

Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden

Rapport: 938/2005

TA-nummer: 2123/2005

ISBN-nummer: 82-577-4774-2

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning

- **Overvåking av**
- **miljøforholdene i**
- **Sørfjorden 2004**

Rapport
938
2005

Delrapport 3. Miljøgifter i organismer

Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2004.

Miljøgifter i organismer

Prosjektleder: Anders Ruus
Forfattere : Anders Ruus og Norman Green

Forord

Overvåkingen av miljøgifter i organismer fra Sørfjorden gjennomføres i samarbeid med Alex Stewart Environmental Services A/S, som ved Frode Høyland og Amund Måge har vært ansvarlig for innsamling av materiale.

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

Rapporten inkluderer data fra *Joint Assessment and Monitoring Program (JAMP)* under Oslo/Paris kommisjonen, utført av NIVA under kontrakt fra SFT.

Undersøkelsen er et ledd i et langsiktig overvåkingsprogram for vann, sedimenter og organismer. Det statlige overvåkingsprogrammet i Sørfjorden startet i 1979. Fra aktivitetene i 2004 er det tidligere gitt ut en rapport vedrørende miljøforholdene i Sørfjorden mht. oksygen og nitrogen i vannmassene (Molvær 2005) og en rapport mht. metallkonsentrasjoner i vannmassene (Skei & Schøyen 2005).

Analysene av miljøgifter har vært utført ved NIVAs analyselaboratorium. Opparbeidelsen av fisk er gjort ved Merete Schøyen, Åse Bakketun og Lise Tveiten. Blåskjellprøvene er opparbeidet av Merete Schøyen.

Alle involverte takkes for innsatsen. Rapporten er forfattet av Anders Ruus og Norman W. Green. Prosjektleder for overvåkingen i Sørfjorden er Anders Ruus.

Oslo, august 2005

Anders Ruus

Innhold:

1.	Sammendrag:	9
2.	Summary	11
3.	Bakgrunn og formål	13
	Materiale og metoder	15
4.	Resultater og diskusjon	19
4.1	Metaller i fisk	19
4.1.1	Årlig overvåking (JAMP)	19
4.1.2	Kvikksølv i individuelle torsk (filet), tilleggsanalyser.....	23
4.1.3	Kvikksølv i dypvannsfisk.....	25
4.2	Metaller i blåskjell	26
4.3	Klororganiske stoffer i fisk	37
4.3.1	PCB	37
4.3.2	DDT	41
4.4	Klororganiske stoffer i blåskjell.....	44
4.4.1	DDT	44
4.4.2	PCB	50
5.	Referanser	52

1. Sammendrag:

Formålet med overvåkingen i Sørfjorden er å følge utviklingen etter forurensningsreducerende tiltak, gi miljøvernmyndighetene grunnlag for å bedømme eventuelle behov for ytterligere tiltak og å supplere underlag for næringsmiddelmyndighetenes bedømmelse av fisks og skjells spiselighet.

Torsk og dypvannsfisk (lange og brosme) er fanget i Sørfjorden i 2004. (Innsamlingen har, som vanlig, foregått innenfor Statlig program for forurensningsovervåking og *Joint Assessment and Monitoring Programme*, JAMP). Følgende ble observert:

- Statistiske trendanalyser av de årlige medianene (1988-2004) viser en signifikant nedadgående trend for kadmiuminnholdet i lever av skrubbe fra Strandebarm, hvilket er positivt. Ved Strandebarm vises også en nedadgående trend for bly i lever av torsk (1990-2004). Konsentrasjonene har vært lave på denne stasjonen de siste årene.
- Torsk og skrubbe fra Sørfjorden inneholdt overkonsentrasjoner av kvikksølv. Disse lå henholdsvis i Kl II (moderat forurenset) og Kl III (markert forurenset) i SFTs klassifiseringssystem.
- Statistiske trendanalyser av de årlige medianene (1988-2004) viser en signifikant oppadgående trend for kvikksølvinnholdet i stor skrubbe fra indre Sørfjorden.
- Kvikksølvkonsentrasjonene i torsk var ikke betydelig forskjellig mellom årene 2001, 2003 og 2004 (ekstrainnsamlinger av torsk etter uhellsutslipp).
- Det var høyere konsentrasjoner av kvikksølv i torsk og dypvannsfisk (lange og brosme) innerst i Sørfjorden, sammenlignet med ytre områder.
- Analysene av dypvannsfisk (lange og brosme) viste meget høye konsentrasjoner av kvikksølv og bekrefter tidligere observasjoner (senest 2003).

Blåskjell er samlet inn på flere stasjoner i Sørfjorden, samt på 2 stasjoner utenfor Sørfjorden. (Innsamlingen har, som vanlig, foregått innenfor Statlig program for forurensningsovervåking og *Joint Assessment and Monitoring Programme*, JAMP, med 1 mnd. mellomrom). Følgende ble observert:

- Kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell på stasjon B3 (Tyssedal) var i 2004 for første gang innenfor Kl. I, hvilket er positivt.
- Statistiske analyser viser en signifikant jevn nedgang i konsentrasjoner av kadmium (over de siste 17-23 år) på alle stasjonene. Dette er i tråd med nedgangen i skrubbe fra Strandebarm (se ovenfor).
- Metallanalysene av blåskjell viste opp til markert grad av forurensning med bly og kadmium (Kl. III).
- Metallanalysene av blåskjell viste opp til moderat grad av forurensning med kvikksølv (Kl. II).

- Metallanalysene av blåskjell viste ingen overskridelser av Kl. I for kobber og sink.
- Ingen vesentlige forskjeller i metallkonsentrasjoner ble observert mellom blåskjellene samlet innenfor JAMP og blåskjellene samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking en snau måned senere. Det betyr at det ikke var noen vesentlige endringer i metallbelastningen for blåskjell i perioden mellom disse innsamlingene.

Analysene av klororganiske forbindelser viste følgende:

- PCB-konsentrasjonene i torskelever, 2004, har sunket til et nivå tilsvarende ved tidligere år (SFTs tilstandsklasse II), etter ekstreme konsentrasjoner i 2002. Det er viktig å bemerke at disse funnene ikke helt utelukker at det finnes torsk med ekstreme PCB-konsentrasjoner i Sørfjorden, da funnene fra 2002 viste stor individuell variasjon.
- Konsentrasjonene av PCB i skrubbelever (2004) lå på omtrent samme nivå som i 2002.
- 2004-konsentrasjonen av PCB i blåskjell (fra Tyssedal; tilsvarende kl. II, moderat forurenset) var nær identisk med nivået i 2003. Disse representerer en nedgang fra 2002 og særlig 2001, da ekstreme konsentrasjoner ble observert. Siden PCB er meget lite biologisk nedbrytbart er det imidlertid sannsynlig at organismer (andre enn blåskjell) fortsatt eksponeres for vesentlige mengder PCB, som allerede er tilført miljøet.
- Konsentrasjonene av Σ DDT i torskelever fra Sørfjorden representerer Kl. II (Moderat forurenset). Gjennomsnittlig konsentrasjon (kun våtvekt) av DDT (p,p') i torskelever fra indre Sørfjorden var i 2004 fordoblet i forhold til i 2003. 2003-konsentrasjonen tilsvarte igjen en fordobling i forhold til nivået i 2002.
- Som det fremgår av blåskjell-resultatene og en fersk rapport (Skei et al. 2005), er det lokal tilførsel av DDT flere steder langs Sørfjorden.
- De høyeste konsentrasjonene av Σ DDT i blåskjell ble, som vanlig, funnet på stasjon B6 (Kvalnes; klassifisert i klasse V, meget sterkt forurenset).
- En fersk rapport (Skei et al. 2005) sannsynliggjør sterkt at perioder med høyt innhold av Σ DDT (og særlig p,p'-DDT), er forbundet med perioder med spesielt stor nedbør (og dermed utvasking av DDT fra kilder på land). Nedgangen i konsentrasjonene av DDT i blåskjell i 2004, sammenlignet med 2003, skyldes mest sannsynlig lavere nedbør i september og oktober, 2004.

