

**Statlig program for forurensningsovervåking**  
Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden

Rapport: 853/02

TA-nummer: 1896/2002

ISBN-nummer: 82-577-4217-1

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning

**• Miljøforholdene i**  
**• Sørfjorden 2001**

**Rapport**  
**853**  
**2002**

Delrapport 1. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden.  
Metaller, oksygen, nitrogen og vannutskiftning i 2001.



# **Statlig program for forurensningsovervåking**

## **Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden**

### **Metaller, oksygen, nitrogen og vannutskiftning i 2001**

Prosjektleder: Jens Skei  
Medarbeidere: Aud Helland  
Jarle Molvær  
Merete Schøyen



## Forord

NIVA har i år 2001 gjennomført tiltaksorienterte undersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden innenfor Statlig program for forurensningsovervåking, administrert av Statens forurensningstilsyn (SFT). Kostnadene er delt mellom bedrifter, kommuner og SFT:

Outokumpu-Norzink A/S: 38.6%

Odda Smelteverk A/S og Tinfos Titan & Iron K/S: hver 17.3%

Odda kommune og Ullensvang kommune: hver 3.4%

SFT: 20 %.

Undersøkelsen er et ledd i et langsiktig overvåkingsprogram for vann, sedimenter og organismer. Det statlige overvåkingsprogrammet i Sørfjorden startet i 1979. Et overvåkingsprogram som NIVA utførte for Odda kommune i tidsrommet 1995-98 dokumenterte at på strekningen Oddas havnebasseng – Digraneset var det ofte perioder med meget dårlige oksygenforhold. Det ble også klart at Odda smelteverk sitt utslipp av dicykalk var en hovedårsak til oksygenproblemene. Fra 1.1 2000 ble det lokale overvåkingsprogrammet tatt opp i Statlig program for forurensningsovervåking.

Den foreliggende rapporten presenterer resultater fra overvåkingen i 2001. Overvåkingen tar sikte på å registrere forurensningssituasjonen i overflatevann i fjorden samt virkningen av planlagte utslippsreduksjoner fra Odda smelteverk. Undersøkelsene vil innhente mer opplysninger om vannfornyelsen i Sørfjordens indre del. På grunn av tekniske problemer ble utslippsreduksjonene forsinket og i forhold til oksygen ble derfor en vanlig overvåking gjennomført.

Prosjektet er utført i samarbeid med Hardanger Miljøsenner i Odda (Alex Stewart Environmental Services A/S), som har hatt ansvar for feltarbeidet inklusive vannprøvetakingen samt deler av analysene og vi takker spesielt Amund Måge og Arild Moe for godt samarbeid. Analyser av metaller i vann er utført ved NIVA.

Ved NIVA har forskningsassistent Merete Schøyen hatt ansvaret for tilrettelegging av de hydrofysiske og vannkjemiske dataene, mens Jarle Molvær har ledet undersøkelsene av oksygen, nitrogen og vannutskifting. Jens Skei har vært prosjektleder for metaller i overflatevann og Aud Helland har stått for rapportering av disse dataene.

Oslo, 9. august 2002

Jens Skei

# Innhold

<b>1. Sammen drag</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Summary</b> .....	<b>7</b>
<b>3. Innledning</b> .....	<b>9</b>
3.1 Topografi.....	9
3.2 Utslipp fra industrien i området .....	11
3.3 Ferskvannstilførsel.....	12
3.4 Bakgrunn med overvåkingen .....	12
3.5 Formål .....	13
3.5.1 Metaller i vann .....	13
3.5.2 Oksygen, nitrogen og vannutskifting .....	13
<b>4. Feltarbeid og metoder</b> .....	<b>14</b>
4.1 Metaller i overflatevann.....	14
4.2 Oksygen, nitrogen og vannutskifting .....	14
<b>5. Resultater og diskusjon</b> .....	<b>16</b>
5.1 Temperatur og saltholdighet .....	16
5.2 Oksygenforholdene .....	17
5.3 Nitrogen i vannmassen.....	20
5.4 Siktedyp .....	21
<b>6. Vannutskifting og oksygenforhold</b> .....	<b>22</b>
6.1 Data .....	22
6.2 Vurderinger .....	27
6.3 Variasjoner i totalt suspendert partikulært materiale og metaller i overflatevannet i fjorden .....	29
6.4 Miljøkvalitet i fjordens overflatevann basert på metaller .....	30
<b>7. Sammenfattende vurderinger av forurensnings situasjonen i vannmassene</b> .....	<b>37</b>
7.1 Metaller i overflatevannet .....	37
7.2 Oksygen, nitrogen og vannutskifting .....	37
<b>8. Litteratur</b> .....	<b>39</b>

## 1. Sammendrag

Foreliggende rapport om overvåkingen av Sørfjorden og Hardangerfjorden i 2001 gir en beskrivelse av tilstanden av vannkvaliteten i fjorden. Rapporten er en del av grunnlaget for å bedømme om de gjennomførte tekniske tiltakene har vært vellykket og om de overordnede mål med hensyn til bruk av Sørfjorden og Hardangerfjorden i fremtiden kan nås.

Over et tidsrom på ca. 2 måneder høsten 2001 ble vannutsiftning og turbiditet på 35 m dyp i havnebassenget overvåket med et selvregistrerende instrument. Vannutsiftningen mellom 10-15 m dyp og bunnen varierer mye med tiden, men innenfor Lindenes var oppholdstiden vanligvis mindre enn en uke, og oftest omkring 3-5 døgn. Oksygenforbruket var ekstremt stort og den vannutsiftningen som tidevannet alene bidrar med er neppe tilstrekkelig for at kritiske forhold kan unngås. Med uregelmessige mellomrom vil imidlertid meteorologiske forhold (vind, lufttrykk, nedbør, snøsmelting) øke vannfornyelsen vesentlig. Dermed dannes et bilde med svært varierende oksygenforhold.

Siktedypet ble målt i forbindelse med hver prøvetaking. Antall målinger er for lite og intervallet mellom målingene er for stort til at det er mulig å gi noen generell karakteristikk av tilstanden. Inntrykket er imidlertid at forholdene i 2001 kan ha vært litt dårligere enn i 1999-2000.

### **Overvåkingen av oksygenforhold og vannutsiftning i 2001 leder til følgende konklusjoner:**

Som følge av varierende vannutsiftning (tilførsel av oksygen) og kanskje også varierende utslipp av oksygenforbrukende materiale vil oksygenforholdene i Sørfjordens indre del variere mye med tiden. Dette karakteriserte også tilstanden i 2001:

1. Periodevis var det svært dårlige oksygenforhold fra havnebassenget og ut til Tyssedal. Erfaringene fra tidligere års målinger tyder på at problemene da strakk seg helt ut mot Digraneset, dvs. over en strekning på 10-15 km. Konsentrasjonene var så lave at fisk vil trekke bort fra den vannmassen det gjelder og de fleste andre marine organismer som ikke kommer unna vil dø. Denne beskrivelsen gjelder ikke hele vannmassen fra overflata til bunn, men et vannlag på inntil 30-50 m tykkelse.
2. En nær sammenheng mellom høy konsentrasjon av nitrogen og lav konsentrasjon av oksygen bekrefter at smelteverkets utslipp av dicykalk fortsatt er hovedårsaken til problemene. Utslipet i 2001 var av samme størrelse som i 2000, noe som stemmer med at oksygenforholdene i alt vesentlig var uendret.

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.

### **Overvåkingen av metaller i vann i 2001 leder til følgende konklusjoner:**

1. Det totale utslippet av tungmetaller fra de tre største bedriftene (Outokumpu-Norzink A/S, Odda Smelteverk A/S og Tinfos Titan & Iron K/S) er redusert i 2001 i forhold til 2000, med unntak av bly hvor utslippstallene har økt. Beregninger av tilførsler av kvikksølv basert på konsentrasjoner i fjorden og oppholdstid av vannmassene sannsynliggjør at

tilførslene har vært større enn de antatte utslippene.

2. På grunn av et uhellsutslipp av kvikksølv, ble lekkasjeområdet spuntet inn i juli 2000. Det ble imidlertid registrert høye kvikksølvkonsentrasjoner (231 ng Hg/l) i januar 2001. Konsentrasjonen av øvrige metaller var også høyt i denne perioden, men avtok utover sommeren, antagelig som et resultat av det nye oppsamlingssystemet for dreinsvann som ble satt i drift i februar 2001 på Eitrheimsneset. Det ble imidlertid registrert svært høye konsentrasjoner av metaller også i november 2001, men betydelig lavere enn i januar. De høye konsentrasjonene kan sees i sammenheng med et uhellsutslipp ved Outokumpu-Norzink i denne perioden. Det ser derfor ut til at tiltakene som er gjennomført har en positiv innvirkning på vannkvaliteten i fjorden, men situasjonen preges fortsatt av uhellsutslipp.
3. Det var en sterk samvariasjon mellom alle metaller med unntak av kadmium. Dette kan tyde på at kadmium utløses ved andre mekanismer eller fra andre kilder enn øvrige metaller. Det bør bemerkes at de diffuse utslippene er relative mye større enn prosessutslippene av kadmium sammenlignet med de øvrige metallene. Det var ingen korrelasjon mellom mengde nedbør på Eitrheimsneset og konsentrasjon av metaller i overflatevannet, hverken i vågen eller resten av fjorden. Det var en negativ korrelasjon mellom metallkonsentrasjonen i overflatevannet og vannføring i Opo, det synes derfor som økende ferskvannstilførsel til fjorden reduserer metallkonsentrasjonen i overflatelaget. Partikkelmengden i overflatelaget i fjorden er styrt av vanntilførselen fra Opo.



## 2. Summary

The results of the monitoring of the water chemistry of Sjørfjorden and Hardangerfjorden in 2001 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.

During 2 months in the autumn of 2001 water exchange and turbidity at 35 m depth in the harbour basin was monitored by in situ instruments. The water exchange between 10 and 15 m depth and sea floor varies over time, but south of Lindenes the residence time of the water is normally less than a week, frequently 3-5 days. The oxygen consumption was high and the water exchange is insufficient to maintain acceptable oxygen levels. Occasionally meteorological conditions (wind, rainfall, pressure, ice smelting) may increase the water exchange considerably, causing variation in the oxygen levels.

The secchi depth was measured during each sampling event. The number of measurements are too small and infrequent to allow a general characteristic of the water transparency. The impression is that the conditions in terms of transparency were worse in 2001 compared to 1999-2000.

### **Monitoring of water exchange and oxygen lead to the following conclusions:**

1. Large variations both in water exchange and load of oxygen consuming materials create an environment with highly varying oxygen concentrations. In 2001 periods with oxygen concentrations down to 0.6 mlO<sub>2</sub>/l were observed from the harbour basin and north to Tyssedal. The oxygen problems were confined to a layer of 30-50 m depth, which marine organisms would try to avoid. Data from previous years indicate at the problems extended to Digraneset, 10-15 km north of the harbour.
2. A high correlation between high concentration of nitrate and low oxygen concentration confirms that the discharge of dicy from Odda Smelteverk still is the main explanation of this unfortunate situation.

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 in the inner part of the Sjørfjord are also a part of the national monitoring programme.

### **The monitoring results of heavy metals obtained in 2001 may be summarized as follows:**

1. The total discharge of heavy metals from the three main companies in Odda (Outokumpu-Norzink, Odda Smelteverk and Tinfos Titan & Iron K/S) has decreased in 2001 compared to 2000, except for lead where calculated discharge rates have increased. Estimates of mercury supply, based on concentrations in water and retention of water, suggest that the supply have been larger than the assumed discharges.
2. Action was taken in February 2000 to stop an accidental mercury discharge. Still extremely high concentrations of mercury (231 ng Hg/l) were measured in January 2001. The other metals measured (Pb, Cu, Zn, Cd) were also high in this period but decreased

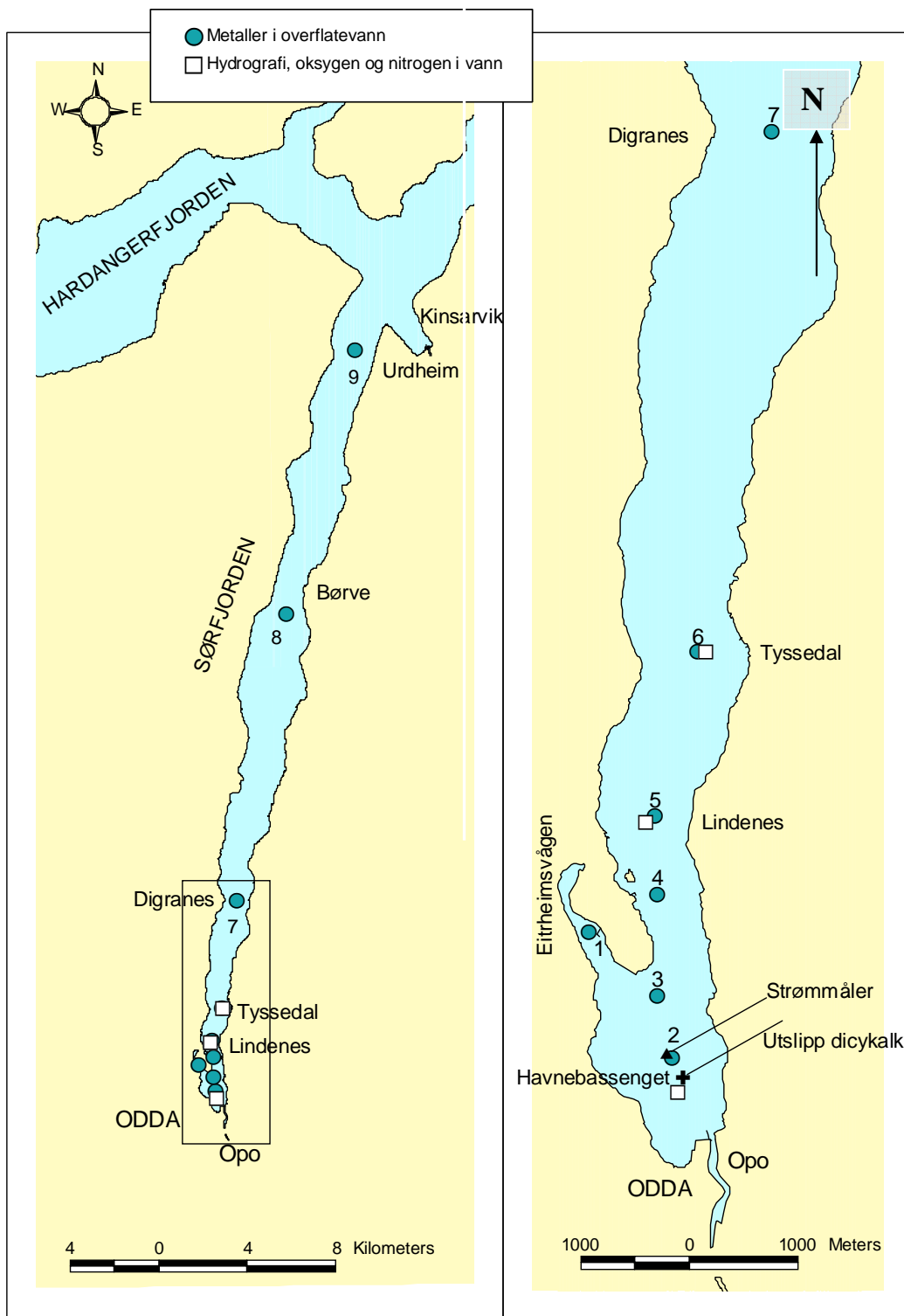
during the summer, probably as a result of a new system established in February 2001, for collecting drainage water from the Eitrheims area. High concentrations of metals were however also measured in November 2001, though lower than in January, which can be explained by an accidental discharge from Outokumpu-Norzink. It seems as the actions taken have had an overall positive influence on the water quality, but the conditions are still marked by occasional accidental discharges.

3. There was a strong positive correlation between all metals except cadmium, which may reflect other mechanisms or sources for the release of cadmium. It should be mentioned that the diffuse discharges were much higher than direct process discharges of cadmium compared to the other metals. There was no significant correlation between precipitation measured at Eitrheimsneset and the concentrations of metals in surface water in the fjord, neither in the bay, nor in the rest of the fjord. There was a negative correlation between metal concentrations in surface water and water flow in the river Opo. It seems as increasing freshwater flow to the fjord reduce metal concentrations in the surface water. Particulate matter in the surface water is however significantly influenced by the freshwater supply to the fjord.

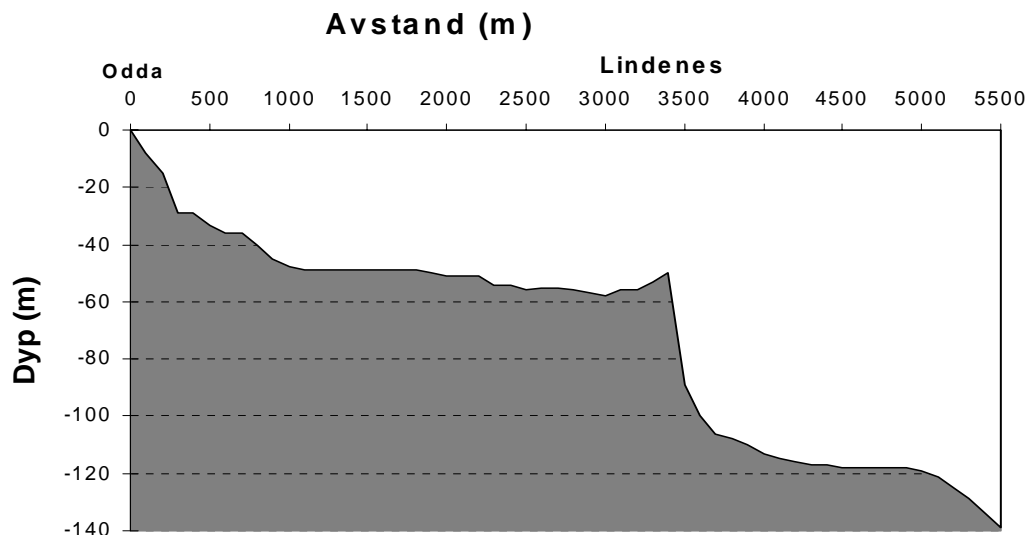
### **3. Innledning**

#### **3.1 Topografi**

Sørfjorden er ca. 38 km lang, rett og relativt smal (Figur 1). Denne studien er konsentrert om de innerste 10 km av fjorden (Figur 1, høyre del). Innenfor Lindenes er fjorden relativt grunn, med omkring 40-45 m dyp i havnebassenget og økende til omkring 60 m dyp ved Lindenes. Videre utover øker dypet raskt og når 200 m litt nord for Tyssedal (Figur 2) og 300 m dyp litt nord for Digraneset. Mellom Digraneset og Børve er et langstrakt område der fjorden har sitt største dyp på 385-387 m.



Figur 1. Stasjoner for hydrografisk og vannkjemisk prøvetaking i 2001. Posisjonen for strømmåler og utslippet av dicykalk er også angitt.



Figur 2. Langsgående bunnprofil fra Odda til Tyssedal. Indre del av Sør fjorden har ingen terskel av betydning som kan hindre vannutskiftningen.

### 3.2 Utslipp fra industrien i området

De offisielt anslåtte utslippene av metaller og PAH fra Odda Smelteverk as, Outokumpu Norzink as og Tinfos Titan & Iron er vist i **Tabell 1**.

Tabell 1. Offisielle anslag over utslipp til sjø fra Odda Smelteverk A/S (O.S.), Outokumpu Norzink A/S (ONZ) og Tinfos Titan & Iron K/S (TTI) i 2001. Basert på opplysninger fra SFT og bedriftene. Tallene i parentes representerer utslipp i 2000.

