



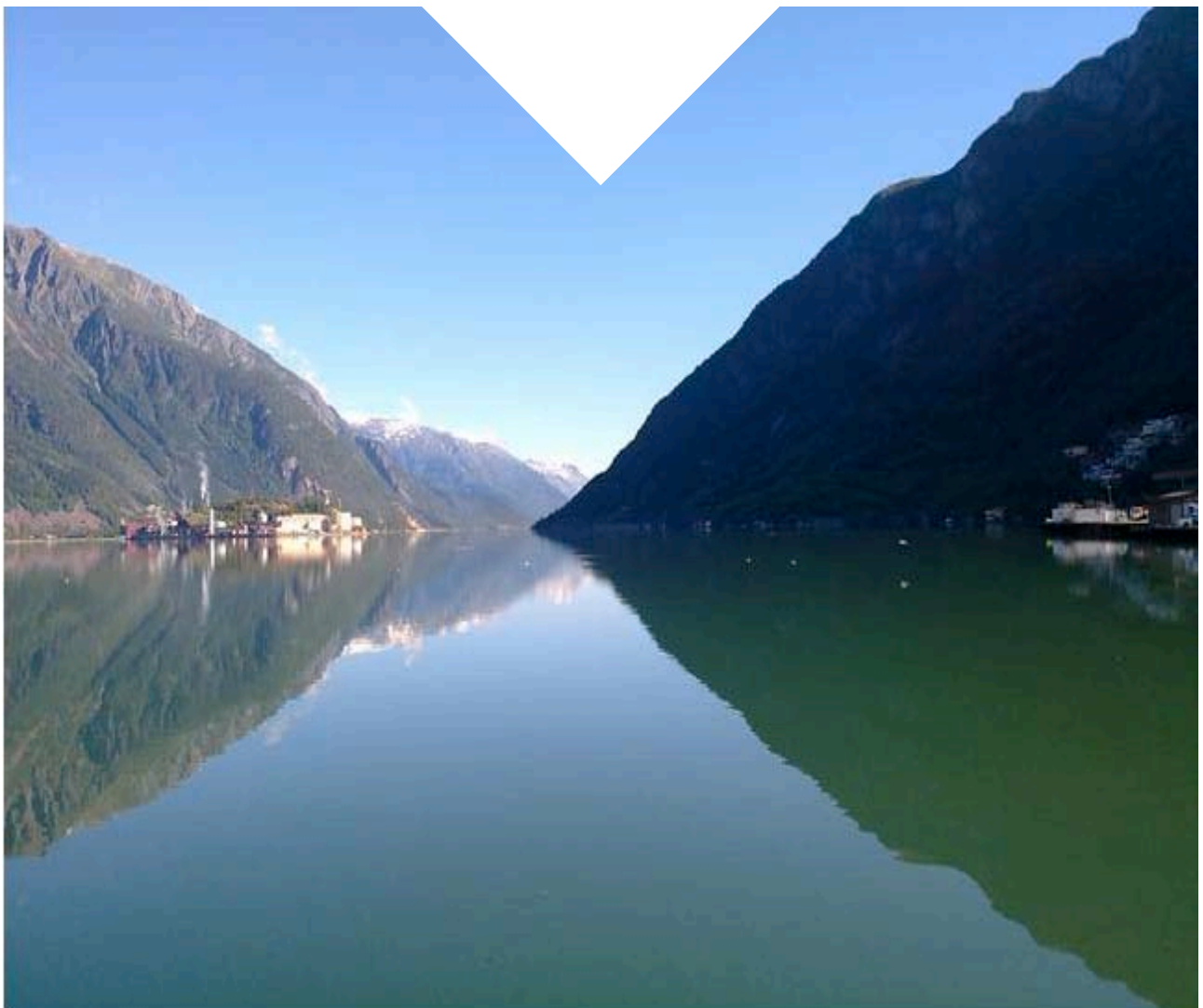
Statlig program for forurensningsovervåking

RAPPORT

M 15 - 2013

# Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2012

Rapport nr. 1150/2013



## Forord

Overvåkingen av miljøtilstanden i Sørfjorden foretas innen rammen av Statlig program for forurensningsovervåking, administrert av Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif; Nå *Miljødirektoratet*). Foruten Klif finansieres overvåkingen av Boliden Odda AS, Tizir Titanium & Iron AS (tidligere Eramet Titanium & Iron AS), Tyssefaldene og kommunene Odda og Ullensvang, etter følgende fordeling:

Boliden Odda AS: 25 %

Klif: 43 %.

Tizir Titanium & Iron AS: 7 %

AS Tyssefaldene: 3 %

Odda kommune: 20 %

Ullensvang herad: 3 %

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 2012 for overvåkingen av metaller i vannmassene, samt oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene, og miljøgifter i organismer.

2012 representerer det siste året av den statlig initierte overvåkingen i Sørfjorden. I fremtiden vil Miljødirektoratet pålegge industrien å organisere overvåking i henhold til vannforskriften.

Rapporten inkluderer data fra «overvåking av miljøgifter i kystområdene» (*MILKYS*), Norges aktivitet i *Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP)* under Oslo/Paris kommisjonen (OSPAR), utført av NIVA under kontrakt fra Klif.

I tillegg til det ordinære overvåkingsprogrammet har det vært gjennomført overvåking (finansiert av TTI) i forbindelse med utslipp av vann til Sørfjorden fra TTI sitt slamrenseanlegg og sjøvannsscrubber. Data herfra rapporteres også i foreliggende rapport.

Analysene av miljøgifter har i hovedsak vært utført ved NIVAs analyselaboratorium (unntatt prøver fra *MILKYS/CEMP*, som har vært analysert hos Eurofins). Prøver av blåskjell og dypvannsfisk er opparbeidet av Bjørnar Beylich, Marijana Brkljačić og Gunhild Borgersen. Merete Schøyen har hatt ansvaret for tilrettelegging av de vannkjemiske dataene. Ansvarlig for rapporteringen av metaller i vannmassene har vært Astri Jæger Sweetman Kvassnes, mens ansvarlig for rapportering av data vedrørende oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene har vært Anna Birgitta Ledang. Prosjektleder og ansvarlig for rapportering av miljøgifter i organismer har vært Anders Ruus.

Undersøkelsene gjennomføres i samarbeid med Hardanger miljøseniter (Alex Stewart Environmental Services A/S), som ved Gunnvor Dagestad, Arild Moe, Frode Høyland, Sjur Ystanes og Liv Reidun Ravnøy har vært ansvarlig for innsamling av vannprøver og blåskjell, samt deler av analysene. De har også vært ansvarlig for å skaffe dypvannsfisk fra Sørfjorden.

Alle involverte takkes for innsatsen. Rapporten er forfattet av Anders Ruus, Astri Jæger Sweetman Kvassnes, Anna Birgitta Ledang, Norman Green og Merete Schøyen.

Oslo, september 2013  
Anders Ruus



**Innhold:**

<b>1.</b>	<b>Sammendrag</b> .....	<b>7</b>
<b>2.</b>	<b>Summary</b> .....	<b>10</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) .....	18
4.3	Innsamling og analyser av organismer.....	19
<b>5.</b>	<b>Resultater og diskusjon</b> .....	<b>23</b>
5.1	Vannkjemi .....	23
5.1.1	Saltholdighet og temperatur .....	23
5.1.2	Siktedyp .....	26
5.1.3	Metaller i overflatevannet .....	28
5.1.4	Metaller i bunnvann og intermediære dyp .....	31
5.2	Sammenfattende vurderinger av metaller i vannmassene.....	33
5.2.1	Kilder og konsekvenser.....	33
5.3	Tilleggsovervåking: Metaller i vann utenfor TTI i Tyssedal.....	34
5.4	Nitrogen, oksygen og fosfor i vannmassene .....	35
5.4.1	Ferskvannstilførsel og saltholdighet .....	35
5.4.2	Vannutskiftning.....	38
5.4.3	Nitrogen .....	42
5.4.4	Oksygen .....	43
5.4.5	Fosfor .....	45
5.5	Miljøgifter i organismer .....	48
5.5.1	Metaller i fisk .....	48
5.5.2	Metaller i blåskjell .....	55
5.5.3	Halogenerte stoffer i fisk.....	63
5.5.4	Klororganiske stoffer i blåskjell.....	71
<b>6.</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>79</b>



## 1. Sammendrag

Overvåkingen av Sørfjorden i 2012 representerer siste året av den statlig initierte overvåkingen i Sørfjorden, administrert av Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif), nå *Miljødirektoratet*. I fremtiden vil Miljødirektoratet pålegge industrien å organisere overvåking i henhold til vannforskriften. Overvåkingen i 2012 er noe redusert i forhold til tidligere år. Programmet er i hovedsak en videreføring av tidligere overvåking og har som mål å fastslå dagens forurensnings-situasjon 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 kostholdsråd.

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

Overvåkingen av Sørfjorden har vist betydelig bedring i forurensningssituasjonen på flere områder gjennom årenes løp, men fjorden er fortsatt belastet med enkelte typer forurensning.

Resultatene av overvåkingen i 2012 kan i korthet oppsummeres slik:

### Metaller i vannmassene:

- Årsgjennomsnitt for konsentrasjoner av sink i overflatevann tilsvarte moderat tilstand (Klasse III) ytterst i fjorden og dårlig (Klasse IV) innerst, med de høyeste konsentrasjonene i oktober. Konsentrasjoner av kadmium tilsvarte i hovedsak god tilstand (Klasse II). Konsentrasjoner av kobber varierte lite mellom stasjoner og representerte i hovedsak moderat tilstand (Klasse III). Bly viste konsentrasjoner som i hovedsak tilsvarte god tilstand (Klasse II). Kvikksølv viste høy konsentrasjon i overflatevann ved Børve i mars (Klasse IV, dårlig), men tilsvarte ellers klasse I (bakgrunn). Ved Digranes, Eitrheim, Havnebassenget og Lindenes tilsvarte årsgjennomsnittene av kvikksølv klasse I-II (bakgrunn til god).
- Sinkkonsentrasjoner varierte sterkt vertikalt i fjorden, med de høyeste konsentrasjonene i overflatevannet og nært bunnen. Ved Tyssedal i mars var de høyeste konsentrasjonene ved ca. 20 m dyp. Kvikksølv viste tilsynelatende lavere konsentrasjoner i dypere liggende vannlag, enn i 2011.
- Det ble foretatt tilleggsovervåking av sink, kadmium og bly utenfor Tyssedal i 2012 (25 m dyp ved to prøvepunkter). Konsentrasjonene (årsgjennomsnitt) tilsvarte hhv. moderat til dårlig (Klasse III-IV) tilstand, god (Klasse II) tilstand og god (Klasse II) tilstand. Her ble det også registrert spesielt høy konsentrasjon av sink i oktober (tilsvarende Klasse V, svært dårlig).

### Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene:

- Etter at utslippet fra Odda smelteverk har opphørt (2002) har konsentrasjonen av nitrogen i indre Sørfjorden avtatt. Siden 2010 har imidlertid konsentrasjonen tilsynelatende økt noe (i Havnebassenget var konsentrasjonen høyere i 2012, enn i 2008 og 2010).
- Nitrogenkonsentrasjonen varierte mye med tiden og dette er i hovedsak et resultat av varierende vannutskiftning.

- En negativ sammenheng (negativ korrelasjon; korrelasjonskoeffisient -0,82 i Havnebassenget og -0,79 ved Lindenes) mellom oksygen og nitrat i vannmassene er observert (som tidligere år). Dette viser at oksygenforbruket fremdeles i stor grad styres av mengden tilgjengelig nitrat.
- Oksygentilstanden i Sørfjorden varierte gjennom året og tilstanden for Havnebassenget var i hovedsak meget god. Ved Lindenes var tilstanden i hovedsak god i en lengre periode i dyplagene gjennom året, mens på de resterende dyp var tilstanden i hovedsak meget god. Resultatene viser at det fortsatt er noe oksygenforbruk pga. fortsatt utlekking av dicyandiamid fra hauger av dicykalk på bunnen av havnebassenget.
- Målinger av fosfor i vannmassene gir et hovedinntrykk av at konsentrasjonene i tidsrommet 2005-2008 var ganske stabilt. I 2010 økte det litt for siden å synke igjen i 2012.

### Miljøgifter i organismer:

Overvåkingen av Sørfjorden har vist betydelig bedring i forurensningssituasjonen på flere områder gjennom årenes løp. Dette gjenspeiles også i organismer hvor konsentrasjoner generelt er lavere nå enn for ca. 10 år siden. Deretter har konsentrasjonene generelt ikke endret seg i tilsvarende grad. De observerte konsentrasjonene av kadmium i blåskjell føyer seg inn i en årlig nedgang (sett over hele overvåkingsperioden) på ca. 15 %. Konsentrasjoner av DDT i blåskjell viser imidlertid et mer uforutsigbart forløp hvor de høyeste konsentrasjonene på enkelte stasjoner er observert i de senere år. Flere detaljer om observasjonene i 2012 er som følger:

#### *Metaller i fisk*

- Gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i torsk fra Sørfjorden i 2012 tilsvarte Klasse II (moderat forurenset) i Klifs klassifiseringssystem.
- Innholdet av kvikksølv i dypvannsfisk var høyt.
- Innholdet av bly i lever av brosme fra Sørfjorden var høyere enn i andre norske fjorder som er undersøkt tidligere.

#### *Metaller i blåskjell*

- Metallanalysene av blåskjell viste ingen overskridelser av Klasse I (lite/ubetydelig forurenset) for kobber og sink.
- Kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell viste opp til grensen mellom moderat (Klasse II) og markert forurensning (Klasse III).
- Analysene av kadmium i blåskjell viste ubetydelig/lite (Klasse I) til moderat (Klasse II) grad av forurensning (moderat forurensning, Klasse II, på stasjon Måge).
- Analysene av bly i blåskjell viste ubetydelig/lite (Klasse I) til moderat (Klasse II) grad av forurensning.

#### *Halogenerte stoffer i fisk*

- Den gjennomsnittlige  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub>-konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2012 Klasse II (moderat forurenset).
- Den gjennomsnittlige  $\Sigma$ DDT-konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2012 også Klasse II (moderat forurenset).
- Brosme (lever) viste moderate til høye konsentrasjoner av klororganiske forbindelser.

*Klororganiske stoffer i blåskjell*

- Konsentrasjoner av  $\Sigma$ DDT i blåskjell viste opp til meget sterkt forurensning (Klasse V; stasjon B6/56A; skjell samlet innenfor *CEMP*, og stasjon ”Utne”; kun skjell samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking). På de øvrige stasjoner ble konsentrasjoner tilsvarende klasse II (moderat forurenset) til klasse III (markert forurenset) observert.
- Blåskjellene fra alle stasjoner i Sørfjorden var lite/ubetydelig forurenset (Klasse I) med  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub> i 2012.



## 2. Summary

The monitoring of the Sør fjord in 2012 represents the last year of the governmentally initiated monitoring of the Sør fjord, administered by the Klif, now *the Norwegian Environment Agency*. In the future, the Norwegian Environment Agency will instruct the local industry to organise environmental monitoring according to the Water Framework Directive. The 2012 monitoring is somewhat reduced, compared to earlier years. The program is mainly a continuation of the earlier monitoring, with the objective of describing 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 content of contaminants in blue mussel and fish.

The monitoring of the Sør fjord has shown considerable improvement in the pollution situation on several areas over the years, but that the fjord still is influenced by several forms of pollution.

The results of the 2012 monitoring may in short be summarised as follows:

### Metals in water:

- Annual average concentrations of zinc in surface water corresponded to moderate condition (Class III) at the mouth of the fjord and poor (Class IV) in the inner fjord, with the highest concentrations in October. Concentrations of cadmium corresponded mainly to good condition (Class II). Concentrations of copper varied little between stations and represented mainly moderate condition (Class III). Lead concentrations corresponded mainly to good condition (Class II). Mercury showed high concentration in surface water at Børve in March (Class IV, poor), but otherwise corresponded to Class I (background). At Digranes, Eitrheim, the harbour basin and Lindenes annual averages of mercury corresponded to Class I-II (background to good condition).
- Concentrations of zinc varied greatly vertically in the fjord, with the highest concentrations in surface water and close to the bottom. At Tyssedal in March, the highest concentrations occurred at approx. 20 m depth. Mercury showed apparently lower concentrations in 2012 in the deeper water layers, than in 2011.
- It was conducted additional monitoring of zinc, cadmium and lead outside Tyssedal in 2012 (25 m deep at two stations). Concentrations (annual average) corresponded to moderate to poor (Class III-IV) condition, good (Class II) condition and good (Class II) condition, respectively. It was also here recorded particularly high concentration of zinc in October (corresponding to Class V, very poor).

### Oxygen, nitrogen and phosphorus in the water column:

- After the discharge from Odda smelteverk has ceased (2002), the concentration of nitrogen in the inner Sør fjord has decreased. Since 2010, however, the concentration apparently increased slightly (in the harbor basin the concentration was higher in 2012 than in 2008 and 2010).

- The concentration of nitrogen varies with time and this is mainly a result of fluctuating water exchange.
- A negative correlation (correlation coefficient -0.82 in the harbor basin and -0.79 at Lindenes) between oxygen and nitrate in the water column is observed (as previously). This shows that oxygen consumption is still largely controlled by the amount of available nitrate.
- The oxygen condition in the Sør fjord varied through the year and the condition in the harbor basin was generally very good. At Lindenes the condition was generally good for a longer period in the deep layers, through the year, while at the remaining layers, the condition was generally very good. The results show that there is still some oxygen consumption due to continued leaching of dicyandiamide from piles of dicy at the bottom of the harbor basin.
- Measurements of phosphorus in the water column provide an overall impression of stable concentrations for the period 2005-2008. In 2010 the concentrations increased slightly, and decreased again in 2012.

#### Contaminants in organisms:

The monitoring of the Sør fjord has shown considerable improvement in the pollution situation on several areas over the years. This is also reflected in organisms where concentrations, in general, are lower at present than approximately 10 years ago, which after concentrations have shown less change. The observed concentrations of cadmium in blue mussels fall in line with an annual decrease of approximately 15 %. Concentrations of DDT in blue mussels do, however, show a less predictable pattern, where the highest concentrations at some stations have been observed in later years. A more detailed account regarding the 2012 observations is as follows:

#### *Metals in fish*

- The average concentration of mercury in cod from the Sør fjord in 2012 corresponded to Class II (moderately polluted) in the environmental quality classification system.
- The content of mercury in deep water fish was high.
- The content of lead in liver of tusk from the Sør fjord was higher than observed in other Norwegian fjords studied previously.

#### *Metals in blue mussel*

- Metal analyses of blue mussel showed no excess of Class I (insignificantly/slightly polluted) for copper and zinc.
- The mercury concentration showed up the limit between moderately (Class II) and markedly (Class II) pollution.
- Analyses of cadmium showed insignificant/slight (Class I) pollution to moderate (Class II) degree of pollution (moderate pollution, Class II, in mussels at station Måge).
- Analyses of lead showed insignificant/slight (Class I) to moderate (Class II) degree of pollution.

#### *Halogenated compounds in fish*

- The average  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub>-concentration in cod liver from the Sør fjord represented in 2012 Class II (moderately polluted).

- The average  $\Sigma$ DDT-concentration in cod liver from the Sør fjord represented in 2012 also Class II (moderately polluted).
- Tusk (liver) showed moderate to high concentrations of organochlorine compounds.

*Organochlorines in blue mussel*

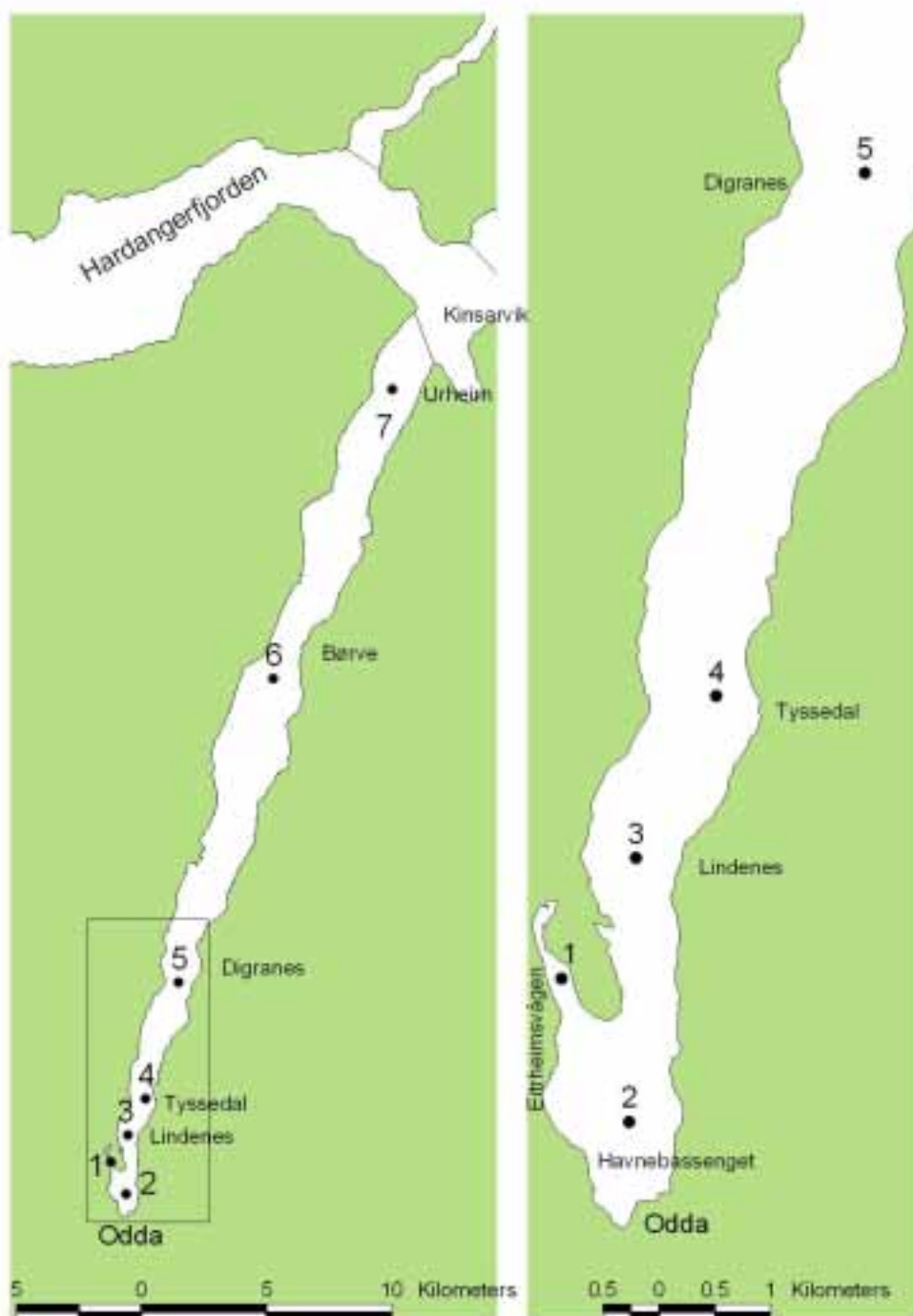
- Concentrations of  $\Sigma$ DDT in blue mussels showed up to Class V (very strongly polluted; stations Kvalnes and Utne). At the other stations, concentrations corresponding to Class II (moderately polluted) to Class III (markedly polluted) were observed.
- Blue mussels from all stations were insignificantly/slightly polluted (Class I) with  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub> in 2012.

### 3. Innledning

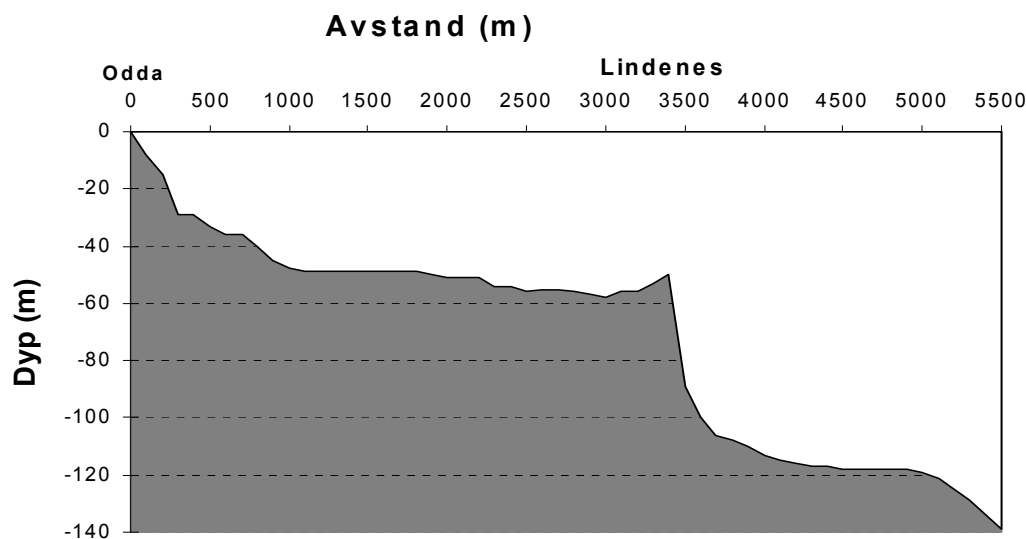
#### 3.1 Topografi

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 2012.



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



### 3.2 Bakgrunn og formål

Overvåkingen av Sørfjorden i 2012 representerer siste året av den statlig initierte overvåkingen i Sørfjorden, administrert av Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif), nå Miljødirektoratet. I fremtiden vil Miljødirektoratet pålegge industrien å organisere overvåking i henhold til vannforskriften. Overvåkingen i 2012 er noe redusert i forhold til tidligere år. Det er i 2012 kun samlet og analysert blåskjell fra 4 stasjoner (uten replikasjon) innenfor overvåkings-programmet. Innenfor CEMP/MILKYS er det også reduksjoner i forhold til tidligere år. I 2012 er det samlet og analysert blåskjell fra 4 stasjoner. Vedrørende fisk er det kun fanget torsk i Sørfjorden (ikke fisk fra Strandebarm og Åkrafjorden). Det er fanget 15 individer (mot tidligere 25). Torsk er analysert for organiske miljøgifter i lever og kvikksølv i filet. Øvrige metaller er ikke analysert i fisk i 2012.

Overvåkingen i 2012 er i hovedsak 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

Sørfjorden 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).

Utslipet av oksygenforbrukende nitrogenforbindelser 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. Oksygenforholdene har i det senere vært analysert annethvert år innenfor overvåkingsprogrammet (analysert i 2012). Hovedformålet med denne overvåkingen har vært 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.*

Det er tidligere bemerket at forhøyede konsentrasjoner av DDT og dets nedbrytningsprodukter er observert i blåskjell i senere år. Det er sannsynlig at dette er forbundet med mye nedbør og utvasking av forurensede jordpartikler fra gamle kilder (jordsmonn) på land, samt høyere pH i nedbør (reduert sulfatdeposisjon/sur nedbør) og derfor mer løst organisk karbon i overflatevann, som kan transportere DDT ut av jorda [2-4]. Metallet kadmium har vist en tidsmessig reduksjon i blåskjell fra Sørfjorden.

Forurensningssituasjonen i Sørfjorden har ført til at Mattilsynet har gitt advarsler mot konsum av sjømat fra området (første gang i 1973; [5]). Gjeldende advarsel er satt på bakgrunn av forurensningen med kadmium, bly, kvikksølv, dioksiner og PCB og ble sist vurdert (og omformulert) i 2013.

Advarselen for Sørfjorden/Hardangerfjorden lyder som følger:

*Ikke spis brosme og blålange fisket innenfor en linje mellom Flornes (Tysnes) og Breidvika/Bleikneset (Husnes) i Hardangerfjorden/Sørfjorden. Spis heller ikke lange fisket innenfor en linje mellom Tørvikbygd og Jondal i Hardangerfjorden/Sørfjorden. Ikke spis skjell plukket fra Sørfjorden innenfor en linje mellom Grimo og Krossanes i Sørfjorden. Gravide og ammende bør ikke spise krabber, hummer eller stasjonær fisk fanget i Sørfjorden innenfor en linje mellom Grimo og Krossanes.*

Nylig har Mattilsynet for øvrig advart mot å spise lever fra selvfanget fisk innenfor grunnlinjen, dvs. i kystnære områder. Torsk fra Barentshavet som i perioder er på vandring innenfor grunnlinjen er ikke en del av advarselen. Advarselen er gitt på bakgrunn av en undersøkelse i 15 havner og fjorder og at det er fastsatt grenseverdi for summen av dioksiner og dioksinliknende PCB i fiskelever. Tidligere advarsel mot å spise fiskelever fra noen havner og fjorder er altså erstattet med et generelt råd til publikum.

Utslipp til sjø av metaller (i 2012 og 2011) fra Boliden Odda AS og Tizir Titanium & Iron AS (TTI) rapportert til Klif er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Offisielle anslag over utslipp til sjø fra Boliden Odda AS og Tizir Titanium & Iron AS (TTI) i 2012. Basert på opplysninger fra Klif. Tallene i parentes representerer utslipp i 2011.

Bedrift	Cu, kg/år	Pb, kg/år	Zn, kg/år	Cd, kg/år	Hg, kg/år
Boliden Odda AS*	63 (172)	655 (683)	3486 (3569)	36 (31)	1,1 (1,9)
TTI	44 (4)	117 (138)	4464 (4082)	4,3 (2,5)	1,1 (0,5)
<b>Totalt</b>	107 (176)	772 (822)	7950 (7651)	40 (33)	2,2 (2,3)

\* Totalt utslipp fra sinkverket og aluminiumfluoridfabrikken.

Utslipet fra Bolidens vannrenseanlegg går ut på 30 m dyp på østsiden av Eitrheimsvågen. Utslipet fra aluminiumfluoridfabrikken på Eitrheimsneset er også dypvannsutslipp (30 m dyp). I tillegg går dypvannsutslippet fra TTI i Tyssedal ut på 35-40 m dyp.

I tillegg til utslippene av metaller til vann er det også utslipp til luft, hvorav en del må forventes å ende opp i Sørfjorden. I 2011 var det totale utslippet av kvikksølv til luft fra Boliden og TTI henholdsvis 5,7 kg og 3,5 kg.

## 4. Materiale og metoder

### 4.1 Vannprøvetaking og analyser (metaller)

Vannprøver til analyse av metaller ble samlet inn 15. februar, 20. mars, 15. mai, 20. juni, 14. august, 28. september, 31. oktober og 23. november 2012 av Hardanger Miljøsenster 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 september 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 fast-fase ekstraksjon og bestemmelse v.h.a. ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). Kvikksølv ble analysert ved NIVA etter metode basert på EPA Method 1631. Metoden går i korthet ut på at elementært kvikksølv i gassform ( $\text{Hg}^0$ ) transporteres med nitrogengass ( $\text{N}_2$ ) fra prøveløsning til to ulike gullfeller for oppkonsentrering. Ved oppvarming frigjøres  $\text{Hg}^0$  til en strøm av inert argongass (Ar) som transporteres til et kalddampsfluorescens spektrofotometer (CVAFS) for deteksjon. Saltholdighet og temperatur ble målt med salinoterm (YSI model 30) i forbindelse med prøvetakingen. I tillegg ble det gjort siktedypsmålinger på alle toktene (bruk av secchi-skive).

I tillegg til det ordinære overvåkingsprogrammet har det vært gjennomført overvåking i forbindelse med utslipp av vann til Sørfjorden fra TTI sitt slamreanlegg og sjøvannsscrubber. Data herfra rapporteres også i foreliggende rapport. Dette gjelder vannprøver tatt av Hardanger Miljøsenster fra 25 m dyp på to stasjoner (Figur 3) utenfor bedriften 15. februar, 20. mars, 15. mai, 20. juni, 14. august, 28. september, 31. oktober og 23. november 2012. Prøvene ble analysert for bly, kadmium, sink.



Figur 3. Prøvepunkter for ekstra overvåking av bly, kadmium og sink for TTI i 2012. Vannprøver ble tatt på 25 meters dyp ved et punkt nord (S 18) (N60°06,865, Ø006°33,141) og et punkt sør (S 22) (N60°06,809, Ø006°33,212) for bedriften.



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

Frem til høsten 2002 kunne oksygenproblematikken strekke seg 10-15 km utover i fjorden, med opprinnelse i Havnebassenget – Lindenes, der også problemene var størst [6]. Overvåkingen er derfor konsentrert om strekningen Havnebassenget – Lindenes.

Stasjonene 2-3 i Figur 1 er de samme som er anvendt tidligere og i alt vesentlig var måleprogrammet som vist i Tabell 2.

Tabell 2. Stasjoner, parametre og måledyp i 2012.

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	0.5, 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	0.5, 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 i Havnebassenget og Lindenes ble ved hvert tokt målt med en sonde av type YSI Modell 30. Tidspunktene for prøvetaking er vist i Tabell 3. Oksygen og nitrat er analysert av Hardanger miljøseniter med henholdsvis modifisert Winkler-metode og autoanalysator. Total fosfor er analysert på NIVA ved hjelp av autoanalysator.

Tabell 3. Tidspunkt for prøver i 2012.

Dato	Dato
11.7	31.10
14.8	23.11
28.9	17.12

### 4.3 Innsamling og analyser av organismer

#### *Innsamling av organismer*

Muslinger er og har vært en foretrukket organismegruppe innenfor flere overvåkingsprogrammer (se for eksempel [7]), siden muslinger finnes i de fleste, hvis ikke alle, kystområder. De er dessuten enkle å samle inn og har vært studert i noe detalj i forbindelse med flere kjemikalier. Muslinger gir et mål på akkumulering av forurensning integrert over et begrenset tidsrom (uker) og kan akkumulere forurensninger fra fødepartikler, sediment og vann. De er dessuten fastsittende og gir derfor stedsspesifikk informasjon [7].

Blåskjell (*Mytilus edulis*), ble samlet inn i uke 41-42 (10-19. oktober), 2012, på stasjonene B3 (Tyssedal), B4 (Digranes), Måge og Utne (Tabell 4).

Blåskjellene ble samlet fortrinnsvis fra 1 – 1,5 meters dyp. Innenfor CEMP/MILKYS ble blåskjell fra Byrkjenes, Kvalnes, Utne og Vikingneset prøvetatt 15 – 16. oktober, 2012 (Tabell 4, Figur 4).

Blåskjellene er analysert for klorerte organiske miljøgifter og metaller.

Materialet samlet inn innenfor CEMP/MILKYS omfatter også fisk, som analyseres for klorerte organiske miljøgifter og metaller. Torsk (*Gadus morhua*) ble samlet inn fra Sørfjorden i nærheten av Tyssedal og innover (CEMP-stasjon 53B/F), oktober 2012.