2. Summary

The objectives of the monitoring of the Sjørfjord are to follow the development after remedial action, to support the environmental authorities in their assessment of potential needs for further remedial actions, and to produce a foundation for the food safety authorities in their evaluation of the edibility of fish and shellfish.

Cod and deep water fish (ling and tusk) were caught in the Sjørfjord in 2004. (The collection was, as usual, conducted under the Norwegian State Pollution Monitoring Programme and the *Joint Assessment and Monitoring Programme*, JAMP). The following observations were made:

- Statistical trend analyses on the yearly medians (1988-2004) show a significant downwards trend for the cadmium content in the liver of flounder from Strandebarm, which is a positive sign. Lead in the liver of cod is also decreasing at this station (1990-2004). The concentrations have been low at this station, during the last years.
- Over-concentrations of mercury were observed in cod and flounder from the Sjørfjord. These were categorized in class II (moderately polluted) and class III (markedly polluted), respectively, in the classification system of the Norwegian Pollution Control Authority (SFT).
- Statistical trend analyses on the yearly medians (1988-2004) show a significant upwards trend for the mercury content in large flounder from the inner Sjørfjord.
- There were no clear differences in the mercury concentrations of cod from the Sjørfjord between the years 2001, 2003 and 2004.
- Higher concentrations of mercury were found in cod and deep water fish (ling and tusk) from the inner Sjørfjord, as compared to the outer fjord.
- Very high concentrations of mercury were found in deep water fish (ling and tusk) from the Sjørfjord. These findings confirm earlier observations.

Blue mussels were collected at several stations in the Sjørfjord, as well as at two stations outside the fjord. (The collection was, as usual, conducted under the Norwegian State Pollution Monitoring Programme and the *Joint Assessment and Monitoring Programme*, JAMP, with one month between). The following observations were made:

- The mercury concentration in mussels at station B3 (Tyssedal) was, in 2004, for the first time within class I (insignificantly/slightly polluted), which is a positive sign.
- Statistical analyses show a significant, smooth, decrease in the concentrations of cadmium (over the last 17-23 years) at all stations. This is in accordance with the decrease observed in flounder from Strandebarm.
- Metal analyses of blue mussels showed up to marked degree of pollution by lead and cadmium (class III).

- Metal analyses of blue mussels showed up to moderate degree of pollution by mercury (class II).
- Metal analyses of blue mussels showed no excess of the limit for class I for copper and zinc.
- No clear differences were observed between the metal concentrations in mussels collected within *JAMP*, as compared to mussels collected within the Norwegian State Pollution Monitoring Programme, one month later. This indicates no particular change in the metal exposure of the mussels in the time period between these two collections.

The analyses of organochlorines showed the following:

- The PCB concentrations in cod liver, 2004, have decreased to a level corresponding to findings from earlier years (class II), after the extreme concentrations of 2002. It is important to note that these findings do not rule out that there may exist cod in the Sjørfjord with extreme PCB concentrations. The findings of 2002 showed large individual variation.
- The PCB concentrations in flounder liver (2004) corresponded to the level observed in 2002.
- In 2004, the concentration of PCBs in blue mussels (from Tyssedal; corresponding to class II) was nearly identical to the concentration in 2003. These concentrations represent a decrease from the levels in 2002 and especially 2001, when extreme concentrations were observed. Since PCBs are very persistent to biological degradation it is, however, likely that organisms (other than blue mussels) still are exposed to considerable amounts of PCBs that are already emitted to the environment.
- Concentrations of Σ DDT in cod liver from the Sjørfjord represent class II (moderately polluted). Mean concentration (wet weight) of p,p'-DDT in cod liver from the inner Sjørfjord was doubled from 2003 to 2004. The mean concentration in 2003 was already the double of the 2002-level.
- The present blue mussel results, as well as a newly published report (Skei et al. 2005), indicate local input of DDT along the Sjørfjord.
- The highest concentrations of Σ DDT in blue mussels were, as usual, observed at station B6 (Kvalnes; classified in class V, very strongly polluted).
- A newly published report (Skei et al. 2005) substantiate the assumption that periods of high blue mussel Σ DDT (and especially p,p'-DDT) content correspond to periods with specially large amounts of precipitation (rain; and washout from land based sources). The decrease in concentrations of DDT in blue mussels in 2004, as compared to 2003, is most likely due to less precipitation in September and October, 2004.

3. Bakgrunn og formål

Overvåkingen av Sørfjorden 2004 er en videreføring av den tidligere overvåkingen og 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.

Bakgrunnen for overvåkingen i Sørfjorden er dels den vedvarende høye metallbelastningen på fjordens overflatelag, samt at det i 1991 ble avdekket at fjorden var utsatt for en ikke ubetydelig forurensning med DDT og nedbrytningsprodukter (spesielt DDE). De høyeste konsentrasjonene av DDT ble målt i blåskjell fra fjorden i 2003. Et forprosjekt ble derfor nylig initiert for å fremlegge et forslag til et større prosjekt, som skal undersøke muligheten for eventuelle tiltak for å forhindre ytterligere DDT-tilsig til fjorden (Skei et al. 2005).

Metallforurensningen er årsak til advarsel fra Matilsynet (da Statens næringsmiddeltilsyn, SNT) mot å spise fisk og skjell fra fjorden. Bedring i forholdene medførte at kostholdsradene for fisk ble trukket tilbake i 1994, mens advarselen mot konsum av skjell fortsatt gjaldt. Etter det betydelige uhellsutslippet av kvikksølv fra Boliden Odda AS vinteren 1999-2000 (Skei & Knutzen 2000, Molvær 2000) frarådte Statens Næringsmiddeltilsyn (SNT; nå "Matilsynet", se ovenfor) igjen delvis konsum av fisk fra Sørfjorden. Gjeldende råd er (sist vurdert 2003):

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

Dessuten er det gjennom årene med overvåking konstatert vekslende grad av forurensning med PCB i fisk (f. eks. Ruus & Green 2002), med særlig høye nivåer i torsk fra 1998 og 2000. På grunn av de høye 1998-nivåene ble overvåkingen utvidet med henblikk på å spore kilder for PCB og DDT (Skei & Tellefsen 2000, Knutzen & Green 2000). Blåskjell samlet i Sørfjorden (Tyssedalsområdet) 2001 har også vist meget høye konsentrasjoner av PCB (Ruus & Green 2002). Disse funnene medførte en tilleggsundersøkelse (rapportert i brev til Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvern avdelingen 28. juni 2002, og gjengitt i rapporten for 2001-dataene; Ruus & Green 2002), som sterkt sannsynliggjorde maling/puss fra kraftstasjonen ved Tyssedal som kilde. Året etter ble ekstreme PCB-konsentrasjoner, som kunne spores tilbake til samme kilde, målt i fisk fanget nær Tyssedal (Ruus & Green 2003).

