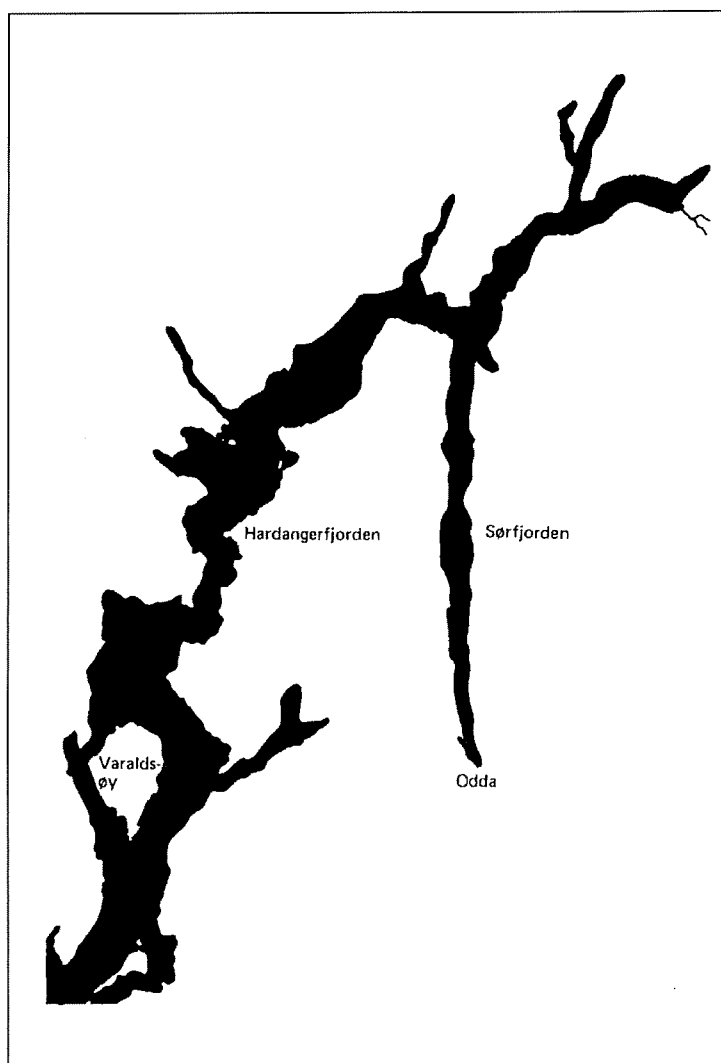
Rapport 796/00

Oppdragsgiver Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjoner NIVA
 Assayers, Odda

Tiltaksorienterte
miljøundersøkelser i
Sørfjorden og
Hardanger
fjorden 1999

Delrapport 1
Vannkjemi



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5008 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

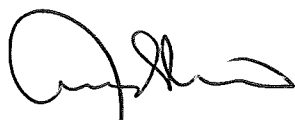
9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1999. Delrapport 1. Vannkjemi	Løpenr. (for bestilling) 4236-2000	Dato 1.04.00
	Prosjektnr. Undernr. 800309	Sider Pris 23
Forfatter(e) Jens Skei	Fagområde Miljøgifter	Distribusjon
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Statens Forurensningstilsyn (SFT) (Overvåkningsrapport nr.796/00. TA nr.1724/2000)	Oppdragsreferanse
---	-------------------

<p>Sammendrag</p> <p>Månedlige analyser av overflatevannet i Sørfjorden i 1999, med hovedvekt på tungmetaller (sink, kadmium, bly, kopper og kvikksølv) viste at forholdene var preget av uhellsutslipp ved Norzink as. Høye konsentrasjoner av sink og kadmium i mai skyldtes utpumping i Eitrheimsvågen av sterkt metallholdig vann fra en kum. Dette ga en kraftig forurensning i hele Sørfjorden og sannsynligvis også økning i Hardangerfjorden. I april viste overflatevannet økt forurensning med kvikksølv og i desember økte nivåene av kvikksølv igjen. Denne gangen er økningen forklart med lekkasjer fra en sump som mottar kvikksølvholdig vann. Denne lekkasjen fortsatte til ut i februar år 2000. 1999 har således vært et år preget av betydelig metallforurensning i Sørfjorden. Ettersom de ekstraordinære tilførsler har skjedd til overflatevannet vil spredningen av forurenset vann bli stor og de biologiske konsekvensene vil være størst for organismer som lever på grunt vann (f.eks. blåskjell og andre dyr i tangbeltet).</p>
--

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Sørfjorden Overvåking Vannkjemi Tilførsler 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> Sørfjorden Monitoring Water chemistry Pollutant discharges
--	--



Jens Skei
Prosjektleder

Forskningsleder
ISBN 82-577-3858-1



Bjørn Braaten
Forsknings sjef

O-800309

**TILTAKSORIENTERTE MILJØUNDERSØKELSER I
SØRFJORDEN OG HARDANGERFJORDEN 1999**

DELRAPPORT 1. VANNKJEMI

Forord

NIVA har i 1999 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 henholdsvis 33.6%, 17.3% og 17.3% av kostnadene, Odda kommune og Ullensvang kommune 3.4 % hver og SFT 25 %. 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. Analyser av metaller i vann er utført ved NIVA.

Undersøkelsen er et ledd i et overvåkingsprogram frem til og med år 2000 for vann, sedimenter og organismer. Det statlige overvåkingsprogrammet i Sørfjorden startet i 1979.

Denne rapporten omfatter fjordens vannkjemi.

Oslo, 1 april 2000

Jens Skei
prosjektleder

Innhold

Sammendrag	7
Summary	8
1. INNLEDNING	9
2. MÅLSETTING	10
3. FELTARBEID OG METODER	11
4. RESULTATER OG DISKUSJON	12
4.1 Saltholdighet	12
4.2 Totalt suspendert materiale (TSM)	13
4.3 Metaller	13
4.3.1 Årsgjennomsnitt i overflatevann for hele Sørfjorden	13
4.3.2 Metaller i overflatevann i området nær Eitrheimsneset.	15
4.3.3 Årstidsvariasjoner i metallnivået i overflatevann fra Sørfjorden	16
5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTILSTANDEN I VANNMASSENE	19
6. LITTERATUR	19
Vedlegg A.	20

Sammendrag

Foreliggende rapport om overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1999 gir en beskrivelse av tilstanden i fjordområdet etter at en rekke miljøltiltak er blitt gjennomført. Rapporten er følgelig en del av grunnlaget 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.

Prøver ble innsamlet hver måned på 9 stasjoner for analyser av saltholdighet, suspendert materiale og tungmetaller (kopper, bly, kadmium, sink og kvikksølv). Fra 1998 er all overvåking av metaller i vann begrenset til overflateprøver. I tillegg er analyser av oksygen og nitrogen tatt ut av det statlige overvåkningsprogrammet. Tanken var at dette skulle inn i et eget overvåkningsprogram for indre Sørfjord i regi av Odda kommune. Fra år 2000 vil overvåkingen av oksygen og nitrogen igjen bli en del av statlig overvåkningsprogram.