Prøver av dypvannsfisk, nærmere bestemt brosme (*Brosme brosme*) er også samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking i 2012. Disse ble samlet i indre (Digranes) og ytre (Kråkevik) Sørfjorden i november 2012.

#### *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.

Fiskeprøvene (15 torsk) som er samlet innenfor CEMP/MILKYS er analysert for klororganiske forbindelser, polybromerte difenyletere (PBDE) og perfluorerte alkylstoffer (PFAS) i lever, mens kvikksølv (Hg) er analysert i filet.

Materialet fra overvåkingen i Sørfjorden ble analysert på NIVAs akkrediterte laboratorium i henhold til standard prosedyre (beskrevet tidligere; [8]), med unntak av kvikksølv som er analysert hos Eurofins. 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

Elementene analyseres ved ICP-MS. Analysekvaliteten kontrolleres mot sertifisert referansemateriale.

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 10 – 20% 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).

Materialet fra *CEMP/MILKYS* er analysert hos Eurofins, med unntak av perfluorerte alkylstoffer, som er analysert ved NIVA.

Prøver av dypvannsfisk (brosme) ble analysert for stabile isotoper av nitrogen og karbon ved Institutt for energiteknikk (IFE). Prøvene ble først tørket (80 °C i >12 t) før de ble forbrent i en Eurovector element analysator. Prøvene ble analysert på et Isotop Ratio Massespektrometer (IRMS). Ratioene av de stabile isotopene uttrykkes som delta (δ) promille (‰) i henhold til følgende sammenheng:

$$\delta X = [(R_{prøve}/R_{standard}) - 1] \times 1000$$

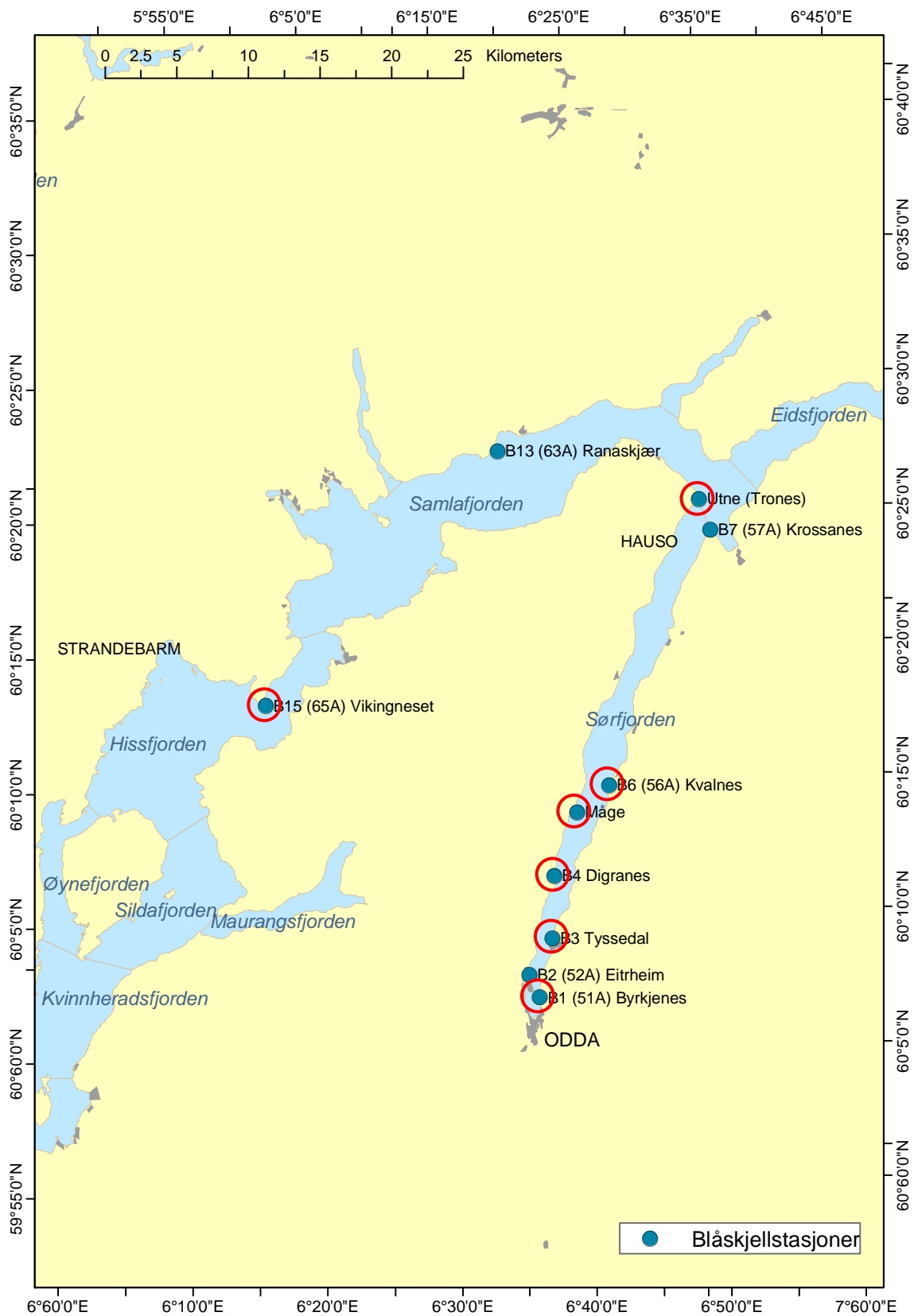
hvor  $X$  er [ $^{13}\text{C}$ ] eller [ $^{15}\text{N}$ ] og  $R$  er korresponderende ratio [ $^{13}\text{C}$ ]/ [ $^{12}\text{C}$ ] eller [ $^{15}\text{N}$ ]/ [ $^{14}\text{N}$ ]. Vienna Pee Dee Belemnite (VPDB) var standard for karbonisotop-ratio, mens atmosfærisk luft var standard for nitrogenisotop-ratio. Replikate målinger av interne laboratoriestandarder indikerte analyseusikkerhet på ±0,08 og 0,12 ‰ for henholdsvis karbon og nitrogen (standard avvik for 18 standardprøver analysert sammen med dypvannsfiskprøvene).

Tabell 4. Innsamlingssteder for blåskjell i Sør fjorden og Hardangerfjorden, med angivelse av adkomst og ca. avstand fra Odda (km). (\* Ikke prøvetatt 2012. Mrk. skjell har blitt samlet på to nye stasjoner siden 2003, "Måge" og "Utne (Trones)").

STASJONER (CEMP-nr.)	ADKOMST	Ca. AVSTAND FRA ODDA (km)
St. B 1 (51A) <sup>1</sup>	Byrkjenes.	2
St. B 2 (52A) *	Eitrheim.	3
St. B 3 <sup>1</sup>	Tyssedal. På stige ved kai og brygge, turbiner ved båthavna.	6
St. B 4	Digranes. Påle på kai.	10
Måge	Skjær og steiner ved badeplass.	15
St. B 6 (56A) <sup>1</sup>	Kvalnes.	18
St. B 7 (57A) *	Krossanes.	37
Utne (Trones)	Nes der Sør fjorden begynner (på tau i liten båthavn).	40
St. B 10 *	Sengjaneset/Eidfjord, svaberg.	44
St. B 13 (63A) *	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 4. Prøvesteder for blåskjell i Sør fjorden/Hardangerfjorden (CEMP blåskjellstasjoner: 51A osv.). Mrk. Skjell har blitt samlet inn på to nye stasjoner siden 2003, "Måge" og "Utne (Trones)". I 2012 er det kun samlet skjell (inkludert innenfor CEMP) på stasjoner angitt med rød ring; ○)



## 5. Resultater og diskusjon

### 5.1 Vannkjemi

#### Oppsummering av de viktigste observasjonene i 2012:

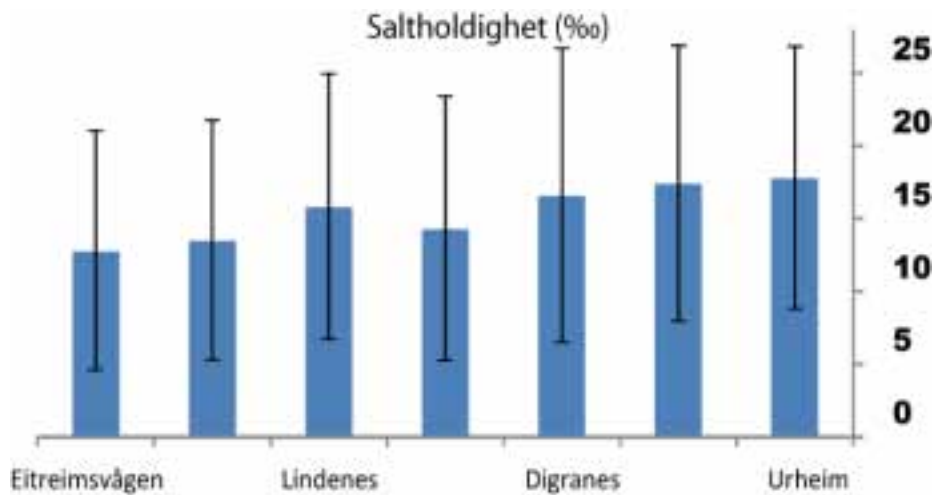
- Årsgjennomsnitt for konsentrasjoner av sink i overflatevann tilsvarte moderat tilstand (Klasse III) ytterst i fjorden og dårlig (Klasse IV) innerst, med de høyeste konsentrasjonene i oktober. Konsentrasjoner av kadmium tilsvarte i hovedsak god tilstand (Klasse II). Konsentrasjoner av kobber varierte lite mellom stasjoner og representerte i hovedsak moderat tilstand (Klasse III). Bly viste konsentrasjoner som i hovedsak tilsvarte god tilstand (Klasse II). Kvikksølv viste høy konsentrasjon i overflatevann ved Børve i mars (Klasse IV, dårlig), men tilsvarte ellers klasse I (bakgrunn). Ved Digranes, Eitheim, Havnebassenget og Lindenes tilsvarte årsgjennomsnittene av kvikksølv klasse I-II (bakgrunn til god).
- Sinkkonsentrasjoner varierte sterkt vertikalt i fjorden, med de høyeste konsentrasjonene i overflatevannet og nært bunnen. Ved Tyssedal i mars var de høyeste konsentrasjonene ved ca. 20 m dyp. Kvikksølv viste tilsynelatende lavere konsentrasjoner i dypere liggende vannlag, enn i 2011.
- Det ble foretatt tilleggsovervåking av sink, kadmium og bly utenfor Tyssedal i 2012 (25 m dyp ved to prøvepunkter). Konsentrasjonene (årsgjennomsnitt) tilsvarte hhv. moderat til dårlig (Klasse III-IV) tilstand, god (Klasse II) tilstand og god (Klasse II) tilstand. Her ble det også registrert spesielt høy konsentrasjon av sink i oktober (tilsvarende Klasse V, svært dårlig).

Alle rådata befinner seg i vedlegget.

#### 5.1.1 Saltholdighet og temperatur

Variasjonene i saltholdighet i overflatelaget i Sørfjorden er hovedsakelig styrt av nedbør og elvetilførsler. Det er begrensede variasjoner i gjennomsnittlig saltholdighet i fjorden (midlet over året; Figur 5).

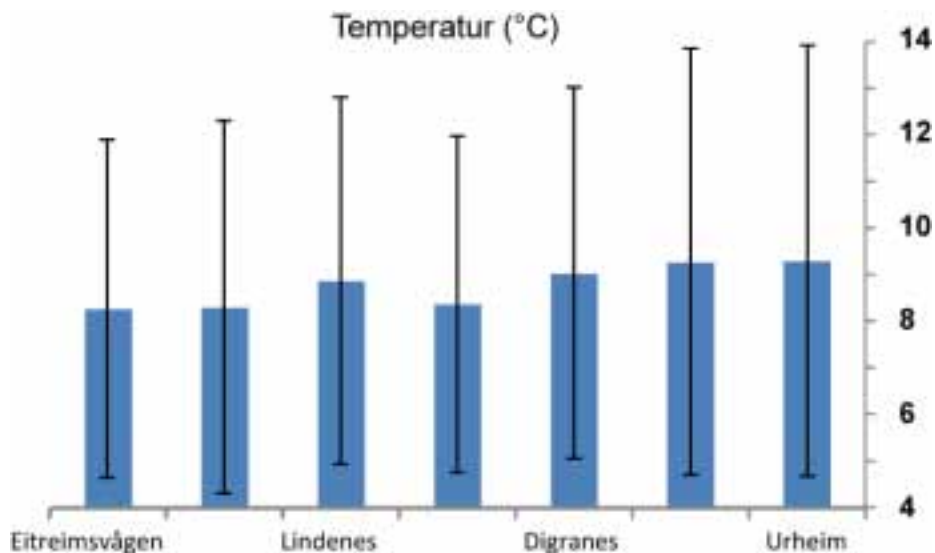
Figur 5. Saltholdighet (PSU, årsmiddel og  $\pm 1$  standardavvik) i overflatevannet i Sørffjorden i 2012. Venstre er sørvest og høyre nordøst i fjorden.



Figuren viser at saltholdigheten i overflatevannet er lavest innerst i fjorden (Eitreimsvågen, Havnebassenget og Tyssedal). De ytterste stasjonene i nordvest (Børve og Urheim) har høyest saltholdighet.

Temperaturen i overflatevannet midlet over året viser størst årsvariasjon ytterst i fjorden (Figur 6).

Figur 6. Temperaturvariasjon (årsmiddel og  $\pm 1$  standardavvik) i overflatelaget i Sørffjorden.



Figur 7 viser hvordan saltholdigheten og vanntemperaturen varierer igjennom året og i dypet for utvalgte stasjoner. Det er, som forventet, høyest saltholdighet og lavest temperatur i overflatevannet i vinterhalvåret. I mars er nesten hele vannsøylen nært ensartet i saltholdighet med et kaldt toppskikt. Man kan observere lav saltholdighet fra juni både innerst og ytterst i

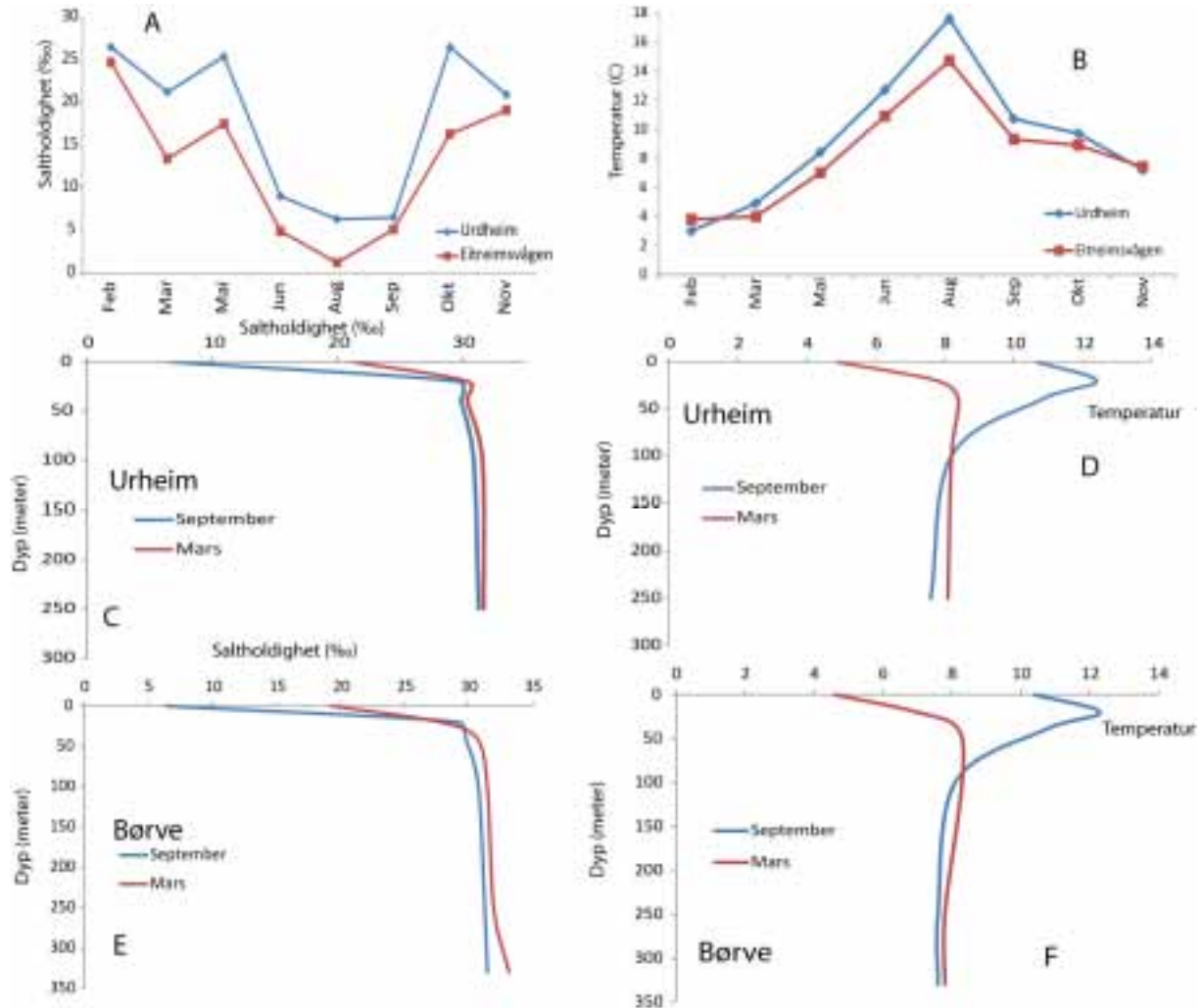
fjorden (sannsynligvis forbundet med vårflom), med en oppvarming av overflatelagene. Imidlertid ser det ut til at saltholdigheten er relativt homogen i vannsøylen under 100 meter igjennom hele året.

Dataene fra 2012 viser en økning i dypvannstemperaturen ved Urheim i mars på 1°C i sammenligning med 2011 (fra 7,2 °C til 8,2 °C), og en samtidig reduksjon av saltholdigheten i bunnvannet med 1 PSU fra 32,3 i mars 2011 til 31,2 i mars 2012. Det ses også at temperaturen i bunnvannet er høyere om vinteren enn om sommeren.

Det er imidlertid vanskelig å konkludere noe vedrørende vannmassene i fjordsystemet, basert kun på to profiler per år (én målt i mars og én i september, 2012).



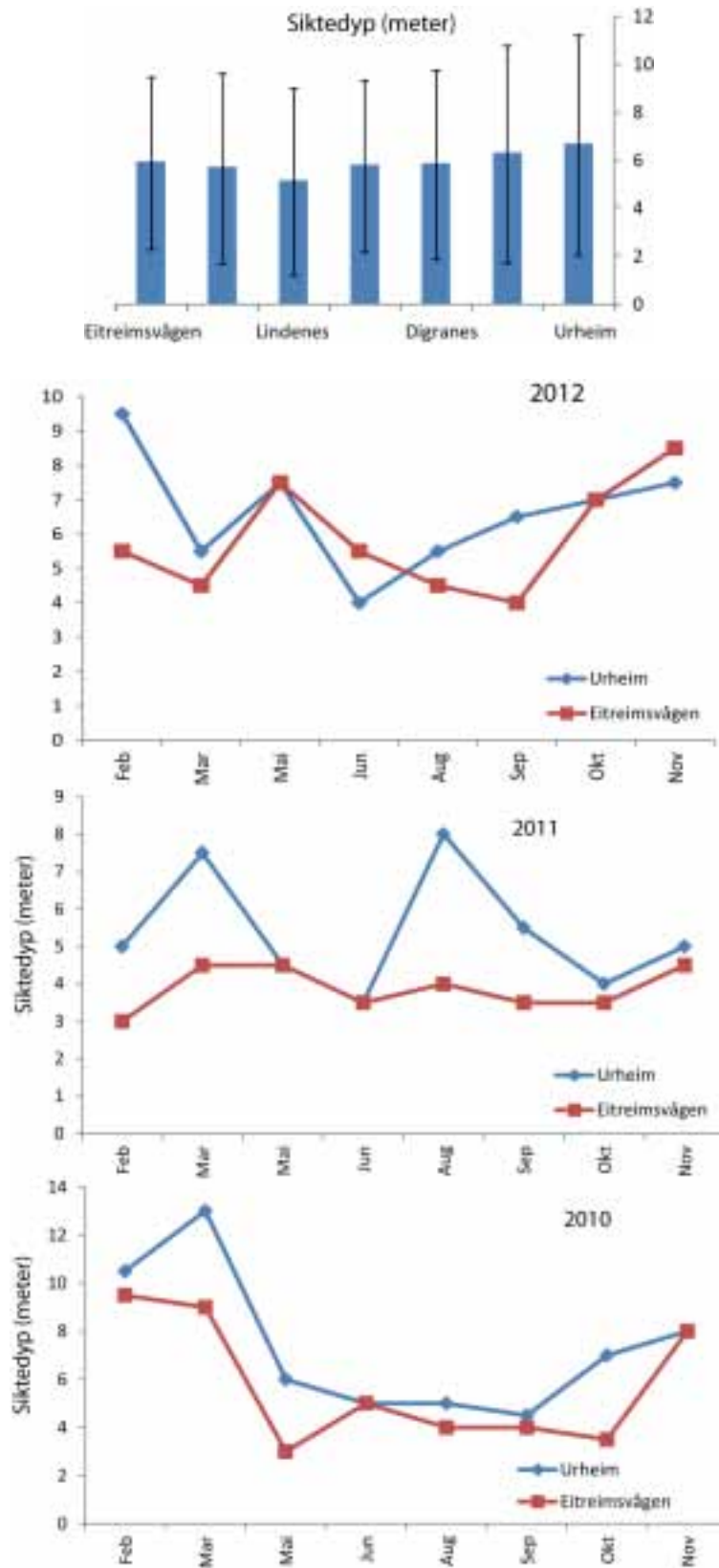
Figur 7. Saltholdighet (A) og temperatur (B) igjennom 2012 ved den innerste og ytterste stasjonen i Sørffjorden (overflaten). Dybdeprofiler for saltholdighet (C) og temperatur (D) ved ytterste (Urheim) og midtre (Børve; hhv. E og F) stasjonen i Sørffjorden. Dybdeprofilene er angitt med glattede («smoothened») kurver, men det bemerkes at de er basert på 5 og 6 datapunkter per tidspunkt ved hhv. Urheim og Børve.



### 5.1.2 Siktedyp

Siktedypet er et indirekte inverst mål for turbiditeten i vannmassene. Nedsatt siktedyp kan skyldes for eksempel stor planktonmengde, transport av sedimenter (leire og silt) fra elver eller partikler knyttet til utslipp. Siktedypet for 2012, 2011 og 2010 er vist i Figur 8. Siktedypet var betydelig høyere i 2012 enn i 2011. Gjennomsnittlig siktedyp varierte mellom 5,1 og 6,6 meter (Figur 8) med størst variasjon ved Urheim. I 2010 var det imidlertid siktedyp på over 10 meter på vinteren ved de ytterste stasjonene og nær 9 meter på den innerste stasjonen.

Figur 8. Øverst: Siktedyp (årsmiddel  $\pm 1$  standardavvik) ved stasjonene i Sør fjorden. De tre nederste figurene: siktedyp innerst og ytterst i fjorden igjennom året i henholdsvis 2012, 2011 og 2010.



### 5.1.3 Metaller i overflatevannet

Sjøvann har et naturlig innhold av spormetaller. Konsentrasjonene er oftere noe lavere enn i elvevann, slik at overflatevannet i fjorder påvirket av ferskvann naturlig har noe høyere konsentrasjoner av metaller enn dypvannet. For å kunne klassifisere sjøvann med hensyn til innhold av metaller har Klif utarbeidet et klassifiseringssystem for miljøkvalitet (TA-2229, 2007) og dette er også tatt inn i reglene for vannforskriften (Veileder 01:2009). De kjemiske tilstandsklassene er delt i fem, der klasse I (Meget god) representerer naturlig bakgrunn, skillett mellom klasse II (God) og III (Moderat) representerer nedre grense for økologiske effekter for langtidseksponering, opp til klasse IV (Dårlig) og V (Svært dårlig) med risiko for akutt påvirkning.

Metallnivået i overflatevannet i Sørfjorden har vært overvåket nært sammenhengende siden 1979 og representerer de lengste måleseriene av metaller i fjordvann i Norge. Materialet har derfor stor verdi både for overvåking og forskning. Overflateverdiene representerer 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 akkumulering av metaller i blåskjell, fisk og andre organismer som lever i dette miljøet.

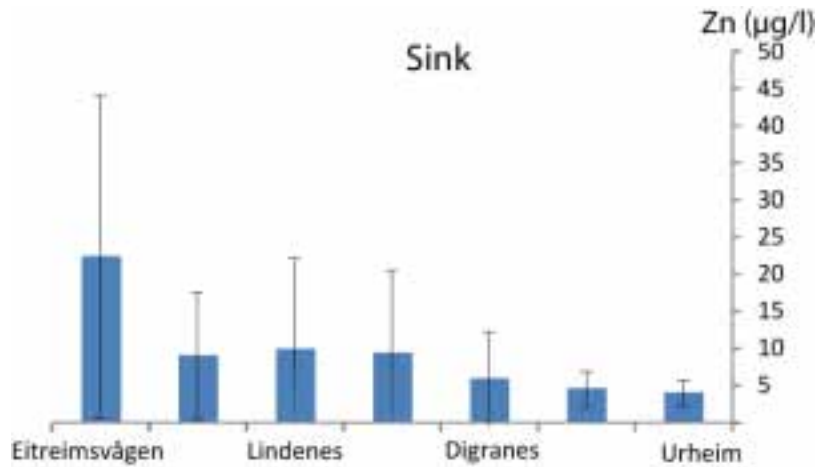
Tabell 5. Kopi av deler av tabell fra TA-2229-2007 (Klif) for kjemiske tilstandsklasser for vann [9].

	I	II	III	IV	V
	Bakgrunn	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
<b>Metaller</b>					
Arsen ( $\mu\text{g As/L}$ )	<2	2 - 4.8	4.8 – 8.5	8.5 - 85	>85
Bly ( $\mu\text{g Pb/L}$ )	<0.05	0.05 - 2.2	2.2 - 2.9	2.9 - 28	>28
Kadmium ( $\mu\text{g Cd/L}$ )	<0.03	0.03 - 0.24	0.24 - 1.5	1.5 - 15	>15
Kobber ( $\mu\text{g Cu/L}$ )	<0.3	0.3 - 0.64	0.64 - 0.8	0.8 - 7.7	>7.7
Krom ( $\mu\text{g Cr/L}$ )	<0.2	0.2 - 3.4	3.4 - 36	36 - 360	>360
Kvikksølv ( $\mu\text{g Hg/L}$ )	<0.001	0.001 - 0.048	0.048 - 0.071	0.071 - 0.14	>0.14
Nikkel ( $\mu\text{g Ni/L}$ )	<0.5	0.5 - 2.2	2.2 - 12	12 - 120	>120
Sink ( $\mu\text{g Zn/L}$ )	<1.5	1.5 - 2.9	2.9 - 6	6 - 60	>60

#### *Sink (Zn)*

Gjennomsnittlig konsentrasjon av sink i overflatevannet i Sørfjorden i 2012 var 4,0  $\mu\text{g/l}$  ved munningen av fjorden (Urheim) og 22  $\mu\text{g/l}$  innerst i fjorden ved Eitrheimsvågen (Figur 9). Dette tilsvarer tilstandsklasse III (Moderat) ytterst i fjorden og klasse IV (Dårlig) innerst i fjorden. Det var imidlertid en økning i gjennomsnittet av sinkprøvene fra 2011 til 2012. Spesielt i oktober ble det målt høye konsentrasjoner (>20  $\mu\text{g/l}$ ) av sink i overflatevannet, fra Digranes og innover i fjorden og alle vannprøvene i hele fjorden hadde konsentrasjoner som tilsvarte Tilstandsklasse IV «Dårlig» i oktober.

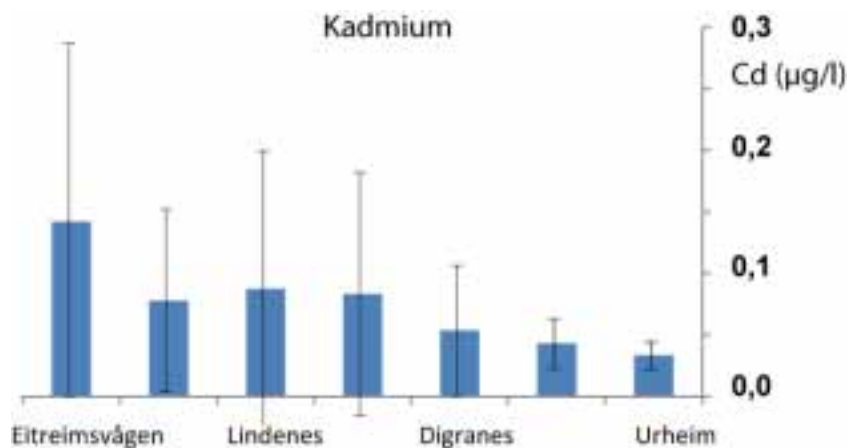
Figur 9. Gjennomsnittlige konsentrasjoner av sink ( $\mu\text{g/l}$ ;  $\pm 1$  standardavvik) for overflateprøver fra Sør fjorden i 2012.



### Kadmium (Cd)

Gjennomsnittsverdiene og standardavviket for overflatevann er vist i Figur 10 for året 2012. Gjennomsnitt av kadmium igjennom året var  $0,14 \mu\text{g/l}$  innerst i fjorden (Eitrheimsvågen; tilstandsklasse II, god) med de høyeste verdiene om våren og høsten. Ytterst i fjorden var innholdet lavere ( $0,033 \mu\text{g/l}$ ) men også i tilstandsklasse II (god). Dette er en reduksjon fra 2011 innerst i fjorden (2011:  $0,18 \mu\text{g/l}$ , 2010:  $0,11 \mu\text{g/l}$ , 2009:  $0,12 \mu\text{g/l}$ ) og en ytterligere reduksjon ytterst i fjorden (2011:  $0,035 \mu\text{g/l}$ , 2010:  $0,05 \mu\text{g/l}$ , 2009:  $0,05 \mu\text{g/l}$ ).

Figur 10. Gjennomsnittlige kadmiumkonsentrasjoner ( $\mu\text{g/l}$ ;  $\pm 1$  standardavvik) for overflateprøver fra Sør fjorden.



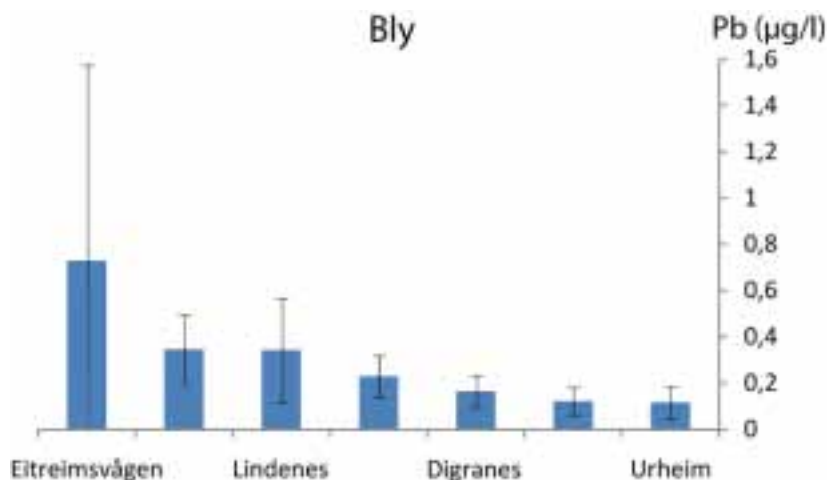
*Kobber (Cu)*

Innholdet av kobber i overflatevann varierer lite fra sted til sted i fjorden. I 2012 var det 0,67 µg/l Cu innerst i fjorden (Eitrheimsvågen) og 0,69 µg/l ytterst, ved Urheim. Dette er en reduksjon fra 2011 (hhv 0,84 µg/l og 0,88 µg/l). Dette gir sjøvannet en tilstandsklasse III (Moderat).

*Bly (Pb)*

Gjennomsnittsinholdet av bly i overflatevannet var 0,12 µg/l ved Urheim og 0,72 µg/l i Eitrheimsvågen (Figur 11). Dette representerer tilstandsklasse II (God). Innerst i fjorden representerer dette tilsynelatende en markant reduksjon fra 2011 (35%; men variasjonen var høy) og også en liten reduksjon for ytre fjord, i forhold til 2011. Utslippet av bly ble redusert med over 3 tonn fra 2010 til 2011 og utslippet var tilnærmet uendret i 2012 (Tabell 1) og som i 2011 kan man observere en ytterligere reduksjon fra 2010, som kan være en effekt av utslippsreduksjonen. Det må imidlertid bemerkes at reduksjonen er gjort i utslipp som kommer ut ved ca. 30 m dyp, og ikke i overflaten.

Figur 11. Gjennomsnittskonsentrasjoner av bly (µg/l; ± 1 standardavvik) i overflatevann i Sør fjorden. For Eitrheimsvågen er standardavviket større enn gjennomsnittet.

*Kvikksølv (Hg)*

Kvikksølv er et metall som ofte utgjør et forurensningsproblem fordi uorganisk kvikksølv kan omdannes til organiske kvikksølvforbindelser som akkumuleres i organismer. I tillegg til bioakkumulering, har organiske kvikksølvforbindelser en tendens til biomagnifisering, dvs. at mengden av kvikksølv øker oppover i næringskjedene. I det marine miljøet betyr dette at kvikksølv kan akkumulere i fisk til nivåer som overskrider grenser for hva som betraktes som akseptabelt som menneskeføde. Opptak av kvikksølv i fisk kan skje både via vann og føde. Av den grunn er det viktig å overvåke nivåene av kvikksølv i vannmassene i Sør fjorden. Klif's veileder (TA-2229/2007) er basert på uorganisk kvikksølv og tar ikke hensyn til at kvikksølv kan metyleres i miljøet. God vannkvalitet er oppad begrenset til 48 ng/l Hg, dvs. ca. 50 ganger høyere enn et normalt fjord- og kystvann (ca. 1 ng/l).