Overvåkingen er, som nevnt, tiltaksorientert. Det ligger i det at det er et hovedformål å gi grunnlag for å vurdere behov for ytterligere å redusere tilførslene av forurensninger, dertil å gi ajourførte data som benyttes til å bedømme spiseligheten av fisk og skjell. Ved dette fås også informasjon om utviklingen, som ikke bare er av interesse for forvaltingsmyndighetene (om tiltakene gir den tilsiktede virkning), men også for almenheten og brukerne av fjorden. I 1998 ble det laget en sammenstilling av resultater fra alle deler av overvåkingen i Sørfjorden 1980-1997 (Skei et al. 1998) samt en mer populært anlagt fremstilling (Skei & Knutzen 1999).

På bakgrunn av de bemerkelsesverdige høye konsentrasjonene og enkelte klororganiske stoffer registrert i den antatt lite lokalt belastede Nordfjord (Sogn og Fjordane) i 1993 av Berg et al. (1998), senere også kvikksølv og andre metaller i materiale fra samme sted i 1998 (Berg et al. 2000), ble det innen JAMP årene 1999-2001, foretatt en supplerende innsamling av dypvannsfisk fra Sørfjorden, med tilsvarende materiale fra den nærliggende Åkrafjorden som referanse. Disse undersøkelsene viste generelt høye konsentrasjoner av miljøgifter, men ekstremkonsentrasjoner av kvikksølv. Innsamlingen av dypvannsfisk ble avsluttet og derfor ikke gjort i 2002. Kvikksølv-analyser av dypvannsfisk (lange og brosme) fra Sørfjorden ble imidlertid inkludert i Statlig program for forurensningsovervåking f.o.m. 2003.

Den utvidede overvåkingen av kvikksølv i torsk (utover innsamlingen/analysene innenfor JAMP), som ble gjort i 2001 (Walday, 2002), er gjentatt på to lokaliteter i både 2003 og 2004. I tillegg er blåskjell på to nye stasjoner analysert f.o.m. 2003.

Tabell 1 viser utslipp til sjø av metaller (2004 og foregående år) fra Boliden Odda AS og Tinfos Titan & Iron K/S. Utlipp fra Odda Smelteverk opphørte i november 2002 i forbindelse med bedriftens nedleggelse.

Tabell 1. Offisielle anslag over utslipp til sjø fra Boliden Odda AS (BO) og Tinfos Titan & Iron K/S (TTI) i 2004. Basert på opplysninger fra SFT. Tallene i parentes representerer utslipp i 2003.

Bedrift	Cu, kg/år	Pb, kg/år	Zn, kg/år	Cd, kg/år	Hg, kg/år
BO *	24 (29)	3115 (2209)	2969 (6550)	50 (57)	2,3 (2,3)
TTI	72 (77)	132 (160)	9533 (8216)	1,5 (0,9)	0,95 (0,4)
Totalt	96 (106)	3247 (2369)	12502 (14766)	51,5 (57,9)	3,25 (2,7)

* Totalt utslipp fra sinkverket, fjellhallene og "Noralf".

De totale utslippene til fjorden var noe lavere i 2004 sammenlignet med 2003, med unntak av kvikksølv og bly, som viste en liten oppgang. Reduksjonen for sink er størst (15 %) som følger av kraftig reduksjon i tilførslene fra Boliden Odda AS (55 %), og som et tiltak for å fjerne overflateavrenning på Eitrheimsneset (fase 2 av Prosjekt Avløp, fullført mai 2003) og oppgradering av det sentrale renseanlegget sommeren 2003.

Ved Boliden Odda AS ble det vinteren 2003/2004 gjort et omfattende arbeid med å kartlegge mulige lekkasjer og avvik i overvannssystemet og utbedre disse. Det er ikke kjent hvor store mengder metaller som gikk ut i fjorden i forbindelse med dette utbedringsarbeidet.

Materiale og metoder

Blåskjell (*Mytilus edulis*), ble samlet inn 3-6/11 2004 fra 1 – 1,5 meters dyp fra stasjonene B1 Byrkjenes, B2 Eitrheim, B3 Tyssedal, B4 Digranes, B6 Kvalnes og B7 Krossanes (Tabell 2, Figur 1). I tillegg er det samlet inn skjell på to nye stasjoner (f.o.m. 2003), Måge og Utne (Trones) (Tabell 2, Figur 1). Innenfor den norske delen av det internasjonale overvåkingsprogrammet JAMP (Joint Assessment and Monitoring Programme) under OSPAR-kommisjonen og SFTs INDEKS-program (Green & Knutzen 2001), ble blåskjell fra Byrkjenes, Eitrheim, Kvalnes, Krossanes, Ranaskjær og Vikingneset prøvetatt 10-11/10 2004 (Tabell 2, Figur 1). Blåskjellene er analysert både for klororganiske stoffer og metaller.

JAMP-materialet omfatter i tillegg til blåskjellene analyser av metaller og klororganiske forbindelser i fisk. Torsk (*Gadus morhua*) og skrubbe (*Platichthys flesus*) er samlet fra Sørfjorden i omegnen av Tyssedal og innover (JAMP-st. 53B) hhv. 22/9 2004 og 31/12 2004. Fra Strandebarm i Hardangerfjorden (JAMP-st. 67B) ble det fanget torsk 15/11 2004, skrubbe 19/10 2004 og glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*) 31/12 2004. Glassvar ble også samlet inn fra den tilnærmet uberørte Åkrafjorden (JAMP-st 21F) som referanse, 31/12, 2004.

Prøver av torsk og dypvannsfisk (lange, *Molva molva* og brosme, *Brosme brosme*) ble også samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking i 2004. Torsk ble samlet i ytre Sørfjorden (ved Hauso) og i indre Sørfjorden (ved Måge) i månedsskiftet november/desember 2004. Lange og brosme ble samlet i ytre Sørfjorden (ved Hauso) i månedsskiftet november/desember 2004 og i indre Sørfjorden (ved Tyssedal/Edna) i mars 2005. De siste fiskene ble samlet inn veldig sent, siden den opprinnelig engasjerte fiskeren ikke kunne levere tidligere.

Innenfor Statlig program samles blåskjell (så langt det er mulig) 50 stk. i størrelsen 4 - 5 (6) cm fra hver stasjon til en blandprøve. Skjellene fryses ned uten forutgående tømning av tarm. 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. Innen JAMP samles rutinemessig 50 stk. (*el. 100 skjell) innen hver av størrelseskategoriene 2 – 3*, 3 - 4 og 4 - 5 cm. Før nedfrysing går skjellene her minimum 12 timer i vann fra innsamlingsstedet (tømning av tarm) og tas ut av skallene. For prøven til INDEKS-programmet benyttes bare en størrelseskategori (3-5 cm, 3 parallelle blandprøver à 20 stk.) uten tarmtømming.

Fiskeprøvene som rutinemessig samles innenfor JAMP er analysert dels på individer (så langt det er mulig 25 stk.) og dels på blandprøver av 5 stk. i fortrinnsvis 5 størrelsesgrupper (se spesifisering i fotnoter under de aktuelle resultattabeller). Klororganiske forbindelser er analysert i lever og filet, mens kvikksølv (Hg) bare er analysert i filet. Kadmium (Cd), bly (Pb), kobber (Cu) og sink (Zn) er kun analysert i lever.