Overvåkingen av vann i 1999 leder til følgende konklusjoner:

- 1. Det totale utslippet av tungmetaller fra de tre største bedriftene (Norzink A/S, Odda Smelteverk A/S og Tinfos Titan & Iron K/S) har økt i 1999 i forhold til 1998. Det bør påpekes at det er store usikkerheter i anslagene av tilførsler fra diffuse kilder og at dette gjør det vanskelig å vurdere den reelle belastningen på fjorden.**
- 2. Det som preget utslippsbildet i 1999 var flere uhellsutslipp ved Norzink as. I mai ble fjorden tilført store mengder sink og kadmium (og tildels kopper) i forbindelse med avrenning av sterkt metallholdig vann fra en kum til Eitrheimsvågen. Både i april og i desember ble det registrert forhøyede nivåer av kvikksølv i overflatevannet, hvor det siste tilfellet er blitt forklart med lekkasje fra en sump på Norzink i desember. Det stilles store forventninger til Norzinks tiltak, som nå er i anleggsfasen, for å minimalisere diffuse utslipp fra fabrikkområdet på Eitrheimsneset.**
- 3. Utslippene av PAH og nitrogen fra Odda Smelteverk har gått noe ned i 1999. Det forventes at utslippene av nitrogen vil gå ytterligere ned i år 2000 i forbindelse med lagring av dicykalk på land, i påvente av eksport av kalken.**
- 4. Nivåene av tungmetaller i overflatevannet i Sørfjorden i 1999 ble totalt sett styrt av uhellsutslippene. I mai ble det målt svært høye konsentrasjoner av sink og kadmium i hele fjorden. Selv ved munningen av Sørfjorden, ca. 35 km fra Odda, var vannet meget sterkt forurenset (SFTs tilstandsklasse V). I april og desember ble det også påvist til dels høye konsentrasjoner av kvikksølv i hele fjorden. I desember var vannet markert forurenset av kvikksølv (tilstandsklasse III) i Sørfjordens munningsområde, mens i Eitrheimsvågen var vannet meget sterkt forurenset mht. kvikksølv. Ettersom det i disse tilfellene ble registrert høye konsentrasjoner ytterst i fjorden er det all grunn til å tro at Hardangerfjorden også ble påvirket, hvertfall i mai og i desember.**

Summary

Title: Monitoring of Sjørfjorden and Hardangerfjorden 1999. Report no. 1. Water chemistry

Year: 2000

Author: Jens Skei

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-3585-1

The results of the monitoring of the water chemistry of Sjørfjorden and Hardangerfjorden in 1999 are presented. During the last decade a number of remedial actions have been executed to reduce the input of industrial waste. The objective of the monitoring is to control if the actions have been successful and to what extent the overall objectives with respect to the use of Sjørfjorden and Hardangerfjorden can be achieved in the near future.

Water samples were collected monthly at 9 stations for analyses of salinity, suspended matter and heavy metals (copper, lead, cadmium, zinc and mercury). Since 1998 the monitoring is restricted to the surface water. Analyses of oxygen and nitrogen have been carried out by a local monitoring programme. From year 2000 this monitoring will be a part of the main programme.

The monitoring results obtained in 1999 may be summarized as follows:

- 1. The total discharge of heavy metals from the three main companies in Odda (Norzink as, Odda Smelteverk and Tinfos Titan & Iron K/S) has increased in 1999 compared to 1998. It should be pointed out that the contribution of diffusive loading of metals is very uncertain, hence it is difficult to estimate the overall load of metals.**
- 2. During 1999 incidents of accidental discharges from Norzink were recorded. In May large quantities of zinc and cadmium (and partly copper) were pumped into Sjørfjorden. In April and December two other incidents caused substantial input of mercury. Norzink is now implementing a system to retain contaminated drainage water to minimize discharges to the fjord.**
- 3. The discharges of PAH and nitrogen from Odda Smelteverk has decreased in 1999 compared to 1998. It is anticipated that the discharges of nitrogen will be further reduced in year 2000 due to storage of waste products containing nitrogen on shore.**
- 4. The levels of trace metals in the surface water of Sjørfjorden in 1999 were completely governed by accidental discharges. In May high concentrations of zinc and cadmium were observed even 35 km from the source. In April and December elevated concentrations of mercury were recorded in the entire fjord. High concentrations at the mouth of Sjørfjord suggest that the Hardangerfjord also was affected by the accidental discharges.**

1. INNLEDNING

Sørfjorden er inne i en periode med rehabilitering, hvor effektene av gjennomførte tiltak er i fokus innenfor overvåkingen. Vannets kjemiske sammensetning gjenspeiler de endringer som skjer som følge av utslipp og diffuse tilførsler. Selv om de regulære tilførslene har gått ned så er det nesten årlig uhellsutslipp som gir kortvarige forverringer i vannkvaliteten.

I april 1999 ble det påvist forhøyede nivåer av kvikksølv i hele Sørfjordens overflatevann. Norzink har orientert om at det på det tidspunktet ble gjennomført en omfattende og komplisert vedlikeholdsstopp i røste/svovelsyreanlegget som bl.a. omfattet utskifting av et gammelt vasketårn som var kontaminert med kvikksølv. Bedriften mener at det ikke er noen sammenheng mellom de høye kvikksølvverdiene i fjorden og denne vedlikeholdsstoppen.

I mai 1999 ble det fra Norzink rapportert unormalt høye verdier av tungmetaller (sink og kadmium) i en kum som har avløp til Eitrheimsvågen. Omfanget av dette ekstraordinære utslippet er ikke kjent, men det må ha vært meget omfattende ettersom forurensningen kunne spores i hele fjorden i overflatevannet i forbindelse med toktet i mai.

I desember ble det igjen registrert uvanlig høye konsentrasjoner av kvikksølv i overflatevannet i hele Sørfjorden. Det har i ettertid vist seg at dette kan skyldes lekkasje fra en sump som inneholder kvikksølvholdig avløpsvann. Denne lekkasjen ble stoppet i februar år 2000.

De offisielt anslåtte utslippene av metaller og PAH fra de tre største industribedriftene i Odda-området i 1999 er vist i tabell 1.

Tabell 1. Offisielle anslag over utslipp til sjø fra Odda Smelteverk A/S (O.S.), Norzink A/S (NZ) og Tinfos Titan & Iron K/S (TTI) i 1999 (kg/år). Basert på opplysninger fra bedriftene. Tallene i parentes representerer utslippstall for 1998.

Bedrift	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg	PAH
O.S.	203 (266)	186 (124)	476 (1053)	17 (10)	0.5 (0.9)	1206 (1162)
NZ ¹⁾	41 (50)	6850 (4400)	32200 (30000)	990 (850)	14.5 (6.2)	-
TTI	134 (7.4)	45 (65)	11667 (9624)	1.1 (90)	2.1 (0.2)	77 (1.5)
Totalt	378 (323)	7081 (4589)	44343 (40677)	1008 (950)	17.1 (7.3)	1283 (1164)

- 1) Tilførslene fra Norzink for 1999 omfatter utslipp fra løpende drift (regulære utslipp og uhellsutslipp), avrenning av vann bak spuntvegg, avrenning fra kaiområdet og beregnede mengder av sink og kadmium tilført fjorden via overflatevann og kloakk (diffuse tilførsler). Den anslagsvise fordelingen mellom disse enkeltkildene er følgende (kg/år):

	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
Drift	6300	60	6778*	21	10.9*
Via spuntvegg	1406	21.4	6.2	10.3	0.2
Kaien	1400	4	60	9	0.4
Diffuse tilførsler (ca.)	23000	900	?	?	3***
SUM**	32200	990	6850	41	14.5

* Hovedsakelig fra aluminiumfluoridfabrikken.