Bedrift	Cu, kg/år	Pb, kg/år	Zn, kg/år	Cd, kg/år	Hg, kg/år	PAH, kg/år	Nitrogen, tonn/år
O.S.	226 (193)	174 (173)	614 (528)	11 (13)	0.2 (0.1)	1700 (800)	943 (948)
ONZ	63 (40)	4777 (2700)	17557 (24300)	300 (1300)	3.4 (27)	-	
TTI	11 (80)	169 (26)	9318 (12947)	0.09 (2.3)	0.6 (0.9)	209 (162)	
<b>Totalt</b>	<b>300</b> (313)	<b>5120</b> (2899)	<b>27489</b> (37775)	<b>311</b> (1315)	<b>4.2</b> (28)	<b>1909</b> (962)	

Tilførslene fra Outokumpu-Norzink A/S for 2001 omfattet utslipp fra løpende drift (regulære prosessutslipp), utpumping av vann fra bak spuntvegg, avrenning fra kaiområdet og beregnede tilførsler via diffuse kilder (overflatevann og kloakk). Den anslagsvise fordelingen mellom disse enkeltkildene (kg/år) er som følger:

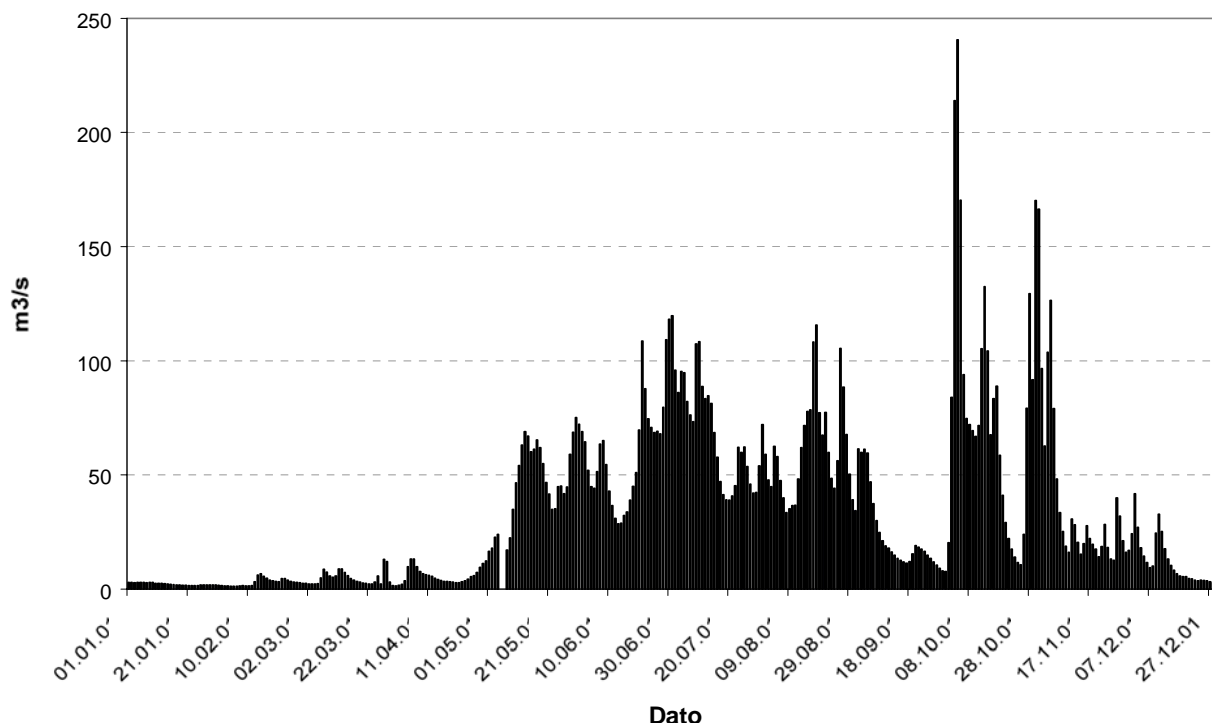
Kilde	Cu	Pb	Zn	Cd	Hg
Prosessutslipp	16	4715	5691	46	2.18
Via spuntvegg	3	2	528	10	0.023
Fra kai*	9	60	1400	4	0.4
Diffuse utslipp*	35	-	9932	240	0.82

\* +/- 30%

De totale utslippene til fjorden var lavere i 2001 sammenlignet med 2000, for samtlige metaller og PAH, unntaket var Pb som var høyere i 2001. Det ble ikke registrert uhellsutslipp i 2001. Sammenlignet med prosessutslippene var de diffuse utslippene dobbelt så store for Zn, og Cu, og mer enn 5 ganger så store for Cd.

### 3.3 Ferskvannstilførsel

Den indre delen av Sørfjorden får i hovedsak sin tilførsel av ferskvann fra Opo og ferskvannstilførselen påvirker forholdene i fjordens overflatelag (saltholdighet, vannutskifting, konsentrasjon av næringsalter mm.) og påvirker tilførselen av organisk materiale som nedbrytes ved forbruk av oksygen. Figur 3 viser døgnmidler av vannføringen i tidsrommet 1.1-31.12.2001. Variasjonene er store og raske, med 241 m<sup>3</sup>/s som høyeste, 1 m<sup>3</sup>/s som laveste og 34 m<sup>3</sup>/s som gjennomsnittlig vannføring.



Figur 3. Vannføring i Opo i tidsrommet 1.1 – 31.12.2001 (døgnmidler). Data fra NVE.

### 3.4 Bakgrunn med overvåkingen

Miljømålene for Sørfjorden er enda ikke nådd, men det har vært en betydelig bedring av metallforurensningen de senere år som følge av de tiltak som er utført. Selv om de konsesjonsbelagte utslippene har gått ned med årene, skjer det fortsatt uhellsutslipp. Disse utslippene har blitt registrert ved forhøyede konsentrasjoner av metaller i fjordens overflatevann. Fjordens vannkvalitet i form av vannkjemi (metaller), næringsalter og oksygen overvåkes årlig, foruten metaller i fisk, blåskjell og tang.

I februar 2000 ble det påvist en lekkasje i en rørledning (ved røsteanlegget) ved Outokumpu-Norzink som medførte utslipp av kvikksølv til Eitrheimsvågen. Forhøyede nivåer av kvikksølv i overflatevannet ble påvist allerede i desember 1999 og det er sannsynliggjort at

lekkasjen startet allerede på det tidspunktet. Lekkasjen ble utbedret i slutten av februar, men tilførslene var høye hele våren fram til juli da lekkasjeområdet ble spuntet inn for å stoppe tilførsler fra grunnen under lekkasjestedet. Utviklingen av kvikksølvforurensningen i Sørfjorden preget hele forurensningsbildet i 2000. Det er utarbeidet to rapporter for Outokumpu-Norzink vedrørende dette uhellsutslippet (Skei og Knutzen, 2000, Mølvær, 2000). Den 15 februar 2001 var prosjektet "Prosjekt Avløp" gjennomført. Fra da av ble dreneringsnett og diffuse utslipp ledet til et stort oppsamlingsbasseng / buffervolum for kontaminert vann inne i fjellet på Eitrheimsneset. Fase 2 av prosjektet ble påbegynt i februar 2002 og forventes å være fullført i løpet av året. I prosjektet arbeides det målbevisst og investeres betydelige midler (108 MNOK) med å finne løsninger på komplekse problemstillinger vedrørende oppsamling av diffus avrenning, rehabilitering av ledningsnett, gjenbruk av vann i prosessen, renseteknologi mm. Tiltakene skal redusere utslippene av metaller til fjorden betydelig.

Overvåking av oksygenforholdene i Sørfjordens indre del i tidsrommet 1995-99 sannsynliggjorde at Odda Smelteverks utslipp av nitrogenholdig dicykalk til havnebassenget er hovedårsaken til det store oksygenforbruket og de periodevis kritiske oksygenforholdene.

For vår-sommer 2001 var det planlagt vesentlige utslippsreduksjoner for Odda Smelteverk, og man ventet at dette skulle føre til en bedring av oksygenforholdene. Det viste det seg imidlertid at tekniske problemer medførte at utslippsreduksjonene ved smelteverket ble vesentlig forsinket, og i forhold til oksygen og nitrogen ble det dermed en mer rutinemessig overvåking av forholdene.

Oksygenforholdene er resultatet av et forbruk og en tilførsel av oksygen. Tilførselen av oksygen i havnebassenget skjer gjennom vannutskiftningen. For å få en bedre beskrivelse av denne ble vannutskiftningen i havnebassenget høsten 2001 overvåket gjennom bruk av en automatisk registrerende måler.

## **3.5 Formål**

### **3.5.1 Metaller i vann**

Overvåkingen av vannkvaliteten i Sørfjorden og Hardangerfjorden har foregått jevnlig siden 1975. Gjennom årene er det gjort flere tiltak for å redusere forurensningstilførslene til fjorden. Overvåkingen i 2001 er en videreføring av den tidligere overvåkingen og har som mål å fastslå dagens forurensnings situasjon og vurdere denne i forhold til de tiltak som er gjort. Videre har overvåkingen som mål å fange opp eventuelle irregulære tilførsler.

### **3.5.2 Oksygen, nitrogen og vannutskifting**

Hovedformålet med overvåkingen i 2001 var å registrere utviklingen av oksygenforholdene i Sørfjordens indre del ved reduserte utslipp av nitrogen og dicykalk fra Odda Smelteverk. Tekniske problemer førte til at utslippsreduksjonene ble utsatt. Overvåkingen ble dermed dels en videreføring av overvåkingen av oksygenforhold og dels en studie av vannutskiftningen innenfor Lindenes. Kunnskap om vannutskiftningen gir grunnlag for å bedømme størrelsen av oksygentilførselen og sammenligne den med oksygenforbruket.

## 4. Feltarbeid og metoder

### 4.1 Metaller i overflatevann

Vannprøver til analyse av metaller ble samlet inn 16 januar, 20 februar, 20 mars, 24 april, 22 mai, 19 juni, 10 juli, 22 august, 11 september, 18 oktober, 23 november og 11 desember 2001 av Hardanger Miljøsenter.

Det ble tatt prøver direkte fra overflatevannet i fjorden på spesialvaskede flasker, glassflasker for kvikksølvanalyser og plastflasker for øvrige metaller. Alle prøver (ufiltrert) ble analysert for kvikksølv, kadmium, sink, kopper og bly. Tungmetallene (bly, sink, kopper og kadmium) ble analysert ved NIVA etter Freon-ekstraksjon og atomabsorpsjon (Danielsson et al., 1978). Kvikksølv ble analysert ved NIVA etter salpetersyreoppløsning ved kalddampmetode og gullfelle (Bloom og Crecelius, 1983). Totalt suspendert materiale (TSM) og saltholdighet ble analysert ved ASSAYERS i Odda. Totalt suspendert materiale ble gravimetrisk bestemt på membranfilter (KEBO) med 0.45 µm porestørrelse. Saltholdighet ble målt med salinoterm.

Nedbørsmålinger fra Eitrheimsneset er utført av Outokumpu-Norzink og registrering av vannføring er utført av NVE. I de statistiske analysene er summen av mengde nedbør og gjennomsnittet av vannføringen de siste 7 dager før prøvetakingstidspunktet benyttet.

For å undersøke om det var noen signifikante samvariasjoner mellom de ulike måledataene ble Pearsons korrelasjonsmatrise benyttet. Det ble også benyttet en "Multiple Range Teste" for å sjekke om det var signifikante forskjeller i konsentrasjonen av suspendert partikulært materiale mellom de ulike stasjonene og over året. Programmet Statgraphics Plus for Windows ble benyttet til de statistiske analysene.

### 4.2 Oksygen, nitrogen og vannutskifting

Oksygenproblemene strekker seg 10-15 km utover i fjorden, men har sin opprinnelse i området havnebassenget – Lindenes der også problemene er størst. Undersøkelsene i 2001 ble derfor konsentrert om strekningen havnebassenget – Tyssedal.

Stasjonene er vist på Figur 1 og er de samme som ble anvendt i tidsrommet 1995-2000. I alt vesentlig var programmet for de 3 stasjonene som vist i Tabell 2

Tabell 2. Stasjoner, parametre og måledyp i 2001.

Stasjoner	Parametre og måledyp				
	Oksygen	Total nitrogen (nitrat, ammonium)	Temperatur og saltholdighet	Siktedyp	Vind, vær, bølgehøyde
Havnebassenget	0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 m	0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 m	0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 m	Måles hver gang	Observeres hver gang
Lindenes	0.5, 10, 20, 30, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80 m	0.5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 m	0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80 m	Måles hver gang	Observeres hver gang
Tyssedal	0.5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80 m		0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80 m	Måles hver gang	Observeres hver gang



Hovedparameterne er oksygen, temperatur og saltholdighet. Total nitrogen og nitrat ble analysert på de fleste prøver sammen med oksygeninnholdet. I tillegg ble en del prøver analysert for ammonium. Oksygenanalysene ble gjort av Alex Stewart Environmental Services A/S, Odda, mens nitrogenanalysene ble gjort ved NIVAs laboratorium i Oslo. For en mer detaljert beskrivelse av metodikken henvises til Vedlegg A.

Temperatur og saltholdighet ble målt med sonde. I 40 m dyp ble en saltprøve tappet på en 250 ml flaske for senere presisjonsanalyse, og eventuell korrigering av de mindre nøyaktige sonde-målingene (se også Vedlegg A). Tidspunktene for prøvetaking er vist i Tabell 3.

*Tabell 3. Tidspunkt for prøver i 2001.*

Dato	Dato
25.06	18.10
10.07	20.11
23.08	11.12
11.09	

For å skaffe bedre opplysning om vannutskiftningen i havnebassenget ble en Aanderaa RCM9 måler plassert i 30 m dyp midt i bassenget høsten 2001 (Figur 1). Denne måler strømhastighet og strømrøtning ved bruk av Doppler-effekten, det vil si at det er en akustisk måler uten eksterne bevegelige deler. Instrumentet måler strøm i ett punkt i det dyp det er plassert. Strømrøtningen bestemmes ved hjelp av et innebygd kompass.

Nøyaktigheten til RCM9 er gitt til:

Fart, målebredde:	$\pm 3$ m/s
Fart, oppløsning:	0,1 cm/s
Fart, nøyaktighet:	$\pm 2\%$ av målt fart, eller 2 cm/s (standardavvik)
Retning, nøyaktighet:	$\pm 5^\circ$ for helningsvinkel $< 15^\circ$

Instrumentet er utstyrt med en turbiditetsmåler. Infrarødt lys sendes da ut, reflekteres i vannet og retursignalet registreres i instrumentet. Jo flere partikler det er i vannet, jo mer lys vil reflekteres og mengden lys som fanges opp gir dermed et mål på mengden suspendert materiale i vannet ved sensoren.

Måleren ble satt ut 7.8.2001 og tatt inn igjen 28.9.2001. Det viste seg da at den var innstilt på registrering hver minutt og at instrumentets datalager var fylt opp etter bare ca. 6.5 døgn. Måleren ble derfor satt ut på nytt den 5.10.2001 og målte hvert 10. minutt fram 9.12.2001.

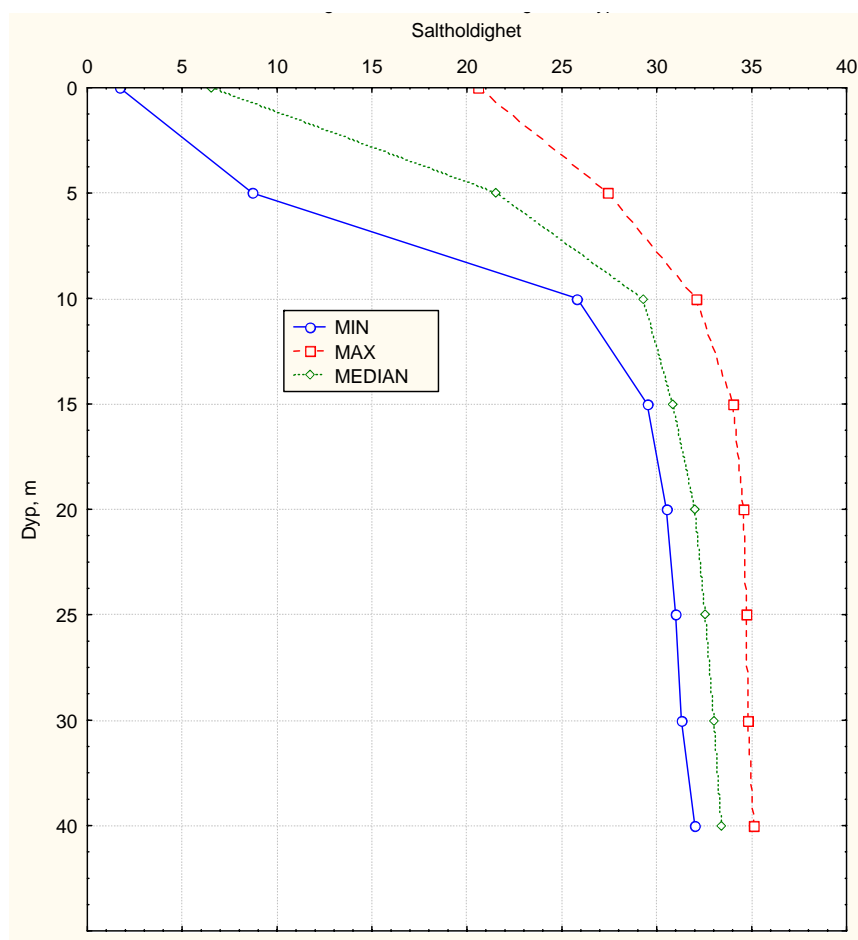
## 5. Resultater og diskusjon

### 5.1 Temperatur og saltholdighet

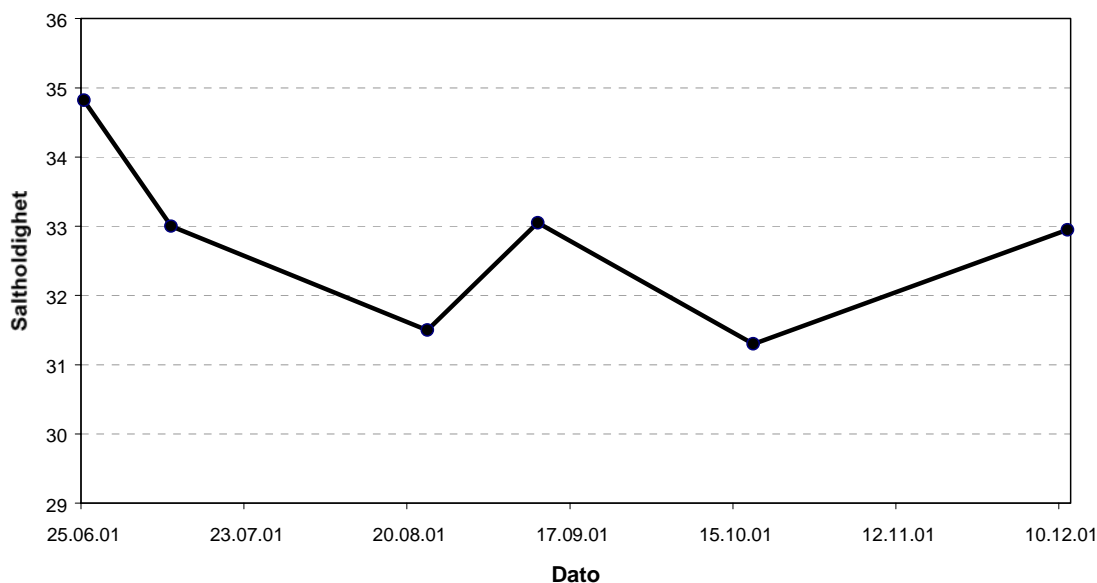
I havnebassenget kan vannmassene inndeles i 2 lag:

- Brakkvannslaget eller overflatelaget, som består av en blanding av ferskvann og sjøvann. Tykkelse og saltholdighet varierer mye pga. store variasjoner i Opos vannføring (Figur 4, og jfr. Figur 3), men oftest er tykkelsen omkring 3 m og saltholdigheten 1-10.
- Sjøvannslaget ligger under brakkvannslaget og helt til bunnen. Saltholdigheten øker med dypet og kan nå opp til ca. 35.

Figur 5 viser målinger av saltholdighet i 30 m dyp i havnebassenget. Man ser store variasjoner fra måling til måling, dels som følge av klima (lufttemperatur og nedbør/avrenning fra land) og dels som følge av vannutveksling med vannmasser lenger nord i Sørfjorden og i selve Hardangerfjorden. Tidsintervallene mellom målingene (4-6 uker) gjør at variasjoner på kortere skala enn dette ikke vises, men sommeren 2001 foregikk en gradvis utskiftning med mindre salt vann i sjøvannslaget fram til slutten av august/tidlig september. Deretter vekslet det mellom innstrømning av saltere eller mindre salt vann helt fram til desember



Figur 4. Vertikalprofil for saltholdighet i havnebassenget i 2001. I hvert måledyp vises median, maksimum og minimum.



Figur 5. Havnebassenget. Måling av saltholdighet i 30 m dyp i 2001. Økning eller reduksjon i saltholdighet tyder på utskifting av vann.

## 5.2 Oksygenforholdene

Oksygenkonsentrasjonen i dypere vannlag er et resultat av balansen mellom:

1. *oksygentilførsel*, i hovedsak gjennom tilførsel av oksygenrikt sjøvann fra Sørfjordens nordre deler.
2. *oksygenforbruk*, i hovedsak fra nedbrytning av organisk materiale tilført via direkte utslipp og ved nedsynkende planteplankton samt kjemisk oksygenforbruk (særlig fra dicykalk).

Denne balansen vil variere over tid. Typisk for mange norske fjorder er relativt dårlige oksygenforhold i en periode i løpet av sommer-høst som følge av stort oksygenforbruk pga. nedbrytning av organisk materiale og relativt liten oksygentilførsel. Sent på høsten og i løpet av vinterhalvåret bedres forholdene pga. større vannutskifting og lavere oksygenforbruk.

Som grunnlag for bedømmelse av oksygenforholdene, viser Tabell 2 klassifiseringsgrunnlaget i SFTs reviderte veiledning i klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

**Tabell 2. Tilstandsklassifisering for oksygen (fra Molvær et al., 1997).**

Parametre	Tilstandsklasser				
	I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Oksygen (ml O <sub>2</sub> /l)**	>4.5	4.5-3.5	3.5-2.5	2.5-1.5	<1.5

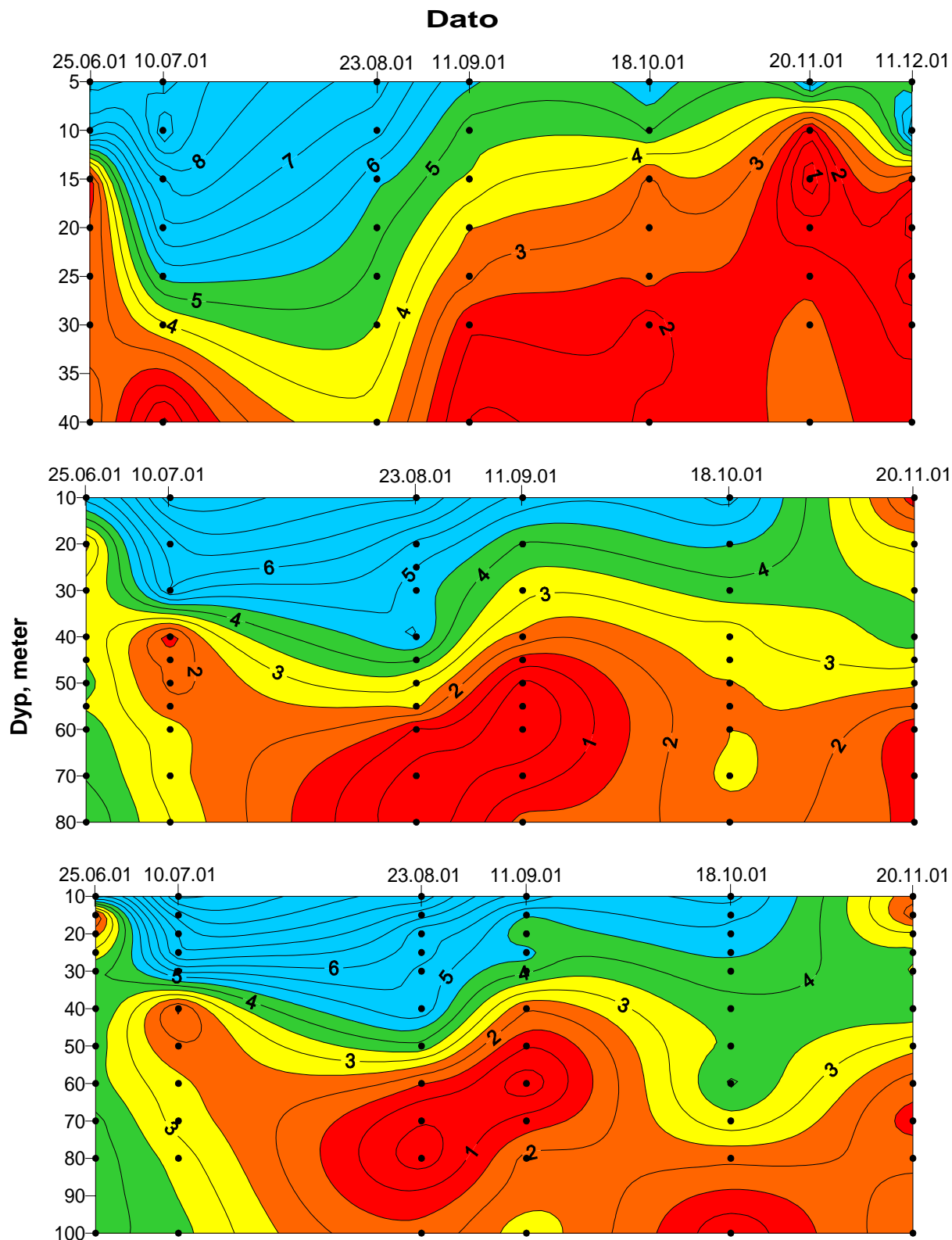
Figur 6 viser oksygenforholdene i henholdsvis havnebassenget, ved Lindenes og ved Tyssedal i 2001 som isopleter, der fargekoder er brukt for å vise forskjellige tilstandsklasser. Oksygenforholdene varierer svært mye, sannsynligvis pga. varierende vannutskifting. Målingene gir ikke størrelsen av disse to faktorene, men viser sluttproduktet.

Målingene i 2001 viser i hovedsak et bilde som er kjent fra tidligere år. I havnebassenget var oksygenforholdene under ca. 25 m dyp oftest Dårlig-Meget dårlig (klasse 4-5), men en vannutskiftning i juli- august førte til en kort periode med gode forhold. Deretter foregikk en gradvis forverring og i november var det Dårlige-Meget dårlige forhold helt opp til 10 m dyp. I 15 m dyp var da konsentrasjonen 0.6 mlO<sub>2</sub>/l. På grunn av en teknisk feil ble ikke saltholdigheten målt på dette tidspunktet og oksygenmetningen kan derfor ikke beregnes nøyaktig, men konsentrasjonen tyder på omkring 10% metning.

Ved Lindenes ble målingene utført til 80 m dyp. Vi finner vi igjen hovedtrekkene i oksygenproblemene fra havnebassenget, men noe dypere og ikke med så lave konsentrasjon som i havnebassenget. Det kan beskrives ved at den oksygenfattige vannmassen i havnebassenget fordeler seg nordover i fjorden samtidig som den synker noe dypere. Med unntak for korte perioder var problemene store hele tiden og omfattet hele vannmassen mellom 35-40 m og 80 m dyp (nederste måledyp).

Ved Tyssedal framstår mye samme bildet som ved Lindenes og her er målt i 100 m dyp. Problemene omfatter hele vannmassen mellom ca. 50 m og 100 m dyp.

Hvor lang strekning nordover i fjorden problemene omfattet ble ikke undersøkt i 2001, men ved tilsvarende situasjoner har oksygenproblemene nådd 10-15 km nordover fjorden (Molvær 2001).

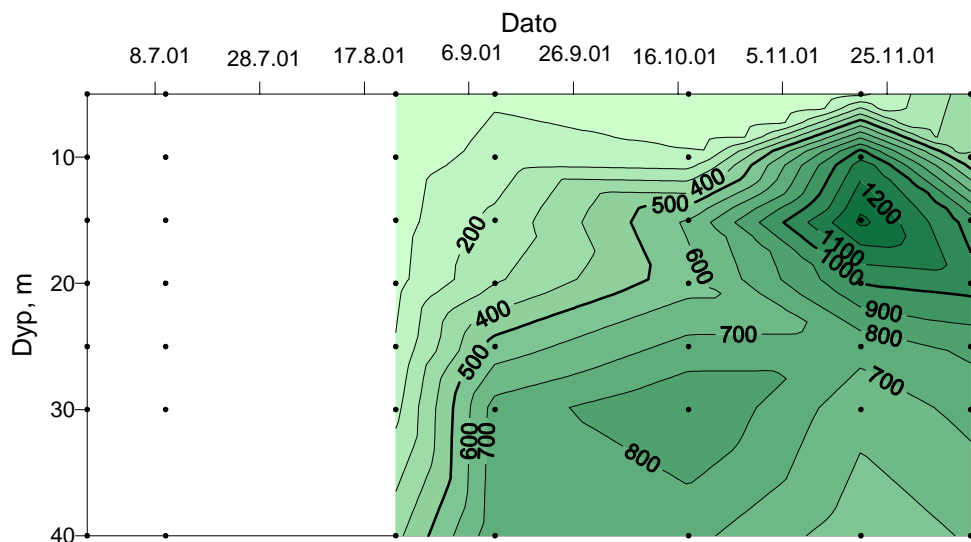


Figur 6. Oksygenmålinger ( $\text{mlO}_2/\text{l}$ ) i 2001. Havnebassenget (øverst), Lindenes (midten) og Tyssedal (nederst). Målepunktene er vist som svarte prikker. Fargene henviser til tilstandsklasser (jfr. Tabell 2).

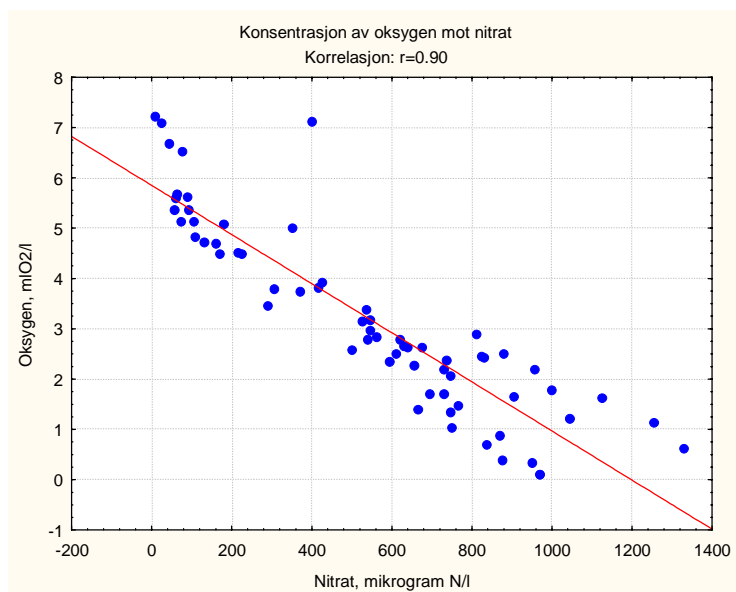
### 5.3 Nitrogen i vannmassen

Undersøkelser har vist at Odda Smelteverks utslipp av nitrogenholdig dicykalk medfører et stort oksygenforbruk (Schaanning 1999). Det meste av nitrogenet i dicykalken foreligger som vannløselig dicyandiamid og man har konkludert at dette delvis nedbrytes til ammonium som deretter oksideres til nitrat. Fordi utslippet av dicykalk er stort blir oksygenforbruket også stort, og man vil vente å finne lav oksygenkonsentrasjon i de vannmassene som har høy konsentrasjon av nitrat.

En slik samvariasjon mellom høye konsentrasjoner av nitrogen i vannmassen og tilsvarende lave konsentrasjoner av oksygen er påvist tidligere (Aure et al. 1997, Molvær 1998). I havnebassenget og ved Lindenes ble i 2001 målt svært høye konsentrasjoner av nitrat (Figur 7), og man finner en nær sammenheng mellom høy konsentrasjon av nitrat og lav konsentrasjon av oksygen (Figur 8). En korrelasjonskoeffisient  $r=0.9$  betyr i denne sammenheng at 81% av variasjonene i oksygenkonsentrasjon kan forklares med tilsvarende variasjoner i mengden av nitrat. Målingene bekrefter dermed at nitrogenet i dicykalken fortsatt er hovedårsaken til oksygenproblemene i Sørfjordens indre del.



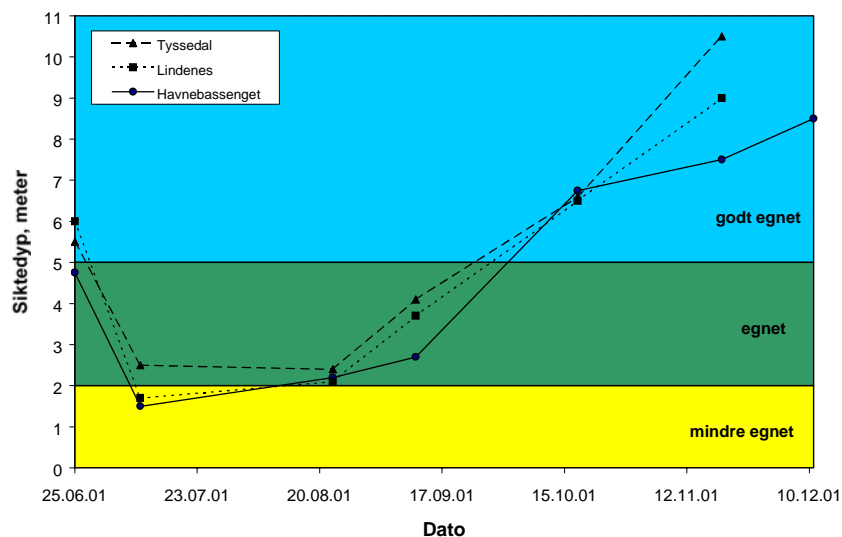
Figur 7. Nitrat ( $\mu\text{gN/l}$ ) i havnebassenget august-desember 2000. Konsentrasjoner over  $500 \mu\text{gN/l}$  er uvanlig høyt.



Figur 8. Oksygen og nitrat i 5-80 m dyp i havnebassenget og ved Lindenes i 2001. Oksygenkonsentrasjonen avtar når nitratkonsentrasjonen øker. Korrelasjonskoeffisient: 0,9.

## 5.4 Siktedyp

I forbindelse med prøvetakingene er også siktedyp målt. Antall målinger er i minste laget for en formell bedømmelse av siktedypet i forhold til bading, vannsport osv. i sommerhalvåret, men de tre vannkvalitetsklassene er likevel vist i Figur 9 (etter Statens helsetilsyn, 1994).



Figur 9. Siktedyp i havnebassenget, Lindenes og Tyssedal i juni-desember 2001. Egnethet mht. bading og rekreasjon (vannsport, lek i strandkanten osv.) er også vist i figuren.

Antall målinger altså er for lite og intervallet mellom dem er for stort til at det er mulig å gi noen generell karakteristikk av tilstanden. Inntrykket er imidlertid at forholdene i 2001 kan ha vært litt dårligere enn i 1999-2000 da ingen siktedypmåling var mindre enn 2.5 m (Molvær 2001).

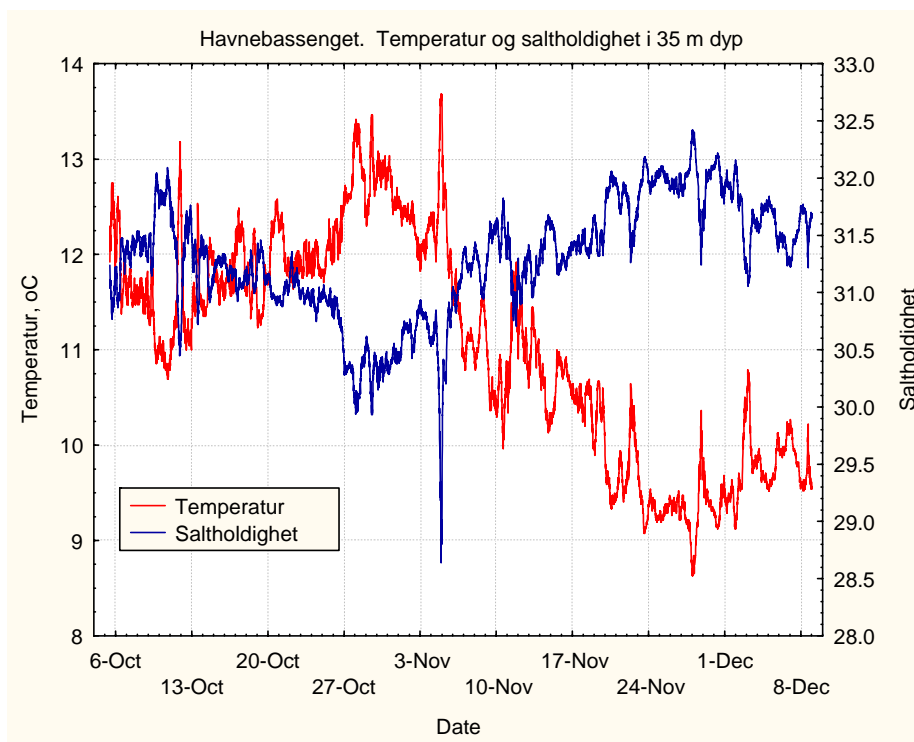
## 6. Vannutskifting og oksygenforhold

### 6.1 Data

Oksygenforholdene i Sørfjorden er resultat av en balanse mellom oksygenforbruk og tilførsel av oksygen. Oksygentilførselen i havnebassenget skjer ved at vannmassen skiftes ut med nytt og oksygenrikt vann fra den midtre og nordre delen av Sørfjorden. Vannfornyelsen er uregelmessig både mht. tidspunkt og omfang. De største problemene oppstår fra bunnen og opp til 20-25 m dyp (Figur 6). Hensikten med undersøkelsen av vannutskiftingen i havnebassenget i 2001 var å få en bedre beskrivelse av hvordan denne oksygentilførselen foregår enn det som målinger med 6-8 ukers mellomrom kan gi. Dette vil vi gjøre på grunnlag av målinger av saltholdighet, strømhastighet og strømreretning.

Saltholdighet kan vanligvis regnes som en konservativ parameter, dvs. at variasjoner i saltholdighet gir et mål på tilførsel av nytt vann med annen saltholdighet. Målingene i havnebassenget viser store og variasjoner, som tyder på god vannfornyelse (Figur 10). Den store og raske endringen 4. november er sannsynligvis resultat av sterk vind. Den lengste perioden vises ved et maksimum omkring 10. oktober og et nytt maksimum omkring 1. desember, som antyder en periode opptil 6-8 uker. I Figur 6 framstår dette som et tidsrom da oksygenforholdene i 30 m dyp i havnebassenget forbedret seg noe.

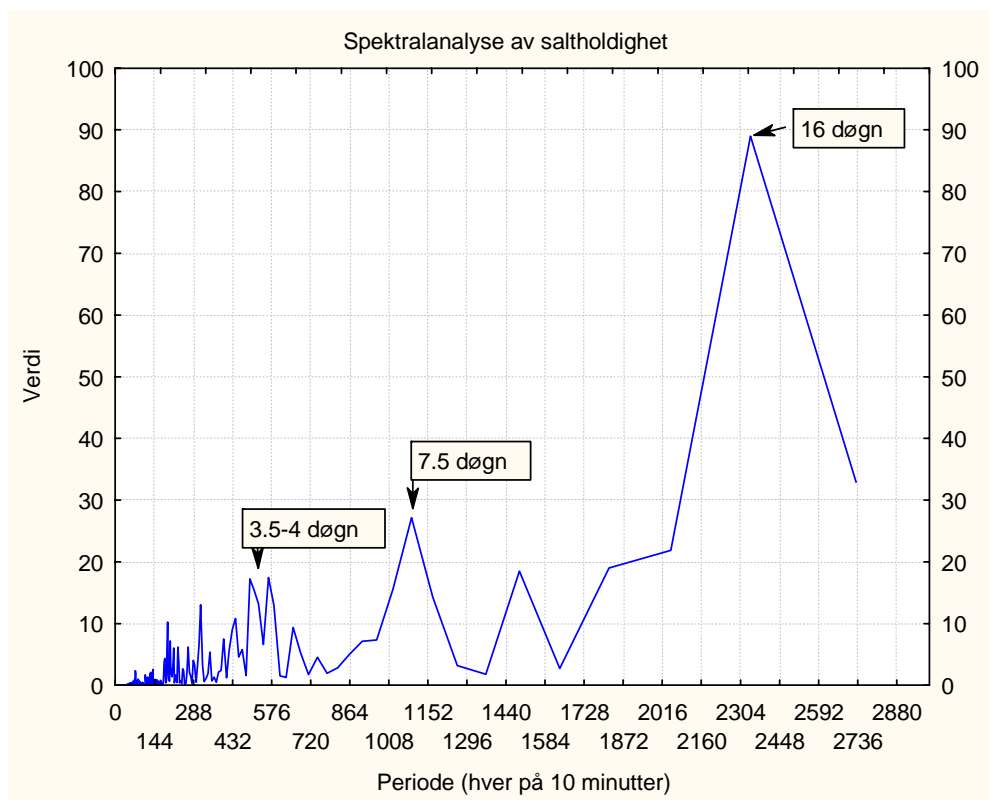
En spektralanalyse<sup>1</sup> bekrefter at svingninger med perioder på dager-uker dominerer (Figur 11). For våre vurderinger vil perioder på opptil 6-8 døgn sannsynligvis være viktigst for å bestemme oppholdstiden for vannmassen i havnebassenget.



Figur 10. Målinger av saltholdighet og temperatur i 35 m dyp i havnebassenget.

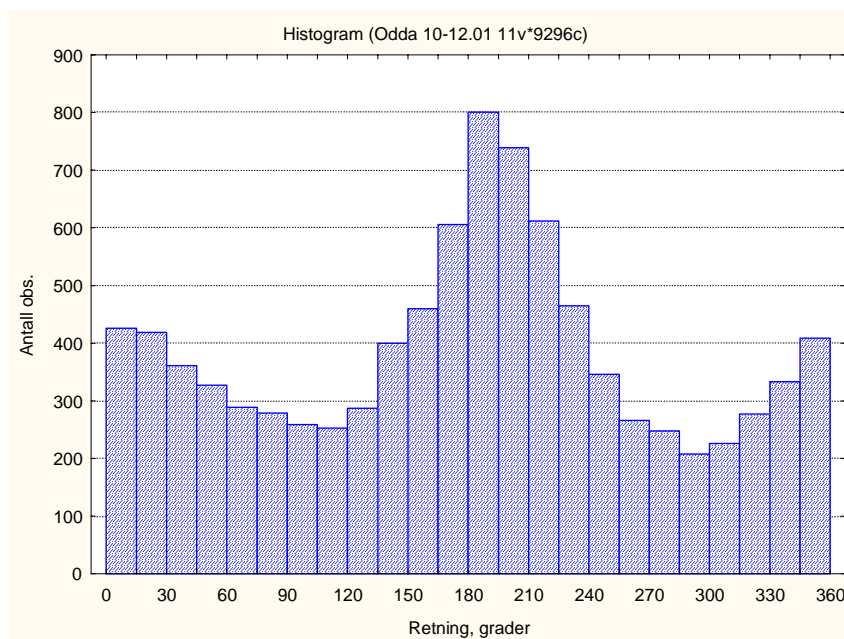
<sup>1</sup> En tidsserie vil vanligvis inneholde variasjoner med mange perioder. Spektralanalyse er en matematisk metode for å finne periodene i en tidsserie og beskrive hvilken betydning den enkelte periode har.



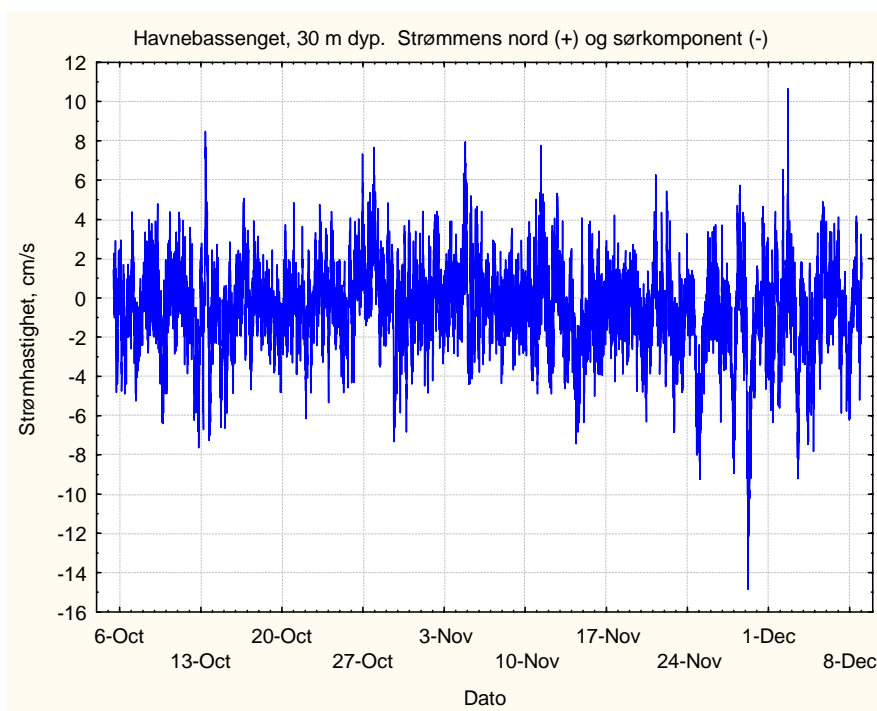


Figur 11. Spektralanalyse av variasjoner i saltholdighet i 35 m dyp. Målingene er gjort med 10 minutters intervall. Perioden regnet i timer fås ved å divideres verdiene på x-aksen med tallet 6. Periode i døgn fås ved å dividere med 144. Lange perioder dominerer (fra ca. 3 døgn og til mer enn 2 uker).

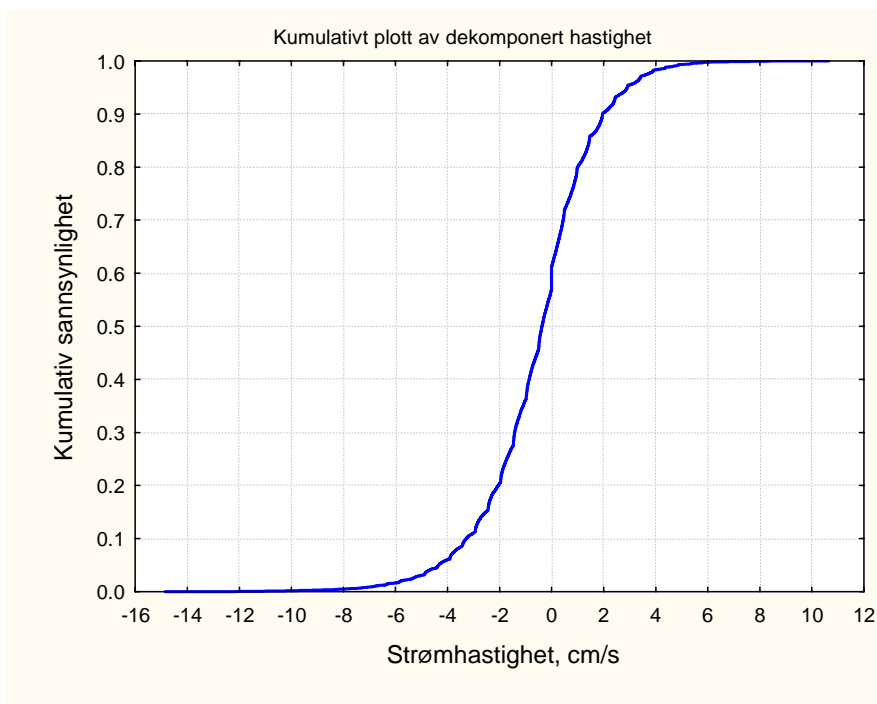
Strømmålingene viser at retningen varierer mye, men i hovedsak beveger vannmassen seg i retning nord-sør (Figur 12). Når en dekomponerer strømmen langs denne nord-sør akse framstår et bilde med store og raske variasjoner med tiden (Figur 13). Gjennomsnittsverdien er svakt negativ, dvs. rettet inn fjorden (Figur 14). En spektralanalyse viser perioder fra ca. 0.8-8 døgn dominerer (Figur 15). Av perioder under 25 timer dominerer det halvdaglige tidevannet (periode på 12.4 timer).



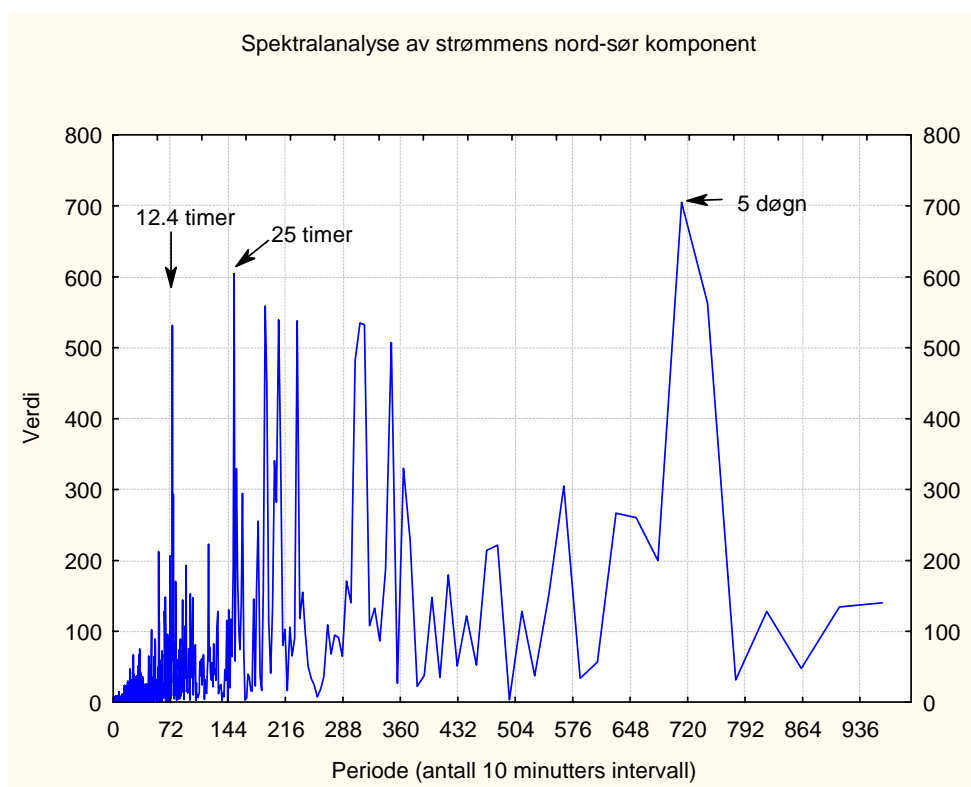
Figur 12. Fordeling av strømmens retning i 35 m dyp. De fleste registreringene er langs aksene nord-sør, men en liten overvekt av strøm mot sør.



Figur 13. Strømmåling i 35 m dyp dekomponert langs aksene nord-sør. Strøm mot nord er positiv og strøm mot sør er negativ.

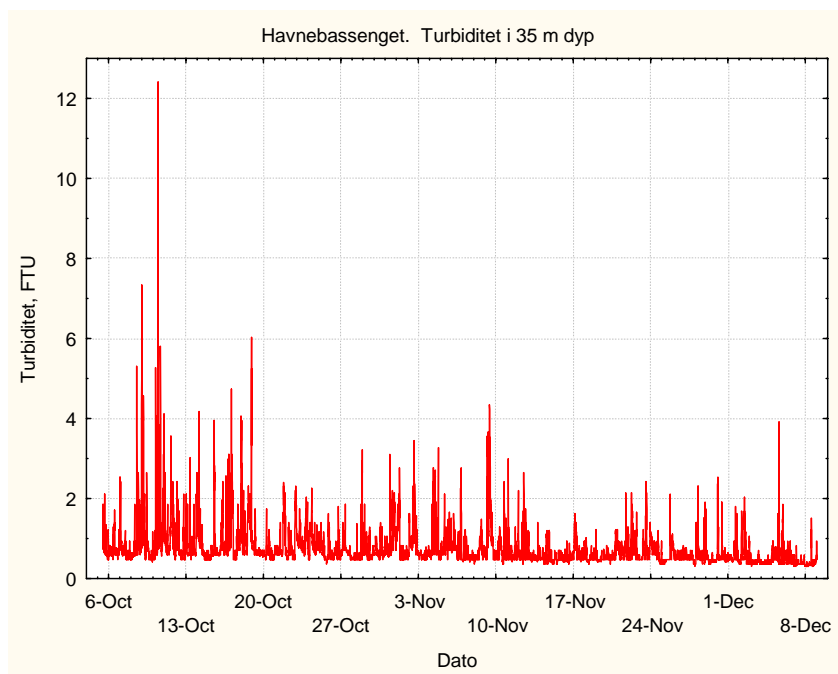


Figur 14. Kumulativt plott av dekomponert hastighet.

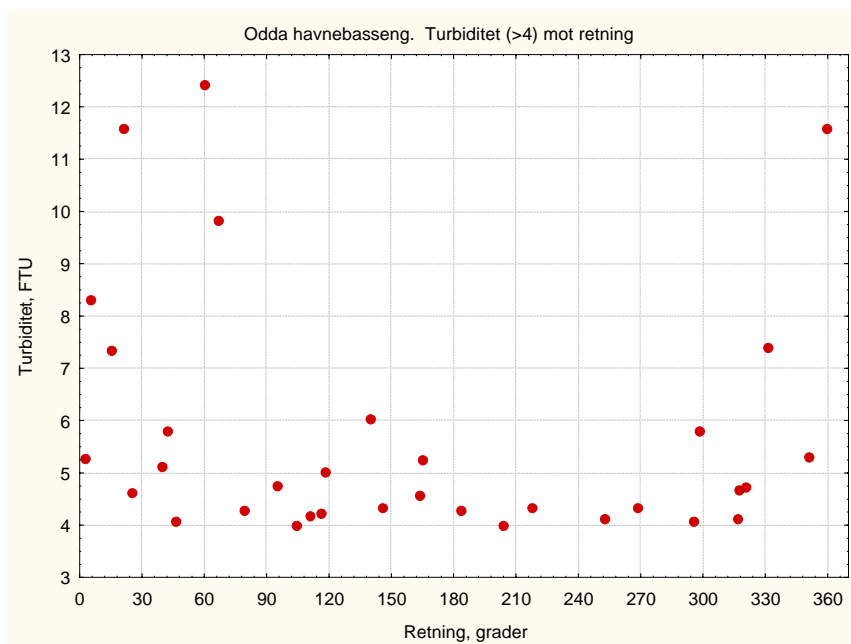


Figur 15. Spektralanalyse av hastigheten dekomponert i retning Nord-Sør i 35 m dyp. Målingene er gjort med 10 minutters intervall. Perioden regnet i timer fås ved å divideres verdiene på x-aksen med tallet 6. Periode i døgn fås ved å dividere med 144. Den korteste, betydelige perioden er 12.4 timer som tilsvarer det halvdaglige tidevannet. Deretter opptrer mange lengre perioder opp til ca. 8 døgn (for oversiktens skyld er bare perioder opp til 7 døgn vist i figuren).

Måleren registrerte også turbiditeten som viste store og raske variasjoner. Verdiene var ofte svært høye sett i forhold til et normalnivå omkring 0.5-1 FTU (Figur 16). Sorteres dataene i forhold til retningen som vannet kom fra da turbiditeten var ekstra høy ( $>4$  FTU), viser det seg at vannet strømmet nordover (Figur 17). Dette stemmer med opplysningene om hvor måleren var plassert i forhold til utslippet av dicykalk fra Odda smelteverk ( jfr. Figur 1).



Figur 16. Måling av turbiditet i 35 m dyp i havnebassenget.



Figur 17. Målinger av turbiditet over 4 FTU plottet mot samtidig registrering av strømretning. Ved meget høy turbiditet strømmet vannet vanligvis nordover.

## 6.2 Vurderinger

Vannutskiftningen i indre deler av Sørfjorden er bestemt av flere mekanismer:

1. Tidevann, med periode 12.4 timer
2. Lokale endringer i lufttrykk vil føre til at vannoverflata hever eller senker seg. En tommelfingerregel er at ved en lufttrykksendring på 1 millibar endrer vannstanden seg med 1 cm.
3. Lokal vind som når den varer over noen dager kan sette store vannmasser i bevegelse ut og inn fjorden
4. Vindforhold i selve Hardangerfjorden eller i selve kystvannet kan skape endringer i trykkfeltet der, noe som deretter kan medføre at vannmasser begynner å strøme ut eller inn av Sørfjorden.
5. Stor ferskvannsavrenning til selve Hardangerfjorden eller mye ferskvann i kystvannet vil senke egenvekten av vannmassene ned til 20-40 m dyp i hovedfjorden, og dermed føre til utstrømming av tyngre vann fra Sørfjorden. Og innstrømming av lettere vann.

Med unntak for det regelmessige tidevannet, der størrelsen av vannstandsvariasjonene varierer mye, vil de andre mekanismene variere med perioder på dager-uker-måneder. Det er lite sannsynlig at oppholdstiden for vannmassen i Sørfjordens indre del er mer enn en måned, og vi vil konsentrere analysen om tidsskalene dager-uker.

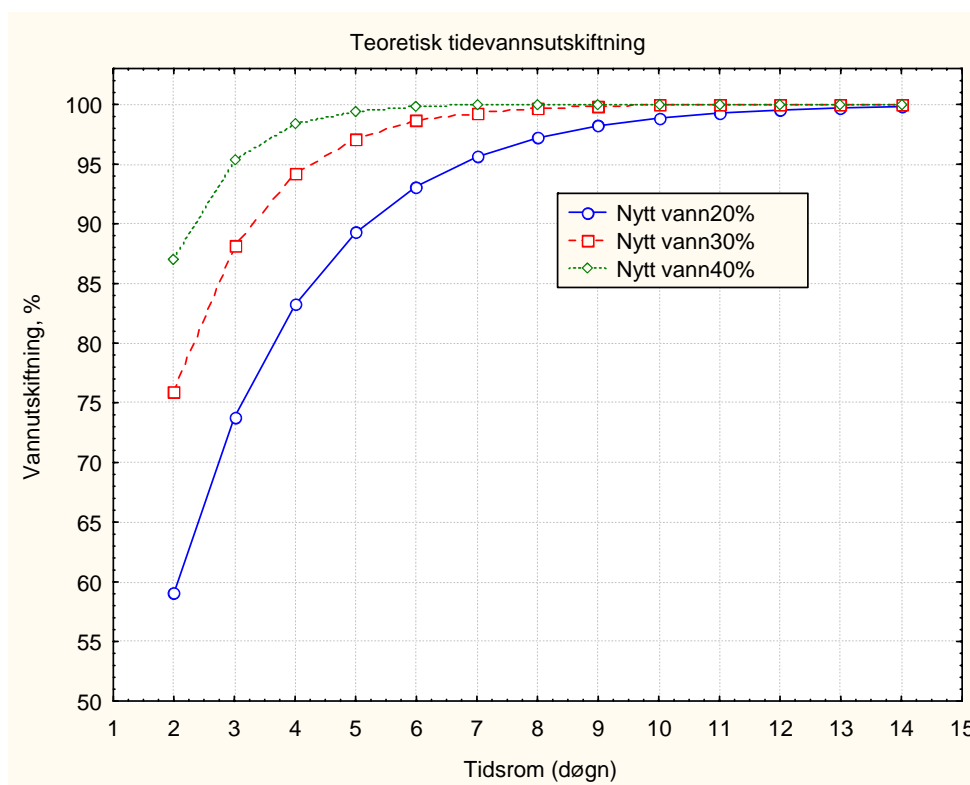
Målingene av saltholdighet viste de sterkeste svingningene med perioder mellom ca. 3 døgn og 16 døgn, mest utpreget i intervallet 0.5-1 uke.

Strømmålingene viser forholdsvis liten strømhastighet, med ca. 83% av registreringene i intervallet  $\pm 3$  cm/s. Avstanden fra innerst i havnebassenget til Lindenes er ca. 3000 m. I forhold til tidevannet vil utstrømmende vann med hastighet på 3 cm/s over ca. 6 timer (halv periode) forflytte seg 650 m, og 2 cm/s tilsvarer en forflytning på 470 m. Etter en slik forflytning begynner vannet å strøme tilbake. Dette illustrerer at det langt fra er full utskiftning hver tidevannsperiode. Størrelsen av netto tidevannsutskiftning innenfor Lindenes pr. tidevannsperiode er ikke kjent, men intervallet 20-40% fornyelse for hver tidevannsperiode kan være realistisk. Figur 18 illustrerer at allerede etter 3-4 døgn har vannfornyelsen blitt meget stor.

Tar vi i betraktning at det i tillegg til tidevannet er andre faktorer som bidrar til vannutskiftningen, gir dette samlet sett inntrykk av at innenfor Lindenes er oppholdstiden for vannmassen mellom 10-15 m dyp og bunn vanligvis mindre enn en uke, og oftest omkring 3-5 døgn. Til sammenligning har gjennomsnittlig oppholdstid tidligere blitt beregnet til å ligge mellom 4 døgn og 7 døgn ved bruk av en datamodell (Molvær 1997) Under spesielle episoder kan trolig vannmassen fornyes over 1-2 døgn (jfr. 4.11.2001). Mellom overflata og ca. 10 m dyp vil oppholdstiden være noe kortere fordi ferskvannstilførselen driver et utstrømmende brakkvannslag og en mer langsom inngående strøm like under dette.

Arealet av fjordoverflata innenfor Lindenes er ca.  $2.8 \text{ km}^2$  og innenfor Eitrheimsneset (selv havnebassenget) er arealet ca.  $1.7 \text{ km}^2$ . Vi antar at oksygenforbruket fra utslippet av dicykalk (fra spredning i vannmassene og utlekking av ammonium fra bunnsedimentene) i alt vesentlig skjer i havnebassenget. Under ca. 15 m dyp har dette et volum på ca.  $36 \text{ mill. m}^3$ . Betrakter vi dataene fra 23.8.2001 var gjennomsnittlig konsentrasjon ca.  $4.5 \text{ mlO}_2/\text{l}$  (ca.  $6.5 \text{ mgO}_2/\text{l}$ ) i denne vannmassen mot ca.  $2.5 \text{ mlO}_2/\text{l}$  (ca.  $3.5 \text{ mgO}_2/\text{l}$ ) den 11.9 (19 døgn senere). For dette

tidsrommet finnes ikke målinger som kan gi et nøyaktig tall for vannutskiftning og oppholdstid. Antar vi at oppholdstiden for vannmassen var relativt lang (7 døgn) betyr det at den ble fornyet 2.5-3 ganger i dette tidsrommet, dvs. en vannutskiftning på 90-110 mill. m<sup>3</sup>. Antar vi så at dette nye vannet inneholdt 5 mgO<sub>2</sub>/l blir tilført mengde oksygen mellom 450 tonn og 550 tonn. I samme tidsrom avtok gjennomsnittlig oksygenkonsentrasjon med 3 mgO<sub>2</sub>/l, som tilsvarer ca. 110 tonn oksygen. Med disse forutsetningene blir det samlede oksygenforbruket mellom 560 tonn og 660 tonn over de 19 dagene, eller i størrelsesorden 25 mgO<sub>2</sub>/l pr. måned. I vanlig sammenheng regnes et oksygenforbruk på 1-1.5 mgO<sub>2</sub>/l/måned for å være høyt.



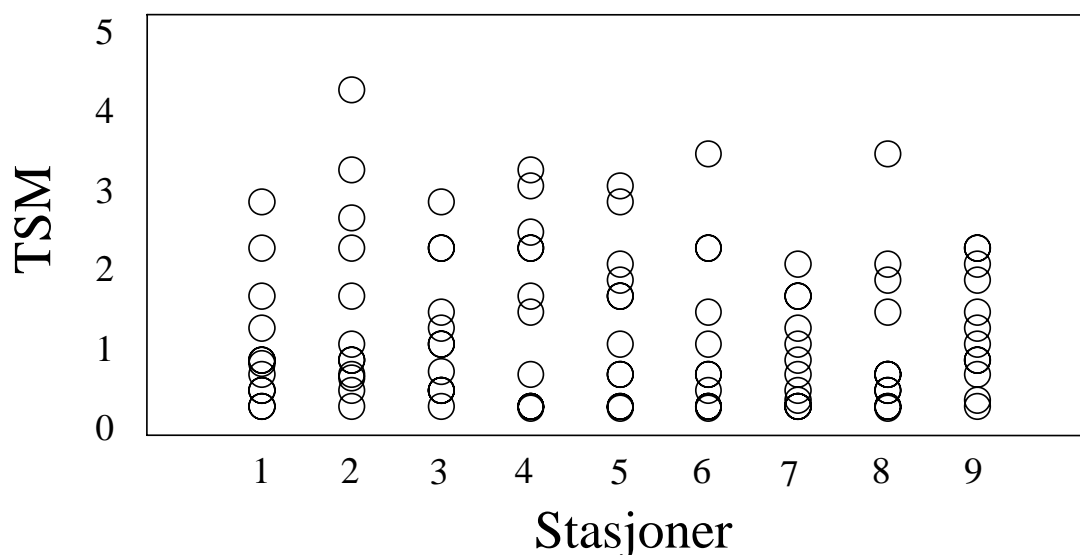
Figur 18. Teoretisk beregning av tidevannsutskiftingen hvis man forutsetter at 20%, 30% eller 40% av vannet skiftes ut hver tidevannsperiode. Fullstendig utskifting er oppnådd etter ca. 7-14 døgn.

Som beskrevet ovenfor er disse beregningene gjort ut fra flere usikre forutsetninger, men usikkerheten endrer ikke på konklusjonen om at vannmassen i havnebassenget har et ekstremt stor oksygenforbruk. Konsentrasjonen i nytt vann ble satt lavt (5 mg/l) og en høyere konsentrasjon ville gi større oksygenforbruk. Større vannutskifting vil dra resultatet i samme retning. Tidevannsutskiftingen alene er derfor utilstrekkelig for å hindre at oksygenkonsentrasjonen reduseres til kritisk lave nivåer. Episoder med vedvarende sterk lokal vind, store variasjoner i lufttrykk eller store variasjoner i tetthetsfeltet i selve Hardangerfjorden vil imidlertid iblant øke vannutskiftingen og for en kort tid forbedre oksygenforholdene i Sørfjordens indre del.

### 6.3 Variasjoner i totalt suspendert partikulært materiale og metaller i overflatevannet i fjorden

Partikler i overflatevannet i fjorden kan ha ulik opprinnelse, det kan være partikler som føres til fjorden via ferskvannsavrenning og det kan være partikler som produseres i vannmassene i fjorden. Små partikler i vannmassene har evne til å adsorbere miljøgifter, herunder metaller. Bindingen til partikler fører til sedimentasjon av miljøgiftene.

Innholdet av totalt suspendert materiale (TSM) i overflatevann i fjorden varierte fra 0.19 til 4.2 mg / l, med ett gjennomsnitt i perioden på 1.2 mg/l (n=108). Dette er normale verdier for fjord og kystvann. Det var ingen signifikante forskjeller mellom stasjonene (*Figur 19*). Det var imidlertid signifikante forskjeller gjennom året, hvor prøvene fra juni, juli, august, september og oktober hadde et gjennomgående høyere innhold av partikler sammenlignet med årets øvrige måneder. Typisk for de førstnevnte månedene var stor vannføring i Opo.



Figur 19. Totalt suspendert partikulært materiale (TSM) i mg/l overflatevann fra 9 stasjoner i Sør fjorden i 2001.

**Tabell 4** viser at det var en signifikant positiv korrelasjon mellom vannføring i Opo og TSM i vannet. Dette gjenspeiles også i den negative korrelasjon mellom TSM og saltholdighet, altså at partikkelinnholdet i overflatevannet øker med avtakende saltholdighet. Partikkelinnholdet i overflatevannet i fjorden synes derfor alt vesentlig å styres av vannføringen i Opo.

En mulighet for metalltilførsler til fjorden kan være ved økt avrenning fra forurensede landområder. Metaller i vannmassen kan forekomme som løste eller adsorbent til partikler. Foreliggende analyser er utført på totale prøver, dvs. det skilles ikke mellom løste og partikulære faser.

En kan imidlertid få en indikasjon på om de ulike metallene er assosiert med partikler eller ikke, ved å se om det er noen sammenheng mellom partikkelinnholdet i vannet og

konsentrasjonen av metaller, og om det er noen forskjell mellom metallene. **Tabell 4** viser at konsentrasjonen av Cu og Cd er signifikant negativt korrelert både med vannføringen i Opo og med konsentrasjonen av partikler i vannmassene, og tilsvarende positivt korrelert med saltholdighet. De øvrige metallene var også positivt korrelert med saltholdighet. Dette tyder på at en økende overflateavrenning fra nedbørsfeltet gir lavere metallkonsentrasjoner i overflatevannet i fjorden. I nedbørsfeltet vil områdene nærmest fjorden representerer de største potensielle kildene til forurensning. Det er imidlertid ingenting som tyder på at økt nedbør (målestasjon på Eitrheimsneset) har innvirkning på metallkonsentrasjonene i overflatevannet i fjorden (jfr. **Tabell 4**).

Metallene har også en innbyrdes relativt sterk samvariasjon. Dette kan tyde på at metallene har samme kilde, med unntak av Cd som markerer seg med en relativt dårligere korrelasjon (**Tabell 4**). Dette kan indikere at Cd kommer fra en annen kilde eller utløses av andre prosesser eller mekanismer enn de øvrige metallene. Dette virker ikke usannsynlig ut i fra at de diffuse utslippene av Cd var 5 ganger høyere enn prosessutslippene ved Outokumpu-Norzink. Det er Outokumpu-Norzink som har det største utslippet av Cd til fjorden. Til sammenligning var de diffuse utslippene av Zn og Cu dobbelt så store som prosessutslippene (jfr. Tabell 1).

Tabell 4. Korrelasjonsmaterise (Pearson) mellom ulike variabler målt i Sørfjorden 2001.

	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn	mm nedbør	Vannføring Opo	Salt- holdighet
Cu	0.3**							
Hg	0.1	0.9***						
Pb	0.2	0.9***	1.0***					
Zn	0.2**	0.9***	1.0***	1.0***				
mm nedbør	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
Vannføring OPO	-0.2**	-0.3***	-0.2	-0.2	-0.2**	0.5***		
Saltholdighet	0.3***	0.4***	0.2**	0.2**	0.3***	-0.1	-0.7***	
TSM	-0.2**	-0.3***	-0.1	-0.1	-0.2	0.1	0.5***	-0.6***

\*\*\* p < 0.01

\*\* p < 0.05

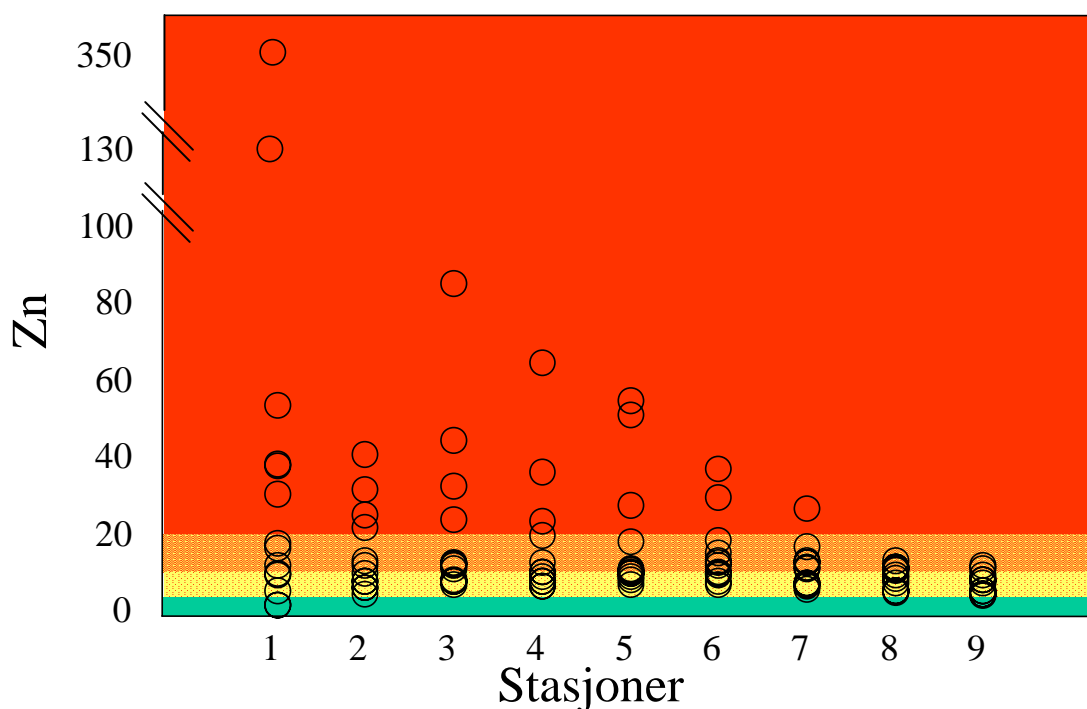
## 6.4 Miljøkvalitet i fjordens overflatevann basert på metaller

### Sink (Zn)

Innholdet av Zn i overflatevann var i gjennomsnitt over året og over alle stasjoner 18 µg/l, dette tilsvarer sterkt forurensset, klasse IV i SFTs miljøklassifiserings-system (Molvær et al., 1997) (**Figur 20**). Verdiene varierte fra 2.4 til 350 µg/l, dette tilsvarer en vannkvalitet fra god til meget dårlig eller klasse II til V. Området ut til Digraneset (stasjon 7) var en eller flere ganger i løpet av året meget sterkt forurensset av Zn. Mens ved Børve og Urdheim (stasjon 8 og 9) ble det observert lavere konsentrasjoner, fra moderat til sterkt forurensning i overflatevannet. Over året ble det målt fra markert til sterkt forurensning i ca. 50 % av målingene på de to ytre stasjonene, mens fra Digranest og innover fjorden ble det målt fra sterk til meget sterk forurensning i 50 % av målingene.

To ekstremisituasjoner, med 130 og 350 µg Zn /l, ble målt hhv. 23 november og 16 januar.





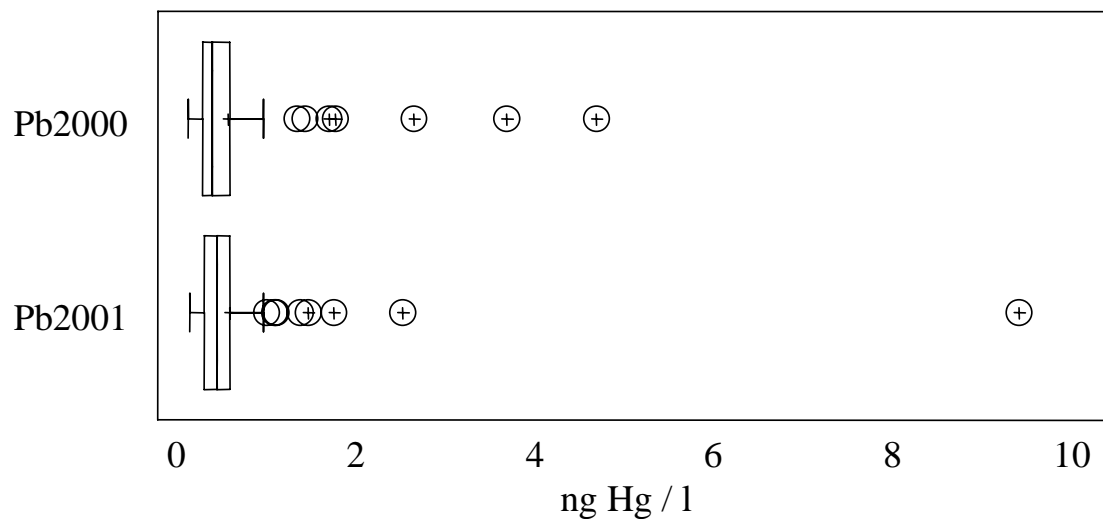
Figur 20. Konsentrasjonen av sink ( $\mu\text{g Zn/l}$ ) i overflatevann fra 9 stasjoner i Sør fjorden 2001.

#### Kobber (Cu)

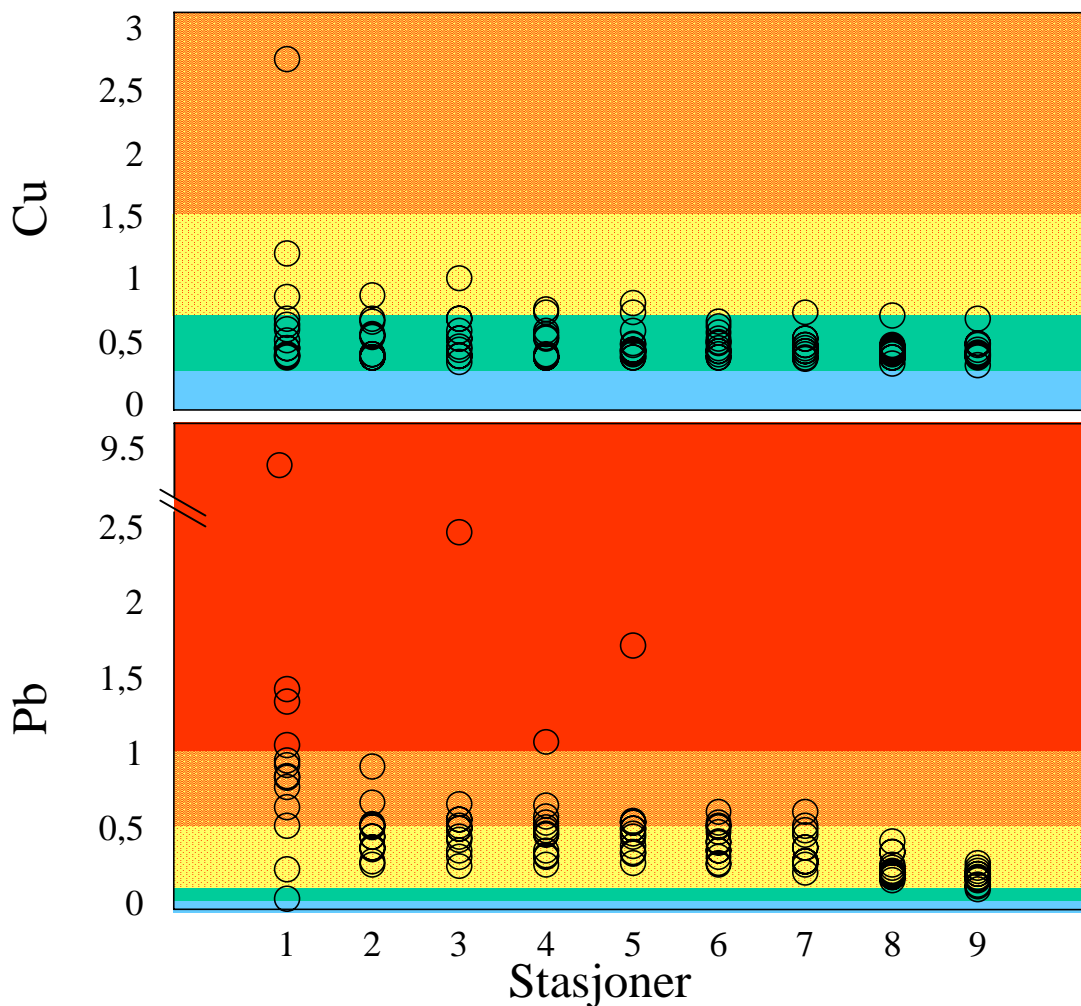
Innholdet av Cu i overflatevannet var i gjennomsnitt over året og alle stasjoner  $0.48\mu\text{g/l}$ , tilsvarende moderat forurenset eller klasse II (Molvær et al. 1997) (**Figur 22**, øvre figur). Over året varierte konsentrasjonene fra  $0.27$  til  $1.17\mu\text{g/l}$ , tilsvarende fra ubetydelig til markert forurenset eller hhv. klasse II til klasse III. Det ble imidlertid målt sterkt forurensning den 16 januar i Eitrheimsvågen (stasjon 1). Ved 90% av målingene var miljøkvaliteten god (moderat forurenset, klasse II).

#### Bly (Pb)

Innholdet av Pb i overflatevannet var i gjennomsnitt over året og over alle stasjoner  $0.52\mu\text{g/l}$ , tilsvarende markert forurenset (klasse III). Over året varierte konsentrasjonene fra  $0.06$  til  $9.35\mu\text{g/l}$ , tilsvarende fra moderat til meget sterkt forurenset eller hhv. klasse II til V (Molvær et al., 1997) (**Figur 22**). I 25% av måletilfellene var miljøkvaliteten dårligere enn markert forurenset, klasse III og som for både Zn og Cu, ble den høyeste konsentrasjon målt 16 januar i Eitrheimsvågen. Utslippene av Pb økte fra 2899 kg i 2000 til 5120 i 2001 (Tabell 1). Dette førte imidlertid ikke til vesentlige endringer i konsentrasjonene i overflatevann i fjorden (**Figur 21**). Som figuren viser ble det kun ved en anledning registrert høyere konsentrasjoner enn i 2000.



Figur 21. Sammenligning av Pb dataene fra overflatevann 2000 og 2001. 50% av observasjonene ligger innenfor boksen, den vertikale streken innenfor boksen viser medianen, sirkler med kryss indikerer verdier som skiller seg svært mye fra de resterende dataene (> 3 interkvartiler = "outliers").

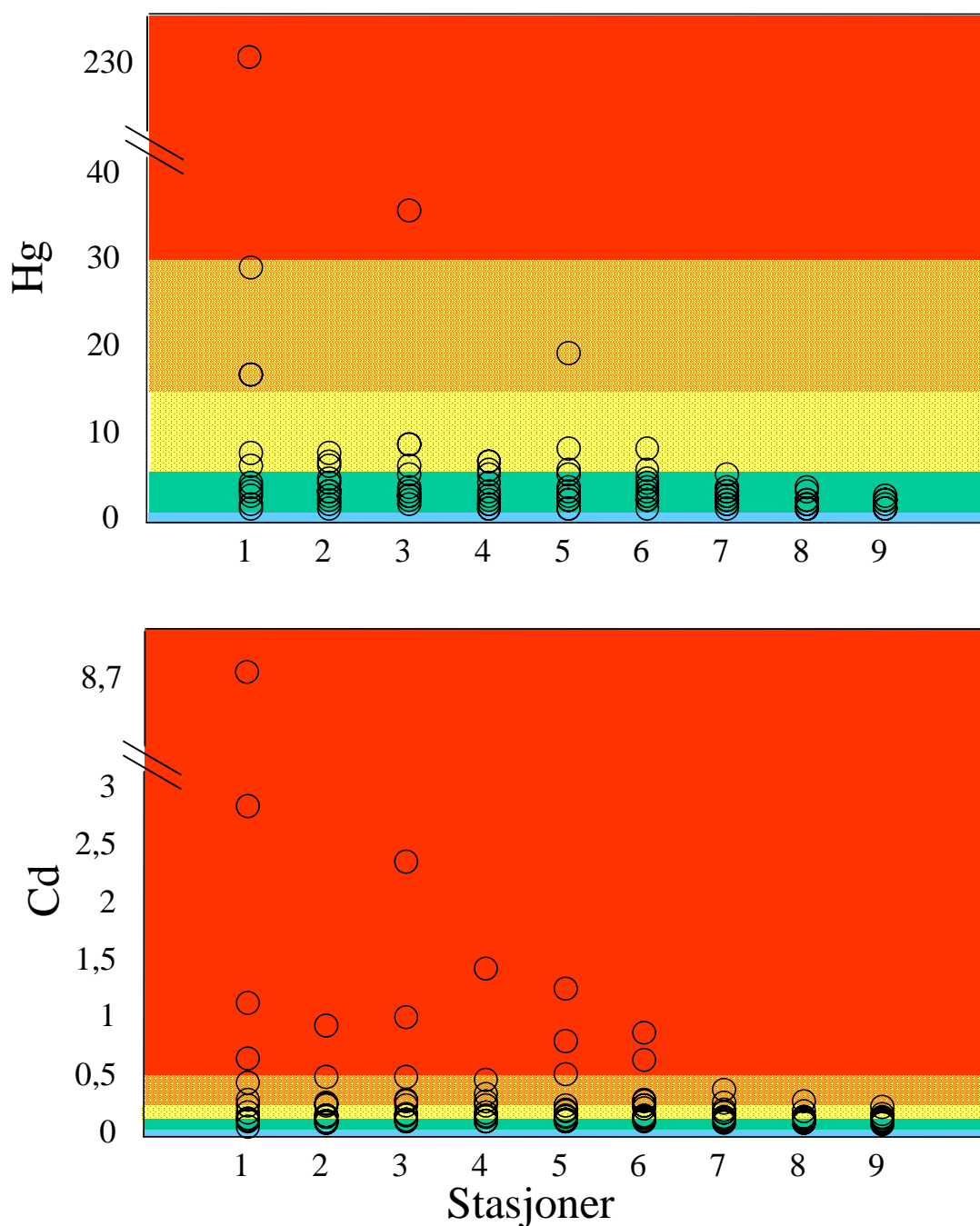


Figur 22. Konsentrasjonen av kobber ( $\mu\text{g Cu/l}$ ) (øvre figur) og bly ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) (nedre figur) i overflatevann fra 9 stasjoner i Sør fjorden 2001.

**Kvikksølv (Hg)**

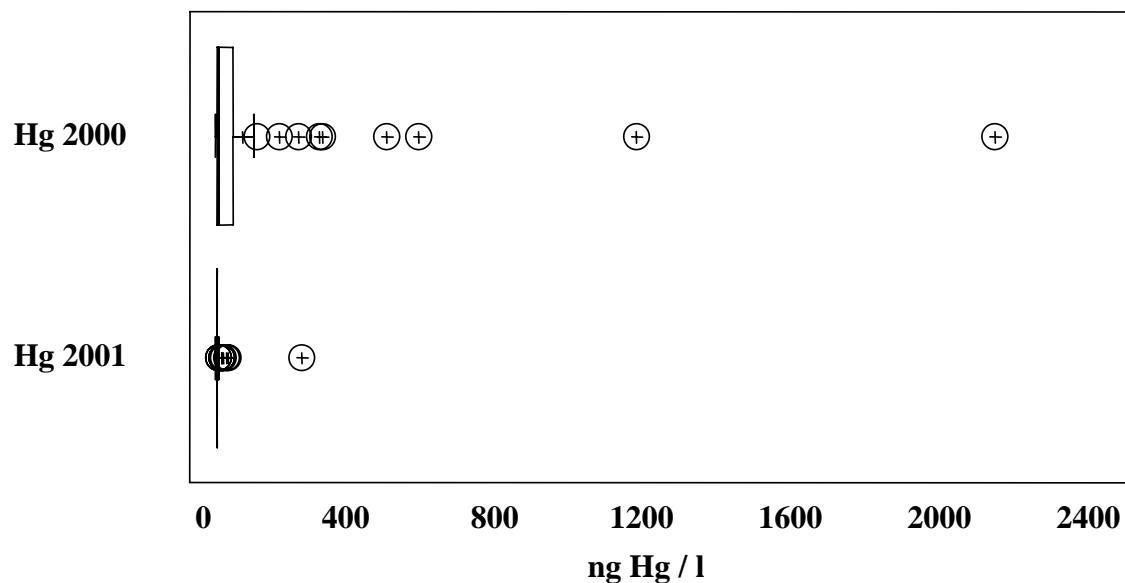
Innholdet av Hg i overflatevannet var i gjennomsnitt over året og over alle stasjoner 5.5 ng/l, tilsvarende meget sterkt forurenset (klasse V) (Molvær et al. 1997). Det er imidlertid særlig to målinger som er med på trekke gjennomsnittskonsentrasjonen opp, disse var begge fra 16 januar i Eitrheimsvågen og Eitrheim-sør (stasjon 1 og 3). I alt viste 5 målinger svært høye konsentrasjoner (**Figur 23**, øvre figur). Tre av disse var fra 16 januar. På stasjonen i Eitrheimsvågen var det også høy konsentrasjon ved målingen 20 februar samt ved målingen 23 november. De høye konsentrasjonene målt 16 januar kan settes i forbindelse med arbeider i området ved oppstart av "Prosjekt Avløp" 15 januar. Tilsvarende i november var det ett uhellutslipp via den såkalte kum 8A i perioden 16-19.11, hvor forurenset sperrevann ble sluppet ut. Utslipp fra kum 8A har i flere år vært rapportert under kategorien "Andre diffuse utslipp". Kum 8A inngår i "Prosjekt Avløp", slik at utlippene herifra nå er redusert.

Over året varierte konsentrasjonene av Hg fra 0.5 til 231 ng/l, tilsvarende fra lite til meget sterkt forurenset eller hhv. klasse I til V (Molvær et al., 1997). Ved 5% av målingene var miljøkvaliteten meget dårlig (klasse V) og ved ca. 75% av målingene var miljøkvaliteten god (klasse III eller bedre).

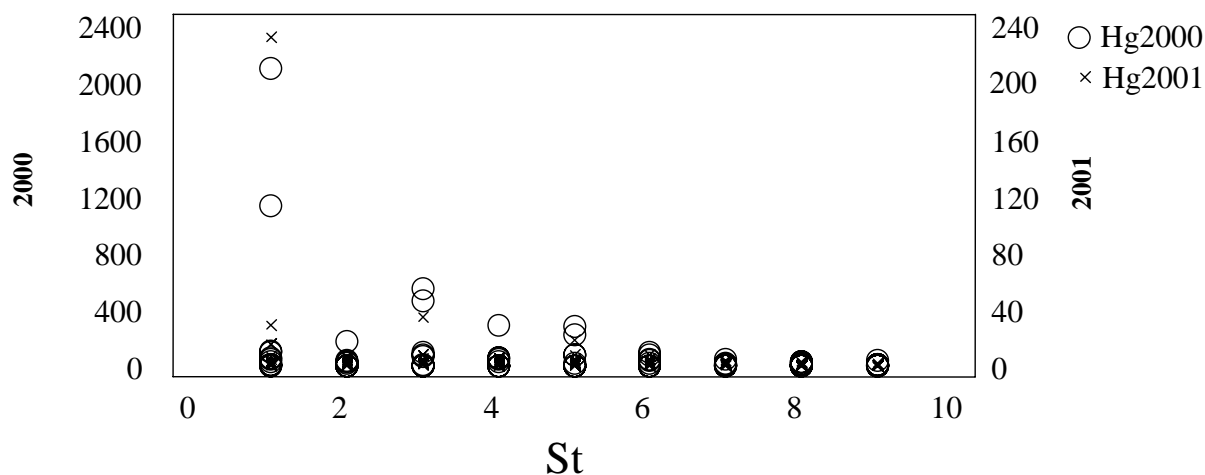


Figur 23. Konsentrasjonen av kvikksølv (ng Hg/l) (øvre figur) og kadmium (µg Cd/l) (nedre figur) i overflatevann fra 9 stasjoner i Sør fjorden 2001.

Generelt ble det målt flere høyere verdier i 2000 enn i 2001 (**Figur 24**) og sett under ett viste målingene i 2001 gjennomgående lavere konsentrasjonene enn i 2000. Selv om det ble registrert noen svært høye konsentrasjoner i 2001, var disse ca. 10 ganger lavere enn ekstremene i 2000 (Figur 25). De laveste konsentrasjonene var imidlertid like lave i 2000 som 2001.



Figur 24. Sammenligning av Hg dataene fra overflatevann 2000 og 2001. 50% av observasjonene ligger innenfor boksen, den vertikale streken innenfor boksen viser medianen, sirkler med kryss indikerer verdier som skiller seg svært mye fra de resterende dataene (> 3 interkvartiler = "outliers").



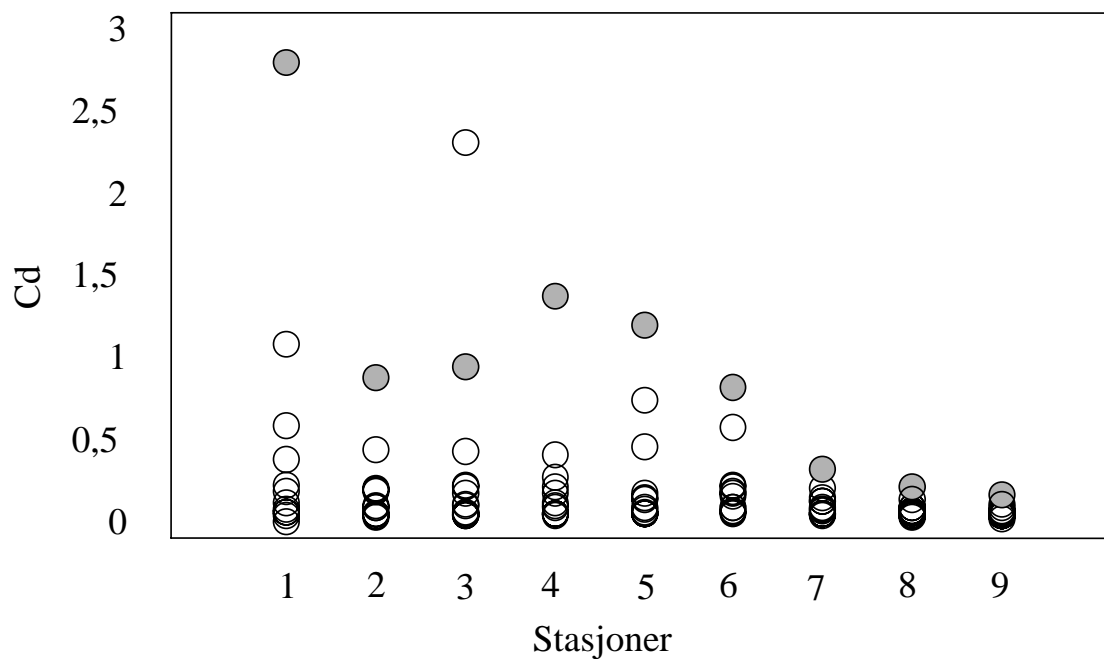
Figur 25. Konsentrasjonen av Hg i overflatevann (ng/l) i 2000 og 2001. Merk skalaene er forskjellig de to årene.

### Kadmium (Cd)

Innholdet av Cd i overflatevannet var  $0.23 \mu\text{g/l}$  i gjennomsnitt over året og over alle stasjoner, dette tilsvarende sterkt forurenset (klasse IV) (Molvær et al. 1997). Ved 10 % av målingene ble det registrert konsentrasjoner tilsvarende sterkt eller meget sterkt forurenset (klasse IV og V), mens det ved 30% av målingene ble registrert konsentrasjoner tilsvarende moderat eller mindre forurenset (klasse III til I).

Til forskjell fra de øvrige metallene ble den høyeste konsentrasjonen av Cd registrert 23 november og ikke 16 januar. Den høyeste konsentrasjonen ble som for de øvrige metallene

registrert i Eitrheimsvågen (stasjon 1) og høye konsentrasjoner ble registrert utover i hele fjorden (**Figur 26**).



Figur 26. Konsentrasjonen av Cd ( $\mu\text{g/l}$ ) i overflatevann på ni stasjoner i Sør fjorden 2001. Grå symboler indikerer målingene fra 23 november.

## **7. Sammenfattende vurderinger av forurensnings situasjonen i vannmassene**

### **7.1 Metaller i overflatevannet**

Målingene i 2001 viste i perioder like dårlig miljøkvalitet i overflatevannet (meget sterkt forurenset) som i 2000. De høyeste målingene av Hg i 2001 var imidlertid ca. 10 ganger lavere sammenlignet med de i 2000, og registreringene viste langt færre hendelser med svært høye konsentrasjoner enn i 2000. Det var særlig i januar 2001 det ble målt høye konsentrasjoner, men også i februar og november. Den høyeste konsentrasjonen som ble målt var 231 ng Hg / l. De høye verdiene kan forklares ved aktiviteter og uhell på land i forbindelse med igangsetting av "Prosjekt Avløp". Vi kan gjøre et grovt overslag over hvor store mengder kvikksølv som må ha blitt tilført fjorden ved disse hendelsene. Legger vi 50 ng Hg / l til grunn for konsentrasjonen i brakkvannslaget, innenfor Lindenes (areal ca. 2.8 km<sup>2</sup>) kan en regne at dette er 1.5-2 m tykt, med en oppholdstid på 2 døgn, peker tallene i retning av en tilførsel på 0.1 kg/døgn. Uansett usikkerhet, tyder dette på tilførselen var stort, særlig sett i forhold til det årlige prosessutslippet på 2.18 kg Hg /år .

Det var en generell bedring i metallkonsentrasjonene fra mai måned og utover året, med en økning igjen i oktober måned. Det var klart avtagende konsentrasjoner av metaller fra innerst i fjorden i Eitrheimsvågen ut til Urdheim / Kinsarvik. Av de målte metallene var det bare kobber som ikke viste meget sterk forurensning, bedømt etter det norske systemet for klassifisering av miljøkvalitet. De øvrige metallene viste meget sterk forurensning i indre del av fjorden, innenfor Digraneset, en eller flere ganger i 2001. Selv på de to ytre målestasjonene, Børve og Urdheim ble det ved 50 % av målingene registrert markert til sterk forurensning av sink i overflatevannet.

Det var en sterk samvariasjon mellom de ulike metallene med unntak av kadmium. Dette kan tyde på at Cd tilføres fjorden fra andre kilder eller ved andre mekanismer enn sink, kvikksølv, bly og kobber. En forklaring kan være at den største tilførselen av kadmium skjer via diffuse utslipp hos Outokumpu-Norzink A/S.

De foreliggende dataene tyder ikke på at overflateavrenning som følge av nedbør har noen sammenheng med de svært høye metallkonsentrasjonene som ble målt ved enkelte anledninger. Økende vannføring i Opo synes å fortynne metallkonsentrasjonen i overflatelaget i fjorden. .

### **7.2 Oksygen, nitrogen og vannutskifting**

Utgangspunktet for overvåkingen av oksygenforholdene i Sørfjordens indre del i 2001 var dels å registrere virkningene av reduserte utslipp av oksygenforbrukende stoffer fra Odda Smelteverk, og dels å gjennomføre en mer grundig undersøkelse av vannfornyelsen i havnebassenget. På grunn av tekniske vanskeligheter ble de utslippsreducerende tiltak forsinket. I praksis ble den delen av overvåkingen i 2001 derfor en mer generell registrering av tilstanden samt en studie av vannutskifting og oksygentilførsel.

Som følge av varierende vannutskifting (tilførsel av oksygen) og kanskje også varierende utslipp av oksygenforbrukende materiale har tidligere års overvåking vist at oksygenforholdene i Sørfjordens indre del varierer mye med tiden. Dette karakteriserte også tilstanden i 2001:

- Periodevis var det svært dårlige oksygenforhold fra havnebassenget og ut til Tyssedal. Erfaringene fra tidligere års målinger tyder på at problemene da strakk seg helt ut mot Digraneset, dvs. over en strekning på 10-15 km. Konsentrasjonene var så lave at fisk vil trekke bort fra den vannmassen det gjelder og de fleste andre marine organismer som ikke kommer unna vil dø. Det er imidlertid viktig å være klar over at denne beskrivelsen ikke gjelder hele vannmassen fra overflata til bunn, men et vannlag på inntil 30-50 m tykkelse.
- Man finner en nær sammenheng mellom høy konsentrasjon av nitrogen og lav konsentrasjon av oksygen, noe som bekrefter at smelteverkets utslipp av dicykalk fortsatt er hovedårsaken til problemene.
- Smelteverkets utslipp av dicykalk/nitrogen i 2001 var av samme størrelse som i 2000, noe som stemmer med at oksygenforholdene i alt vesentlig var uendret.

Over et tidsrom på ca. 2 måneder høsten 2001 ble vannutskiftningen og turbiditeten på 35 m dyp i havnebassenget overvåket med et selvregistrerende instrument. Vannutskiftningen mellom 10-15 m dyp og bunnen varierte mye med tiden, men innenfor Lindenes var oppholdstiden vanligvis mindre enn en uke, og oftest omkring 3-5 døgn. Oksygenforbruket var ekstremt stort og den vannutskiftningen som tidevannet alene bidrar med er neppe tilstrekkelig for at kritiske oksygenforhold kan unngås. Med uregelmessige mellomrom vil imidlertid meteorologiske forhold (vind, lufttrykk, nedbør, snøsmelting) øke vannfornyelsen vesentlig. Dermed dannes et bilde med svært varierende oksygenforhold.

Siktedypet ble målt i forbindelse med hver prøvetaking. Antall målinger er for lite og intervallet mellom målingene er for stort til at det er mulig å gi noen generell karakteristikk av tilstanden. Inntrykket er imidlertid at forholdene i 2001 kan ha vært litt dårligere enn i 1999-2000.



## 8. Litteratur

Aure, J., Føyn, L. og Pettersen, R., 1997. Miljøundersøkelser i norske fjorder 1975-96. Sørfjorden - Hardanger (1991-96). Fisker og Havet nr. 12 -1997. 24 sider.

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.

Molvær, J., 1997. Indre Sørfjord. Overvåking februar 1995-mars 1997. NIVA-rapport nr. 3694-97. Oslo. 38 sider.

Molvær, J., 1998. Sørfjorden. Overvåking av oksygenforholdene i juli-desember 1997. NIVA-rapport nr. 3775-98. Oslo. 32 sider.

Molvær, J., 2000. Utslipp av kvikksølv til Sørfjorden som følge av uhell ved Norzink as vinteren 1999-2000. Vurdering av utslippetets størrelse. NIVA-rapport O-20078, 26 s.

Molvær, J., 2001. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden. Oksygen og siktedyp i 1999-2000. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 816/01. NIVA-rapport nr. 4350-01. 26 sider.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og Sørensen, J., 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Statens forurensningstilsyn. Veiledning 97:03. 36 sider.

Schaanning, M.T., 1999. Oksygenforbruk i tilknytning til utslipp av filterkake fra Odde Smelteverk AS. Fase 1 – nitrogenforbindelser i sedimenter og porevann. NIVA-rapport nr. 3999-99. Oslo. 22 sider.

Statens helsetilsyn, 1994. Vannkvalitetsnormer for friluftsbad. Friluftsbad - badevann. Rundskriv IK-21/94 med vedlegg.

Skei, J. og Knutzen, J., 2000. Utslipp av kvikksølv til Sørfjorden som følge av uhell ved Norzink as vinteren 1999-2000. Miljømessige konsekvenser. NIVA-rapport nr. 4234-2000. 12 sider.

## Vedlegg A. Måle og analysemetoder

### *Siktedyp:*

Siktedypet er målt som det dyp hvor en hvit skive med ca. 25 cm diameter forsvinner av syne fra overflaten. Vannkikkert er ikke brukt.

### *Temperatur:*

Er målt ved bruk av en Electronic Switchgear sonde, som ved regelmessig kalibrering og kontroll av data forventes å gi en nøyaktighet på  $\pm 0.1$  °C.

### *Saltholdighet:*

Er i hovedsak målt ved bruk av en Electronic Switchgear sonde, som ved regelmessig kalibrering og kontroll av data forventes å gi en nøyaktighet på  $\pm 0.1$ . Til kalibrering og kontroll av målingene ble for hver prøveserie tatt vannprøver fra 0 m og 20 m dyp. For disse ble saltholdigheten bestemt med laboratoriesalinometer (nøyaktighet  $\pm 0.002$ ), og resultatene er brukt til korrigerings av sonde-målingene.

### *Oksygen:*

Modifisert Winkler-metode.

### *Total nitrogen:*

Intern metode, basert på Norsk Standard 4743

### *Ammonium:*

Norsk Standard, NS 4746. Modifisert gjennom automatisering av bestemmelsen.

### *Metaller i vann*

Kvikksølv analyser etter salpetersyreoppslutning ved kalddampeteknikk og gullfelle (Bloom og Crecelius, 1983).

Øvrige metallanalyser etter freon-ekstraksjon og atomabsorpsjon (Danielsson et al., 1978).

## Vedlegg B. Data for temperatur, saltholdighet, oksygen og nitrogenforbindelser

Stasjon	Dato	Dyp m	Temperatur °C	Saltholdighet	O2 mlO <sub>2</sub> /l	TotN µgN/l	No3N µgN/l	NH4N µgN/l
1	25.06.2001	0.5	13	8.1		190		3
1	25.06.2001	5	15	8.7	8.65	240		3
1	25.06.2001	10	9.3	32.1	7.63	950		84
1	25.06.2001	15	8.1	34.05	2.03	2610		390
1	25.06.2001	20	8	34.58	2.59	2270		320
1	25.06.2001	25	7.8	34.75	2.59	3260		410
1	25.06.2001	30	7.8	34.82	2.77	4560		430
1	25.06.2001	40	7.8	35.08	3.43	1150		115
1	10.07.2001	0.5	13.3	5		225		13
1	10.07.2001	5	14.6	11.8	8.12	340		17
1	10.07.2001	10	12.6	25.8	9.53	505		26
1	10.07.2001	15	10	31.7	7.35	705		91
1	10.07.2001	20	9.5	32	6.93	805		102
1	10.07.2001	25	9.2	32.47	5.63	1120		160
1	10.07.2001	30	8.9	33	3.9	2380		300
1	10.07.2001	40	8.7	33.67	0.81	2740		520
1	23.08.2001	0.5	13	4.7			69	3
1	23.08.2001	5	16.5	18.3	7.22		6	3
1	23.08.2001	10	14	27.6	6.69		43	82
1	23.08.2001	15	13	29.5	5.61		59	123
1	23.08.2001	20	11.7	30.5	5.15		72	182
1	23.08.2001	25	10.7	31.2	4.84		108	430
1	23.08.2001	30	10.2	31.5	4.49		170	430
1	23.08.2001	40	9.5	32.57	3.75		370	330
1	11.09.2001	0.5	10.5	1.7			87	7
1	11.09.2001	5	14	24.8	5.64		88	135
1	11.09.2001	10	12.2	30.5	4.73		131	260
1	11.09.2001	15	11	31.1	4.49		225	490
1	11.09.2001	20	10.1	32	3.47		290	670
1	11.09.2001	25	9.8	32.62	3.19		545	450
1	11.09.2001	30	9.2	33.05	2.07		745	234
1	11.09.2001	40	8.8	33.76	1.47		765	21
1	18.10.2001	0.5	9.7	11.4			65	17
1	18.10.2001	5	13.2	25.5	5.86			
1	18.10.2001	10	14.1	29.5	5.14		103	108
1	18.10.2001	15	13	30.6	2.78		620	400
1	18.10.2001	20	12.6	30.9	2.85		560	272
1	18.10.2001	25	12.3	31	2.74			
1	18.10.2001	30	11.8	31.3	1.67		905	640
1	18.10.2001	40	11	32.01	2.19		730	300
1	20.11.2001	0.5	4.5				105	23
1	20.11.2001	5	9.8		6.54		75	13
1	20.11.2001	10	10.6		1.64		1125	282
1	20.11.2001	15	11.1		0.63		1330	335
1	20.11.2001	20	10.2		1.78		1000	229
1	20.11.2001	25	9.5		2.38		735	256
1	20.11.2001	30	9.2		2.66		630	193
1	20.11.2001	40	8.7		2.8		540	97
1	11.12.2001	0.5	8.5	20.6			200	3

## NIVA 4562-2002

Stasjon	Dato	Dyp	Temperatur	Saltholdighet	O2	TotN	No3N	NH4N
1	11.12.2001	5	10.5	27.4	5		350	3
1	11.12.2001	10	11	29	7.13		400	12
1	11.12.2001	15	11.3	29.6	2.2		955	16
1	11.12.2001	20	10.9	32.3	1.22		1045	270
1	11.12.2001	25	10.4	32.75	2.45		825	260
1	11.12.2001	30	10.1	32.95	1.71		730	233
1	11.12.2001	40	9.8	33.18	2.51		610	270
2	25.06.2001	0.5	13	3.5		190		3
2	25.06.2001	5	14.7	9		1180		133
2	25.06.2001	10	9.6	31.5	5.18	1540		178
2	25.06.2001	15	8.4	33.95				
2	25.06.2001	20	8	34.65	2.31			
2	25.06.2001	25	7.7	34.8				
2	25.06.2001	30	6.8	34.84	3.15	760		40
2	25.06.2001	40	7.6	34.95	3.26	540		22
2	25.06.2001	45			3.47			
2	25.06.2001	50	7.5	34.93	3.75	405		11
2	25.06.2001	55	7.5	35.03	3.43			
2	25.06.2001	60	6.5	34.9	3.85	325		6
2	25.06.2001	70	7.6	35.1	3.96	325		6
2	25.06.2001	80	7.7	35.9	4.45	295		3
2	10.07.2001	0.5	13.5	5.6		200		26
2	10.07.2001	5	14.5	9.8				
2	10.07.2001	10	11.2	29	7.8	870		110
2	10.07.2001	15	9.8	31.8				
2	10.07.2001	20	9.4	32.3	6.29	565		79
2	10.07.2001	25	9.1	32.38				
2	10.07.2001	30	9.2	32.5	6.01	415		52
2	10.07.2001	40	9.2	33.82	1.09	1720		250
2	10.07.2001	45			1.97			
2	10.07.2001	50	9.3	33.92	1.9	2240		295
2	10.07.2001	55			2.14			
2	10.07.2001	60	9.3	34.15	2.78	1790		198
2	10.07.2001	70	9.8	34.19	2.67	1960		220
2	10.07.2001	80	9.7	34.1	3.02	1540		165
2	23.08.2001	0.5	12.9	5			67	3
2	23.08.2001	5	16.4	17.9				
2	23.08.2001	10	14.6	27.7	7.11		23	51
2	23.08.2001	15	13.1	29.6				
2	23.08.2001	20	11.4	30.9	5.36		57	136
2	23.08.2001	25	10.8	31.3				
2	23.08.2001	30	10.2	31.9	4.7		160	156
2	23.08.2001	40	9.8	32.45	5.08		180	76
2	23.08.2001	45			4			
2	23.08.2001	50	9.4	32.82	2.98		545	98
2	23.08.2001	55			2.7			
2	23.08.2001	60	9.6	32.9	0.88		870	18
2	23.08.2001	70	9.9	32.9	0.35		950	27
2	23.08.2001	80	10	33.72	0.11		970	58
2	11.09.2001	0.5	11.3	2.5			88	12
2	11.09.2001	5	14.2	25.7				
2	11.09.2001	10	12.9	30.5	5.36		91	149
2	11.09.2001	15	11.5	31				
2	11.09.2001	20	10.2	31.9	3.93		425	410

## NIVA 4562-2002

Stasjon	Dato	Dyp m	Temperatur °C	Saltholdighet	O2 mlO <sub>2</sub> /l	TotN µgN/l	No3N µgN/l	NH4N µgN/l
2	11.09.2001	25	9.8	32.5				
2	11.09.2001	30	9	33.16	3.15		525	3
2	11.09.2001	40	8.6	33.73	2.35		595	3
2	11.09.2001	45			1.26			
2	11.09.2001	50	8.3	34.06	0.39		875	3
2	11.09.2001	55			0.14			
2	11.09.2001	60	8.2	34.42	0.11		970	40
2	11.09.2001	70	7.9	34.93	0.7		835	3
2	11.09.2001	80	8	35.13	1.72		695	3
2	18.10.2001	0.5	9.5	8.2			73	3
2	18.10.2001	5	13.1	25.5			16	16
2	18.10.2001	10	14.4	28.8	5.69		61	87
2	18.10.2001	15	13.8	30.5				
2	18.10.2001	20	13.3	30.8	4.51		215	25
2	18.10.2001	25	13.1	31.2			575	192
2	18.10.2001	30	12	31.4	3.82		415	87
2	18.10.2001	40	11.3	32.11	2.64		640	170
2	18.10.2001	45			3.02			
2	18.10.2001	50	10.4	32.72	2.43		830	139
2	18.10.2001	55			2.29			
2	18.10.2001	60	9.8	32.86	2.5		880	81
2	18.10.2001	70	9.6	33.2	2.64		675	3
2	18.10.2001	80	9.3	33.3	2.29		655	3
2	20.11.2001	0.5	5.9				85	3
2	20.11.2001	5						
2	20.11.2001	10	11.9		1.15		1255	208
2	20.11.2001	15						
2	20.11.2001	20	10.5		2.9		810	3
2	20.11.2001	25						
2	20.11.2001	30	9.6		3.39		535	28
2	20.11.2001	40	9.2	33.376	3.81		305	3
2	20.11.2001	45			3.18			
2	20.11.2001	50	8.9		2.59		500	3
2	20.11.2001	55			2.03			
2	20.11.2001	60	8.4		1.05		750	3
2	20.11.2001	70	8.1		1.36		745	36
2	20.11.2001	80	7.9		1.4		665	3
2	11.12.2001	40		33.13				
Tyssedal	25.06.2001	0.5	13.2	4.3				
Tyssedal	25.06.2001	5	15.6	9				
Tyssedal	25.06.2001	10	9.6	32.77	5.64			
Tyssedal	25.06.2001	15	8.6	33.97	1.37			
Tyssedal	25.06.2001	20	8.4	34.85	2.31			
Tyssedal	25.06.2001	25	8	34.9	3.15			
Tyssedal	25.06.2001	30	7.8	34.95	3.96			
Tyssedal	25.06.2001	40	7.6	35.05	3.99			
Tyssedal	25.06.2001	50	7.6	35.1	3.75			
Tyssedal	25.06.2001	60	7.6	34.63	3.68			
Tyssedal	25.06.2001	70	7.5	35.15	4.13			
Tyssedal	25.06.2001	80	7.5	35.14	4.24			
Tyssedal	25.06.2001	100	9	35.6	4.2			
Tyssedal	10.07.2001	0.5	15	7.1				
Tyssedal	10.07.2001	5	14.6	9.4				

## NIVA 4562-2002

Stasjon	Dato	Dyp m	Temperatur °C	Saltholdighet	O2 mlO <sub>2</sub> /l	TotN µgN/l	No3N µgN/l	NH4N µgN/l
Tyssedal	10.07.2001	10	12	27.7	9.11			
Tyssedal	10.07.2001	15	10.4	31.5	7.7			
Tyssedal	10.07.2001	20	9.9	32.14	7.03			
Tyssedal	10.07.2001	25	9.3	32.56	6.95			
Tyssedal	10.07.2001	30	8.8	32.92	5.66			
Tyssedal	10.07.2001	40	8.6	33.56	1.37			
Tyssedal	10.07.2001	50	8.2	34.52	2.07			
Tyssedal	10.07.2001	60	8.1	34.74	2.64			
Tyssedal	10.07.2001	70	8	34.75	2.78			
Tyssedal	10.07.2001	80	8	34.78	3.27			
Tyssedal	10.07.2001	100	10.5	35.5	3.69			
Tyssedal	23.08.2001	0.5	13.8	5.5				
Tyssedal	23.08.2001	5	16.2	17.3				
Tyssedal	23.08.2001	10	14.9	28.9	7.89			
Tyssedal	23.08.2001	15	13.1	29	6.69			
Tyssedal	23.08.2001	20	11.8	30.5	5.61			
Tyssedal	23.08.2001	25	11	30.8	5.82			
Tyssedal	23.08.2001	30	10.4	31	5.33			
Tyssedal	23.08.2001	40	10.1	32.8	5.4			
Tyssedal	23.08.2001	50	9	32.9	3.86			
Tyssedal	23.08.2001	60	9.1	33.1	1.51			
Tyssedal	23.08.2001	70	9	33.78	0.53			
Tyssedal	23.08.2001	80	8.2	33.94	0.21			
Tyssedal	23.08.2001	100	9.7	34.52	1.68			
Tyssedal	11.09.2001	0.5	11.2	3.8				
Tyssedal	11.09.2001	5	14.1	25.1				
Tyssedal	11.09.2001	10	13.1	30.5	5.89			
Tyssedal	11.09.2001	15	11.4	31.6	4.52			
Tyssedal	11.09.2001	20	10.9	31.8	3.93			
Tyssedal	11.09.2001	25	10.1	32.4	4.77			
Tyssedal	11.09.2001	30	9.4	32.95	4.1			
Tyssedal	11.09.2001	40	8.8	33.5	2.03			
Tyssedal	11.09.2001	50	8.5	34	1.02			
Tyssedal	11.09.2001	60	8.1	34.44	0.14			
Tyssedal	11.09.2001	70	8.1	34.94	1.23			
Tyssedal	11.09.2001	80	8	35.16	2.17			
Tyssedal	11.09.2001	100	8.8	35.4	2.84			
Tyssedal	18.10.2001	0.5	9.5	10.5				
Tyssedal	18.10.2001	5	13.1	25.4				
Tyssedal	18.10.2001	10	14.3	28.6	5.73			
Tyssedal	18.10.2001	15	14.1	30	5.07			
Tyssedal	18.10.2001	20	13.9	30.9	4.89			
Tyssedal	18.10.2001	25	13.2	31.5	4.55			
Tyssedal	18.10.2001	30	13	31.3	4.37			
Tyssedal	18.10.2001	40	11.8	32.18	3.75			
Tyssedal	18.10.2001	50	10.6	32.65	3.54			
Tyssedal	18.10.2001	60	9.7	32.7	4.09			
Tyssedal	18.10.2001	70	9.8	33.08	3.33			
Tyssedal	18.10.2001	80	9.5	33.36	2.12			
Tyssedal	18.10.2001	100	8.2	33.52	0.56			
Tyssedal	20.11.2001	0.5	6.3					
Tyssedal	20.11.2001	5						
Tyssedal	20.11.2001	10	11.9		2.24			
Tyssedal	20.11.2001	15	11.5		1.64			

## NIVA 4562-2002

Stasjon	Dato	Dyp m	Temperatur °C	Saltholdighet	O2 mlO <sub>2</sub> /l	TotN µgN/l	No3N µgN/l	NH4N µgN/l
Tyssedal	20.11.2001	20	10.7		3.15			
Tyssedal	20.11.2001	25	10.1		3.6			
Tyssedal	20.11.2001	30	9.6		3.43			
Tyssedal	20.11.2001	40	9.4		3.95			
Tyssedal	20.11.2001	50	9.2		2.66			
Tyssedal	20.11.2001	60	8.7		1.75			
Tyssedal	20.11.2001	70	8.3		1.22			
Tyssedal	20.11.2001	80	8.3		1.92			
Tyssedal	20.11.2001	100	8		2.45			

## Vedlegg C. Data for TSM og metaller i overflatevann

### Urdheim

Dato	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	TSM mg/l
16.01.2001	2,0	0,190	7,9	0,040	0,33	30,8	9,8	0,80
20.02.2001	1,5	0,081	3,9	0,040	0,35	27,8	5,8	0,60
20.03.2001	<1	0,140	6,7	0,067	0,37	27,2	3,7	1,00
24.04.2001	1,5	0,170	5,8	0,089	0,64	25,0	7,6	1,20
22.05.2001	1,5	0,091	3,0	0,040	0,45	19,5	10,6	0,80
19.06.2001	<1	0,130	3,0	0,046	0,36	11,6	17,0	1,80
10.07.2001	<1	0,057	2,4	0,028	0,27	14,0	17,8	2,20
22.08.2001	1,5	0,210	3,7	0,045	0,35	10,9	16,6	1,40
11.09.2001	<1	0,130	6,8	0,049	0,36	9,8	13,5	2,20
18.10.2001	<1	0,120	3,0	0,070	0,40	21,0	11,6	2,00
23.11.2001	1,5	0,170	10,2	0,170	0,45		4,9	0,20
11.12.2001	1,0	0,240	9,7	0,110	0,44	14,2	7,5	0,28
<b>Årsgjennom snitt</b>	<b>0,8</b>	<b>0,137</b>	<b>5,5</b>	<b>0,063</b>	<b>0,40</b>	<b>19,25</b>	<b>10,53</b>	<b>1,21</b>

### Børve

Dato	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	TSM mg/l
16.01.2001	1,0	0,310	7,9	0,040	0,33	30,2	9,8	0,20
20.02.2001	3,0	0,170	7,0	0,060	0,39	28,8	6,2	0,20
20.03.2001	<1	0,160	8,9	0,077	0,40	25,1	3,3	0,40
24.04.2001	1,0	0,210	5,7	0,087	0,42	25,6	7,8	0,40
22.05.2001	1,5	0,120	3,5	0,046	0,37	17,4	11,0	0,60
19.06.2001	1,5	0,140	3,6	0,059	0,34	11,5	17,5	3,40
10.07.2001	<1	0,140	3,6	0,037	0,28	9,8	17,6	1,40
22.08.2001	1,0	0,230	3,7	0,053	0,33	12,0	17,0	0,60
11.09.2001	<1	0,190	9,4	0,069	0,36	7,4	12,2	1,80
18.10.2001	<1	0,380	9,9	0,092	0,44	14,1	9,3	2,00
23.11.2001	2,5	0,180	11,5	0,220	0,41		5,6	0,60
11.12.2001	<1	0,310	10,0	0,140	0,67	21,9	7,9	0,19
<b>Årsgjennom snitt</b>	<b>1,0</b>	<b>0,212</b>	<b>7,0</b>	<b>0,082</b>	<b>0,40</b>	<b>18,53</b>	<b>10,43</b>	<b>0,98</b>



**Digraneset**

<b>Dato</b>	<b>Hg ng/l</b>	<b>Pb µg/l</b>	<b>Zn µg/l</b>	<b>Cd µg/l</b>	<b>Cu µg/l</b>	<b>Sal. o/oo</b>	<b>Temp. °C</b>	<b>TSM mg/l</b>
16.01.2001	3,0	0,580	25,4	0,130	0,44	28,2	9,5	0,20
20.02.2001	4,5	0,340	11,7	0,130	0,38	23,0	6,0	0,20
20.03.2001	1,0	0,250	10,0	0,092	0,41	20,8	3,1	0,40
24.04.2001	1,5	0,250	5,6	0,079	0,38	27,8	7,2	0,60
22.05.2001	2,5	0,180	4,8	0,055	0,48	13,5	10,2	0,20
19.06.2001	2,0	0,250	5,3	0,053	0,32	5,5	15,7	1,00
10.07.2001	<1	0,230	4,0	0,041	0,33	6,9	17,0	1,60
22.08.2001	1,5	0,450	5,9	0,056	0,38	5,9	14,3	1,20
11.09.2001	2,5	0,490	11,0	0,076	0,36	3,1	11,2	1,60
18.10.2001	2,0	0,340	9,5	0,210	0,43	12,6	9,4	2,00
23.11.2001	2,0	0,250	15,1	0,320	0,48		6,7	0,80
11.12.2001	1,0	0,420	11,2	0,150	0,69	21,3	6,8	0,28
<b>Årsgjennom snitt</b>	<b>2,0</b>	<b>0,336</b>	<b>10,0</b>	<b>0,116</b>	<b>0,42</b>	<b>15,33</b>	<b>9,76</b>	<b>0,84</b>

**Tyssedal**

<b>Dato</b>	<b>Hg ng/l</b>	<b>Pb µg/l</b>	<b>Zn µg/l</b>	<b>Cd µg/l</b>	<b>Cu µg/l</b>	<b>Sal. o/oo</b>	<b>Temp. °C</b>	<b>TSM mg/l</b>
16.01.2001	5,0	0,580	28,0	0,190	0,53	31,0	9,8	0,20
20.02.2001	7,5	0,240	13,8	0,220	0,39	21,6	5,5	0,20
20.03.2001	2,5	0,440	16,9	0,180	0,48	21,7	3,3	0,60
24.04.2001	3,0	0,510	11,3	0,160	0,41	25,4	7,5	0,60
22.05.2001	3,5	0,230	6,3	0,580	0,45	9,6	10,0	0,20
19.06.2001	2,0	0,280	5,3	0,049	0,36	3,8	13,3	1,40
10.07.2001	<1	0,380	8,2	0,092	0,33	7,1	15,0	3,40
22.08.2001	1,5	0,480	7,8	0,060	0,34	5,5	13,8	2,20
11.09.2001	2,0	0,490	11,4	0,069	0,38	3,8	11,2	2,20
18.10.2001	1,5	0,320	8,5	0,230	0,62	10,5	9,5	1,00
23.11.2001	4,0	0,320	35,5	0,820	0,58		6,3	0,40
11.12.2001	1,5	0,370	10,3	0,096	0,46	13,5	7,8	0,19
<b>Årsgjennom snitt</b>	<b>2,8</b>	<b>0,387</b>	<b>13,6</b>	<b>0,229</b>	<b>0,44</b>	<b>13,95</b>	<b>9,42</b>	<b>1,05</b>

**Lindenes****Dato**

	<b>Hg</b> <b>ng/l</b>	<b>Pb</b> <b>µg/l</b>	<b>Zn</b> <b>µg/l</b>	<b>Cd</b> <b>µg/l</b>	<b>Cu</b> <b>µg/l</b>	<b>Sal.</b> <b>o/oo</b>	<b>Temp.</b> <b>°C</b>	<b>TSM</b> <b>mg/l</b>
16.01.2001	18,5	1,680	49,4	0,740	0,77	30,8	9,8	0,60
20.02.2001	7,5	0,310	26,2	0,460	0,54	21,2	5,8	1,00
20.03.2001	3,0	0,460	16,6	0,180	0,45	21,9	3,5	0,60
24.04.2001	2,5	0,510	9,2	0,150	0,40	29,2	7,6	1,60
22.05.2001	4,5	0,240	7,3	0,061	0,38	5,3	8,4	0,20
19.06.2001	2,0	0,300	6,6	0,057	0,34	3,5	13,0	1,80
10.07.2001	<1	0,460	9,7	0,096	0,33	5,6	13,5	3,00
22.08.2001	1,5	0,520	5,3	0,055	0,36	5,0	12,9	2,80
11.09.2001	1,5	0,510	8,5	0,053	0,37	2,5	11,3	2,00
18.10.2001	<1	0,410	8,1	0,140	0,43	8,2	9,5	1,60
23.11.2001	5,0	0,430	53,4	1,200	0,69		5,9	0,20
11.12.2001	1,5	0,350	8,3	0,085	0,40	17,5	7,8	0,19
<b>Årsgjennom snitt</b>	<b>4,0</b>	<b>0,515</b>	<b>17,4</b>	<b>0,273</b>	<b>0,46</b>	<b>13,70</b>	<b>9,08</b>	<b>1,30</b>

**Eitrheim****Øst****Dato**

	<b>Hg</b> <b>ng/l</b>	<b>Pb</b> <b>µg/l</b>	<b>Zn</b> <b>µg/l</b>	<b>Cd</b> <b>µg/l</b>	<b>Cu</b> <b>µg/l</b>	<b>Sal.</b> <b>o/oo</b>	<b>Temp.</b> <b>°C</b>	<b>TSM</b> <b>mg/l</b>
16.01.2001	6,0	1,040	34,9	0,280	0,72	31,0	9,0	0,20
20.02.2001	6,0	0,290	21,9	0,410	0,50	18,8	5,0	0,60
20.03.2001	2,5	0,450	18,0	0,180	0,52	21,0	3,5	2,20
24.04.2001	5,0	0,620	11,1	0,220	0,54	28,9	7,8	1,60
22.05.2001	3,5	0,230	4,9	0,054	0,36	6,1	8,2	0,20
19.06.2001	2,0	0,280	6,0	0,047	0,33	3,0	12,8	3,20
10.07.2001	<1	0,480	8,6	0,089	0,33	5,1	13,4	2,20
22.08.2001	1,5	0,550	6,1	0,052	0,34	5,6	13,2	2,40
11.09.2001	1,0	0,430	7,5	0,049	0,34	1,6	10,0	3,00
18.10.2001	<1	0,320	5,0	0,120	0,35	10,4	9,7	1,40
23.11.2001	4,5	0,510	63,4	1,370	0,70		3,8	0,20
11.12.2001	1,0	0,420	8,7	0,098	0,48	12,8	6,6	0,19
<b>Årsgjennom snitt</b>	<b>2,8</b>	<b>0,468</b>	<b>16,3</b>	<b>0,247</b>	<b>0,46</b>	<b>13,12</b>	<b>8,58</b>	<b>1,45</b>

**Eitrheim  
Sør  
Dato**

	<b>Hg</b> <b>ng/l</b>	<b>Pb</b> <b>µg/l</b>	<b>Zn</b> <b>µg/l</b>	<b>Cd</b> <b>µg/l</b>	<b>Cu</b> <b>µg/l</b>	<b>Sal.</b> <b>o/oo</b>	<b>Temp.</b> <b>°C</b>	<b>TSM</b> <b>mg/l</b>
16.01.2001	35,0	2,440	83,7	2,310	0,97	28,0	9,0	0,40
20.02.2001	8,0	0,320	22,4	0,430	0,48	21,0	6,0	0,40
20.03.2001	3,0	0,530	30,9	0,220	0,55	22,1	4,0	1,00
24.04.2001	5,5	0,630	11,3	0,230	0,64	28,7	7,8	1,20
22.05.2001	2,5	0,220	5,2	0,057	0,42	5,3	7,9	0,40
19.06.2001	2,0	0,280	6,3	0,044	0,30	2,4	12,5	1,00
10.07.2001	2,0	0,490	10,2	0,110	0,35	5,0	13,3	2,80
22.08.2001	1,0	0,530	6,6	0,066	0,35	4,9	13,0	2,20
11.09.2001	2,0	0,410	6,3	0,046	0,35	1,5	10,2	2,20
18.10.2001	1,5	0,460	9,4	0,180	0,40	10,2	9,6	1,40
23.11.2001	4,5	0,390	43,1	0,950	0,65		6,9	0,20
11.12.2001	8,0	0,460	10,6	0,100	0,48	14,2	7,5	0,65
<b>Årsgjennom snitt</b>	<b>6,3</b>	<b>0,597</b>	<b>20,5</b>	<b>0,395</b>	<b>0,50</b>	<b>13,03</b>	<b>8,98</b>	<b>1,15</b>

**Havnebasse  
nget  
Dato**

	<b>Hg</b> <b>ng/l</b>	<b>Pb</b> <b>µg/l</b>	<b>Zn</b> <b>µg/l</b>	<b>Cd</b> <b>µg/l</b>	<b>Cu</b> <b>µg/l</b>	<b>Sal.</b> <b>o/oo</b>	<b>Temp.</b> <b>°C</b>	<b>TSM</b> <b>mg/l</b>
16.01.2001	7,0	0,880	30,1	0,100	0,83	31,2	9,0	0,40
20.02.2001	6,0	0,330	23,7	0,440	0,52	19,2	5,9	1,00
20.03.2001	2,5	0,490	20,2	0,190	0,50	20,5	3,6	0,80
24.04.2001	5,5	0,640	11,5	0,210	0,64	27,8	7,8	0,80
22.05.2001	2,5	0,250	4,5	0,054	0,36	5,8	8,1	0,20
19.06.2001	2,5	0,340	6,0	0,052	0,34	3,5	12,7	2,20
10.07.2001	<1	0,480	8,3	0,090	0,36	5,0	13,3	4,20
22.08.2001	1,0	0,410	4,4	0,035	0,33	4,3	13,0	2,60
11.09.2001	1,5	0,410	6,4	0,041	0,34	1,7	10,5	3,20
18.10.2001	2,0	0,230	2,9	0,200	0,33	11,4	9,7	1,60
23.11.2001	4,0	0,340	39,2	0,880	0,62		4,5	0,60
11.12.2001	3,5	0,500	10,3	0,093	0,51	20,6	8,5	0,56
<b>Årsgjennom snitt</b>	<b>3,2</b>	<b>0,442</b>	<b>13,9</b>	<b>0,199</b>	<b>0,47</b>	<b>13,73</b>	<b>8,88</b>	<b>1,51</b>

**Eitrheimsvå  
gen  
Dato**

	<b>Hg</b> <b>ng/l</b>	<b>Pb</b> <b>µg/l</b>	<b>Zn</b> <b>µg/l</b>	<b>Cd</b> <b>µg/l</b>	<b>Cu</b> <b>µg/l</b>	<b>Sal.</b> <b>o/oo</b>	<b>Temp.</b> <b>°C</b>	<b>TSM</b> <b>mg/l</b>
16.01.2001	231,0	9,350	350,0	8,700	2,71	30,0	9,0	0,40
20.02.2001	16,0	0,820	52,2	1,080	0,59	23,7	6,0	0,40
20.03.2001	5,5	0,740	36,7	0,230	0,56	21,0	3,5	0,20
24.04.2001	16,0	1,390	29,0	0,590	0,64	23,4	7,7	0,60
22.05.2001	3,5	0,200	3,9	0,048	0,35	4,3	7,8	0,20
19.06.2001	2,5	0,810	7,8	0,066	0,41	2,6	12,6	1,60
10.07.2001	2,0	0,49	10,2	0,120	0,34	5,6	13,6	2,80
22.08.2001	1	0,61	8,1	0,078	0,36	4,7	12,8	0,80
11.09.2001	<1	0,89	14,9	0,067	0,41	1,6	10,1	2,20
18.10.2001	3	0,92	36,4	0,380	0,47	9,2	9,3	1,20
23.11.2001	28,5	1,31	130	2,790	1,17		6,2	0,80
11.12.2001	7	1,02	16,1	0,190	0,82	15,5	7,7	0,75
<b>Årsgjennom snitt</b>	<b>26,3</b>	<b>1,546</b>	<b>57,9</b>	<b>1,195</b>	<b>0,74</b>	<b>12,87</b>	<b>8,86</b>	<b>1,00</b>

**Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo  
Besøksradresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: postmottak@sft.no

Internett: www.sft.no

Utførende institusjon Norsk institutt for vannforskning	Kontaktperson SFT <b>Bjørn A. Christensen</b>	ISBN-nummer 82-577-4217-1
------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------	------------------------------

	Avdeling i SFT <b>Næringslivsavdelingen</b>	TA-nummer <b>1896/2002</b>
Oppdragstakers prosjektansvarlig Jens Skei	År 2002	Sidetall <b>51</b>
		SFTs kontraktnummer

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport <b>4562-2002</b>	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn Outokumpu-Norzink A/S Odda Smelteverk Tinfos Titan & Iron K/S Odda kommune Ullensvang kommune
-------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Forfattere Jarle Molvær, Aud Helland, Merete Schøyen
Tittel Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden. Metaller, oksygen, nitrogen og vannutskifting i 2001  Monitoring of environmental quality in the Sørfjord. Metals, oxygen, nitrogen and water replacement in 2001.
Sammendrag Rapporten beskriver resultatene fra det statlige overvåkingsprogrammet i Sørfjorden i 2001. Periodevis ble det funnet svært dårlige oksygenforhold fra havnebassenget og ut til Tyssedal. Sannsynligvis strakk problemene seg ut til Digranes, dvs. en strekning på 10-15 km og omfattet en vannmasse på 30-50 m tykkelse. Utslippet av nitrogenholdig dicykalk fra Odda Smelteverk er hovedårsaken til problemet. En undersøkelse av vannutskiftingen viser at oksygenforbruket jevnt over er større en den tilførselen av oksygen som tidevannet bidrar med. Med unntak for bly var det totale utslippet av metaller til fjorden mindre i 2001 enn i 2000. For kvikksølv ser det ut til at oppsamlingssystemet for dremsvann ved Norzink har redusert utslippet, men situasjonen preges fortsatt av periodevis høye konsentrasjoner pga. uhellsutslipp. Med unntak for kadmium er det en sterk samvariasjon mellom konsentrasjonene for alle metaller. Dette kan skyldes at i større grad enn for andre metaller dominerer de diffuse utslippene av kadmium over prosessutslippene. Resultatene viser at metallkonsentrasjonen i fjordens overflatelag avtar med økende ferskvannstilførsel til fjorden.

4 emneord Overvåking Sørfjorden Metaller Oksygen	4 subject words Monitoring Sørfjord Metals Oxygen
--------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------