Fiskeprøvene samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking er analysert for kvikksølv i filet. Individuelle analyser av torsk (25 pr. stasjon) og blandprøver av 5 stk. (fortrinnsvis fordelt etter størrelse) av brosme og lange er analysert.

Fisken er fraktet nedfrost, deretter tint og opparbeidet på NIVA før ny nedfrysing. Prøver ble så homogenisert og frosset før analyse. Blåskjell og fisk ble homogenisert i en TEFAL food processor eller Ultra-Turrax T25. Materialet ble analysert på NIVAs laboratorium som følger: For metallanalysene ble en innveid subprøve av tint homogenat oppløst med salpetersyre i autoklav (ved 120°C; fiskefilet til Hg), eller i mikrobølgeovn (blåskjell og lever) og fortynnet

med destillert og avionisert vann (Norsk Standard 4780, 1. utg. juni 1988). Bestemmelsen utføres på den klare væskefasen og foretas med ICP-MS (Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry) (Cd, Pb, Cu og Zn). 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

Kvikksølv analyseres ved kalddamp-AAS (AtomAbsorbsjonSpektroskopi) med deteksjonsgrense 0,005 mg/kg. Analysekvaliteten kontrolleres mot sertifisert referansemateriale.

Analyser av klororganiske forbindelser gjøres som følger: Det biologiske materialet homogeniseres og tilsettes internstandarder. Forbindelsene ekstraheres så to ganger med sykloheksan og aceton (4:3) med bruk av ultralyd i 3 min. Ekstraktene vaskes med saltvann (0,5 %). Ekstraksjonsvolumet reduseres, og ekstraktene renses ved GPC. Ekstraktene syrebehandles så med konsentrert svovelsyre og analyseres deretter ved GC/ECD. Gasskromatografen er utstyrt med en 60 m kolonne med et materiale bestående av 5% fenyl polysiloksan (0,25 mm i.d. og 0,25 µm filmtykkelse), og 'inlet' er 'splitless'. Den initiale kolonnetemperaturen er på 90°C, som etter to minutter økes til 180°C i en hastighet på 10°C/min, økes til 270°C med en hastighet på 2°C/min og etter 1 min økes til 310°C med en hastighet på 20°C/min. Injektortemperaturen er på 255°C, detektortemperaturen på 285°C gjennomstrømningshastigheten er på 1 ml/min. Kvantifisering av individuelle komponenter utføres ved å benytte de interne standardene. Fettbestemmelsen er gravimetrisk.

Analyseresultatene 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 (CRM 350, makrellolje) og en husstandard (torskefilet). Standard avvik for bestemmelse av enkeltforbindelser er 6 – 11% for sertifisert referansemateriale og 10 – 25% for husstandard. Deteksjonsgrensene for enkeltforbindelser er 0,05 – 0,3 µg/kg våtvekt (i prøver med lavt fettinnhold).

JAMP-data fra analysene av fisk og blåskjell vil bli bearbeidet og rapportert mer fullstendig mht. variasjoner med størrelse og over tid innen det felles internasjonale overvåkingsprogram for OSPAR-kommisjonen. Det samme gjelder regionale forskjeller. I den foreliggende rapport er vurderingen stort sett basert på middelerverdier sammenlignet med et "antatt høyt diffust bakgrunnsnivå" (Med dette menes "grensen" for verdier som kan registreres utenfor registrerbare influensområder til definerte punktkilder Jfr. Kl. I i SFTs klassifiseringssystem; Molvær et al. 1997). Tidstrendanalysene utført innenfor JAMP vil også bli beskrevet av Green et al. (under utarbeidelse).

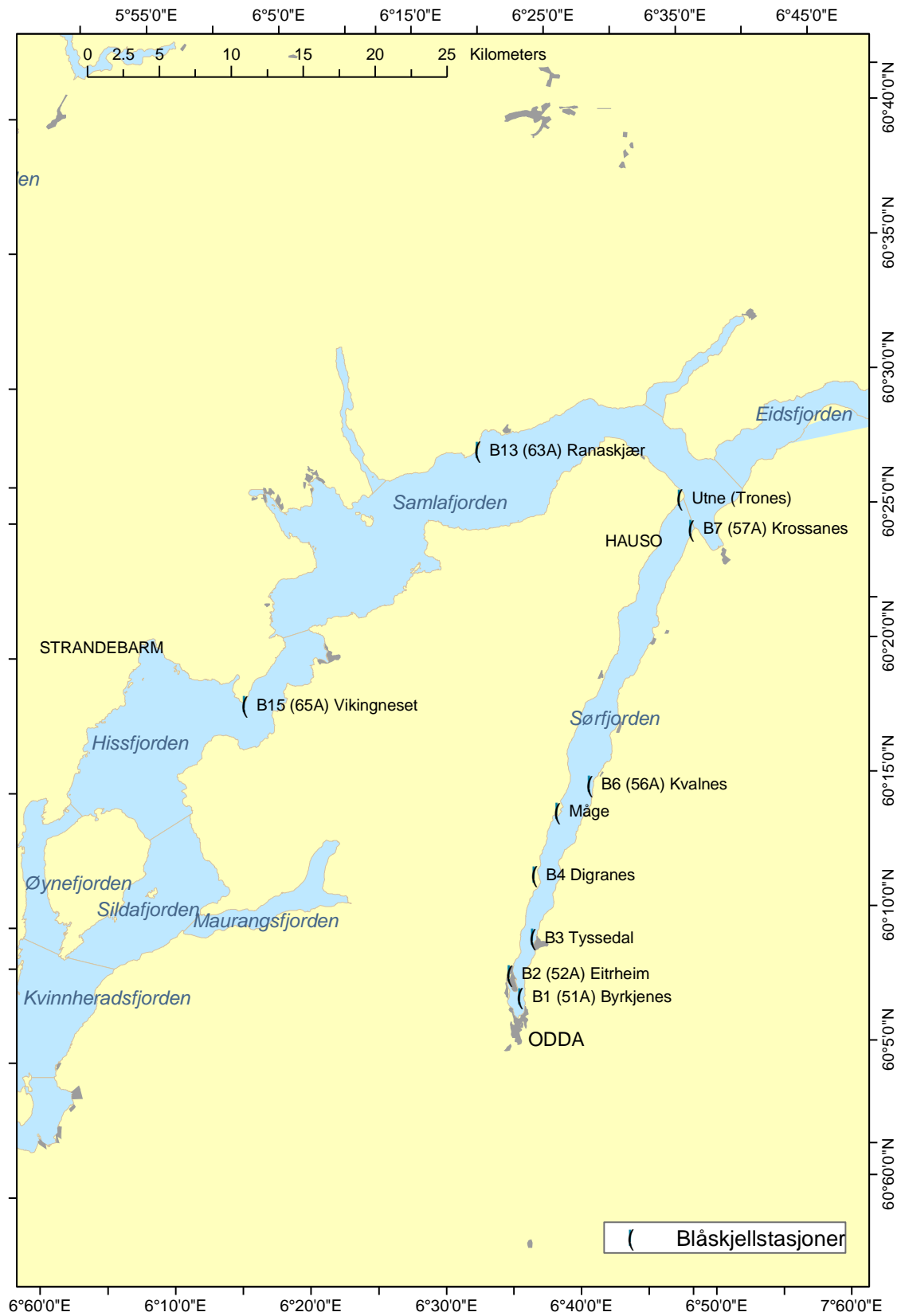
Tabell 2. Innsamlingssteder for blåskjell i Sør fjorden og Hardangerfjorden, med angivelse av adkomst og ca. avstand fra Odda (km). (Ikke prøvetatt 2004). Mrk. Skjell har blitt samlet på to nye stasjoner siden 2003, "Måge" og "Utne (Trones)".*