** Disse tallene er skjønnsmessig avrundet oppover av Norzink a.s.

*** 1 kg i april og 2 kg i desember (det gjøres oppmerksom på at disse tallene er grove anslag og at man i forbindelse med et nytt modellverktøy forventer å kunne gi bedre tilførselsberegninger i løpet av første halvår år 2000).

Hvis man sammenligner med utslippstallene fra 1998 (Skei, 1999), er tilførslene av alle de målte metallene og PAH økt. Størst prosentvis økning ble registrert for kvikksølv og bly. Det påpekes at tilførselstallene er spesielt usikre i 1999 siden det var flere uhellsutslipp.

Utslipp av nikkel er ikke med på sammenstillingen ovenfor, da nikkel ikke inngår i analyseprogrammet i resipienten. I følge opplysninger fra Odda Smelteverk var utslippet av nikkel til Sørfjorden i 1998 3343 kg og i 1999 3607 kg, hovedsaklig fra filterkake i dicyproduksjonen. I tillegg til utslipp av PAH fra karbidovnen ved Odda Smelteverk ble det i 1999 også sluppet ut omtrent 44 tonn cyanid.

Utslipp av nitrogen fra Odda Smelteverk ble beregnet til 828 tonn i 1998 og 634 tonn i 1999. Det er således en nedgang i utslippet av nitrogen i 1999. Det arbeides nå med planer for å redusere, eventuelt fjerne utslippene av dicykalk til fjorden. Planen er at det nye anlegget for eksport av filterkake vil være i drift fra sommeren år 2000. Smelteverket arbeider ut fra en plan som tilsier at innen 4-5 år skal utslippene av filterkake til sjø være nærmest null.

Sammenfatningsvis for 1999 er konklusjonen på utslippssituasjonen at utslippene av tungmetaller og PAH til Sørfjorden har gått noe opp. Mest betenkelig er økningen av tilførslene av kvikksølv ved uhellsutslipp i 1999.

2. MÅLSETTING

Det **overordnede mål** med overvåkingen i 1999 har vært

- å fastslå dagens forurensningssituasjon i lys av de tiltak som er gjort de senere år og i relasjon til de kjente tilførsler
- så vidt mulig fange opp virkningen på vannkvaliteten av utslipp og irregulære tilførsler

Delmålene knyttet til undersøkelsen av vannkjemien var å

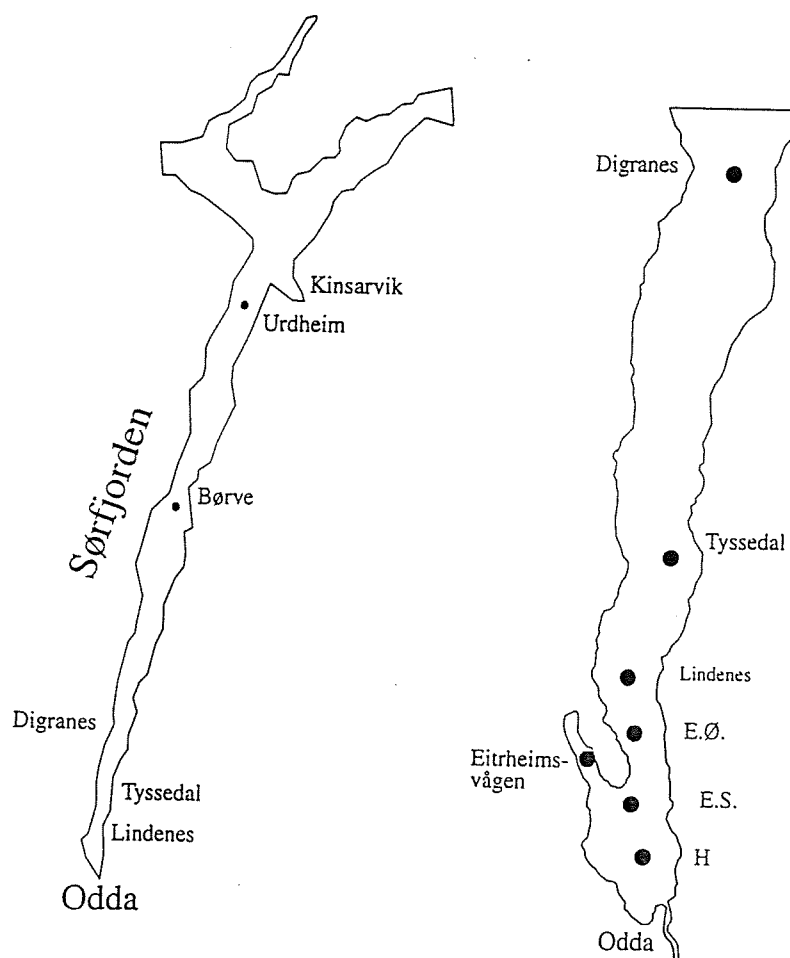
- studere horisontale gradienter av utvalgte tungmetaller, nitrogen og suspendert materiale i vannmassene i Sørfjorden for å belyse kilder, influensområde og tidstrend.

3. FELTARBEID OG METODER

Vannprøver ble innsamlet 26. januar, 9. februar, 23. mars, 8. april, 7. mai, 15. juni, 5. juli, 10. august, 7. september, 5. oktober, 16. november og 14. desember 1999 av ASSAYERS i Odde.

Overflateprøvene ble tatt direkte på spesialvaskede plastflasker for analyse av kadmium, sink, kobber, og bly og glassflasker for analyse av kvikksølv og total nitrogen (ufiltrerte prøver). Tungmetallene (bly, sink, kobber og kadmium) er analysert ved NIVA etter Freon-ekstraksjon og atomabsorpsjon (Danielsson et al., 1978). Kvikksølv er analysert ved NIVA etter salpetersyreoppløsning ved kalddampeteknikk og gullfelle (Bloom og Crecelius, 1983). Total suspendert materiale (TSM) og saltholdighet ble analysert ved ASSAYERS i Odde. Total suspendert materiale er gravimetrisk bestemt på membranfilter (KEBO) med 0.45 µm porestørrelse. Saltholdighet er målt med salinoterm.

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



Figur 1. Lokalisering av prøvetakingsstasjoner for vann i 1999. Kartet til venstre viser stasjoner i ytre fjord og kartet til høyre stasjoner på strekningen Digranes - Odde (E.Ø= Eitrheimsneset øst, E.S= Eitrheimsneset sør, H=havnebassenget).

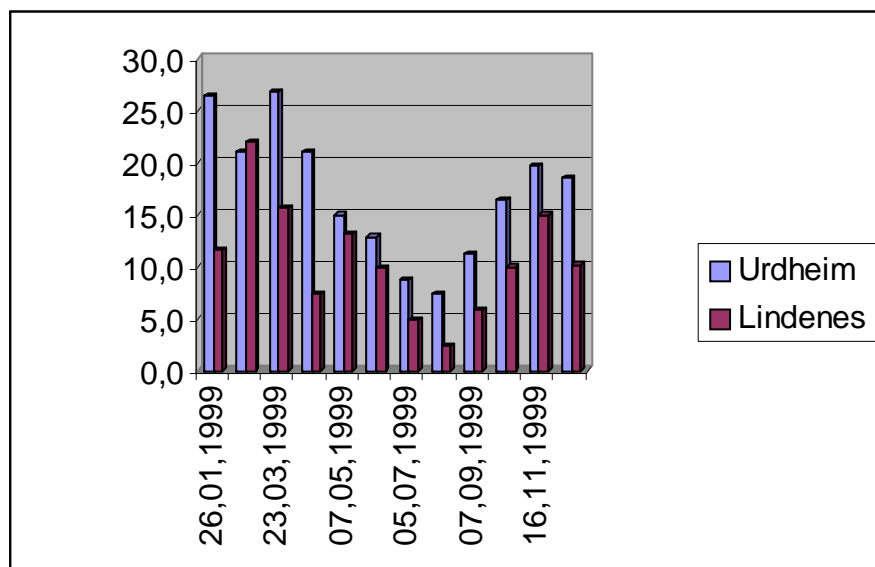
4. RESULTATER OG DISKUSJON

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).