I 2012 viste flere av analysene av overflatevannet konsentrasjoner under deteksjonsgrensen (1 ng/l), men siden metoden ble forbedret i løpet av året ble flere konsentrasjoner detekterbare. Gjennomsnittskonsentrasjonene er beregnet kun fra detekterte verdier. På stasjonen ved Urheim kunne konsentrasjoner kvantifiseres i 6 av 8 målinger med et gjennomsnitt på 1,0 ng/l. Ved Børve ble det i mars målt 92,5 ng/l Hg (Tilstandsklasse IV, «Dårlig»), Resten av året var gjennomsnittet 0,77 ng/l Hg. Ved Digraneset var gjennomsnittlig konsentrasjon 0,86 ng/l («Bakgrunn»). Ved Eitreimsvågen var gjennomsnittlig konsentrasjon 1,76 ng/l (i februar og mars var konsentrasjonen ikke detekterbar). I Havnebassenget var konsentrasjonen 1,0 ng/l og ved Lindesnes var konsentrasjonen 1,1 ng/l.

#### 5.1.4 Metaller i bunnvann og intermediære dyp

Det finnes data tilbake til 70-årene for metaller i dypvann og ved 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 meter 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.

Når overvåkingen av dypvannet de senere årene igjen er tatt opp er det fordi man ønsker å få et bilde av vannkvaliteten i hele vannsøylen. Det ble derfor foretatt prøveinnsamling av dypvannet ved to av de ordinære toktene (mars og september) i 2012.

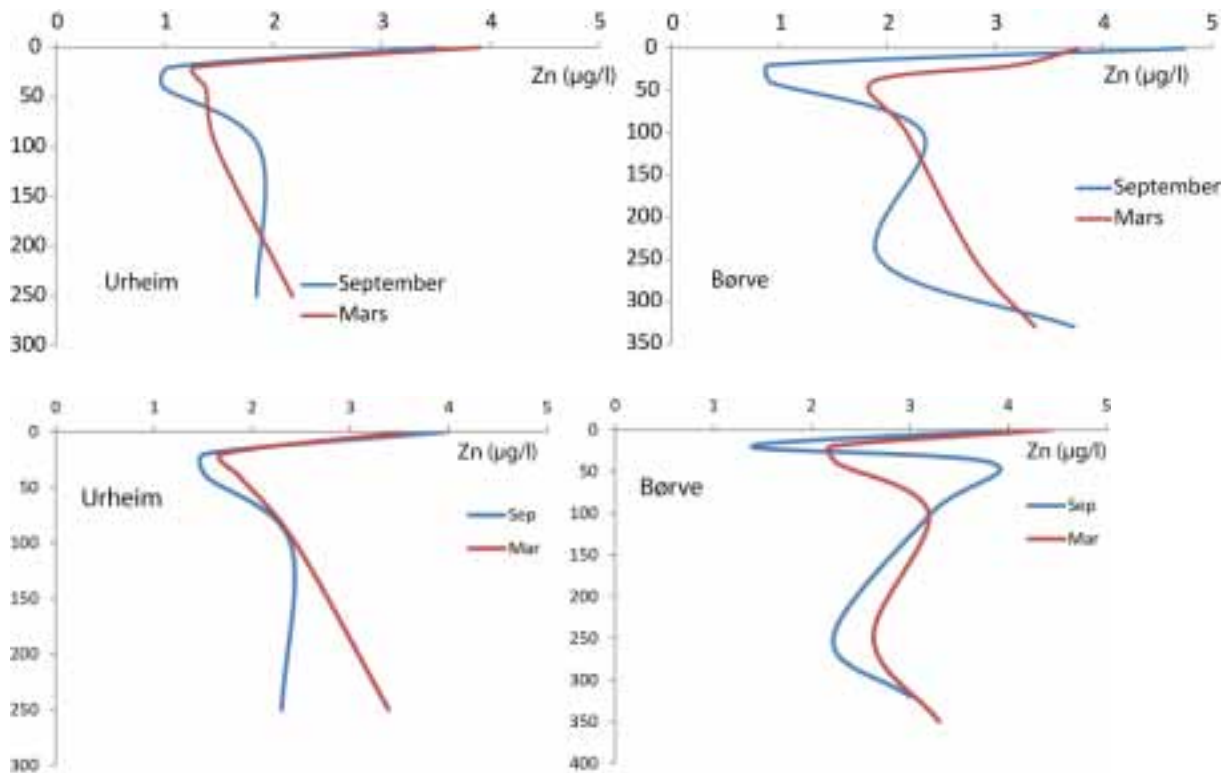
##### *Sink (Zn)*

Sinkkonsentrasjonene varierer sterkt vertikalt i fjorden, med de høyeste konsentrasjonene i overflatevannet og nært bunnen. Konsentrasjonene i bunnvannet var høyere i mars enn i september ved Urheim, mens det var omvendt ved Børve (Figur 12).

Ved Urheim, ytterst i Sørfjorden, var bunnvannet i tilstandsklasse II i mars og september 2012, en forbedring fra 2011. Ved Børve vises en forbedring av vannkvaliteten rundt 100 meters dyp i forhold til 2010 og 2011 (tilstandsklasse II om våren og høsten 2012, mot III i 2011). Lenger inne i fjorden, ved Digraneset, var det liten variasjon vertikalt i mars, med gjennomsnitt på 4,0 µg/l og den høyeste konsentrasjonen var i overflaten (6,9 µg/l). Dette tilsvarer henholdsvis tilstandsklasse III og IV, og representerer en marginal økning i forhold til 2011. Ved Tyssedal i 2010 ble den dårligste vannkvaliteten observert i laget mellom 20 og 40 meters dyp [10]. I mars 2012 kunne dette også observeres ved 20 meters dyp (10,4 µg/l), selv om konsentrasjonene ellers var lavere. Gjennomsnitt i vannsøylen var 5,9 µg/l i mars og 8,9 µg/l i september, 2012. Dette tilsvarer henholdsvis tilstandsklasse III og IV. I prøvene ved 25 meters dyp ved Tyssedal sør og nord, var det i gjennomsnitt henholdvis 8,5 µg/l og 18,3 µg/l Zn. Ved Lindeneset var de høyeste konsentrasjonene i laget ved 20 meters dyp i mars og 40 meters dyp i september.

Utslippet av sink ved TTI var 4 tonn og Boliden Odda AS 3,6 tonn i 2011 (Tabell 1), en reduksjon på totalt to tonn fra 2010. Utslippene er på 30-40 meters dyp.

Figur 12. Konsentrasjon av sink i vannsøylen ( $\mu\text{g/l}$ ) i mars og september i 2012 (topp) og 2011 (bunn) ved henholdsvis Urheim og Børve. Y-aksen viser meter under havoverflaten. Glattede kurver basert på 5 og 6 datapunkter per tidspunkt for hhv. Urheim og Børve.



Kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu) og kvikksølv (Hg)

Det vises til vedlegget, hvor alle analyseverdier per tidspunkt og dyp er presentert.

Det ble målt 1,0 ng/l og 0,4 ng/l kvikksølv i bunnvannet ved Urheim hhv i mars og september 2012. Dette var lavere enn da det ble målt hhv. 9 ng/l og 13,5 ng/l i 2011. Likeledes ble det målt 2,5 ng/l og 3,3 ng/l kvikksølv i Eitrheimsvågen i mars og september. Generelt ses en betydelig forbedring for kvikksølv fra 2011 til 2012.

## 5.2 Sammenfattende vurderinger av metaller i vannmassene

### 5.2.1 Kilder og konsekvenser

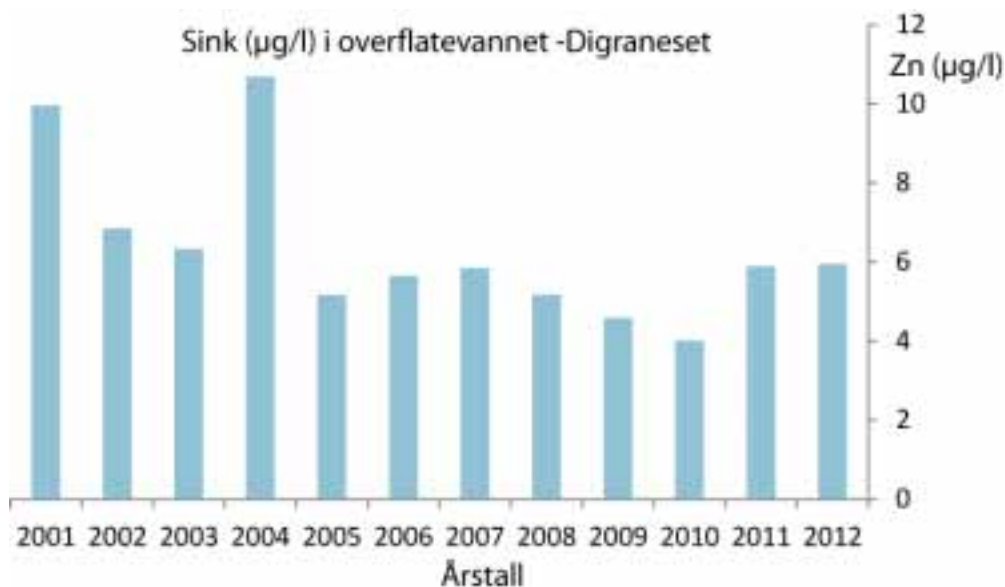
Etter at Odda smelteverk ble nedlagt i 2002 er det følgende kilder (registrerte og potensielle) for metaller til Sørfjorden:

- Regulære utslipp fra sinkverket ved Boliden Odda AS (sentralt vannrenseanlegget, dypvannutslipp (30 m) på østsiden av Eitrheimsneset, utpumping av forurenset vann bak spuntvegg til Eitrheimsvågen, utslipp fra kvikksølvrenseanlegget til Eitrheimsvågen) (kvantifisert)
- Regulære utslipp fra aluminiumfluoridfabrikken til Boliden Odda AS (kvantifisert)
- Regulære utslipp fra Tizir Titanium & Iron (TTI) i Tyssedal (dypvannutslipp på 35 – 40 m dyp) (kvantifisert)
- Diffuse tilførsler fra bunnsedimenter, spesielt fra Eitrheimsvågen, men ellers fra området Tyssedal – Odda havnebasseng (vurdert av Ruus et al. [11])
- Diffuse tilførsler fra industriområder, annen forurenset grunn og deponier (ikke kvantifisert, bortsett fra avrenning fra industriområdet på Eitrheimsneset)
- Tungmetaller som tilføres fra bekker og elver (vurdert av Ruus et al. [11])
- Tilførsel fra kommunale avløpssystemer (vurdert av Ruus et al. [11])
- Luftforurensning



Figur 13 viser årsgjennomsnittet for sink i overflatevann i løpet av de siste 12 år ved Digraneset som ligger ca. midt i Sørfjorden. Det er grunn til å tro at den klare forbedringen i perioden 2000 – 2003 skyldes «Prosjekt Avløp» og reduksjonen av metalltilførsler via overflatevann på Eitrheimsneset. I løpet av denne perioden er vannkvaliteten endret fra dårlig (Klasse IV) til moderat (Klasse III). I 2004 var det igjen en topp mens det har vært reduksjon i årene etter dette. Imidlertid er prøvene fra 2011 og 2012 igjen høyere enn i 2010, med en gjennomsnittskonsentrasjon på 5,9, noe som tilsvarer tilstandsklasse III.

Det har vært antatt at bunnsedimentene bidrar til bunnlagenes høye konsentrasjoner. I tillegg kommer industriens utslipp på 30-40 meters dyp innerst i fjorden. I dypvannet lenger ut kan man se forhøyede metallnivåer som vil påvirkes av sedimentene, oppholdstiden til bunnvannet og frekvensen av dypvannsutsiftningene.

Figur 13. Årsgjennomsnitt for sink ( $\mu\text{g/l}$ ) i overflatevannet ved Digraneset.

### 5.3 Tilleggsovervåking: Metaller i vann utenfor TTI i Tyssedal

#### *Sink (Zn)*

Gjennomsnittlige konsentrasjoner av sink gjennom året på 25 meters dyp var  $8,49 \mu\text{g/l}$  ved det sørlige prøvepunktet og  $18,34 \mu\text{g/l}$  ved det nordlige prøvepunktet som begge tilsvarer tilstandsklasse IV (Dårlig). De laveste verdiene i løpet av 2012, som tilsvarer tilstandsklasse III (Moderat), ble målt ved begge prøvepunktene i mai. Det ble målt spesielt høy sinkverdi ( $64,5 \mu\text{g/l}$ ), som tilsvarer tilstandsklasse V (Svært dårlig), ved det nordlige prøvepunktet i oktober. I oktober var alle vannprøvene i overflaten i hele fjorden (se ovenfor), i tilstandsklasse IV (Dårlig).

#### *Kadmium (Cd)*

Ved 25 meters dyp var årsgjennomsnittet av kadmium  $0,06 \mu\text{g/l}$  ved det sørlige punktet og  $0,07 \mu\text{g/l}$  ved det nordlige punktet, som begge tilsvarer tilstandsklasse II (God). Kadmiumkonsentrasjonene var lavest i mai og høyest i november ved begge stasjonene og alle tilsvarer tilstandsklasse II (God). Årsgjennomsnittet av kadmium i overflatevannet ellers i fjorden var i tilstandsklasse II (God).

#### *Bly (Pb)*

Årlig gjennomsnitt av bly var  $0,44 \mu\text{g/l}$  ved det sørlige punktet og  $0,46 \mu\text{g/l}$  ved det nordlige punktet, og begge tilsvarer tilstandsklasse II (God). Konsentrasjonene av bly var, slik resultatet også var for kadmium, lavest i mai og høyest i november ved begge prøvepunktene og verdiene var innenfor tilstandsklasse II (God). Gjennomsnittet av bly i overflatevannet ellers i fjorden var i tilstandsklasse II (God).

## 5.4 Nitrogen, oksygen og fosfor i vannmassene

### Oppsummering av de viktigste observasjonene i 2012:

- Etter at utslippet fra Odda smelteverk har opphørt (2002) har konsentrasjonen av nitrogen i indre Sørfjorden avtatt. Siden 2010 har imidlertid konsentrasjonen tilsynelatende økt noe (i Havnebassenget var konsentrasjonen høyere i 2012, enn i 2008 og 2010).
- Nitrogenkonsentrasjonen varierte mye med tiden og dette er i hovedsak et resultat av varierende vannutskiftning.
- En negativ sammenheng (negativ korrelasjon; korrelasjonskoeffisient -0,82 i Havnebassenget og -0,79 ved Lindenes) mellom oksygen og nitrat i vannmassene er observert (som tidligere år). Dette viser at oksygenforbruket fremdeles i stor grad styres av mengden tilgjengelig nitrat.
- Oksygentilstanden i Sørfjorden varierte gjennom året og tilstanden for Havnebassenget var i hovedsak meget god. Ved Lindenes var tilstanden i hovedsak god i en lengre periode i dyplagene gjennom året, mens på de resterende dyp var tilstanden i hovedsak meget god. Resultatene viser at det fortsatt er noe oksygenforbruk pga. fortsatt utlekking av dicyandiamid fra hauger av dicykalk på bunnen av havnebassenget.
- Målinger av fosfor i vannmassene gir et hovedinntrykk av at konsentrasjonene i tidsrommet 2005-2008 var ganske stabilt. I 2010 økte det litt for siden å synke igjen i 2012.

### 5.4.1 Ferskvannstilførsel og saltholdighet

Ferskvannstilførselen til den indre delen av Sørfjorden (Figur 14) kommer i hovedsak fra elva Opo. Figur 15 viser døgnverdier av vannføringen på NVEs målestasjon ved Sandvinvatnet i tidsrommet 1.1.-31.12.2012. Den røde, stipla linja viser månedsmiddel i perioden. Variasjonene er store og raske, med 227 m<sup>3</sup>/s som høyeste og 43 m<sup>3</sup>/s som gjennomsnittlig vannføring i dette tidsrommet (vannføring fra august til desember er ikke inkludert i denne perioden). Vannføringen var relativt normal store deler av året sammenlignet med avrenningen i perioden 2000-2012 (Figur 16), men vannføringen i mars, juli og september var tydelig høyere enn månedsmiddelet for perioden 2000-2012. Ved foregående undersøkelse i 2008 og 2010 var midlere avrenning for perioden henholdsvis 43 m<sup>3</sup>/s og 27 m<sup>3</sup>/s. Dermed var den midlere avrenningen i 2012 som i 2008, mens 2010 var et år med lav midlere avrenning.

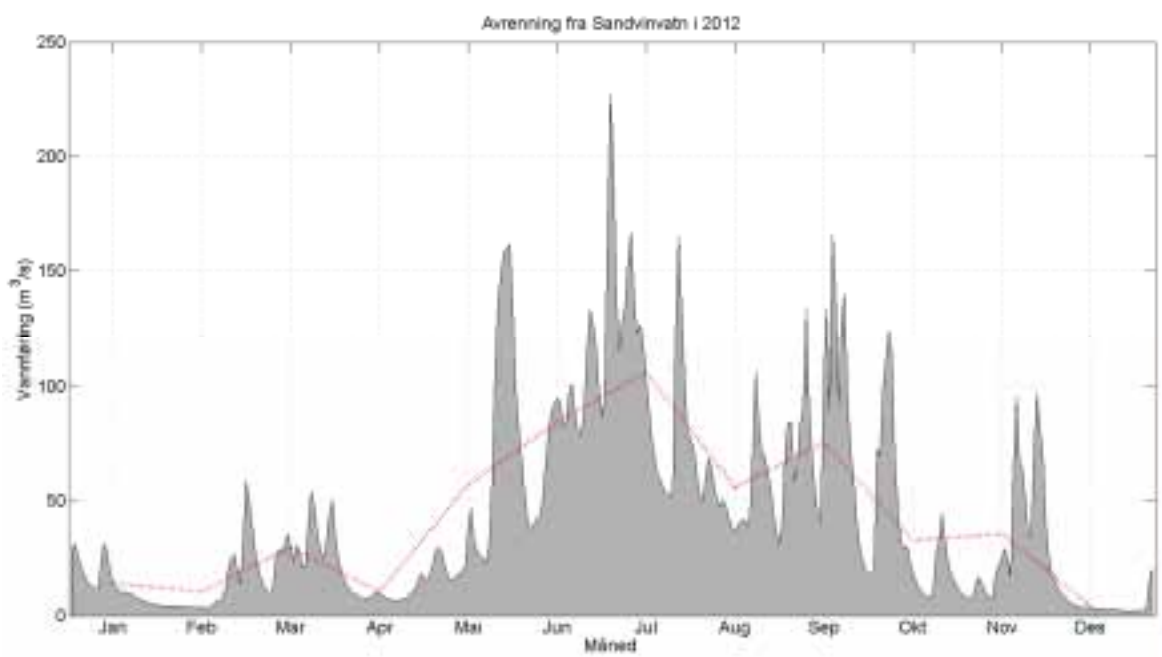
I fjorder med betydelig ferskvannstilførsel kan vannmassene inndeles i to lag:

- 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 skjelve 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 seks ulike datoene målinger ble tatt i 2012 var den laveste saltholdighet målt i 0,5 m dyp på 1,2, mens den høyeste var på 30.
- Sjøvannslaget ligger under brakkvannslaget og helt til bunnen. Saltholdigheten øker med dypet og kan nå opp til ca. 35.

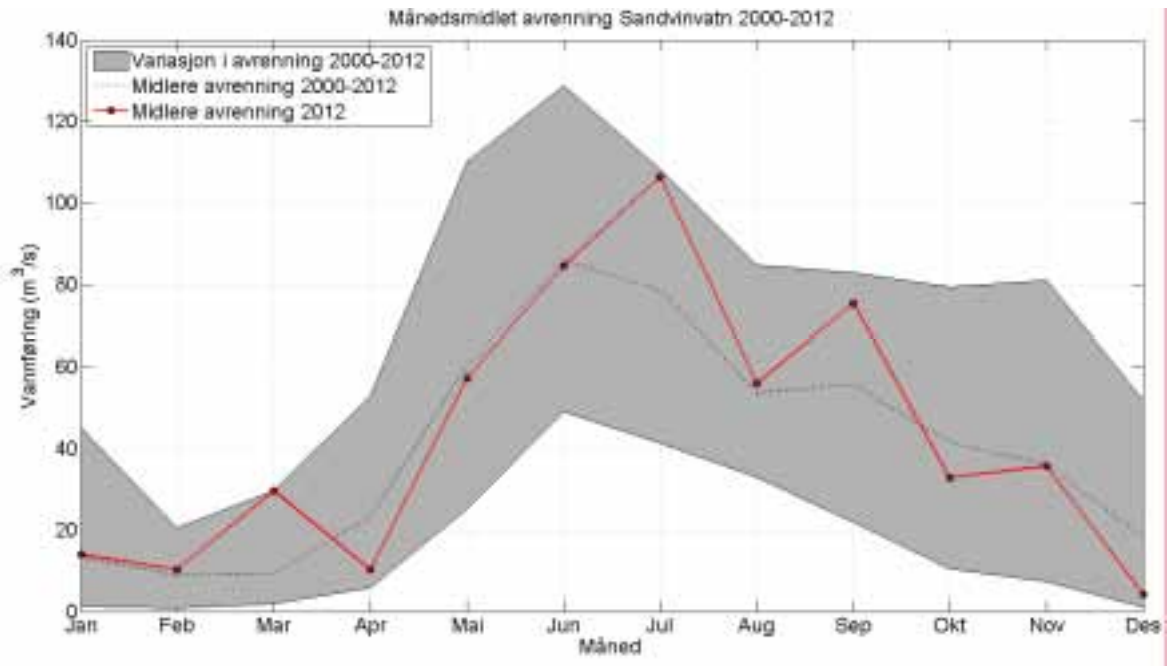
Figur 14. Kart over innerste del av Sør fjorden. I sør ligger Sandvinvatnet og Opo-elva. Kartet er hentet fra NVE sine nettsider.



Figur 15. Døgnverdier for vannføringen i Sandvinvatnet i tidsrommet 1.1.-31.12.2012 (kilde: NVE). Den røde stiplede linjen indikerer midlere månedsavrenning for 2012.



Figur 16. Månedesverdier for vannføringen i Sandvinvatnet i tidsrommet 2000-2012 (kilde: NVE).



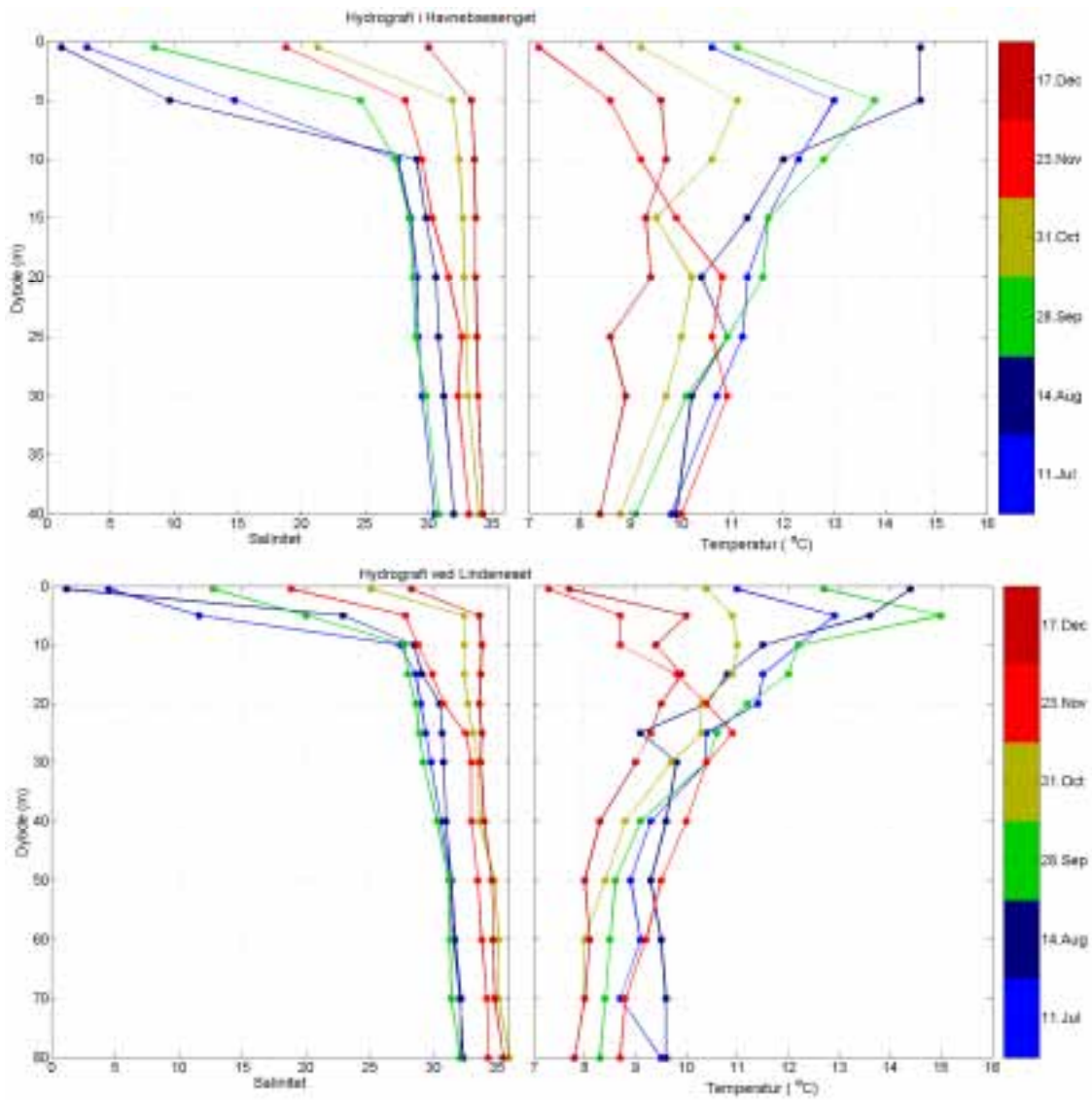
#### 5.4.2 Vannutskiftning

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 ferskvannsblanding 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.

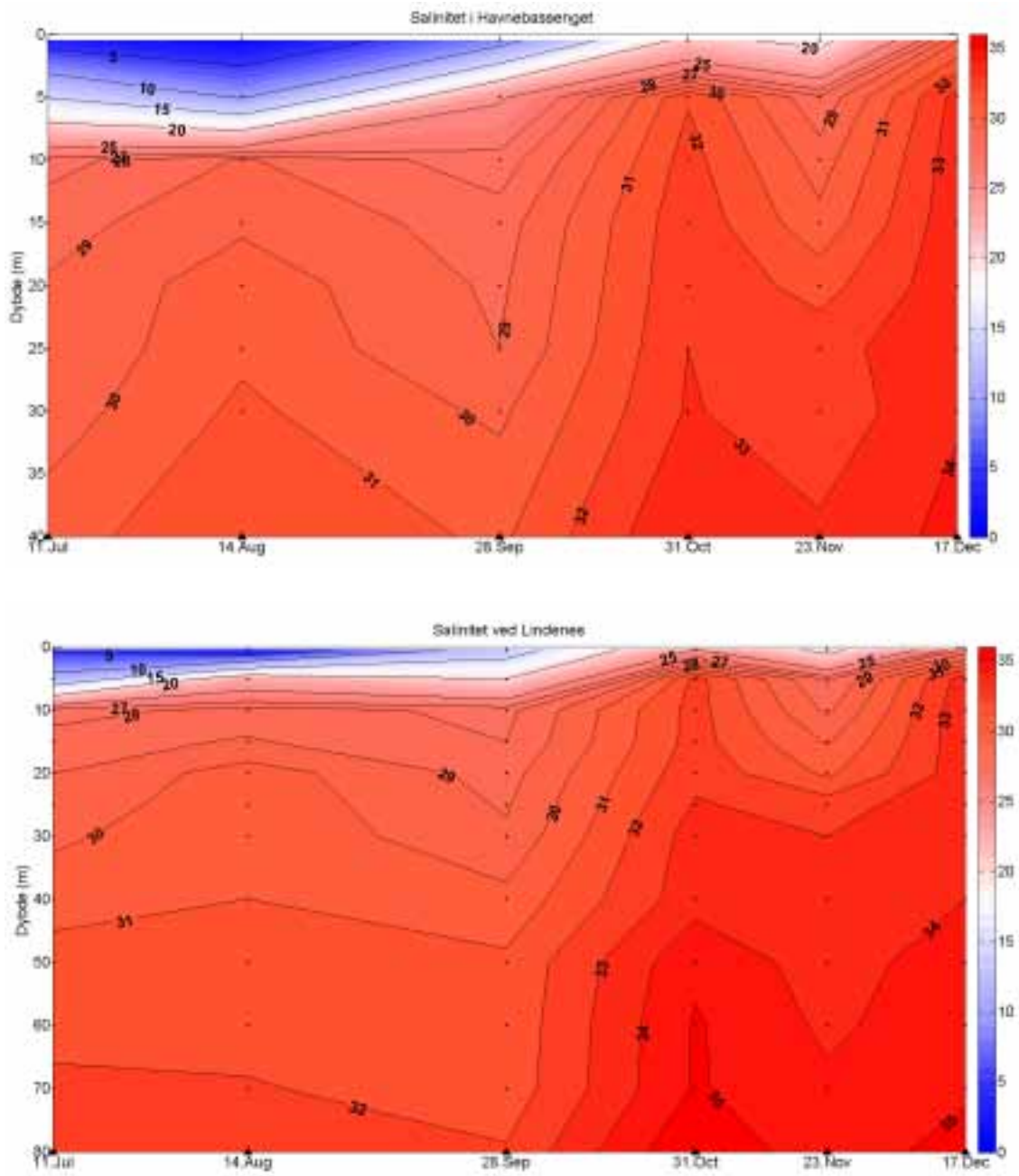
Tar vi i betraktning at i tillegg til tidevannet vil også varierende vind og lufttrykk bidra til vannutskiftningen, gir dette samlet sett inntrykk av at innenfor Lindenes er oppholdstiden for vannmassen mellom 10-15 m dyp og bunn vanligvis mindre enn en uke, og oftest omkring 3-5 døgn. Til sammenligning har gjennomsnittlig oppholdstid tidligere blitt beregnet til å ligge mellom 4 døgn og 7 døgn ved bruk av en datamodell [12]. 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.

I Figur 17 til Figur 19 vises variasjonen i saltholdighet og temperatur i Havnebassenget og ved Lindenes gjennom vertikalprofiler og isolinjer av saltholdighet og temperatur. For saltholdighet er det en tydelig sjiktning for sommermånedene (juli til september), mens det i høst- og vintermånedene (oktober til desember) ikke er like sterke sjiktninger med mye saltere vann i overflatelaget enn i sommermånedene og saltere vann også i de dypere lagene. Økningen i saltholdighet i dyplaget viser at det er innstrømming av «nye» vannmasser inn i Sørfjorden, og temperaturreduksjonen utover høsten og vinteren i dypvannet bekrefter også dette.

Figur 17. Hydrografi (saltholdighet og temperatur) i Havnebassenget (øverst) og ved Lindenes (nederst). De ulike fargene representerer de ulike måledatoene, og prikkene viser hvilke dyp data er hentet fra.

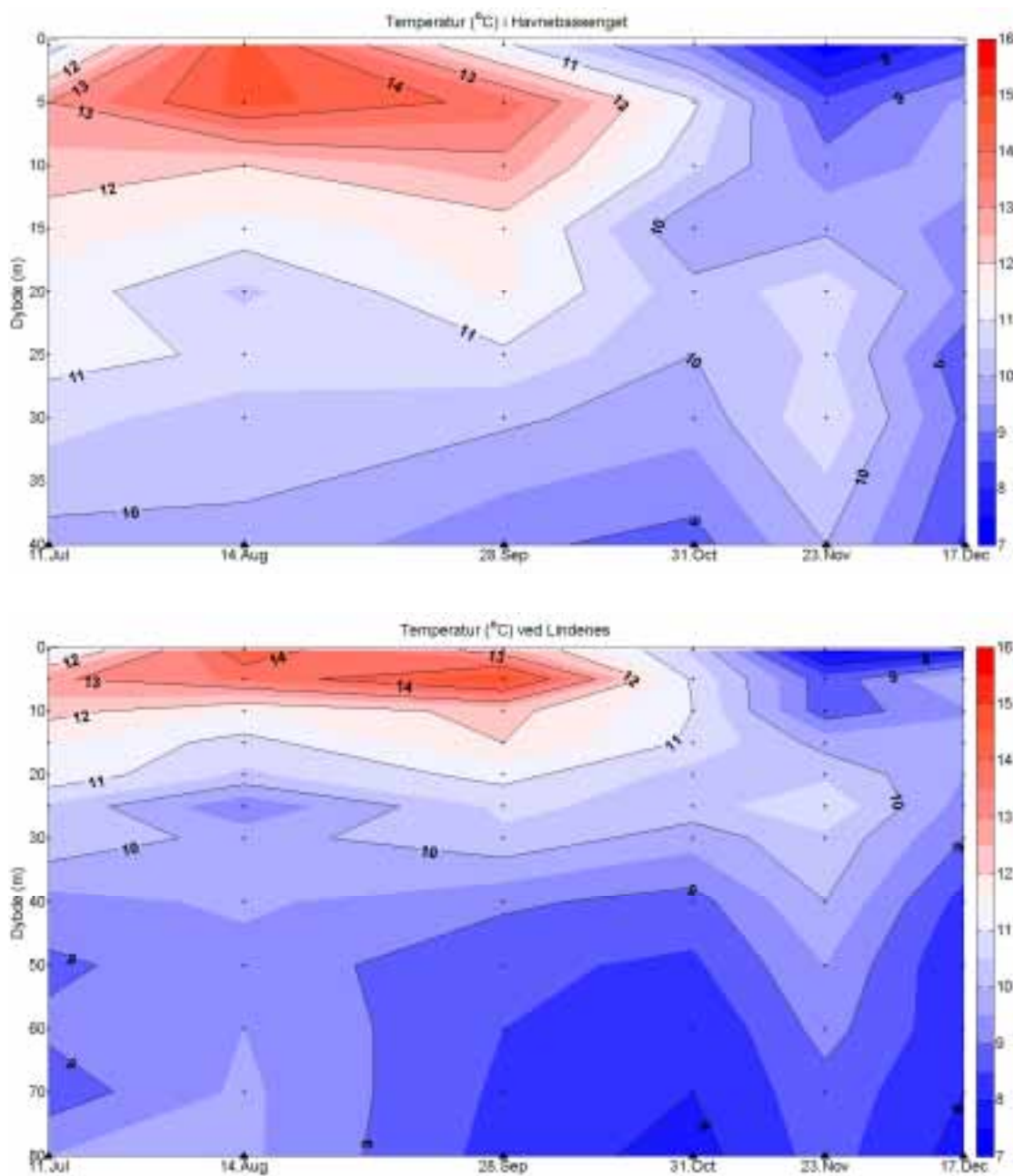


Figur 18. Isolinjer av saltholdighet i Havnebassenget (øverst) og ved Lindenes (nederst). Fargene representerer variasjon i saltholdighet ved variasjon i tid langs den horisontale akse. Fargeskalaen står til høyre for figuren. De svarte prikkene og markørene indikerer henholdsvis måledyp og måletidspunkt.