STASJONER (JAMP-nr.)	ADKOMST	Ca. AVSTAND FRA ODDA (km)
St. B 1 (51A)	Byrkjenes. Fra betongbrygge/store steiner på pynt i sydenden av badestrand.	2
St. B 2 (52A)	Eitrheim, fra tau under kommunal kai	3
St. B 3	På og rundt store steiner i strandsonen.	6
St. B 4	Digranes, På trebrygge.	10
Måge	Badeplass mellom gårder og byggefelt. Skjær og steiner.	15
St. B 6 (56A)	Kvalnes, S for Kvalnes, nedenfor hundepensjonat.	18
St. B 7 (57A) ¹	Krossanes, fra fjell ved 4 naust, ytterst på neset.	37
Utne (Trones)	Nes der Sør fjorden begynner. Ca. 3 km øst for Utne fergekai.	40
St. B 10 *	Sengjaneset/Eidfjord, svaberg	44
St. B 13 (63A) ²	Ranaskjær, skjær med sementkum, rett overfor Bjølvefossen	58
St. B 14 *	Rykkjaneset, m/svaberg nedenfor eng	69
St. B 15 (65A) ²	Vikingneset, ved fyrlykt	84
St. B 16 *	Nærnes, Bondesundet, skjær ved brygge og naust	100

¹ Skjell samlet 75 m syd for det vanlige prøvepunktet p.g.a. veldig lite blåskjell.

² Skjell samles kun innenfor JAMP.

Figur 1. Prøvesteder for blåskjell i Sørffjorden/Hardangerfjorden (JAMP blåskjellstasjoner: 51A osv.). Mrk. Skjell har blitt samlet inn på to nye stasjoner siden 2003, "Måge" og "Utne (Trones)".



4. Resultater og diskusjon

4.1 Metaller i fisk

Oppsummering av de viktigste observasjonene, 2004:

- Statistiske trendanalyser av de årlige medianene (1988-2004) viser en signifikant nedadgående trend for kadmiuminnholdet i lever av skrubbe fra Strandebarm, hvilket er positivt. Ved Strandebarm vises også en nedadgående trend for bly i lever av torsk (1990-2004). Konsentrasjonene har vært lave på denne stasjonen de siste årene.
- Torsk og skrubbe fra Sørfjorden inneholdt overkonsentrasjoner av kvikksølv. Disse lå henholdsvis i Kl II (moderat forurenset) og Kl III (markert forurenset) i SFTs klassifiseringssystem.
- Statistiske trendanalyser av de årlige medianene (1988-2004) viser en signifikant oppadgående trend for kvikksølvinnholdet i stor skrubbe fra indre Sørfjorden.
- Kvikksølvkonsentrasjonene i torsk var ikke betydelig forskjellig mellom årene 2001, 2003 og 2004 (ekstrainnsamlinger av torsk etter uhellsutslipp).
- Det var høyere konsentrasjoner av kvikksølv i torsk og dypvannsfisk (lange og brosme) innerst i Sørfjorden, sammenlignet med ytre områder.
- Analysene av dypvannsfisk (lange og brosme) viste meget høye konsentrasjoner av kvikksølv og bekrefter tidligere observasjoner (senest 2003).

I tillegg til resultatene fra den årlige overvåkingen innenfor JAMP redegjøres det i det følgende for kvikksølv i filet av individuelle torsk samlet i indre (ved Måge) og ytre (ved Hauso) Sørfjorden. Disse resultatene er sammenlignbare med fjorårets resultater fra tilsvarende innsamling, samt resultatene fra undersøkelsen som ble gjennomført for å se på effekter av uhellsutslipp av metallholdig vann til Sørfjorden 1999-2000 (Waldy 2002). Videre redegjøres det for kvikksølv i filet av dypvannsfisk (blandprøver; lange og brosme) samlet i indre (ved Tysedal/Edna) og ytre (ved Hauso) Sørfjorden.

4.1.1 Årlig overvåking (JAMP)

Rådata, opplysninger om prøver m.v. er tilgjengelig fra databasen for JAMP. Nærmere statistisk bearbeidelse av data i relasjon til tidligere års resultater er også foretatt innen dette programmet. Nedenfor gjengis hovedresultatene, dvs. middelverdier/standardavvik fra analysene av enten individuelle fisk eller blandprøver av fisk.

Sammendrag av resultatene fra den rutinemessige årlige overvåkingen er presentert i Tabell 3.

Vesentlig interesse har vært knyttet til nivåene av **kvikksølv** etter de store uhellstilførslene vinteren 1999-2000 (Molvær 2000, Skei & Knutzen 2000). Resultatene for 2004 viste overkonsentrasjoner i filet av både torsk og skrubbe (sammenlignet med tilstandsklassene for torsk) fra indre Sørfjorden. Tallene i Tabell 3 overskrider grensen for Kl. I i SFTs klassifiseringssystem (= antatt høyt bakgrunnsnivå; Molvær et al. 1997) med 1,9 og 3,2 ganger i henholdsvis torsk og skrubbe. Dette tilsvarer henholdsvis tilstandsklasse II (moderat forurenset) og III (markert forurenset). Disse konsentrasjonene er ikke særlig forskjellig fra

konsentrasjonene i 2003. For torsk representerer konsentrasjonene i 2003 og 2004 en nedgang i forhold til tidligere (Tabell 4; Figur 2). Statistiske trendanalyser utført innenfor JAMP av de årlige medianene (1987-2004) viser også en signifikant nedgang i kvikksølvkonsentrasjonene i små torsk fra Strandebarm (Green et al. under utarbeidelse). Konsentrasjonene av kvikksølv i torsk samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking (gjennomsnittlig 0,27 mg/kg, våtvekt, i filet av torsk fanget ved Måge) var imidlertid høyere enn i JAMP-materialet (se nedenfor).

For skrubbe representerer den målte 2004-konsentrasjonen en svak nedgang fra 2003 og 2002. Kvikksølvkonsentrasjonen i skrubbe i 2002 var den høyeste verdien som er registrert siden 1987 (Tabell 4). Konsentrasjonen i 2003 den nest høyeste som er registrert siden 1987 (Tabell 4). på tross av denne svake nedgangen viser statistiske trendanalyser (innenfor JAMP; Green et al. under utarbeidelse) av de årlige medianene (1988-2004) en signifikant oppadgående trend i kvikksølv-konsentrasjonene i filet av stor skrubbe fra indre Sjøfjorden. Tabell 3 viser forøvrig videre at kvikksølvnivåene lå litt under "normalnivå" (Kl. I) for både torsk og skrubbe i materialet fra Strandebarm. Glassvar fra både Strandebarm og Åkrafjorden inneholdt imidlertid konsentrasjoner av kvikksølv som var høyere, dog moderate (Tabell 3).

Av Tabell 4 fremgår det ellers at det har vært variasjoner i kvikksølvinnholdet mellom år i perioden 1987-2004. Disse variasjonene er generelt vanskelige å knytte til opplysninger om varierende belastning.