Vannmassenes kjemi vil gjenspeile korttidssvingningene i utslippsforhold bedre enn analyser av biologisk materiale og sedimenter. Problemet er imidlertid regulariteten i tilførslene av forurensning. Hvis disse varierer mye over tid (støtutslipp, uhell, eller nedbørsforskjeller), og frekvensen av prøvetaking er forholdsvis liten, gir heller ikke vannprøvene et tilfredsstillende bilde av situasjonen. Nå tas imidlertid vannprøver fra overflatelaget (ca. 0.5m dyp) hver måned. I tillegg er antall stasjoner økt fra 5 til 9, med spesiell vekt på å prøveta i området rundt Eitrheimsneset, som ansees som hovedkilde for tungmetaller.

4.1 Saltholdighet

I 1999 ble det registrert en saltholdighetsvariasjon mellom 1.5 og 27.2 i overflatevannet. Dette er svært likt situasjonen i 1998. De laveste saltholdighetene (< 10) ble målt i perioden juni til august, noe som skyldes stor ferskvannsavrenning som følge av snøsmelting (figur 2).

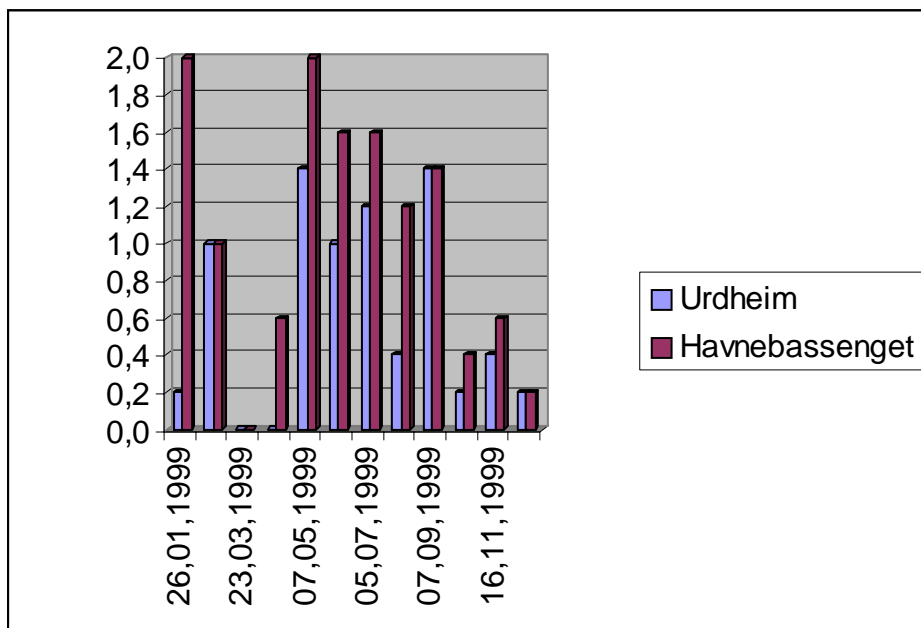


Figur 2. Saltholdighet i overflateprøver fra to lokaliteter i Sør fjorden (Urdheim og Lindenes) i 1999.

Saltholdigheten i Eitrheimsvågen er delvis styrt av vannføringen i Opo, men også lokale nedbørforhold og avrenning fra land ventes å ha betydning her. Figuren viser at saltholdigheten i overflatelaget stort sett er lavere innerst i fjorden (Lindenes) enn ytterst (Urdheim).

4.2 Totalt suspendert materiale (TSM)

Det ble registrert små variasjoner i TSM-verdier i 1999 (fig.3). Konsentrasjonene varierte mellom < 0.2 mg/l og 2.4 mg/l. Dette er innenfor naturlige svingninger og det er ingen ting som tyder på at Sørfjorden i 1999 ble påvirket av partikulære utslipp til overflatevannet.



Figur 3. Mengde partikulært materiale (TSM, mg/l) i overflatevannet på stasjoner i Sørfjorden, 1999.

4.3 Metaller

Analyseprogrammet for metaller i overflatevann fra Sørfjorden i 1999 omfatter kvikksølv, bly, sink, kadmium og kopper. Prøvene er ufiltret og metallkonsentrasjonene er derfor å betrakte som totalt metallinnhold (løst og partikulært).

4.3.1 Årsgjennomsnitt i overflatevann for hele Sørfjorden

Metallinnholdet i overflatelaget i Sørfjorden skal gjenspeile endringer i tilførsler over året. Ved å sammenligne med tidligere års undersøkelser vil vi også se hvordan endringen i forurensningsnivå skjer over lengre tidsperioder. Ettersom Sørfjorden er inne i en rehabiliteringsperiode, etter en rekke tiltak for å redusere utslipp, forventes det nå en gradvis forbedring i vannkvaliteten. Det har imidlertid vist seg at nivåene av metaller i overflatelaget har variert mye fordi tilførslene til overflatelaget i stor grad er koblet til avrenning fra land (diffuse kilder). Av den grunn er overvåkingen av vannkvaliteten i Sørfjorden fra 1998 konsentrert om overflatevannet.

Den gjennomsnittlige overflatekonsentrasjonen midlet over året for samtlige stasjoner i perioden 1991 - 1999 er vist nedenfor (konsentrasjoner i $\mu\text{g/l}$, 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
-1995	4.6	0.7	0.27	0.22	0.15
-1996	1.4	0.5	0.33	0.27	0.13
-1997	1.4	0.7	0.21	0.14	0.11
-1998	1.0	0.3	0.38	0.17	0.19
-1999	1.5	0.3	0.35	0.20	0.14
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
-1995	61.5	23.8	10.2	13.4	9.1
-1996	308.6*	137.2*	94.0*	29.1*	16.1*
-1997	62.6	35.1	13.8	11.0	8.6
-1998	58.0	17.8	30.1	18.1	11.0
-1999	77.2	31.2	27.3	17.2	13.0
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
-1995	1.9	0.80	0.28	0.23	0.15
-1996	6.7*	2.34*	1.80*	0.60*	0.30*
-1997	0.8	0.46	0.20	0.14	0.11
-1998	0.8	0.23	0.29	0.19	0.09
-1999	1.9**	1.10**	0.81**	0.40**	0.33**
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
-1995	156.7	27.0	<7.6	<9.0	<2.1
-1996	64.1	11.0	2.4	1.8	<1.2
-1997	17.0	4.7	2.4	<1.4	<1.4
-1998	9.1	2.2	<2.6	<2.4	<1.5
-1999	19.0***	4.3***	5.7***	3.9***	2.0***

* høyt årsgjennomsnitt skyldes ekstremverdier i oktober 1996

** høyt årsgjennomsnitt skyldes ekstremverdier i mai 1999

*** høyt årsgjennomsnitt skyldes ekstremverdier i april og desember 1999

Det mest påfallende med resultatene fra 1999 er den kraftige økningen av nivåene av sink og kadmium (og til dels kopper) i mai i hele fjorden (Vedlegg A). Nivåene av sink og kadmium økte med en faktor på henholdsvis 10 og 20 i havnebassenget og Eitrheims-området og en faktor på 5 og 10 ved Urdheim i forhold til resultatene fra april-toktet. Resultatene fra juni-toktet viste at forholdene var normalisert. Det er åpenbart at Sørfjorden ble tilført store mengder metaller i tidsrommet mellom 8 april og 7 mai.