Figur 19. Isolinjer av temperatur i Havnebassenget (øverste) og ved Lindenes (nederst). Fargene representerer variasjon i saltholdighet ved variasjon i tid langs den horisontale akse. Fargeskalaen står til høyre for figuren. De svarte prikkene og markørene indikerer henholdsvis måledyp og måletidspunkt.



### 5.4.3 Nitrogen

Etter at utslippet fra Odda Smelteverk stoppet høsten 2002 har konsentrasjonen av nitrogen i Sørfjordens indre del avtatt til ca.  $\frac{1}{4}$  av de tidligere nivåene (Tabell 6). Siden 2010 har nitratkonsentrasjonen økt, og gjennomsnittskonsentrasjonen av nitrat i Havnebassenget i 2012 var høyere enn i både 2010 og 2008. Ved Lindenes var gjennomsnittskonsentrasjonen høyere enn i 2010, men lavere enn i 2008. Til tross for økende gjennomsnittskonsentrasjonen siden 2010 har det vært en tydelig positiv utvikling siden 2001. Nitratkonsentrasjonen varierer mye med tiden og dette er i hovedsak et resultat av varierende vannutskifting.

Tabell 6. Statistikk for konsentrasjonen ( $\mu\text{g/L}$ ) av nitrat i sjøvannslaget (10 m og dypere) i 2001 til 2012 i Havnebassenget og i Lindenes. Målingene i 2002 inkluderer tidsrommet med nedkjøring og stopp av utslippet fra Odda Smelteverk i løpet av høsten.

År	Havnebassenget				Lindenes			
	Gj.snitt	Maks.	Median	Antall målinger	Gj.snitt	Maks.	Median	Antall målinger
2001	564	1330	610	29	584	1255	640	33
2002	641	1329	707	42	529	1319	445	56
2004	127	388	108	36	146	329	130	48
2005	168	361	117	37	179	302	222	48
2006	116	269	106	35	144	277	160	49
2008	111	290	102	36	139	295	124	48
2010	95	188	114	30	123	311	122	40
2012	112	258	121	121	132	297	110	48

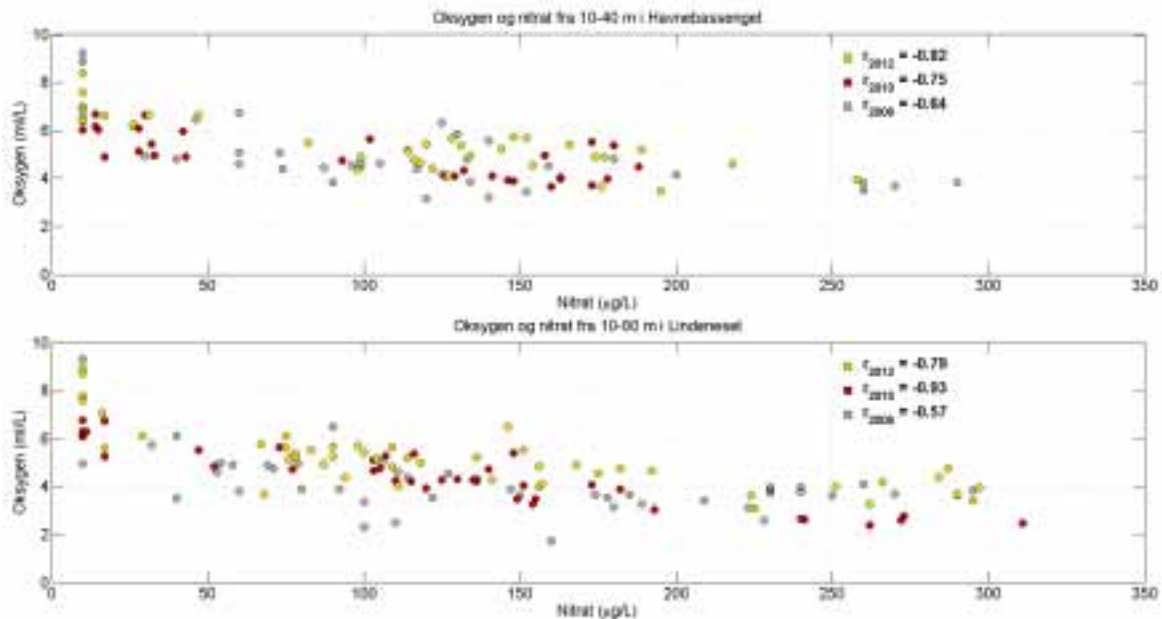
Det har tidligere vært en sterk negativ sammenheng (negativ korrelasjon) mellom oksygen og nitrat: høy konsentrasjon av nitrat indikerer høyt oksygenforbruk og dermed lav oksygenkonsentrasjon. I 2006 var korrelasjonskoeffisientene -0.93 for Havnebassenget og -0.91 for Lindenes, i 2008 -0.64 for Havnebassenget og -0.57 for Lindenes og i 2010 -0.75 for Havnebassenget og -0.93 for Lindenes.

For Havnebassenget har korrelasjonen økt siden 2008 til -0.82, men den er ikke like sterk som i 2006 hvor 86 % ( $r^2=0.8649$ ) av variasjonene i oksygenkonsentrasjonen kunne forklares av tilsvarende variasjoner i mengden nitrat, mot 67 % ( $r^2=0.6724$ ) i 2012 (Figur 20).

For Lindenes har korrelasjonen gått ned siden 2010 og i 2012 kunne 62 % ( $r^2=0.6241$ ) av endringene i oksygenkonsentrasjon forklares av tilsvarende endring i konsentrasjon av nitrat mot 87 % i 2010.

Dette tyder på at utlekking av nitrogen fra bunnsedimentene (mengden tilgjengelig nitrat) fortsatt har betydning for oksygenforbruket og oksygenkonsentrasjonen.

Figur 20. Oksygen og nitrat i hhv. 10-40 m dyp i Havnebassenget (øverst) og i 10-80 m dyp ved Lindenes (nederst) i 2008, 2010 og i 2012.



#### 5.4.4 Oksygen

Oksygenkonsentrasjonen i dypere vannlag er et resultat av balansen mellom:

1. Oksygentilførsel: i hovedsak gjennom tilførsel av oksygenrikt sjøvann fra Sørfjordens nordre deler.
2. Oksygenforbruk: i hovedsak fra nedbrytning av organisk materiale tilført via direkte utslipp og ved nedsynkende planteplankton, samt kjemisk oksygenforbruk 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 Sørfjordens indre del har vært et stort oksygenforbruk pga. utlekking av nitrogen fra bunnsedimentene.

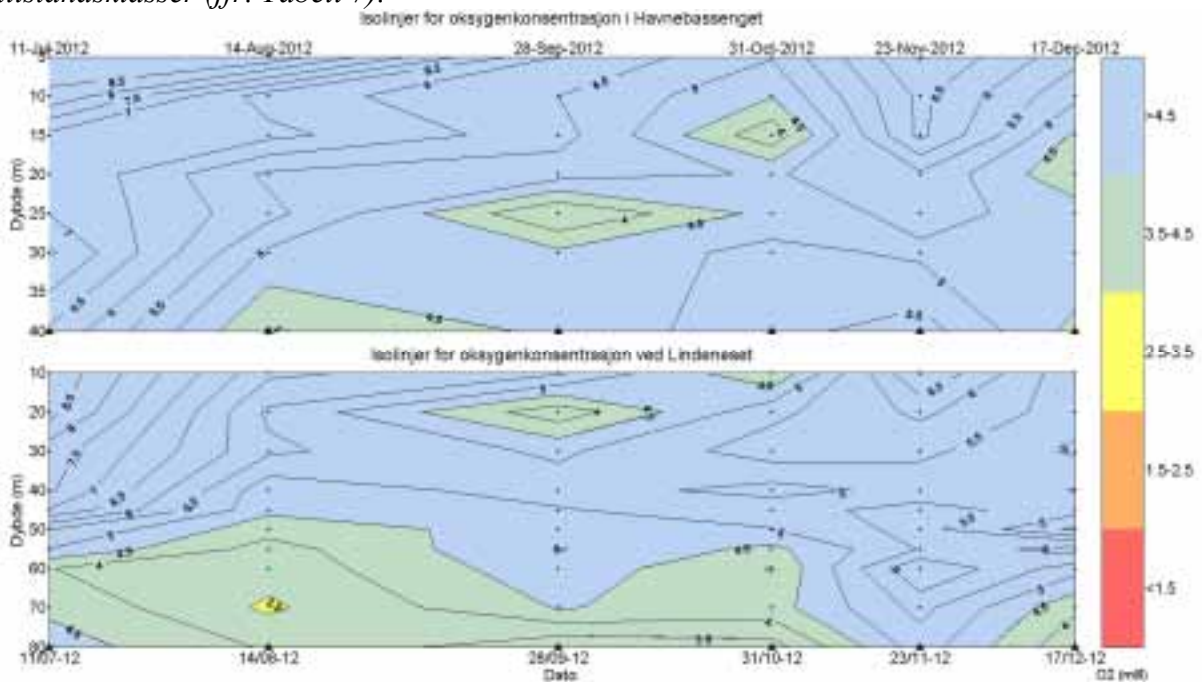
Som grunnlag for bedømmelse av oksygenforholdene, viser Tabell 7 klassifiseringsgrunnlaget i SFTs veiledning i klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann.

Tabell 7. Tilstandsklassifisering for oksygen (fra Molvær et al. [13]).

Tilstandsklasser	I Meget god	II God	III Mindre god	IV Dårlig	V Meget dårlig
Oksygen (ml/L)	>4,5	4,5-3,5	3,5-2,5	2,5-1,5	<1,5

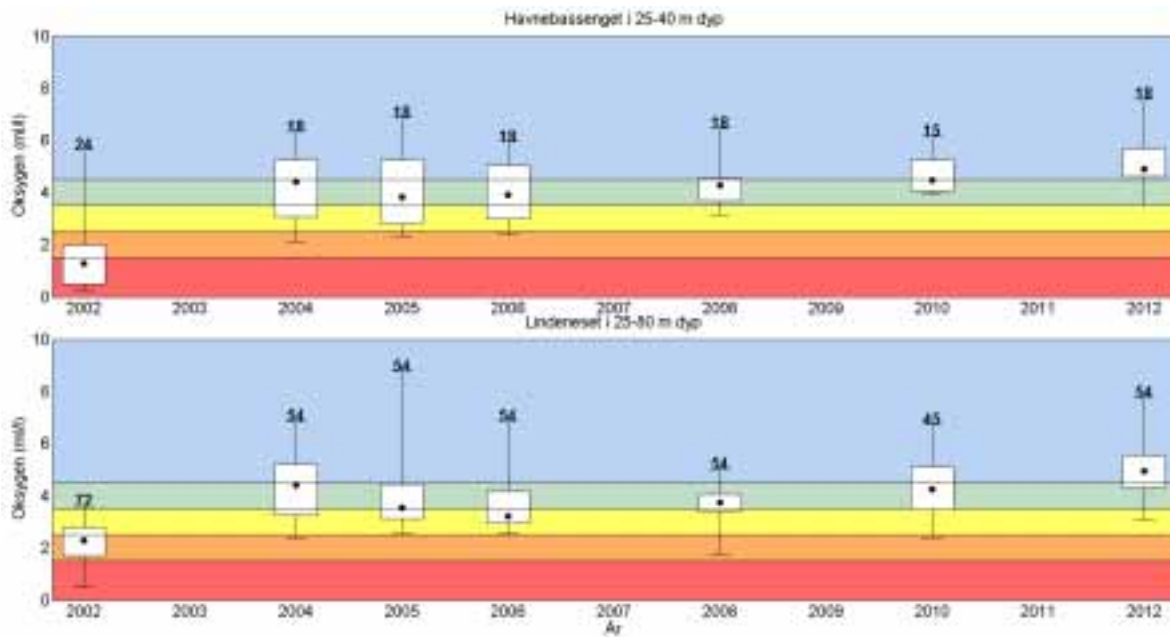
Figur 21 viser oksygenforholdene i henholdsvis Havnebassenget og ved Lindenes i 2012 som isopleter, der fargekoder (jfr. Tabell 7) er brukt for å vise forskjellige tilstandsklasser. Tilstanden for Havnebassenget gjennom 2012 er stort sett veldig god. I dyplagene var tilstanden god i august, og i mellomliggende dyp var tilstanden god i september og i oktober. For Lindenes var tilstanden god i en lengre periode i dyplagene og ved 20 m dyp i oktober samt mindre god tilstand ved 70 m dyp, mens i de resterende dyp var tilstand meget god gjennom 2012. Disse resultatene viser en bedring i forhold til både 2008 og 2010, men tyder samtidig på at det er noe oksygenforbruk pga. fortsatt utlekking av dicyandiamid fra hauger av dicykalk på bunnen av havnebassenget.

Figur 21. Oksygenmålinger (ml O<sub>2</sub>/l) i Havnebassenget (øverst) og ved Lindenes (nederst) i 2012. Tidspunkt og dyp for prøvetaking er vist som svarte prikker. Fargene henviser til SFTs tilstandsklasser (jfr. Tabell 7).



Figur 22 viser boksplot av oksygenforholdene i henholdsvis Havnebassenget og ved Lindenes i tidsrommet 2002-2012. Fargekoden til Klif sine tilstandsklasser ligger i bakgrunnen. Hovedinntrykket er en stor forbedring etter at utslippet fra smelteverket stoppet i løpet av 2002. Det er også tydelig forbedring fra 2008 til 2012 for både Havnebassenget og Lindeneset.

Figur 22. 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 2002-2012 i form av boksplott. De sorte punktene indikerer årlig median i oksygenkonsentrasjon. De hvite boksene indikerer rekkevidden av 25- og 75-persentilene og de lodrette svarte linjene viser rekkevidden av største og minste oksygenkonsentrasjon. Tallene angir antall målinger som inngår for hvert år. Fargen i bakgrunnen representerer tilstandsklassene til Klif ut fra Tabell 7. En stor forbedring kan observeres etter at utslippet fra Odde smelteverk stoppet høsten 2002. Det er også tydelig forbedring fra resultatene i 2008.



### 5.4.5 Fosfor

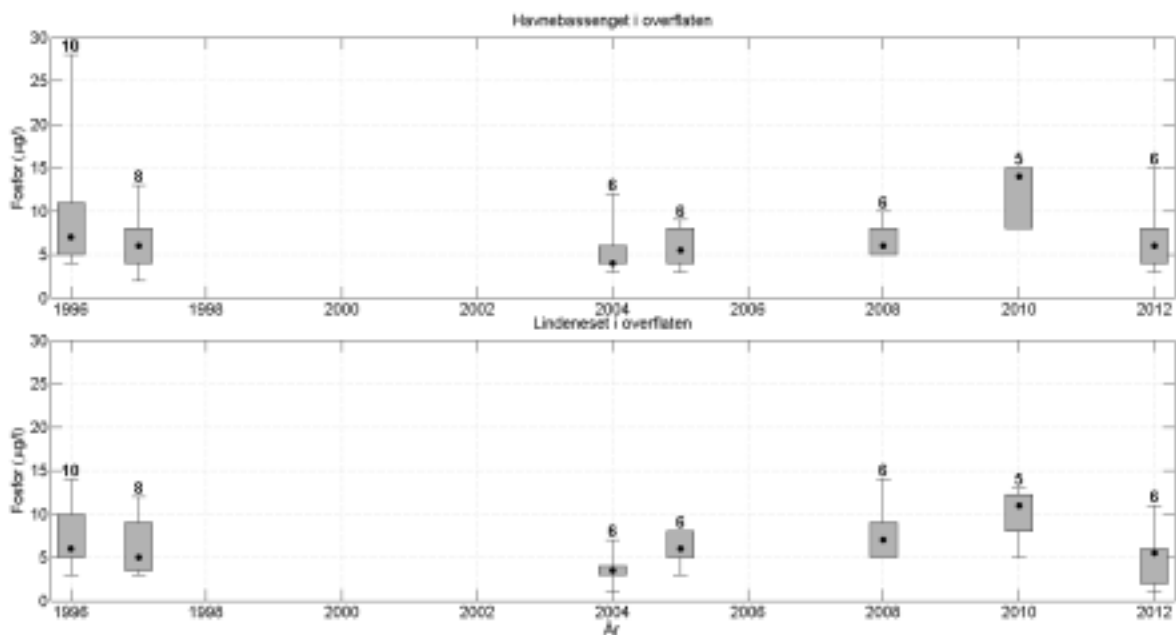
I 2012 ble konsentrasjonen av total fosfor ved 6 tidspunkt målt i 0,5 m, 10 m og 20 m dyp i Havnebassenget og ved Lindenes. Dypene for prøvetaking ble valgt for å få et mål på konsentrasjonen i brakkvannslaget og i sjøvannslaget. I sjøvannslaget ble det målt i to dyp fordi dette er vannmassen hvor utslippet 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, 2008, 2010 og 2012 er sammenfattet i Figur 23 og Figur 24.

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

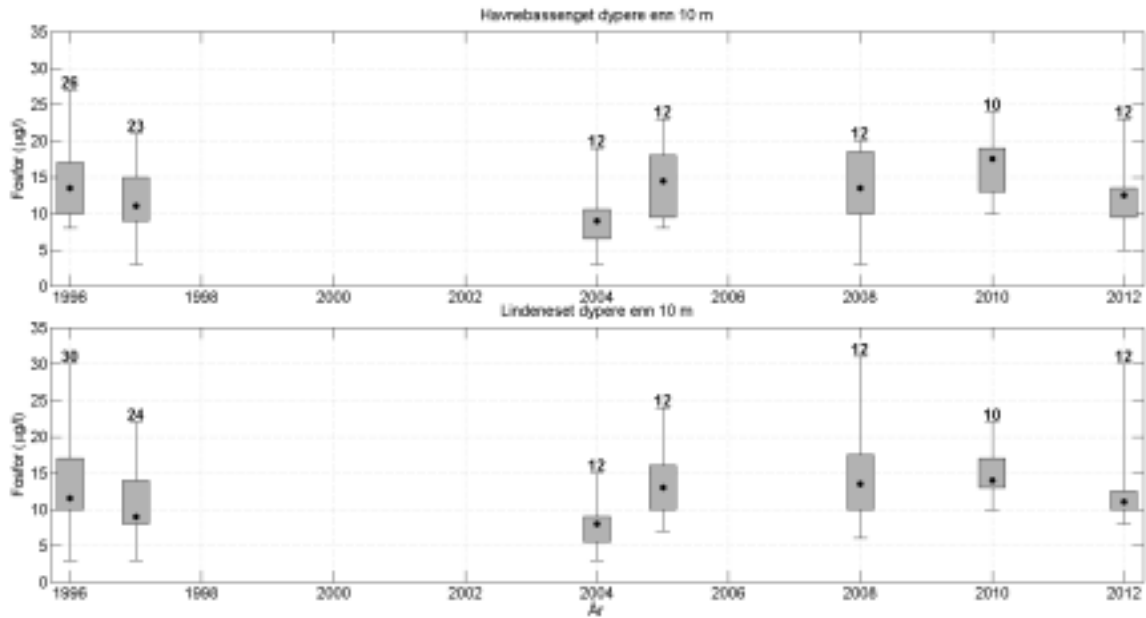
- Direkte utslipp av avløpsvann til Havnebassenget og ved Lindenes: her har fordelingen endret seg fra 1995-1997 til 2012 ved at utslippene av kommunalt avløpsvann til havnebassenget er fjernet. Avløpsvannet føres til mekanisk anlegg ved Lindenes og slippes ut i ca. 30 m dyp, og med innlagring oftest i 15-20 m dyp.
- 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. [14]). Økningen skyldes ekspansjonen innen oppdrettsnæringen og tilførselen av fosfor vil derfor være størst om høsten. På den annen side må det understrekes at oppdrettsanleggene i Hardangerfjorden i alt vesentlig ligger vest for Sørfjorden, noe som reduserer påvirkningen betydelig.

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. I 2010 økte dette en del, mens det i 2012 har sunket igjen. I overflaten for Havnebassenget var median omtrent som i 2008, men med større spredning i målingsverdiene, og for Lindenes var konsentrasjonene lavere enn hva som ble målt i 2008. Det siste gjelder også i dyplagene for både Havnebassenget og for Lindeneset, med tydelig større rekkevidde mellom minimum og maksimalverdi i begge lokaliseringene sammenlignet med i 2010.

*Figur 23. Oppsummering av fosforkonsentrasjon i brakkvannslaget i Havnebassenget (øverst) og ved Lindenes (nederst) i form av boksplott. I 1995 og 2006 ble bare gjort 1-2 målinger og vi har sett bort i fra disse årene. De sorte punktene indikerer årlig median i fosforkonsentrasjon. De grå boksene indikerer rekkevidden av 25- og 75-persentilene og de lodrette svarte linjene viser rekkevidden av største og minste fosforkonsentrasjon. Tallene angir antall målinger som inngår for hvert år.*



Figur 24. Oppsummering av fosforkonsentrasjon i sjøvannslaget (dypere enn 10 m) i Havnebassenget (øverst) og ved Lindenes (nederst) i form av boksplokk. I 1995 og 2006 ble bare gjort 1-2 målinger og vi har sett bort i fra disse årene. De sorte punktene indikerer årlig median i fosforkonsentrasjon. De grå boksene indikerer rekkevidden av 25- og 75-persentilene og de lodrette svarte linjene viser rekkevidden av største og minste fosforkonsentrasjon. Tallene angir antall målinger som inngår for hvert år.



## 5.5 Miljøgifter i organismer

### 5.5.1 Metaller i fisk

#### Oppsummering av de viktigste observasjonene i 2012:

- Gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i torsk fra Sør fjorden i 2012 tilsvarte Kl. II (moderat forurenset) i Klifs klassifiseringssystem.
- Innholdet av kvikksølv i dypvannsfisk var høyt.
- Innholdet av bly i lever av brosme fra Sør fjorden var høyere enn i andre norske fjorder som er undersøkt tidligere.

I det følgende redegjøres det for resultatene fra den årlige overvåkingen av fisk innenfor *CEMP/MILKYS*.

#### *Årlig overvåking*

I det følgende henvises det til resultater som gjennomsnittsverdier og standardavvik fra analysene av individuelle fisk. Ytterligere informasjon om prøvene, som er samlet inn innenfor CEMP, er tilgjengelig gjennom databasen og rapportene som produseres gjennom dette programmet. Analysene dekker i 2012 kvikksølv i filet.

Resultatene fra den rutinemessige årlige overvåkingen er oppsummert i Tabell 8.

Forhøyede konsentrasjoner av **kvikksølv** ble funnet i **torsk** fra **Sør fjorden** i 2012. Gjennomsnittlig kvikksølv-innhold tilsvarte **moderat** (Klasse II) i Klifs klassifiseringssystem for miljøkvalitet [13]. Dette er i samme område som konsentrasjonene har ligget etter 2002 (Tabell 9 og Figur 25). Konsentrasjonen av kvikksølv i torsk fra Sør fjorden er høyere enn hva som vanlig observeres langs kysten, med unntak av urbane områder, som Oslofjorden [15].

#### *Dypvannsfisk*

Gjennomsnittskonsentrasjoner av kvikksølv i filet av dypvannsfisk (brosme) fra Sør fjorden er vist i Figur 26. Innholdet av kvikksølv i dypvannsfisk var høyt og ligger tilsynelatende på et nokså stabilt nivå over tid (Tabell 10). Bekymringene knyttet til dette kommer også til syne i gjeldende kostholdsråd (sist vurdert i 2013; se Kap. 3.2). Det ble ikke observert statistisk signifikante forskjeller i konsentrasjoner mellom brosme fra indre og ytre fjord (Figur 26). Det kommer også frem at konsentrasjonene av kvikksølv i muskel øker med lengde på fisken, men en signifikant sammenheng ble i 2012 kun observert i indre fjord (Figur 27). Det ble også analysert stabile isotoper av nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ) og karbon ( $\delta^{13}\text{C}$ ) i muskel av brosme i 2012.

Det var ingen store forskjeller i  $\delta^{13}\text{C}$  mellom de individuelle fisk fra Sør fjorden (spenn fra -17,73 til -16,35, hvilket gir en indikasjon på at karbonet som danner basis i næringskjeden er av lik opprinnelse. Det var heller ingen veldig store forskjeller i  $\delta^{15}\text{N}$  (spenn fra 13,84 til



15,64), som indikerer at fisken befinner seg på nokså likt trofisk nivå (trinn i næringskjeden). Man forventer en økning i  $\delta^{15}\text{N}$  på 3-5 ‰ mellom to trofiske nivåer [16]. Et spenn på ca. 2 ‰ kan indikere at fisk beiter stadig litt høyere i næringskjeden, etter hvert som den blir større. Det var sågar også en signifikant sammenheng mellom lengde og  $\delta^{15}\text{N}$  (Figur 28). Det var for øvrig også en signifikant sammenheng mellom lengde og  $\delta^{13}\text{C}$ , men kun i indre fjord (ikke vist;  $R^2 = 0,40$ ;  $P = 0,01$ ). Derfor var det heller ikke uventet en signifikant sammenheng mellom  $\delta^{15}\text{N}$  og kvikksølv (i indre fjord; Figur 29), samt mellom  $\delta^{13}\text{C}$  og kvikksølv (i indre fjord; ikke vist;  $R^2 = 0,65$ ;  $P = 0,0003$ ).

Dersom man skulle sammenligne gjennomsnittskonsentrasjonene av kvikksølv i dypvannsfisk med Klifs tilstandsklasser for kvikksølv i filet av torsk, ville disse tilsvare meget sterkt forurenset (Klasse V; Figur 26). Det bør bemerkes at tilstandsklassene er spesifikke for torsk og at konsentrasjoner i dypvannsfisk som brosme normalt overstiger konsentrasjoner i torsk. Dette er sannsynligvis knyttet til at brosmen lever på dypet i fjorder, som fungerer som ”sink”/sluk for ulike forurensninger. Her livnærer den seg av bunnassosierte organismer som reker, krabber, børstemark, muslinger og mindre bunnfisker [17]. Konsentrasjonene av kvikksølv i brosme fanget i 2012 er sammenstilt med tidligere analyser av brosme samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking, i Tabell 10.

For ytterligere sammenligning vises det til en rapport som omhandler miljøgifter i dypvannsfisk [18]. Det ble fanget brosme fra Åkrafjorden, Høyangsfjorden, Lofoten, Storfjorden og Sunndalsfjorden. Denne rapporten konkluderer blant annet med at:

- Innholdet av kvikksølv i dypvannsfisk er generelt høyt og generelt høyere enn i torsk fra samme område.
- Akkumuleringen av kvikksølv i dypvannsfisk øker med størrelsen på fisken.
- Kvikksølv-konsentrasjonene man observerer i brosme fra Sørfjorden er noe høyere enn i områdene som ble undersøkt.

Kadmium, kobber, bly og sink ble analysert i individuelle brosme fra Sørfjorden i 2012 (Tabell 11). De fleste metallene viste ikke konsentrasjoner som skiller seg fra de man kan finne i lever av brosme fra andre fjorder [18]. Bly viste imidlertid konsentrasjoner som er vesentlig høyere enn i brosme fra andre fjordområder [18].

Tabell 8. Gjennomsnitt/standardavvik for kvikksølv i filet av torsk (*Gadus morhua*) fra indre Sør fjorden (CEMP stasjon 53B/F) i 2012, mg/kg våtvekt.

Stasjoner/Arter	Filet Hg
<b>Indre Sør fj.</b> Torsk <sup>1)</sup>	0,26/0,25

<sup>1)</sup> Individuelle analyser av 15 eks.: 299-6608 g (gjennomsnitt 1424 g).

Tabell 9. Gjennomsnitt av kvikksølv i filet av torsk, skrubbe og glassvar fra indre Sør fjorden (CEMP-stasjon 53B/F) og Strande barm (CEMP-stasjon 67B/F) 1987-2012, mg/kg våtvekt. Det er kun kvikksølv i filet av torsk fra indre Sør fjorden som er analysert i 2012.

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

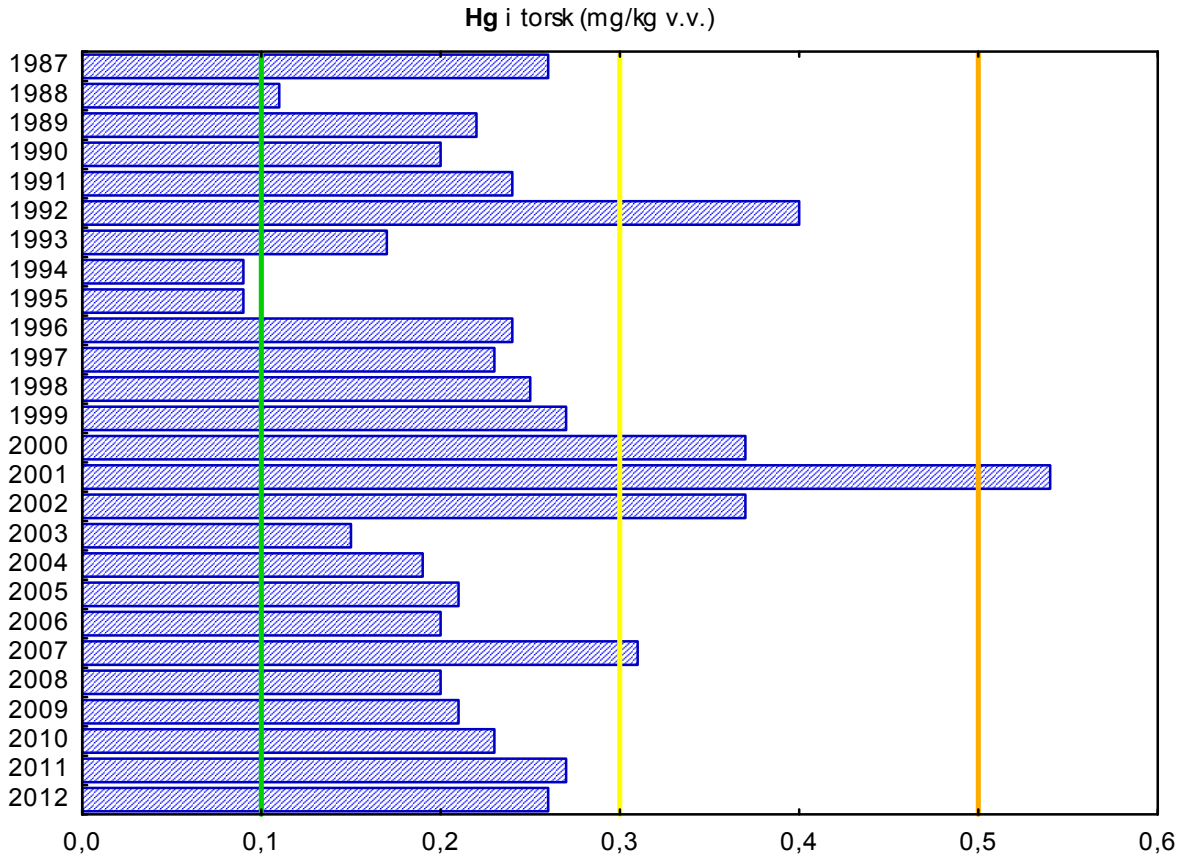
<sup>1)</sup> Middell av verdiene fra Tyssedal og Edna

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

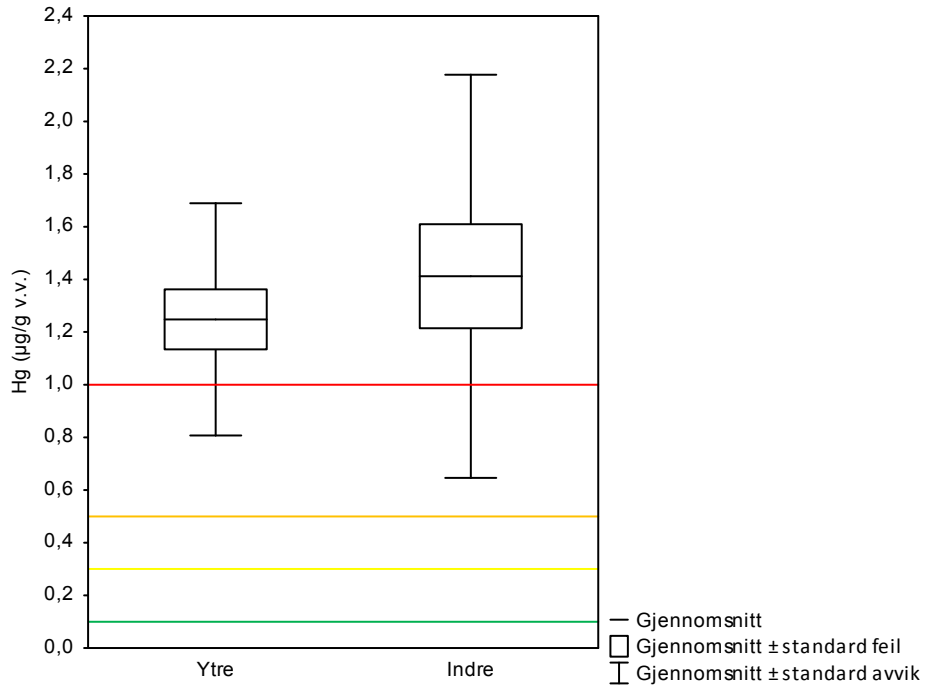
Stasjoner/ arter	-99	-00	-01	-02	-03	-04	-05	-06	-07	-08	-09	-10
<b>Indre Sør fj.</b>												
Torsk	0,27	0,37	0,54	0,37	0,15	0,19	0,21	0,20	0,31	0,20	0,21	0,23
Skrubbe	0,19	0,26	0,37	0,57	0,53	0,32	0,83	-	0,23	0,22	0,08	0,31
<b>Strande- barm</b>												
Torsk	0,07	0,11	0,08	0,08	0,05	0,04	0,06	0,06	0,07	0,06	0,09	0,11
Glassvar	0,24	0,19	0,16	0,16	0,14	0,23	0,17	0,14	0,17	0,14	0,07	0,13
Skrubbe	0,04	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,11	

Stasjoner/ arter	-11	-12
<b>Indre Sør fj.</b>		
Torsk	0,27	0,26
Skrubbe	0,38	-
<b>Strande- barm</b>		
Torsk	0,08	-
Glassvar	0,13	-
Skrubbe	0,03	-

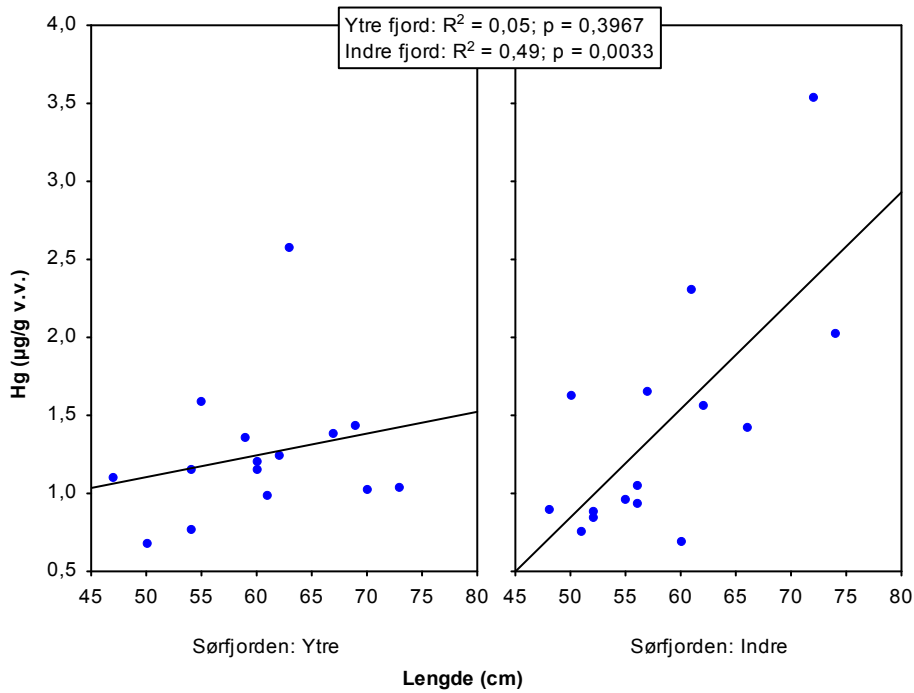
Figur 25. Gjennomsnittsverdier av kvikksølv i filet av torsk fra indre Sør fjorden (1987-2012), mg/kg våtvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 9. Nedre grenser for Klifs tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Klasse II (moderat forurenset); gul: Klasse III (markert forurenset); oransje: Klasse IV (sterkt forurenset); rød: Klasse V (meget sterkt forurenset).