I Sjøfjordfisk ses i likhet med tidligere også virkningen av den store belastningen på indre del av fjorden, særlig med **kadmium**; i mindre grad også forurensningen med **bly**. Dette gjelder i hovedsak skrubbe. Bortsett fra kvikksølv, er metaller i fisk så langt ikke inkludert i SFTs klassifiseringssystem, men i henhold til data fra JAMP referansestasjoner 1990-1998 (Knutzen & Green 2001b) bør ikke innholdet av kadmium i torskelever være over 0,20-0,25 mg/kg. Nivået i torskelever fra indre Sjøfjorden i 2004 representerer en fordobling i forhold til 2003. Overkonsentrasjonene i skrubbe fra indre Sjøfjorden var 6-7 ganger ovennevnte referansenivå. Dette er imidlertid en nedgang i forhold til i 2003. Det er m.a.o. tydelig at kadmiuminnholdet i fisk varierer.

Konsentrasjonene av bly i fisk fanget ved Strandebarm i hovedfjorden (Tabell 3) viste generelt ingen forandring fra 2003 (Tabell 3). I indre fjord økte konsentrasjonene i torsk, men gikk ned i skrubbe. Ingen vesentlige forandringer kunne heller observeres i konsentrasjonene av kobber og sink fra 2003 til 2004. Unntaksvis var konsentrasjonen av kobber i skrubbelever, som sank med en faktor 3. Statistiske trendanalyser utført innenfor JAMP av de årlige medianene (Green et al. under utarbeidelse) viser en nedgang i konsentrasjonene av kadmium i lever av skrubbe (1988-2004) og i konsentrasjonene av bly (1990-2004) i lever av torsk fra denne stasjonen. Dette er imidlertid ikke veldig interessant, siden konsentrasjonene her har likevel vært lave de siste årene.

Dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av metaller i fisk fra Sjøfjorden og utenfor med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende bemerkes:

Nivåene av kvikksølv, kadmium og bly er høyere i torsk fra Sjøfjorden, enn andre kystområder (Green et al. 2004). I indre Oslofjord kan imidlertid nivåene av kvikksølv være tilnærmet like, enkelte år, mens nivåene av kadmium ofte forekommer i tilsvarende konsentrasjoner. Skrubbe viser også de høyeste konsentrasjonene av metaller i Sjøfjorden. Metall-konsentrasjoner i fisk fra Strandebarm ligger på nivåer man kan finne andre steder langs kysten (Green et al. 2004).

Tabell 3. Middel/Standardavvik for kvikksølv i filet og kadmiom, kobber, bly og sink i lever av torsk (*Gadus morhua*), skrubbe (*Platichthys flesus*) og glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*) fra indre Sør fjorden (JAMP st. 53B), Strande barm i Hardangerfjorden (JAMP st. 67B) og Åkrafjorden (ref.st. 21F) i 2004, mg/kg våtvekt.

Stasjoner/Arter	Filet Hg	Lever Cd	Lever Pb	Lever Cu	Lever Zn
Indre Sør fj.					
Torsk ¹⁾	0,19/0,06	0,40/0,23	0,16/0,15	10,87/5,63	35,5/10,7
Skrubbe ²⁾	0,32/0,22	1,44/0,82	0,44/0,14	7,78/3,30	30,3/3,9
Strande barm					
Torsk ³⁾	0,04/0,01	0,02/0,01	<0,03/0,04	5,97/2,90	23,1/9,2
Skrubbe ⁴⁾	0,06/0,01	0,06/0,01	<0,02/0,00	12,02/1,00	47,4/9,5
Glassvar ⁵⁾	0,23/0,15	0,06/0,04	<0,03/0,01	4,30/0,54	74,8/25,7
Åkrafjorden (ref.st.)					
Glassvar ⁶⁾	0,19/0,08	0,10/0,06	<0,02/0,00	8,00/3,09	94,1/20,6

1) Individuelle analyser av 25 eks.: 353-1025 g (gjennomsnitt 604 g).

2) 5 blandprøver à 5 eks, tilnærmet etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 424 g, 336 g, 487 g, 542 g og 684 g.

3) Individuelle analyser av 25 eks.: 368-2817 g (gjennomsnitt 838 g).

4) 5 blandprøver à 5 eks, tilnærmet etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 549 g, 877 g, 1114 g, 1188 g og 1431 g.

5) 2 blandprøver à 5 eks, middelvekter i blandprøver: 318 g og 693 g.

6) 5 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 322 g, 554 g, 742 g, 924 g og 1015 g.

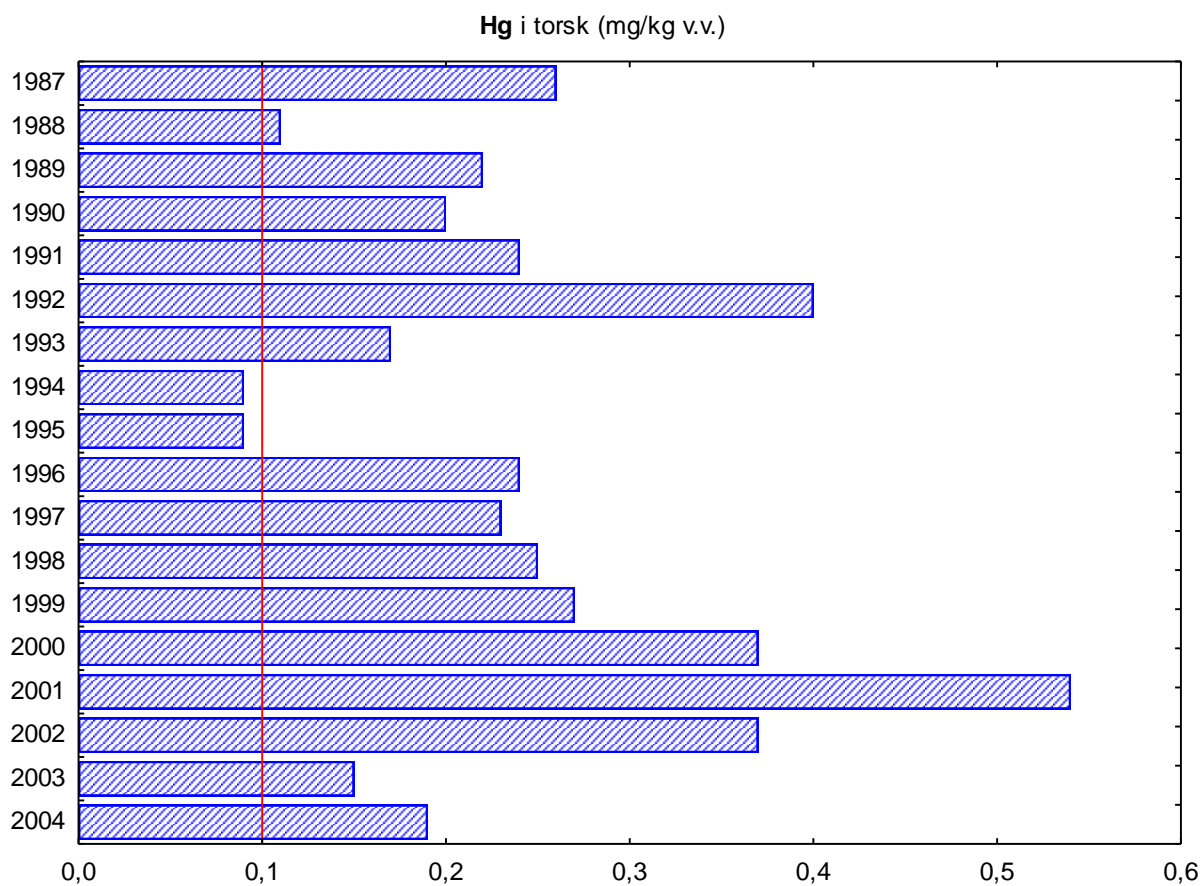
Tabell 4. Middeler verdier av kvikksølv i muskel av torsk, skrubbe og glassvar fra indre Sør fjorden (JAMP-st. 53) og Strande barm (JAMP-st. 67) 1987-2004, mg/kg våtvekt.