En enda kraftigere overflateforurensning ble registrert i Sørfjorden høsten 1989 (Skei et al., 1990). Da var nivåene i overflatevannet ved Digraneset og Børve 300-400 µg/l sink. Det ble satt fram ulike hypoteser om årsaker, uten at man kunne fastslå årsaken med sikkerhet. Fra 1989-episoden ble det gjort et anslag på hvor store tilførsler som måtte til for å få de målte konsentrasjonene. Ved å anta at ferskvannstilførselen totalt til Sørfjorden er 50 m³/s og at blandingsforholdet ved Sørfjordens munning er lik 1:2 (en del ferskvann og to deler saltvann, dvs. en saltholdighet på ca. 20) så vil brakkvannstransporten ved munningen være 150 m³/s. På grunnlag av dette ble det gjort et overslag over transporten av metaller ut av fjorden den dagen prøvene ble tatt. Tilsvarende kan gjøres for situasjonen i mai 1999. Da ble det registrert en konsentrasjon på 50 µg/l sink ved Urdheim. Dette gir en sink-transport på 650 kg pr.dag. Ettersom nivåene fortsatt var høye i Eitrheimsvågen samme dag (7.05) og det faktum at oppholdstiden på overflatevannet forventes å være 4-5 dager må vi anta at utslippet må ha vart minimum 4-5 dager. I så fall snakker vi om et ekstraordinært utslipp på over 3 tonn sink (nøyaktigere beregninger vil bli gjort i en separat rapport etter at det er etablert en modellverktøy som skal beregne størrelsen på akuttutslipp til overflatelaget).

I tillegg til de ekstraordinære tilførslene av sink og kadmium (og til dels kopper) i mai, som etter all sannsynlighet skyldes avrenning av sterkt metallholdig drens vann fra en kum innerst i Eitrheimsvågen, ble det registrert unormalt høye konsentrasjoner av kvikksølv både i Eitrheimsvågen og i overflatevannet i hele Sørfjorden, i april og i desember (Vedlegg A). I april ble det målt 57 ng/l i vågen, mens i ytre fjord ble det målt mellom 4 og 14 ng/l. Norzink antar at årsaken ikke kan skyldes ekstra tilførsel i forbindelse med en større vedlikeholdsstopp og demontering av et vasketårn som var kontaminert med kvikksølv. Tilførselen til fjorden må imidlertid ha vært betydelig ettersom nivåene også økte helt ute ved Urdheim eller ca. 35 km fra Odda.

En ny økning av kvikksølvnivåer ble registrert i desember 1999. Ettersom nivåene i ytre deler av fjorden i desember lå i konsentrasjonsområdet 15-20 ng/l, mot vanligvis 1-2 ng/l, er det åpenbart at tilførslene har pågått en tid før prøvetakingen 14.12.99. I ettertid har det vist seg at årsaken skyldes lekkasje fra en sump med kvikksølvholdig væske. Sammenlignet med uhellet i april ser det ut til at uhellet i desember (og videre i januar og februar 2000) var av langt større omfang. Det vil bli laget en separat rapport som vil bli presentert 1.05.00 om det siste uhellsutslippet.

Tabellen ovenfor viser for øvrig at nivåene av bly sammenlignet med 1998 ikke har endret seg mye. Når det gjelder de andre metallene, kan økningen basert på årgjennomsnitt tilskrives de ekstraordinære utslippene som skjedde i løpet av året.

Hvis vi tar i bruk SFTs miljøkvalitetskriterier for sjøvann så er overflatevannskvaliteten helt ytterst i Sørfjorden (Urdheim), basert på gjennomsnitt av månedlige målinger i 1999, tilstandsklasse II (moderat forurenset) for bly og kvikksølv og klasse IV (sterkt forurenset) for sink og kadmium. Det innebærer at det fortsatt gjenstår en del tiltak for å kunne bedre overflatevannskvaliteten. Et mål burde være at den ikke skal overskride tilstandsklasse II (moderat forurenset) ytterst og tilstandsklasse III innerst. I havnebassenget var vannkvaliteten tilsvarende tilstandsklasse II for kvikksølv, klasse III for bly og klasse V (meget sterkt forurenset) for sink og kadmium i 1999.

4.3.2 Metaller i overflatevann i området nær Eitrheimsneset.

I 1998 ble overvåkningsprogrammet for vann i Sørfjorden endret. I tillegg til de faste stasjonene som har vært overvåket i mange år (Eitrheimsvågen, Havnebassenget, Digraneset, Børve og Urdheim) ble fire nye stasjoner etablert (Tyssedal, Lindenes, Eitrheim Øst og Eitrheim Sør, se figur 1). Dette ble gjort for å få en bedre oversikt over endringer i vannkvalitet i det området hvor man har mistanke om at tilførslene skjer. Tanken var også at dette bedre kunne kontrollere episodiske tilførsler som følge av uhell eller diffus avrenning fra forurenset grunn under spesielle klimatiske forhold.

Hvis vi sammenligner årsgjennomsnittet for metaller i overflatevann i Eitrheimsvågen med nivåer funnet på stasjonene Eitrheim Sør og Øst, Lindenes og Tyssedal er forholdene følgende:

Stasjon	Hg (ng/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Cd (µg/l)	Cu (µg/l)
Eitrheimsvågen	19.0	1.5	77.2	1.9	1.0
Eitrheim Sør	20.5	0.4	33.5	1.3	0.6
Eitrheim Øst	5.6	0.4	29.9	1.1	0.6
Lindenes	6.3	0.4	35.8	1.2	0.6
Tyssedal	6.6	0.4	37.2	1.1	0.6

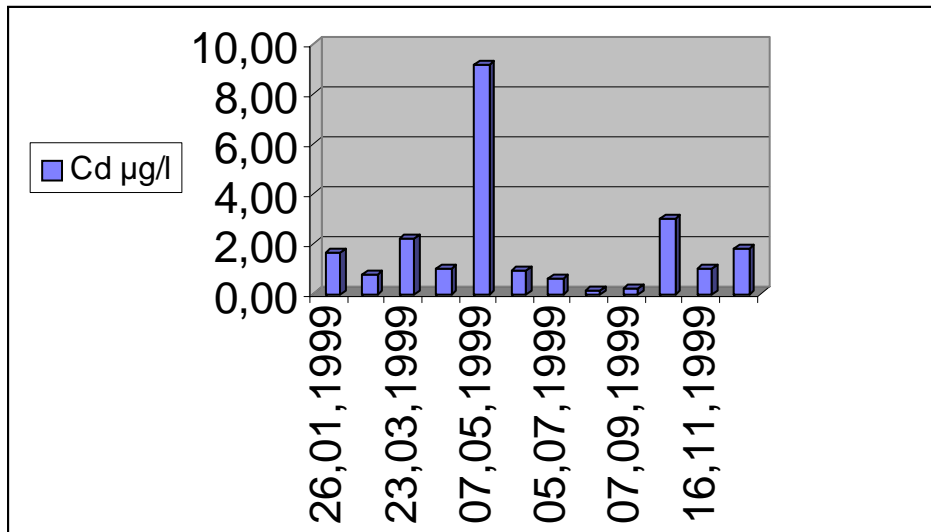
Disse resultatene viser at Eitrheimsvågen fortsatt er hovedkilden til overflateforurensningen av metaller innerst i fjorden. Nivåene synker fra vågen til Tyssedal. Det er ingen ting som tyder på at det er store tilførsler på østsiden av Eitrheimsneset.

4.3.3 Årstidsvariasjoner i metallnivået i overflatevann fra Sørfjorden

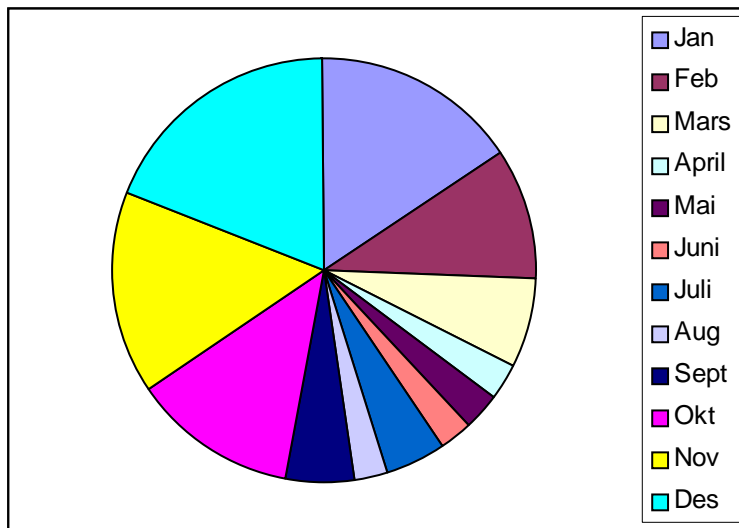
Prøvene tas månedlig og det vil gi et godt bilde av eventuelle årstidsvariasjoner som kan kobles til endringer i nedbørsforhold (og dermed avrenning fra forurenset grunn) eller eventuelle andre klimatiske forhold (f.eks. isforhold i fjorden).

Variasjonen av kadmium i overflatevann i Eitrheimsvågen er vist på figur 4. Av denne figuren fremgår at nivåene av kadmium var spesielt høye ved to anledninger i Eitrheimsvågen i 1999; i mai og i oktober. De høye nivåene i mai henger sammen med det omtalte uhellsutslippet ved Norzink hvor sterkt metallholdig vann ble pumpet ut i vågen. Årsaken til forhøyningen i nivåene i oktober er ikke kjent. Nivåene av sink og til dels kopper økte på samme tidspunkt. Det kan påpekes at nedbøren i oktober økte kraftig etter 6 måneder med liten nedbør.

Målinger av nedbør på Eitrheimsneset gjøres daglig av Norzink. Data på månedsbasis for 1999 er sammenstilt og presentert i figur 5. Data viser at nedbørsmengdene var store i januar og i perioden oktober-desember. Selv om det ikke er noen klar sammenheng mellom nedbør og overflateforurensning, så må vi anta avrenningen av tungmetaller fra forurenset grunn er størst i perioden oktober-januar, med mindre nedbøren i hovedsak kommer som snø og at frost i bakken gjør at tilførselen fra land er liten.

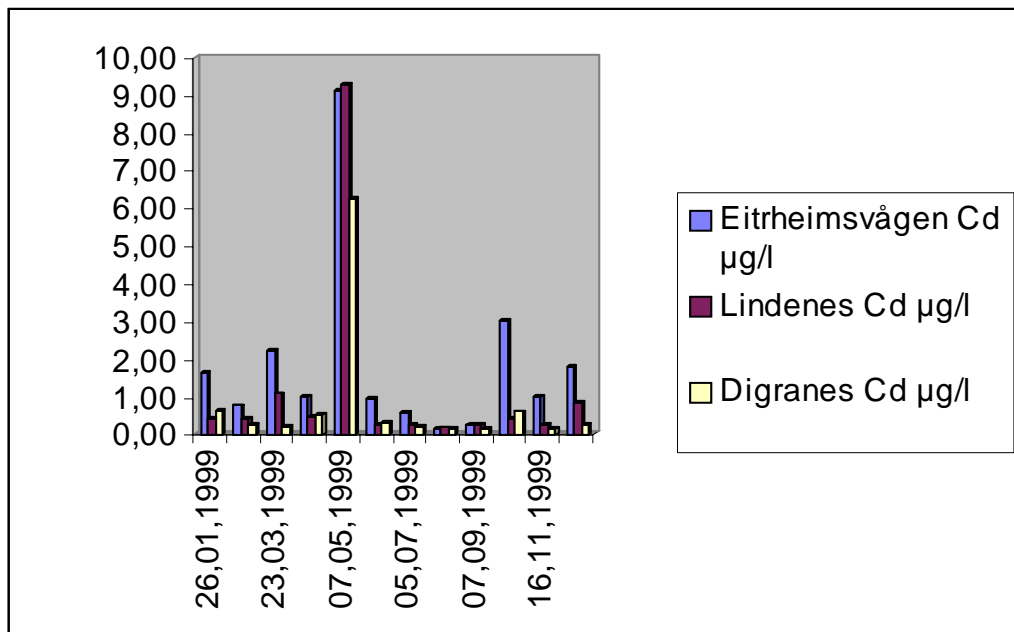


Figur 4. Kadmium i overflatevann i Eitrheimsvågen i perioden januar- desember 1999.



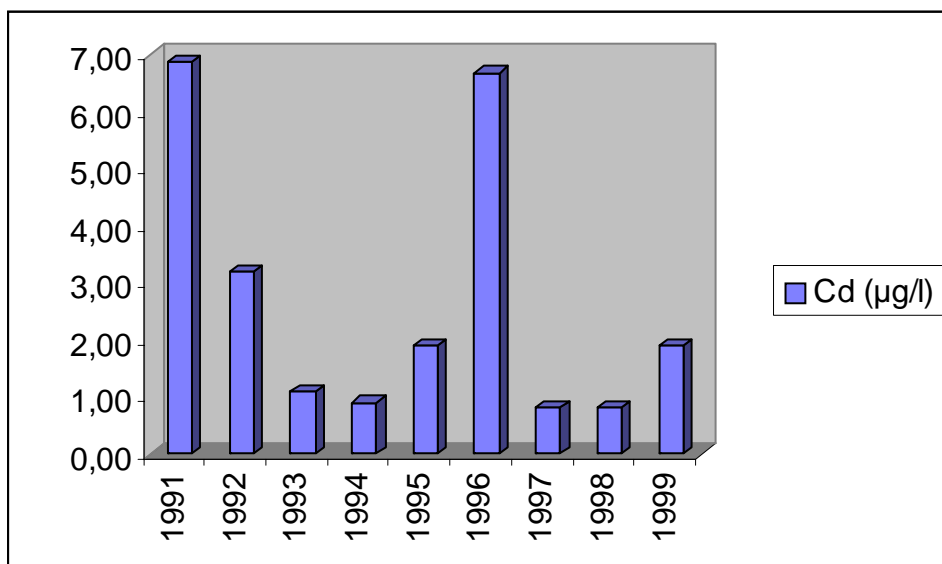
Figur 5. Månedlig nedbør på Eitrheimsneset for 1999 (data stilt til rådighet av Per Strømsnes, Norzink).

Hvis vi sammenligner kadmiumdata for Eitrheimsvågen, Lindeneset og Digraneset får vi et bilde av hvordan Eitrheimsvågen styrer nivåene innerst i fjorden (figur 6).



Figur 6. Nivåer av kadmium ($\mu\text{g/l}$) i overflatevann på tre stasjoner Sjørfjorden i perioden januar - desember 1999.

Metalltilførselen til Eitrheimsvågens overflatevann varierer fortsatt betydelig fra måned til måned og fra år til år. Figur 7 viser variasjoner i årsgjennomsnitt for kadmium i perioden 1991-1999.



Figur 7. Variasjonen i nivåer av kadmium i overflatevannet i perioden 1991-1999 i Eitrheimsvågen (årsgjennomsnitt).

Etter at oppryddingen i Eitrheimsvågen var avsluttet i 1992 avtok forurensningen et par år. Så økte nivåene kraftig i 1996, noe som viser at situasjonen ikke har vært under kontroll. Det samme gjelder året 1999.

5. SAMMENFATTENDE VURDERING AV FORURENSNINGSTILSTANDEN I VANNMASSENE

Det som preget tilstanden i 1999 var økningen i overflateforurensning med sink og kadmium (og til dels kopper) i mai 1999 og økningen i kvikksølvnivåene i april og desember i hele Sørfjorden. Disse tilstandene har i ettertid delvis blitt forklart med uhellsutslipp ved Norzink i forskjellig omfang (desember 1999), samt ujevne tilførsler til fjorden som følge av avrenning fra forurenset grunn. Det bør påpekes at Norzink arbeider med å få kontroll med overflateavrenning fra Eitrheimsneset og dette forventes å gi store forbedringer. Man må forvente at arbeidet med å få overflateavrenningen under kontroll også vil ta hånd om en del utslipp som følge av uhell i fremtiden. Slik situasjonen er nå styres vannkvaliteten nærmest utelukkende av uhellsutslipp og diffus avrenning fra land. Før dette er under kontroll er det liten grunn til å tro at kostholdsråd vedrørende blåskjell blir opphevet.

I forbindelse med uhellsutslipp, hvor store mengder tungmetaller tilføres fjordens overflatelag over kort tid, er det all grunn til å tro at også Hardangerfjorden påvirkes. I forbindelse med de ekstraordinære tilførselene av sink og kadmium i mai ble det målt 50 µg/l sink ved Urdheim. Dette er nesten 10 ganger høyere enn nivåer som vanligvis måles ved Urdheim og i forhold til SFTs kvalitetskriterier tilsvarende tilstandsklasse V (meget sterkt forurenset vann). På dette tidspunktet må vi anta at nivåene langt utover Hardangerfjorden var påvirket. Årsaken til at spredningen er så stor er at vannet er sterkt sjiktet og overflatevannet blander seg lite med underliggende vann.

6. LITTERATUR

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.

Skei, J., 1999. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1998. Delrapport 1. Vannkjemi. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 4096-99), 20 s.

Skei, J., Knutzen, J., Moy, F. og Green, N., 1990. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden i 1988-1989. NIVA-rapport O-800309 (l.nr. 2435), 75 s.

Vedlegg A.

Tabell 1: **Vannkjemiske data 1999.**

Urdheim

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
26,01,1999	0	<1,0	0,13	8,3	0,08	0,39	26,5	0,2
09,02,1999	0	1,5	0,16	18,5	0,24	0,77	21,0	1,0
23,03,1999	0	<1,0	0,11	9,0	0,16	0,49	26,8	<0,2
08,04,1999	0	4,0	0,16	9,3	0,14	0,49	21,0	<0,2
07,05,1999	0	1,0	0,17	50,0	2,00	0,69	15,0	1,4
15,06,1999	0	1,5	0,12	17,0	0,36	0,51	12,9	1,0
05,07,1999	0	<1,0	0,14	9,3	0,20	0,40	8,7	1,2
10,08,1999	0	<1,0	0,05	3,4	0,10	0,31	7,4	0,4
07,09,1999	0	2,0	0,16	8,9	0,18	0,34	11,2	1,4
05,10,1999	0	<1,0	0,08	6,4	0,10	0,33	16,4	0,2
16,11,1999	0	<1,0	0,11	6,0	0,11	0,41	19,7	0,4
14,12,1999	0	14,5	0,34	10,3	0,28	0,45	18,5	0,2
Gj.snitt		2,04	0,14	13,02	0,33	0,47	17,09	0,62

Børve

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
26.01.1999	0	1,5	0,16	9,0	0,10	0,48	27,2	0,2
09.02.1999	0	<1,0	0,18	32,0	0,29	0,72	23,0	0,6
23.03.1999	0	2,0	0,10	10,0	0,21	0,31	24,6	<0,2
08.04.1999	0	13,0	0,23	16,8	0,35	0,58	17,5	0,2
07.05.1999	0	2,0	0,19	61,0	2,60	0,74	14,9	2,4
15.06.1999	0	1,5	0,16	17,3	0,39	0,53	12,0	1,2
05.07.1999	0	<1,0	0,17	9,5	0,17	0,40	7,0	2,2
10.08.1999	0	3,0	0,09	5,9	0,14	0,36	6,2	0,6
07.09.1999	0	<1,0	0,28	11,6	0,18	0,34	7,8	1,8
05.10.1999	0	1,0	0,12	9,0	0,18	0,35	15,8	0,2
16.11.1999	0	2,0	0,18	8,2	0,13	0,35	17,8	0,8
14.12.1999	0	21,0	0,32	15,9	0,36	0,45	15,5	0,2
Gj.snitt		3,9	0,2	17,2	0,4	0,5	15,8	0,9

Digraneset

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
26.01.1999	0	2,0	0,40	32,0	0,62	0,57	15,2	0,8
09.02.1999	0	3,5	0,16	21,5	0,25	1,69	22,5	1,4
23.03.1999	0	2,5	0,23	12,8	0,22	0,31	22,2	<0,2
08.04.1999	0	14,5	0,46	33,3	0,54	0,47	11,5	1,0
07.05.1999	0	7,0	0,53	116,0	6,25	1,69	14,1	2,0
15.06.1999	0	2,0	0,21	14,5	0,31	0,48	9,8	0,8
05.07.1999	0	<1,0	0,32	18,8	0,19	0,40	5,0	1,4
10.08.1999	0	8,5	0,42	13,8	0,17	0,40	2,8	0,2
07.09.1999	0	1,5	0,24	8,5	0,17	0,41	8,2	2,0
05.10.1999	0	7,5	0,49	30,0	0,60	0,45	11,9	0,2
16.11.1999	0	5,0	0,24	11,4	0,16	0,49	14,5	0,6
14.12.1999	0	14,5	0,47	14,5	0,28	0,44	20,0	0,2
Gj.snitt		5,7	0,35	27,3	0,81	0,65	13,1	0,9

Tyssedal

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
26.01.1999	0	2,5	0,30	29,0	0,55	0,60	14,5	0,2
09.02.1999	0	3,0	0,40	45,5	0,48	0,88	21,4	0,8
23.03.1999	0	1,5	0,13	9,5	0,20	0,32	19,9	<0,2
08.04.1999	0	12,5	0,48	32,5	0,50	0,52	8,9	0,6
07.05.1999	0	4,0	0,34	205,0	9,00	1,71	14,9	1,2
15.06.1999	0	2,0	0,21	11,0	0,29	0,44	9,0	1,0
05.07.1999	0	<1,0	0,33	12,8	0,23	0,41	4,9	1,4
10.08.1999	0	6,0	1,00	25,0	0,19	0,54	2,2	0,6
07.09.1999	0	4,0	0,25	10,3	0,20	0,37	9,0	1,6
05.10.1999	0	6,5	0,39	26,7	0,53	0,43	13,4	0,8
16.11.1999	0	8,0	0,36	15,2	0,25	0,46	12,5	0,6
14.12.1999	0	29,5	0,82	24,2	0,80	0,68	11,0	0,2
Gj.snitt		6,6	0,4	37,2	1,1	0,6	11,8	0,8

Lindenes

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
26.01.1999	0	1,5	0,36	23,8	0,43	0,48	11,6	1,4
09.02.1999	0	3,0	0,21	32,0	0,40	0,74	22,0	0,4
23.03.1999	0	5,5	0,37	41,5	1,08	0,50	15,6	<0,2
08.04.1999	0	9,0	0,43	25,8	0,45	0,42	7,4	1,0
07.05.1999	0	3,0	0,31	172,0	9,25	1,81	13,1	1,8
15.06.1999	0	2,0	0,16	12,3	0,26	0,41	9,9	1,6
05.07.1999	0	1,5	0,35	12,2	0,24	0,42	4,9	2,0
10.08.1999	0	6,0	0,50	14,1	0,18	0,39	2,4	1,2
07.09.1999	0	3,5	0,47	32,8	0,27	0,42	5,9	1,8
05.10.1999	0	4,0	0,25	14,5	0,43	0,36	10,0	0,6
16.11.1999	0	10,5	0,43	20,5	0,27	0,53	15,0	1,0
14.12.1999	0	26,0	0,86	27,7	0,84	0,76	10,2	0,4
Gj.snitt		6,3	0,4	35,8	1,2	0,6	10,7	1,1

Eitrheim Øst

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
26.01.1999	0	2,0	0,62	28,8	0,53	0,83	15,4	1,0
09.02.1999	0	5,0	0,16	22,5	0,29	0,75	19,0	0,6
23.03.1999	0	3,5	0,30	26,0	0,59	0,45	8,4	<0,2
08.04.1999	0	10,0	0,35	19,8	0,46	0,42	7,3	0,6
07.05.1999	0	6,0	0,35	174,0	9,25	1,85	11,4	0,8
15.06.1999	0	3,0	0,25	12,0	0,30	0,43	7,9	1,4
05.07.1999	0	<1,0	0,22	10,3	0,19	0,38	5,5	1,2
10.08.1999	0	4,0	0,50	11,3	0,17	0,33	1,5	1,8
07.09.1999	0	4,0	0,32	8,8	0,23	0,33	6,1	2,4
05.10.1999	0	2,5	0,24	9,5	0,27	0,33	7,8	1,2
16.11.1999	0	11,0	0,45	17,6	0,33	0,51	9,0	0,6
14.12.1999	0	16,5	0,63	18,7	0,57	0,57	9,2	0,2
Gj.snitt		5,6	0,4	29,9	1,1	0,6	9,0	1,0

Eitrheim Sør

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
26.01.1999	0	2,0	0,13	28,5	0,53	0,50	13,0	1,0
09.02.1999	0	2,5	0,35	14,5	0,19	0,58	18,3	0,8
23.03.1999	0	2,5	0,34	26,0	0,69	0,47	7,5	<0,2
08.04.1999	0	11,5	0,27	20,0	0,55	0,44	10,3	0,4
07.05.1999	0	14,0	0,38	204,0	10,80	2,18	10,0	1,0
15.06.1999	0	3,0	0,27	13,3	0,31	0,50	7,8	0,8
05.07.1999	0	1,0	0,44	18,8	0,23	0,45	5,2	1,0
10.08.1999	0	4,0	0,58	14,0	0,19	0,36	1,5	1,4
07.09.1999	0	1,5	0,22	6,8	0,13	0,32	5,9	2,0
05.10.1999	0	6,0	0,35	17,6	0,58	0,39	6,7	0,4
16.11.1999	0	11,0	0,46	16,8	0,30	0,71	10,5	0,6
14.12.1999	0	20,5	0,80	21,4	0,78	0,63	9,5	1,2
Gj.snitt		6,6	0,4	33,5	1,3	0,6	8,9	0,9

Havnebasenget

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
26.01.1999	0	1,0	0,28	18,3	0,33	0,43	15,8	2,0
09.02.1999	0	1,0	0,18	18,5	0,25	0,60	22,6	1,0
23.03.1999	0	4,0	0,33	24,3	0,68	0,51	9,2	<0,2
08.04.1999	0	11,0	0,41	20,8	0,53	0,45	8,6	0,6
07.05.1999	0	2,5	0,35	200,0	9,38	1,73	12,6	2,0
15.06.1999	0	1,5	0,18	9,0	0,21	0,40	7,6	1,6
05.07.1999	0	1,0	0,24	12,8	0,18	0,41	5,5	1,6
10.08.1999	0	3,0	0,58	11,9	0,19	0,36	1,7	1,2
07.09.1999	0	1,5	0,21	7,2	0,13	0,36	7,2	1,4
05.10.1999	0	3,5	0,29	17,6	0,40	0,36	6,7	0,4
16.11.1999	0	10,0	0,43	18,2	0,26	0,54	15,0	0,6
14.12.1999	0	11,0	0,57	15,8	0,43	0,58	8,6	0,2
Gj.snitt		4,3	0,3	31,2	1,1	0,6	10,1	1,1

Eitrheimsvågen

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	TSM mg/l
26.01.1999	0	3,5	2,80	190,0	1,65	2,40	16,4	0,2
09.02.1999	0	3,5	0,38	65,5	0,76	1,42	18,9	0,6
23.03.1999	0	17,5	0,77	58,5	2,20	0,68	14,7	<0,2
08.04.1999	0	57,0	5,70	139,0	1,00	1,11	6,1	0,6
07.05.1999	0	9,5	0,52	210,0	9,13	2,05	12,0	1,0
15.06.1999	0	16,0	0,83	33,8	0,94	0,70	10,6	0,4
05.07.1999	0	4,5	1,05	32,8	0,57	0,55	3,5	1,2
10.08.1999	0	4,0	0,48	17,0	0,16	0,36	1,6	1,2
07.09.1999	0	6,0	0,32	10,3	0,24	0,36	5,5	1,6
05.10.1999	0	10,0	1,70	84,5	3,00	0,78	7,5	1,8
16.11.1999	0	17,5	1,78	47,7	0,99	0,76	9,6	0,6
14.12.1999	0	78,5	1,14	37,5	1,78	0,78	8,0	0,4
Gj.snitt		19,0	1,5	77,2	1,9	1,0	9,5	0,8