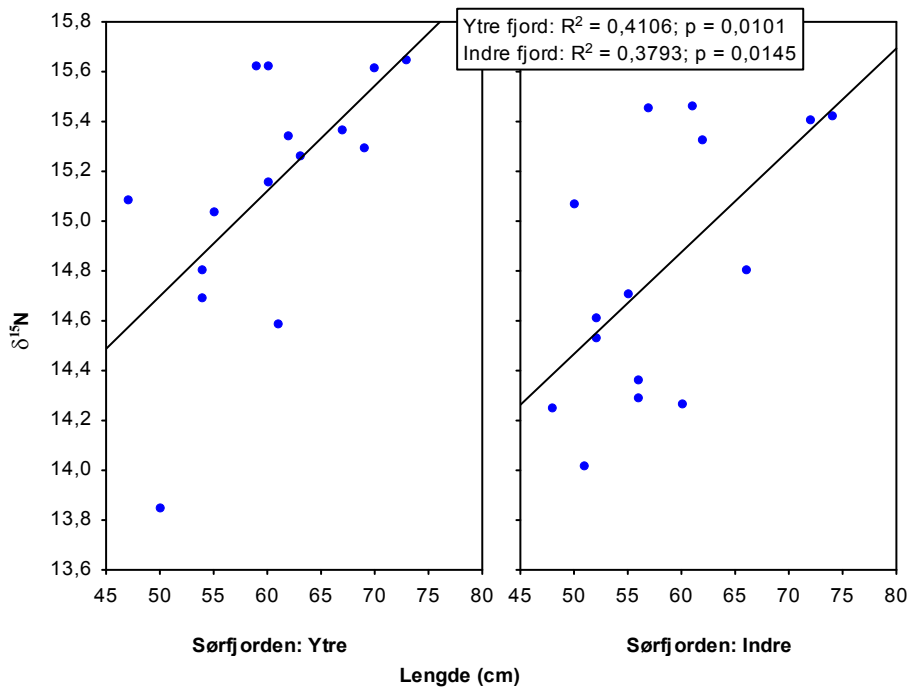
Figur 26. Konsentrasjoner av kvikksølv ( $\text{mg/kg}$  våtvekt) i dypvannsfisk (brosme, *Brosme brosme*) fra Sør fjorden (indre og ytre fjord;  $n=15$  fisk på hver stasjon) i 2012. Til sammenligning er nedre grenser for Klifs tilstandsklasser for kvikksølv i filet av torsk også angitt (grønn: Klasse II; gul: Klasse III; oransje: Klasse IV; rød: Klasse V).



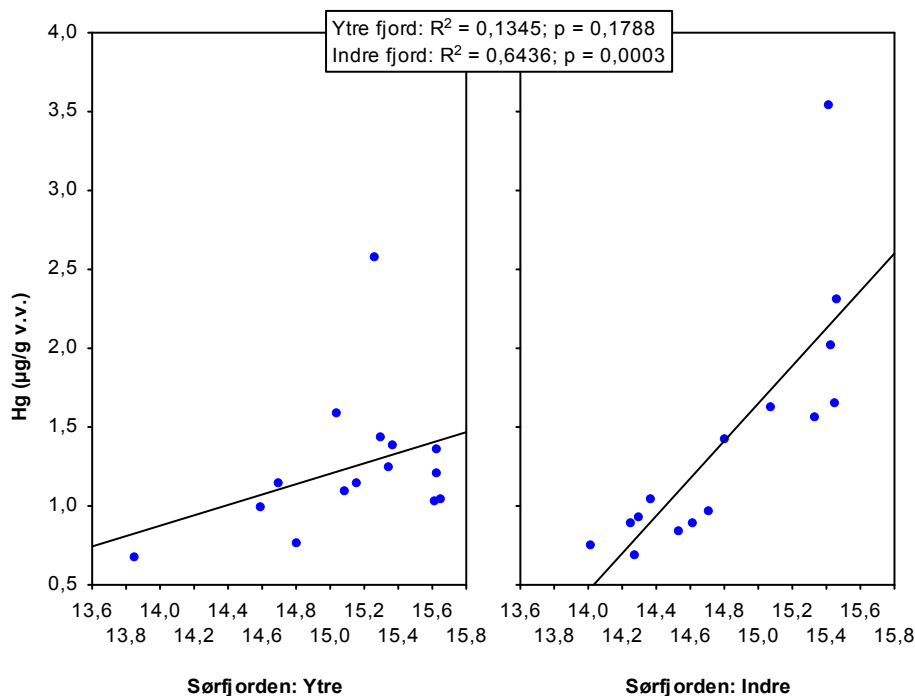
Figur 27. Lengde (cm) versus konsentrasjon (mg/kg våtvekt) av kvikksølv i brosme fra Sør fjorden (indre og ytre fjord), 2012.



Figur 28. Lengde (cm) versus  $\delta^{15}\text{N}$  (‰) i brosme fra Sør fjorden (indre og ytre fjord), 2012.



Figur 29.  $\delta^{15}N$  (‰) versus konsentrasjon (mg/kg våtvekt) av kvikksølv i brosme fra Sørffjorden (indre og ytre fjord), 2012.



Tabell 10. Gjennomsnittskonsentrasjoner (mg/kg våtvekt) av kvikksølv i brosme (*Brosme brosme*) samlet og analysert innenfor Statlig program for forurensningsovervåking (alle år). I årene 2003-2006 er verdiene basert på et ulikt antall blandprøver (av 5 individer, så langt mulig; se [8, 19-22] for detaljer). Individuelle fisk er analysert i 2009 og 2011-2012.

	2003	2004	2005	2006	2009	2011	2012
<b>Indre</b>	1,40	1,81	1,56	-	1,44	1,17	1,41
<b>Ytre</b>	1,58	1,24	1,66	1,20	2,53	0,96	1,25

Tabell 11. Gjennomsnittskonsentrasjoner (mg/kg våtvekt;  $n=15$ ) av metaller i lever av brosme (*Brosme brosme*) fra Sørffjorden (indre og ytre fjord), 2012.

	Cd	Cu	Pb	Zn
<b>Indre fjord</b>	0,13 (0,11)	3,33 (2,13)	0,33 (0,19)	15,47 (2,43)
<b>Ytre fjord</b>	0,26 (0,20)	3,33 (1,65)	0,58 (0,67)	16,65 (3,74)

## 5.5.2 Metaller i blåskjell

### Oppsummering av de viktigste observasjonene i 2012:

- Metallanalysene av blåskjell viste ingen overskridelser av Kl. I (lite/ubetydelig forurenset) for kobber og sink.
- Kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell viste opp til grensen mellom moderat (Kl. II) og markert forurensning (Kl. III).
- Analysene av kadmium i blåskjell viste ubetydelig/lite (Kl. I) til moderat (Kl. II) grad av forurensning (moderat forurensning, Kl. II, på stasjon Måge).
- Analysene av bly i blåskjell viste ubetydelig/lite (Kl. I) til moderat (Kl. II) grad av forurensning.

Resultatene fra metallanalysene av blåskjell er presentert i Tabell 12. Den tidsmessige utviklingen er fremstilt i Figur 30-Figur 34 (i rekkefølgen kvikksølv, kadmium, bly, sink og kobber).

Metallkonsentrasjonene i blåskjell i 2012 viste generelt ingen påfallende endringer i forhold til de siste årene med overvåking (Tabell 12, Figur 30-Figur 34). Det bør imidlertid bemerkes at konsentrasjonene av kvikksølv er de laveste som hittil er observert på de 4 stasjonene innenfor Statlig program for forurensningsovervåking i Sørfjorden. Overvåkingsprogrammet er noe redusert (både *CEMP* og statlig program for forurensningsovervåking) i forhold til tidligere år. Innsamlingen av skjell i de to programmene ble for øvrig gjort innenfor samme tidsrom. Dette kommer også til uttrykk i at konsentrasjonene i skjell ved Utne (den eneste stasjonen hvor skjell samles i begge programmer) var nokså like mellom de to programmene. Unntaket var kvikksølv, som viste noe høyere konsentrasjon i skjell samlet innenfor *CEMP* (Tabell 12).

**Kvikksølv** viste opp til grensen mellom **moderat (Klasse II)** og **markert (Klasse III)** forurensning (skjell samlet på stasjon Utne/64A, innenfor *CEMP*). Ellers var blåskjellene **ubetydelig/lite (Klasse I)** (stasjon B3, B4, Måge, Utne (skjell samlet innenfor Statlig program) og B15/65A) til **moderat (Klasse II)** forurenset (stasjon B1/51A og B6/56A) med kvikksølv.

**Kadmium** viste **ubetydelig/lite (Klasse I)** til **moderat (Klasse II)** forurensning i blåskjellene (moderat forurensning, Klasse II, i skjell samlet på stasjon Måge).

**Bly** viste **ubetydelig/lite (Klasse I)** til **moderat (Klasse II)** (stasjon B3, B4 og Måge) forurensning i blåskjellene.

Alle observasjonene av **sink** og kobber tilsvarte **liten/ubetydelig (Klasse I)** forurensning. Dette igjen på tross av at vannprøver gjennom året viste relativt høye vannkonsentrasjoner av sink innerst i Sørfjorden (Figur 9). Det må imidlertid igjen påpekes at blåskjell har en evne til å regulere opptak/utskillelse av dette metallet ([23] med ref.).

Som nevnt tidligere år, 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 30-Figur 34). Statistiske trendanalyser som gjennomføres innenfor CEMP på de årlige medianene (1987-2012; Green et al. under utarbeidelse) viser statistisk signifikante reduksjoner i de fleste metaller, på de fleste stasjoner.

I dataene samlet innenfor Statlig program for forurensnings-overvåking viser også særlig kadmium signifikante lineære konsentrasjonsreduksjoner i blåskjell (Figur 31). Blant stasjonene hvor de lengste tidsseriene foreligger hadde modellen (den rette linjen) den beste forklaringsprosenten på stasjonen B4 (Digranes;  $R^2=0,74$ ), hvor man av Figur 31 også kan observere den jevneste nedgangen. Dataene kan imidlertid tilpasses enda bedre en eksponentiell reduksjon, hvor nedgangen er 15% per år, slik det er vist i Figur 31b.

Tabell 12. Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Sørfjorden og Hardangerfjorden 2012 (15. – 16. oktober [CEMP] og 10. – 19. oktober, 2012 [Statlig program; S. P.], mg/kg tørrvekt). (Fra CEMP gjennomsnitt av 3 størrelseskategorier). Jfr. Figur 4 vedrørende stasjons-plassering (i tabellen oppført med økende avstand fra Odda). Stasjon 64A (Utne) er ny av 2012, innenfor CEMP.

Stasjon	Hg		Cd		Pb		Zn		Cu	
	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.
B1/51A	0,24 <sup>1)</sup>				)					
B2/52A										
B3		<0,05		1,3		9,1		89		1,3
B4		<0,05		1,5		6,8		85		1,5
Måge		0,06		3,6		12,5		103		3,6
B6/56A	0,47									
B7/57A										
Utne/64A	0,50	<0,05	1,0	1,2	1,6	1,3	81	83	6,0	1,2
B13/63A										
B15/65A	0,12		1,1		1,7		109		6,0	

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

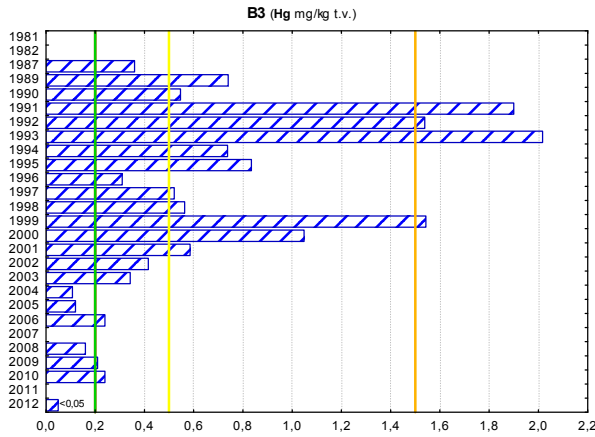
En sammenligning av metallkonsentrasjonene i blåskjell fra Sørfjorden og utenfor med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder de senere årene viser følgende:

- Nivåene av kvikksølv, kadmium og bly er høyere i blåskjell fra Sørfjorden, enn andre kystområder [15].
- Dette kommer også til uttrykk i blåskjell fra stasjoner i fjordsystemet utenfor Sørfjorden, ved at disse ofte også har noe forhøyet metallnivå [15].

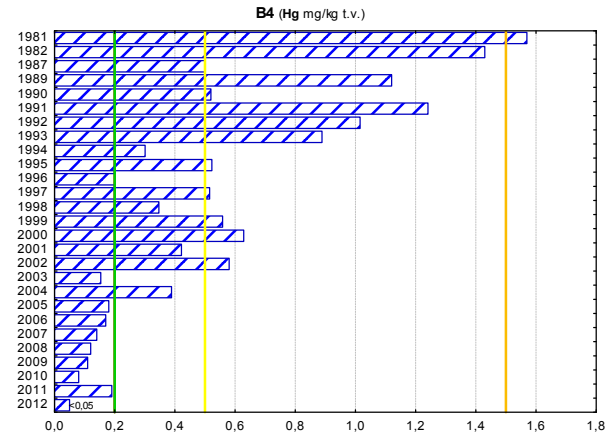


Figur 30. Kvikksølv i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981-2012, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. Nedre grenser for Klif's tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Klasse II (moderat forurenset); gul: Klasse III (markert forurenset); oransje: Klasse IV (sterkt forurenset); rød: Klasse V (meget sterkt forurenset).

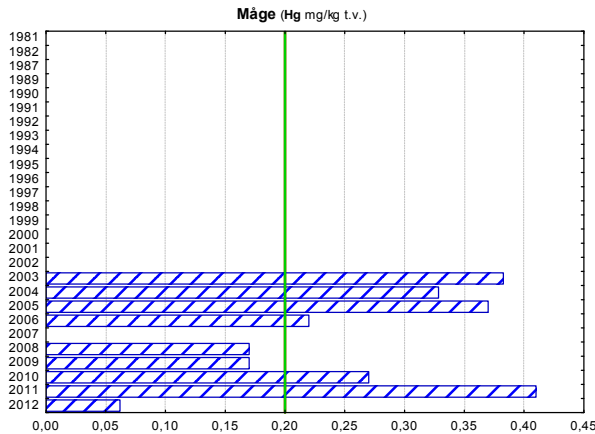
**B3 (6).**



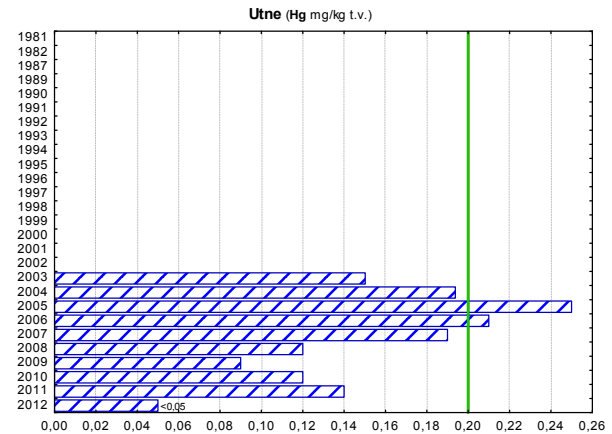
**B4 (10).**



**Måge (15).**



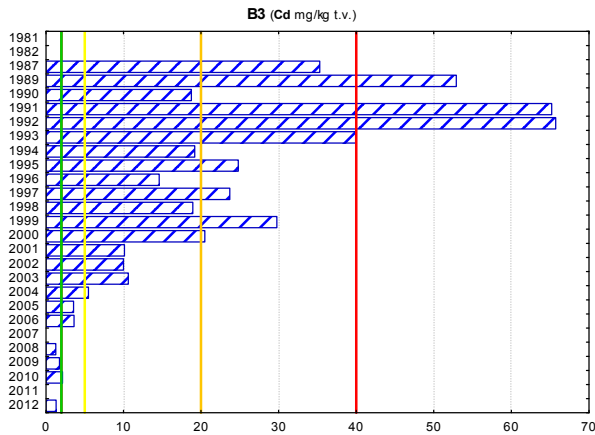
**Utne (40).**



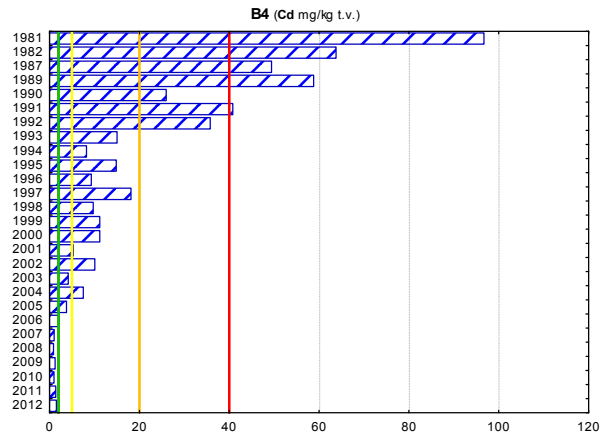
Figur 31. Kadmium i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981-2012, mg/kg tørrvekt (a.; I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand [km] fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. Nedre grenser for Klif's tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Klasse II [moderat forurenset]; gul: Klasse III [markert forurenset]; oransje: Klasse IV [sterkt forurenset]; rød: Klasse V [meget sterkt forurenset]) og visualisering av eksponentiell reduksjon i kadmiumkonsentrasjoner i blåskjell på stasjonen B4 (Digranes) (b.)

a.

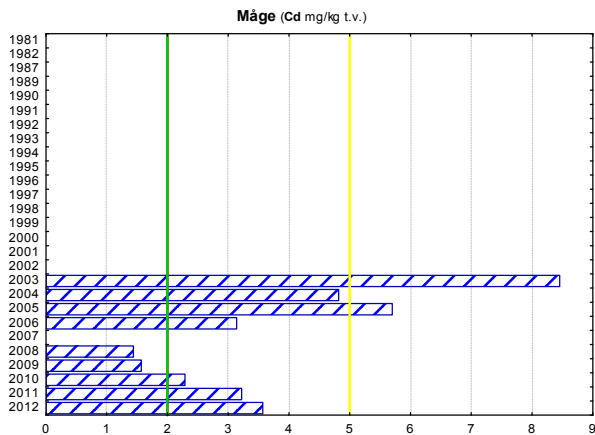
**B3 (6).**



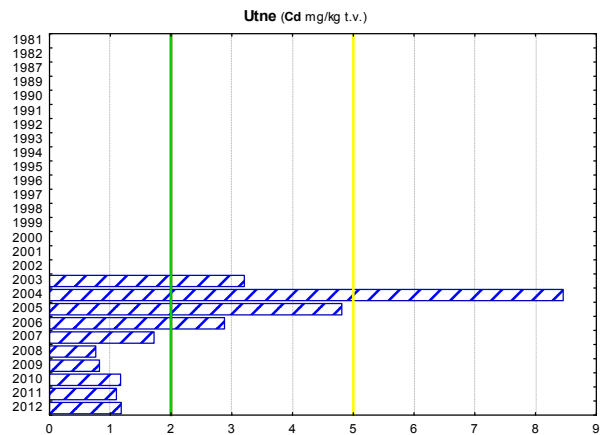
**B4 (10).**



**Måge (15).**

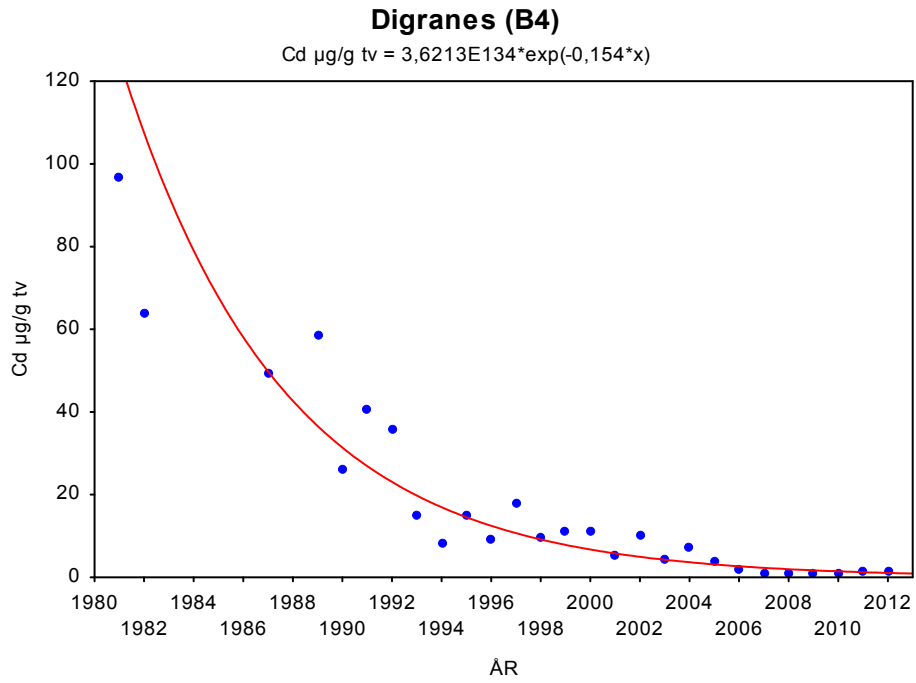


**Utne (40).**



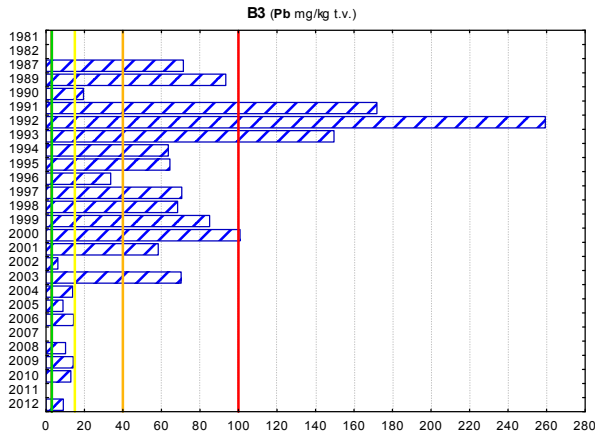
Forts. Figur 31.

**b.**

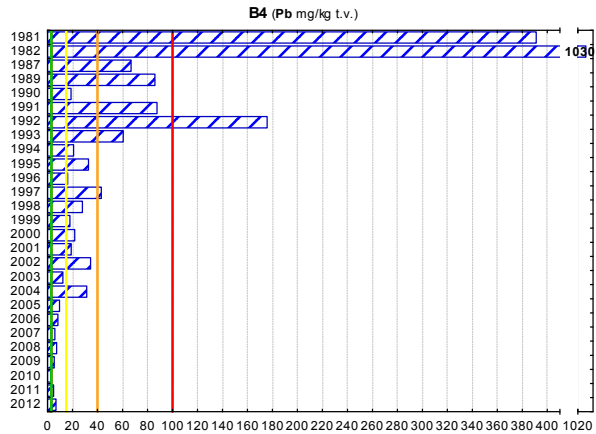


Figur 32. Bly i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørfjorden 1981-2012, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. Nedre grenser for Klifs tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Klasse II (moderat forurenset); gul: Klasse III (markert forurenset); oransje: Klasse IV (sterkt forurenset); rød: Klasse V (meget sterkt forurenset). Merk: Den høye verdien registrert på stasjonen B4 (1030 mg/kg) i 1982 (relativt til de andre årene) er vist med søyle på brutt skala, samt angitt med tall.

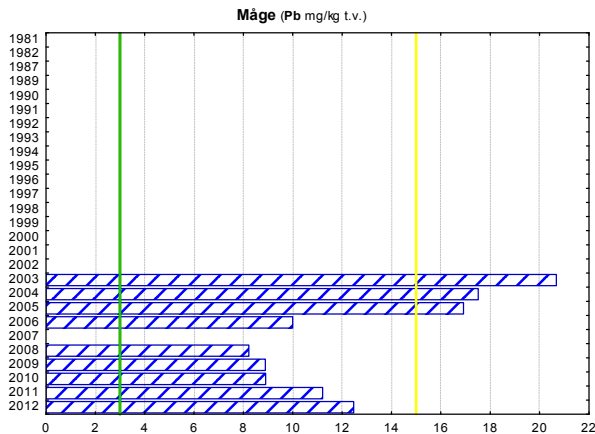
**B3 (6).**



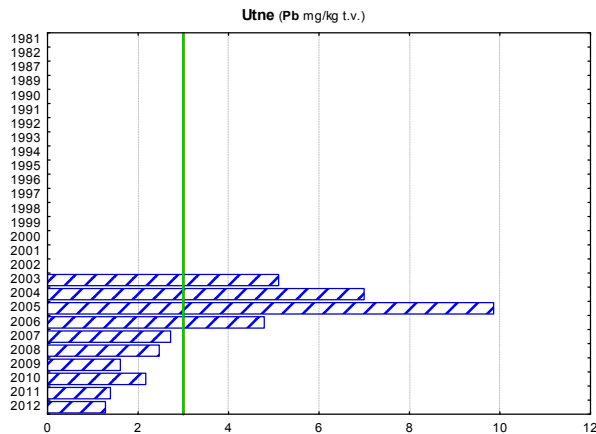
**B4 (10).**



**Måge (15).**

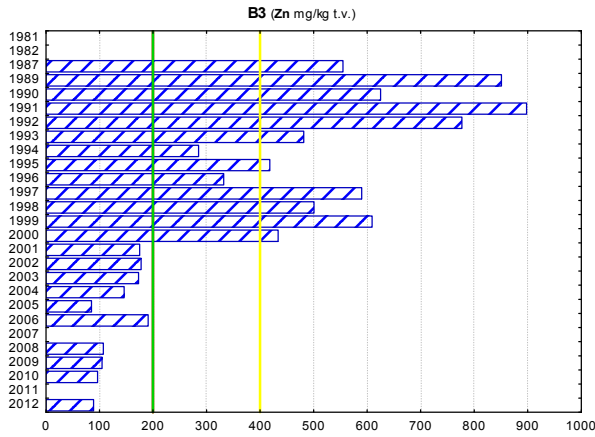


**Utne (40).**

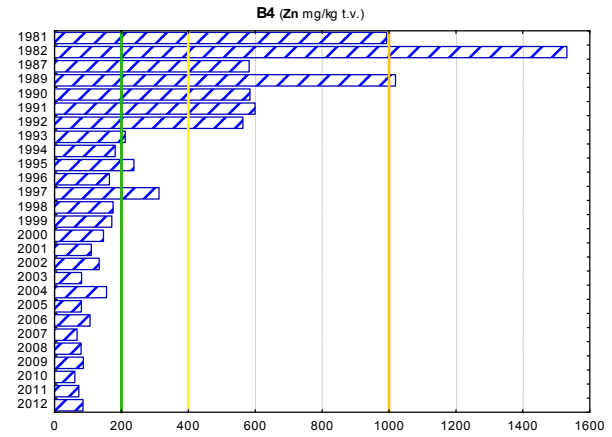


Figur 33. Sink i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørffjorden 1981-2012, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. Nedre grenser for Klifis tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Klasse II (moderat forurenset); gul: Klasse III (markert forurenset); oransje: Klasse IV (sterkt forurenset); rød: Klasse V (meget sterkt forurenset).

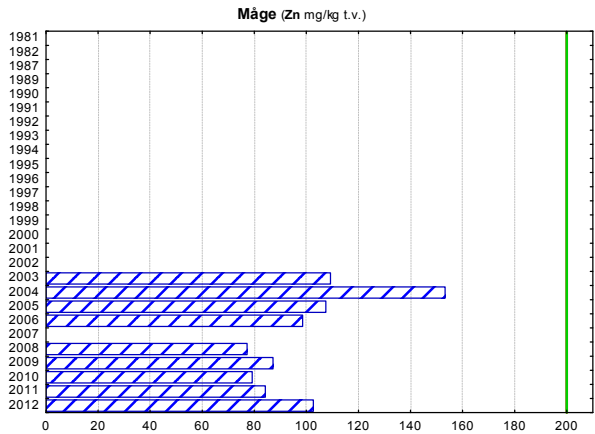
**B3 (6).**



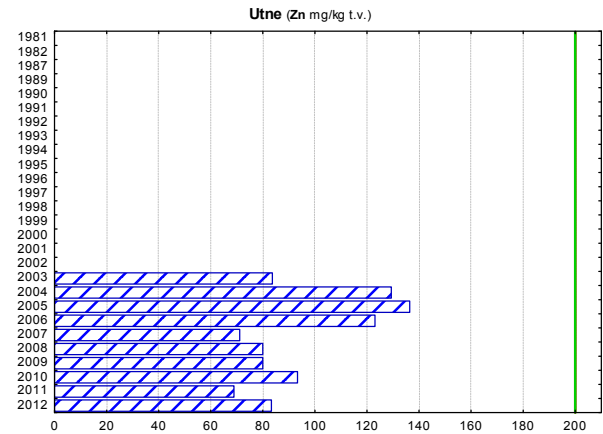
**B4 (10).**



**Måge (15).**

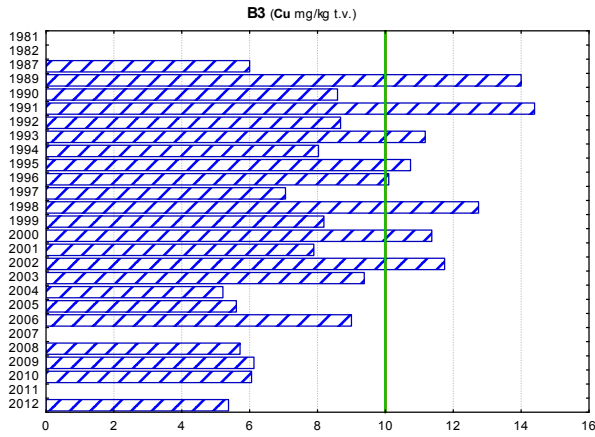


**Utne (40).**

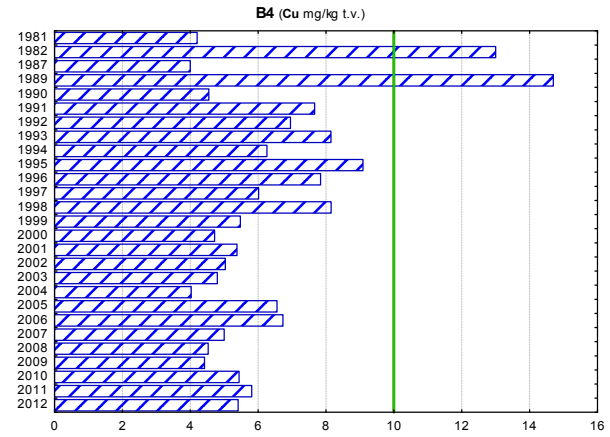


Figur 34. Kobber i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981-2012, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. Nedre grenser for Klif's tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Klasse II (moderat forurenset); gul: Klasse III (markert forurenset); oransje: Klasse IV (sterkt forurenset); rød: Klasse V (meget sterkt forurenset).