Stasjoner/ arter	-87	-88	-89	-90	-91	-92	-93	-94	-95	-96	-97	-98
Indre Sør fj.												
Torsk	0,26	0,11	0,22	0,20	0,24	0,40	0,17	0,09	0,09	0,24 ¹⁾	0,23 ¹⁾	0,25 ¹⁾
Skrubbe		0,10	0,13	0,12	0,13	0,12	0,08	0,15	0,05	0,17 ²⁾	0,19 ²⁾	0,20 ²⁾
Strande- barm												
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
Stasjoner/ arter	-99	-00	-01	-02	-03	-04						
Indre Sør fj.												
Torsk	0,27	0,37	0,54	0,37	0,15	0,19						
Skrubbe	0,19	0,26	0,37	0,57	0,53	0,32						
Strande- barm												
Torsk	0,07	0,11	0,08	0,08	0,05	0,04						
Glassvar	0,24	0,19	0,16	0,16	0,14	0,23						
Skrubbe	0,04	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06						

¹⁾ Middeler verdier fra Tyssedal og Edna

²⁾ Middeler verdier fra Odda, Tyssedal og Edna

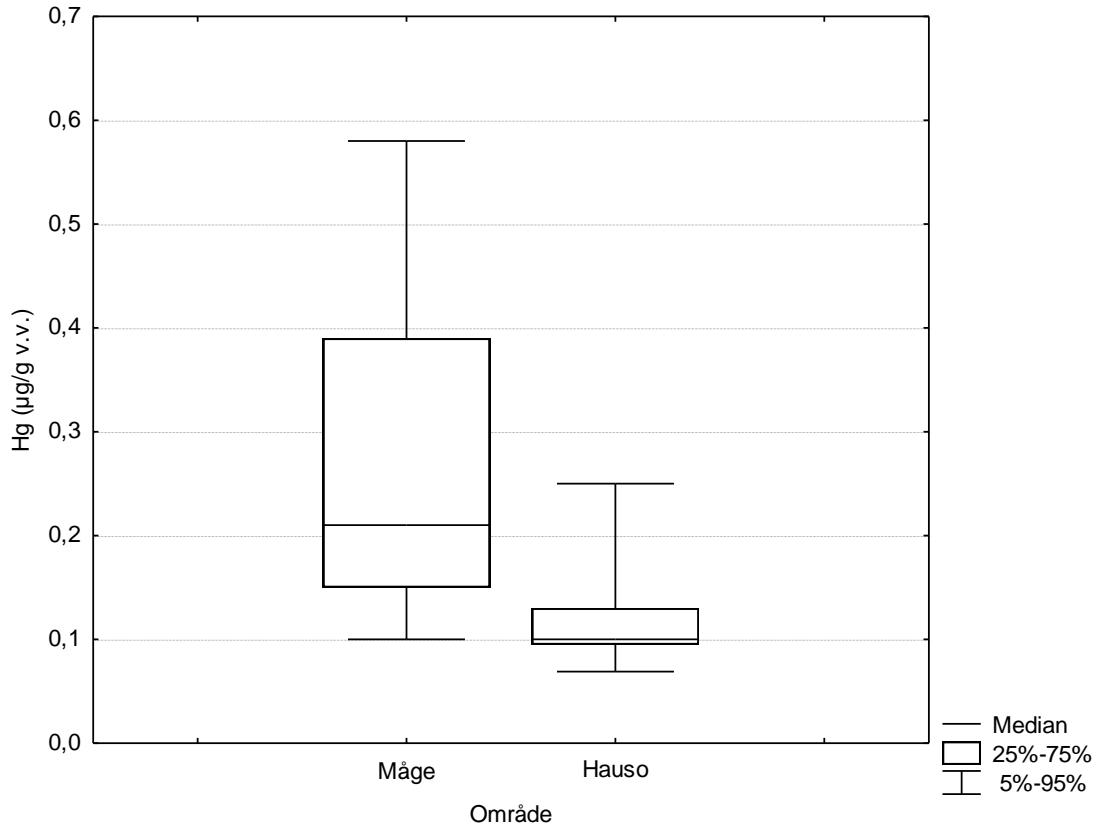
Figur 2. Middelerverdier av kvikksølv i muskel av torsk fra indre Sør fjorden, mg/kg våtvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 4. (| = høyt bakgrunnsnivå).



4.1.2 Kvikksølv i individuelle torsk (filet), tilleggsanalyser

Filet av torsk fra indre Sjørfjorden (Måge) inneholdt signifikant høyere konsentrasjoner av kvikksølv enn torsk fra ytre fjord (Hauso) ($P < 0.001$; Figur 3), som indikerer betydningen av fangststedet, samt en forurensningsgradient i torsk ut fjorden. Sammenlignet med torsken samlet i 2001 (Walday 2002) og 2003 kunne ingen signifikante forskjeller i kvikksølv-konsentrasjonene detekteres (på noen av stasjonene Måge eller Hauso; $P > 0.05$; Tabell 5).

Figur 3. Grafisk fremstilling ("box plot") av konsentrasjonene av kvikksølv (mg/kg våtvekt; median \pm kvartiler og $\pm 95\%$ -persentiler) i filet av individuelle torsk (*Gadus morhua*), fra indre Sjørfjorden (Måge) og ytre Sjørfjorden (Hauso) i 2004. $n=25$.



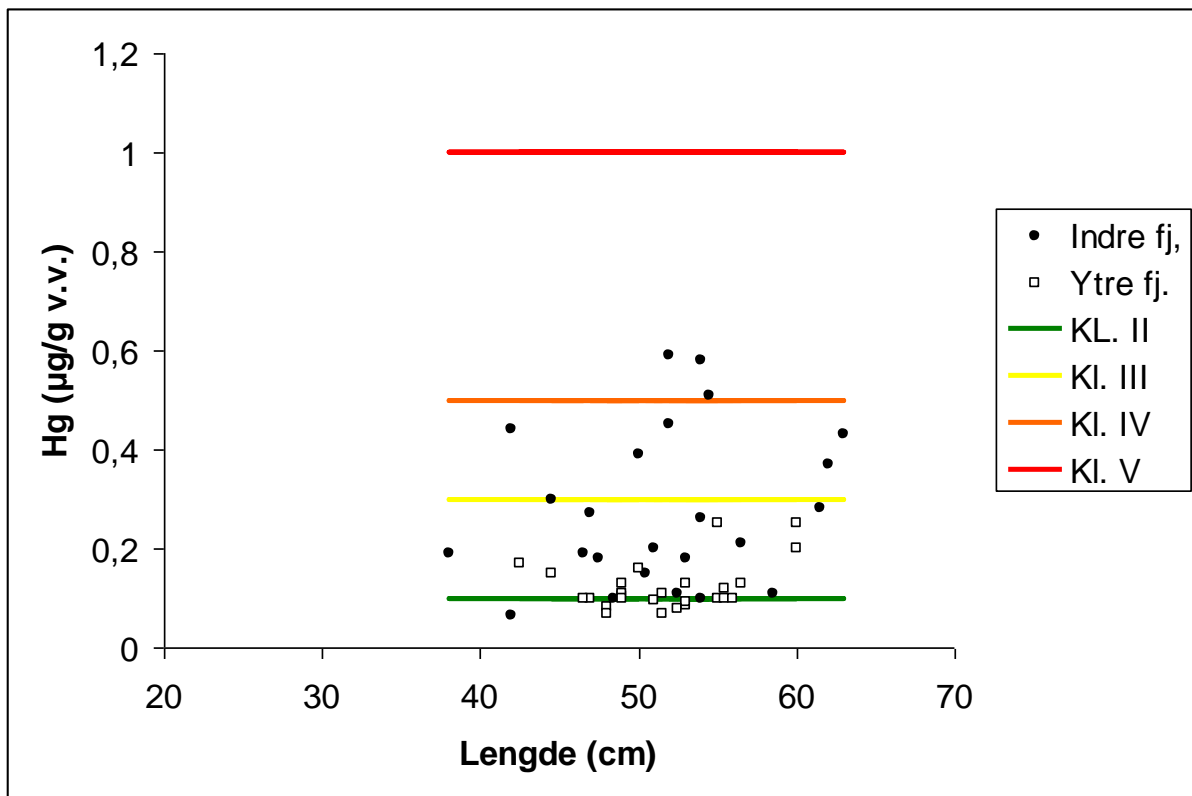
Tabell 5. Konsentrasjoner av kvikksølv (mg/kg våtvekt; median, gjennomsnitt og standard avvik) i filet av individuelle torsk (*Gadus morhua*), fra indre Sjørfjorden (Måge) og ytre Sjørfjorden (Hauso) i 2001, 2003 og 2004.

		2001	2003	2004
Indre fjord (Måge)	median	0,220	0,280	0,210
	gjennomsnitt	0,276	0,321	0,271
	st. avvik	0,169	0,190	0,158
Ytre fjord (Hauso)	median	0,085	0,086	0,100
	gjennomsnitt	0,123	0,102	0,123
	st. avvik	0,080	0,042	0,050

Den tilsynelatende bedringen/nedgangen i kvikksølvkonsentrasjoner man kan se av JAMP-materialet (torsk) siden 2001 (Tabell 4) kan med andre ord ikke ses av materialet samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking (ved Måge). De gjennomsnittlige konsentrasjonene av kvikksølv i torsk i 2004 var imidlertid nær identiske i de to fangstene

(0,19 og 0,21 mg/kg våtvekt i hhv. JAMP og Statlig program for forurensningsovervåking; Tabell 3 og 5). Gjennomsnittskonsentrasjonen av kvikksølv i torsk fanget innenfor Statlig program for forurensningsovervåking representerer Kl. II (moderat forurenset) i SFTs klassifiseringssystem. Enkelte individer var imidlertid markert (Kl. III), eller sterkt (Kl. IV) forurenset (Figur 4). Torsken viste ingen lineær sammenheng mellom fiskens lengde og kvikksølvinnhold, slik som ble observert i 2003-dataene (Ruus & Green 2004). Imidlertid var det en signifikant lineær, men ikke veldig god sammenheng mellom torskens vekt og kvikksølvinnhold ved Hauso ($P < 0,005$; $R^2 = 0,31$; ikke vist).

Figur 4. Konsentrasjoner av kvikksølv (mg/kg våtvekt) i filet av individuelle torsk (*Gadus morhua*) plottet mot fiskens lengde, fra indre Sør fjorden (Måge) og ytre Sør fjorden (Hauso). SFTs tilstandsklasser for kvikksølv i filet av torsk er angitt.

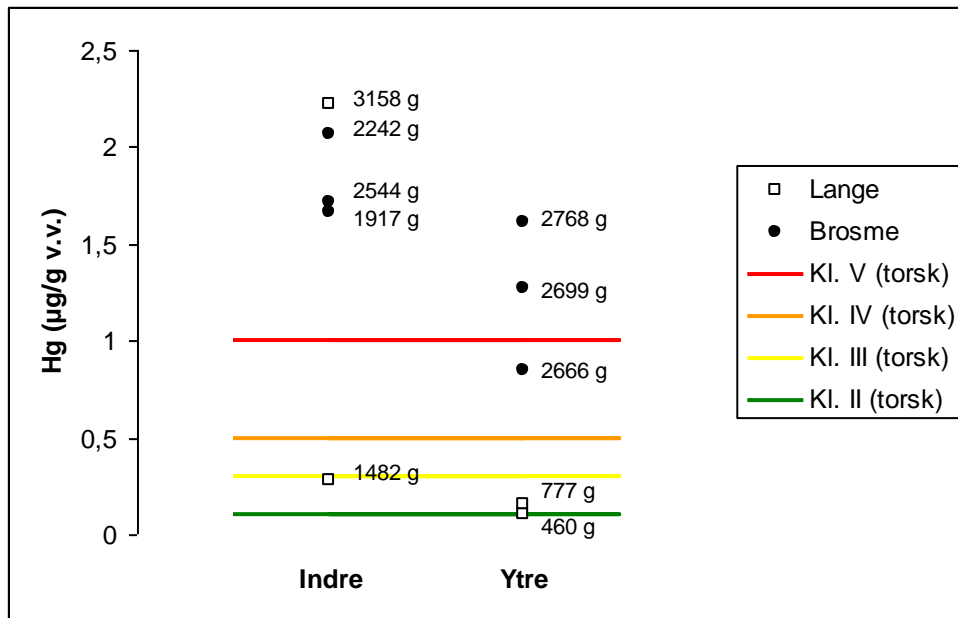


4.1.3 Kvikksølv i dypvannsfisk

Kvikksølvkonsentrasjonene i filet av dypvannsfisk (lange og brosme) var signifikant høyere i indre Sjørfjorden (Tyssedal/Edna), enn i ytre fjord (Hauso) ($P < 0,05$; Figur 5), slik det ble observert for torsk. En av prøvene (lange) i indre fjord inneholdt imidlertid vesentlig mindre kvikksølv enn de øvrige 4 prøvene. Konsentrasjonene ser dessuten til å øke med økende vekt på fisken (Figur 5). De to minste fiskene (lange) ble fanget i ytre fjord. Uten disse fiskene ville man ikke kunne vise til en forskjell mellom indre og ytre fjord (Figur 5).

Innholdet av kvikksølv i dypvannsfisk var meget høyt (Figur 5) og bekrefter de høye konsentrasjonene funnet tidligere (f. eks. Ruus & Green 2004). Bekymringene knyttet til dette kommer også til syne i gjeldende kostholdsråd (sist vurdert 2003; se Kap. 2).

Figur 5. Konsentrasjoner av kvikksølv (mg/kg våtvekt) i filet av lange (Molva molva) og brosme (Brosme brosme) fra indre Sjørfjorden (Tyssedal/Edna) og ytre Sjørfjorden (Hauso). Blandprøver av 5 individer er analysert. Blandprøvene er sammensatt som ulike størrelseskategorier. Gjennomsnittlig vekt i de ulike blandprøvene er angitt. