



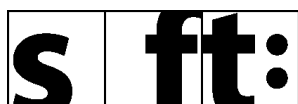
Statlig program for forurensningsovervåking

Metaller i vannmassene  
Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene  
Miljøgifter i organismer

# OVERVÅKING AV MILJØFORHOLDENE I SØRFJORDEN 2008

1049

2009





**Statlig program for forurensningsovervåking**

SPFO-rapport: 1049/09  
TA-2519/2009  
ISBN 978-82-577-5543-0

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)  
Utførende institusjon: NIVA

: **Overvåking av miljøforholdene i  
Sørfjorden 2008**

Rapport  
1049/2009

Metaller i vannmassene  
Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene  
Miljøgifter i organismer



Prosjektleder: Anders Ruus

Forfattere: Anders Ruus, Jens Skei, Jarle Molvær, Norman Green, Merete Schøyen



## Forord

Overvåkingen av miljøtilstanden i Sørfjorden gjennomføres i samarbeid med Hardanger miljøsentre (Alex Stewart Environmental Services A/S), som ved Gunnvor Dagestad, Arild Moe, Frode Høyland og Synnøve Underdal har vært ansvarlig for innsamling av vannprøver og blåskjell, samt deler av analysene.

Undersøkelsene foretas innen rammen av Statlig program for forurensningsovervåking, administrert av Statens forurensningstilsyn (SFT). Foruten ved SFT finansieres overvåkingen av Boliden Odda AS, Tinfos Titan & Iron K/S, Tyssefaldene A/S og kommunene Odda og Ullensvang, etter følgende fordeling:

Boliden Odda AS: 31,4 %  
Statens forurensningstilsyn (SFT): 36,1 %  
Tinfos Titan & Iron K/S (TTI): 10,3 %  
AS Tyssefaldene: 3,1 %  
Odda kommune: 16,5 %  
Ullensvang herad: 2,6 %

Rapporten inkluderer data fra *Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP, tidligere Joint Assessment and Monitoring Programme, JAMP)* under Oslo/Paris kommisjonen (OSPAR), utført av NIVA under kontrakt fra SFT.

Undersøkelsen er et ledd i et langsiktig overvåkingsprogram for vann, sedimenter og organismer. Det statlige overvåkingsprogrammet i Sørfjorden startet i 1979.

Den foreliggende rapporten presenterer resultater fra overvåkingen av metaller i vannmassene og oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene, samt miljøgifter i organismer i 2008.

2008 er andre året av et nytt langtidsprogram for overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden (2007-2011). NIVA gjennomfører denne overvåkingen i samarbeid med Hardanger miljøsentre. Overvåkingen skal bygge på tidligere overvåkingsaktivitet, slik at nye data kan sammenlignes med de lange tidsserier av data som foreligger for Sørfjorden. Det er imidlertid noen forandringer og tilleggselementer i det nye overvåkingsprogrammet.

Analysene av miljøgifter har vært utført ved NIVAs analyselaboratorium, med unntak av dioksiner og dioksinlignende PCB (i torsk, filet), som ble analysert av Norsk institutt for Luftforskning (NILU). Blåskjellprøvene er opparbeidet av Merete Schøyen, som også har hatt ansvaret for tilrettelegging av de vannkjemiske dataene. Jens Skei har ledet den vannkjemiske overvåkingen og Jarle Molvær har vurdert og rapportert resultater fra overvåkingen av oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene.

Alle involverte takkes for innsatsen. Rapporten er forfattet av Anders Ruus, Jens Skei, Jarle Molvær, Norman W. Green og Merete Schøyen. Prosjektleder for overvåkingen i Sørfjorden er Anders Ruus.

Oslo, juni 2009

Anders Ruus



## Innhold:

<b>1.</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>9</b>
<b>2.</b>	<b>Summary</b> .....	<b>11</b>
<b>3.</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>13</b>
3.1	Topografi.....	13
3.2	Bakgrunn og formål .....	14
<b>4.</b>	<b>Materiale og metoder</b> .....	<b>17</b>
4.1	Vannprøvetaking og analyser (metaller).....	17
4.2	Feltarbeid og metoder (oksygen, nitrogen og fosfor) .....	17
4.3	Innsamling og analyser av organismer.....	18
<b>5.</b>	<b>Resultater og diskusjon</b> .....	<b>22</b>
5.1	Vannkjemi .....	22
5.1.1	Saltholdighet .....	22
5.1.2	Siktedyp .....	23
5.1.3	Metaller .....	23
5.2	Sammenfattende vurderinger av metaller i vannmassene .....	30
5.2.1	Kilder og konsekvenser.....	30
5.2.2	Metaller i overflatevannet og endringer over tid.....	31
5.3	Nitrogen, oksygen og fosfor i vannmassene .....	32
5.3.1	Ferskvannstilførsel og saltholdighet .....	32
5.3.2	Nitrogen .....	33
5.3.3	Oksygen .....	36
5.3.4	Fosfor .....	40
5.4	Miljøgifter i organismer .....	43
5.4.1	Metaller i fisk .....	43
5.4.2	Metaller i blåskjell .....	47
5.4.3	Halogenerte stoffer i fisk.....	60
5.4.4	Klororganiske stoffer i blåskjell.....	69
<b>6.</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>78</b>



## 1. Sammendrag

Overvåkingen av Sørfjorden i 2008 representerer andre året i et nytt langtidsprogram (2007-2011), men er samtidig en videreføring av tidligere overvåking. Den har som mål å fastslå dagens forurensningssituasjon og vurdere denne i forhold til de tiltak som er gjort. Videre skal overvåkingen fange opp eventuelle irregulære tilførsler og behov for nye tiltak. Overvåkingen bidrar også med et faglig underlag for Mattilsynet, som trenger miljøgiftdata for å vurdere/revurdere kostholdsrad.

Foreliggende rapport gir en beskrivelse av vannkvalitet og miljøgifter i blåskjell og fisk.

Resultatene av overvåkingen 2008 kan i korthet oppsummeres slik:

### Metaller i vannmassene:

- Gjennomsnittsverdiene for metaller i overflatevannet var nokså lik verdiene for 2007
- Nivåene av kadmium og kvikksølv var i tilstandsklasse "god" (II) i overflatevannet i hele fjorden. Ved ett tilfelle (august) ble det målt et høyt nivå av kvikksølv (10,5 ng/l) i Eitrheimsvågen
- Mye tyder på at tidspunkt for utpumping av vann som er oppsamlet bak spuntveggen i vågen, er utslagsgivende for nivåene av sink og bly i overflatevannet ut til Tyssedal (se eksempelvis mars)
- Ved intermediære dyp og i dypvannet var det periodevis betydelig høyere nivåer av metaller enn i overflatevannet. Dette kan skyldes eksisterende dypvannsutslipp fra Boliden og/eller lang oppholdstid av vannmassene sammenlignet med overflatevannet
- I løpet av perioden 2000-2008 har nivåene av sink i overflatelaget stabilisert seg på et nivå tilsvarende tilstandsklasse III (moderat) ved Digraneset og i overgangen tilstandsklasse III og IV (dårlig) ved Lindeneset.

### Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene:

- I 2008 var nitratkonsentrasjonen som gjennomsnitt den laveste siden 2000 både i Havnebassenget og ved Lindenes. Dette viser at den positive utviklingen med avtakende utlekking av nitrogen fra sedimentene fortsetter.
- En svak negativ sammenheng (negativ korrelasjon) ble observert mellom oksygen og nitrat i vannmassene. Dette tyder på et merkbart oksygenforbruk pga. utlekking av nitrogen fra bunnsedimentene i havnebassenget. Ved de nitratnivåene som måles nå vil imidlertid betydningen av en varierende vannfornyelse i hovedsak prege bildet.
- Målingene av oksygen i vannmassene tyder på fortsatt noe oksygenforbruk pga. fortsatt utlekking av dicyandiamid fra store hauger av dicykalk på bunnen av havnebassenget. Hovedinntrykket er imidlertid en stor forbedring i oksygenforholdene etter at utslippet av oksygenforbrukende stoffer fra Odda smelteverk stoppet høsten 2002.
- Konsentrasjonen av fosfor i vannmassene har vært ganske stabil både i Havnebassenget og ved Lindenes i tidsrommet 2005-2008.



## Miljøgifter i organismer:

### *Metaller i fisk*

- Gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i torsk fra Sørfjorden tilsvarte Kl. II (moderat forurenset) i SFTs klassifiseringssystem.

### *Metaller i blåskjell*

- Analysene av blåskjell viste ingen overskridelser av Kl. I (lite/ubetydelig forurenset) for kobber og sink.
- Kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell viste opp til moderat forurensning (Kl. II).
- Analysene av kadmium i blåskjell viste ubetydelig/lite (Kl. I) til moderat (Kl. II) grad av forurensning (markert forurensning, Kl. III, i skjell samlet innenfor det overlappende overvåkingsprogrammet *CEMP* ved Kvalnes). På enkelte stasjoner var konsentrasjonene de laveste som er observert siden starten av tidsserien.
- Analysene av bly viste ubetydelig/lite (Kl. I; kun ved Utne) til markert (Kl. III) grad av forurensning.

### *Halogenerte stoffer i fisk*

- Den gjennomsnittlige  $\Sigma\text{PCB}_7$ -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte Klasse I (lite/ubetydelig forurenset). Den individuelle variasjonen var imidlertid stor. Filet av torsk var moderat (Kl. II) forurenset med PCB.
- Summen av toksiske ekvivalenter for dioksiner og furaner ( $\text{TE}_{\text{PCDF/D}}$ ) i filet av torsk fra Sørfjorden tilsvarte Klasse II (moderat forurensning). Konsentrasjoner av dioksinlignende PCB (non-ortho), uttrykt som toksiske ekvivalenter ( $\text{TE}_{\text{n.o.-PCB}}$ ) var imidlertid høyere enn for dioksiner og furaner.
- Den gjennomsnittlige  $\Sigma\text{DDT}$ -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte Klasse I (lite/ubetydelig forurenset). Filet av torsk var moderat (Kl. II) forurenset med  $\Sigma\text{DDT}$ .
- Vanlige, lave konsentrasjoner av klororganiske forbindelser ble funnet i fisk fra Strandebarm (torsk var ubetydelig/lite forurenset; Kl. I, med unntak av  $\Sigma\text{DDT}$  som representerte Kl. II, moderat forurenset, i lever).

### *Klororganiske stoffer i blåskjell*

- Konsentrasjoner av  $\Sigma\text{DDT}$  i blåskjell viste opp til meget sterkt forurensning (Kl. V) ved Utne og ved Kvalnes (sistnevnte i skjell samlet innenfor *CEMP*). På de øvrige stasjoner ble konsentrasjoner tilsvarende Klasse II (moderat forurenset) til Klasse IV (sterkt forurenset) observert.
- Det var forholdsvis stor variasjon i konsentrasjoner av  $\Sigma\text{DDT}$  i replikate prøver av skjell fra Utne, som indikerer at stasjonen i varierende grad blir påvirket av DDT-forbindelser avhengig av lokale forhold.
- Blåskjell fra Tyssedal var moderat (Kl. II) forurenset med  $\Sigma\text{PCB}_7$ . På alle andre stasjoner i Sørfjorden var skjellene lite/ubetydelig forurenset (Kl. I).

## 2. Summary

The Monitoring of the Sørfjord in 2008 represent the second year in a new long-term program (2007-2011), but is at the same time a continuance of the previous monitoring. This monitoring has the objective of demonstrating the present environmental status and assessing this in relation to the remedial actions done in the area. Furthermore, the monitoring has the aim of detecting possible irregular discharges and needs for further remedial actions. The monitoring also produces a foundation for the Norwegian Food Safety Authority in their work of evaluating the edibility of fish and shellfish.

The present report gives a description of water quality and the content of contaminants in blue mussels and fish.

The results of the 2008 monitoring may in short be summarised as follows:

### Metals in water:

- The average values of metals in the surface water were comparable with the levels measured in 2007
- The levels of cadmium and mercury corresponded to water quality class II (good) in the surface water of the entire fjord. On one occasion (August) elevated levels of mercury (10,5 ng/l) was measured in Eitrheimsvågen
- It appears that the timing of pumping of contaminated water accumulated behind the piled wall at the head of Eitrheimsvågen and into the sea determines the level of contamination in the bay and the surrounding water (up to Tyssdal) (see results from March)
- At intermediate depths and in the deep water of Sørfjorden periodically higher levels of metals were detected compared with the surface water. It is assumed that this is caused by a deep water discharge from the Boliden zinc plant and /or a longer residence time of the deep water compared to the surface water
- During the period 2000-2008 the levels of zinc in the surface water has been rather stable since 2002, corresponding to water quality class III (moderate) at Digraneset and in the transition zone between class III and IV (poor) at Lindeneset.

### Oxygen, nitrogen and phosphorus in water:

- In 2008, the average concentration of nitrate was the lowest observed since 2000, both in the harbour basin and at Lindenes. This shows that the positive trend with decreasing leaching of nitrogen from the sediments continues.
- A weak negative correlation was observed between oxygen and nitrate in the water column. This indicates some oxygen consumption due to leaching of nitrogen from the bottom sediments in the harbour basin. At the nitrate-levels currently measured, the water exchange will be of importance.
- The measurements of oxygen in the water column indicate still some oxygen consumption because of leaching of dicyanamide from piles of dicy at the bottom of the harbour basin. A great improvement can, however, be observed from 2002 to 2004, when the production at Odda smelteverk was discontinued.
- Regarding phosphorus in the water column, the concentration has been fairly stable both in the harbour basin and at Lindenes from 2005 to 2008.

Contaminants in organisms:*Metals in fish*

- The average concentration of mercury in cod from the Sør fjord corresponded to Class II (moderately polluted) in the classification system of the Norwegian Pollution Control Authority (SFT).

*Metals in blue mussel*

- Metal analyses of blue mussels showed no excess of Class I (insignificantly/slightly polluted) for copper and zinc.
- The mercury concentration in blue mussels showed up to moderate pollution (Class II).
- Analyses of cadmium in blue mussels showed insignificant/slight (Class I) pollution to moderate (Class II) degree of pollution (marked pollution, Class III, in mussels at Kvalnes collected within the overlapping monitoring programme *CEMP*). At some stations, the concentrations were the lowest observed since the beginning of the time series.
- Analyses of lead in blue mussels showed insignificant/slight (Class I; only at Utne) to marked (Class III) degree of pollution.

*Halogenated compounds in fish*

- The average  $\Sigma\text{PCB}_7$ -concentration in cod liver from the Sør fjord represented Class I (insignificantly/slightly polluted). The individual variation was, however, large. Fillet of cod was moderately (Class II) polluted with PCBs.
- The sum of toxic equivalents for dioxines and furanes ( $\text{TEQ}_{\text{PCDF/D}}$ ) in fillet of cod from the Sør fjord corresponded to Class II (moderately polluted). Concentrations of dioxin like (non-ortho) PCBs, expressed as toxic equivalents ( $\text{TEQ}_{\text{n.o.-PCBs}}$ ) were, however, higher than for dioxines and furanes.
- The average  $\Sigma\text{DDT}$ -concentration in cod liver from the Sør fjord represented Class I (insignificantly/slightly polluted). Fillet of cod was moderately (Class II) polluted with  $\Sigma\text{DDT}$ .
- Usual low concentrations of organochlorines were found in fish from Strandebarm (cod was insignificantly/slightly polluted; Class I, with the exception of  $\Sigma\text{DDT}$  in liver, which represented Class II, moderately polluted).

*Organochlorines in blue mussel:*

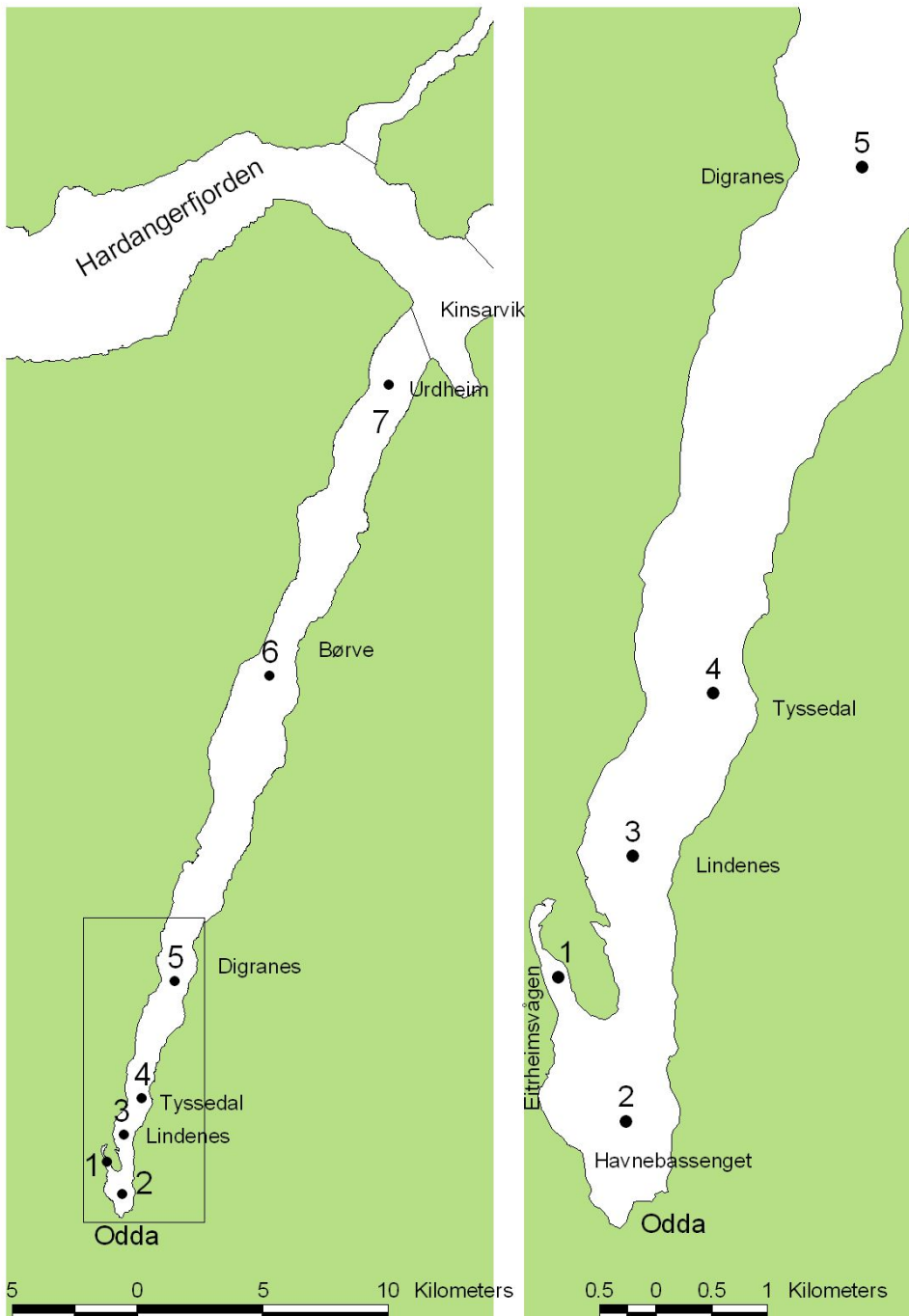
- Concentrations of  $\Sigma\text{DDT}$  in blue mussels showed up to Class V (very strongly polluted at Utne and at Kvalnes, (the latter in mussels collected within *CEMP*). At the other stations, concentrations corresponding to Class II (moderately polluted) to Class IV (strongly polluted) were observed.
- There was fairly high variability in the concentrations of  $\Sigma\text{DDT}$  in replicate samples of blue mussels from Utne, indicating that the station is affected by DDT-compounds in varying degree, dependent on local conditions.
- Blue mussels from Tyssedal were moderately (Class II) polluted with  $\Sigma\text{PCB}_7$ . At all other stations the mussels were insignificantly/slightly polluted (Class I) with  $\Sigma\text{PCB}_7$ .

### 3. Innledning

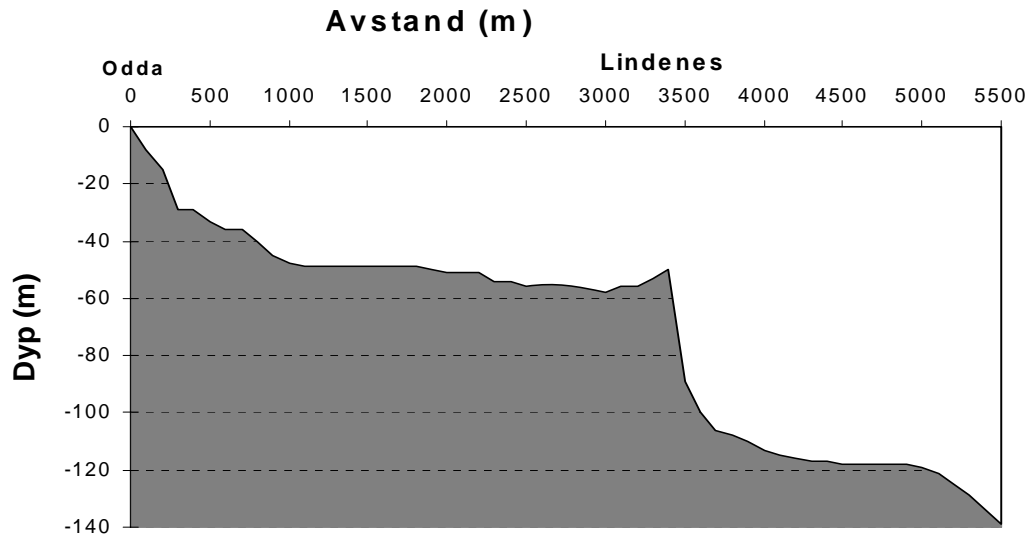
#### 3.1 Topografi

Sørfjorden er ca. 38 km lang, rett og relativt smal (Figur 1) 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 vannkjemisk prøvetaking i 2008.



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



### 3.2 Bakgrunn og formål

Overvåkingen av Sør fjorden 2008 representerer andre året av et nytt langtidsprogram (2007-2011), men er samtidig en videreføring av tidligere overvåking. Den har som mål å fastslå dagens forurensningssituasjon og vurdere denne i forhold til de tiltak som er gjort. Videre har overvåkingen som mål å fange opp eventuelle irregulære tilførsler og behov for nye tiltak.

Målgruppen for overvåkingen er eksempelvis:

- Mattilsynet som trenger miljøgiftdata for å vurdere/revurdere kostholdsråd
- Industrien og kommunene som har behov for å dokumentere effekter av tiltak
- Miljøforvaltningen (sentralt og regionalt) som har et overordnet ansvar for rikets miljøtilstand
- Den vanlige borger som har en lovpålagt rett til å få informasjon om miljøets tilstand i henhold til informasjonsloven.

Sør fjorden har en forurensningshistorie som strekker seg tilbake til begynnelsen av det 20nde århundret da tungindustri ble etablert i Odda-området. Først ble Odda smelteverk anlagt i Odda sentrum i 1908, deretter D.N.N. Aluminium i Tyssedal i 1916 og til slutt Det norske Zinkkompani på Eitrheimsneset i 1929. Utslippene til fjorden økte med økende produksjon og sinkverket hadde sine største utslipp til fjorden i 1985, året før jarositt-avfallet ble ført til fjellhaller. Dette året ble det sluppet ut nesten 1 tonn kvikksølv, 1835 tonn sink, 773 tonn bly og nesten 24 tonn kadmium [1]. I tillegg var det tidvis store utslipp av tjærestoffer (PAH) fra aluminiumsfabrikken i Tyssedal før den ble nedlagt i 1982, og fra Odda smelteverk (nedlagt i 2002).

Overvåkingen har i tidligere år vist vedvarende høye konsentrasjoner av metaller i fjordens overflatevannlag. Vinteren 1999-2000 hadde Boliden Odda AS dessuten et uhellsutslipp av kvikksølv, som også ble reflektert i kvikksølvkonsentrasjoner i organismer [2-5].

Overvåkingen av vannkvaliteten i Sørfjorden har foregått jevnlig siden 1979. Gjennom årene er det gjort flere tiltak for å redusere forurensningstilførslene til fjorden. En målefrekvens på 8 ganger pr. år gir ikke grunnlag for å fange opp alle episodiske hendelser. Omtrent hvert år har det vært en eller annen hendelse som har påvirket vannkvaliteten, men tendensen har vært at det blir lengre mellom hver gang det skjer hendelser som har vidtrekkende konsekvenser. I mai 2007 var det et uhellsutslipp ved Bolidens sentrale renseanlegg som førte til utslipp av store mengder sink og svovelsyre til fjorden. Dette utslippet skjedde på 30 m dyp og ble derfor ikke fanget opp av overvåkingen av overflatevannet. Overvåking av dypere vannlag ble gjennomført i mars og november. Boliden bygget nytt vannrenseanlegg som kom i drift i slutten av 2007 og dette forventes å gi lavere utslipp i årene som kommer fordi anlegget har større kapasitet til å håndtere større nedbørsmengder.

I forbindelse med innspuntingen av det gamle industriavfallet som ligger på land innerst i Eitrheimsvågen er det behov for å ta hånd om vann som samles opp bak spuntveggen. Dette vannet må tidvis pumpes ut i Eitrheimsvågen og i følge Boliden utgjør denne kilden ca. 35% av totalutslippet av sink fra bedriften.

Utslippet av oksygenforbrukende nitrogenforbindelse fra Odda smelteverk, da dette var i drift, førte til ekstremt dårlige oksygenforhold i Sørfjordens indre del. Nedleggelsen av smelteverket høsten 2002 medførte at primærutslippene av oksygenforbrukende stoffer stoppet. Det gjenstår å se hvordan oksygenforholdene bedrer seg og i hvilken grad utlekking av dicyandiamid fra massene som er lagret på bunnen i havnebassenget fortsatt influerer på oksygenforbruket i dypvannet. Odda kommune er inne i en prosess hvor ulike grader av rensing for utslippet ved Holmen vurderes.

Hovedformålet med overvåkingen av oksygen, nitrogen og fosfor i 2008 var dermed å

1. *følge utviklingen av oksygenforholdene i Sørfjordens indre del etter stans i utslipp av nitrogen og dicykalk fra Odda smelteverk i 2002. Det var ventet at utlekking av dicyandiamid fra sedimentene i Havnebassenget i mange år ville medføre et betydelig oksygenforbruk og føre til perioder med lave oksygenkonsentrasjoner.*
2. *skaffe opplysninger om konsentrasjonen av fosfor i vannmassene i Sørfjordens indre del, til bruk i arbeidet med Odda kommunes avløpsplaner.*

Gjennom årene med overvåking har det vært vekslende grad av forurensning med PCB i organismer. Observasjonene av de høyeste PCB-konsentrasjonene sammenfalt med rehabiliteringen av den kraftstasjonen til Tyssefaldene A/S, som ble utpekt som nasjonalminnesmerke i 2000. Forhøyede konsentrasjoner av DDT og dets nedbrytningsprodukter er også observert i blåskjell de seneste årene. Det er sannsynlig at dette er forbundet med mye nedbør og utvasking av forurensede jordpartikler fra gamle kilder (jordsmonn) på land. Metallet kadmiium har vist en tidsmessig reduksjon i blåskjell fra Sørfjorden.

Forurensningssituasjonen i Sørfjorden har ført til at Mattilsynet har satt kostholdsråd for området (første gang i 1973; [6]). Gjeldende kostholdsråd er satt på bakgrunn av forurensningen med kadmiium, bly, kvikksølv og PCB og ble sist vurdert i 2003.

Kostholdsrådet lyder som følger:

- *Gravide og ammende bør ikke spise fisk og skalldyr fanget i Sør fjorden innenfor en linje mellom Grimo og Krossanes.*
- *Konsum av skjell og dypvannsfisk, som brosme og lange, fanget i Sør fjorden innenfor en linje mellom Grimo og Krossanes frarådes.*
- *Konsum mer enn én gang i uken av torsk og konsum av lever fra fisk fanget i indre Sør fjorden innenfor Måge frarådes.*

Utslipp til sjø av metaller fra Boliden Odda AS og Tinfos Titan & Iron (TTI) rapportert til SFT er vist i Tabell 1.

*Tabell 1. Offisielle anslag over utslipp til sjø fra Boliden Odda AS og Tinfos Titan & Iron K/S (TTI) i 2008. Basert på opplysninger fra SFT og bedriftene. Tallene i parentes representerer utslipp i 2007*

<b>Bedrift</b>	<b>Cu, kg/år</b>	<b>Pb, kg/år</b>	<b>Zn, kg/år</b>	<b>Cd, kg/år</b>	<b>Hg, kg/år</b>
Boliden Odda AS*	1231 (1141)	641 (889)	4887 (12127)	38 (121)	2,1 (1,9)
TTI	38 (4,4)	162 (219)	5475 (7084)	2,1 (9,0)	1,3 (1,1)
<b>Totalt</b>	1269 (1145)	803 (1108)	10362 (19211)	40 (130)	3,4 (3,0)

\* = total utslipp fra sinkverket (sentralt vannrenseanlegg, renseanlegg for kvikksølv og utpumping av vann til Eitrheimsvågen) og ”Noralf” (gipsutslippet)

Av tabellen fremgår det at det totale utslippet av bly, sink og kadmium er redusert siden 2007. Utslippet av kobber og kvikksølv har økt noe. Utslippet av kobber og bly domineres totalt av gipsutslippet til sjø fra Boliden (”Noralf”). Noe av årsaken til reduksjonen i sinkutslippet siden 2007 er at Boliden hadde et uhellsutslipp i mai 2007, som bl.a. utgjorde ca. 4,5 tonn sink.

## 4. Materiale og metoder

### 4.1 Vannprøvetaking og analyser (metaller)

Vannprøver til analyse av metaller ble samlet inn 20. februar, 14. mars, 13. mai, 9. juni, 22. august, 19. september, 14. oktober og 13. november 2008 av Hardanger Miljøsester på stasjonene vist i Figur 1.

Det ble tatt prøver direkte fra overflatevannet (0-0,5 m) i fjorden på spesialvaskede flasker; glassflasker for kvikksølvanalyser og plastflasker for øvrige metaller.

I tillegg til prøvetaking av overflatevannet er det ved prøveinnsamlingen i mars og oktober tatt vannprøver fra bunnvann og midlere dyp på samtlige stasjoner for å registrere nivåer av tungmetaller. Dette er primært gjort for å kunne vurdere om vannkvaliteten under overflatelaget kan ha noen innvirkning på nivåene av tungmetaller i fisk og i hvilken grad det kan sannsynliggjøres at bunnsedimentene påvirker nivåene av metaller i bunnvannet.

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 [7]. Kvikksølv ble analysert ved NIVA etter salpetersyreoppløsning ved kalddampeteknikk og gullfelle [8]. Saltholdighet og temperatur ble målt med salinoterm i forbindelse med prøvetakingen. I tillegg ble det gjort siktedypsmålinger på alle toktene (bruk av secchi-skive).

### 4.2 Feltarbeid og metoder (oksygen, nitrogen og fosfor)

Fram til høsten 2002 kunne oksygenproblemene strekke seg 10-15 km utover i fjorden, med opprinnelse i området Havnebassenget – Lindenes der også problemene var størst (jfr. [9]). Overvåkingen er derfor konsentrert om strekningen Havnebassenget – Lindenes.

Stasjonene 2-3 i Figur 1 er de samme som ble anvendt i tidsrommet 1995-2006. I alt vesentlig var måleprogrammet som vist i Tabell 2.

Tabell 2, Stasjoner, parametre og måledyp i 2008.

Stasjoner	Parametre og måledyp				Siktedyp	Vind, vær, bølgehøyde
	Oksygen	Nitrat	Total Fosfor	Temperatur og saltholdighet		
2 -Havnebasseng	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 m	5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 m	0.5, 10, 20 m	0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 m	Måles hver gang	Observeres hver gang
3 -Lindenes	10, 20, 30, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80 m	10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 m	0.5, 10, 20 m	0.5, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80 m	Måles hver gang	Observeres hver gang

Temperatur og saltholdighet ble målt med en sonde av type YSI Modell 30. Sonden viste seg å være upålitelig og dataene fra dypereliggende vannlag er utelatt. Tidspunktene for



prøvetaking er vist i Tabell 3. For en mer detaljert beskrivelse av metodikken henvises til Vedlegget.

Tabell 3. Tidspunkt for prøver i 2008.

Dato	Dato
4.7	14.10
22.8	13.11
19.9	10.12

### 4.3 Innsamling og analyser av organismer

#### *Innsamling av organismer*

Siden oppstart av det nye langtidsprogrammet (2007-2011) er det samlet skjell til prøver i triplikat på 2 stasjoner. I 2008 er skjell til triplikate prøver samlet inn på stasjonene Tysseal (B3) og Utne. Replikate prøver er ment å gi et innblikk i naturlig variasjon. Dette er informasjon som gjør en i stand til bedre å kunne uttale seg om tilsynelatende endringer mellom år er reelle, eller et element av naturlig variasjon innenfor år.

Blåskjell (*Mytilus edulis*), ble samlet inn 15 oktober 2008 på stasjonene B2 (Eitrheim), B4 (Digranes), B6 (Kvalnes), B7 (Krossanes), Måge og Utne (3 prøver). På stasjonene B1 (Byrkjenes) og B3 (Tyssedal; 3 prøver), ble skjell samlet inn 20 oktober, 2008.

På stasjon B3 (Tyssedal) ble skjell samlet inn ved ny båthavn, ca 30 m fra det vanlige prøvepunktet. På stasjon B7 (Krossanes) var det ingen skjell på det vanlige prøvepunktet, så skjell ble samlet ca. 200 meter lenger nord. På stasjon Måge var det også tomt for blåskjell på det vanlige prøvepunktet. Skjell ble derfor samlet inn ca. 100 meter lenger syd, fra bryggefundament (ved gård). Ellers foregikk skjellinnsamlingen som normalt (Tabell 4).

Blåskjellene ble samlet fortrinnsvis fra 1 – 1,5 meters dyp. Innenfor CEMP (Coordinated Environmental Monitoring Programme) under OSPAR og SFTs INDEKS-program [10], ble blåskjell fra Byrkjenes, Eitrheim, Kvalnes, Krossanes, Ranaskjær og Vikingneset prøvetatt 2-11 september 2008 (Tabell 4, Figur 3). Blåskjellene er analysert for klorerte organiske miljøgifter og metaller.

Materialet samlet inn innenfor CEMP omfatter også fisk, som analyseres for klorerte organiske miljøgifter og metaller. Torsk (*Gadus morhua*) og skrubbe (*Platichthys flesus*) ble samlet inn fra Sørfjorden i nærheten av Tyssedal og innover (CEMP-st. 53B), oktober 2008 (torsk) og februar 2009 (skrubbe). Fra Strandebarm (Hardangerfjorden; CEMP-st. 67B) ble torsk, skrubbe og glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*) fanget i september 2008. Glassvar ble også samlet inn fra den tilnærmet uberørte Åkrafjorden (CEMP-st 21F) i februar, 2009. Skrubbe ble ikke fanget ved denne lokaliteten i 2008.