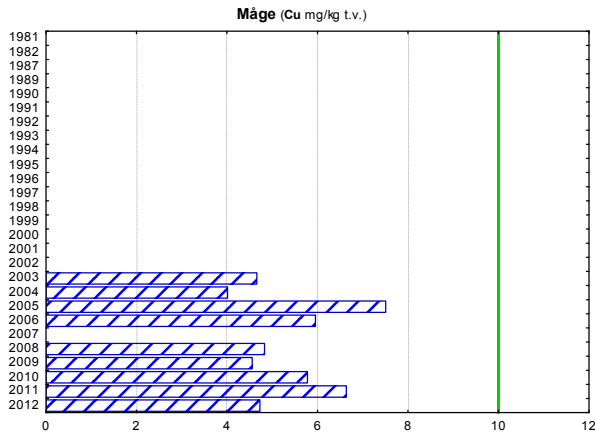
**B3 (6).**



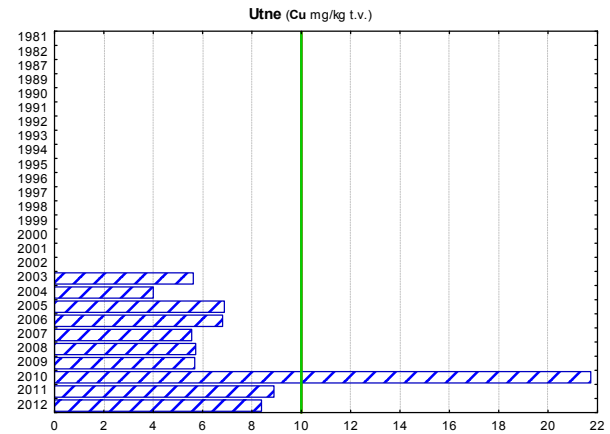
**B4 (10).**



**Måge (15).**



**Utne (40).**



### 5.5.3 Halogenerte stoffer i fisk

#### Oppsummering av de viktigste observasjonene i 2012:

- Den gjennomsnittlige  $\Sigma\text{PCB}_7$ -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2012 Klasse II (moderat forurenset).
- Den gjennomsnittlige  $\Sigma\text{DDT}$ -konsentrasjonen i torskelever fra Sørfjorden representerte i 2012 også Klasse II (moderat forurenset).
- Brosme (lever) viste moderate til høye konsentrasjoner av klororganiske forbindelser.

Utdrag av resultatene av fisk (samlet innenfor CEMP) analysert for klorerte organiske miljøgifter er presentert i Tabell 13.

Tabell 13.  $\Sigma\text{PCB}_7$  (sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) og DDT med nedbrytningsprodukter (gjennomsnitt/standardavvik) i torsk fra indre Sørfjorden (CEMP-stasjon 53), 2012,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt og  $\mu\text{g}/\text{kg}$  fett. Kun lever av torsk fra Sørfjorden ble analysert i 2012.

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	31/46	330/225	50/34	400/290	334/220	1036	865

\* Basert på gjennomsnittskonsentrasjoner og gjennomsnittlig fettinnhold.

#### PCB

Den gjennomsnittlige  $\Sigma\text{PCB}_7$ -konsentrasjonen i **torskelever** fra Sørfjorden representerte i 2012 **Klasse II (moderat forurenset)** i Klifs klassifiseringssystem for miljøkvalitet. Det bemerkes også at den individuelle variasjonen var stor, som gjenspeiles av det høye standard avviket.

Fettnormaliserte PCB-konsentrasjoner i torsk er presentert i Tabell 14 og Figur 35, hvor de kan sammenlignes med tidligere år. Gjennomsnittskonsentrasjonen for 2012 er den laveste siden 2002, som var et år da veldig høye konsentrasjoner av PCB ble observert i torsk fra Sørfjorden.

Tabell 14. Gjennomsnitt av  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub> i fisk (lever (l.) og filet (f.)) fra indre Sørffjorden og Hardangerfjorden ved Strandebarv 1991-2012 (kun lever av torsk fra Sørffjorden i 2012), mg/kg fett. Individuelle analyser eller blandprøver av størrelseskategorier.

Stasj./arter	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>I. Sørffj.</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
<b>I. Sørffj.</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>
Torsk f.	<0,25	234,7 <sup>6)</sup>	2,5	1,0	0,95	<0,33	2,0
Skrubbe l.	0,62	0,81	1,60	0,90	2,06		0,58
Skrubbe f.	<0,6	0,40	<0,2	0,75	1,60		<0,4
<b>Strandeb.</b>							
Torsk l.	0,75	0,35	0,20	0,33	0,51	0,14	0,27
Torsk f.	<3,3	0,25	-	<0,5	0,22	-	-
Glassvar l.	0,32	0,40	0,30	0,20	0,33	0,25	0,17
Glassvar f.	<0,25	0,00	-	-	0,29	<0,17	-
Skrubbe l.	0,12	0,12	0,13	0,14	0,13	0,16	0,20
Skrubbe f.	<0,08	0,18	0,08	-	0,14	<0,50	<0,14

<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 Sørffjorden 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).



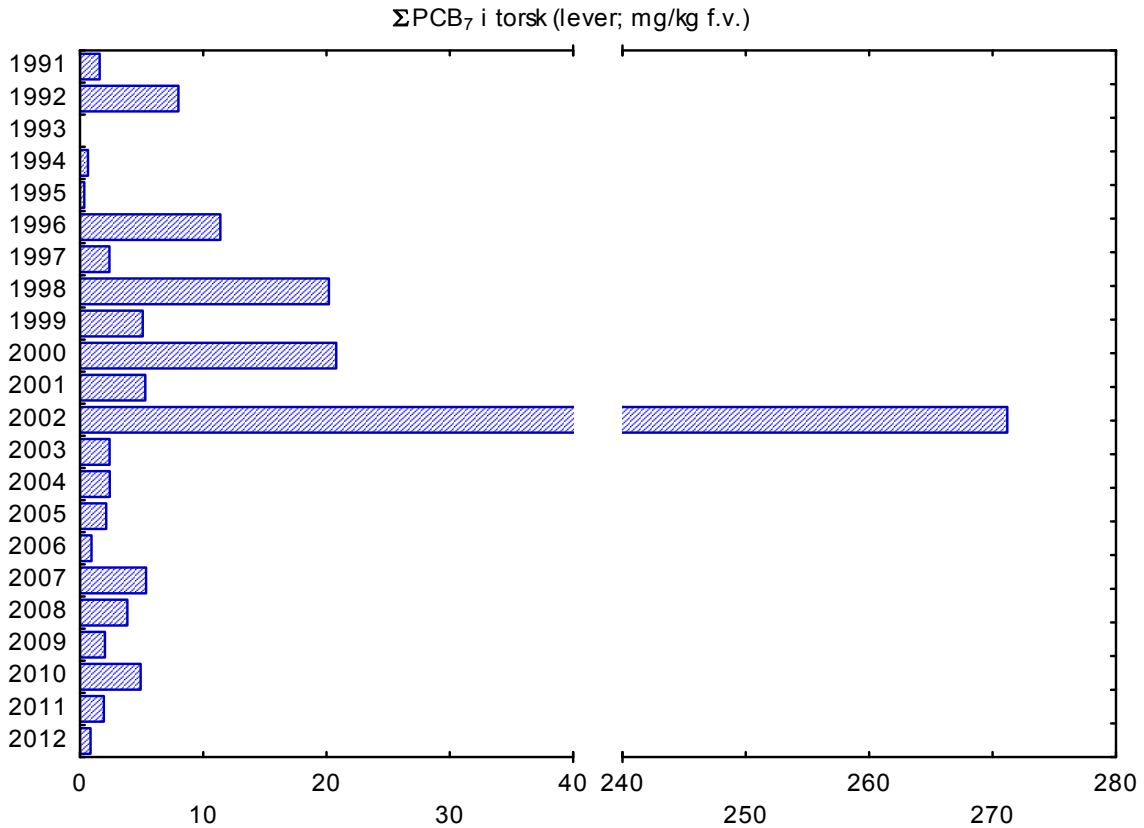
Forts. Tabell 14

Stasj./arter	2008	2009	2010	2011	2012
<b>I. Sørfj.</b>					
Torsk l.	3,86	2,04	4,94	1,95	0,87
Torsk f.	4,0	2,0	3,0	0,75	
Skrubbe l.	0,69	0,23	1,34	0,72	
Skrubbe f.	<0,4	<0,17	0,86	<0,4	
<b>Strandeb.</b>					
Torsk l.	0,30	0,28	0,61	0,43	
Torsk f.	<0,33	<0,25	≤0,13	<0,33	
Glassvar l.	0,28	0,20	0,30	0,12	
Glassvar f.	<0,33	<0,33	≤0,10	<0,20	
Skrubbe l.	0,17	0,11		<0,12	
Skrubbe f.	<0,15	<0,09		<0,08	

En sammenligning av konsentrasjonene av PCB i fisk fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder viser følgende:

Nivåene av PCB i fisk fra Sørfjorden er (når en ser bort fra ekstremkonsentrasjonene funnet i 2002) lavere enn i fisk fra indre Oslofjord [15].

Figur 35. Gjennomsnitt av  $\Sigma\text{PCB}_7$  i lever av torsk fra indre Sør fjorden (1991-2012), mg/kg fettvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 14. Mrk. brudd på akse mellom 40 og 240.



### DDT

Den gjennomsnittlige  $\Sigma\text{DDT}$ -konsentrasjonen i torskelever fra Sør fjorden representerte i 2012 **Klasse II (moderat forurenset)** i Klifs klassifiseringssystem (Tabell 13, Figur 36).

For sammenligning av konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sør fjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, vises det igjen til en rapport [4] som går i dybden på emnet. Følgende kan konkluderes:

- Konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sør fjorden 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 Sør fjorden.
- 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 Sør fjorden.

Tabell 15. Gjennomsnitt av  $\Sigma$ DDT i fisk (lever (l.) og filet (f.)) fra indre Sør fjorden og Hardangerfjorden ved Strande barm 1991-2012, mg/kg fett (kun lever av torsk fra Sør fjorden i 2012). 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

Stasj./arter	2009	2010	2011	2012
<b>I. Sør fj.</b>				
Torsk l.	1,19	1,70	1,60	1,04
Torsk f.	0,53	0,93	≤0,73	
Skrubbe l.	0,19	<0,19	0,13	
Skrubbe f.	<0,17	<0,13	<0,08	
<b>Strandeb.</b>				
Torsk l.	0,43	0,95	0,46	
Torsk f.	<0,20	<0,37	≤0,20	
Glassvar l.	0,36	0,37	0,27	
Glassvar f.	<0,33	<0,15	<0,30	
Skrubbe l.	<0,13		0,19	
Skrubbe f.	<0,11		0,16	

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

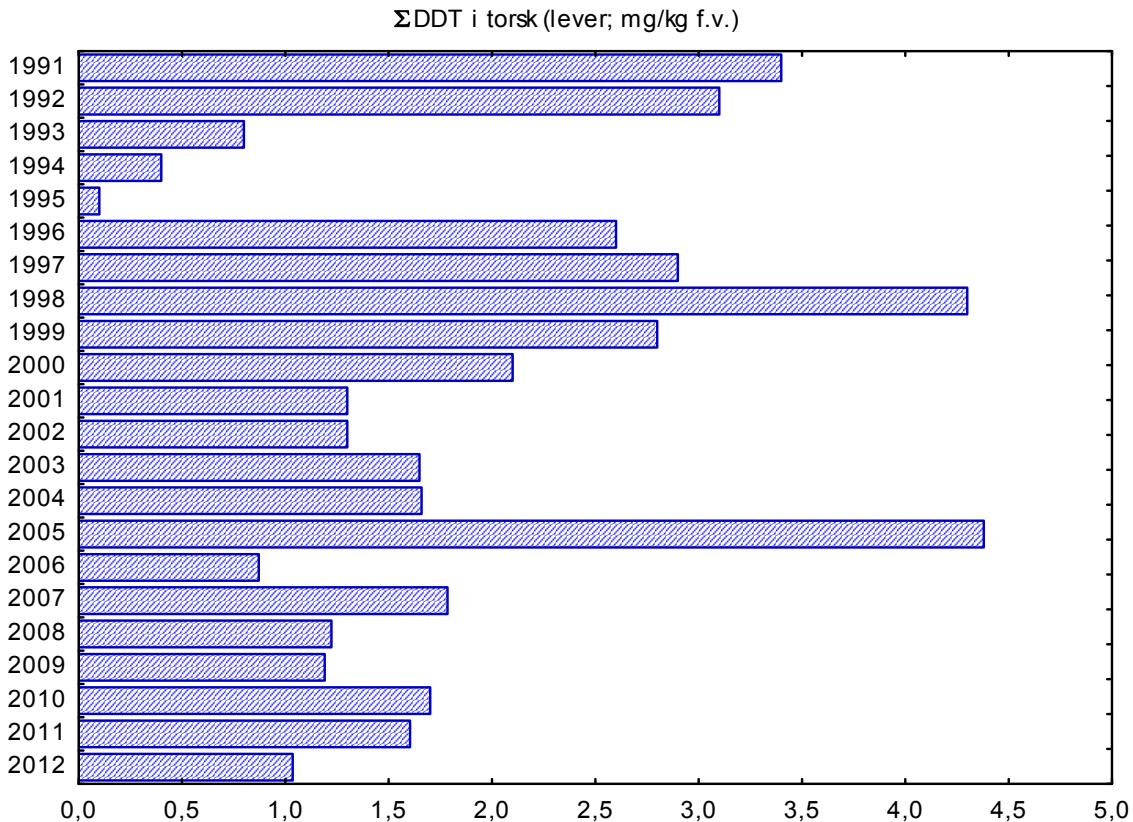
<sup>2)</sup> Bare analysert i materialet fra Odda.

<sup>3)</sup> Sum av bare DDE + DDD, avrundede verdier.

<sup>4)</sup> Middell av de tre understasjonene Odda, Tyssedal og Edna.

<sup>5)</sup> Bare verdier fra Edna.

Figur 36. Gjennomsnitt av  $\Sigma$ DDT i lever av torsk fra indre Sørkjorden (1991-2012), mg/kg fettvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 15.



### Polybromerte difenyletere

Polybromerte difenyletere (bromerte flammehemmere) ble analysert i lever av torsk fra Sørkjorden i 2012. Følgende kongenere ble analysert: BDE-47, -99, -100, -153, -154, -183, -196 og -209. Den gjennomsnittlige konsentrasjonen av summen av polybromerte difenyletere ( $\Sigma$ PBDE) var 20,5  $\mu$ g/kg våtvekt. Det var BDE-47 (2,2',4,4'-tetrabromdifenyler), som utgjorde den desidert største andelen (gjennomsnittskonsentrasjon: 13,3  $\mu$ g/kg våtvekt).

Det var analysert færre PBDE-forbindelser i 2012, enn tidligere år (reduksjon i CEMP-programmet). Basert på forbindelsen som forekommer i høyest konsentrasjon (BDE-47), var gjennomsnittskonsentrasjonen lavere i 2012, enn i 2011 (13,3  $\mu$ g/kg, mot 84,7  $\mu$ g/kg våtvekt). Variasjonen var imidlertid forholdsvis stor (standard avvik: 8,1).

*Perfluorerte alkylforbindelser*

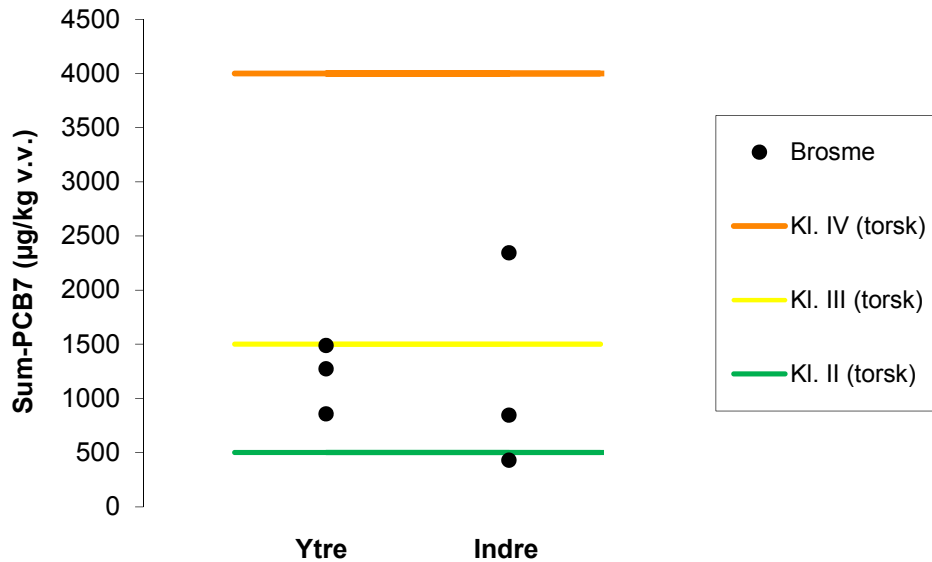
Det ble analysert for perfluorerte alkylforbindelser (PFAS) i lever av torsk fra Sørfjorden i 2012. PFAS er en gruppe forbindelser som inneholder en fullstendig fluoreert alkylkjede og en gruppe som gjør at forbindelsene har en viss vannløselighet. Forbindelsene er verken lipofile eller hydrofile, men binder seg gjerne til partikkeloverflater. Forbindelsene har vært brukt (f. eks. i gulvvoks, maling, rengjøringsmidler og brannslukkingsmidler) hovedsaklig på grunn av deres gode overflateegenskaper og deres vann- og fettavvisende egenskaper.

Forbindelsene som ble analysert var perfluorbutansulfonat (PFBS), perfluorheptansyre (PFHpA), perfluorheksansyre (PFHxA), perfluornonansyre (PFNA), perfluoroktansyre (PFOA), perfluoroktansulfonat (PFOS), perfluoroktansulfonamid (PFOSA), perfluorheksansulfonat (PFHxS), perfluordekansyre (PFDCa), perfluorundekansyre (PFUDA) og perfluordekansulfonat (PFDCS). Mange forbindelser kunne ikke detekteres i noen av prøvene (deteksjonsgrenser spenner fra <0,2 til <1 µg/kg). PFOS kunne detekteres i flertallet av prøvene prøver (gjennomsnittlig konsentrasjon: 1,3 µg/kg våtvekt). PFOSA kunne også detekteres i flertallet av prøvene (gjennomsnittlig konsentrasjon: 1,3 µg/kg våtvekt)

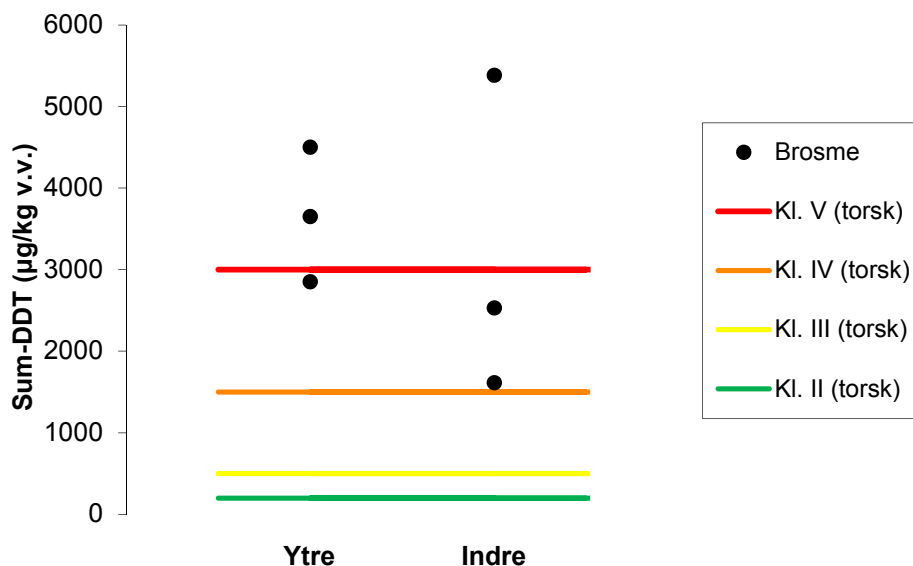
*Klororganiske stoffer i dypvannsfisk*

Klororganiske stoffer er tidligere analysert i dypvannsfisk innenfor Statlig program for forurensningsovervåking i 2009 [22], samt i 2011 [24], og konsentrasjonene som er observert i 2012 er sammenlignbare med konsentrasjonene i disse årene. Dersom en skulle sammenligne konsentrasjonene i brosme i 2012 med Klifs tilstandsklasser for ΣDDT i lever av torsk ville gjennomsnittskonsentrasjonen da tilsvare meget sterkt forurenset (Klasse V), mens gjennomsnittskonsentrasjonen av ΣPCB vil tilsvare moderat forurenset (Klasse II; gjelder både indre og ytre fjord; Figur 37 og Figur 38). Det bemerkes igjen at tilstandsklassene er spesifikke for torsk og at disse nevnes kun som et referansegrunnlag. Det vises for øvrig igjen til en rapport som omhandler miljøgifter i dypvannsfisk [18]. Denne rapporten konkluderer blant annet med at i de områder hvor det har vært mulig å sammenligne konsentrasjonene i dypvannsfisk med konsentrasjoner i torsk fra samme område, er det generelt ikke funnet høyere verdier i dypvannsfisk. For kvikksølv gjelder imidlertid ikke dette.

Figur 37. Konsentrasjoner av  $\Sigma\text{PCB}_7$  ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt) i lever av dypvannsfisk (brosme, *Brosme brosme*) fra Sør fjorden (indre og ytre fjord) i 2012. Til sammenligning er nedre grenser for Klifs tilstandsklasser for  $\Sigma\text{PCB}_7$  i lever av torsk angitt. For blandprøvenes sammensetning se Vedlegg.



Figur 38. Konsentrasjoner av  $\Sigma\text{DDT}$  ( $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt) i lever av dypvannsfisk (brosme, *Brosme brosme*) fra Sør fjorden (indre og ytre fjord) i 2012. Til sammenligning er nedre grenser for Klifs tilstandsklasser for  $\Sigma\text{DDT}$  i lever av torsk angitt. For blandprøvenes sammensetning se Vedlegg.



#### 5.5.4 Klororganiske stoffer i blåskjell

##### Oppsummering av de viktigste observasjonene i 2012:

- Konsentrasjoner av  $\Sigma$ DDT i blåskjell viste opp til meget sterkt forurensning (Kl. V; st. B6/56A; skjell samlet innenfor *CEMP*, og st. ”Utne”; kun skjell samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking). På de øvrige stasjoner ble konsentrasjoner tilsvarende klasse II (moderat forurenset) til klasse III (markert forurenset) observert.
- Blåskjellene fra alle stasjoner i Sørfjorden var lite/ubetydelig forurenset (Kl. I) med  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub> i 2012.

Resultatene fra analysene av klorerte organiske miljøgifter i blåskjell er presentert i Tabell 16.

Skjell ble samlet innenfor begge overvåkingsprogrammer (Statlig program for forurensningsovervåking i Sørfjorden og *CEMP*) på stasjon Utne/64A i 2012. Innsamlingen foregikk dessuten innenfor samme tidsrom. Det var ikke forskjell i konsentrasjonen av  $\Sigma$ PCB<sub>7</sub> mellom skjell samlet innenfor de to programmene. Konsentrasjonen av DDT-forbindelser var imidlertid omtrent en størrelsesorden høyere i skjellene samlet innenfor Statlig program, sammenlignet med skjellene samlet innenfor *CEMP*. Dette kan indikere sterke svingninger i DDT-konsentrasjoner (i tid og rom) ved stasjon Utne. De senere årene har de høyeste konsentrasjonene av DDT-forbindelser vært å finne på denne stasjonen (Tabell 16, Tabell 17, Figur 39, [21, 22, 24, 25]). Konsentrasjonen observert på denne stasjonen i 2012 føyer seg inn blant disse høye verdiene (Tabell 16, Figur 39). Det er tidligere bemerket at det er tydelig at blåskjellene på stasjonen blir påvirket av DDT-forbindelser, og det i er varierende grad avhengig av lokale forhold [26]. 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 [3, 4, 20, 21].

#### DDT

$\Sigma$ DDT viste i 2012 opp til **meget sterk (Klasse V) forurensning** (stasjon B6/56A; skjell samlet innenfor *CEMP*, og stasjon ”Utne”; kun skjell samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking). 2012-resultatene viser altså vedvarende høy konsentrasjon på stasjon Utne (Tabell 16, Tabell 17, Figur 39, [21, 22, 24, 25]). På de øvrige stasjonene tilsvarte konsentrasjonene **moderat (Klasse II) til markert (Klasse III) forurenset**.

Det er tidligere vist at tidspunkt med høye blåskjellkonsentrasjoner av  $\Sigma$ DDT har sammenfalt med høye andeler av det insekticide virkestoffet p,p'-DDT, relativt til nedbrytningsproduktet p,p'-DDE [3, 4]. Andelen p,p'-DDT var imidlertid ikke påfallende høy (ikke høyere enn tidligere observert) på noen stasjoner i 2012 (Tabell 17).

For sammenligning av konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, vises det igjen til rapporten [4] som går i dybden på emnet. Det kan konkluderes 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 16. DDT med nedbrytningsprodukter og  $\Sigma\text{PCB}_7$ <sup>1)</sup> i blåskjell fra Sørfjorden og Hardangerfjorden 2012 (10. – 19. oktober [S. P.] og 15. – 16. oktober [CEMP],  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt) ( $\Sigma\text{DDT}$  også i  $\mu\text{g}/\text{kg}$  fett). (Fra CEMP gjennomsnitt av 3 størrelseskategorier). Data fra det opprinnelige stasjonsnettet (stasjon B1 osv.) i kolonner merket "S. P."; fra CEMP (stasjon 51A osv.) i kolonner merket "CEMP". Jfr. Figur 4 vedrørende stasjonsplassering (i tabellen oppført med økende avstand fra Odda). Stasjon 64A (Utne) er ny av 2012, innenfor CEMP.

Stasjon nr.	DDT		DDE		DDD		$\Sigma\text{DDT}$		$\Sigma\text{PCB}_7$		$\Sigma\text{DDT}$ ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ fett)	
	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP	S. P.	CEMP
B1/51A		1,5		2,7		0,4		4,5		1,2		252
B2/52A												
B3	1,2		2,4		0,3		3,9		2,62		163	
B4	2,0		3,5		0,4		5,9		0,61		279	
Måge	2,3		3,5		0,4		6,2		0,49		441	
B6/56A		14,7		40,7		3,7		59,1		0,8		4711
B7/57A												
Utne/64A	29,0	1,4	60,0	8,1	4,6	1,1	93,6	10,6	0,67	0,6	5200	513
63A												
B15/65A		0,4		2,0		0,4		2,7		0,4		127

<sup>1)</sup> Sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180; "n.d." betyr at ingen av disse kongenerene ble detektert i prøven.



Tabell 17. DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell 1991-2000 (a) og 2001-2012 (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, B1 i 2005, B3/B6 i 2007, samt B1 og B3 i 2011. "Måge" og "Utne" er stasjoner som kom til i 2003. Ikke registrert: Måge i 2007.

<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 CEMP/INDEKS.

## Forts. Tabell 17.

(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
	2009	0,8 (33)	1,4 (56)	0,3 (11)	2,5
	2010	1,7 (43)	1,9 (48)	0,4 (9)	4,0
	2011	1,7 (43)	1,9 (48)	0,4 (9)	4,0
St. B2 Eitrheim	2001	- <sup>4)</sup>	3,9 (<86)	0,6 (<14)	4,5
	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
	2009	1,4 (32)	2,4 (55)	0,6 (14)	4,4
	2010	1,3 (33)	2,1 (53)	0,6 (14)	4,0
	2011	2,8 (37)	3,9 (53)	0,7 (10)	7,4
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
	2009	1,0 (35)	1,5 (54)	0,4 (11)	2,8
	2010	1,4 (45)	1,5 (45)	0,4 (11)	3,2
	2012	1,2 (31)	2,4 (61)	0,3 (8)	3,9
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
	2009	2,5 (35)	3,9 (54)	0,8 (11)	7,2
	2010	<0,2 (-)	3,2 (84)	0,6 (16)	3,8
	2011	3,7 (37)	5,4 (53)	1,0 (10)	10,1
	2012	2,0 (34)	3,5 (60)	0,4 (6)	5,9

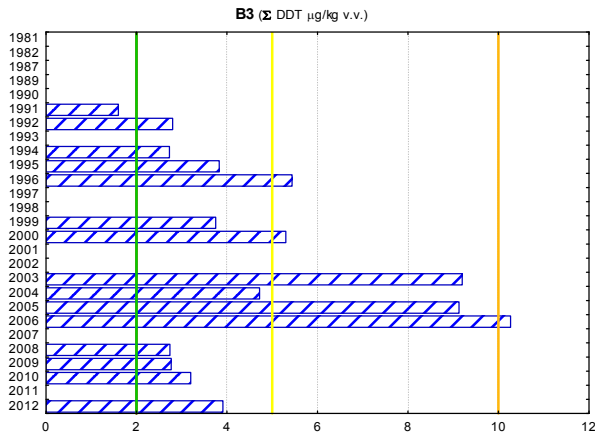
<sup>4)</sup> Interferens i kromatogram.

Forts. Tabell 17. (b.)

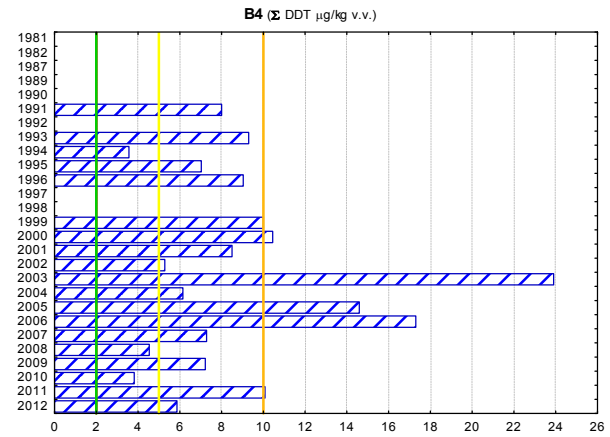
Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	□ DDT	
St. B6 Kvalnes	2001	15,0 (37)	21,0 (51)	4,8 (12)	40,8	
	2002	5,2 (20)	15,0 (56)	6,5 (24)	26,7	
	2004	17,0 (51)	13,0 (39)	3,4 (10)	33,4	
	2005	26,0 (44)	29,0 (49)	4,5 (8)	59,5	
	2006	27,0 (42)	30,0 (47)	6,7 (11)	63,7	
	2008	6,4 (30)	13,0 (62)	1,7 (8)	21,1	
	2009	3,0 (28)	6,5 (61)	1,1 (10)	10,6	
	2010	5,8 (36)	8,9 (55)	1,5 (9)	16,2	
	2011	20,0 (39)	23,0 (44)	9,0 (17)	52,0	
	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	
2009		3,3 (32)	5,6 (55)	1,3 (13)	10,2	
2010		4,3 (29)	8,9 (59)	1,8 (12)	15,0	
2011		2,9 (36)	8,8 (55)	1,4 (9)	16,1	
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	
	2009	8,8 (32)	16,0 (55)	5,9 (13)	30,7	
	2010	3,2 (40)	4,1 (51)	0,8 (10)	8,1	
	2011	5,2 (36)	8,2 (56)	1,2 (8)	14,6	
	2012	2,3 (37)	3,5 (57)	0,4 (6)	6,2	
	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	
2009		22,0 (18,3)	87,0 (72,5)	11,0 (9,2)	120,0	
2010		23,0 (32)	44,0 (61)	4,8 (7)	71,8	
2011		37,0 (29)	86,0 (66)	6,3 (5)	129,3	
2012		29,0 (31)	60,0 (64)	4,6 (5)	93,6	

Figur 39.  $\Sigma$ DDT i blåskjell fra Sør fjorden 1981-2012,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt (før 2003: søyler er kun vist for de år/stasjoner hvor alle tre komponenter [DDT, DDE og DDD] er detektert i prøven. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand fra Odda [km]. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. Nedre grenser for Klif's tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Klasse II [moderat forurenset]; gul: Klasse III [markert forurenset]; oransje: Klasse IV [sterkt forurenset]; rød: Klasse V [meget sterkt forurenset]).

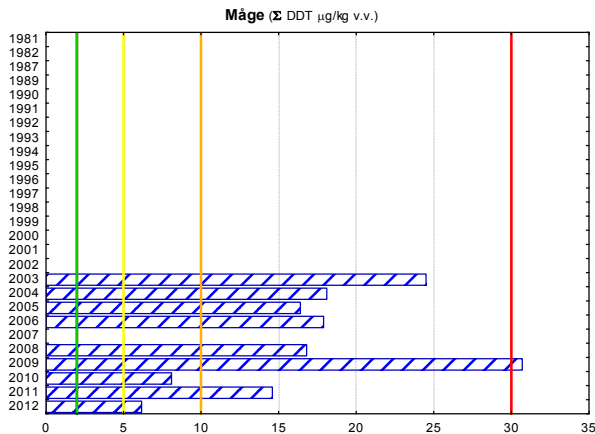
**B3 (6).**



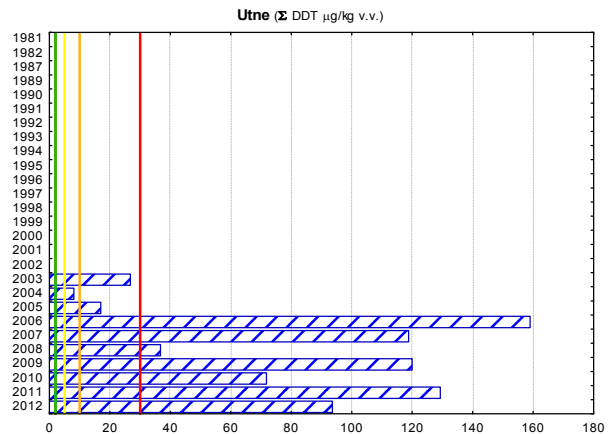
**B4 (10).**



**Måge (15).**



**Utne (40).**



## PCB

**Blåskjellene** fra alle stasjoner i Sørfjorden var **lite/ubetydelig forurenset (Klasse I)** med  $\Sigma\text{PCB}_7$  i 2012. Dette gjelder også blåskjell fra stasjon B3 (Tyssedal), som er den stasjonen hvor det ofte har vært forhøyede konsentrasjoner (Tabell 16, Tabell 18, Figur 40). Konsentrasjonen ved denne stasjonen i 2012 er for øvrig den laveste som er registrert siden 1991.

Tabell 18.  $\Sigma\text{PCB}_7$  i blåskjell fra stasjon B3, Tyssedal 1991-2012 (1997-materialet pga. en feil ikke analysert. Det ble ikke funnet skjell på stasjon B3, Tyssedal i 2007 og 2011),  $\mu\text{g}/\text{kg}$  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

	2009 <sup>2)</sup>	2010 <sup>3)</sup>	2011	2012
Våtv.basis	3,6	4,6	-	2,6
Fettbasis	211	231	-	109

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

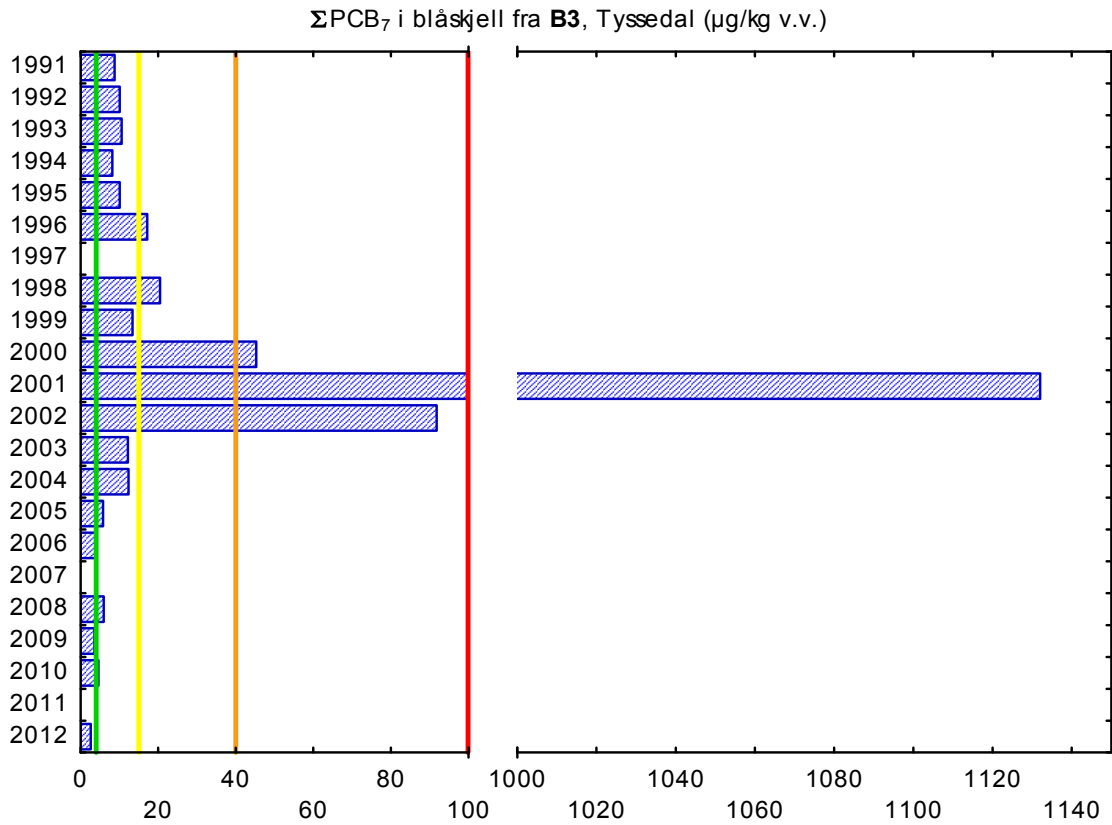
<sup>2)</sup> Median av 3 replikater (alle skjell samlet 21.10.09).

<sup>3)</sup> Median av 3 replikater (alle skjell samlet november 2010).

Ut fra en sammenligning av 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, eller omtrent på samme nivå som enkelte steder langs kysten [15].
- PCB-nivåene har imidlertid vært lavere enn i blåskjell i nærheten av havneområder og urbane strøk (eksempelvis indre Oslofjord og Kristiansand havn [15]).

Figur 40.  $\Sigma\text{PCB}_7$  i blåskjell fra Tyssedal (stasjon B3; 1991-2012),  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 18. Nedre grenser for Klifs tilstandsklasser for miljøkvalitet er angitt; grønn: Klasse II (moderat forurenset); gul: Klasse III (markert forurenset); oransje: Klasse IV (sterkt forurenset); rød: Klasse V (meget sterkt forurenset). Mrk. brudd på akse mellom 100 og 1000.



## 6. Referanser

- [1] Skei J, Rygg B, Moy F, Molvær J, Knutzen J, Hylland K, Næs K, Green N, Johnsen T. 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] Amundsen CE. 2009. Kartlegging av DDT i jord ved Kvalneset, Ullensvang herad. Bioforsk-rapport Vol. 4 Nr. 123.
- [3] Ruus A, Green NW, Maage A, Amundsen CE, Schøyen M, Skei J. 2010. Post World War II orcharding creates present day DDT-problems in the Sørfjord (Western Norway) - A case study. *Marine Pollution Bulletin* 60:1856-1861.
- [4] Skei J, Ruus A, Måge A. 2005. Kildekartlegging av DDT i Sørfjorden, Hordaland. Forprosjekt. NIVA-rapport 5038-2005, 44 s.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] National Research Council, Environmental Protection Agency. 1980. The International MUSSEL WATCH. Report of a Workshop Sponsored by the Environmental Studies board, Commission on Natural Resources and the National Research Council. National Academy of Sciences, Washington D.C. Library of Congress Catalog Card Number 80-80896. International Standard Book Number 0-309-03040-4.
- [8] Ruus A, Green N. 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.
- [9] Bakke T, Breedveld G, Källqvist T, Oen A, Eek E, Ruus A, Kibsgaard A, Helland A, Hylland K. 2007. Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann - Revisjon av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT-rapport TA-2229/2007. 12 s.
- [10] Ruus A, Skei J, Daae KL, Green NW, Schøyen M. 2011. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2010. Metaller i vannmassene, Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene, Miljøgifter i organismer. Rapport 1103/2011 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 6199-2011, 100 s.
- [11] Ruus A, Schaanning MT, Iversen ER, Øxnevad S, Røyset OK. 2013. Kvantifisering av tungmetalltilførsler i indre del av Sørfjorden, Hardanger. NIVA-rapport 6453-2013. 79 pp.
- [12] Molvær J, Helland A, Schøyen M. 2002. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden. Metaller, oksygen, nitrogen og vannutskiftning i 2001. Rapport 853/2002 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4562-2002, 51 s.
- [13] Molvær J, Knutzen J, Magnusson J, Rygg B, Skei J, Sørensen J. 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-rapport TA-1467/1997, 36 s.
- [14] Moy F, Christie H, Tveiten L. 2007. Undersøkelser av sukkertare i Hardangerfjorden. Tilstandsrapport fra befaring 2-3 juli 2007. SFT-rapport TA-2344/2007. NIVA-rapport nr. 5509/2007. 10 s.
- [15] Green NW, Schøyen M, Øxnevad S, Ruus A, Høgåsen T, Beylich B, Håvardstun J, Rogne ÅG, Tveiten L. 2012. Hazardous substances in fjords and coastal waters - 2011.

Levels, trends and effects. Long-term monitoring of environmental quality in Norwegian coastal waters. Norwegian State Pollution Monitoring Programme Report no. 1132/2012. TA-no. 2974/2012. 264 s.

- [16] Minagawa M, Wada E. 1984. STEPWISE ENRICHMENT OF N-15 ALONG FOOD-CHAINS - FURTHER EVIDENCE AND THE RELATION BETWEEN DELTA-N-15 AND ANIMAL AGE. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 48:1135-1140.
- [17] Pethon P. 1989. Aschehougs store fiskebok. 2. utgave. H. Aschehoug & Co. A/S.
- [18] Beylich B, Ruus A. 2011. Overvåking av miljøgifter i dypvannsfisk. Rapport fra Klima- og forurensningsdirektoratet, TA-no. 2872-2011. 67 s.
- [19] Ruus A, Green NW. 2004. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden. Miljøgifter i organismer i 2003. Rapport 908/2004 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4880-2004, 54 s.
- [20] Ruus A, Green NW. 2006. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2005. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 959/2006 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5268-2006, 58 s.
- [21] Ruus A, Green NW. 2007. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2006. Delrapport 3. Miljøgifter i organismer. Rapport 995/2006 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5495-2007, 65 s.
- [22] Ruus A, Skei J, Green NW, Schøyen M. 2010. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2009. Metaller i vannmassene, Miljøgifter i organismer. Rapport 1076/2010 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 6018-2010, 92 s.
- [23] Lobel PB, Marshall HD. 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* 99:101-105.
- [24] Ruus A, Kvassnes AJS, Green NW, Schøyen M. 2012. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2011. Metaller i vannmassene, Miljøgifter i organismer. Rapport 1127/2012 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 6399-2012, 95 s.
- [25] Ruus A, Skei J, Green NW, Schøyen M. 2008. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2007. Metaller i vannmassene, sedimentundersøkelse, miljøgifter i organismer. Rapport 1034/2008 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5635-2008, 107 s.
- [26] Ruus A, Skei J, Molvær J, Green NW, Schøyen M. 2009. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2008. Metaller i vannmassene, Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene, Miljøgifter i organismer. Rapport 1049/2009 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5808-2009, 91 s.



## **VEDLEGG (Rådata)**

**Metaller, saltholdighet, temperatur og siktedyp i overflatevann og dypvann i 2012.**

**Metaller, saltholdighet, temperatur og siktedyp i overflatevann og dypvann i 2012 ved ekstra overvåking utenfor Tyssedal.**

**Oksygen, nitrogen, fosfor, saltholdighet, temperatur og siktedyp ved ulike dyp i Havnebassenget og ved Lindenes i 2012.**

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

**Metaller og klororganiske forbindelser i blåskjell samlet på ulike stasjoner i Sørfjorden, oktober 2012 (våtvektsbasis).**

**Kvikksølv i dypvannsfisk (brosme, individuelle filet) samlet i indre Sørfjorden, november 2012 (våtvektsbasis).**

**Kvikksølv i dypvannsfisk (brosme, individuelle filet) samlet i ytre Sørfjorden, november 2012 (våtvektsbasis).**

**Kadmium, kobber, bly, sink og fett i dypvannsfisk (brosme, individuelle lever) samlet i indre Sørfjorden, november 2012 (våtvektsbasis).**

**Kadmium, kobber, bly, sink og fett i dypvannsfisk (brosme, individuelle lever) samlet i ytre Sørfjorden, november 2012 (våtvektsbasis).**

**Klororganiske forbindelser i dypvannsfisk (brosme, lever, blandprøver) samlet i indre Sørfjorden, november 2012 (våtvektsbasis).**

**Klororganiske forbindelser i dypvannsfisk (brosme, lever, blandprøver) samlet i ytre Sørfjorden, november 2012 (våtvektsbasis).**

**Datarapport (IFE): Stabile isotoper ( $\delta^{15}\text{N}$  og  $\delta^{13}\text{C}$ ) i dypvannsfisk (brosme, individuelle filet) samlet i Sørfjorden (indre og ytre), november 2012.**

**Informasjon om individuelle dypvannsfisk samlet i Sørfjorden november 2012, samt sammensetning av blandprøver**

**Rådata: Metaller, saltholdighet, temperatur og siktedyp i overflatevann og dypvann i 2012 ved Urdheim, Børve, Digranes, Tyssedal, Lindenes, Havnebassenget og Eitrheimsvågen.**

**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
15.02.2012	0	<1,0	0,05	2,61	0,026	0,43	26,5	3,0	9,5
20.03.2012	0	2,0	0,20	3,91	0,03	0,54	21,2	4,9	5,5
20.03.2012	20	3,0	0,04	1,28	0,02	0,24	30,4	7,8	
20.03.2012	40	2,0	0,04	1,38	0,02	0,23	30,4	8,4	
20.03.2012	100	<1,0	0,04	1,48	0,02	0,16	31,6	8,2	
20.03.2012	250	1,0	0,07	2,18	0,02	0,17	31,7	8,1	
15.05.2012	0	<1,0	0,08	2,02	0,02	0,36	25,4	8,4	7,5
20.06.2012	0	0,5	0,07	2,49	0,02	0,30	9,0	12,7	4,0
14.08.2012	0	0,6	0,25	6,58	0,03	1,21	6,3	17,6	5,5
28.09.2012	0	0,5	0,12	3,50	0,05	0,73	6,5*	10,7	6,5
28.09.2012	20	<0,1	0,04	1,05	0,02	0,43	29,6*	12,4	
28.09.2012	40	<0,1	0,02	0,99	0,02	0,35	29,9*	10,8	
28.09.2012	100	0,5	0,04	1,87	0,03	0,24	30,9*	8,2	
28.09.2012	250	0,4	0,08	1,85	0,02	0,22	31,3*	7,6	
31.10.2012	0	1,8	0,08	6,26	0,05	1,30	26,5	9,7	7,0
23.11.2012	0	0,6	0,09	4,92	0,04	0,63	20,9	7,2	7,5

**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
15.02.2012	0	<1,0	0,15	5,63	0,053	0,37	27,0	3,2	8,0
20.03.2012	0	92,5	0,21	3,77	0,04	0,52	19,3	4,6	5,0
20.03.2012	20	2,5	0,08	3,19	0,04	0,35	27,8	7,0	
20.03.2012	40	2,0	0,06	1,86	0,03	0,25	30,7	8,2	
20.03.2012	100	5,0	0,08	2,18	0,03	0,22	31,5	8,3	
20.03.2012	250	4,0	0,11	2,81	0,03	0,20	32,0	7,8	
20.03.2012	330	2,5	0,15	3,37	0,03	0,23	33,2	7,8	
15.05.2012	0	<1,0	0,04	1,39	0,02	0,32	26,1	8,8	7,5
20.06.2012	0	1,13	0,08	3,01	0,02	0,35	8,9	13,1	4,5
14.08.2012	0	0,5	0,09	2,64	0,02	0,39	4,3	17,3	5,0
28.09.2012	0	1,0	0,20	4,76	0,07	0,71	6,4*	10,4	6,0
28.09.2012	20	0,1	0,04	0,91	0,02	0,41	29,2*	12,3	
28.09.2012	40	0,2	0,04	0,92	0,02	0,40	29,8*	10,7	
28.09.2012	100	0,3	0,05	2,33	0,04	0,31	30,8*	8,1	
28.09.2012	250	0,5	0,09	1,93	0,03	0,19	31,3*	7,6	
28.09.2012	330	0,8	0,13	3,73	0,03	0,23	31,5*	7,6	
31.10.2012	0	0,6	0,09	7,57	0,07	0,95	26,4	9,4	6,0
23.11.2012	0	0,7	0,13	8,13	0,04	0,62	20,8	7,2	8,0

**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
15.02.2012	0	<1,0	0,11	2,65	0,033	0,36	26,8	3,6	6,5
20.03.2012	0	1,0	0,24	4,30	0,04	0,50	16,2	4,0	4,0
20.03.2012	20	<1,0	0,26	6,85	0,06	1,30	29,6	7,3	
20.03.2012	40	<1,0	0,12	2,95	0,04	0,28	30,9	7,8	
20.03.2012	100	<1,0	0,12	3,03	0,05	0,24	31,3	8,1	
20.03.2012	250	<1,0	0,24	3,09	0,03	0,26	31,4	7,7	
15.05.2012	0	<1,0	0,06	2,19	0,03	0,46	26,6	8,8	6,0
20.06.2012	0	0,6	0,15	4,20	0,03	0,31	5,8	11,5	5,5
14.08.2012	0	0,5	0,20	3,61	0,02	0,48	2,4	15,3	5,0
28.09.2012	0	0,8	0,18	4,43	0,05	0,48	7,4*	11,3	5,5
28.09.2012	20	0,3	0,05	1,93	0,02	0,33	29,2*	12,1	
28.09.2012	40	0,5	0,09	4,74	0,03	0,34	29,9*	10,1	
28.09.2012	100	0,6	0,12	3,92	0,05	0,32	31,1*	8,2	
28.09.2012	250	0,6	0,13	3,01	0,03	0,23	31,2*	7,7	
31.10.2012	0	1,6	0,26	21,50	0,18	1,10	25,4	10,1	6,0
23.11.2012	0	0,6	0,12	4,71	0,04	0,59	22,0	7,5	8,0

**Tyssedal**

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
15.02.2012	0	<1,0	0,15	3,2	0,03	0,45	23,2	3,6	6,0
20.03.2012	0	<1,0	0,22	5,9	0,04	0,44	15,5	4,0	4,0
20.03.2012	20	2,5	0,42	10,4	0,07	0,35	29,6	7,4	
20.03.2012	40	3,0	0,39	5,9	0,07	0,39	30,6	7,6	
20.03.2012	100	2,5	0,19	4,5	0,05	0,27	30,9	7,9	
15.05.2012	0	1,0	0,19	4,2	0,03	0,50	23,5	7,3	7,5
20.06.2012	0	0,8	0,17	5,0	0,03	0,36	4,9	10,8	5,5
14.08.2012	0	0,7	0,25	4,4	0,02	0,50	1,6	14,3	5,0
28.09.2012	0	1,1	0,32	8,4	0,15	1,06	5*	10,2	4,5
28.09.2012	20	1,0	0,19	4,7	0,04	0,37	29,2*	11,9	
28.09.2012	40	0,6	0,18	4,5	0,03	0,37	30,0*	9,8	
28.09.2012	100	1,0	0,21	5,9	0,06	0,31	30,6*	8,0	
31.10.2012	0	2,4	0,40	36,6	0,30	1,06	21,1	9,3	5,5
23.11.2012	0	1,0	0,14	7,56	0,05	0,48	19,6	7,3	8,0

**Lindenes**

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
15.02.2012	0	<1,0	0,40	5,8	0,06	0,43	24,3	3,7	5,5
20.03.2012	0	<1,0	0,17	5,00	0,04	0,60	16,4	4,0	4,3
20.03.2012	20	2,0	0,41	9,41	0,08	0,42	28,5	6,7	
20.03.2012	40	4,5	0,46	6,21	0,08	0,41	30,2	7,6	
15.05.2012	0	<1,0	0,15	3,55	0,03	0,37	23,7	7,5	6,5
20.06.2012	0	0,7	0,17	4,21	0,03	0,31	4,4	10,8	5,0
14.08.2012	0	0,6	0,72	5,35	0,02	0,96	1,2	14,4	4,5
28.09.2012	0	1,7	0,51	9,59	0,11	1,64	12,7*	12,7	4,0
28.09.2012	20	1,1	0,15	6,61	0,04	0,41	28,6*	11,2	
28.09.2012	40	2,0	0,49	10,60	0,09	0,47	30,3*	9,1	
31.10.2012	0	1,9	0,50	40,00	0,35	1,04	25,1	10,4	5,0
23.11.2012	0	0,62	0,11	5,69	0,05	0,545	18,8	7,3	6,0

**Havnebassenget**

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
15.02.2012	0	<1,0	0,50	8,1	0,07	0,57	22,0	3,2	5,5
20.03.2012	0	<1,0	0,23	5,43	0,05	0,53	12,0	3,3	4,8
20.03.2012	20	2,5	0,38	10,50	0,09	0,40	28,4	6,7	
20.03.2012	40	3,5	0,67	9,65	0,10	0,50	29,3	7,4	
15.05.2012	0	1,0	0,23	5,73	0,04	0,42	20,2	6,9	9,0
20.06.2012	0	0,9	0,36	8,41	0,05	1,44	4,0	10,7	5,0
14.08.2012	0	0,4	0,31	2,76	0,02	0,28	1,2	14,7	4,0
28.09.2012	0	1,6	0,54	7,70	0,11	1,14	8,5*	11,1	4,0
28.09.2012	20	3,1	0,49	10,30	0,09	0,52	28,8*	11,6	
28.09.2012	40	3,6	0,70	19,60	0,13	0,56	30,8*	9,1	
31.10.2012	0	1,8	0,49	29,60	0,24	1,21	21,3	9,2	7,0
23.11.2012	0	0,62	0,12	4,57	0,03	0,511	18,8	7,2	6,0

**Eitrheimsvågen**

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
15.02.2012	0	<1,0	0,33	6,7	0,06	0,60	24,7	3,8	5,5
20.03.2012	0	<1,0	0,19	7,39	0,06	0,53	13,4	4,0	4,5
20.03.2012	10	2,5	0,32	12,50	0,22	0,39	24,8	5,2	
15.05.2012	0	1,0	2,78	37,20	0,19	0,62	17,5	7,0	7,5
20.06.2012	0	1,4	0,50	7,39	0,05	0,39	4,9	10,9	5,5
14.08.2012	0	0,6	0,35	7,04	0,02	0,39	1,2	14,7	4,5
28.09.2012	0	1,5	0,36	8,75	0,08	0,89	5,1*	9,3	4,0
28.09.2012	10	3,3	0,57	11,00	0,15	0,56	27,6*	12,7	
31.10.2012	0	2,6	0,69	60,30	0,44	1,17	16,30	8,9	7,0
23.11.2012	0	3,4	0,63	44,50	0,24	0,78	19,1	7,4	8,5

\* Saltholdighetsprøve tatt 01.10.2012.

**Rådata: Metaller, saltholdighet, temperatur og siktedyp i overflatevann og dypvann i 2012 ved ekstra overvåking utenfor Tyssedal.**

**Tyssedal st. S 22 (sør)**

Dato	Dyp meter	Cd µg/l	Pb µg/l	Zn µg/l	Sal. o/oo	Temp. °C
15.02.2012	0				25	3,8
15.02.2012	5				25,2	3,9
15.02.2012	10				25,4	3,8
15.02.2012	15				26,9	4,3
15.02.2012	20				29,2	5,2
15.02.2012	25	0,0663	0,723	11,2	30	6,7
15.02.2012	30				31	7,1
20.03.2012	0				15,3	4
20.03.2012	5				22,9	4,9
20.03.2012	10				25,2	4,9
20.03.2012	15				25,9	5,2
20.03.2012	20				29,8	7,8
20.03.2012	25	0,0383	0,158	3,81	30,1	7,6
20.03.2012	30				30,2	7,6
15.05.2012	0				25,1	7,6
15.05.2012	5				27,2	7,8
15.05.2012	10				28,3	8,2
15.05.2012	15				29,2	8,1
15.05.2012	20				29,7	8,2
15.05.2012	25	0,0368	0,142	3,44	29,9	8,2
15.05.2012	30				30,9	8,3
20.06.2012	0				4,7	10,6
20.06.2012	5				21,9	12,5
20.06.2012	10				29,3	8,7
20.06.2012	15				30,5	9
20.06.2012	20				30,9	8,9
20.06.2012	25	0,0687	0,259	6,34	30,9	8,6
20.06.2012	30				31	8,5
14.08.2012	0				1,4	14,3
14.08.2012	5				25,8	12,6
14.08.2012	10				28,5	11,7
14.08.2012	15				29,1	11,2
14.08.2012	20				30,4	9,9
14.08.2012	25	0,0444	0,178	6,84	30,6	9,3
14.08.2012	30				31,1	9,1
28.09.2012	0				4,9*	10,5
28.09.2012	5				11,3*	13,6
28.09.2012	10				26,7*	14,4
28.09.2012	15				28,0*	13,7
28.09.2012	20				29,2*	11,9
28.09.2012	25	0,0715	0,447	13,8	29,3*	11,2
28.09.2012	30				29,7*	10,7
31.10.2012	0				15,8	8,2
31.10.2012	5				31,9	11,9
31.10.2012	10				32,6	11,3
31.10.2012	15				32,6	10,9
31.10.2012	20				32,7	10,5
31.10.2012	25	0,051	0,463	5,67	32,8	9,9
31.10.2012	30				33,1	9,7

**Tyssedal st. S 22 (sør)**

<b>Dato</b>	<b>Dyp meter</b>	<b>Cd µg/l</b>	<b>Pb µg/l</b>	<b>Zn µg/l</b>	<b>Sal. o/oo</b>	<b>Temp. °C</b>
23.11.2012	0				18,8	7,3
23.11.2012	5				28	8,7
23.11.2012	10				29,2	9,3
23.11.2012	15				30,8	10,7
23.11.2012	20				32,2	11,2
23.11.2012	25	0,116	1,17	16,8	32,8	10,8
23.11.2012	30				33,6	10,2

**Tyssedal st. S18 (nord)**

<b>Dato</b>	<b>Dyp meter</b>	<b>Cd µg/l</b>	<b>Pb µg/l</b>	<b>Zn µg/l</b>
15.02.2012	25	0,0616	0,917	17,2
20.03.2012	25	0,0416	0,231	4,74
15.05.2012	25	0,0351	0,136	3,79
20.06.2012	25	0,0697	0,341	10,2
14.08.2012	25	0,0396	0,195	13,6
28.09.2012	25	0,0736	0,481	16,1
31.10.2012	25	0,11	0,405	64,5
23.11.2012	25	0,112	1	16,6

**Rådata: Oksygen, nitrogen, fosfor, saltholdighet, temperatur og siktedyp ved ulike dyp i havnebassenget og ved Lindenes i 2012.**

Stasjons kode	Dato	År	Dyp (m)	Siktedyp (m)	Temperatur (°C)	Saltholdighet (o/oo)	O <sub>2</sub> (mL O <sub>2</sub> /L)	NO <sub>3</sub> -N flg	NO <sub>3</sub> -N (µg/L)	Tot-P (µg/L)
V-HAVN	11.7.2012	2012	0.5	4	10.6	3.2			58	6
V-HAVN	11.7.2012	2012	5		13	14.8	8.84			
V-HAVN	11.7.2012	2012	10		12.3	27.6	8.4	<	10	23
V-HAVN	11.7.2012	2012	15		11.7	28.6	6.88	<	10	
V-HAVN	11.7.2012	2012	20		11.3	29.1	7	<	10	13
V-HAVN	11.7.2012	2012	25		11.2	29.2	6.99	<	10	
V-HAVN	11.7.2012	2012	30		10.7	29.5	7.59	<	10	
V-HAVN	11.7.2012	2012	40		9.8	30.5	6.41	<	10	
V-HAVN	14.8.2012	2012	0.5	4	14.7	1.2			52	3
V-HAVN	14.8.2012	2012	5		14.7	9.7	8.89			
V-HAVN	14.8.2012	2012	10		12	29.1	6.25		26	9
V-HAVN	14.8.2012	2012	15		11.3	29.8	6.65		47	
V-HAVN	14.8.2012	2012	20		10.4	30.6	5.4		166	14
V-HAVN	14.8.2012	2012	25		10.9	30.8	5.66		128	
V-HAVN	14.8.2012	2012	30		10.2	31.2	4.9		174	
V-HAVN	14.8.2012	2012	40		9.9	32	3.95		258	
V-HAVN	28.9.2012	2012	0.5	4	11.1	8.5			38	8
V-HAVN	28.9.2012	2012	5		13.8	24.7	6		36	
V-HAVN	28.9.2012	2012	10		12.8	27.4	5.5		82	13
V-HAVN	28.9.2012	2012	15		11.7	28.5	5.7		152	
V-HAVN	28.9.2012	2012	20		11.6	28.8	5.23		144	12
V-HAVN	28.9.2012	2012	25		10.9	29	3.49		195	
V-HAVN	28.9.2012	2012	30		10.1	29.8	4.6		218	
V-HAVN	28.9.2012	2012	40		9.1	30.8	4.6		218	
V-HAVN	31.10.2012	2012	0.5	5	9.2	21.3			87	6
V-HAVN	31.10.2012	2012	5		11.1	31.9	5.04		145	
V-HAVN	31.10.2012	2012	10		10.6	32.4	4.54		154	12
V-HAVN	31.10.2012	2012	15		9.5	32.7	3.65		176	
V-HAVN	31.10.2012	2012	20		10.2	32.8	4.95		134	10
V-HAVN	31.10.2012	2012	25		10	33	4.66		118	
V-HAVN	31.10.2012	2012	30		9.7	33.1	5.17		114	
V-HAVN	31.10.2012	2012	40		8.8	34	5.36		131	
V-HAVN	23.11.2012	2012	0.5	6	7.2	18.8			46	4
V-HAVN	23.11.2012	2012	5		8.6	28.2	7.05		17	
V-HAVN	23.11.2012	2012	10		9.2	29.5	6.6		17	5
V-HAVN	23.11.2012	2012	15		9.9	30.3	6.63		31	
V-HAVN	23.11.2012	2012	20		10.8	31.6	5.42		120	9
V-HAVN	23.11.2012	2012	25		10.6	32.6	5.18		189	
V-HAVN	23.11.2012	2012	30		10.9	32.3	4.9		177	
V-HAVN	23.11.2012	2012	40		10	33.2	5.73		148	
V-HAVN	17.12.2012	2012	0.5	12	8.4	30			202	15

NIVA 6549-2013 (M 15 – 2013)

Stasjons kode	Dato	År	Dyp (m)	Siktedyp (m)	Temperatur (°C)	Saltholdighet (o/oo)	O <sub>2</sub> (mL O <sub>2</sub> /L)	NO <sub>3</sub> -N flg	NO <sub>3</sub> -N (µg/L)	Tot-P (µg/L)
V-HAVN	17.12.2012	2012	5		9.6	33.4	5.66		153	
V-HAVN	17.12.2012	2012	10		9.7	33.6	5.12		114	13
V-HAVN	17.12.2012	2012	15		9.3	33.7	4.41		122	
V-HAVN	17.12.2012	2012	20		9.4	33.7	4.09		127	15
V-HAVN	17.12.2012	2012	25		8.6	33.8	4.78		116	
V-HAVN	17.12.2012	2012	30		8.9	33.9	4.89		99	
V-HAVN	17.12.2012	2012	40		8.4	34.3	4.35		98	
V-LIND	11.7.2012	2012	0.5	5.5	11	4.5			44	2
V-LIND	11.7.2012	2012	5		12.9	11.6				
V-LIND	11.7.2012	2012	10		12.2	27.4	8.94	<	10	30
V-LIND	11.7.2012	2012	15		11.5	28.6				
V-LIND	11.7.2012	2012	20		11.4	29	8.7	<	10	13
V-LIND	11.7.2012	2012	25		10.4	29.4				
V-LIND	11.7.2012	2012	30		10.4	29.8	7.76	<	10	
V-LIND	11.7.2012	2012	40		9.3	30.6	7.59	<	10	
V-LIND	11.7.2012	2012	45				6.97			
V-LIND	11.7.2012	2012	50		8.9	31.4	5.51		151	
V-LIND	11.7.2012	2012	55				4.99			
V-LIND	11.7.2012	2012	60		9.1	31.7	4.01		251	
V-LIND	11.7.2012	2012	70		8.7	32.2	4.4		284	
V-LIND	11.7.2012	2012	80		9.5	32.2	4.74		287	
V-LIND	14.8.2012	2012	0.5	4.5	14.4	1.2			55	1
V-LIND	14.8.2012	2012	5		13.6	22.9				
V-LIND	14.8.2012	2012	10		11.5	28.5	6.12		29	8
V-LIND	14.8.2012	2012	15		10.8	29.1				
V-LIND	14.8.2012	2012	20		10.4	30.5	5.4		100	13
V-LIND	14.8.2012	2012	25		9.1	30.7				
V-LIND	14.8.2012	2012	30		9.8	30.8	5.6		75	
V-LIND	14.8.2012	2012	40		9.6	31	4.67		192	
V-LIND	14.8.2012	2012	45				4.61			
V-LIND	14.8.2012	2012	50		9.3	31.4	4.18		266	
V-LIND	14.8.2012	2012	55				3.79			
V-LIND	14.8.2012	2012	60		9.5	31.6	3.69		290	
V-LIND	14.8.2012	2012	70		9.6	32.1	3.42		295	
V-LIND	14.8.2012	2012	80		9.6	32.3	3.95		297	
V-LIND	28.9.2012	2012	0.5	4	12.7	12.7			43	6
V-LIND	28.9.2012	2012	5		15	20				
V-LIND	28.9.2012	2012	10		12.2	27.7	5.6		17	10
V-LIND	28.9.2012	2012	15		12	28				
V-LIND	28.9.2012	2012	20		11.2	28.6	3.69		68	10
V-LIND	28.9.2012	2012	25		10.6	28.9				
V-LIND	28.9.2012	2012	30		10.4	29.2	4.9		168	
V-LIND	28.9.2012	2012	40		9.1	30.3	5.23		136	



NIVA 6549-2013 (M 15 – 2013)

Stasjons kode	Dato	År	Dyp (m)	Siktedyp (m)	Temperatur (°C)	Saltholdighet (o/oo)	O <sub>2</sub> (mL O <sub>2</sub> /L)	NO <sub>3</sub> -N flg	NO <sub>3</sub> -N (µg/L)	Tot-P (µg/L)
V-LIND	28.9.2012	2012	45				4.96			
V-LIND	28.9.2012	2012	50		8.6	31.2	4.76		182	
V-LIND	28.9.2012	2012	55				5.03			
V-LIND	28.9.2012	2012	60		8.5	31.3	4.83		156	
V-LIND	28.9.2012	2012	70		8.4	31.4	4.53		175	
V-LIND	28.9.2012	2012	80		8.3	32.1	3.09		225	
V-LIND	31.10.2012	2012	0.5	5	10.4	25.1			85	6
V-LIND	31.10.2012	2012	5		10.9	32.4				
V-LIND	31.10.2012	2012	10		11	32.4	4		111	10
V-LIND	31.10.2012	2012	15		10.9	32.4				
V-LIND	31.10.2012	2012	20		10.3	32.7	5.36		78	12
V-LIND	31.10.2012	2012	25		10.3	33.1				
V-LIND	31.10.2012	2012	30		9.7	33.5	5.76		67	
V-LIND	31.10.2012	2012	40		8.8	33.6	4.82		109	
V-LIND	31.10.2012	2012	45				5.29			
V-LIND	31.10.2012	2012	50		8.4	34.8	4.98		118	
V-LIND	31.10.2012	2012	55				4.35			
V-LIND	31.10.2012	2012	60		8	35.1	3.97		156	
V-LIND	31.10.2012	2012	70		8	35.1	4.28		141	
V-LIND	31.10.2012	2012	80		7.8	36	3.28		262	
V-LIND	23.11.2012	2012	0.5	6	7.3	18.8			46	5
V-LIND	23.11.2012	2012	5		8.7	27.8				
V-LIND	23.11.2012	2012	10		8.7	28.8	7.05		16	8
V-LIND	23.11.2012	2012	15		9.8	29.9				
V-LIND	23.11.2012	2012	20		10.4	30.8	6.11		75	11
V-LIND	23.11.2012	2012	25		10.9	32.5				
V-LIND	23.11.2012	2012	30		10.4	33	5.63		109	
V-LIND	23.11.2012	2012	40		10	33	5.15		104	
V-LIND	23.11.2012	2012	45				5.7			
V-LIND	23.11.2012	2012	50		9.5	33.5	5.7		98	
V-LIND	23.11.2012	2012	55				5.53			
V-LIND	23.11.2012	2012	60		9.2	33.8	6.49		146	
V-LIND	23.11.2012	2012	70		8.8	34.2	5.66		90	
V-LIND	23.11.2012	2012	80		8.7	34.3	5.25		90	
V-LIND	17.12.2012	2012	0.5	9.5	7.7	28.3			185	11
V-LIND	17.12.2012	2012	5		10	33.6				
V-LIND	17.12.2012	2012	10		9.4	33.8	5.12		76	11
V-LIND	17.12.2012	2012	15		9.9	33.7				
V-LIND	17.12.2012	2012	20		9.5	33.6	5.23		78	11
V-LIND	17.12.2012	2012	25		9.3	33.8				
V-LIND	17.12.2012	2012	30		9	33.7	4.92		87	
V-LIND	17.12.2012	2012	40		8.3	34	5.52		83	
V-LIND	17.12.2012	2012	45				5.23			

## NIVA 6549-2013 (M 15 – 2013)

Stasjons kode	Dato	År	Dyp (m)	Siktedyp (m)	Temperatur (°C)	Saltholdighet (o/oo)	O <sub>2</sub> (mL O <sub>2</sub> /L)	NO <sub>3</sub> -N flg	NO <sub>3</sub> -N (µg/L)	Tot-P (µg/L)
V-LIND	17.12.2012	2012	50		8	34.6	4.38		94	
V-LIND	17.12.2012	2012	55				6.28			
V-LIND	17.12.2012	2012	60		8.1	34.7	5.2		114	
V-LIND	17.12.2012	2012	70		8	34.8	4.09		157	
V-LIND	17.12.2012	2012	80		7.8	35.5	3.61		224	

**Måle- og analysemetoder (siktedyp, temperatur og saltholdighet).***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 $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$	$\pm 0.5\%$ full scale
	0 to 4999 $\mu\text{S}/\text{cm}$	1 $\mu\text{S}/\text{cm}$	$\pm 0.5\%$ full scale
	0 to 49.99 $\text{mS}/\text{cm}$	0.01 $\text{mS}/\text{cm}$	$\pm 0.5\%$ full scale
	0 to 200.0 $\text{mS}/\text{cm}$	0.1 $\text{mS}/\text{cm}$	$\pm 0.5\%$ full scale
Salinity	0 to 80 ppt	0.1 ppt	$\pm 2\%$ or $\pm 0.1$ ppt
Temperature	-5 to +95°C	0.1°C	$\pm 0.1^\circ\text{C}$ ( $\pm 1$ lsd)

**Rådata: Metaller og klororganiske forbindelser i blåskjell samlet på ulike stasjoner i Sørfjorden, oktober 2012 (våtvektsbasis).**

Rekvireringsnr :2013-00196 Mottatt dato :20130131 Godkjent av :MAR Godkjent dato :20130508

Prosjektnr :O 26461 02

Kunde/Stikkord :Sørfjorden biota

Kontakt/ Saksbeh. :ARU

Analysevariabel				TTS/%	Fett-%	Cd/M S-B	Cu/M S-B	Hg-B EF	Pb/M S-B	Zn/M S-B	CB 28-B	CB 52-B	
Enhet ==>				%	% pr.vv.	µg/g v.v.	µg/g v.v.	mg/kg TS	µg/g v.v.	µg/g v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	
Metode ==>				TESTNO	B 3	H 3-4	E 8-3	E 8-3 S-EN ISO 12846	E 8-3	E 8-3	H 3-4	H 3-4	
P Nr	P dato	Merkng	P prøvetype										
1	!	B 3 Tyssedal	bbsk	2013-00196	21	2.4	0.276	1.13	<0.05	190	18.7	<0.05	0.1
2		B 4 Diynes	bbsk	2013-00196	17	2.1	0.258	0.92	<0.05	115	14.5	<0.05	0.09
3		M åge	bbsk	2013-00196	15	1.4	0.535	0.71	0.062	187	15.4	<0.05	0.06
4		Utne	bbsk	2013-00196	18	1.8	0.212	1.51	<0.05	0.23	15.0	<0.05	0.06

Analysevariabel				CB 101-B	CB 118-B	CB 105-B	CB 153-B	CB 138-B	CB 156-B	CB 180-B	CB 209-B	Σ PCB	Σ PCB <sub>7</sub>
Enhet ==>				µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.
Metode ==>				H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	Beregnet	Beregnet
P Nr	P dato	Merkng	P prøvetype										
1	!	B 3 Tyssedal	bbsk	0.61	0.46	0.17	0.64	0.72	0.06	0.09	<0.05	<2.95	<2.67
2		B 4 Diynes	bbsk	<0.2	0.10	<0.05	0.19	0.18	<0.05	0.05	<0.05	<1.01	<0.86
3		M åge	bbsk	<0.2	0.08	<0.05	0.14	0.15	<0.05	0.06	<0.05	<0.89	<0.74
4		Utne	bbsk	<0.15	0.10	<0.05	0.29	0.22	<0.05	<0.05	<0.05	<1.07	<0.92

Analysevariabel				QCB-B	HCHA-B	HCB-B	HCHG-B	OCS-B	DDEPP-B	TDEPP-B	DDTTP-B
Enhet ==>				µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.
Metode ==>				H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4
P Nr	P dato	Merkng	P prøvetype								
1	!	B 3 Tyssedal	bbsk	<0.03	<0.05	0.10	<0.05	<0.05	2.4	0.31	1.2
2		B 4 Diynes	bbsk	<0.03	<0.05	0.09	<0.05	<0.05	3.5	0.36	2.0
3		M åge	bbsk	<0.03	<0.05	0.12	<0.05	<0.05	3.5	0.37	2.3
4		Utne	bbsk	<0.03	<0.05	0.09	<0.05	<0.05	60	4.6	2.9

P Nr 1 Alle prøvene er analysert 10-19 10 2012 H g er utført av Euro fins  
 Prøve 2-4: CB 101 har høyere rapporteringsgrense enn normalt pga en interferens ikk som atogrammet.

Informasjon om analyseusikkerhet finnes på K:Kvalitet Godkjente\_Dokumenter\Akkreditering\Analysemetoder\Y\_Adm\Institutt\utne\Y3U\skkerdoc, eller kan fås ved henvendelse til laboratoriet.  
 Alle analysene er utført akkreditert med mindre annet framgår i rapporten.

**Rådata: Kvikksølv i dypvannsfisk (brosme, individuelle filet) samlet i indre Sørfjorden, november 2012 (våtvektsbasis).**

Rekvissjonsnr :2013-00202 Mottatt dato :20130131 Godkjent av :MAR Godkjent dato :20130225

Prosjektnr :O 26461 02

Kunde/Stikkord :Sørfjorden biota

Kontaktp./Saksbeh. :ARU

Analysevariabel				Hg-B	
Enhet ==>				m g/kg	
Metode ==>				TESTNO S-EN ISO 12846	
P nr	P dato	Merking	Prøvetype		
1	!	N r4 brosm e filet	bb ff	2013-00202	3.54
2		N r5 brosm e filet	bb ff	2013-00202	1.43
3		N r6 brosm e filet	bb ff	2013-00202	1.56
4		N r7 brosm e filet	bb ff	2013-00202	2.02
5		N r8 brosm e filet	bb ff	2013-00202	2.31
6		N r9 brosm e filet	bb ff	2013-00202	1.66
7		N r10 brosm e filet	bb ff	2013-00202	0.697
8		N r11 brosm e filet	bb ff	2013-00202	1.05
9		N r12 brosm e filet	bb ff	2013-00202	0.964
10		N r13 brosm e filet	bb ff	2013-00202	0.89
11		N r14 brosm e filet	bb ff	2013-00202	0.844
12		N r16 brosm e filet	bb ff	2013-00202	0.752
13		N r17 brosm e filet	bb ff	2013-00202	1.63
14		N r18 brosm e filet	bb ff	2013-00202	0.937
15		N r19 brosm e filet	bb ff	2013-00202	0.893

P nr 1 Alle prøvene er merket med D i præsen. RET: Prøvene i retur til ARU.  
Utført hos Euro fins

Informasjon om analyseusikkerhet finnes på Kvalitet Godkjente\_Dokumenter i Akkreditering\Analysemetoder\Administrative\_rutiner\3Usikkerdoc, eller kan fås ved henvendelse til laboratoriet.  
Alle analysene er utført akkreditert med andre annet fram går i rapporten.

**Rådata: Kvikksølv i dypvannsfisk (brosme, individuelle filet) samlet i ytre Sørfjorden, november 2012 (våtvektsbasis).**

Rekvissjonsnr :2013-00201 Mottatt dato :20130131 Godkjent av :MAR Godkjent dato :20130225

Prosjektnr :O 26461 02

Kunde/Stikkord :Sørfjorden biota

Kontakt/Saksbeh. :ARU

Analysevariabel				Hg-B
Enhet ==>				m g/kg
Metode ==>				TESTNO S-EN ISO 12846
P nr	P dato	Merking	Prøvetype	
1	!	Nr8 brosm e filet	bb ff	2013-00201 1.10
2		Nr9 brosm e filet	bb ff	2013-00201 0.678
3		Nr10 brosm e filet	bb ff	2013-00201 1.15
4		Nr11 brosm e filet	bb ff	2013-00201 1.59
5		Nr12 brosm e filet	bb ff	2013-00201 0.764
6		Nr13 brosm e filet	bb ff	2013-00201 1.36
7		Nr14 brosm e filet	bb ff	2013-00201 1.15
8		Nr15 brosm e filet	bb ff	2013-00201 1.21
9		Nr16 brosm e filet	bb ff	2013-00201 0.989
10		Nr17 brosm e filet	bb ff	2013-00201 1.25
11		Nr18 brosm e filet	bb ff	2013-00201 2.58
12		Nr19 brosm e filet	bb ff	2013-00201 1.39
13		Nr20 brosm e filet	bb ff	2013-00201 1.44
14		Nr21 brosm e filet	bb ff	2013-00201 1.03
15		Nr22 brosm e filet	bb ff	2013-00201 1.04

P nr 1 Alle prøvene merket med Kvikksølv. RET: Prøvene i retur til ARU.  
Utført hos Euro fins

Informasjon om analyseusikkerhet finnes på Kvalitet Godkjente\_Dokumenter\Akkreditering\Analysemetoder\Administrative\_rutiner\3Usikkerdoc, eller kan fås ved henvendelse til laboratoriet.  
Alle analysene er utført akkreditert med mindre annet framgår i rapporten.

## Rådata: Kadmium, kobber, bly, sink og fett i dypvannsfisk (brosme, individuelle lever) samlet i indre Sørfjorden, november 2012 (våtvektsbasis).

Rekvireringsnr :2013-00200 Mottatt dato :20130131 Godkjent av :MAR Godkjent dato :20130322

Prosjektnr :O 26461 02

Kunde/Stikkord :Sørfjorden biota

Kontakt/Saksbeh. :ARU

Analysevariabel			Fett-%	Cd/M S-B	Cu/M S-B	Pb/M S-B	Zn/M S-B		
Enhet ==>			% prøv.	µg/g v.v.	µg/g v.v.	µg/g v.v.	µg/g v.v.		
Metode ==>		TESTNO	H 3-4	E 8-3	E 8-3	E 8-3	E 8-3		
P Nr	P r Dato	M erking	P røvetype						
1	!	N r4 brosm e lever	bb fl	2013-00200	47	0.091	6.32	0.28	16.4
2		N r5 brosm e lever	bb fl	2013-00200	40	0.074	2.69	0.31	12.1
3		N r6 brosm e lever	bb fl	2013-00200	38	0.189	8.64	0.33	19.3
4		N r7 brosm e lever	bb fl	2013-00200	43	0.380	6.47	0.41	15.4
5		N r8 brosm e lever	bb fl	2013-00200	49	0.362	3.12	0.97	16.6
6		N r9 brosm e lever	bb fl	2013-00200	50	0.146	1.88	0.35	16.2
7		N r10 brosm e lever	bb fl	2013-00200	45	0.048	2.98	0.14	15.1
8		N r11 brosm e lever	bb fl	2013-00200	46	0.055	2.93	0.21	13.8
9		N r12 brosm e lever	bb fl	2013-00200	45	0.076	1.33	0.38	15.1
10		N r13 brosm e lever	bb fl	2013-00200	44	0.080	2.94	0.26	20.2
11		N r14 brosm e lever	bb fl	2013-00200	43	0.035	1.11	0.18	10.6
12		N r16 brosm e lever	bb fl	2013-00200	40	0.055	3.10	0.20	16.9
13		N r17 brosm e lever	bb fl	2013-00200	34	0.271	2.13	0.38	13.9
14		N r18 brosm e lever	bb fl	2013-00200	40	0.071	1.86	0.29	15.7
15		N r19 brosm e lever	bb fl	2013-00200	38	0.101	2.49	0.32	14.8

P Nr 1 Alle prøvene er merket med D i grans. RET: Prøvene i retur til ARU.  
Fett-% lagt tilv/ARU 27.02.13 sk 27.02.13

Informasjon om analyseusikkerhet finnes på Kvalitet Godkjente\_Dokumenter Akkreditering\Analysemetoder\Administrative\_rutiner\3Utsikkerhetsberikan fås ved henvendelse til laborant.  
Alle analysene er utført akkreditert med mindre annet framgår i rapporten.

## Rådata: Kadmium, kobber, bly, sink og fett i dypvannsfisk (brosme, individuelle lever) samlet i ytre Sørfjorden, november 2012 (våtvektsbasis).

Rekvissjonsnr :2013-00197 Mottatt dato :20130131 Godkjent av :MAR Godkjent dato :20130322

Prosjektnr :O 26461 02

Kunde/Stikkord :Sørfjorden biota

Kontakt/Saksbeh. :ARU

Analysevariabel				Fett%	Cd/M S-B	Cu/M S-B	Pb/M S-B	Zn/M S-B	
Enhet ==>				% prøv.	µg/g v.v.	µg/g v.v.	µg/g v.v.	µg/g v.v.	
Metode ==>				TESTNO	H 3-4	E 8-3	E 8-3	E 8-3	
P N r	P Dato	M erking	P røvetype						
1	!	8.Brosme leverKråkvik	bbfl	2013-00197	55	0.152	1.77	0.23	12.8
2		9.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	49	0.060	2.78	0.12	11.7
3		10.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	47	0.190	2.95	0.27	17.4
4		11.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	30	0.316	3.25	0.48	17.5
5		12.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	42	0.0871	2.35	0.27	14.0
6		13.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	47	0.368	3.03	0.60	16.4
7		14.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	39	0.109	3.91	0.21	16.7
8		15.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	29	0.626	7.86	0.50	26.8
9		16.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	37	0.174	2.10	0.43	16.8
10		17.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	54	0.196	2.71	0.50	14.8
11		18.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	25	0.699	6.38	2.74	21.9
12		19.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	30	0.504	3.04	1.31	17.7
13		20.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	47	0.228	2.96	0.64	16.7
14		21.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	39	0.159	2.96	0.23	15.4
15		22.Brosme leverKråkvik	bb sk	2013-00197	55	0.064	2.01	0.17	13.2

P N r 1 Henvisertiltidsnr.KJ-075-11P røvene skal rettes til saksbehandler.

Fett% lagt til v/ARU 27.02.13 sk 27.02.13

Informasjon om analyseusikkerhet finnes på Kvalitet Godkjente\_Dokumenter Akkreditering Analysemetoder V\_Adm inistrative\_rutiner V\_Sikkerhed c, eller kan fås ved henvendelse til laboratoriet. Alle analysene er utført akkreditert med mindre annet framgår i rapporten.



**Rådata: Klororganiske forbindelser i dypvannsfisk (brosme, lever, blandprøver) samlet i indre Sørfjorden, november 2012 (våtvektsbasis).**

Rekvireringsnr :2013-00199 Mottatt dato :20130131 Godkjent av :MAR Godkjent dato:20130508

Prosjektnr :O 26461 02

Kunde/Stikkord :Sørfjorden biota

Kontaktperson/aksbeh. :ARU

Analysevariabel		TTS-%	Fett-%	CB 28-B	CB 52-B	CB 101-B	CB 118-B	CB 105-B	CB 153-B	CB 138-B			
Enhet ==>		%	% pr.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.			
Metode ==>		B 3	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4			
PiNr	PiDato	Merkning	Prøvetype	TESTNO									
1	!	N r2 brosm e, leverbunnprøve	bb fl	2013-00199	52	38	2.2	11	120	210	70	1100	630
2		N r3 brosm e, leverbunnprøve	bb fl	2013-00199	62	49	2.2	5.8	38	89	28	370	230
3		N r4 brosm e, leverbunnprøve	bb fl	2013-00199	55	40	1.1	2.9	15	53	17	180	110

Analysevariabel		CB 156-B	CB 180-B	CB 209-B	ΣPCB	ΣPCB <sub>7</sub>	QCB-B	HCHA-B	HCB-B	HCHG-B	OCS-B		
Enhet ==>		µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.		
Metode ==>		H 3-4	H 3-4	H 3-4	Beregnet	Beregnet	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4		
PiNr	PiDato	Merkning	Prøvetype										
1	!	N r2 brosm e, leverbunnprøve	bb fl	50	270	4.8	2468	2343.2	<0.6	0.64	5.0	0.17	2.0
2		N r3 brosm e, leverbunnprøve	bb fl	17	110	2.3	892.3	845	<0.9	0.45	5.2	0.29	1.1
3		N r4 brosm e, leverbunnprøve	bb fl	11	65	1.3	456.3	427	<0.6	0.24	3.0	0.16	0.62

Analysevariabel		DDEPP-B	TDEPP-B	DDTPP-B		
Enhet ==>		µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.		
Metode ==>		H 3-4	H 3-4	H 3-4		
PiNr	PiDato	Merkning	Prøvetype			
1	!	N r2 brosm e, leverbunnprøve	bb fl	s3600	280	1500
2		N r3 brosm e, leverbunnprøve	bb fl	1800	170	560
3		N r4 brosm e, leverbunnprøve	bb fl	1300	52	260

s Deterknyttetstørrelse usikkerhetennom altilkvanteringen.

PiNr1 Alle prøvene er merket med D i analysen. RET: Prøvene innturtil ARU.

s= konsentrasjonen av pp-DDE i ekstaktet av prøven var høyere enn kalibreringskurvens dekningsområde. Deterderfor knyttetnoe størrelse usikkerhetennom altilkvanteringen.

Informasjon om analyseusikkerhet finnes på Kvalitet Godkjente Dokumenter Arkivert i Google Drive. Analysemetoder V\_A dm i statistikk\_rutiner V3U sikkerdoc, eller kan fås ved henvendelse til laboratoriet. Alle analysene er utført i akkreditert medlemslaboratorium i indre annet framgår i rapporten.

**Rådata: Klororganiske forbindelser i dypvannsfisk (brosme, lever, blandprøver) samlet i ytre Sørfjorden, november 2012 (våtvektsbasis).**

Rekvireringsnr :2013-00198 Mottatt dato :20130131 Godkjent av :MAR Godkjent dato :20130508

Prosjektnr :O 26461 02

Kunde/Stikkord :Sørfjorden biota

Kontaktperson/Beh. :ARU

Analysevariabel		TTS-%	Fett-%	CB 28-B	CB 52-B	CB 101-B	CB 118-B	CB 105-B	CB 153-B	CB 138-B			
Enhet ==>		%	% pr v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.			
Metode ==>	TESTNO	B 3	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4			
P Nr	P Dato	M erking	P øvetype										
1	!	Kråkvik blandpr.2	bb fl	2013-00198	58	40	18	12	62	70	23	370	250
2		Kråkvik blandpr.3	bb fl	2013-00198	53	35	14	8.7	67	150	47	670	410
3		Kråkvik blandpr.4	bb fl	2013-00198	56	36	13	9.2	72	130	43	560	350

Analysevariabel		CB 156-B	CB 180-B	CB 209-B	ΣPCB	ΣPCB <sub>7</sub>	QCB-B	HCHA-B	HCB-B	HCHG-B	OCS-B		
Enhet ==>		µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.		
Metode ==>		H 3-4	H 3-4	H 3-4	Beregnet	Beregnet	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4		
P Nr	P Dato	M erking	P øvetype										
1	!	Kråkvik blandpr.2	bb fl	14	91	2.0	895.8	856.8	<0.6	0.50	3.9	<0.5	0.73
2		Kråkvik blandpr.3	bb fl	33	180	3.6	1570.7	1487.1	<0.5	<0.5	3.1	<0.5	1.3
3		Kråkvik blandpr.4	bb fl	25	150	2.6	1343.1	1272.5	<0.5	<0.5	3.5	<0.5	1.1

Analysevariabel		DDEPP-B	TDEPP-B	DDTPP-B		
Enhet ==>		µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.		
Metode ==>		H 3-4	H 3-4	H 3-4		
P Nr	P Dato	M erking	P øvetype			
1	!	Kråkvik blandpr.2	bb fl	s2100	160	590
2		Kråkvik blandpr.3	bb fl	s2900	200	1400
3		Kråkvik blandpr.4	bb fl	s2200	150	1300

s Deterknyttet stoff er usikkerhet enn no m alt til kvantifisering.

P Nr 1 Alle prøvene er blandprøver brosm e, lever fra Kråkvik.

Allskalanalyse på NIVA. Prøvene skal etter dette tilsaksbehandles.

Hvis det er tilbudt nr. KJ-075-11P i ve 1-3: konsentrasjonen av p,p'-DDE i ekstraktet av

prøven var høyere enn kalibreringskurvens dekningsområde. Deterderfor knyttet noe stoff usikkerhet enn no m alt til kvantifisering.

Informasjon om analyseusikkerhet finnes på Kvalitet Godkjente Dokumenter Akkreditering Analysemetoder Vedlegg 3U sikkerhetsinformasjon, eller kan fås ved henvendelse til laboratoriet. Alle analysene er utført akkreditert med andre annet framgår i rapporten.

**Datarapport (IFE): Stabile isotoper ( $\delta^{15}\text{N}$  og  $\delta^{13}\text{C}$ ) i dypvannsfisk (brosme, individuelle filet) samlet i Sørfjorden (indre og ytre), november 2012.**

IFE/KR/F-2013/037



Report number IFE/KRF-2013/037	Availability CONFIDENTIAL	Revision number	Date 2013-03-21
Client/ Client reference NIVA/Anders Ruus	Availability this page CONFIDENTIAL	Number of issues 4	Number of pages 2
Report title  <p style="text-align: center;"><b>DATA REPORT ISOTOPE ANALYSIS (IFE REF. 2013-032)</b></p>			
Summary $^{15}\text{N}$ and $^{13}\text{C}$ isotope analyses of 30 samples.		Distribution Electronic: Johansen I. Ruus A.  Paper:  File (1 copy) Library (1 copy)	
	Name	Signature	
Prepared by	Mona Andsjen Ingar Johansen Sylviane Siegle	<i>S. Siegle</i>	
Reviewed by	Ingar Johansen	<i>Ingar Johansen</i>	
Approved by <i>for</i>	Trond E. Bøe	<i>Trond E. Bøe</i>	
Electronic file code Isotope analyses, samples, water			

**Institute for Energy Technology**

P.O. Box 40, NO-2027 Kjeller, Norway  
 Telephone: +47 63 80 60 00/Teletax: +47 63 81 63 66  
<http://www.ife.no> / [ifemapost@ife.no](mailto:ifemapost@ife.no)



**Contents**

<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2 ANALYTICAL METHODS.....</b>	<b>1</b>
<b>3 ACCURACY AND PRECISION.....</b>	<b>1</b>
<b>4 RESULTS.....</b>	<b>2</b>



## 1 Introduction

30 samples were received for isotope analysis.

## 2 Analytical methods

The samples have been dried in an oven for more than 12 hours at 80 °C and crushed and homogenized in an agat mortar. Then weighed and transferred to a 5x8 mm tin capsule. Approximately 1.0 mg of the samples was used. The combustion of the samples in the presence of O<sub>2</sub> and C<sub>2</sub>O<sub>3</sub> at 1700 °C was done in a Eurovector EA3028 element analyser. Reduction of NO<sub>x</sub> to N<sub>2</sub> was done in a Cu oven at 650 °C. H<sub>2</sub>O was removed in a chemical trap of Mg(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> before separation of N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> on a 2 m Poraplot Q GC column. The C/N ratio was quantified on the basis of the TCD results from the GC. N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> is directly injected on-line to a Horizon Isotope Ratio Mass Spectrometer (IRMS) from Nu-Instruments, for determination of δ<sup>13</sup>C and δ<sup>15</sup>N.

## 3 Accuracy and precision

The accuracy and precision of δ<sup>13</sup>C and δ<sup>15</sup>N analyses have been measured by replicate analysis of our internal standard (IFE trout) and international standards. The standard was prepared by Soxhlet extraction with CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>: 7 % CH<sub>3</sub>OH for approximately 2 hours, cleansed with 2N HCl and rinsed with distilled water to neutral pH. The δ<sup>15</sup>N composition of IFE trout has been calibrated against IAEA-N-1 and IAEA-N-2. The δ<sup>13</sup>C composition of IFE trout has been calibrated against USGS-24 standard. Average value in 2012 for IFE trout is:

$$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = 11.45\text{‰} \pm 0.09 \text{ (1sigma)} \quad \delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}} = -20.21\text{‰} \pm 0.12 \text{ (1sigma)}$$

Average results with one standard deviation for 18 analyses of the IFE trout standard analyzed together with the samples:

$$\delta^{15}\text{N}_{\text{AIR}} = 11.52\text{‰} \pm 0.12 \text{ (1sigma)} \quad \delta^{13}\text{C}_{\text{VPDB}} = -20.23\text{‰} \pm 0.08 \text{ (1sigma)}$$



#### 4 Results

Table 1: Stable isotopes

Art	Sted	Fisk nr.	IFE labnr.	$\delta^{13}C$	$\delta^{15}N$	C/N
Brosme	Digranes	4	2013-032-001	-16,43	15,41	2,94
Brosme	Digranes	5	2013-032-002	-16,48	14,81	2,94
Brosme	Digranes	6	2013-032-003	-16,70	15,33	2,89
Brosme	Digranes	7	2013-032-004	-16,63	15,42	2,91
Brosme	Digranes	8	2013-032-005	-16,43	15,46	2,85
Brosme	Digranes	9	2013-032-006	-16,94	15,45	2,77
Brosme	Digranes	10	2013-032-007	-17,73	14,27	2,68
Brosme	Digranes	11	2013-032-008	-17,58	14,37	2,56
Brosme	Digranes	12	2013-032-009	-17,28	14,71	2,96
Brosme	Digranes	13	2013-032-010	-17,46	14,62	2,93
Brosme	Digranes	14	2013-032-011	-17,34	14,53	2,95
Brosme	Digranes	16	2013-032-012	-17,66	14,02	2,93
Brosme	Digranes	17	2013-032-013	-16,77	15,07	2,95
Brosme	Digranes	18	2013-032-014	-17,08	14,29	2,96
Brosme	Digranes	19	2013-032-015	-17,21	14,25	2,94
Brosme	Kråkevik	8	2013-032-016	-16,47	15,09	2,90
Brosme	Kråkevik	9	2013-032-017	-17,36	13,85	2,91
Brosme	Kråkevik	10	2013-032-018	-16,84	14,69	2,90
Brosme	Kråkevik	11	2013-032-019	-16,50	15,04	2,94
Brosme	Kråkevik	12	2013-032-020	-16,67	14,80	2,92
Brosme	Kråkevik	13	2013-032-021	-16,57	15,63	2,93
Brosme	Kråkevik	14	2013-032-022	-16,69	15,16	2,92
Brosme	Kråkevik	15	2013-032-023	-16,47	15,62	2,88
Brosme	Kråkevik	16	2013-032-024	-16,73	14,59	3,04
Brosme	Kråkevik	17	2013-032-025	-16,67	15,34	3,01
Brosme	Kråkevik	18	2013-032-026	-16,67	15,26	2,98
Brosme	Kråkevik	19	2013-032-027	-16,96	15,36	3,05
Brosme	Kråkevik	20	2013-032-028	-16,40	15,30	3,02
Brosme	Kråkevik	21	2013-032-029	-16,53	15,62	3,00
Brosme	Kråkevik	22	2013-032-030	-16,35	15,65	2,98



Institute for Energy Technology  
P. O. Box 40  
NO-2027 Kjeller, Norway  
Telephone: (+47) 63 80 60 00  
Telefax: (+47) 63 81 63 66  
[www.ife.no](http://www.ife.no)



**Rådata: Informasjon om individuelle dypvannsfisk samlet i Sørfjorden november 2012, samt sammensetning av blandprøver**

Prøve merket	Art	Stasjon	Sub-nr.	Lengde (cm)	vekt (g)	Kjønn	Inngår i blandprøve:	Fett% i blandprøve (lever)
Nr 8 brosme	Brosme	Ytre	1	47	1389	F	-	
Nr 9 brosme	Brosme	Ytre	2	50	1442,4	M	2	40
Nr 10 brosme	Brosme	Ytre	3	54	1512	M	2	40
Nr 11 brosme	Brosme	Ytre	4	55	1700	F	2	40
Nr 12 brosme	Brosme	Ytre	5	54	1394,3	M	2	40
Nr 13 brosme	Brosme	Ytre	6	59	2050,6	F	2	40
Nr 14 brosme	Brosme	Ytre	7	60	1987,1	M	3	35
Nr 15 brosme	Brosme	Ytre	8	60	2244,5	M	3	35
Nr 16 brosme	Brosme	Ytre	9	61	2190	M	3	35
Nr 17 brosme	Brosme	Ytre	10	62	1881,3	F	3	35
Nr 18 brosme	Brosme	Ytre	11	63	2136,5	F	3	35
Nr 19 brosme	Brosme	Ytre	12	67	1770,3	F	4	36
Nr 20 brosme	Brosme	Ytre	13	69	2488,2	M	4	36
Nr 21 brosme	Brosme	Ytre	14	70	2989,7	M	4	36
Nr 22 brosme	Brosme	Ytre	15	73	3488	M	4	36
Nr 4 brosme	Brosme	Indre	1	72	4163	M	2	38
Nr 5 brosme	Brosme	Indre	2	66	3223,1	M	2	38
Nr 6 brosme	Brosme	Indre	3	62	3049,4	M	2	38
Nr 7 brosme	Brosme	Indre	4	74	4479	M	2	38
Nr 8 brosme	Brosme	Indre	5	61	2002,4	F	2	38
Nr 9 brosme	Brosme	Indre	6	57	2011,2	F	3	49
Nr 10 brosme	Brosme	Indre	7	60	2189,5	M	3	49
Nr 11 brosme	Brosme	Indre	8	56	1994,4	F	3	49
Nr 12 brosme	Brosme	Indre	9	55	1520	F	3	49
Nr 13 brosme	Brosme	Indre	10	52	1552,6	F	3	49
Nr 14 brosme	Brosme	Indre	11	52	1543,6	M	4	40
Nr 16 brosme	Brosme	Indre	12	51	1284,5	F	4	40
Nr 17 brosme	Brosme	Indre	13	50	1537,5	F	4	40
Nr 18 brosme	Brosme	Indre	14	56	1243,5	F	4	40
Nr 19 brosme	Brosme	Indre	15	48	1057,8	F	4	40



# BIBLIOTEKSKJEMA

## Utførende institusjon

Norsk institutt for vannforskning (NIVA)

## ISBN-nummer *kan tas ut (Frivillig å bruke)*

978-82-577-6284-1

## Oppdragstakers prosjektansvarlig

Anders Ruus

## Kontaktperson

Ellen M. Svinndal

## M-nummer

M 15 - 2013

## År

2013

## Sidetall

107

## Miljødirektoratets kontraktnummer

4011026

## SPFO-nummer

1150/2013

## Utgiver

Norsk institutt for vannforskning  
NIVA-rapport 6549-2013  
Prosjekt nr. 26461

## Prosjektet er finansiert av

Miljødirektoratet, Boliden Odda AS, Tizir Titanium & Iron AS,  
Tyssefaldene A/S, Odda kommune og Ullensvang herad

## Forfatter(e)

Anders Ruus, Astri Jæger Sweetman Kvassnes, Anna Birgitta Ledang, Norman Green, Merete Schøyen

## Tittel - norsk og engelsk

Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2012.  
Metaller i vannmassene, Oksygen, nitrogen og fosfor i vannmassene, Miljøgifter i organismer

Monitoring of environmental quality in the Sørfjord 2012.  
Metals in the water masses, Oxygen, nitrogen and phosphorus in the water masses, Contaminants in organisms

## Sammendrag - summary

Resultatene av overvåkingen i 2012 kan oppsummeres som følger: Årsgjennomsnitt for konsentrasjoner av sink i overflatevann tilsvarte Kl. III ytterst i fjorden og Kl. IV innerst. Kadmium tilsvarte i hovedsak Kl. II. Konsentrasjoner av kobber varierte lite mellom stasjoner og representerte i hovedsak Kl. III. Bly tilsvarte i hovedsak Kl. II. Kvikksølv viste høy konsentrasjon i overflatevann ved Børve i mars (Kl. IV), men tilsvarte ellers Kl. I. Ved Digranes, Eitheim, Havnebassenget og Lindenes tilsvarte årsgjennomsnittene av kvikksølv Kl. I-II. Sinkkonsentrasjoner varierer sterkt vertikalt i fjorden, med de høyeste konsentrasjonene i overflaten og nært bunnen. Ved Tyssedal i mars opptrer de høyeste konsentrasjonene ved ca. 20 m dyp. Kvikksølv viser tilsynelatende lavere konsentrasjoner i dypere liggende vannlag, enn i 2011. Etter at utslippet fra Odda smelteverk har opphørt har konsentrasjonen av nitrogen i indre Sørfjorden avtatt. Siden 2010 har imidlertid konsentrasjonen tilsynelatende økt noe. Konsentrasjoner av fosfor i vannmassene 2005-2008 var ganske stabilt. I 2010 økte det litt for siden å synke igjen i 2012. Kvikksølv i torsk tilsvarte Kl. II, men innholdet i brosme var høyt. Det var ingen overskridelser av Kl. I for kobber og sink i blåskjell, mens kvikksølv viste konsentrasjoner opp til Kl. II-III, og kadmium og bly fra Kl. I til II. Sum-PCB7- og sum-DDT-konsentrasjonene i torsk (lever) tilsvarte Kl. II. Sum-DDT i blåskjell tilsvarte opp til Kl. V. Blåskjell fra Sørfjorden var lite/ubetydelig forurenset med sum-PCB7 (Kl. I).

## 4 emneord

Overvåking, Sørfjorden, Miljøgifter, Forurensning

## 4 subject words

Monitoring, Sørfjord, Contaminants, Pollution

## Miljødirektoratet

Postadr: postboks 5672, Sluppen, 7485 Trondheim | Tel: 03400/73 58 05 00 | Faks: 73 58 05 01 | Org.nr: 999 601 391  
E-post: post@miljodir.no | Internett: www.miljodirektoratet.no

### Miljødirektoratet

Telefon: 03400/73 58 05 00 | Faks: 73 58 05 01

E-post: [post@miljodir.no](mailto:post@miljodir.no)

Nett: [www.miljodirektoratet.no](http://www.miljodirektoratet.no)

Post: Postboks 5672 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøksadresse Trondheim: Brattørkaia 15, 7010 Trondheim

Besøksadresse Oslo: Strømsveien 96, 0602 Oslo

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter  
overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør,  
skog, vassdrag, fjorder og havområder.

Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige  
undersøkelser av:

- overgjødning • 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. Miljødirektoratet er ansvarlig for  
gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.