Prøver av dypvannsfisk inngår ikke i overvåkingen (Statlig program for forurensningsovervåking) i 2008, men skal samles inn i 2009. Det ble imidlertid fanget Lange (*Molva molva*) i Sørfjorden (i nærheten av Digraneset, st. 53D) innenfor CEMP. Resultatene fra analyser av kvikksølv og klororganiske forbindelser i disse fiskene beskrives kort i foreliggende rapport.

*Opparbeidelse og analyse av prøver*

Innenfor Statlig program for forurensningsovervåking samles 50 blåskjell (så langt det er mulig) i størrelsen 4 - 5 (6) cm fra hver stasjon til en blandprøve. Skjellene fryses ned uten forutgående prosedyre ved at skjellene går seg rene for sedimentrester i tarmen (depurering). I praksis har det på flere Sørfjord-stasjoner vært vanskelig å finne skjell over 4 cm, slik at størrelsesintervallet ofte har blitt ca. 3 - 5 cm. Innenfor CEMP samles rutinemessig 50 stk. (eventuelt 100 skjell) innen hver av størrelseskategoriene 2 – 3, 3 - 4 og 4 - 5 cm. Før nedfrysing går skjellene her minimum 12 timer i vann fra innsamlingsstedet (depurering) og tas ut av skallene. For prøven til INDEKS-programmet benyttes bare en størrelseskategori (3-5 cm, 3 parallelle blandprøver à 20 stk.), uten depurering.

Fiskeprøvene som rutinemessig samles innenfor CEMP er analysert dels på individer (25 stk.) og dels på blandprøver av 5 stk. i fortrinnsvis 5 størrelsesgrupper (se spesifisering i fotnoter under de aktuelle tabeller). Klororganiske forbindelser er analysert i lever og filet, mens kvikksølv (Hg) bare er analysert i filet. Kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu) og sink (Zn) er kun analysert i lever. Polybromerte difenyletere (PBDE) og perfluorerte alkylstoffer (PFAS) blir kun analysert i lever av torsk fra indre Sørfjorden.

Prøver av filet fra ovennevnte torsk ble også tatt av til analyse av polyklorerte dibenzo-*p*-dioksiner og dibenzofuraner (PCDD/F), samt non-*ortho*-substituerte PCB-forbindelser (dioksinlignende PCB). Fra torsk fanget i 2007 ble lever analysert for disse forbindelsene. Det var imidlertid ikke tilstrekkelig lever tilgjengelig for slike analyser i 2008. Filet er imidlertid interessant, siden det er dette vevet som i hovedsak konsumeres av mennesker. Det ble forberedt 3 blandprøver, av 5 individer (se spesifisering i fotnoter under Tabell 13). Disse analysene ble utført ved NILU (se nedenfor).

Prøver ble homogenisert og frosset før analyse. Blåskjell og fisk ble homogenisert i en Restech Grindomix CM 200 eller Ultra-Turrax T25. Materialet ble analysert på NIVAs akkrediterte laboratorium i henhold til standard prosedyre (beskrevet tidligere; [11]). Deteksjonsgrensene er avhengig av innveid prøvemengde. Ved innveid mengde 0,5 g våt prøve (fortynnet til 50 ml) gjelder følgende:

Cu: 0,03 mg/kg  
 Pb: 0,02 mg/kg  
 Cd: 0,001 mg/kg  
 Zn: 0,1 mg/kg  
 Hg: 0,005 mg/kg

Kvikksølv analyseres ved kalddamp-AAS (AtomAbsorbsjonSpektroskopi), mens de øvrige elementene analyseres ved "Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry" (ICP-MS). Analyse kvaliteten kontrolleres mot sertifisert referansemateriale.

Analyser av dioksiner (PCDD/F) og dioksinlignende PCB i torskelever ble utført ved NILU ved hjelp av gasskromatografi og høyoppløsende massespektrometer (GC/MS), i henhold til metoder beskrevet av Schlabach et al. [12, 13] og Oehme et al. [14].

Analyseresultatene for klororganiske forbindelser (NIVA) kvalitetssikres ved blant annet å analysere kjente standarder for hver tiende prøve på gasskromatografen, regelmessig blindprøvetesting, samt jevnlig kontroll av hele opparbeidings- og analyseprosessen ved bruk

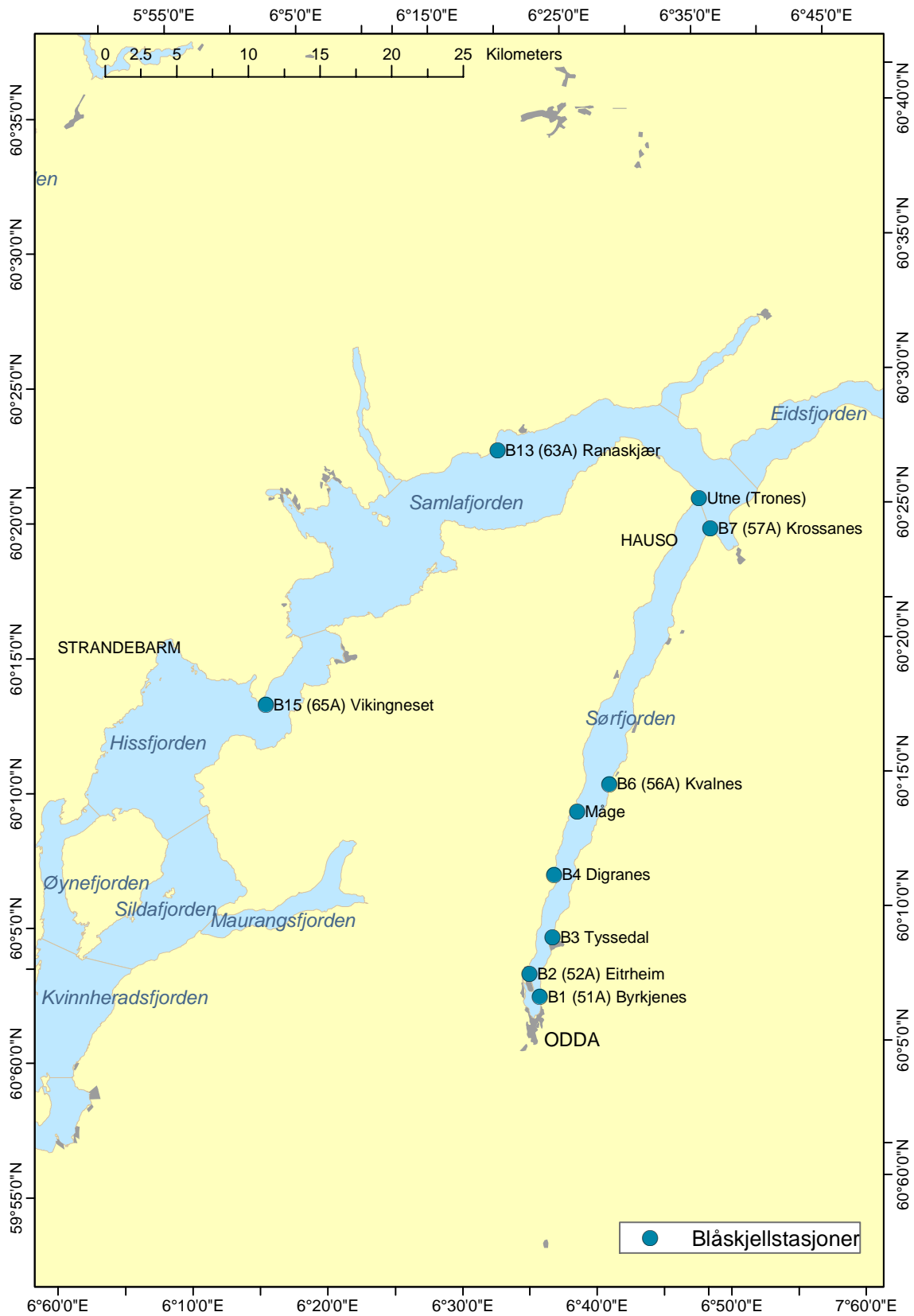
av internasjonalt sertifisert referansemateriale og en husstandard (blåskjell). Standard avvik for bestemmelse av enkeltforbindelser er 9 – 17% for sertifisert referansemateriale og 10 – 25% for husstandard. Deteksjonsgrensene for enkeltforbindelser er 0,03 (HCB) – 0,2 (DDT) µg/kg våtvekt (i prøver med lavt fettinnhold).

*Tabell 4. Innsamlingssteder for blåskjell i Sør fjorden og Hardangerfjorden, med angivelse av adkomst og ca. avstand fra Odda (km). (\* Ikke prøvetatt 2008. Mrk. Skjell har blitt samlet på to nye stasjoner siden 2003, "Måge" og "Utne (Trones)".*

STASJONER (JAMP-nr.)	ADKOMST	Ca. AVSTAND FRA ODDA (km)
St. B 1 (51A)	Byrkjenes. Ved pir på badestrand.	2
St. B 2 (52A)	Eitrheim. Under kommunal kai.	3
St. B 3 <sup>*</sup>	Tyssedal. Ved ny båthavn ca. 30m fra fast prøvepunkt	6
St. B 4	Digranes. På trebrygge.	10
Måge	På brygge ved gård, ca. 100m syd for fast prøvepunkt.	15
St. B 6 (56A)	Kvalnes.	18
St. B 7 (57A)	Krossanes, ca 200 m nord for den vanlige innsamlingsplassen.	37
Utne (Trones)	Nes der Sør fjorden begynner. Ca. 3 km øst for Utne fergekai.	40
St. B 10 *	Sengjaneset/Eidfjord, svaberg .	44
St. B 13 (63A) <sup>1</sup>	Ranaskjær, skjær med sementkum, rett overfor Bjølvefossen.	58
St. B 14 *	Rykkjaneset, m/svaberg nedenfor eng.	69
St. B 15 (65A) <sup>1</sup>	Vikingneset, ved fyrlykt.	84
St. B 16 *	Nærnes, Bondesundet, skjær ved brygge og naust.	100

<sup>1</sup> Skjell samles kun innenfor CEMP.

Figur 3. Prøvesteder for blåskjell i Sør fjorden/Hardangerfjorden (JAMP blåskjellstasjoner: 51A osv.). Mrk. Skjell har blitt samlet inn på to nye stasjoner siden 2003, "Måge" og "Utne (Trones)".



## 5. Resultater og diskusjon

### 5.1 Vannkjemi

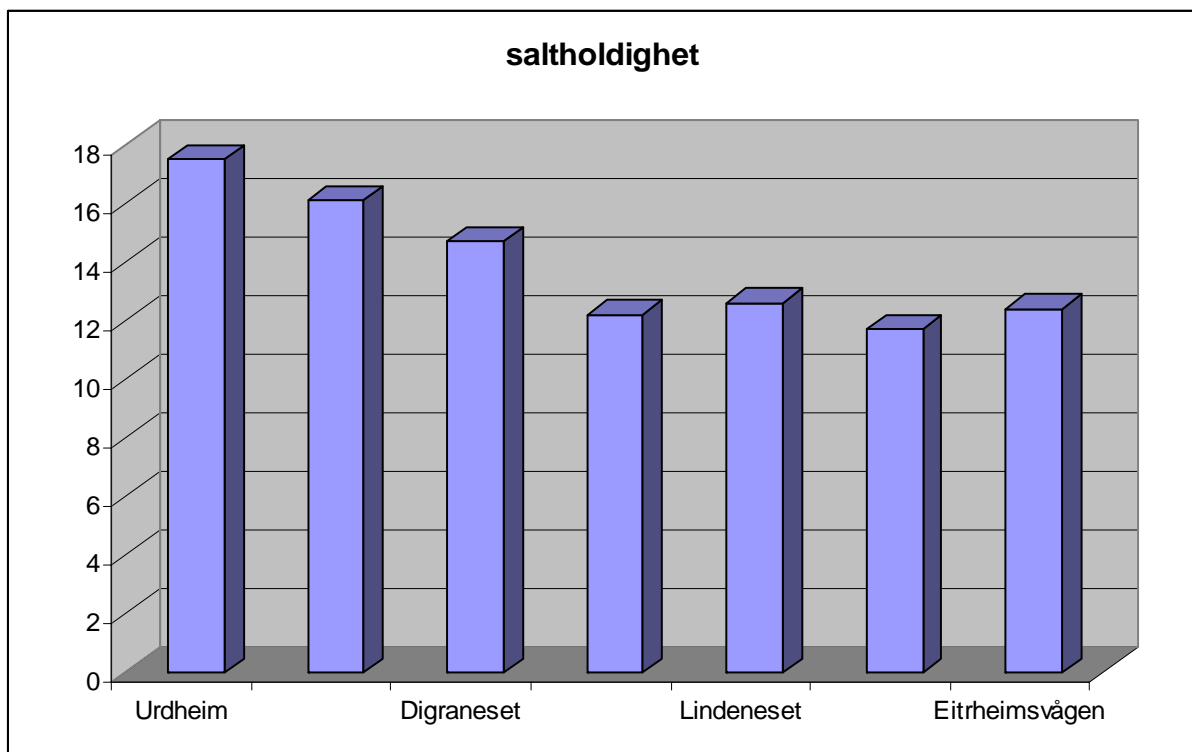
Alle rådata befinner seg i Vedlegget

#### 5.1.1 Saltholdighet

Saltholdigheten måles for å kunne anslå hvor mye ferskvann som befinner seg i overflatevannet. Saltholdigheten avtar jo mer elvevann som er innblandet og en episodisk økning i saltholdighet kan ofte skyldes en oppstrømming av saltre bunnvann som følge av vind som fører overflatevannet bort.

Variasjonene i saltholdighet i overflatelaget er styrt av nedbør og elvetilførsler. Det er relativt små variasjoner i gjennomsnittlig saltholdighet i fjorden (midlet over året) (Figur 4).

Figur 4. Saltholdighet (årsmiddel) i overflatevannet i Sørffjorden i 2008 (Urdheim er ytterst i Sørffjorden og Eitrheimsvågen innerst).



Figuren viser at saltholdigheten i overflatevannet i stor grad er bestemt av tilførsler fra Opo (og i noen grad Tyso) innerst i fjorden.

Variasjonene over året er store (3-22 i Havnebassenget og 7-22 ved Urdheim). Det er mest ferskvann i overflatelaget i sommermånedene i indre del av fjorden, når vannføringen i Opo er stor. Lavest saltholdighet i overflatevannet ble målt i slutten av august ytterst i fjorden og i

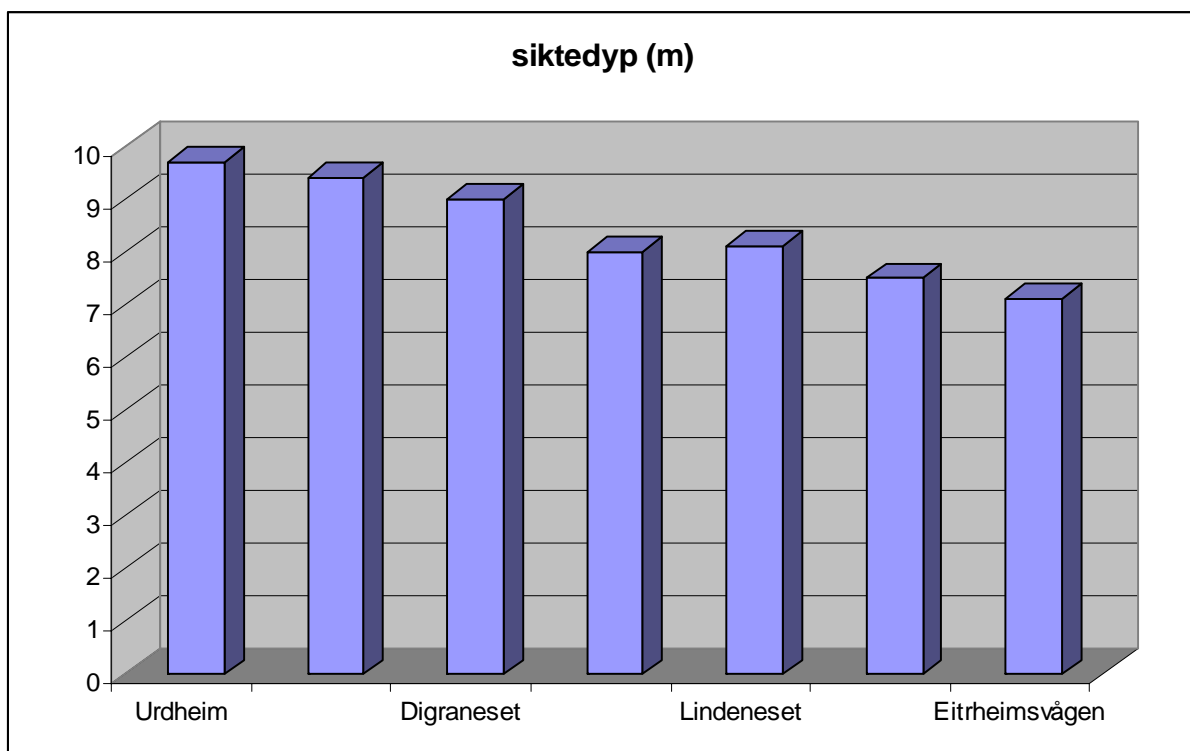
mai innerst i fjorden. Dette må ha sammenheng med perioder med store nedbørsmengder og snøsmelting (mai).

### 5.1.2 Siktedyp

Siktedyp er et indirekte mål for turbiditeten i vannmassen. Nedsatt siktedyp kan skyldes stor planktonmengde, stor transport av sedimenter (leire og silt) som følge av elvetilførsler eller partikler knyttet til forurensning.

Siktedypet var gjennomgående høyt i hele Sørfjorden i 2008 (klart vann) og til dels bedre i indre fjord sammenlignet med 2007. Gjennomsnittlig siktedyp (årsmiddel) varierte mellom 7,1 og 9,7 m (Figur 5). Det er ikke noe som tyder på at det var uvanlige tilførsler av partikler til vågen i 2008. Det laveste siktedypet ble målt i midten av mars i hele fjorden og kan ha sammenheng med en våroppblomstring av plankton. Da varierte siktedypet mellom 4 og 5 m.

Figur 5. Gjennomsnittlig siktedyp (m) i Sørfjorden i 2008 (Urdheim er ytterst i Sørfjorden og Eitrheimsvågen innerst).



### 5.1.3 Metaller

Sjøvann har et naturlig innhold av spormetaller. Konsentrasjonene er ofte noe lavere enn i ellevann, slik at overflatevann i fjorder som er påvirket av ferskvann har naturlig noe høyere nivåer av metaller enn dypvannet. For å kunne klassifisere sjøvann med hensyn til innhold av metaller så har SFT utarbeidet et klassifiseringssystem for miljøkvalitet (systemet er nylig revidert). Systemet baserer seg på 5 tilstandsklasser fra bakgrunnsnivå (Kl. I) til svært dårlig (Kl. V). I motsetning til det tidligere klassifiseringssystemet så er dette systemet effektbasert.

Skillet mellom Klasse II og Klasse III går ved beregnet nedre grense for økologiske effekter ved langtidseksposering.

### *Metaller i overflatevann*

Metallnivået i overflatevann har vært overvåket mer eller mindre kontinuerlig siden 1979 og representerer de lengste måleseriene av metaller i fjordvann som finnes i Norge. Materialet er derfor verdifullt både i overvåkningssammenheng og i forskningssammenheng.

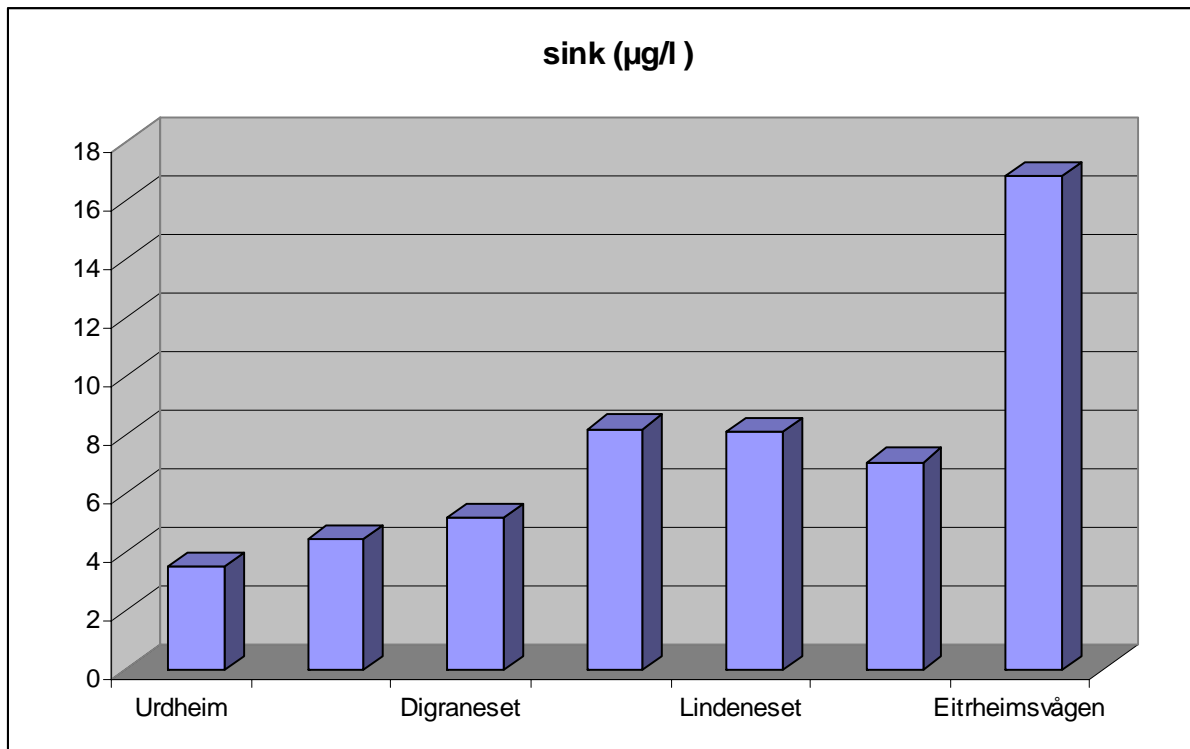
Overflateverdiene gjenspeiler diffuse tilførsler fra land (avrenning fra forurenset grunn), tilførsler fra sedimenter på grunt vann, direkte utslipp til overflatevannet, atmosfæriske tilførsler og elvetilførsler. Vannkvaliteten i overflatelaget påvirker i første rekke opptak av metaller i blåskjell, men vil også påvirke opptak i fisk.

### **Sink (Zn) i overflatevannet**

Innholdet av Zn i overflatevann var i gjennomsnitt over året 3,5 µg/l (3,1 µg/l i 2007) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 16,8 µg/l (36,8 µg/l i 2007) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen) (Figur 6). Dette tilsvarer tilstandsklasse III (moderat) i munningsområdet og tilstandsklasse IV (dårlig) i SFTs reviderte miljøklassifiseringssystem innerst i fjorden. Det var til dels store variasjoner i sink-konsentrasjoner i overflatevannet i Eitrheimsvågen i 2008.. Spesielt høy var konsentrasjonen i mars da det ble målt 35,8 µg/l i vågen. På samme tidspunkt var også konsentrasjonene i havnebassenget, Lindeneset og Tyssedal betydelig forhøyet. Det er også vært å merke seg at nivået av sink i dypvannet i vågen (10 m dyp) var tilsvarende høy. Med mindre det har vært ekstraordinære utslipp av sink til vågen i mars, er det grunn til å tro at de høye nivåene skyldes utpumping av vann som samles opp bak spuntveggen i vågen. Også forhøyede nivåer av sink i september og november i vågen kan ha samme årsak.

Nivåene av sink økte gradvis innover fjorden (Figur 6). I vågen varierte sinkkonsentrasjonene mellom 4,2 og 35,8 µg/l.

Figur 6. Årsgjennomsnittet av sink ( $\mu\text{g/l}$ ) i overflatevann fra innerst (høyre) til ytterst (venstre) i Sør fjorden 2008.



Sammenlignet med 2007 så er nivåene av sink i overflatevannet i Sør fjorden nokså lik nivåene i 2008, bortsett fra i vågen hvor nivåene i 2007 var mye høyere. Hovedårsaken til det var et betydelig uhellsutslipp i mai som bidro til å heve årsgjennomsnittet. En økning ved Tyssedal ble observert både i 2007 og 2008 og det er grunn til å tro at det kan skyldes påvirkning av utslipp fra Tinfos Titan & Iron (TTI).

### Kadmium (Cd) i overflatevannet

Innholdet av Cd i overflatevann var i gjennomsnitt over året  $0,03 \mu\text{g/l}$  ( $0,05 \mu\text{g/l}$  i 2007) ved munningen av fjorden (Urdheim) og  $0,12 \mu\text{g/l}$  ( $0,15 \mu\text{g/l}$  i 2007) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Dette tilsvarer tilstandsklasse II (god vannkvalitet) både i munningsområdet og innerst i Eitrheimsvågen i henhold til SFTs miljøklassifiseringssystem. Det er en liten forbedring i hele fjorden med hensyn til kadmium-nivåer.

### Kobber (Cu) i overflatevannet

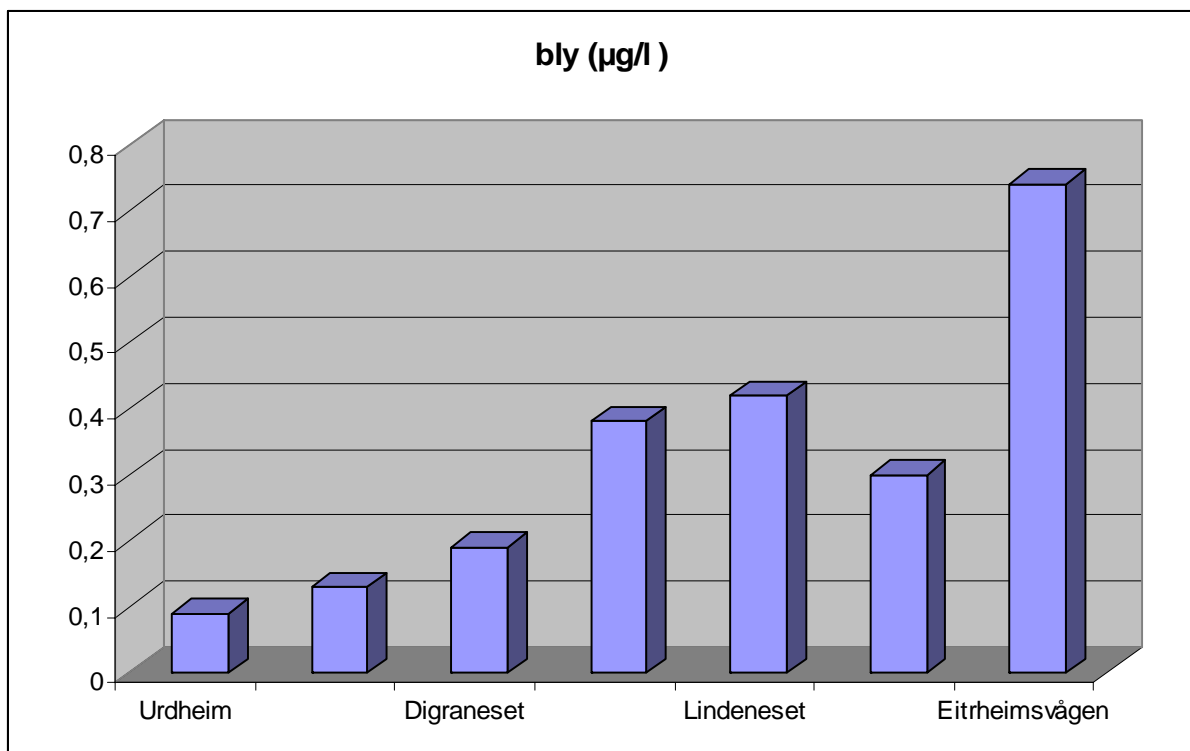
Innholdet av Cu i overflatevann var i gjennomsnitt over året  $0,54 \mu\text{g/l}$  ( $0,55 \mu\text{g/l}$  i 2007) ved munningen av fjorden (Urdheim) og  $0,65 \mu\text{g/l}$  ( $0,47 \mu\text{g/l}$  i 2007) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Det er således små endringer i forhold til 2007. Vannkvaliteten i henhold til klassifiseringen er således i grenseområdet god - moderat (kl II-III).



### Bly (Pb) i overflatevannet

Innholdet av Pb i overflatevann var i gjennomsnitt over året 0,10 µg/l (0,11 µg/l i 2007) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 0,7 µg/l (0,6 µg/l i 2007) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen) (Figur 7). Dette tilsvarer tilstandsklasse II i munningsområdet og i vågen. Det er relativt små forskjeller i forhold til 2007. Mesteparten av bly-tilførselen til fjorden skyldes utslippet fra Bolidens aluminiumfluoridfabrikk og deponering av gips. Mye tyder på at bly som følger gipsutslippet (som er et dypvannsutslipp) har liten innvirkning på blyinnholdet i overflatevannet. Sannsynligvis vil store deler av gipsen sedimentere i havnebassenget.

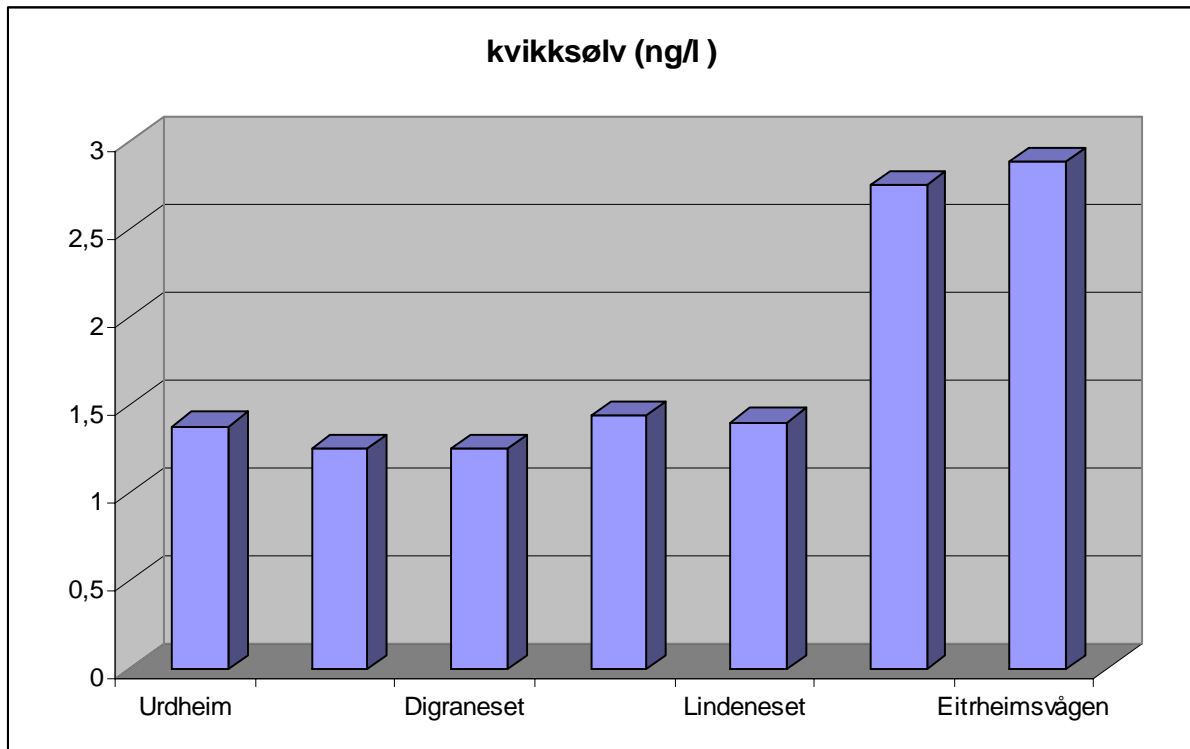
Figur 7. Konsentrasjonen av bly (µg/l) i overflatevann fra innerst (høyre) til ytterst (venstre) i Sørfjorden i 2008 (årgjennomsnitt).



### Kvikksølv (Hg) i overflatevannet

Innholdet av Hg i overflatevann var i gjennomsnitt over året < 1,4 ng/l (1,6 ng/l i 2007) ved munningen av fjorden (Urdheim) og 2,9 ng/l (2,2 ng/l i 2007) innerst i fjorden (Eitrheimsvågen). Dette tilsvarer tilstandsklasse II (god vannkvalitet) i hele fjorden. På ett tidspunkt ble det målt 10,5 ng/l Hg i vågen og 13,5 ng/l i havnebassenget, men bortsett fra det ble det målt lave verdier i 2008 og ingen indikasjoner på hendelser som har påvirket nivåene i overflatevannet. Men Figur 8 viser at årgjennomsnittet i havnebassenget og Eitrheimsvågen var betydelig høyere enn lenger ut i Sørfjorden.

Figur 8. Konsentrasjonen av kvikksølv (ng/l) i overflatevann fra innerst (høyre) til ytterst (venstre) i Sør fjorden i 2008 (årgjennomsnitt).



#### Metaller i bunnvann og intermediære dyp

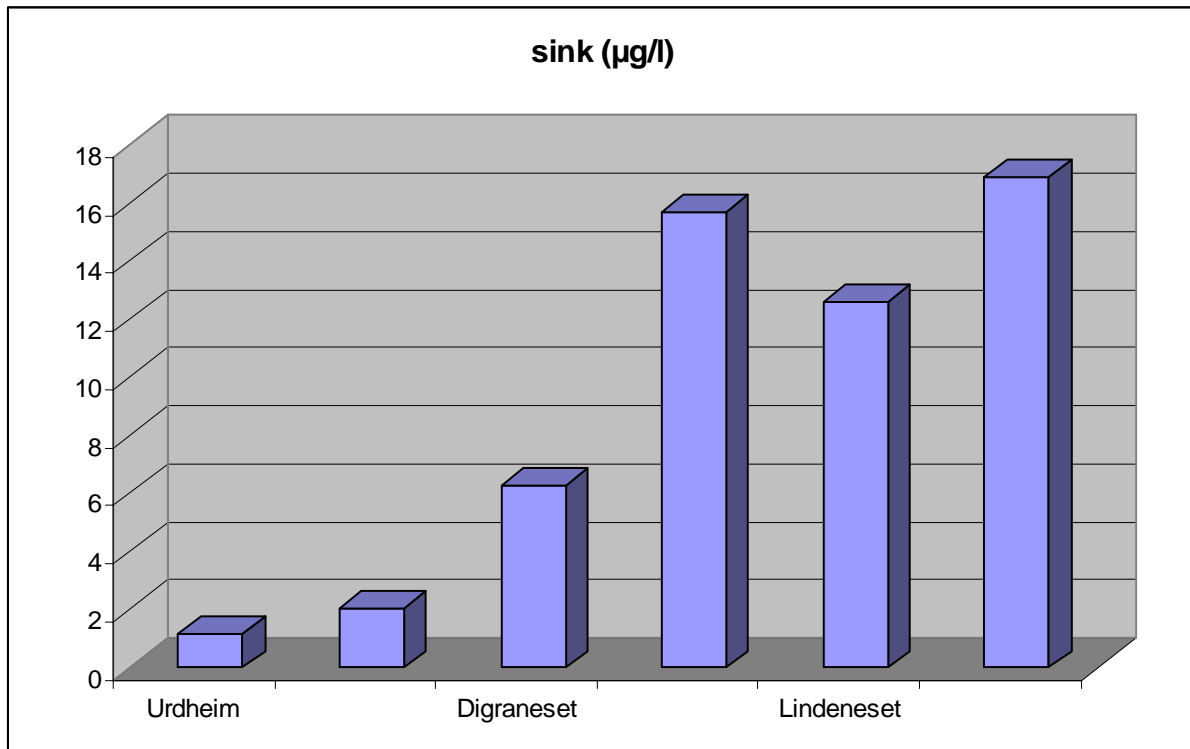
Det finnes data fra 70-årene for metaller i dypvann og midlere dyp. Den gang var målsettingen å spore effekten av det store utslippet av jarositt (fra Norzink, nå Boliden), som var et dypvannsutslipp og som kunne spores som et maksimumsnivå mellom 25 og 100 m i hele fjorden. Dette dypvannsutslippet opphørte i 1986 da jarositten ble overført til fjellhaller. Siden den gang har det vært lite fokus på vannkvaliteten på større dyp, men det bør påpekes at utslippet fra Bolidens vannrenseanlegg går ut på 30 m dyp på østsiden av Eitrheimsvågen. Utslippet fra aluminiumfluoridfabrikken på Eitrheimsneset er også dypvannsutslipp (30 m dyp).

Når overvåkingen av dypvannet er tatt opp igjen er det fordi man ønsker å få et bilde av vannkvaliteten i hele vannmassen, 20 år etter at jarositt-utslippet opphørte. I 2008 ble det således gjennomført prøvetaking på to av de ordinære toktene (mars og oktober).

#### Sink (Zn) i dypvannet

Det er åpenbart at det er betydelige gradienter i sink både vertikalt i vannmassen og hvis man sammenligner geografiske gradienter f.eks. i 40 m vanddyb på sterkningen Urdheim – Havnebassenget (Figur 9).

Figur 9. Sink ( $\mu\text{g/l}$ ) i 40 m dyp fra Urdheim (ytterst) til havnebassenget (innerst) i Sørffjorden, 8. november 2008.



Det er også verdt å merke seg at nivåene på 40 m dyp i indre del av Sørffjorden er høyere enn i overflatevannet. Det er hovedsakelig tre mulige forklaringer:

1. Oppholdstiden av vannet på 40 m dyp i Sørffjorden er betydelig lengre enn i overflaten, slik at metaller hoper seg opp i denne vannmassen over en lengre tidsperiode.
2. Det er fortsatt aktive dypvannsutslipp fra industrien som påvirker de dypere deler av vannmassen. Det er kjent at gipsutslippet fra aluminiumfluoridfabrikken på Eitrheimsneset og utslippet fra Bolidens renseanlegg er dypvannsutslipp (ca.30 m dyp).
3. Bunn sedimentene i Eitrheimsvågen og i havnebassenget (dvs. sedimenter som ligger på 10 -50 m dyp) er sterkt forurenset og at forurenset bunnvann fra det innerste grunnområdet kan spres utover fjorden.

I tillegg til å analysere sink i 40 m vanddyb ble det også tatt vannprøver dybbassengene i fjorden (på 250 og 350 m dyp). Ved Børve ble det f.eks. målt 25,7  $\mu\text{g/l}$  sink på 350 m dyp (tilstandsklasse IV, dårlig vannkvalitet) og på stasjon Urdheim ble det i 250 m dyp målt 2,39  $\mu\text{g/l}$  sink. Det er således åpenbart at dypvannet i Sørffjorden er gjennomgående mer forurenset av metaller enn overflatevannet i midtre deler av fjorden.

**Kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu) og kvikksølv (Hg) i dypvannet.**

Kadmium viste ingen vesentlig oppkonsentrering i midlere vandyp og i bassengvannet. Bly følger i stor grad sink. Kopper og kvikksølv viser høyeste nivåer ved 20 og 40 m dyp i indre fjord. På 40 m dyp i havnebassenget ble det målt så mye som 33 ng/l i mars og 9 ng/l kvikksølv i oktober (tilstandsklasse IV, dårlig).

## 5.2 Sammenfattende vurderinger av metaller i vannmassene

### 5.2.1 Kilder og konsekvenser

Det er komplisert å sammenligne de oppgitte utslippstallene fra industrien i Odda fra år til år, ettersom det avhenger av hvilke kilder som er tatt med. Etter at Odda smelteverk ble nedlagt i 2002 er det følgende kilder (registrerte og potensielle) for metaller til Sørfjorden:

- Regulære utslipp fra sinkverket ved Boliden (sentralt vannrenseanlegget, dypvannutslipp (30 m) på østsiden av Eitrheimsneset, utpumping av forurenset vann bak spuntvegg til Eitrheimsvågen, utslipp fra kvikksølvrenseanlegget til Eitrheimsvågen) (kvantifisert)
- Diffuse tilførsler fra bunnsedimenter, spesielt fra Eitrheimsvågen, men ellers fra området Tyssedal – Odda havnebasseng (ikke kvantifisert, men anslått til å være betydningsfull)
- Utslipp fra aluminiumfluoridfabrikken til Boliden (kvantifisert)
- Diffuse utslipp fra industriområdet på Eitrheimsneset (kvantifisert/anslått)
- Diffuse tilførsler fra industriområdet til Odda smelteverk (ikke kvantifisert)
- Utslipp fra produksjon ved Tinfos Titan & Iron i Tyssedal (kvantifisert)
- Potensiell avrenning fra industriområdet i Tyssedal (ikke kvantifisert)

Når det gjelder atmosfæriske bidrag så finnes det ingen kvantitative beregninger.

Boliden har påpekt at det er forhold vedrørende tilførsel av tungmetaller til Eitrheimsvågen som må klargjøres ytterligere. I dag er det to registrerte utslipp; fra kvikksølvrenseanlegget og utpumping av forurenset vann bak spuntvegg. Utslipet fra kvikksølv-renseanlegget er vurdert som ubetydelig (ca. 1 % av det totale utslippet). I følge Boliden utgjør utpumping av forurenset vann 35 % av det totale utslippet av sink til Sørfjorden fra bedriften (det må antas at dette vannet også inneholder de andre metallene som er assosiert med sink). Utslipet til vågen skjer nær overflaten og forklarer de store variasjonene i metallinnhold som måles i overflatevannet i vågen og på målestasjoner i havnebassenget, Lindeneset, Tyssedal og noen ganger lenger ute i fjorden (avhenger av mengde forurenset vann som er pumpet ut, forureningsgrad og hydrografiske forhold). Det må også antas at dette utslippet sammen med tidligere uhellsutslipp og tidligere forurenning fra Bolidens kaiområde er årsaken til den omfattende forurenningen av dekkmassene på sjøbunnen i vågen siden 1992.

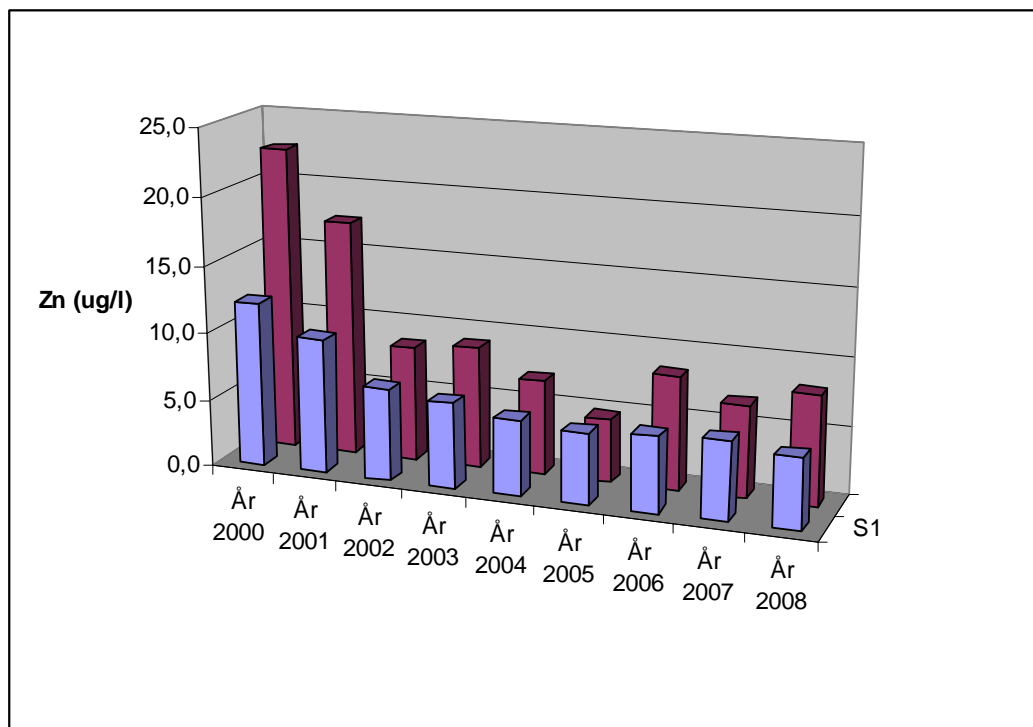
Som det framgår av denne oversikten er de fleste tilførslene forsøkt kvantifisert, men det er en rekke kilder som kan være vesentlig og som ikke er med i tilførselsberegningene. Dette bidrar til at det er vanskelig å se en klar sammenheng mellom utslippsberegninger og målte konsentrasjoner av metaller i overflatevannet. Dette henger også delvis sammen med at en del kilder også tilføres bunnvannet og ikke overflatevannet (f.eks. bunnsedimentenes bidrag samt deponering av gips fra aluminiumfluoridfabrikken, utslipp fra Bolidens vannrenseanlegg og utslipp fra TTI etc.). Dette kan bety at overvåkingen av vannkvaliteten i Sørfjorden ved overflateprøver ikke gir et helt riktig bilde av forurenningstilstanden i fjorden. En bedring av vannkvaliteten i 0,5 m dyp i fjorden vil imidlertid kunne reflektere en reduksjon i diffuse landtilførsler til fjorden, og da spesielt tiltak som er gjort på Eitrheimsneset for å redusere overflateavrenning. Likeså vil reduksjon i antall episoder med uhellsutslipp kunne ha positive effekter på kvaliteten av overflatevannet.

Når de landbaserte tilførselene avtar, og det nærmer seg kildekontroll, vil betydningen av de forurensede sedimentene, spesielt i indre deler av fjorden, øke. Når nivåene ikke er redusert til et tilnærmet normalnivå 22 år etter at jarositten ble overført til fjellhallene må det være fordi at tilførselene fortsatt er store eller at forurenset sediment er blitt blandet opp i overflatesedimentene som følge av dyrs gravende virksomhet eller annen fysisk omrøring. Det har vært gjentakende uhellsutslipp i denne 20-års perioden som sikkert har bidratt til å opprettholde et høyt forurensingsnivå i overflatesedimentene. Det har spesielt hatt uheldige effekter på tildekkingen av Eitheimsvågen.

### 5.2.2 Metaller i overflatevannet og endringer over tid

Figur 10 viser årsgjennomsnittet for sink i overflatevannet ved Lindeneset og Digraneset i perioden 2000-2008. Som det framgår av figuren har konsentrasjonene flatet ut nokså mye etter 2002.

Figur 10. Sink i overflatevannet på stasjon Lindeneset (rød) og Digraneset (blå) i perioden 2000 -2008.

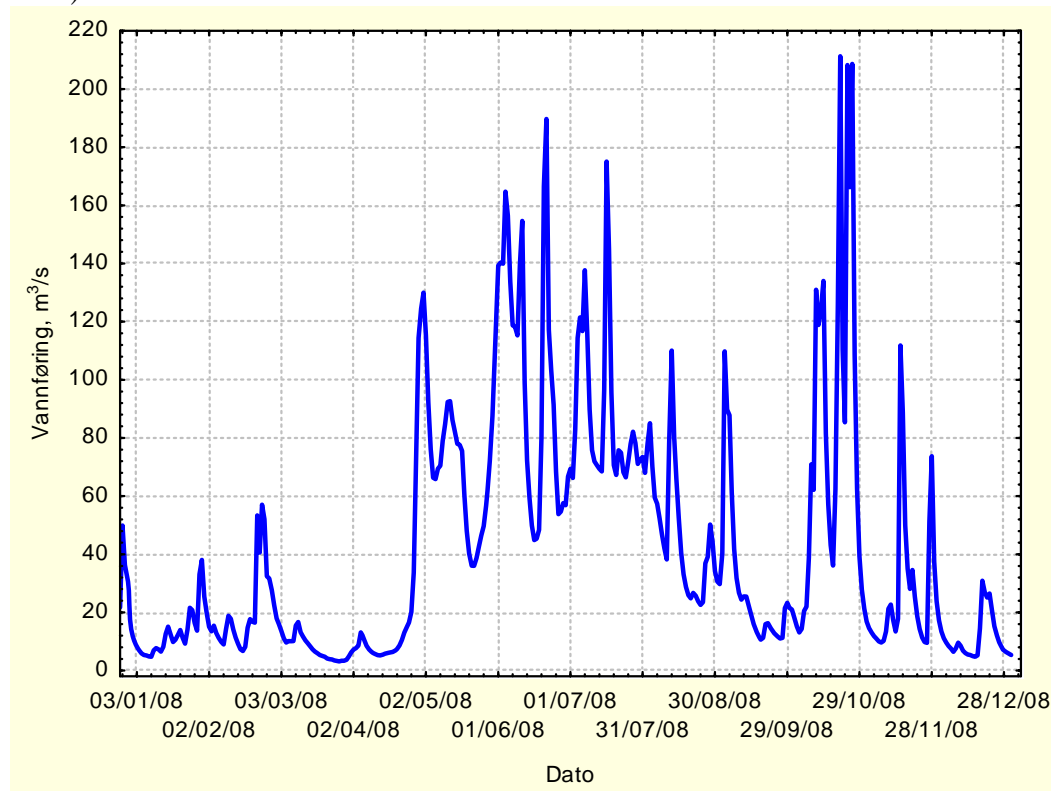


## 5.3 Nitrogen, oksygen og fosfor i vannmassene

### 5.3.1 Ferskvannstilførsel og saltholdiget

Ferskvannstilførselen til den indre delen av Sørfjorden kommer i hovedsak fra Opo. Figur 11 viser døgnverdier av vannføringen på NVEs målestasjon ved Sandvinvatnet i tidsrommet 1.1.-31.12.2008. Variasjonene er store og raske, med 211 m<sup>3</sup>/s som høyeste og 46,7 m<sup>3</sup>/s som gjennomsnittlig vannføring i dette tidsrommet.

Figur 11. Døgnverdier for vannføringen i Sandvinvatnet i tidsrommet 1.1.-31.12.08 (kilde: NVE).



Denne store ferskvannstilførselen fører til at vannmassene kan inndeles i to lag:

- Brakkvannslaget eller overflatelaget, som består av en blanding av ferskvann og sjøvann. Tykkelse og saltholdighet varierer mye, dels pga. store variasjoner i Opos vannføring og dels en varierende tilførsel av ferskvann til Hardangerfjorden utenfor Sørfjorden. Man kan skjelne mellom det brakkvannslaget som ferskvannstilførselen fra Opo skaper (tykkelsen oftest omkring 3 m og saltholdigheten 1-15) og det dypere liggende brakkvannet fra selve Hardangerfjorden (oftest ned til omkring 10 m dyp). Ved de 6 tidspunktene i 2008 ble laveste saltholdighet i 0,5 m dyp målt til 3 og den høyeste 21.
- Sjøvannslaget ligger under brakkvannslaget og helt til bunnen. Saltholdigheten øker med dypet og kan nå opp til ca. 35.

Sammenlignet med tilsvarende målinger i tidsrommet 1995-2006 var saltholdigheten mellom 10 m dyp og bunnen i 2008 uvanlig lav, og det er grunn til å tro at sonden var upålitelig. Dataene er derfor ikke vist.

Utskiftningen av de dypere vannmassene i Havnebassenget og ved Lindenes styres i stor grad av variasjonene i saltholdighet (og egenvekt) på tilsvarende dyp i selve Hardangerfjorden. Når egenvekten til vannmassene i Hardangerfjorden på forsommeren avtar pga. av økende ferskvannsinnblanding kan tyngre vann fra Sørfjorden strømme ut av fjorden, mens lettere "Hardangerfjordvann" strømmer inn. Senere kan dette strømmønsteret bli snudd. I tillegg vil det stadig foregå mer kortvarige inn- og utstrømninger som følge av skiftende vindforhold i fjordområdet og på kysten.

Tar vi i betraktning at det i tillegg til tidevannet vil også varierende vind og lufttrykk bidra 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 [15] 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 inngående strøm like under dette.

### 5.3.2 Nitrogen

Etter at utslippet fra Odda smelteverk stoppet høsten 2002 har konsentrasjonen av nitrogen i Sørfjordens indre del avtatt til ca. 1/3-1/4 av de tidligere nivåene (Tabell 5), og i 2008 var nitratkonsentrasjonen som gjennomsnitt den laveste siden 2000 både i Havnebassenget og ved Lindenes. Dette viser at den positive utviklingen med avtakende utlekking av nitrogen fra sedimentene fortsetter. Nitratkonsentrasjonen varierer mye med tiden og dette er i alt vesentlig et resultat av varierende vannutskiftning.

*Tabell 5. Havnebassenget og Lindenes. Statistikk for konsentrasjonen av nitrat i sjøvannslaget (10 m og dypere) i 2001-2006 (33-56 målinger hvert år). Målingene i 2002 inkluderer tidsrommet med nedkjøring og stopp av utslippet fra Odda smelteverk i løpet av høsten.*

År	Havnebassenget			Lindenes		
	Gjennomsnitt	Maksimum	Median	Gjennomsnitt	Maksimum	Median
2001	564	1330	610	584	1255	640
2002	641	1329	707	529	1319	445
2004	137	388	108	155	329	130
2005	171	361	122	179	302	222
2006	116	269	106	147	277	170
2008	111	290	102	139	295	125

Det har tidligere vært en sterk negativ sammenheng (negativ korrelasjon) mellom oksygen og nitrat: høy konsentrasjon av nitrat indikerer høyt oksygenforbruk og dermed lav oksygenkonsentrasjon. For høle vannmassen mellom 10 m dyp og bunn i Havnebassenget fikk man i 2006 korrelasjonskoeffisienten  $r^2=0,86$  som betyr at ca. 86 % av variasjonene i oksygenkonsentrasjon kan forklares av tilsvarende variasjoner i mengden av nitrat.

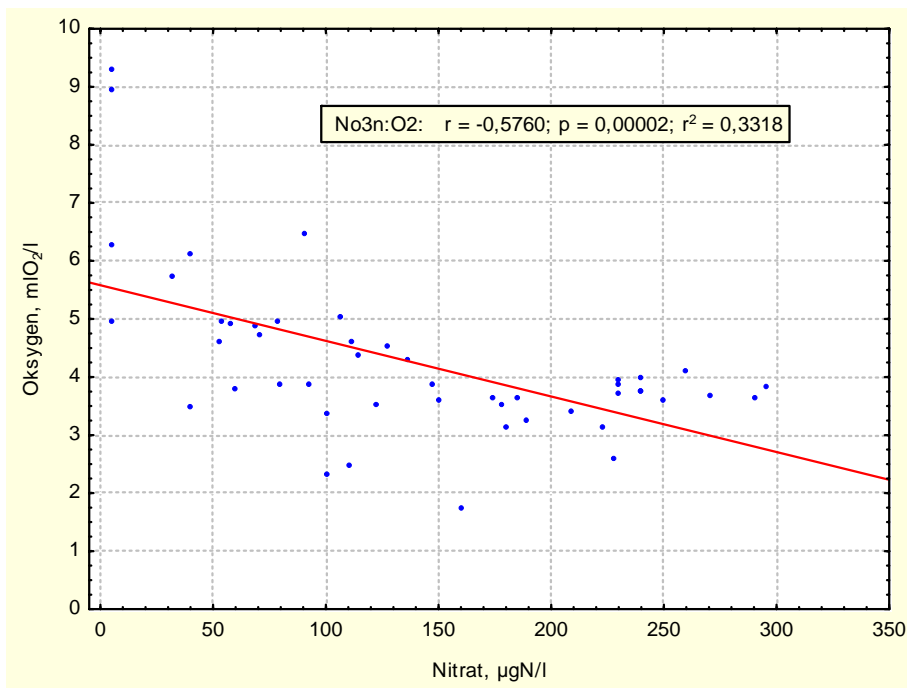
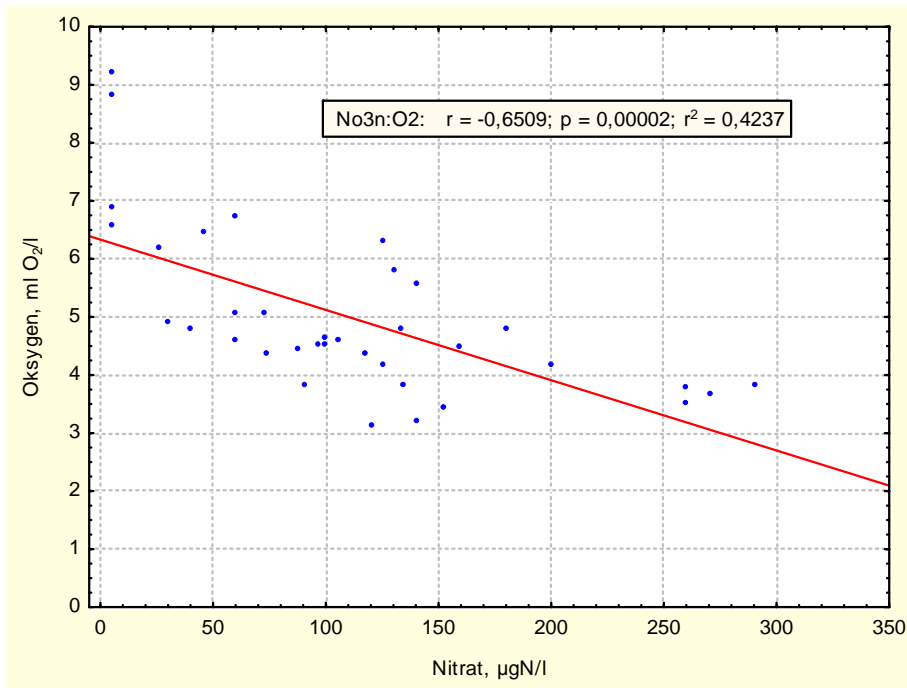


Sammenhengen var litt/ubetydelig svakere ved Lindenes ( $r^2=0,82$ ) og viste at det fire år etter at utslippene fra smelteverket stoppet fortsatt var et stort oksygenforbruk pga. utlekking av nitrogen fra bunnsedimentene i Havnebassenget. Og at det skjedde en utstrømming av nitrogenrikt/oksygenfattig vann fra Havnebassenget og videre nordover i Sørfjorden.

Resultatene for 2008 er vist i Figur 12. Korrelasjoner på ca.  $r^2=0,42$  og ca.  $r^2=0,33$  mellom oksygenkonsentrasjon og nitratkonsentrasjon forteller at bare 30-40 % av endringene i oksygenkonsentrasjon da kunne forklares med tilsvarende endringer i konsentrasjonen av nitrat (høy N-konsentrasjon gir lav  $O_2$ -konsentrasjon, og omvendt). Dette kan regnes som en signifikant, men svak sammenheng – og vesentlig svakere enn i 2006.

Ved de nitrat-nivåene som nå måles på vil betydningen av en varierende vannfornyelse i hovedsak prege bildet (nytt vann medfører vanligvis økt oksygenkonsentrasjon og redusert nitratkonsentrasjon). Altså langt på vei den naturlige situasjonen for et fjordbasseng.

Figur 12. Oksygen og nitrat i hhv. 10-40 m dyp i Havnebassenget (øverst) og i 10-80 m dyp ved Lindenes (nederst) i 2008.



### 5.3.3 Oksygen

Oksygenkonsentrasjonen i dypere vannlag er et resultat av balansen mellom:

1. *Oksygentilførsel*: i hovedsak gjennom tilførsel av oksygenrikt sjøvann fra Sørkjordens nordre deler.
2. *Oksygenforbruk*: i hovedsak fra nedbrytning av organisk materiale tilført via direkte utslipp og ved nedsynkende planteplankton, samt kjemisk oksygenforbruk av utlekking av nitrogen fra bunnsedimentene i Havnebassenget (se foregående kapittel).

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, liten vannutskiftning og dermed relativt liten oksygentilførsel. I løpet av vinterhalvåret bedres forholdene pga. større vannutskiftning og lavere oksygenforbruk. Det spesielle ved Sørkjordens indre del har vært et stort oksygenforbruk pga. utlekking av nitrogen fra bunnsedimentene.

Som grunnlag for bedømmelse av oksygenforholdene, viser Tabell 6 klassifiseringsgrunnlaget i SFTs veiledning i klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

Tabell 6. Tilstandsklassifisering for oksygen (fra Molvær et al. [16])

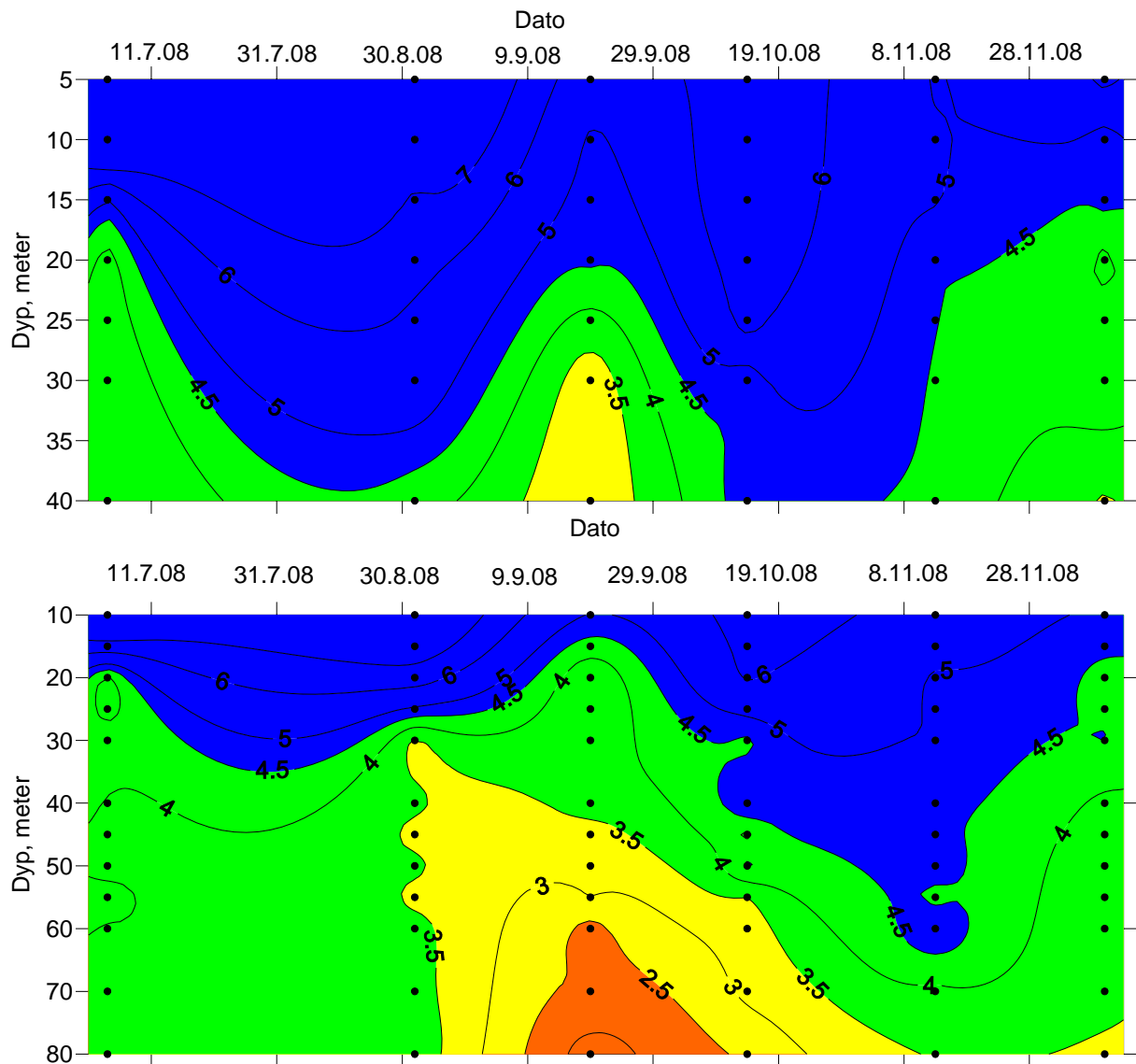
Tilstandsklasser	I	II	III	IV	V
	Meget god	God	Mindre god	Dårlig	Meget dårlig
Oksygen, ml/l	>4.5	4.5-3.5	3.5-2.5	2.5-1.5	<1.5

Figur 13 viser oksygenforholdene i henholdsvis Havnebassenget og ved Lindenes i 2008 som isopleter, der fargekoder (jfr. Tabell 6) er brukt for å vise forskjellige tilstandsklasser. Tilstanden er varierende, med minimum i september. I store trekk var tidsforløpet det samme i begge områdene, med laveste konsentrasjon (vannkvalitetsklasse IV = Dårlig) i bunnvannet ved Lindenes. Resultatene tyder på fortsatt noe oksygenforbruk pga. fortsatt utlekking av dicyandiamid fra store hauger av dicykalk på bunnen av havnebassenget.

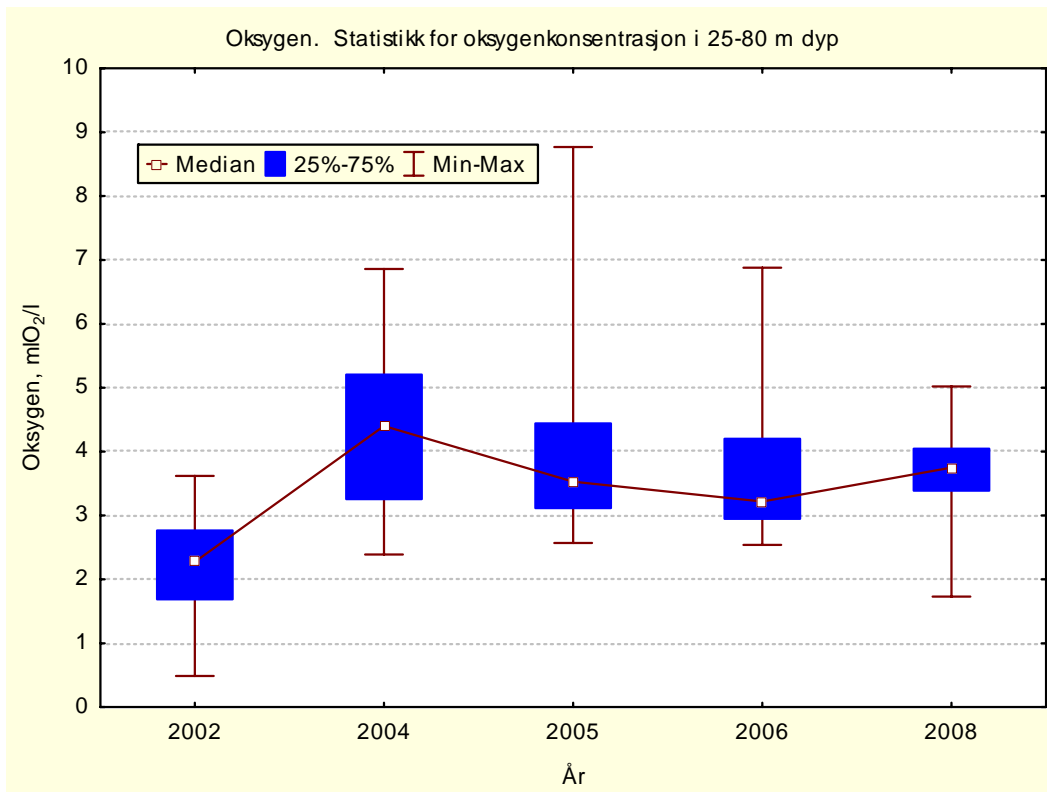
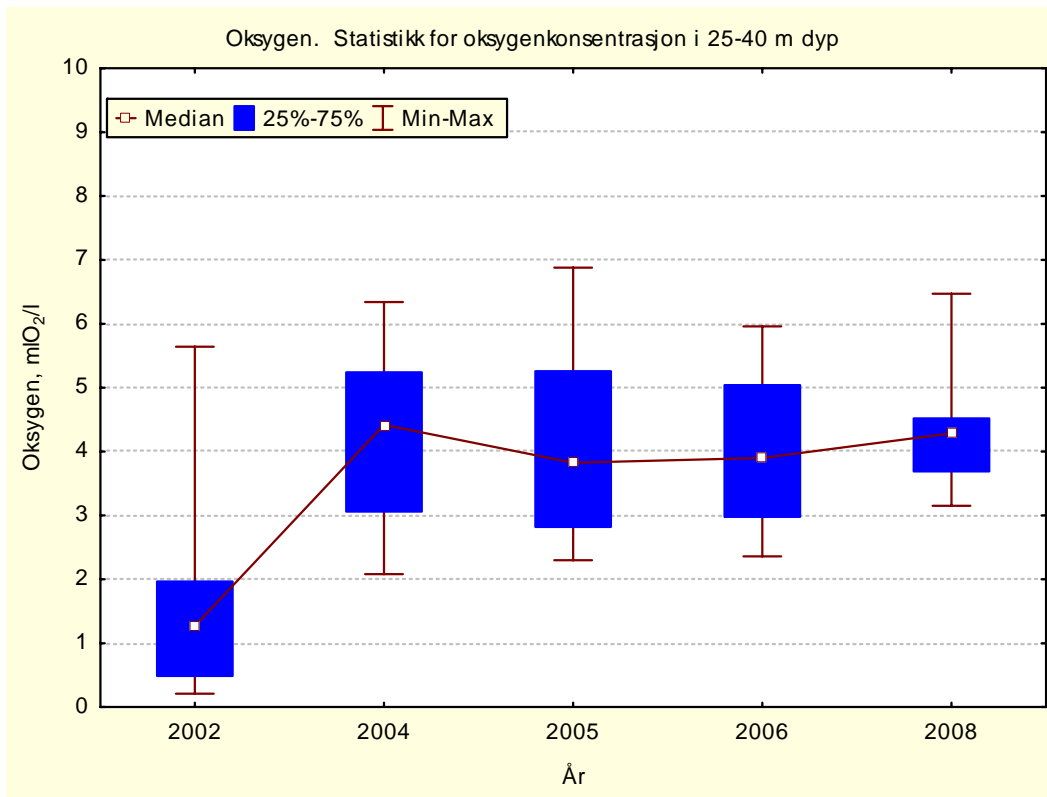
Figur 14 viser oksygenforholdene i henholdsvis Havnebassenget og ved Lindenes i tidsrommet 2002-2008. Hovedinntrykket er en stor forbedring i tidsrommet 2003-2004 fordi utslippet av oksygenforbrukende stoffer fra Odda smelteverk var stoppet.

Det er størrelsen av en varierende vannfornyelse som i hovedsak preger bildet (nytt vann medfører vanligvis økt oksygenkonsentrasjon). Altså langt på vei den naturlige situasjonen for et fjordbasseng.

Figur 13. Oksygenmålinger ( $\text{mlO}_2/\text{l}$ ) i Havnebasenget (øverst) og ved Lindenes (nederst) i 2008. Tidspunkt og dyp for prøvetaking er vist som svarte prikker. Fargene henviser til SFTs tilstandsklasser (jfr.Tabell 6).



Figur 14. Oppsummerende statistikk for oksygenmålinger ( $\text{mlO}_2/\text{l}$ ) i Havnebassenget (øvre figur, 25-40 m dyp) og ved Lindenes (nedre figur, 25-80 m dyp) i tidsrommet 2002-2008. En stor forbedring kan observeres etter at utslippet fra Odde smelteverk stoppet høsten 2002.



### 5.3.4 Fosfor

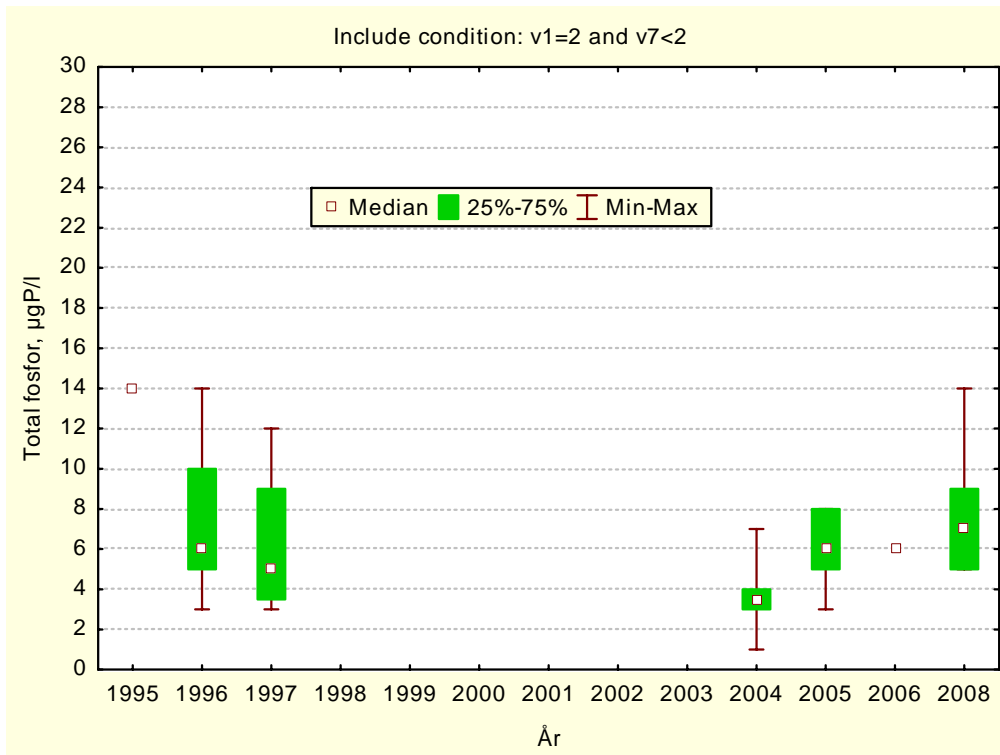
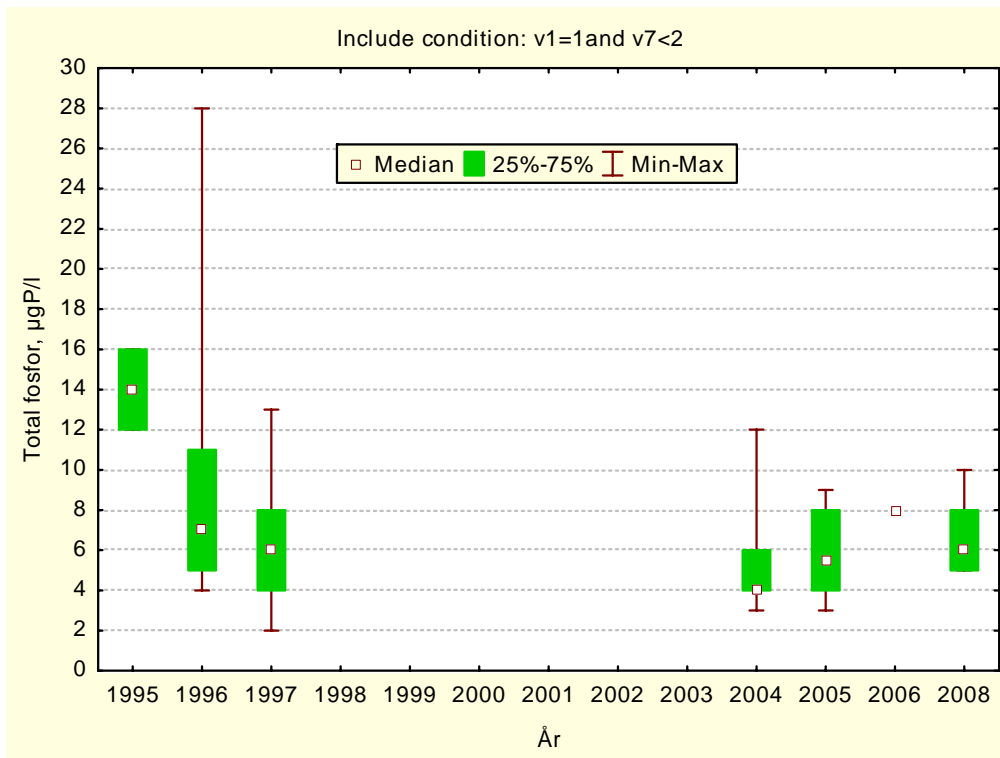
I 2008 ble konsentrasjonen av total fosfor ved 6 tidspunkt målt i 0,5 m, 10 m og 20 m dyp i Havnebassenget og ved Lindenes. Dypene for prøvetaking ble valgt for å få et mål på konsentrasjonen i brakkvannslaget og i sjøvannslaget. I sjøvannslaget ble det målt i to dyp fordi dette er vannmassen hvor utslippet av kommunalt avløpsvann blir innlagret – oftest i 15-20 m dyp. Resultatene fra brakkvannslaget og sjøvannslaget for juni-november/desember 1996-97 og for juni-november 2004, 2005 og 2008 er sammenfattet i Figur 15 og Figur 16.

Fosforkonsentrasjonen i sjøvannslaget som det her er målt på vil i stor grad være bestemt av:

1. Direkte utslipp av avløpsvann til havnebassenget og ved Lindenes: her har fordelingen endret seg fra 1995-1997 til 2008 ved at utslippene av kommunalt avløpsvann til havnebassenget er fjernet. Avløpsvannet føres til mekanisk anlegg ved Lindenes og slippes ut i ca. 30 m dyp, og med innlagring oftest i 15-20 m dyp.
2. Tilførsel av fosfor til selve Hardangerfjorden: beregninger viser at tilførselen av menneskeskapt fosfor har økt vesentlig de siste 15-20 år (se bl.a. Moy et al. [17]). Økningen skyldes ekspansjonen innen oppdrettsnæringen og tilførselen av fosfor vil derfor være størst om høsten. På den annen side må understrekes at oppdrettsanleggene i Hardangerfjorden i alt vesentlig ligger vest for Sør fjorden; noe som vil betydelig redusere en påvirkning.

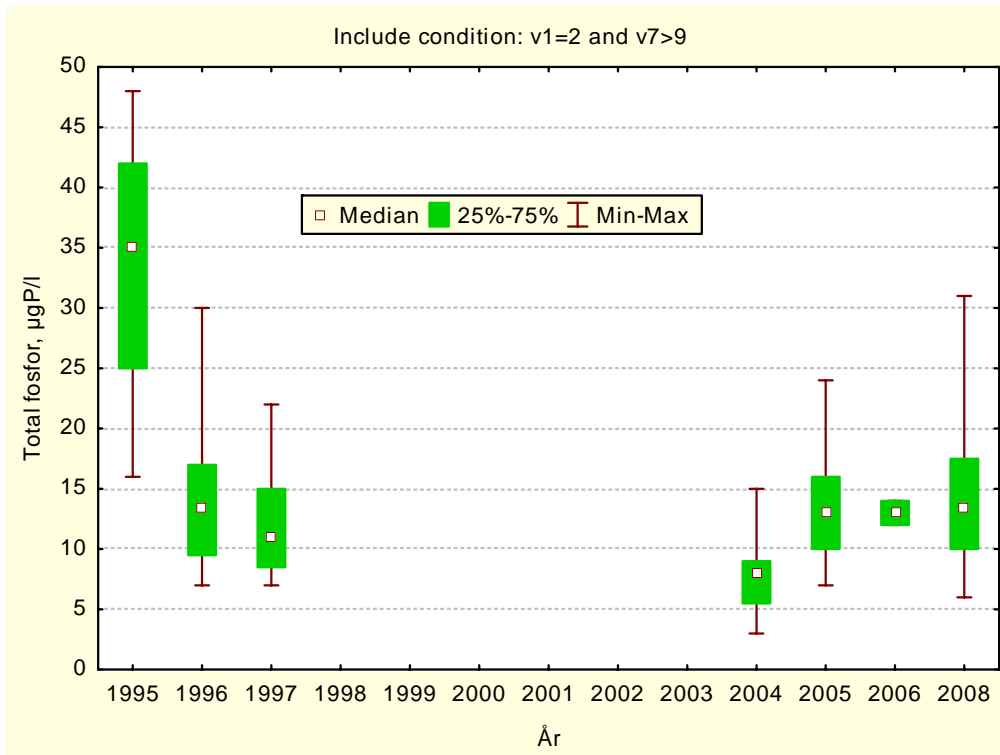
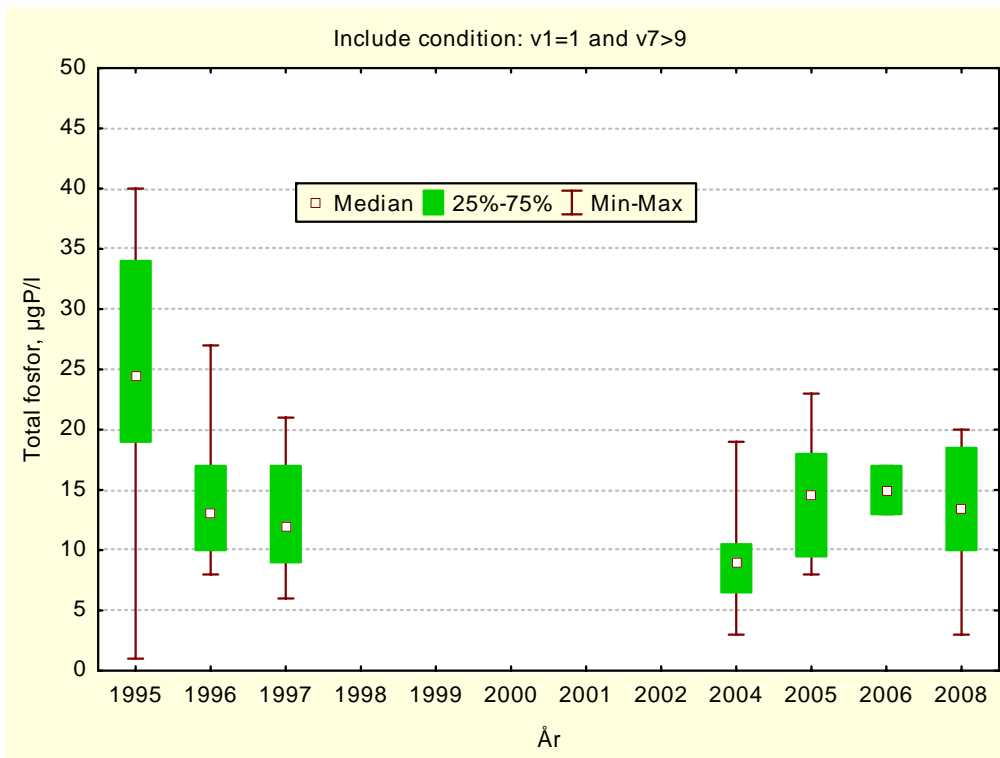
Målingene viser ganske store variasjoner fra år til år. I 1995 og 2006 var prøveantallet (1-2) så lite at man ikke kan sammenligne resultatene med de øvrige årene. Hovedinntrykket er at i tidsrommet 2005-2008 har konsentrasjonen vært ganske stabil både i Havnebassenget og ved Lindenes. Sammenligning av konsentrasjonen i 1996-97 og 2005-2008 viser varierende og små forskjeller. Man kan få inntrykk av noe høyere konsentrasjon i siste periode, men forskjellen er neppe statistisk signifikant.

Figur 15. Oppsummering av fosforkonsentrasjon i brakkvannslaget i Havnebassenget (øverst) og ved Lindenes (nederst). I 1995 og 2006 ble det bare gjort 1-2 målinger og man bør se bort fra disse årene.





Figur 16. Oppsummering av fosforkonsentrasjon i sjøvannslaget i Havnebassenget (øverst) og ved Lindenes (nederst). I 1995 og 2006 ble det bare gjort 1-2 målinger og man kan se bort fra disse årene.



## 5.4 Miljøgifter i organismer

### 5.4.1 Metaller i fisk

#### Oppsummering av de viktigste observasjonene, 2008:

- Gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i torsk fra Sørfjorden i 2008 tilsvarte Kl. II (moderat forurenset) i SFTs klassifiseringssystem.

Analyser av dypvannsfisk inngikk ikke i overvåkingen innenfor Statlig program for forurensningsovervåking i 2008, men skal samles inn i 2009. Det ble imidlertid fanget Lange (*Molva molva*) i Sørfjorden innenfor CEMP i 2008. Resultatene fra analyser av kvikksølv og klororganiske forbindelser i disse fiskene beskrives kort i det følgende. I det følgende redegjøres det dessuten for resultatene fra den årlige overvåkingen av fisk innenfor CEMP. I tillegg er det sikret prøver (3 blandprøver av torskefilet) fra denne fisken til analyser av dioksiner og dioksinliknende PCB (non-ortho).

#### Årlig overvåking

I det følgende henvises det til resultater som gjennomsnittsverdier og standardavvik fra analysene av enten individuelle fisk eller blandprøver av fisk. Ytterligere informasjon om prøvene, som er samlet inn innenfor CEMP, er tilgjengelig gjennom databasen og rapportene som produseres gjennom dette programmet.

Resultatene fra den rutinemessige årlige overvåkingen er oppsummert i Tabell 7.

Forhøyede konsentrasjoner av **kvikksølv** ble funnet i **torsk** fra **Sørfjorden**, 2008. Gjennomsnittlig kvikksølv-innhold tilsvarte **moderat** ( Kl. II) i SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet [16]. Dette er på samme nivå som observasjonene i perioden 2004-2006 (Tabell 8 og Figur 17). I **Skrubbe** tilsvarte kvikksølvkonsentrasjonene også Kl. II, **moderat** forurenset (sammenlignet med tilstandsklassene for torsk). Dette er på samme nivå som foregående år (2007) og representerer en lavere konsentrasjon enn gjennomsnittskonsentrasjonen som ble observert i 2005 (0,83 mg/kg våtvekt).

Med unntak av kvikksølv, er metaller i fisk så langt ikke inkludert i SFTs klassifiseringssystem, men i henhold til data fra JAMP referansestasjoner 1990-1998 [18] bør ikke innholdet av kadmium i torskelever være over 0,20-0,25 mg/kg. Gjennomsnittskonsentrasjonen av **kadmium** i **torsk** fra **Sørfjorden** lå i 2008 ca. en faktor 3 høyere enn dette nivået, altså litt høyere enn de siste 6 årene (Tabell 7).

Gjennomsnittskonsentrasjonen av **bly** i **torsk** fra **Sørfjorden** lå også litt høyere i 2008 enn det man har observert de siste årene, mens konsentrasjonene av **kobber** og **sink** lå på samme nivå som tidligere (Tabell 7).

Når det gjelder observasjonene fra **Strandebram** og **Åkrafjorden**, så har ikke konsentrasjonene endret seg nevneverdig de siste årene.

Som tidligere nevnt, dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av metaller i fisk fra Sørfjorden og Hardangerfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende bemerkes:

- Nivåene av kvikksølv, kadmium og bly er høyere i torsk fra Sørfjorden, enn andre kystområder [19].
- I indre Oslofjord kan imidlertid nivåene av kvikksølv i fisk være tilnærmet like konsentrasjonene i fisk fra Sørfjorden, enkelte år [19].
- Bly forekommer flere år i høyere konsentrasjoner i torsk fra indre Oslofjord, enn i torsk fra Sørfjorden [19].
- Skrubbe viser tydelig høyere konsentrasjoner av metaller i Sørfjorden, sammenlignet med andre kystområder [19].
- Metall-konsentrasjoner i fisk fra Strandebarmligger på nivåer man kan finne andre steder langs kysten [19].

### *Dypvannsfisk*

Gjennomsnittskonsentrasjonen (i 25 individer) av **kvikksølv** i filet av **lange** fra Sørfjorden var **0,47 µg/g våtvekt** (standardavvik 0,24). Dette er i samme størrelse som konsentrasjonene som ble observert (Statlig program for forurensningsovervåking) i perioden 2003-2006 [20]. Dersom man skulle sammenligne denne konsentrasjonen med SFTs tilstandsklasser for kvikksølv i filet av **torsk**, ville den tilsvare markert forurenset (Kl. III).

Tabell 7. Gjennomsnitt/Standardavvik for kvikksølv i filet og kadmiium, kobber, bly og sink i lever av torsk (*Gadus morhua*), skrubbe (*Platichthys flesus*) og glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*) fra indre Sør fjorden (JAMP st. 53B), Strande barm i Hardangerfjorden (JAMP st. 67B) og Åkrafjorden (ref.st. 21F) i 2008, mg/kg våtvekt.

Stasjoner/Arter	Filet Hg	Lever Cd	Lever Pb	Lever Cu	Lever Zn
<b>Indre Sør fj.</b>					
Torsk <sup>1)</sup>	0,20/0,09	0,64/0,59	0,27/0,31	9,68/7,87	43,2/10,3
Skrubbe <sup>2)</sup>	0,22/0,19	1,47/1,30	0,82/0,68	16,42/4,03	43,4/9,1
<b>Strande barm</b>					
Torsk <sup>3)</sup>	0,06/0,06	0,02/0,02	≤0,07/~0,20	8,32/5,23	20,6/5,5
Skrubbe <sup>4)</sup>	0,06/0,02	0,12/0,05	<0,02/-	10,77/2,77	49,1/8,2
Glassvar <sup>5)</sup>	0,14/0,09	0,03/0,01	0,04/0,04	4,97/0,94	45,4/9,6
<b>Åkrafjorden (ref.st.)</b>					
Skrubbe <sup>6)</sup>	-	-	-	-	-
Glassvar <sup>7)</sup>	0,17/0,09	0,06/0,03	≤0,02/~0,00	6,55/1,73	77,7/9,9

1) Individuelle analyser av 25 eks.: 205-1218 g (gjennomsnitt 558 g).

2) 5 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 484 g, 687 g, 720 g, 787 g og 1145 g.

3) Individuelle analyser av 25 eks.: 266-3283 g (gjennomsnitt 1125 g).

4) 5 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 526 g, 1025 g, 1166 g, 1409 g og 1983 g.

5) 5 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 184 g, 235 g, 313 g, 391 g og 669 g.

6) Det ble ikke fanget skrubbe i Åkrafjorden i 2008.

7) 5 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 248 g, 419 g, 634 g, 750 g og 1104 g.

Tabell 8. Gjennomsnitt av kvikksølv i muskel av torsk, skrubbe og glassvar fra indre Sør fjorden (JAMP-st. 53) og Strande barm (JAMP-st. 67) 1987-2008, mg/kg våtvekt.

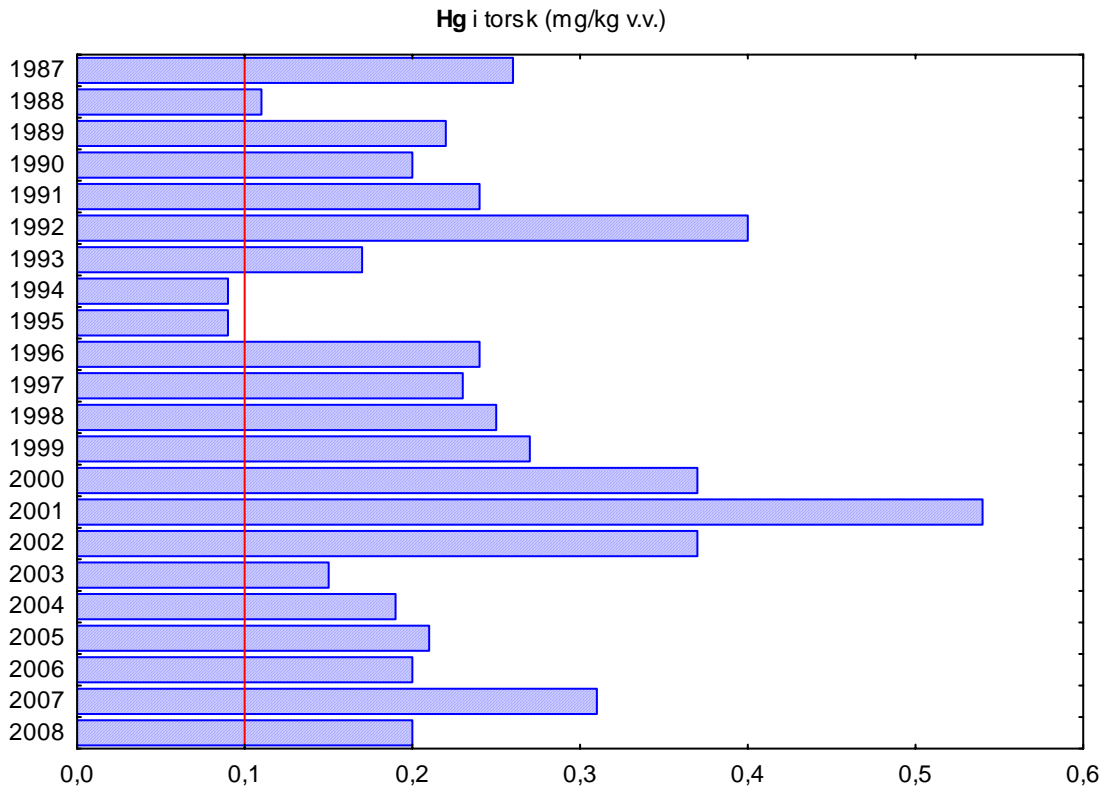
Stasjoner/ arter	-87	-88	-89	-90	-91	-92	-93	-94	-95	-96	-97	-98
<b>Indre Sør fj.</b>												
Torsk	0,26	0,11	0,22	0,20	0,24	0,40	0,17	0,09	0,09	0,24 <sup>1)</sup>	0,23 <sup>1)</sup>	0,25 <sup>1)</sup>
Skrubbe		0,10	0,13	0,12	0,13	0,12	0,08	0,15	0,05	0,17 <sup>2)</sup>	0,19 <sup>2)</sup>	0,20 <sup>2)</sup>
<b>Strande- barm</b>												
Torsk	0,14	0,09	0,10	0,12	0,12	0,10	0,11	0,13	0,08	0,10	0,13	0,07
Glassvar	0,35	0,33	0,36	0,10	0,10	0,21	0,26	0,43	0,35	0,41	0,27	0,17
Skrubbe										0,18		0,05

<sup>1)</sup> Middel av verdiene fra Tyssedal og Edna

<sup>2)</sup> Middel av verdiene fra Odda, Tyssedal og Edna

Stasjoner/ arter	-99	-00	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08
<b>Indre Sør fj.</b>										
Torsk	0,27	0,37	0,54	0,37	0,15	0,19	0,21	0,20	0,31	0,20
Skrubbe	0,19	0,26	0,37	0,57	0,53	0,32	0,83	-	0,23	0,22
<b>Strande- barm</b>										
Torsk	0,07	0,11	0,08	0,08	0,05	0,04	0,06	0,06	0,07	0,06
Glassvar	0,24	0,19	0,16	0,16	0,14	0,23	0,17	0,14	0,17	0,14
Skrubbe	0,04	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06

Figur 17. Gjennomsnittsverdier av kvikksølv i muskel av torsk fra indre Sør fjorden (1987-2008), mg/kg våtvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 8. (| = øvre grense for Klasse I [lite/ubetydelig forurenset]).



## 5.4.2 Metaller i blåskjell

### Oppsummering av de viktigste observasjonene, 2008:

- Metallanalysene av blåskjell viste ingen overskridelser av Kl. I (lite/ubetydelig forurenset) for kobber og sink.
- Kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell viste opp til moderat forurensning (Kl. II).
- Analysene av kadmium i blåskjell viste ubetydelig/lite (Kl. I) til moderat (Kl. II) grad av forurensning (markert forurensning, Kl. III, i skjell samlet innenfor CEMP på stasjon B6/56A). På enkelte stasjoner var konsentrasjonene de laveste som er observert siden starten av tidsserien.
- Analysene av bly i blåskjell viste ubetydelig/lite (Kl. I; kun stasjon Utne) til markert (Kl. III) grad av forurensning.

Resultatene fra metallanalysene av blåskjell er presentert i Tabell 9. Den tidsmessige utviklingen er fremstilt i Figur 18-Figur 22 (i rekkefølgen kvikksølv, kadmium, bly, sink og kobber).

Metallkonsentrasjonene i blåskjell i 2008 viste generelt ingen påfallende endringer i forhold til de siste 5 år (Tabell 9, Figur 18-Figur 22). Det bemerkes igjen at det er noe naturlig variasjon i metallkonsentrasjonene i blåskjell. Dette kommer til uttrykk i tilsynelatende enkelte forskjeller mellom skjell samlet innenfor CEMP og skjell samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking (en måned senere; Tabell 9), der hvor innsamlingsstasjonene er overlappende. Det må imidlertid bemerkes at det var også veldig like konsentrasjoner i skjell samlet innenfor de to overvåkingsprogrammene på flere stasjoner (Tabell 9). Det er også analysert replikate prøver fra to stasjoner innenfor Statlig program for forurensningsovervåking i 2008 (stasjonene Tyssedal, B3 og Utne; Tabell 10). Det var ingen større forskjeller i metallkonsentrasjoner mellom replikater (Tabell 10).

**Kvikksølv** viste opp til **moderat (Kl. II)** forurensning (stasjon B1/51A, B2/52A [kun Statlig program for forurensningsovervåking] og B6/56A). Ellers var blåskjellene **ubetydelig/lite (Kl. I)** forurenset med kvikksølv.

**Kadmium** viste **ubetydelig/lite (Kl. I)** til **moderat (Kl. II)** forurensning i blåskjellene (markert forurensning, Kl. III, i skjell samlet innenfor CEMP på stasjon B6/56A). På stasjonene B3 (Tyssedal) og B7 (Krossanes; kun Statlig program for forurensningsovervåking) tilsvarte konsentrasjonene av kadmium for første gang ubetydelig/lite (Kl. I) forurenset (Figur 19).

**Bly** viste **ubetydelig/lite (Kl. I)** (kun stasjon Utne) til **markert (Kl. III)** (stasjon B1/51A, B2/52A [kun Statlig program for forurensningsovervåking] og B6/56A) forurensning i blåskjellene.

Alle observasjonene av **kobber** og **sink** tilsvarte **liten/ubetydelig (Kl. I)** forurensning, slik de har gjort de siste årene. Dette igjen på tross av at vannprøver gjennom året viste relativt høye vannkonsentrasjoner av sink innerst i Sørfjorden (Figur 6). Det må imidlertid igjen påpekes at blåskjell har en evne til å regulere opptak/utskillelse av dette metallet ([21] med ref.).

Det kan bemerkes igjen at det er tydelig at konsentrasjonene av de fleste metallene i blåskjell er vesentlig redusert siden midten av 1980-årene, da fjellhallene til Boliden Odda AS ble etablert (Figur 18-Figur 22). Statistiske trendanalyser som gjennomføres innenfor CEMP på de årlige medianene (1987-2008; Green et al. under utarbeidelse) viser sågar statistisk signifikante reduksjoner i særlig konsentrasjonene av kadmium, sink og bly på de fleste stasjoner (og kvikksølv på noen stasjoner). I dataene samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking viser også særlig kadmium signifikante lineære reduksjoner i blåskjellkonsentrasjonene (Figur 19). Blant stasjonene hvor de lengste tidsseriene foreligger hadde modellen (den rette linjen) den beste forklaringsprosenten på stasjonene B4 (Digranes), B6 (Kvalnes) og B7 (Krossanes) (hvh.  $R^2=0,78$ ,  $R^2=0,71$  og  $R^2=0,71$ ), hvor man av Figur 19 også kan observere den jevneste nedgangen. Dataene kan imidlertid tilpasses enda bedre en eksponentiell reduksjon, hvor nedgangen er hhv. 15%, 14 % og 12% per år, slik det er vist i Figur 19b.

Tabell 9. Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Sørfjorden og Hardangerfjorden 2008 (2-11 september, 2008 [CEMP] og 15 og 20 oktober 2008 [Statlig program; S. P.], mg/kg tørrvekt). (Fra CEMP gjennomsnitt av 3 størrelseskategorier; fra INDEKS-programmet gjennomsnitt av 3 paralleller av samme størrelseskategori). Ikke analysert: i.a. Jfr. Figur 1 vedrørende stasjonsplassering (i tabellen oppført med økende avstand fra Odda).

St.	Hg		Cd		Pb		Zn		Cu	
	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.
B1/51A	0,26 <sup>1)</sup>	0,28	2,8 <sup>1)</sup>	2,6	23,8 <sup>1)</sup>	20,6	i.a.	102	i.a.	5,8
B2/52A	0,15	0,22	2,3	2,3	11,4	16,4	97	112	5,4	5,8
B3		0,16 <sup>2)</sup>		1,3 <sup>2)</sup>		10,2 <sup>2)</sup>		107 <sup>2)</sup>		5,7 <sup>2)</sup>
B4		0,12		0,88		7,3		80		4,5
Måge		0,17		1,4		8,2		77		4,8
B6/56A	0,31	0,22	6,0	2,1	19,4	20,9	128	117	6,4	4,6
B7/57A	0,13	0,18	2,4	1,9	4,9	7,7	76	74	5,1	4,8
Utne		0,12 <sup>3)</sup>		0,8 <sup>3)</sup>		2,5 <sup>3)</sup>		80 <sup>3)</sup>		4,3 <sup>3)</sup>
B13/63A	0,12		1,8		2,7		77		4,4	
B15/65A	0,09		1,6		1,9		124		6,6	

<sup>1)</sup> INDEKS-stasjon

<sup>2)</sup> Median av 3 replikater (alle skjell samlet 20.10.08)

<sup>3)</sup> Median av 3 replikater (alle skjell samlet 15.10.08)

Tabell 10. Median-, minimums- og maksimumskonsentrasjon (mg/kg tørrvekt) i triplikate analyser (m.a.o. alle 3 observasjoner) av blåskjell fra stasjon B3 (Tyssedal) og stasjon Utne, 2008.

St.	Hg	Cd	Pb	Zn	Cu
B3 <sup>1)</sup>	0,16 (0,15-0,16)	1,3 (1,3-1,3)	10,2 (9,6-10,3)	107 (98-113)	5,7 (5,6-5,7)
Utne <sup>2)</sup>	0,12 (0,11-0,12)	0,8 (0,7-0,8)	2,5 (2,4-2,8)	80 (76-80)	4,3 (4,2-4,8)

<sup>1)</sup> 3 replikater (alle skjell samlet 20.10.08)

<sup>2)</sup> 3 replikater (alle skjell samlet 15.10.08)

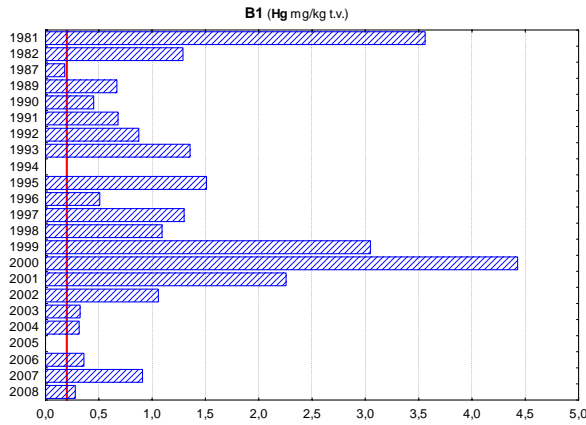
Som tidligere nevnt, dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av metaller i blåskjell fra Sørfjorden og utenfor med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende bemerkes:

- Nivåene av kvikksølv, kadmium og bly er høyere i blåskjell fra Sørfjorden, enn andre kystområder [19].
- Det er ikke uvanlig at kvikksølv- og kadmiumkonsentrasjonene på enkelte stasjoner i Sørfjorden er en faktor >10 og bly en faktor >50 høyere enn vanlige nivåer i andre områder [19].
- Dette kommer også til uttrykk i blåskjell fra stasjoner i fjordsystemet utenfor Sørfjorden, ved at disse ofte også er noe forhøyet [19].

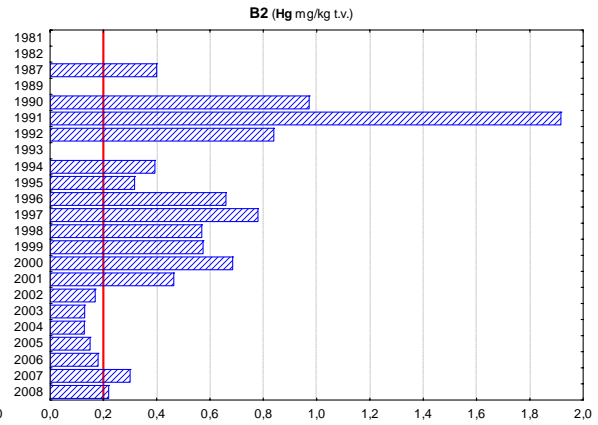


Figur 18. Kvikksølv i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981-2008, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = øvre grense for Klasse I [lite/ubetydelig forurenset]).

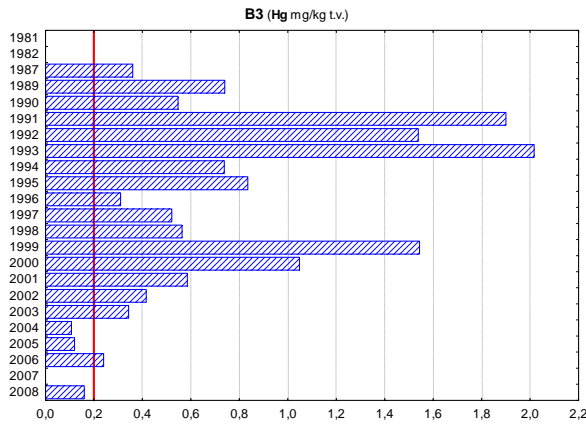
**B1 (2).**



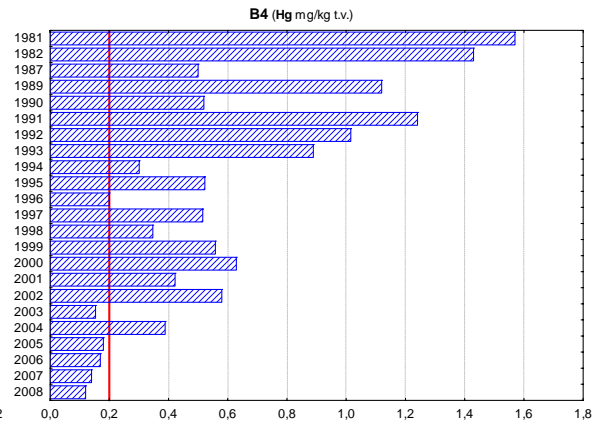
**B2 (3).**



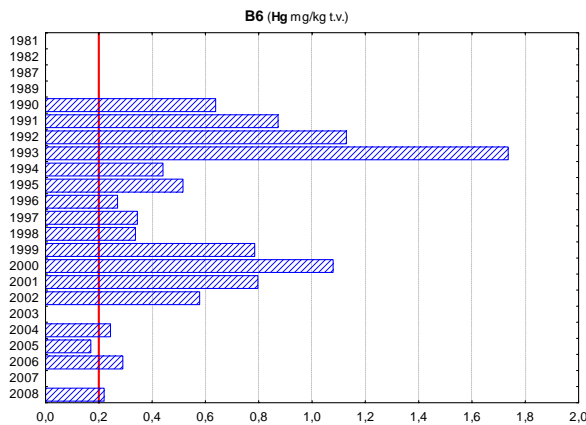
**B3 (6).**



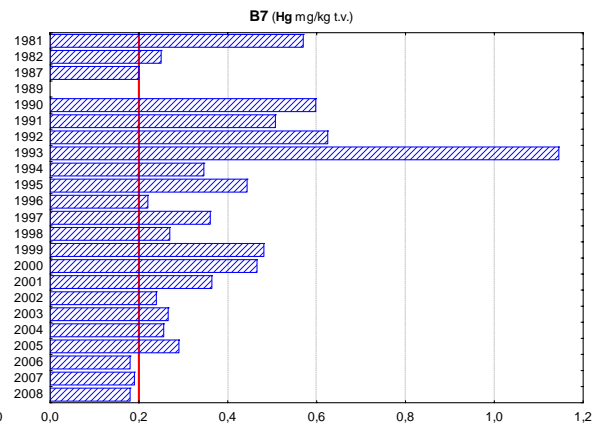
**B4 (10).**



**B6 (18).**

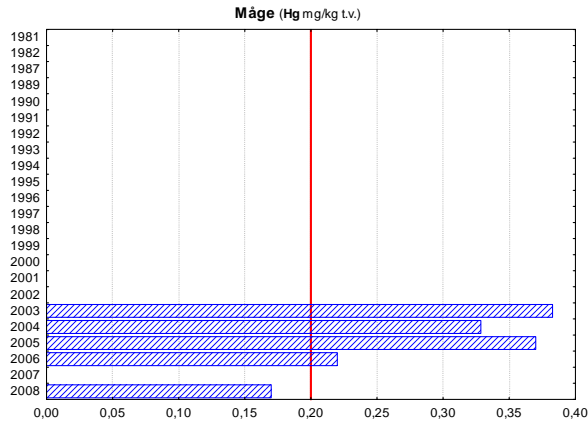


**B7 (38).**

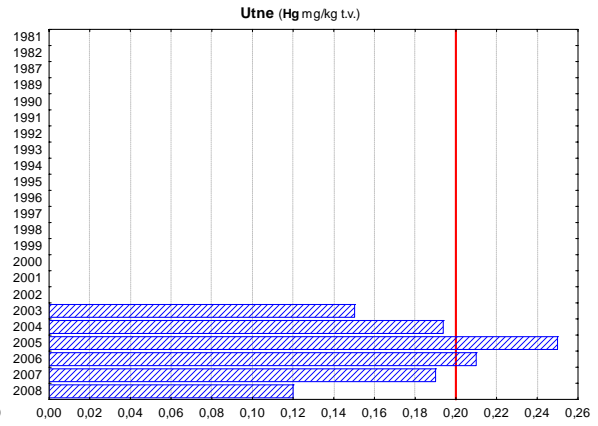


Forts. Figur 18.

**Måge (15).**



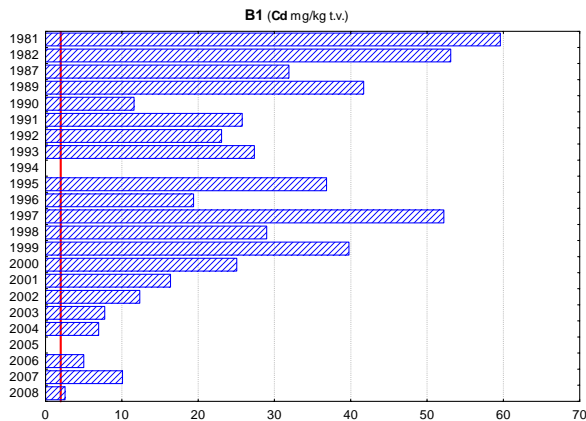
**Utne (40).**



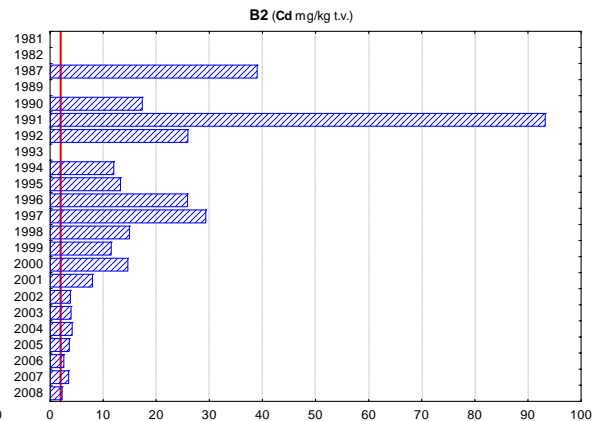
Figur 19. Kadmium i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981-2008, mg/kg tørrvekt (a.; I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand [km] fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. [ ] = øvre grense for Klasse I (lite/ubetydelig forurenset)) og visualisering av eksponentiell reduksjon i kadmiumkonsentrasjoner i blåskjell på stasjonene B4 (Digranes), B6 (Kvalnes) og B7 (Krossanes) (b.)

a.

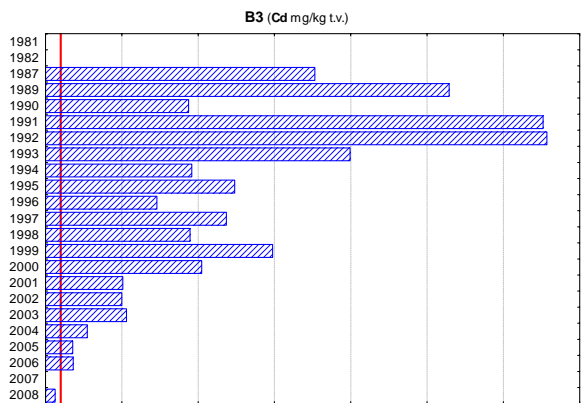
**B1 (2).**



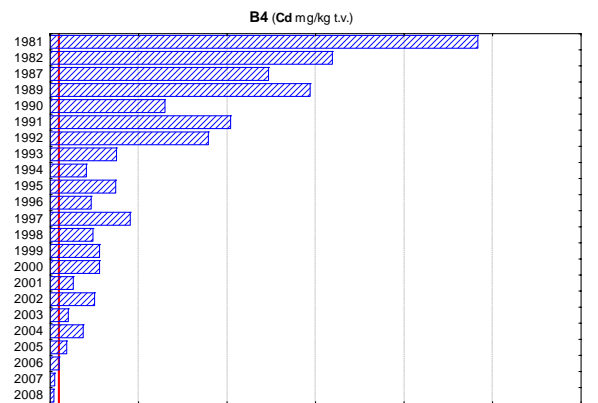
**B2 (3).**



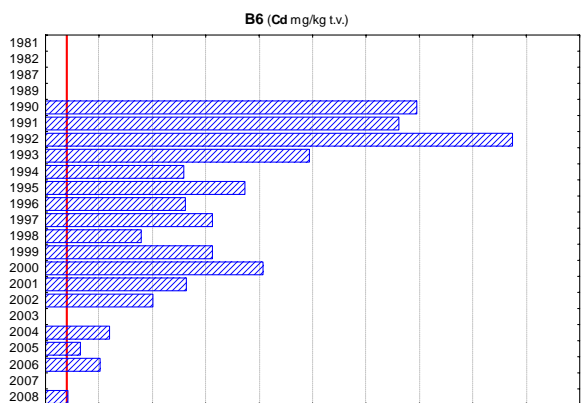
**B3 (6).**



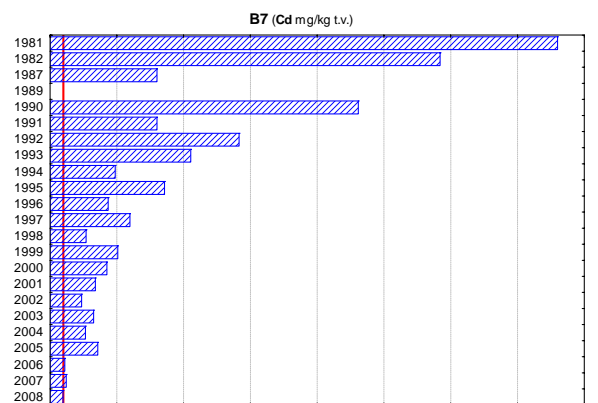
**B4 (10).**



**B6 (18).**

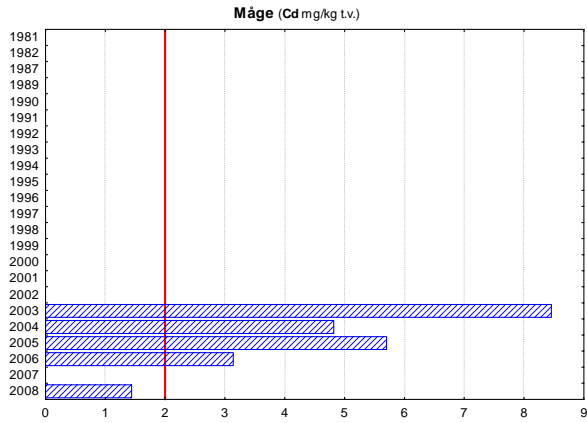


**B7 (38).**

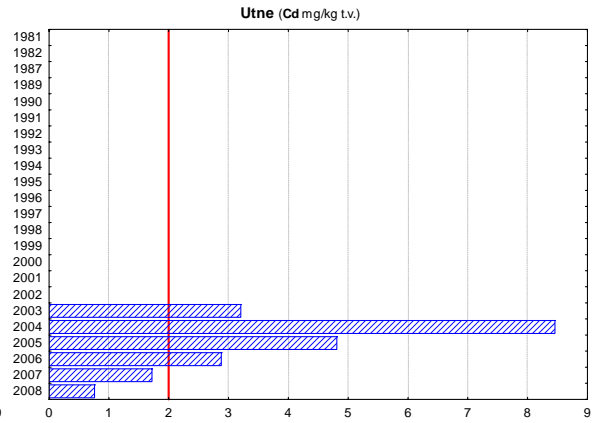


Forts. Figur 19.

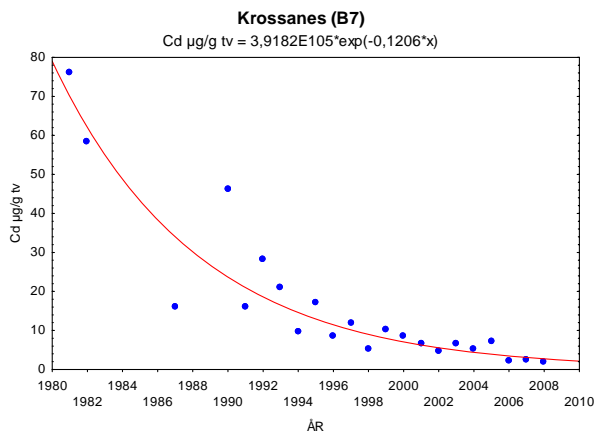
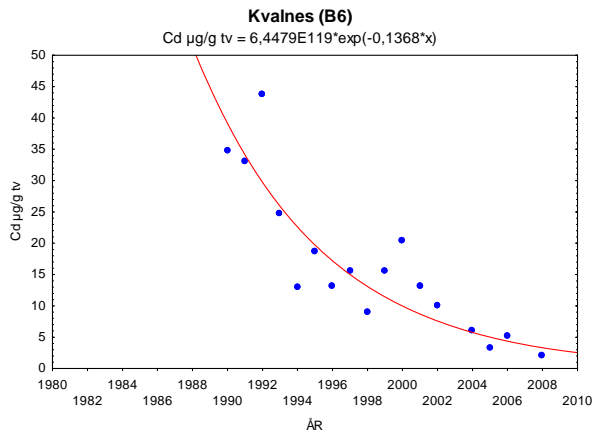
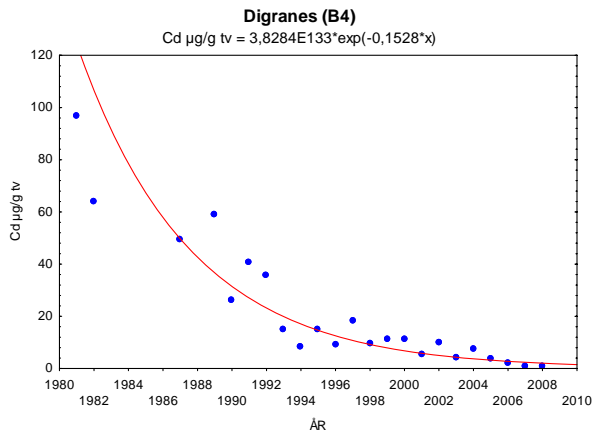
**Måge (15).**



**Utne (40).**

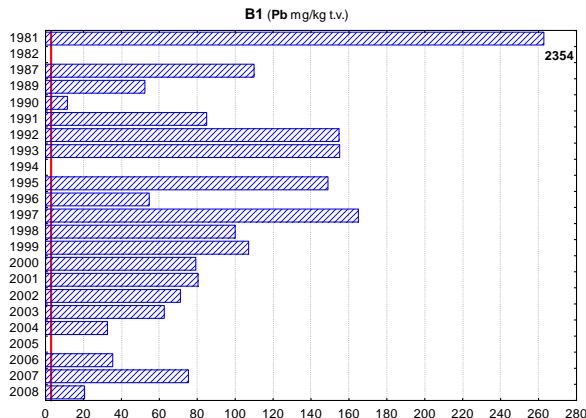


**b.**

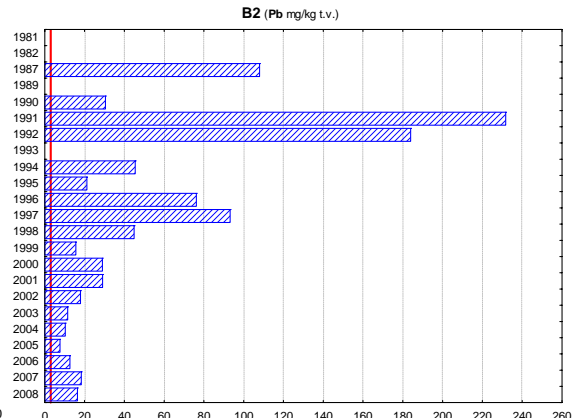


Figur 20. Bly i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørfjorden 1981-2008, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = øvre grense for Klasse I [lite/ubetydelig forurenset]). De høye verdiene registrert på stasjonene B1, B4 og B7 (hhv. 2354 mg/kg, 1030 mg/kg og 406 mg/kg) i 1982 (relativt til de andre årene) er ikke vist med søyle, men angitt med tall til høyre i figurene.

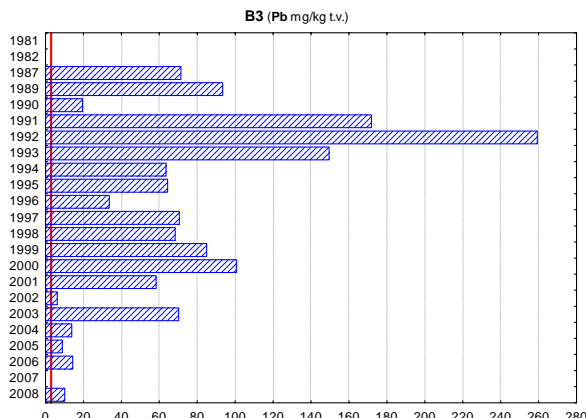
**B1 (2).**



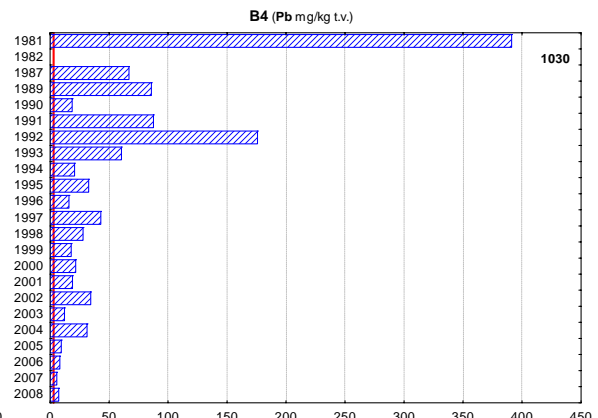
**B2 (3).**



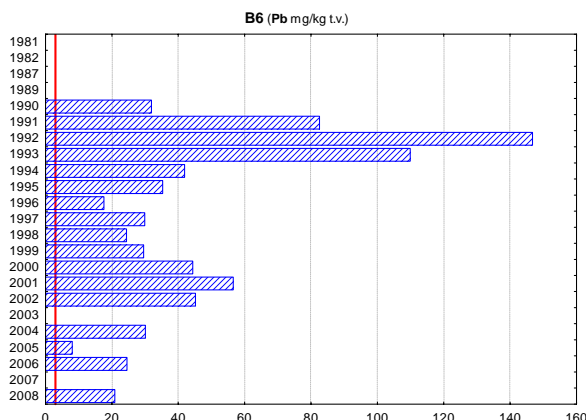
**B3 (6).**



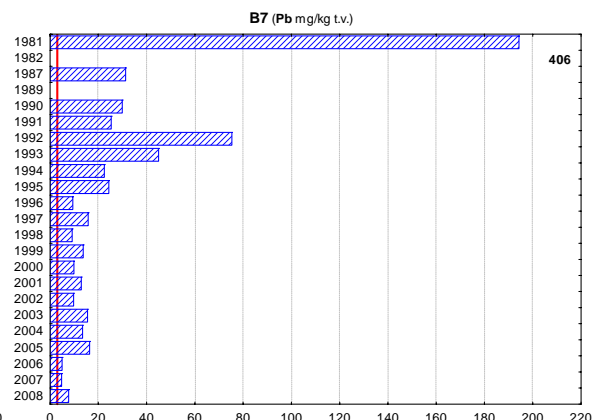
**B4 (10).**



**B6 (18).**

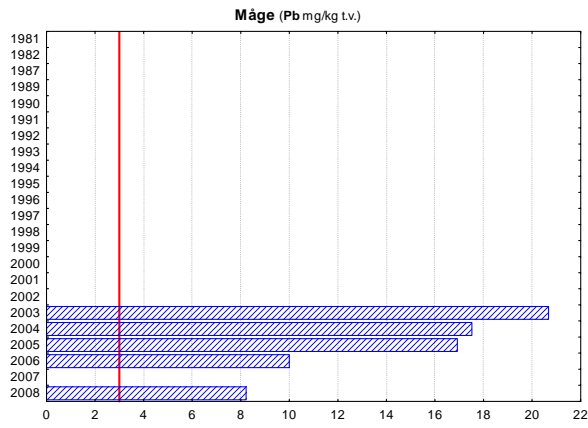


**B7 (38).**

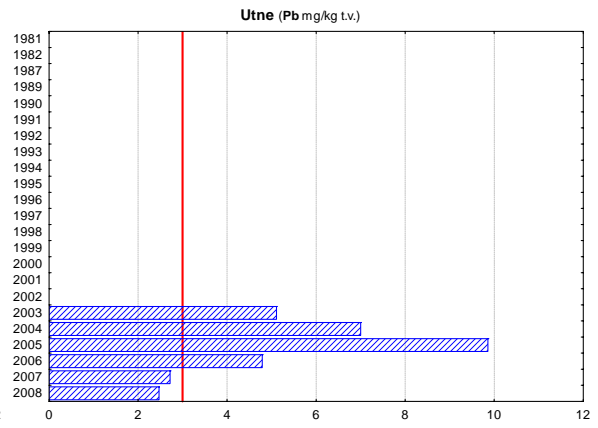


Forts. Figur 20

**Måge (15).**

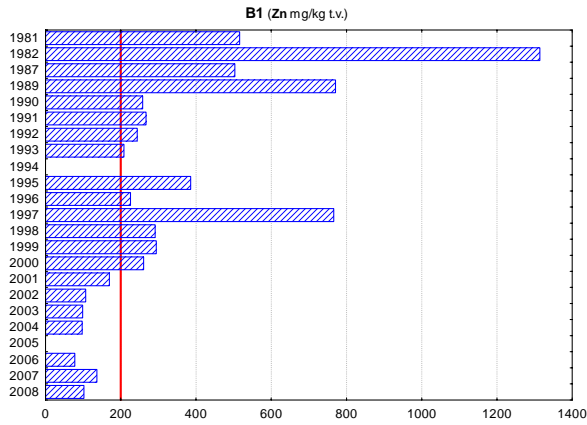


**Utne (40).**

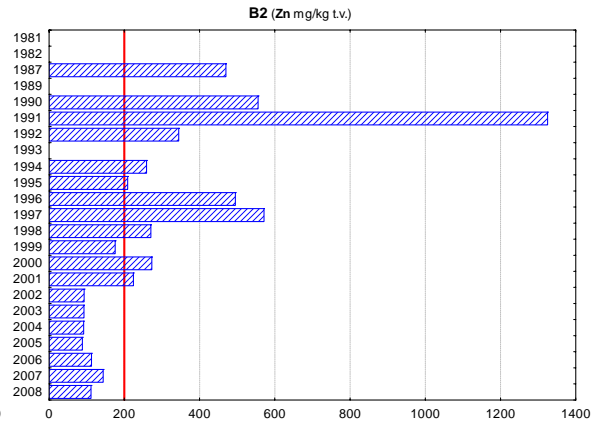


Figur 21. Sink i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørffjorden 1981-2008, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = øvre grense for Klasse I [lite/ubetydelig forurenset]).

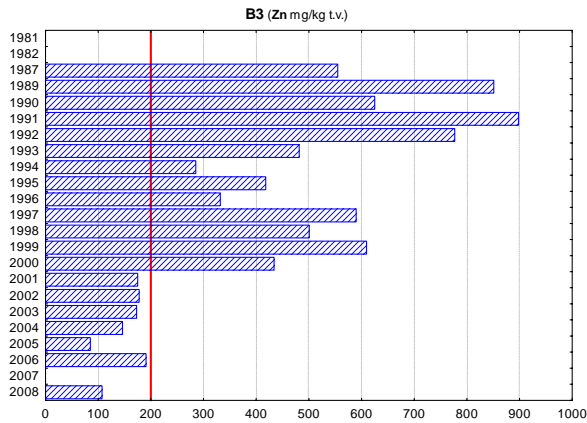
**B1 (2).**



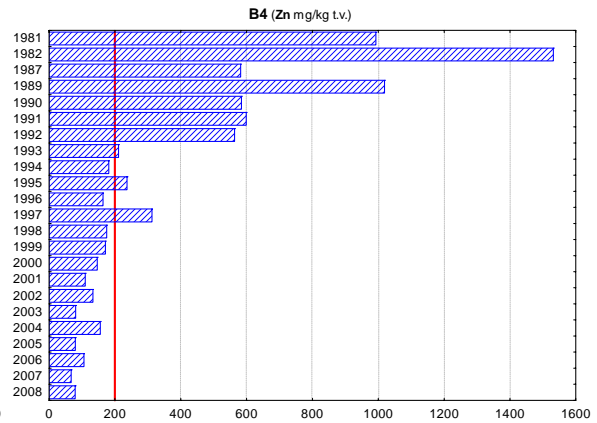
**B2 (3).**



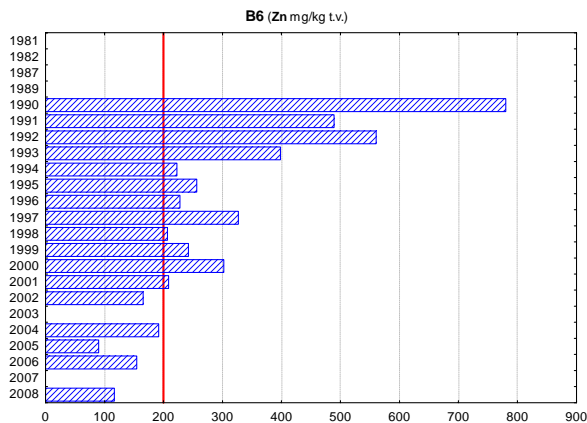
**B3 (6).**



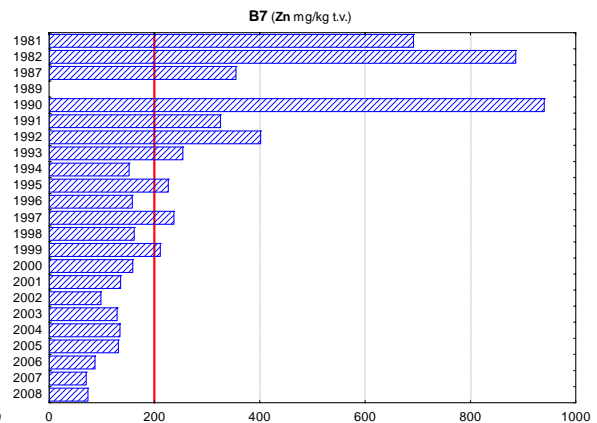
**B4 (10).**



**B6 (18).**

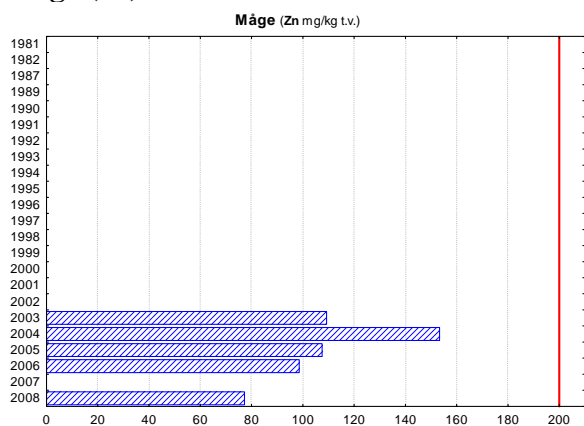


**B7 (38).**

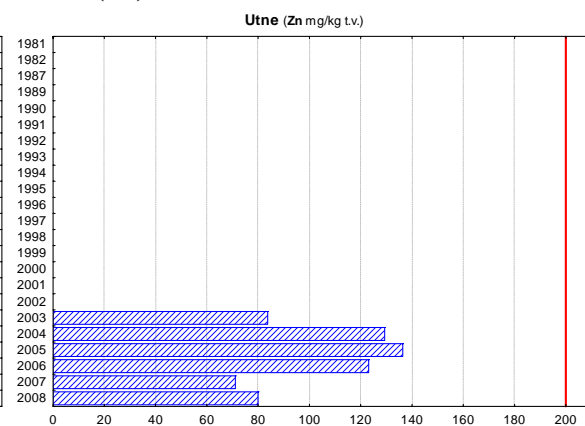


Forts. Figur 21.

**Måge (15).**



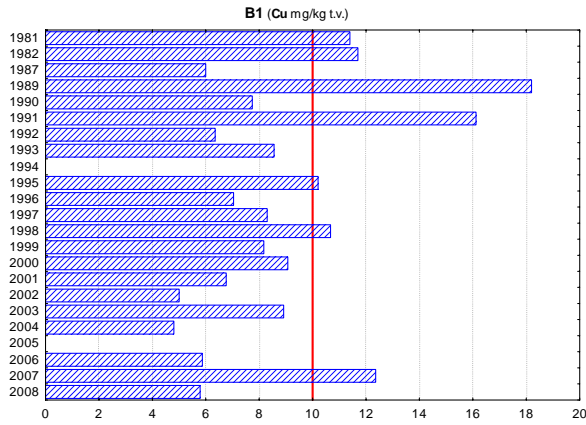
**Utne (40).**



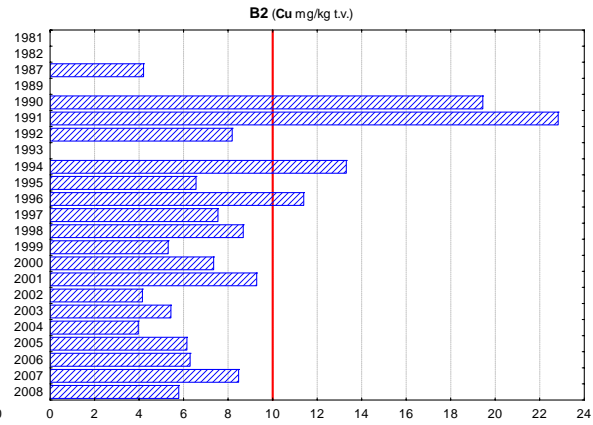


Figur 22. Kobber i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981-2008, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = øvre grense for Klasse I [lite/ubetydelig forurenset]).

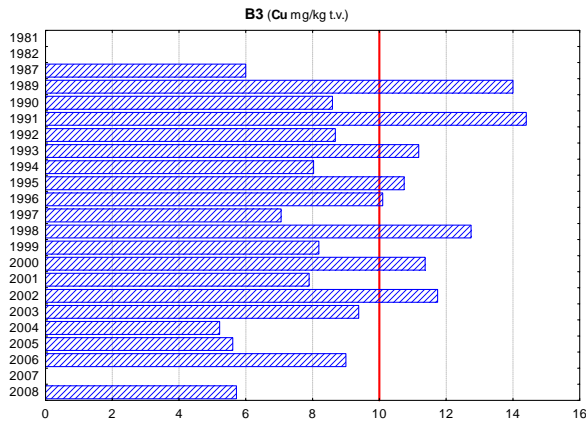
**B1 (2).**



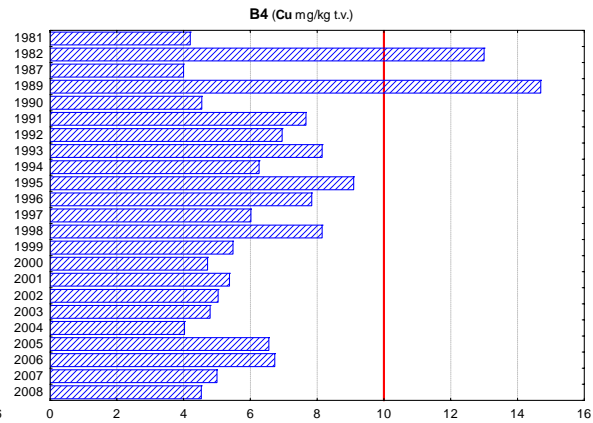
**B2 (3).**



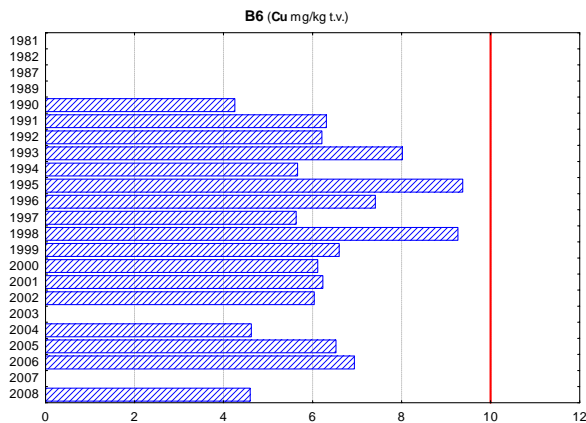
**B3 (6).**



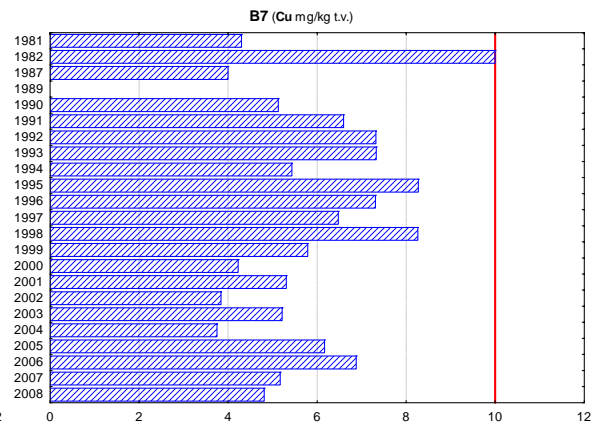
**B4 (10).**



**B6 (18).**

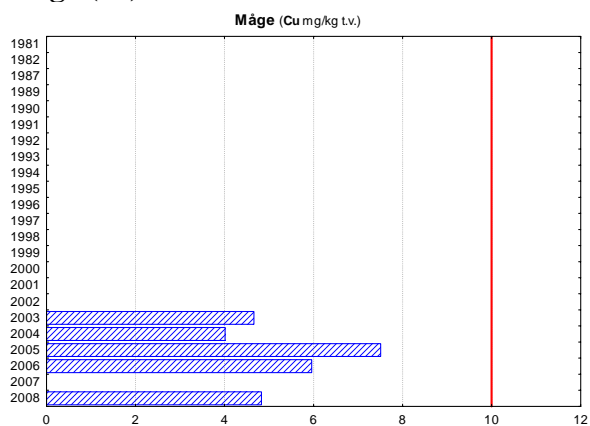


**B7 (38).**

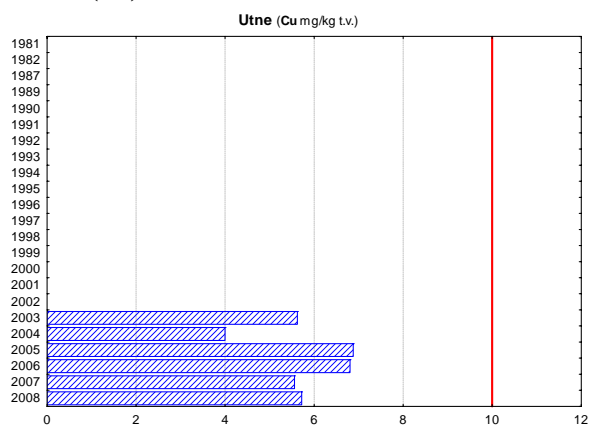


Forts. Figur 22.

**Måge (15).**



**Utne (40).**



### 5.4.3 Halogenererte stoffer i fisk

#### Oppsummering av de viktigste observasjonene, 2008:

- Den gjennomsnittlige  $\Sigma\text{PCB}_7$ -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2008 Klasse I (lite/ubetydelig forurenset). Den individuelle variasjonen var imidlertid stor. Filet av torsk var moderat (Kl. II) forurenset med PCB
- Summen av toksiske ekvivalenter for dioksiner og furaner ( $\text{TE}_{\text{PCDF/D}}$ ) i filet av torsk fra Sørfjorden tilsvarte i 2008 Klasse II (moderat forurensning). Konsentrasjoner av dioksinlignende PCB (non-ortho), uttrykt som toksiske ekvivalenter ( $\text{TE}_{\text{n.o.-PCB}}$ ) var imidlertid høyere enn for dioksiner og furaner.
- Den gjennomsnittlige  $\Sigma\text{DDT}$ -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2008 Klasse I (lite/ubetydelig forurenset). Filet av torsk var moderat (Kl. II) forurenset med  $\Sigma\text{DDT}$ .
- Vanlige, lave konsentrasjoner av klororganiske forbindelser ble funnet i fisk fra Strandebarm i 2008 (torsk var ubetydelig/lite forurenset; Kl. I, med unntak av  $\Sigma\text{DDT}$  som representerte Kl. II, moderat forurenset, i lever).

Utdrag av resultatene av fisk (samlet innenfor JAMP) analysert for klorerte organiske miljøgifter er presentert i Tabell 11.

Resultater for klororganiske forbindelser i dypvannsfisk (lange) fra Sørfjorden, samlet innenfor CEMP, er kort beskrevet til sist i denne kapittelet (5.4.3).

Tabell 11.  $\Sigma\text{PCB}_7$  (sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) og DDT med nedbrytningsprodukter (gjennomsnitt/standardavvik) i fisk fra indre Sørfjorden (JAMP-st. 53) og i Hardangerfjorden ved Strandebarm (JAMP-st. 67) 2008,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt og  $\mu\text{g}/\text{kg}$  fett. Ikke analysert: i.a. (Om prøvenes sammensetning, se Tabell 7\*).

Stasjoner/arter	Våtvektsbasis				Fettbasis **		
	DDT	DDE	DDD	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{PCB}_7$	$\Sigma\text{DDT}$	$\Sigma\text{PCB}_7$
<b>I. Sørfj., (53)</b>							
Torsk, lever	25/18	93/70	11/9	130/93	409/751	1223	3859
Torsk, filet	0,6/0,3	2,2/1,3	0,1/0,1	2,9/1,7	12/12	967	4000
Skrubbe, lever	8,5/4,5	24,6/12,9	5,3/2,9	38,4/20,0	94/73	282	691
Skrubbe, filet	<0,3/~0,0	0,6/0,2	<0,2/~0,1	<1,0/~0,4	<2/~2	<200	<400
<b>Strandebarm (67)</b>							
Torsk, lever	46/49	177/206	30/35	254/282	119/86	643	302
Torsk, filet	<0,3/~0,1	0,7/0,4	<0,1/~0	<1,0/~0,6	<1/~0	<333	<333
Skrubbe, lever	7,8/9,7	32,8/10,6	9,8/3,4	50,4/22,8	46/15	188	172
Skrubbe, filet	<0,4/~0,5	1,3/1,0	0,3/0,2	<2,0/~1,6	<2/~1	<154	<154
Glassvar, lever	24,2/6,1	60,6/18,6	6,7/1,7	91,5/26,2	46/18	565	284
Glassvar, filet	<0,3/~0,1	1,0/0,5	<0,1/~0,0	<1,3/~0,6	<1/~1	<433	<333

\* DDT og PCB analyseres i 5 blandprøver (av 5 individer) i filet av torsk.

\*\* Basert på gjennomsnittskonsentrasjoner og gjennomsnittlig fettinnhold

#### PCB

Den gjennomsnittlige  $\Sigma\text{PCB}_7$ -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2008 Klasse I (lite/ubetydelig forurenset) i SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet. Det må imidlertid bemerkes at den individuelle variasjonen var stor, som gjenspeiles av det høye

standard avviket (standard avviket var høyere enn gjennomsnittskonsentrasjonen; Tabell 11). Det var en faktor >200 forskjell på laveste og høyeste konsentrasjon og variasjonskoeffisienten var på 183%.

Fettnormaliserte PCB-konsentrasjoner i torsk er presentert i Tabell 12 og Figur 23, hvor de kan sammenlignes med tidligere år. Gjennomsnittskonsentrasjonen for 2008 er ikke vesentlig forskjellig fra årene etter de veldig høye konsentrasjonene som ble observert i 2002.

Tabell 12. Gjennomsnitt av  $\Sigma PCB_7$  i fisk (lever (l.) og filet (f.)) fra indre Sørfjorden og Hardangerfjorden ved Strandebarv 1991-2008, mg/kg fett. Individuelle analyser eller blandprøver av størrelseskategorier.

Stasj./arter	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>I. Sørfj.</b>										
Torsk l.	1,6	8,0	<0,8	0,66	0,36	11,4 <sup>1)</sup>	2,4 <sup>1)</sup>	20,2 <sup>1)</sup>	5,1	20,8
Torsk f.	0,6	6,9	<0,6	-	0,19	8,4 <sup>2)</sup>	2,0 <sup>1)</sup>	34,6 <sup>1)</sup>	2,4	20,0
Skrubbe l.	2,8	2,6	<0,5	9,2	0,41	1,4 <sup>2)</sup>	0,77 <sup>2)</sup>	0,56 <sup>2)</sup>	0,84	0,80
Skrubbe f.	16,7	2,5	<0,6	1,96	0,33	0,74 <sup>3)</sup>	0,64 <sup>2)</sup>	0,43 <sup>2)</sup>	0,76	0,46
<b>Strandeb.</b>										
Torsk l.	0,67	0,66	<0,5	0,93	0,38	0,47	1,6	0,54	0,90	0,54
Torsk f.	0,34	<0,4	<0,2	0,50	0,20	1,1	2,1	0,22	0,48	0,44
Glassvar l.	0,39	1,2	<0,6	1,1	1,1	0,47	0,51	0,39	0,62	0,34
Glassvar f.	0,32	0,63	<0,3	0,56	0,76	0,33	0,28	0,26	0,46	0,24
Skrubbe l.						0,58		0,38	0,15	0,13
Skrubbe f.						0,64		0,43	0,15	0,10

<sup>1)</sup> Middell av prøvene fra Tyssedal og Edna.

<sup>2)</sup> Middell av de tre prøvene fra Odda, Tyssedal og Edna.

<sup>3)</sup> Bare analysert i materialet fra Odda.

Stasj./arter	2001	2002	2003	2004	2005 <sup>7)</sup>	2006	2007	2008
<b>I. Sørfj.</b>								
Torsk l.	5,3	271,2 <sup>4)</sup> (7,4) <sup>5)</sup>	2,41	2,42	2,14	0,94	5,37 <sup>8)</sup>	3,86
Torsk f.	<0,25	234,7 <sup>6)</sup>	2,5	1,0	0,95	<0,33	2,0	4,0
Skrubbe l.	0,62	0,81	1,60	0,90	2,06		0,58	0,69
Skrubbe f.	<0,6	0,40	<0,2	0,75	1,60		<0,4	<0,4
<b>Strandeb.</b>								
Torsk l.	0,75	0,35	0,20	0,33	0,51	0,14	0,27	0,30
Torsk f.	<3,3	0,25	-	<0,5	0,22	-	-	<0,33
Glassvar l.	0,32	0,40	0,30	0,20	0,33	0,25	0,17	0,28
Glassvar f.	<0,25	0,00	-	-	0,29	<0,17	-	<0,33
Skrubbe l.	0,12	0,12	0,13	0,14	0,13	0,16	0,20	0,17
Skrubbe f.	<0,08	0,18	0,08	-	0,14	<0,50	<0,14	<0,15

<sup>4)</sup> Ekstreme konsentrasjoner i fire (av 25) individer (gjennomsnittlig 296,0 mg/kg våttvekt ± standard avvik: 118,7) trekker gjennomsnittet opp til denne høye verdien. I parentes:

<sup>5)</sup> Gjennomsnittet (av 21 fisk) uten disse fire individene (se fotnote <sup>4)</sup>).

<sup>6)</sup> Gjennomsnitt av 5 blandprøver på hhv 0,009, 0,008, 0,002, 3,242 og 0,002 mg/kg våttvekt. Det er tydelig at de fire torskene med ekstreme PCB-konsentrasjoner (nevnt i fotnote <sup>4)</sup> og <sup>5)</sup>) Har blitt ujevnt fordelt på disse fem blandprøvene. PCB-verdiene i filet av torsk fra Sørfjorden 2002 er derfor lite representative.

<sup>7)</sup> Regnet fra individuelle konsentrasjoner på fettbasis (ikke gjennomsnittskonsentrasjoner og midlere fettinnhold, som de andre årene).

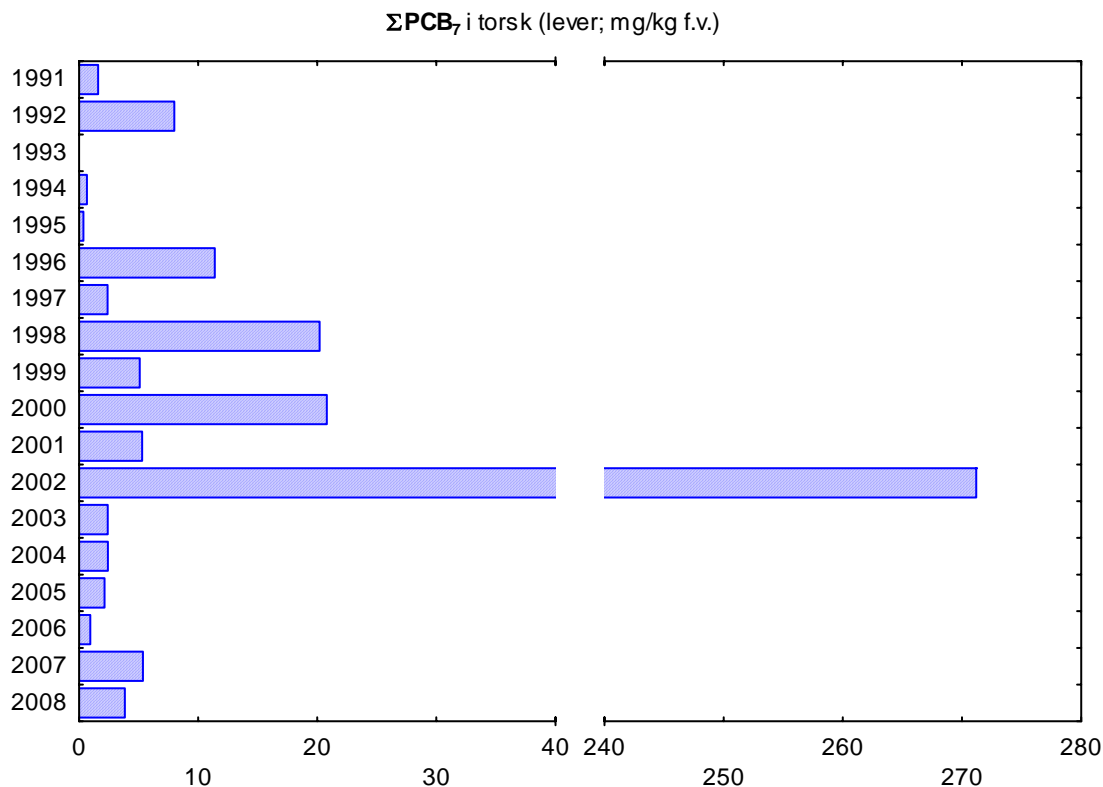
<sup>8)</sup> Gjennomsnitt trukket opp av ett individ som hadde spesielt høy konsentrasjon (36).

**Filet** av torsk fra Sør fjorden var **moderat (Kl. II)** forurenset med PCB.

Av analysene i fisk fra Strandebarms ses også i 2008 lave PCB-konsentrasjoner (Tabell 11). Konsentrasjonene i torsk representerer **Klasse I (lite/ubetydelig forurenset)** i henhold til SFTs tilstandsklasser. Det kan i tillegg nevnes at statistiske trendanalyser som gjennomføres innenfor CEMP på de årlige medianene (1990-2008; Green et al. under utarbeidelse) viser en reduksjon over år i PCB-innholdet i lever av torsk, skrubbe og glassvar fra Strandebarms.

Igjen kan det bemerkes at dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av PCB i fisk fra Sør fjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende påpekes: Nivåene av PCB i fisk fra Sør fjorden er (når en ser bort fra ekstremkonsentrasjonene funnet i 2002) lavere enn i fisk fra havneområder og i nærheten av byer (eksempelvis indre Oslofjord [19] og ved Bergen [22]).

Figur 23. Gjennomsnitt av  $\Sigma\text{PCB}_7$  i lever av torsk fra indre Sør fjorden (1991-2008), mg/kg fettvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 12. Mrk. brudd på akse mellom 40 og 240.



### Dioksiner og non-ortho PCB

Dioksiner (polyklorerte dibenzo-*p*-dioksiner og furaner), samt dioksinliknende PCB (non-ortho substituerte) ble analysert i 3 blandprøver av torskefilet fra Sør fjorden i 2008 (i 2007 ble lever av torsk analysert for disse forbindelsene, se kap. 4.3). Resultatene er presentert i Tabell 13. Tabellen gir konsentrasjoner (pg/g) av de ulike analyserte kongenerene, samt toksiske ekvivalenter (TE) av sum dioksiner, sum furaner og sum non-ortho PCB.

Siden disse stoffene uttrykker giftighet gjennom den samme mekanismen, er såkalte toksiske ekvivalens-faktorer (TEF) utviklet som et verktøy i risikovurdering. Disse faktorene angir størrelsesorden-estimer på giftighet av forbindelser i forhold til 2,3,7,8-tetraklordibenzo-*p*-dioksin (TCDD), som er den mest giftige/potente av dioksinene og er tildelt TEF-verdien 1. TEF-verdier i kombinasjon med konsentrasjoner av aktuelle forbindelser brukes til å kalkulere toksiske ekvivalens-konsentrasjoner (TE).

Resultatene viser at det er vanskelig å detektere dioksiner og furaner i muskel av torsk fra Sørfjorden (resultatene viser i hovedsak ”mindre enn deteksjonsgrensen”; Tabell 13). Det vises også at konsentrasjonene av non-*ortho* PCB er vesentlig høyere, og ettersom PCB-126 har TEF=0,1 så er det denne forbindelsen som utgjør den største andelen toksiske ekvivalenter (TE).

Summen av toksiske ekvivalenter for dioksiner og furaner (median; ikke non-*ortho* PCB), TE<sub>PCDF/D</sub>, tilsvarer **Klasse II (moderat forurenset)** i SFTs klassifiseringssystem for miljøtilstand.

Til sammenligning er grenseverdiene som anvendes for fiskekjøtt og fiskerivarer 4 pg TE/g våtvekt (dioksiner). Felles grenseverdi for dioksiner og dioksinliknende PCB er 8 pg TE/g våtvekt [6]. Bakgrunnen for disse er EU regulativ 2375/2001 og oppdateringen fra 2006 (regulativ 1881/2006). Det gjøres oppmerksom på at disse ikke gjelder lever av fisk, men at det arbeides med grenser for dette. Det foreligger allerede kostholdsråd for fiskelever fra Sørfjorden.

Det opereres for øvrig med et tolerabelt ukentlig inntak (TWI) på 14 pg/kg kroppsvekt per uke for disse stoffene (bakgrunn i arbeid fra EUs Scientific Committee on Food; SCF).

Dersom man vil sammenligne konsentrasjonene av dioksin og dioksinlignende PCB i torskefilet fra Sørfjorden med tilsvarende konsentrasjoner andre steder, kan det være relevant å sammenligne med Grenlandsfjordene [23]. Dette området ble i noen tiår forurenset med dioksiner fra et magnesiumverk. En slik sammenligning viser at konsentrasjonene av dioksiner er lavere i torsk fra Sørfjorden, enn i torsk fra Frierfjorden. På den annen side er konsentrasjonene av n.o.-PCB omtrent på samme nivå i Sørfjorden, som i torsk fra Frierfjorden [23].

Det må bemerkes at dette er første gang dioksiner og dioksinlignende PCB er rapportert i filet av torsk fra Sørfjorden og det foreligger således ingen tidsserie.

Enkelte PCB-kongenere som er mono-*ortho* substituert er også tildelte toksiske ekvivalens-faktorer. Av disse er PCB-105, -118 (som f.ø. også inngår i ΣPCB<sub>7</sub>) og PCB-156 analysert i filet av torsk fra Sørfjorden. Gjennomsnittlig konsentrasjon (± standard avvik) (våtvekt) av disse var h.h.v. 1,0 µg/kg (± 1,1), 2,4 µg/kg (± 2,6) og 0,4 µg/kg (± 0,4), og variasjonen var forholdsvis stor. I toksiske ekvivalenter (TE) tilsvarer disse konsentrasjonene h.h.v. 0,1 pg/g, 0,24 pg/g og 0,2 pg/g (altså totalt 0,54 pg/g).

Tabell 13. Konsentrasjoner (pg/g; våtvekt) av dioksiner, furaner og non-ortho PCB, samt toksiske ekvivalenter (TE; pg/g) av sum dioksiner, sum furaner og sum non-ortho PCB i torsk (filet) fra Sørfjorden, 2008.

	Blandprøve 1 <sup>1)</sup>	Blandprøve 2 <sup>2)</sup>	Blandprøve 3 <sup>3)</sup>
2378-TCDD	<0,03	<0,01	<0,05
12378-PeCDD	<0,04	<0,01	<0,05
123478-HxCDD	<0,05	<0,01	<0,06
123678-HxCDD	<0,04	<0,01	<0,06
123789-HxCDD	<0,05	<0,01	<0,08
1234678-Hp-CDD	<0,06	<0,01	<0,09
OCDD	<0,11	0,12	<0,12
1378-TCDF	0,10	0,02	<0,04
12378/12348-PeCDF	<0,05	<0,01	<0,07
23478-PeCDF	<0,05	<0,01	<0,07
123478/123479-HxCDF	<0,03	<0,01	<0,03
123678-HxCDF	<0,03	<0,01	<0,02
123789-HxCDF	<0,05	<0,01	<0,05
234678-HxCDF	<0,03	<0,01	<0,03
1234678-HpCDF	<0,03	0,01	<0,04
1234789-HpCDF	<0,05	<0,01	<0,07
OCDF	<0,10	0,03	<0,09
PCB-77	2,39	0,85	1,95
PCB-81	<0,02	0,03	<0,02
PCB-126	5,37	0,48	5,50
PCB-169	0,61	0,07	<0,05
<b>TE (WHO) PCDD</b>	<b>0,09</b>	<b>0,02</b>	<b>0,12</b>
<b>TE (WHO) PCDF</b>	<b>0,05</b>	<b>0,01</b>	<b>0,06</b>
<b>TE (WHO) n.o.-PCB</b>	<b>0,54</b>	<b>0,05</b>	<b>0,55</b>

<sup>1)</sup> Blandprøve av 5 individer med gjennomsnittsvikt 2616 g

<sup>2)</sup> Blandprøve av 3 individer med gjennomsnittsvikt 1951 g

<sup>3)</sup> Blandprøve av 3 individer med gjennomsnittsvikt 1738 g

### DDT

Den gjennomsnittlige  $\Sigma$ DDT-konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2008 **Klasse I (lite/ubetydelig forurenset)** i SFTs klassifiseringssystem for miljøkvalitet (Tabell 11, Figur 24). Ved strandebarm var konsentrasjonene imidlertid høyere og representerte **Klasse II (moderat forurenset)**.

**Filet** av torsk fra Sørfjorden var **moderat (Kl. II) forurenset** med DDT-forbindelser, mens filet av torsk fra Strandebarm var **lite/ubetydelig forurenset (Kl. I)** (Tabell 11).

Av analysene i fisk fra Strandebarm ses også i 2008 for øvrig i hovedsak vanlige  $\Sigma$ DDT-verdier i skrubbe og glassvar (Tabell 11, Tabell 14). Det kan nevnes at statistiske trendanalyser som gjennomføres innenfor JAMP på de årlige medianene (1988-2008; Green et al. under utarbeidelse) viser en reduksjon over år i  $\Sigma$ DDT-innholdet i lever av torsk og glassvar fra Strandebarm (slik som for PCB).

For sammenligning av konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, vises det igjen til en rapport [24] som går i dybden på emnet og konkluderer med følgende:

- Konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sørfjorden er høye, men forskjellene fra andre relevante fjordområder er ikke like markert som for blåskjell (se nedenfor)
- Det kan tyde på at flere fjordområder er belastet med DDT fra gammelt av (ligger i sedimenter), men stadig utlekking til sjøen fra land er større i Sørfjorden.
- Konsentrasjoner av p,p'-DDE i torskelever fra indre Drammensfjorden, som er resipient for elver som drenerer frukt dyrkingsområder, er sammenlignbare med konsentrasjonene i torsk fra Sørfjorden.



Tabell 14. Gjennomsnitt av  $\Sigma$ DDT i fisk (lever (l.) og filet (f.)) fra indre Sør fjorden og Hardangerfjorden ved Strande barm 1991-2008, mg/kg fett. Individuelle analyser eller blandprøver av størrelseskategorier.

Stasj./arter	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>I. Sør fj.</b>										
Torsk l.	3,4	3,1 <sup>3)</sup>	0,8 <sup>3)</sup>	0,4 <sup>3)</sup>	0,1 <sup>3)</sup>	2,6 <sup>1)</sup>	2,9 <sup>1, 3)</sup>	4,3 <sup>5)</sup>	2,8 <sup>3)</sup>	2,1
Torsk f.	1,0	3,8 <sup>3)</sup>	0,7 <sup>3)</sup>	-	<0,1 <sup>3)</sup>	-	1,4 <sup>1, 3)</sup>	-	-	-
Skrubbe l.	0,5 <sup>3)</sup>	0,3 <sup>3)</sup>	0,2 <sup>3)</sup>	2,2 <sup>3)</sup>	0,1 <sup>3)</sup>	0,18 <sup>2)</sup>	0,9 <sup>4)</sup>	0,4 <sup>4)</sup>	0,43	0,26
Skrubbe f.	3,1 <sup>3)</sup>	0,8 <sup>3)</sup>	0,6 <sup>3)</sup>	0,7 <sup>3)</sup>	0,1 <sup>3)</sup>		0,37 <sup>4)</sup>	-	-	-
<b>Strandeb.</b>										
Torsk l.	2,0	0,8 <sup>3)</sup>	1,0 <sup>3)</sup>	1,3 <sup>3)</sup>	0,3 <sup>3)</sup>	1,5	5,8	1,2	0,89 <sup>3)</sup>	0,93
Torsk f.	1,1	0,6 <sup>3)</sup>	0,4 <sup>3)</sup>	1,5 <sup>3)</sup>	0,5 <sup>3)</sup>	-	5,6 <sup>3)</sup>	-	-	-
Glassvar l.	1,1 <sup>3)</sup>	1,5 <sup>3)</sup>	1,1 <sup>3)</sup>	1,7 <sup>3)</sup>	1,0 <sup>3)</sup>	-	1,0 <sup>3)</sup>	1,1	1,5	0,64
Glassvar f.	0,8 <sup>3)</sup>	1,2 <sup>3)</sup>	0,8 <sup>3)</sup>	1,2 <sup>3)</sup>	1,6 <sup>3)</sup>	-	0,5 <sup>3)</sup>	-	-	-
Skrubbe l.						0,17		0,55	0,21	0,17
Skrubbe f.						-		0,49	-	-

Stasj./arter	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>I. Sør fj.</b>								
Torsk l.	1,3	1,30	1,65	1,66	4,38	0,87	1,79	1,22
Torsk f.	0,15 <sup>3)</sup>	1,17 <sup>3)</sup>	1,10 <sup>3)</sup>	0,70	1,13	<0,40	0,80	0,97
Skrubbe l.	0,33	0,41	0,54	0,33	0,40		0,32	0,28
Skrubbe f.	<0,22 <sup>3)</sup>	0,18 <sup>3)</sup>	0,20 <sup>3)</sup>	0,20	0,37		<0,22	<0,2
<b>Strandeb.</b>								
Torsk l.	0,49	0,38	0,24	0,30	0,56	0,15	0,39	0,64
Torsk f.	1,1 <sup>3)</sup>	0,13 <sup>3)</sup>	<0,10 <sup>3)</sup>	<0,25	0,27	<0,08	<0,20	<0,33
Glassvar l.	0,43	0,39	0,48	0,30	0,55	0,48	0,26	0,57
Glassvar f.	<0,15 <sup>3)</sup>	0,12 <sup>3)</sup>	0,18 <sup>3)</sup>	0,20	0,34	<0,23	<0,02	<0,43
Skrubbe l.	0,13	0,15	0,16	0,12	0,13	0,14	0,17	0,19
Skrubbe f.	0,09 <sup>3)</sup>	0,12 <sup>3)</sup>	0,09 <sup>3)</sup>	0,20	0,10	<0,05	<0,16	<0,15

1) Middell av prøvene fra Tyssedal og Edna.

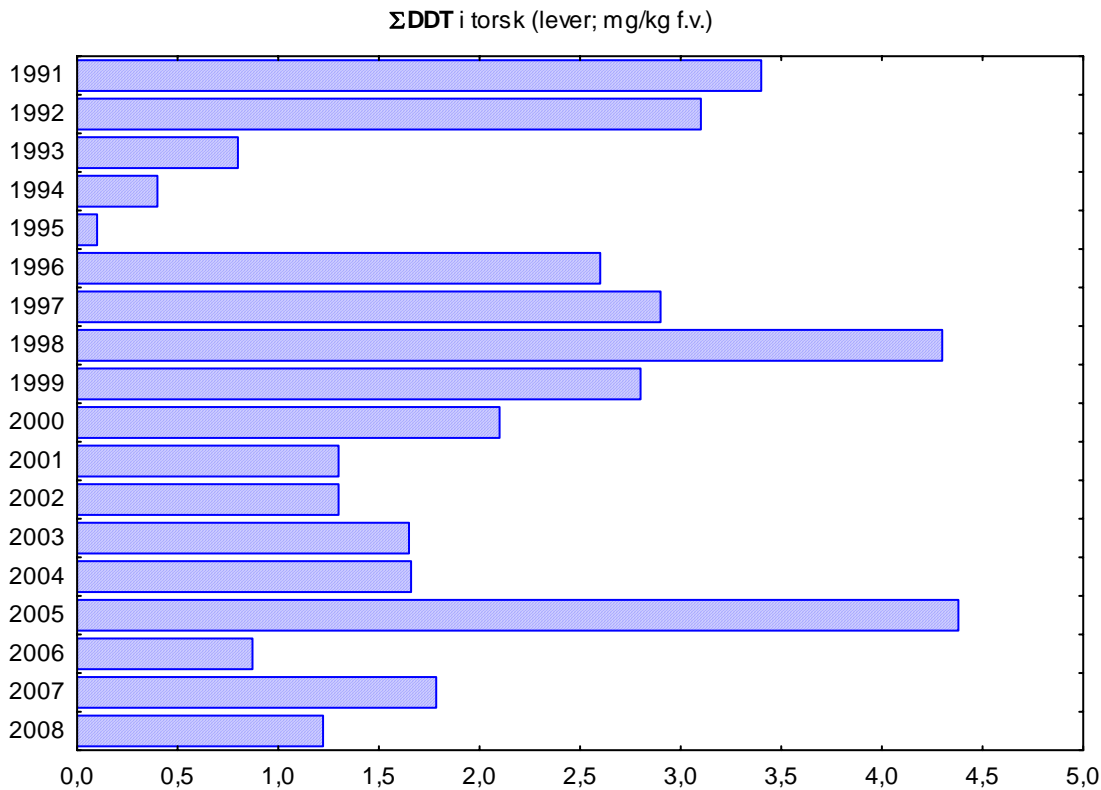
2) Bare analysert i materialet fra Odda.

3) Sum av bare DDE + DDD, avrundede verdier.

4) Middell av de tre understasjonene Odda, Tyssedal og Edna.

5) Bare verdier fra Edna

Figur 24. Gjennomsnitt av  $\Sigma$ DDT i lever av torsk fra indre Sør fjorden (1991-2008), mg/kg fettvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 14.



#### Polybromerte difenyletere

Polybromerte difenyletere (bromerte flammehemmere) ble analysert i lever av torsk fra Sør fjorden i 2008. Følgende kongener ble analysert: BDE-28, -47, -49, -66, -71, -77, -85, -99, -100, -119, -138, -153, -154, -183, -205 og 209. Det var for lite materiale (levervev) fra flere fisk i 2008 til å operere med akseptable deteksjonsgrenser. 6 individer kunne imidlertid analyseres. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av summen av polybromerte difenyletere ( $\Sigma$ PBDE) i disse var 35,36  $\mu$ g/kg våtvekt. Mange av forbindelsene kunne ikke detekteres (under deteksjonsgrensen) i flere prøver. Det var BDE-47 (2,2',4,4'-tetrabromdifenyleter), som utgjorde den desidert største andelen (gjennomsnittskonsentrasjon: 23,14  $\mu$ g/kg våtvekt).

Gjennomsnittskonsentrasjonen av sum  $\Sigma$ PBDE (35,36  $\mu$ g/kg våtvekt) i 2008 lå imellom gjennomsnittskonsentrasjonen i 2007 (69,28  $\mu$ g/kg våtvekt) og 2006 (24,43  $\mu$ g/kg våtvekt).

PBDE er tidligere analysert i torskelever fra ulike lokaliteter i Norge [25]. Vanligst forekommende konsentrasjoner lå i området 10-95  $\mu$ g/kg våtvekt [25]. De høyeste konsentrasjonene (ca. 110  $\mu$ g/kg) ble funnet i torsk fra indre Oslofjord [25]. Etter normalisering til fettvekt, viste det seg at torsk fra Ulsteinvik hadde omtrent tilsvarende konsentrasjoner som torsk fra indre Oslofjord. Det er vanlig at BDE-47 forekommer i høyere konsentrasjoner enn de andre kongenerne [25].

*Perfluorerte alkylforbindelser*

Det ble analysert for perfluorerte alkylforbindelser (PFAS) i lever av torsk fra Sør fjorden i 2008. PFAS er en gruppe forbindelser som inneholder en fullstendig fluorert alkylkjede og en gruppe som gjør at forbindelsene har en viss vannløselighet. Forbindelsene er verken lipofile eller hydrofile, men binder seg gjerne til partikkeloverflater. Forbindelsene brukes hovedsaklig på grunn av deres gode overflateegenskaper og deres vann- og fettavvisende egenskaper. Produkter som inneholder forbindelsene er f. eks. gulvvoks, maling, rengjøringsmidler og brannslukkingsmidler.

Forbindelsene som ble analysert var perfluorbutansulfonat (PFBS), perfluorheptansyre (PFHpA), perfluorheksansyre (PFHxA), perfluoronansyre (PFNA), perfluoroktansyre (PFOA), perfluoroktansulfonat (PFOS) og perfluoroktansulfonamid (PFOSA). Som for PBDE, var det for lite materiale (levervev) fra flere fisk i 2008 til å operere med akseptable deteksjonsgrenser. 5 individer kunne imidlertid analyseres. De fleste av forbindelsene kunne ikke detekteres i samtlige prøver. PFOS kunne detekteres i samtlige 5 prøver (gjennomsnittlig konsentrasjon: 19 µg/kg våtvekt). PFOSA kunne detekteres i 3 prøver (gjennomsnittlig konsentrasjon: 5,2 µg/kg våtvekt). Det må bemerkes at deteksjonsgrensene for disse stoffene ligger vesentlig høyere enn for de klorerte forbindelsene.

PFAS er tidligere analysert i torskelever fra ulike lokaliteter i Norge [25]. Vanlig forekommende konsentrasjoner var i området 1-4,5 µg/kg våtvekt, og den høyeste konsentrasjonen ble observert i torsk fra indre Oslofjord [25]. Perfluoroktansulfonat (PFOS) var den dominerende forbindelsen [25].

*Klororganiske stoffer i dypvannsfisk*

Resultatene for klororganiske stoffer i lange er kort oppsummert i Tabell 15. Konsentrasjoner av DDT-forbindelser var en størrelsesorden høyere enn i torsk (våtvektsbasis, Tabell 11). Sammenlignet med SFTs tilstandsklasser for ΣDDT i lever av torsk vil gjennomsnittskonsentrasjonen tilsvare markert forurenset (Kl. III). Gjennomsnittskonsentrasjonen av ΣPCB vil tilsvare moderat forurenset (Kl. II).

*Tabell 15. ΣPCB<sub>7</sub> (sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) og DDT med nedbrytningsprodukter (gjennomsnitt/standardavvik) i lange (Molva molva) fra Sør fjorden (CEMP-st. 53D; fanget 01.02.2009; 25 individer) 2008, µg/kg våtvekt og µg/kg fett.*

	Våtvektsbasis				Fettbasis *		
	DDT	DDE	DDD	ΣDDT	Σ PCB <sub>7</sub>	Σ DDT	Σ PCB <sub>7</sub>
<b>Sør fj., (53D)</b>							
Lange, lever	259/150	828/394	144/89	1249/562	688/431	2781	1532

\* Basert på gjennomsnittskonsentrasjoner og gjennomsnittlig fettinnhold

#### 5.4.4 Klororganiske stoffer i blåskjell

##### Oppsummering av de viktigste observasjonene, 2008:

- Konsentrasjoner av  $\Sigma$ DDT i blåskjell viste opp til meget sterkt forurensning (Kl. V; st. "Utne", innenfor Statlig program for forurensningsovervåking og stasjon B6/56A, Kvalnes, innenfor CEMP). På de øvrige stasjoner ble konsentrasjoner tilsvarende Klasse II (moderat forurenset) til Klasse IV (sterkt forurenset) observert.
- Det var forholdsvis stor variasjon i konsentrasjoner av  $\Sigma$ DDT i replikate prøver av skjell fra Utne, som indikerer at stasjonen i varierende grad blir påvirket av DDT-forbindelser avhengig av lokale forhold.
- Blåskjell fra alle stasjoner i Sørfjorden var lite/ubetydelig forurenset (Kl. I) med  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub> i 2008, med unntak av skjell fra stasjon B3 (Tyssedal), som var moderat (Kl. II) forurenset.

Resultatene fra analysene av klorerte organiske miljøgifter i blåskjell er presentert i Tabell 17. Resultater fra replikate blåskjellanalyser på stasjon B3 (Tyssedal) og Utne er presentert i Tabell 14.

Tabell 16. Median-, minimums- og maksimumskonsentrasjon ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt) i triplikate analyser (m.a.o. alle 3 observasjoner) av blåskjell fra stasjon B3 (Tyssedal) og stasjon Utne, 2008.

St.	DDT	DDE	DDD	$\Sigma$ DDT	$\Sigma$ PCB <sub>7</sub>
B3 <sup>1)</sup>	1,0 (0,9-1,0)	1,6 (1,6-1,6)	0,2 (0,2-0,2)	2,7 (2,7-2,8)	6,0 (5,7-6,4)
Utne <sup>2)</sup>	6,3 (3,9-8,1)	28 (18-40)	2,4 (1,5-2,9)	37 (23-51)	0,6 (0,3-0,8)

<sup>1)</sup> 3 replikater (alle skjell samlet 20.10.08)

<sup>2)</sup> 3 replikater (alle skjell samlet 15.10.08)

På stasjon B3, Tyssedal, var variasjonen mellom triplikater liten (som for metaller). Variasjonen var tilsynelatende lavere, eller i samme størrelse som forskjeller i konsentrasjoner mellom skjell samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking og skjell samlet innefor CEMP en måned tidligere (på de stasjoner hvor det er overlappende innsamling). Ved Utne var derimot variasjonen i konsentrasjoner av DDT-forbindelser mellom replikater vesentlig større (Tabell 16). De høyeste konsentrasjonene av  $\Sigma$ DDT som er registrert i blåskjell fra Sørfjorden siden måleserien startet i 1991, ble observert ved stasjon Utne i 2006 og 2007 (Tabell 17, Tabell 18, Figur 25, [20, 26]). Det er tydelig at blåskjellene på stasjonen blir påvirket av DDT-forbindelser, og det i varierende grad avhengig av lokale forhold. Vi har tidligere vist at det er meget sannsynlig at perioder med eksempelvis høye konsentrasjoner av DDT-forbindelser i blåskjell er forbundet med spesielt stor nedbør (og dermed utvasking av DDT fra kilder på land) i tiden før blåskjellinnsamlingen [20, 24, 27].

*DDT*

**ΣDDT** viste i 2008 opp til **meget sterk (Kl. V) forurensning** (st. ”Utne”, innenfor Statlig program for forurensningsovervåking og stasjon B6/56A, Kvalnes, innenfor CEMP). 2008-resultatene viser altså vedvarende høy konsentrasjon på stasjon Utne, dog noe lavere konsentrasjon enn de høye nivåene som ble observert i 2006 og 2007 denne stasjonen (Tabell 17, Tabell 18, Figur 25, [20, 26]). På stasjonene B6/56A (kun Statlig program for forurensningsovervåking ) og Måge tilsvarte konsentrasjonene av ΣDDT i blåskjell **sterkt (Kl. IV) forurenset**. På de øvrige stasjonene tilsvarte konsentrasjonene **moderat (Kl. II) til markert (Kl. III) forurenset**.

Det er tidligere vist at tidspunkt med høye blåskjellkonsentrasjoner av ΣDDT har sammenfalt med høye andeler av det insekticide virkestoffet p,p'-DDT, relativt til nedbrytningsproduktet p,p'-DDE [24]. Andelen p,p'-DDT var imidlertid ikke påfallende høy på noen stasjoner i 2008 (Tabell 18).

For sammenligning av konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, vises det igjen til rapporten [24] som går i dybden på emnet og konkluderer med følgende:

- Det er begrenset med relevante sammenligningsdata på konsentrasjoner av DDT-forbindelser i blåskjell fra andre områder, men dataene som foreligger indikerer tidvis spesielt høye konsentrasjoner på enkelte stasjoner i Sørfjorden.

Tabell 17. DDT med nedbrytningsprodukter og  $\Sigma PCB_7$ <sup>1)</sup> i blåskjell fra Sørfjorden og Hardangerfjorden 2008 (15. og 20. oktober 2008 [S. P.] og 2-11 september [CEMP],  $\mu g/kg$  våtvekt) ( $\Sigma DDT$  også i  $\mu g/kg$  fett). (Fra CEMP middel av 3 størrelseskategorier). Data fra det opprinnelige stasjonsnettet (st. B1 osv.) i kolonner merket "S. P."; fra CEMP/INDEX (st. 51A osv.) i kolonner merket "CEMP". Jfr. Figur 1 vedrørende stasjonsplassering (i tabellen oppført med økende avstand fra Odda).

St.nr.	DDT		DDE		DDD		$\Sigma DDT$		$\Sigma PCB_7$		$\Sigma DDT$ ( $\mu g/kg$ fett)	
	S. P. <sup>2)</sup>	CEMP	S. P. <sup>2)</sup>	CEMP	S. P. <sup>2)</sup>	CEMP	S. P. <sup>2)</sup>	CEMP	S. P. <sup>2)</sup>	CEMP	S. P. <sup>2)</sup>	CEMP
B1/51A	0,8	0,7	1,5	1,9	0,2	0,4	2,4	3,0	1,21	1,3	152	154
B2/52A	1,0	1,5	1,9	1,8	0,2	0,3	3,1	3,6	2,05	1,5	149	220
B3	1,0		1,6		0,2		2,7		5,98		144	
B4	1,4		2,8		0,3		4,5		1,36		216	
Måge	5,6		8,0		3,2		16,8		0,60		2000	
B6/56A	6,4	7,0	13,0	26,3	1,7	2,5	21,1	35,8	1,31	0,9	1319	2653
B7/57A	1,7	3,0	3,2	4,9	0,4	0,9	5,3	8,8	0,52	0,7	571	505
Utne	6,3		28,0		2,4		36,7		0,60		3000	
63A		1,2		2,2		0,6		4,0		0,5		263
B15/65A		0,7		1,1		0,3		2,1		0,5		133

<sup>1)</sup> Sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180

<sup>2)</sup> Verdi (S. P.) fra stasjon B3: Median av 3 replikater (alle skjell samlet 20.10.08). Verdi fra stasjon Utne: Median av 3 replikater (alle skjell samlet 15.10.08)

Tabell 18. DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell 1991-2000 (a) og 2001-2008 (b),  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. (I parentes % av  $\Sigma\text{DDT}$ ). Verdiene er delvis avrundet. Ikke registrert: B1 i 1994, B2 i 1993, B3/B4 i 1997, B6 i 2003 og B1 i 2005. (c.) viser DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell på de nye stasjonene "Måge" og "Utne" (2003-2008).

<b>(a.)</b>					
Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	$\Sigma$ DDT
St. B1 Byrkjenes	1991	0,7 (20)	2,0 (60)	0,7 (20)	3,4
	1992	< 0,2 ( $\approx$ 2)	2,3 (56)	1,7 (42)	4,9 <sup>1)</sup>
	1993	0,1 ( $\approx$ 3)	2,5 (69)	1,0 (28)	3,6
	1995	2,0 (33)	3,3 (55)	0,7 (12)	6,0
	1996	3,0 (48)	2,4 (38)	0,9 (14)	6,3
	1997 <sup>3)</sup>	2,5 (47)	2,4 (46)	0,3 (7)	5,2
	1998	< 0,5 (<6)	2,3 (49)	2,1 (45)	4,7
	1999	2,2 (46)	2,3 (48)	0,3 (6)	4,8
	2000	2,7 (37)	4,2 (58)	0,4 (5)	7,3
St. B2 Eitrheim	1991	0,1 (4)	1,5 (62)	0,8 (34)	2,4
	1992	< 0,2 (< 2)	2,5 (51)	2,3 (47)	4,9 <sup>1)</sup>
	1994	0,9 (28)	2,1 (64)	0,3 (8)	3,3
	1995	2,8 (40)	3,2 (46)	0,9 (14)	6,9
	1996	1,9 (35)	2,4 (44)	1,1 (21)	5,5
	1997 <sup>3)</sup>	2,1 (39)	2,2 (40)	1,1 (21)	5,4
	1998	< 0,5 (<5)	3,3 (49)	3,2 (47)	6,8
	1999	3,2 (46)	3,2 (46)	0,6 (8)	7,0
	2000	2,6 (36)	4,2 (58)	0,4 (7)	7,2
St. B3 Tyssedal	1991	0,1 ( $\approx$ 6)	1,0 (63)	0,5 (31)	1,6
	1992	0,4 (15)	1,7 (60)	0,7 (25)	2,8
	1993	< 0,1 ( $\approx$ 6)	1,8 (62)	1,0 (32)	2,9 <sup>1)</sup>
	1994	0,4 (15)	1,9 (68)	0,5 ?(17)	~ 2,7 ?
	1995	1,5 (40)	1,8 (46)	0,5 (14)	3,8
	1996	2,2 (40)	2,4 (44)	0,9 (16)	5,4
	1998	< 0,5 (<5)	2,9 (45)	3,2 (50)	6,4
	1999	1,9 (51)	1,5 (40)	0,4 (9)	3,8
	2000	2,0 (38)	2,2 (41)	1,1 (21)	5,3
St. B4 Digranes	1991	1,4 (18)	4,1 (51)	2,5 (31)	8,0
	1992	< 0,2 ( $\approx$ 1)	4,8 (48)	5,1 (51)	10,0 <sup>1)</sup>
	1993	1,6 (17)	4,9 (53)	2,8 (30)	9,3
	1994	0,3 (9)	2,6 (73)	0,7 (18)	3,6
	1995	3,7 (53)	2,7 (38)	0,6 (9)	7,0
	1996	3,7 (40)	3,8 (42)	1,6 (18)	9,0
	1998	< 0,5 (<2)	6,2 (44)	7,7 (54)	14,2
	1999	4,3 (43)	4,5 (45)	1,2 (12)	10,0
	2000	4,1 (39)	5,8 (55)	0,6 (6)	10,5
St. B6 Kvalnes	1991	4,7 (22)	10,7 (50)	6,0 (28)	21,4
	1992	0,5 (3)	7,8 (44)	9,4 (53)	17,7
	1993	0,3 (1)	15,5 (63)	8,7 (36)	24,5
	1994	3,2 (17)	13,8 (73)	2,0 (10)	18,9
	1995	16,3 (46)	15,3 (43)	4,1 (11)	35,7
	1996	9,7 (51)	8,3 (44)	0,9 (5)	18,9
	1997 <sup>3)</sup>	9,8 (46)	8,1 (38)	3,5 (16)	21,4
	1998	13,0 (34)	16,0 (41)	9,5 (25)	38,5
	1999	19,0 (40)	22,0 (46)	6,7 (14)	47,7
2000	32,0 (61)	16,0 (30)	4,9 (9)	52,9	
St. B7 Krossanes	1991	1,9 (20)	5,7 (61)	1,8 (19)	9,4
	1992	< 0,2 ( $\approx$ 1)	5,6 (52)	5,0 (47)	10,7 <sup>1)</sup>
	1993	0,1 ( $\approx$ 3)	2,2 (61)	1,3 (36)	3,6
	1994	0,2 (4)	4,7 (73)	1,5 (23)	6,5
	1995 <sup>2)</sup>	1,3 (32)	2,2 (53)	0,6 (15)	4,2
	1996	2,4 (27)	4,4 (51)	1,9 (22)	8,7
	1997 <sup>3)</sup>	8,6 (54)	5,7 (35)	3,2 (11)	16,1
	1998	1,7 (7)	9,1 (40)	12,0 (53)	22,8
	1999	3,2 (36)	4,7 (53)	1,0 (11)	8,9
2000	7,3 (41)	9,4 (53)	1,0 (6)	9,4	

<sup>1)</sup> Ved summering eventuelt regnet med 1/2 deteksjonsgrense.

<sup>2)</sup> Verdier fra reanalyse.  $\Sigma\text{DDT}$  fra 1. gangs analyse: 1.9.

<sup>3)</sup> Data fra JAMP/INDEX.

Forts. Tabell 18.

(b.)

Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	Σ DDT
St. B1 Byrkjenes	2001	1,8 (33)	3,0 (54)	0,7 (13)	5,5
	2002	1,5 (32)	2,3 (50)	0,8 (18)	4,6
	2003	5,9 (56)	3,0 (29)	1,6 (15)	10,5
	2004	1,4 (38)	1,9 (52)	0,4 (10)	3,7
	2006	6,1 (60)	3,3 (32)	0,8 (8)	10,2
	2007	1,0 (34)	1,9 (54)	0,4 (13)	3,4
	2008	0,8 (32)	1,5 (62)	0,2 (6)	2,4
	St. B2 Eitrheim	2001	- <sup>4)</sup>	3,9 (<86)	0,6 (<14)
2002		2,1 (40)	2,5 (47)	0,7 (13)	5,3
2003		4,1 (55)	2,2 (30)	1,1 (15)	7,4
2004		1,5 (37)	2,1 (52)	0,4 (11)	4,0
2005		5,7 (43)	6,6 (50)	0,9 (7)	13,2
2006		5,1 (48)	4,5 (43)	0,9 (9)	10,5
2007		1,7 (31)	3,2 (57)	0,7 (12)	5,6
2008		1,0 (32)	1,9 (61)	0,2 (7)	3,1
St. B3 Tyssedal	2001	1,5 (<34)	2,9 (<66)	- <sup>4)</sup>	4,4
	2002	- <sup>4)</sup>	2,1 (<68)	1,0 (<32)	3,1
	2003	5,7 (62)	2,3 (25)	1,2 (13)	9,2
	2004	1,8 (38)	2,4 (51)	0,5 (11)	4,7
	2005	3,8 (42)	4,5 (49)	0,8 (9)	9,1
	2006	5,6 (55)	3,9 (38)	0,8 (7)	10,3
	2008	1,0 (35)	1,6 (58)	0,2 (7)	2,7
St. B4 Digranes	2001	1,0 (12)	6,0 (71)	1,5 (18)	8,5
	2002	0,7 (14)	3,1 (59)	1,4 (27)	5,3
	2003	17,0 (71)	4,6 (19)	2,3 (10)	23,9
	2004	2,6 (42)	3,0 (49)	0,6 (9)	6,2
	2005	6,4 (44)	7,1 (49)	1,1 (8)	14,6
	2006	8,3 (48)	7,3 (42)	1,7 (10)	17,3
	2007	2,3 (32)	4,1 (56)	0,9 (12)	7,3
	2008	1,4 (31)	2,8 (62)	0,3 (7)	4,5
St. B6 Kvalnes	2001	15,0 (37)	21,0 (51)	4,8 (12)	40,8
	2002	5,2 (20)	15,0 (56)	6,5 (24)	26,7
	2004	17,0 (51)	13,0 (39)	3,4 (10)	33,4
	2005	26,0 (44)	29,0 (49)	4,5 (8)	59,5
	2006	27,0 (42)	30,0 (47)	6,7 (11)	63,7
2008	6,4 (30)	13,0 (62)	1,7 (8)	21,1	
St. B7 Krossanes	2001	9,5 (52)	7,5 (41)	1,4 (8)	18,4
	2002	2,7 (25)	5,4 (51)	2,6 (24)	10,7
	2003	21,0 (56)	12,0 (32)	4,3 (12)	37,3
	2004	8,2 (47)	7,9 (46)	1,2 (7)	17,3
	2005	8,0 (39)	11,0 (54)	1,3 (6)	20,3
	2006	14,0 (53)	10,0 (38)	2,4 (9)	26,4
	2007	4,1 (36)	6,0 (52)	1,4 (12)	11,5
	2008	1,7 (32)	3,2 (60)	0,4 (8)	5,3

<sup>4)</sup> Interferens i kromatogram.

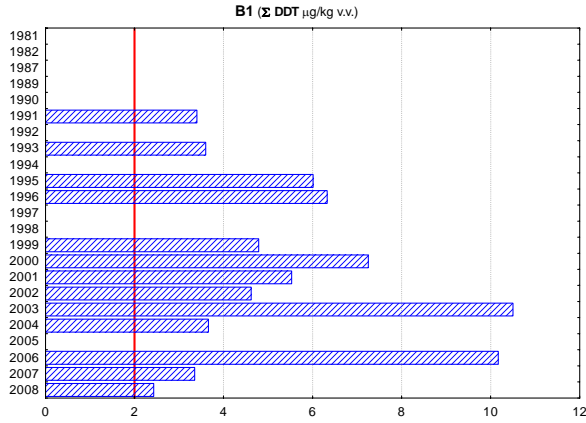
(c.)

Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	Σ DDT
Måge	2003	17,0 (69)	4,6 (19)	2,9 (12)	24,5
	2004	7,8 (43)	8,9 (49)	1,4 (8)	18,1
	2005	6,9 (42)	8,3 (51)	1,2 (7)	16,4
	2006	8,4 (47)	7,5 (42)	2,0 (11)	17,9
2008	5,6 (33)	8,0 (48)	3,2 (19)	16,8	
Utne (Trones)	2003	16,0 (60)	8,1 (30)	2,7 (10)	26,8
	2004	3,3 (41)	4,2 (52)	0,6 (8)	8,1
	2005	7,4 (44)	8,5 (50)	1,1 (7)	17,0
	2006	55,0 (35)	92,0 (58)	12,0 (8)	159,0
	2007	25,0 (21)	85,0 (72)	8,8 (7)	118,8
2008	6,3 (17)	28,0 (77)	2,4 (6)	36,7	

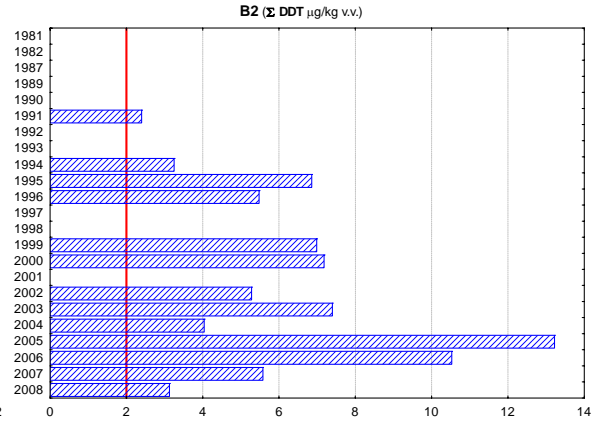


Figur 25.  $\Sigma$ DDT i blåskjell fra Sør fjorden 1981-2008,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt (Søyler er kun vist for de år/stasjoner hvor alle tre komponenter [DDT, DDE og DDD] er detektert i prøven. Om fordeling mellom DDT, DDE og DDD, se Tabell 9 og 10. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand fra Odda [km]. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. [/ = øvre grense for Klasse I (lite/ubetydelig forurenset)]).

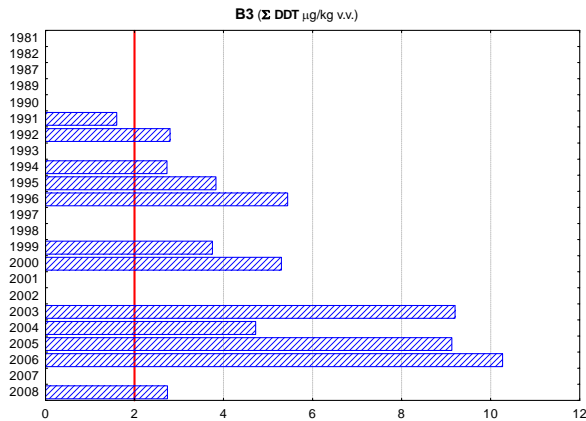
**B1 (2).**



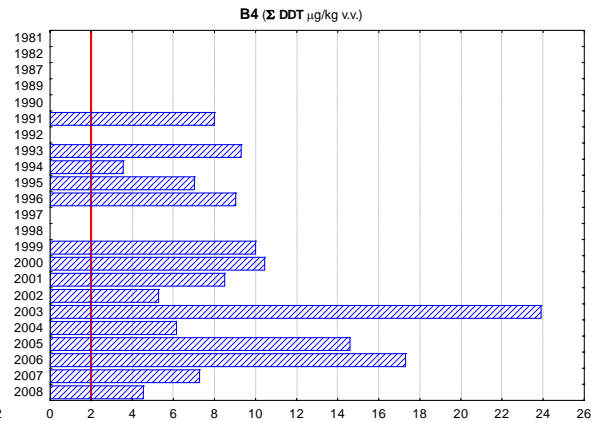
**B2 (3).**



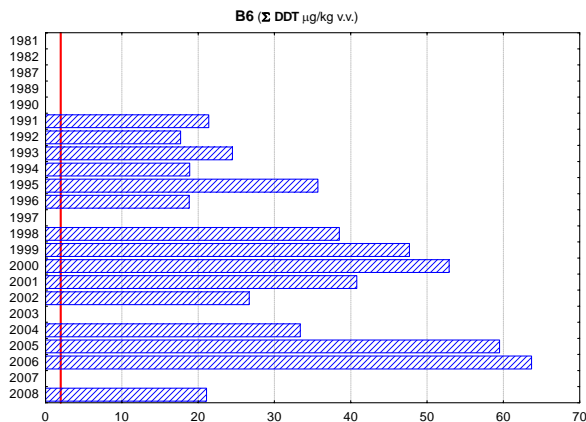
**B3 (6).**



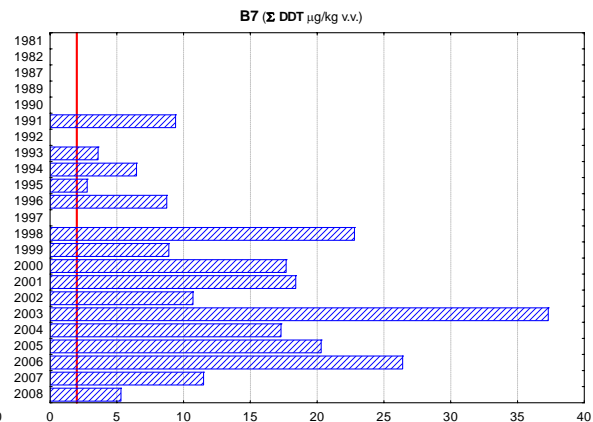
**B4 (10).**



**B6 (18).**

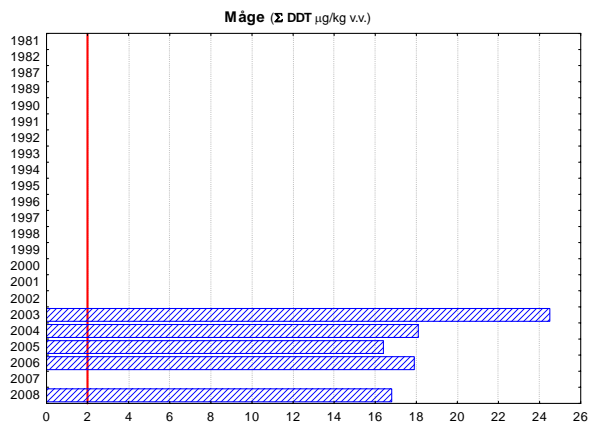


**B7 (38).**

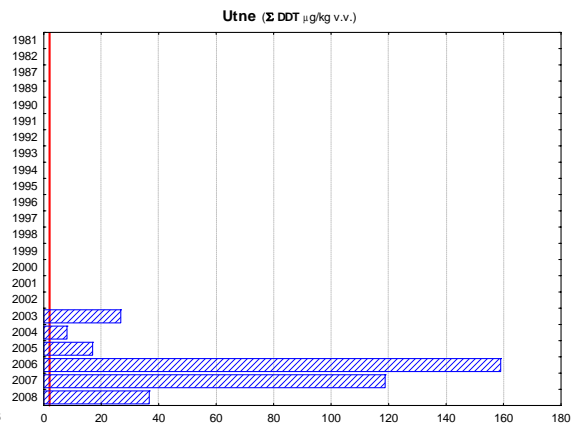


Forts. Figur 25.

**Måge (15).**



**Utne (40).**



## PCB

**Blåskjellene** fra alle stasjoner i Sørfjorden var **lite/ubetydelig forurenset (Kl. I)** med  $\Sigma\text{PCB}_7$  i 2008, med unntak av ved stasjon B3 (Tyssedal), hvor skjellene var **moderat (Kl. II)** forurenset (samme nivå som i 2005; Tabell 17, Tabell 19, Figur 26, [27]).

Tabell 19.  $\Sigma\text{PCB}_7$  i blåskjell fra st. B3, Tyssedal 1991-2008 (1997-materialet pga. en feil ikke analysert. Det ble ikke funnet skjell på stasjon B3, Tyssedal i 2007),  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt og  $\mu\text{g}/\text{kg}$  fett.

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1998	1999	2000
Våtv.basis	8,8	10,1	10,6	8,2	10,1	17,2	20,5	13,4	45,3
Fettbasis	978	918	757	683	773	963	1139	957	3775

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008 <sup>1)</sup>
Våtv.basis	1132	91,8	12,2	12,4	5,8	3,9	-	6,0
Fettbasis	59584	3825	719	592	222	296	-	315

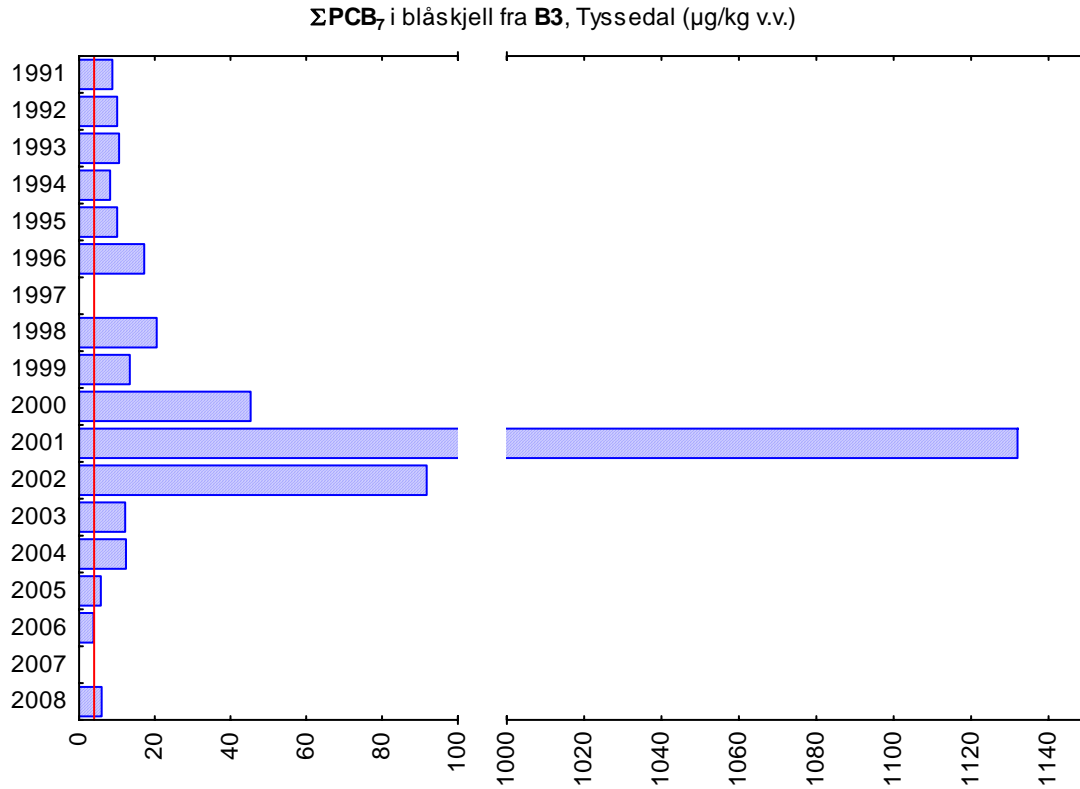
<sup>1)</sup> Median av 3 replikater (alle skjell samlet 20.10.08)

Som tidligere nevnt, dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av PCB i blåskjell fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende bemerkes:

- Nivåene av PCB i blåskjell fra Sørfjorden (også når en ser bort fra ekstremkonsentrasjonen funnet i 2001) har de siste årene ligget litt høyere enn mange steder langs kysten [19].

PCB-nivåene har imidlertid vært lavere enn i blåskjell i nærheten av havneområder og urbane strøk (eksempelvis indre Oslofjord [19] og ved Bergen [22]).

Figur 26.  $\Sigma\text{PCB}_7$  i blåskjell fra Tyssedal (st. B3; 1991-2008),  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 19. (| = øvre grense for Klasse I [lite/ubetydelig forurenset]). Mrk. brudd på akse mellom 100 og 1000.



## 6. Referanser

1. Skei, J., B. Rygg, F. Moy, J. Molvær, J. Knutzen, K. Hylland, K. Næs, N. Green og T. Johnsen, 1998. Forurensningsutviklingen i Sørfjorden/Hardangerfjorden i perioden 1980-1997. Sammenstilling av resultater fra overvåkingen av vann, sedimenter og organismer. Rapport 742/98 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3922-98. 95 s.
2. Knutzen, J. og N.W. Green, 2001. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 2000. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer med orienterende analyser i dypvannsfisk. Rapport 836/01 innen statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4445-2001, 51 s.
3. Molvær, J., 2000. Utslipp av kvikksølv til Sørfjorden som følge av uhell ved Norzink As vinteren 1999-2000. Vurdering av utslippets størrelse. NIVA-rapport 4252-2000, 26 s.
4. Ruus, A. og N.W. Green, 2002. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 2001. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. Rapport 865/2002 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4612-2002, 41 s.
5. Skei, J. og J. Knutzen, 2000. Utslipp av kvikksølv til Sørfjorden som følge av uhell ved Norzink as vinteren 1999-2000. Miljømessige konsekvenser. NIVA-rapport 4234-2000, 12 s.
6. Økland, T., 2005. Kostholdsråd i norske havner og fjorder - En gjennomgang av kostholdsråd i norske havner og fjorder fra 1960-tallet til i dag. Rapport utarbeidet av Bergfald & Co as på vegne av Mattilsynet, med Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) og Statens forurensningstilsyn (SFT) som samarbeidende etater. 269 s.
7. 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: p. 47-59.
8. Bloom, N.S. og E.A. Crecelius, 1983. Determination of mercury in seawater at sub-nanogram per liter levels. *Mar. Chem.*, 14: p. 49-59.
9. Molvær, J., 2005. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2004. Delrapport 1. Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene. Rapport 923/2005 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4696-2005, 26 s.
10. Green, N.W. og J. Knutzen, 2001. Joint Assessment and Monitoring Programme. Forurensningsindeks og referanseindeks basert på observasjoner av miljøgifter i blåskjell fra utvalgte områder 1995-1999. Rapport 821/01 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4342-2001. 35 s.
11. Ruus, A. og N. Green, 2005. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2004. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 938/2005 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5069-2005, 61 s.
12. Schlabach, M., A. Biseth, H. Gundersen og J. Knutzen, 1995. Congener specific determination and levels of polychlorinated naphthalenes in cod liver samples from Norway. *Organohalogen Compounds*, 24: p. 489-492.
13. Schlabach, M., A. Biseth, H. Gundersen og M. Oehme, 1993. On-line GPC/carbon clean up method for determination of PCDD/F in sediment and sewage sludge samples. *Organohalogen Compounds*, 11: p. 71-74.
14. Oehme, M., J. Klungsøyr, A. Biseth og M. Schlabach, 1994. Quantitative determination of ppq-ppt levels of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and

- dibenzofurans in sediments from the Arctic (Barents Sea) and the North Sea. *Anal. Methods Instrum.*, 1: p. 153-163.
15. Molvær, J., A. Helland og M. Schøyen, 2002. Overvåking av miljøforholdene i Sør fjorden. Metaller, oksygen, nitrogen og vannutskifting i 2001. Rapport 853/2002 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4562-2002, 51 s.
  16. Molvær, J., J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei og J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-rapport TA-1467/1997, 36 s.
  17. Moy, F., H. Christie og L. Tveiten, 2007. Undersøkelser av sukkertare i Hardangerfjorden. Tilstandsrapport fra befarings 2-3 juli 2007. SFT-rapport TA-2344/2007. NIVA-rapport nr. 5509/2007. 10 s.
  18. Knutzen, J. og N.W. Green, 2001. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). "Bakgrunnsnivåer" av miljøgifter i fisk og blåskjell basert på datamateriale fra 1990-1998. Rapport 829/01 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4339-2001, 145 s.
  19. Green, N.W., A. Ruus, B. Bjerkeng, E.M. Brevik, J. Håvardstun, A. Mills, Å.G. Rogne, M. Schøyen, L. Shi, L. Tveiten og S. Øxnevad, 2008. Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP). Levels, trends and effects of hazardous substances in fjords and coastal waters - 2007. Norwegian State Pollution Monitoring Programme Report no. 1040/2008. TA-no. 2454/2008. 213 s.
  20. Ruus, A. og N.W. Green, 2007. Overvåking av miljøforholdene i Sør fjorden 2006. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 995/2006 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5495-2007, 65 s.
  21. Lobel, P.B. og H.D. Marshall, 1998. A unique low molecular zinc-binding ligand in the kidney cytosol of the mussel *Mytilus edulis*, and its relationship to the inherent variability of zinc accumulation in organisms. *Mar. Biol.*, 99: p. 101-105.
  22. Knutzen, J., J. Skei, T.M. Johnsen, K. Hylland, J. Klungsøyr og M. Schlabach, 1995. Miljøgiftundersøkelser i Byfjorden/Bergen og tiliggende fjordområder. Fase 2. Observasjoner i 1994. NIVA-rapport 3351-95, 163 s.
  23. Bakke, T., A. Ruus, B. Bjerkeng, J.A. Knutsen og M. Schlabach, 2008. Overvåking av miljøgifter i fisk og skalldyr fra Grenlandsfjordene 2007. Rapport 1038/2008 innen Statlig program for forurensningsovervåking. TA-2449/2008, 80 s.
  24. Skei, J., A. Ruus og A. Måge, 2005. Kildekartlegging av DDT i Sør fjorden, Hordaland. Forprosjekt. NIVA-rapport 5038-2005, 44 s.
  25. Fjeld, E., M. Schlabach, J.A. Berge, T. Eggen, P. Snilsberg, C. Vogelsang, S. Rognerud, G. Kjellberg, E.K. Enge, C.A. Dye og H. Gundersen, 2005. Kartlegging av utvalgte nye organiske miljøgifter 2004. Bromerte flammehemmere, perfluoralkylstoffer, irgarol, diuron, BHT og dicofol. NIVA-rapport 5011-2005, 97s+vedlegg.
  26. Ruus, A., J. Skei, N.W. Green og M. Schøyen, 2008. Overvåking av miljøforholdene i Sør fjorden 2007. Metaller i vannmassene, sedimentundersøkelse, miljøgifter i organismer. Rapport 1034/2008 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5635-2008, 107 s.
  27. Ruus, A. og N.W. Green, 2006. Overvåking av miljøforholdene i Sør fjorden 2005. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 959/2006 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5268-2006, 58 s.



## **VEDLEGG (Rådata)**

**Metaller, saltholdighet, temperatur og siktedyp i overflatevann og dypvann 2008**

**Måle- og analysemetoder  
(temperatur, saltholdighet, siktedyp oksygen, nitrogen og fosfor).**

**Metallerog klororganiske forbindelser  
i blåskjell samlet 15. og 20. oktober 2008 (våtvektsbasis).**

**PCDD, PCDF og non-ortho PCB (samt toksiske ekvivalenter av disse) i torskefilet.**



**Rådata: Metaller, saltholdighet, temperatur og siktedyp i overflatevann og dypvann 2008.****Urdheim**

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
20.02.2008	0	2,0	0,10	4,36	0,036	0,45	22,0	5,2	15,0
14.03.2008	0	<1,0	0,12	4,93	0,05	0,75	16,7	4,5	5,0
14.03.2008	20	<1,0	0,35	18,50	0,22	1,27	-	8,9	
14.03.2008	40	<1,0	0,12	5,31	0,05	0,4	-	8,9	
14.03.2008	100	<1,0	0,06	1,57	0,03	0,2	-	8,3	
14.03.2008	250	<1,0	0,12	2,39	0,03	0,21	-	7,5	
13.05.2008	0	<1,0	0,05	2,24	0,02	0,52	16,8	11,4	9,0
09.06.2008	0	<1,0	0,10	3,75	0,03	0,47	12,0	15,4	9,0
22.08.2008	0	<1,0	0,10	4,14	0,03	0,55	7,1	15,2	9,0
19.09.2008	0	<1,0	0,12	3,58	0,03	0,59	20,7	12,5	8,0
14.10.2008	0	<1,0	0,11	2,89	0,03	0,54	19,6	10,9	8,0
14.10.2008	20	<1,0	0,04	1,31	0,02	0,40	-	12,0	
14.10.2008	40	<1,0	0,04	1,17	0,02	0,30	-	10,2	
14.10.2008	100	<1,0	0,06	2,22	0,03	0,22	-	8,5	
14.10.2008	250	1,5	0,08	2,02	0,03	0,24	-	8,0	
13.11.2008	0	3,0	0,04	2,30	0,03	0,48	24,7	9,3	14,5

**Børve**

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
20.02.2008	0	<1,0	0,11	4,84	0,033	0,35	18,4	4,9	12,0
14.03.2008	0	<1,0	0,15	4,98	0,05	0,56	18,9	4,7	5,0
14.03.2008	20	<1,0	0,19	2,95	0,05	0,70	-	9,0	
14.03.2008	40	<1,0	0,13	3,28	0,04	0,30	-	8,8	
14.03.2008	100	<1,0	0,08	1,95	0,03	0,21	-	8,4	
14.03.2008	250	<1,0	0,10	2,18	0,03	0,22	-	7,9	
14.03.2008	350	<1,0	0,17	25,70	0,06	0,47	-	7,8	
13.05.2008	0	<1,0	0,09	3,24	0,03	0,45	13,0	12,2	9,0
09.06.2008	0	<1,0	0,13	3,99	0,03	0,37	11,3	14,9	8,0
22.08.2008	0	<1,0	0,11	3,36	0,03	0,37	6,7	15,4	10,0
19.09.2008	0	<1,0	0,13	3,46	0,03	0,52	19,7	12,7	9,0
14.10.2008	0	<1,0	0,09	2,63	0,02	0,52	20,4	10,9	9,5
14.10.2008	20	<1,0	0,07	2,25	0,02	0,42	-	12,1	
14.10.2008	40	<1,0	0,06	2,04	0,03	0,33	-	10,3	
14.10.2008	100	2,0	0,09	2,92	0,04	0,24	-	8,8	
14.10.2008	250	1,0	0,09	4,71	0,03	0,34	-	8,4	
14.10.2008	350	1,0	0,09	2,66	0,03	0,32	-	8,6	
13.11.2008	0	3,0	0,23	9,06	0,09	0,59	20,7	8,5	13,0

**Digranes**

Dato	Dyp meter	Hg ng/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Cd µg/l	Cu µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C	Siktedyp m
20.02.2008	0	2,0	0,28	7,21	0,060	0,55	16,0	4,7	13,5
14.03.2008	0	<1,0	0,23	6,52	0,05	0,71	16,7	4,5	4,5

NIVA 5808-2009 (TA-2519/2009)

14.03.2008	20	1,5	0,58	12,20	0,10	1,55	-	9,3	
14.03.2008	40	<1,0	0,28	13,00	0,08	0,60	-	9,1	
14.03.2008	100	<1,0	0,19	4,97	0,05	0,29	-	8,5	
14.03.2008	250	<1,0	0,24	3,63	0,05	0,27	-	8,5	
13.05.2008	0	<1,0	0,16	5,21	0,03	0,45	7,3	9,4	8,5
09.06.2008	0	<1,0	0,16	3,69	0,02	0,36	9,0	12,4	7,0
22.08.2008	0	<1,0	0,17	3,71	0,03	0,49	6,7	14,3	9,5
19.09.2008	0	1,0	0,17	3,49	0,04	0,49	21,2	13,5	9,0
14.10.2008	0	<1,0	0,17	3,57	0,03	0,43	20,7	11,5	8,0
14.10.2008	20	<1,0	0,06	1,73	0,02	0,41	-	12,4	
14.10.2008	40	1,0	0,27	6,29	0,05	0,45	-	10,2	
14.10.2008	100	1,0	0,16	5,67	0,06	0,32	-	9,1	
14.10.2008	250	2,5	0,17	3,46	0,04	0,28	-	8,6	
13.11.2008	0	2,0	0,22	8,01	0,09	0,74	20,0	9,8	12,0

**Tyssedal**

<b>Dato</b>	<b>Dyp meter</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>Siktedyp m</b>
20.02.2008	0	3,0	0,69	13,2	0,10	0,72	14,5	4,9	11,5
14.03.2008	0	<1,0	1,13	22,00	0,19	1,83	13,5	4,4	4,0
14.03.2008	20	1,5	0,87	13,50	0,11	1,31	-	9,1	
14.03.2008	40	<1,0	0,48	10,20	0,08	1,05	-	8,7	
14.03.2008	100	<1,0	0,27	5,00	0,06	0,32	-	9,0	
13.05.2008	0	<1,0	0,14	4,57	0,03	0,47	4,3	7,1	9,5
09.06.2008	0	<1,0	0,18	4,02	0,03	0,44	7,7	11,3	6,0
22.08.2008	0	<1,0	0,28	4,13	0,03	0,34	4,7	14,0	8,0
19.09.2008	0	1,5	0,10	2,26	0,03	0,46	20,5	13,5	10,0
14.10.2008	0	<1,0	0,21	3,31	0,03	0,41	14,9	10,5	6,5
14.10.2008	20	<1,0	0,06	1,77	0,02	0,40	-	12,6	
14.10.2008	40	2,0	0,94	15,70	0,11	0,60	-	9,1	
14.10.2008	100	3,5	0,25	7,66	0,07	0,41	-	11,0	
13.11.2008	0	2,0	0,32	12,00	0,13	0,55	17,7	7,7	8,5

**Lindenes****Dato**

	<b>Dyp meter</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>Siktedyp m</b>
20.02.2008	0	3,5	0,99	14,5	0,11	0,73	16,1	5,1	11,0
14.03.2008	0	<1,0	0,73	17,20	0,13	1,14	15,7	4,9	4,5
14.03.2008	20	2,0	1,08	13,30	0,16	1,53	-	8,8	
14.03.2008	40	1,0	0,78	9,13	0,09	0,64	-	8,9	
13.05.2008	0	<1,0	0,35	4,48	0,03	0,41	5,7	8,1	9,0
09.06.2008	0	<1,0	0,18	3,34	0,03	0,32	6,6	10,8	5,0
22.08.2008	0	<1,0	0,25	3,83	0,03	0,40	5,4	14,0	8,0
19.09.2008	0	1,5	0,30	5,92	0,05	0,58	23,9	14,7	11,0
14.10.2008	0	<1,0	0,20	3,08	0,03	0,48	10,6	9,5	7,0
14.10.2008	20	3,0	0,41	9,71	0,08	0,57	-	12,9	
14.10.2008	40	3,5	1,01	12,60	0,11	0,70	-	9,4	
13.11.2008	0	1,5	0,35	12,50	0,14	0,75	17,0	7,4	9,5

**Havnebasseng****Dato**

	<b>Dyp meter</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>Siktedyp m</b>
20.02.2008	0	13,5	0,54	16,3	0,10	0,69	18,8	5,7	10,0
14.03.2008	0	<1,0	0,58	13,90	0,12	1,00	8,3	4,4	4,0
14.03.2008	20	3,0	1,10	12,10	0,14	1,58	-	9,0	
14.03.2008	40	33,0	8,64	20,20	0,14	1,94	-	8,6	
13.05.2008	0	<1,0	0,14	4,07	0,02	0,37	4,0	6,7	8,0
09.06.2008	0	<1,0	0,21	3,27	0,02	0,34	5,8	10,7	5,0
22.08.2008	0	<1,0	0,27	4,02	0,03	0,53	3,1	14,3	8,0
19.09.2008	0	2,5	0,23	4,97	0,06	0,69	21,9	14,2	9,0
14.10.2008	0	<1,0	0,19	2,59	0,02	0,49	10,5	10,2	8,0
14.10.2008	20	2,5	0,35	8,86	0,09	0,56	-	13,3	
14.10.2008	40	9,0	1,30	16,90	0,13	0,77	-	10,0	
13.11.2008	0	1,0	0,24	7,37	0,07	0,40	21,1	9,4	8,0

**Eitrheimsvågen****Dato**

	<b>Dyp meter</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>Siktedyp m</b>
20.02.2008	0	4,5	0,75	17,4	0,17	0,83	16,1	5,2	9,0
14.03.2008	0	2,0	1,11	35,80	0,31	0,92	13,3	6,5	4,5
14.03.2008	10	4,0	10,07	36,60	0,02	0,93	-	8,9	
13.05.2008	0	<1,0	0,18	5,97	0,03	0,45	3,3	7,3	7,5
09.06.2008	0	<1,0	0,23	4,24	0,03	0,36	6,00	11,1	5,0
22.08.2008	0	10,5	0,32	8,98	0,04	0,49	9,2	15,1	6,0
19.09.2008	0	7	1,54	21,80	0,21	0,515	21,4	13,7	8,0
14.10.2008	0	1	0,84	13,80	0,11	0,578	9,1	9,0	8,0
14.10.2008	10	1,5	0,20	3,80	0,05	0,455	-	12,9	
13.11.2008	0	3	0,93	26,50	0,31	1,04	20,6	9,5	9,0

**Måle- og analysemetoder (temperatur, saltholdighet, siktedyp oksygen, nitrogen og fosfor).***Siktedyp:*

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

*Temperatur og Saltholdighet:*

Er målt ved bruk av en YSI modell 30 sonde. Spesifikasjonen er vist nedenfor.

<b>30 salinity, conductivity &amp; temperature (System Specifications)</b>			
Range: User-selected or autoranging			
Adjustable reference temperature: 15 to 25°C			
Adjustable temperature compensation factor: 0 to 4%			
Cable lengths: 10, 25, 50, 100 feet (3, 7.6, 15.2, 30.5 meters)			
Measurement	Range	Resolution	Accuracy (meter & probe)
Conductivity	0 to 499.9 µS/cm	0.1 µS/cm	±0.5% full scale
	0 to 4999 µS/cm	1 µS/cm	±0.5% full scale
	0 to 49.99 mS/cm	0.01 mS/cm	±0.5% full scale
	0 to 200.0 mS/cm	0.1 mS/cm	±0.5% full scale
Salinity	0 to 80 ppt	0.1 ppt	±2% or ±0.1 ppt
Temperature	-5 to +95°C	0.1°C	±0.1°C (±1 lsd)

*Oksygen:*

Modifisert Winkler-metode.

*Nitrat:*

Analyseres ved hjelp av Autoanalysator ved NIVAs laboratorium i Oslo. Nedre grense er 1 µgN/l.

*Total fosfor:*

Analyseres ved hjelp av Autoanalysator ved NIVAs laboratorium i Oslo. Nedre grense er 1 µgP/l.

**Rådata: Metaller og klororganiske forbindelser i blåskjell samlet på ulike stasjoner i Sør fjorden 15. og 20. oktober 2008 (våtvektsbasis).**

Rekvisisjonsnr : 2008-02870 Mottatt dato : 20081216 Godkjent av : KLR Godkjent dato: 20090317

Prosjektnr : O 26461 02

Kunde/Stikkord : Sørfjorden biota

Kontaktp./Saksbeh. : ARU

Analysevariabel	Prøvetype	TESTNO	TTS/% B 3	Fett-% H 3-4	Cl/MS-B µg/g E 8-3	Cu/MS-B µg/g E 8-3	Hg-B µg/g E 4-3	Pb/MS-B µg/g E 8-3	Zn/MS-B µg/g E 8-3	CE28-B µg/kg v.v. H 3-4	CE52-B µg/kg v.v. H 3-4
1   20081020 B1 Byrkjenes	biøsk	2008-02870	14	1.6	0.359	0.81	0.039	2.89	14.3	<0.05	0.06
2   20081015 B2 Eitrheim	biøsk	2008-02870	18	2.1	0.409	1.04	0.039	2.96	20.1	<0.05	0.12
3   20081020 B3 Tysseidal gl.1	biøsk	2008-02870	18	1.9	0.241	1.03	0.029	1.83	20.3	<0.05	0.29
4   20081020 B3 Tysseidal gl.2	biøsk	2008-02870	18	1.9	0.229	1.03	0.029	1.72	19.3	<0.05	0.24
5   20081020 B3 Tysseidal gl.3	biøsk	2008-02870	18	1.9	0.228	1.00	0.027	1.86	17.6	<0.05	0.23
6   20081015 B4 Digraanes	biøsk	2008-02870	19	2.1	0.167	0.86	0.023	1.39	15.1	<0.05	0.05
7   20081015 B6 Kvalnes	biøsk	2008-02870	15	1.6	0.315	0.69	0.033	3.13	17.5	<0.05	0.05
8   20081015 B7 Krossanes	biøsk	2008-02870	16	0.93	0.311	0.77	0.029	1.23	11.8	0.09	<0.05
9   20081015 B8 Måge	biøsk	2008-02870	2.3	0.84	0.260	0.87	0.030	1.48	13.9	<0.05	<0.05
10   20081015 B9 Utne gl. 1	biøsk	2008-02870	17	1.7	0.131	0.72	0.021	0.48	13.6	<0.05	0.07
11   20081015 B9 Utne gl. 2	biøsk	2008-02870	18	1.09	0.136	0.77	0.020	0.44	13.6	<0.05	0.09
12   20081015 B9 Utne gl. 3	biøsk	2008-02870	17	1.5	0.125	0.81	0.020	0.42	13.6	<0.05	<0.05

Analysevariabel	Prøvetype	CE101-B µg/kg v.v. H 3-4	CE118-B µg/kg v.v. H 3-4	CE105-B µg/kg v.v. H 3-4	CE153-B µg/kg v.v. H 3-4	CE138-B µg/kg v.v. H 3-4	CE156-B µg/kg v.v. H 3-4	CE180-B µg/kg v.v. H 3-4	CE209-B µg/kg v.v. H 3-4	ΣPCB µg/kg v.v. Beregnet
1   20081020 B1 Byrkjenes	biøsk	0.19	0.21	0.06	0.36	0.33	<0.05	0.06	<0.05	<1.42
2   20081015 B2 Eitrheim	biøsk	0.37	0.38	0.09	0.55	0.54	<0.05	0.09	<0.05	<2.1
3   20081020 B3 Tysseidal gl.1	biøsk	1.2	1.2	0.48	1.3	1.6	0.14	0.15	<0.05	<2.29
4   20081020 B3 Tysseidal gl.2	biøsk	1.4	1.4	0.52	1.5	1.7	0.15	0.17	<0.05	<6.46
5   20081020 B3 Tysseidal gl.3	biøsk	1.3	1.2	0.47	1.4	1.7	0.14	0.15	<0.05	<7.18
6   20081015 B4 Digraanes	biøsk	0.22	0.26	0.05	0.38	0.38	<0.05	0.07	<0.05	<6.69
7   20081015 B6 Kvalnes	biøsk	s0.21	0.23	0.05	0.37	0.38	<0.05	0.07	<0.05	<1.41
8   20081015 B7 Krossanes	biøsk	<0.1	0.11	<0.05	0.16	0.16	<0.05	<0.05	<0.05	s<1.3
9   20081015 B8 Måge	biøsk	<0.2	0.13	<0.05	0.21	0.21	<0.05	0.05	<0.05	<0.87
10   20081015 B9 Utne gl. 1	biøsk	<0.1	0.15	<0.05	0.31	0.28	<0.05	<0.05	<0.05	<1.05
11   20081015 B9 Utne gl. 2	biøsk	<0.2	0.12	<0.05	0.21	0.18	<0.05	<0.05	<0.05	<1.16
12   20081015 B9 Utne gl. 3	biøsk	<0.1	0.07	<0.05	0.11	0.10	<0.05	<0.05	<0.05	<1.05

Rekvisisjonsnr : 2008-02870 Mottatt dato : 20081216 Godkjent av : KLR Godkjent dato: 20090317

Prosjektnr : O 26461 02

Kunde/Stikkord : Sørfjorden biota

Kontaktp./Saksbeh. : ARU

Analysevariabel	Prøvetype	QCB-B µg/kg v.v. H 3-4	HCHA-B µg/kg v.v. H 3-4	HCBA-B µg/kg v.v. H 3-4	HCB-B µg/kg v.v. H 3-4	HCHB-B µg/kg v.v. H 3-4	HCHD-B µg/kg v.v. H 3-4	OCS-B µg/kg v.v. H 3-4	DDEPP-B µg/kg v.v. H 3-4	TDEPP-B µg/kg v.v. H 3-4	DDTEPP-B µg/kg v.v. H 3-4
1   20081020 B1 Byrkjenes	biøsk	<0.03	<0.05	0.07	0.07	<0.05	1.5	0.15	0.78	1.9	1.0
2   20081015 B2 Eitrheim	biøsk	0.03	<0.05	0.07	0.11	<0.05	1.6	0.17	0.97	1.6	0.97
3   20081020 B3 Tysseidal gl.1	biøsk	<0.03	<0.05	0.10	0.10	<0.05	1.6	0.20	0.96	1.6	0.96
4   20081020 B3 Tysseidal gl.2	biøsk	<0.03	<0.05	0.10	0.10	<0.05	1.6	0.19	0.92	1.6	0.92
5   20081020 B3 Tysseidal gl.3	biøsk	0.03	<0.05	0.06	0.06	<0.05	2.8	0.34	1.4	1.4	1.4
6   20081015 B4 Digraanes	biøsk	<0.03	<0.05	0.07	0.07	<0.05	3.2	0.41	1.7	1.7	1.7
7   20081015 B6 Kvalnes	biøsk	<0.03	<0.05	0.05	0.05	<0.05	8.0	3.2	5.6	5.6	5.6
8   20081015 B8 Måge	biøsk	<0.03	<0.05	0.07	0.07	<0.05	28	2.9	8.1	8.1	8.1
9   20081015 B9 Utne gl. 1	biøsk	<0.03	<0.05	0.05	0.05	<0.05	2.4	2.4	6.3	6.3	6.3
10   20081015 B9 Utne gl. 2	biøsk	<0.03	<0.05	0.05	0.05	<0.05	1.8	1.5	3.9	3.9	3.9
11   20081015 B9 Utne gl. 3	biøsk	<0.03	<0.05	0.05	0.05	<0.05	1.8	1.5	3.9	3.9	3.9

s Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.

Rådata: PCDD, PCDF og non-ortho PCB (samt toksiske ekvivalenter av disse) i torskefilet.

## Results of PCDD/PCDF and nonortho-PCB Analysis



Encl. to measuring report: O-5848

NILU sample number: 09/73

Customer: NIVA v/A. Ruus

Customers sample ID: St. 53 B

: 2817-28

Sample type: Torske filet

Sample amount: 21,5 g

Total sample amount:

Concentration units: pg/g

Data files: M\_29-01-09\_diox

Compound	Concentration		Recovery	TE(nordic)	i-TE	TE (WHO)
	pg/g					
<b>Dioxins</b>						
2378-TCDD	<	0,03	68	0,03	0,03	0,03
12378-PeCDD	<	0,04	71	0,02	0,02	0,04
123478-HxCDD	<	0,05	77	0,00	0,00	0,00
123678-HxCDD	<	0,04	77	0,00	0,00	0,00
123789-HxCDD	<	0,05		0,01	0,01	0,01
1234678-HpCDD	<	0,06	78	0,00	0,00	0,00
OCDD	<	0,11	73	0,00	0,00	0,00
<b>SUM PCDD</b>				<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,09</b>
<b>Furanes</b>						
2378-TCDF		0,10	68	0,01	0,01	0,01
12378/12348-PeCDF	<	0,05	*	0,00	0,00	0,00
23478-PeCDF	<	0,05	70	0,02	0,02	0,02
123478/123479-HxCDF	<	0,03	73	0,00	0,00	0,00
123678-HxCDF	<	0,03	75	0,00	0,00	0,00
123789-HxCDF	<	0,05	*	0,01	0,01	0,01
234678-HxCDF	<	0,03	74	0,00	0,00	0,00
1234678-HpCDF	<	0,03	77	0,00	0,00	0,00
1234789-HpCDF	<	0,05	*	0,00	0,00	0,00
OCDF	<	0,10	78	0,00	0,00	0,00
<b>SUM PCDF</b>				<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>
<b>SUM PCDD/PCDF</b>				<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,14</b>
<b>nonortho - PCB</b>						
33'44'-TeCB (PCB-77)		2,39	58			0,00
344'5'-TeCB (PCB-81)	<	0,02				0,00
33'44'5'-PeCB (PCB-126)		5,37	74			0,54
33'44'55'-HxCB (PCB-169)		0,61	69			0,01
<b>SUM TE-PCB</b>						<b>0,54</b>

TE(nordic) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the nordic model (Ahlborg et al., 1988)

i-TE : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the international model (Nato/CCMS, 1989)

TE (WHO) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the WHO model (M. Van den Berg et al., 1998)

< : Lower than detection limit at signal-to-noise 3 to 1

i : Isotope ratio deviates more than 20 % from theoretical value.

This may be due to instrumental noise or/and chemical interference

b : Lower than 10 times method blank

g : Recovery is not according to NILUs quality criteria

\* : Samplingstandard NS-EN 1948

# Results of PCDD/PCDF and nonortho-PCB Analysis



Encl. to measuring report: O-5848  
 NILU sample number: 09/398  
 Customer: NIVA v/ A. Ruus  
 Customers sample ID: 2691  
 :  
 Sample type: Torskefilèt  
 Sample amount: 21,9 g  
 Concentration units: pg/g  
 Data files: DI227

Total sample amount:

Compound	Concentration		Recovery	TE(nordic)	i-TE	TE (WHO)
	pg/g					
<b>Dioxins</b>						
2378-TCDD	<	0,01	48	0,01	0,01	0,01
12378-PeCDD	<	0,01	73	0,01	0,01	0,01
123478-HxCDD	<	0,01	93	0,00	0,00	0,00
123678-HxCDD	<	0,01	85	0,00	0,00	0,00
123789-HxCDD	<	0,01		0,00	0,00	0,00
1234678-HpCDD	<	0,01	79	0,00	0,00	0,00
OCDD		0,12	71	0,00	0,00	0,00
<b>SUM PCDD</b>				<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>
<b>Furanes</b>						
2378-TCDF		0,02	54	0,00	0,00	0,00
12378/12348-PeCDF	<	0,01	*	0,00	0,00	0,00
23478-PeCDF	<	0,01	67	0,01	0,01	0,01
123478/123479-HxCDF	<	0,01	85	0,00	0,00	0,00
123678-HxCDF	<	0,01	83	0,00	0,00	0,00
123789-HxCDF	<	0,01	*	0,00	0,00	0,00
234678-HxCDF	<	0,01	70	0,00	0,00	0,00
1234678-HpCDF		0,01 i	86	0,00	0,00	0,00
1234789-HpCDF	<	0,01	*	0,00	0,00	0,00
OCDF		0,03 i	77	0,00	0,00	0,00
<b>SUM PCDF</b>				<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>
<b>SUM PCDD/PCDF</b>				<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>
<b>nonortho - PCB</b>						
33'44'-TeCB (PCB-77)		0,85	64			0,00
344'5'-TeCB (PCB-81)		0,03 i				0,00
33'44'5'-PeCB (PCB-126)		0,48	88			0,05
33'44'55'-HxCB (PCB-169)		0,07 i	81			0,00
<b>SUM TE-PCB</b>						<b>0,05</b>

TE(nordic) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the nordic model (Ahlborg et al., 1988)  
 i-TE : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the international model (Nato/CCMS, 1989)  
 TE (WHO) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the WHO model (M. Van den Berg et al., 1998)  
 < : Lower than detection limit at signal-to-noise 3 to 1  
 i : Isotope ratio deviates more than 20 % from theoretical value.  
 This may be due to instrumental noise or/and chemical interference  
 b : Lower than 10 times method blank  
 g : Recovery is not according to NILUs quality criteria  
 \* : Samplingstandard NS-EN 1948

## Results of PCDD/PCDF and nonortho-PCB Analysis



Encl. to measuring report: O-5848

NILU sample number: 09/75

Customer: NIVA v/A. Ruus

Customers sample ID: St. 53 B

: 2817-30

Sample type: Torske filet

Sample amount: 21,1 g

Total sample amount:

Concentration units: pg/g

Data files: M\_29-01-09\_diox

Compound	Concentration		Recovery	TE(nordic)	i-TE	TE (WHO)
	pg/g					
<b>Dioxins</b>						
2378-TCDD	<	0,05	64	0,05	0,05	0,05
12378-PeCDD	<	0,05	70	0,02	0,02	0,05
123478-HxCDD	<	0,06	78	0,01	0,01	0,01
123678-HxCDD	<	0,06	77	0,01	0,01	0,01
123789-HxCDD	<	0,08		0,01	0,01	0,01
1234678-HpCDD	<	0,09	71	0,00	0,00	0,00
OCDD	<	0,12	74	0,00	0,00	0,00
<b>SUM PCDD</b>				<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>
<b>Furanes</b>						
2378-TCDF	<	0,04	70	0,00	0,00	0,00
12378/12348-PeCDF	<	0,07	*	0,00	0,00	0,00
23478-PeCDF	<	0,07	73	0,03	0,03	0,03
123478/123479-HxCDF	<	0,03	73	0,00	0,00	0,00
123678-HxCDF	<	0,02	80	0,00	0,00	0,00
123789-HxCDF	<	0,05	*	0,01	0,01	0,01
234678-HxCDF	<	0,03	78	0,00	0,00	0,00
1234678-HpCDF	<	0,04	75	0,00	0,00	0,00
1234789-HpCDF	<	0,07	*	0,00	0,00	0,00
OCDF	<	0,09	72	0,00	0,00	0,00
<b>SUM PCDF</b>				<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>
<b>SUM PCDD/PCDF</b>				<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,18</b>
<b>nonortho - PCB</b>						
33'44'-TeCB (PCB-77)		1,95	61			0,00
344'5'-TeCB (PCB-81)	<	0,02				0,00
33'44'5'-PeCB (PCB-126)		5,50	74			0,55
33'44'55'-HxCB (PCB-169)	<	0,05	70			0,00
<b>SUM TE-PCB</b>						<b>0,55</b>

TE(nordic) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the nordic model (Ahlborg et al., 1988)

i-TE : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the international model (Nato/CCMS, 1989)

TE (WHO) : 2378-TCDD toxicity equivalents according to the WHO model (M. Van den Berg et al., 1998)

< : Lower than detection limit at signal-to-noise 3 to 1

i : Isotope ratio deviates more than 20 % from theoretical value.

This may be due to instrumental noise or/and chemical interference

b : Lower than 10 times method blank

g : Recovery is not according to NILUs quality criteria

\* : Samplingstandard NS-EN 1948







**Statlig program for forurensningsovervåking**

Statens forurensningstilsyn (SFT)

Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo - Besøksadresse: Strømsveien 96



Telefon: 22 57 34 00 - Telefaks: 22 67 67 06

E-post: [postmottak@sft.no](mailto:postmottak@sft.no) - Internett: [www.sft.no](http://www.sft.no)

Utførende institusjon Norsk institutt for vannforskning (NIVA)	ISBN-nummer 978-82-577-5543-0
---	----------------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Anders Ruus	Kontaktperson SFT Bjørn A. Christensen	TA-nummer 2519/2009
---	---	------------------------

	År 2009	Sidetall 91	SFTs kontraktnummer 5008108
--	------------	----------------	--------------------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5808-2009 Prosjekt nr. 26461	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn, Boliden Odda AS, Tinfos Titan & Iron K/S, Tyssefaldene A/S, Odda kommune og Ullensvang herad
--	--

Forfatter(e) Anders Ruus, Jens Skei, Jarle Molvær, Norman Green, Merete Schøyen
--

Tittel - norsk og engelsk Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2008. Metaller i vannmassene, Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene, Miljøgifter i organismer  Monitoring of environmental quality in the Sørfjord 2008. Metals in the water masses, Oxygen, nitrogen and phosphorus in the water masses, Contaminants in organisms
---

Sammendrag – summary Resultatene av overvåkingen i 2008 kan oppsummeres som følger: Konsentrasjoner av metaller i overflatevann har endret seg lite siden 2007. Nivåene av kvikksølv og kadmium tilsvarte i hovedsak Kl. II (god) i overflatevannet i hele fjorden. Mye tyder på at utpumping av vann fra bak spuntvegg i Eitheimsvågen har stor betydning for nivåer av sink og bly ut til Tyssedal. Det var periodevis høye nivåer av metaller i dypere vannlag. Etter 2002 har nivåene av sink i overflaten stabilisert seg på et nivå tilsvarende Kl. III (moderat) ved Digraneset og Kl. III-Kl. IV (dårlig) ved Lindeneset. Nitratkonsentrasjonene i fjorden var de laveste observert siden år 2000. Resultatene tyder på fortsatt noe oksygenforbruk pga. utlekking av nitrogen fra bunnsedimentene i havnebassenget. Ved nivåene som nå måles vil betydningen av en varierende vannfornyelse prege bildet. Konsentrasjonene av fosfor i fjorden har vært stabile i perioden 2005-2008. Konsentrasjonene av kvikksølv i torsk fra Sørfjorden tilsvarte Kl. II (moderat). Kvikksølv i blåskjell viste konsentrasjoner opp til Kl. II. Det var ingen overskridelser av Kl. I for kobber og sink i blåskjell. Kadmium i blåskjell viste konsentrasjoner opp til Kl. II (Kl. III på én CEMP-stasjon), mens bly viste opp til Kl. III. ΣPCB <sub>7</sub> -konsentrasjonen i torskelever tilsvarte Kl. I. Den individuelle variasjonen var imidlertid stor. I filet tilsvarte konsentrasjonen Kl. II. TE <sub>PCDF/D</sub> i filet av torsk tilsvarte Kl. II, men TE <sub>n.o.-PCB</sub> var høyere. ΣDDT-konsentrasjonene i torskelever tilsvarte Kl. I (i filet Kl. II). Konsentrasjoner av ΣDDT i blåskjell tilsvarte opp til Kl. V (St. "Utne"). Det var forholdsvis stor variasjon mellom replikate prøver fra Utne. Blåskjell fra Sørfjorden er lite/ubetydelig forurenset med ΣPCB <sub>7</sub> (Kl. I), med unntak av ved Tyssedal hvor konsentrasjonen tilsvarte Kl. II.
---

4 emneord Overvåking, Sørfjorden, Miljøgifter, Forurensning	4 subject words Monitoring, Sørfjord, Contaminants, Pollution
--	--

## **Statens forurensningstilsyn**

Postboks 8100 Dep,  
0032 Oslo  
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00  
Telefaks: 22 67 67 06  
E-post: postmottak@sft.no  
www.sft.no

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter  
overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør,  
skog, vassdrag, fjorder og havområder.  
Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser  
av:

- overgjødsling
- forsuring (sur nedbør)
- ozon (ved bakken og i stratosfæren)
- klimagasser
- miljøgifter

Overvåkingsprogrammet skal gi informasjon om  
tilstanden og utviklingen av forurensningssituasjonen,  
og påvise eventuell uheldig utvikling på et tidlig tidspunkt.  
Programmet skal dekke myndighetenes  
informasjonsbehov om forurensningsforholdene, registrere  
virkningen av iverksatte tiltak for å redusere  
forurensningen, og danne grunnlag for vurdering av nye  
tiltak. SFT er ansvarlig for gjennomføringen av  
overvåkingsprogrammet.

TA- 2519/2009  
ISBN 978-82-577-5543-0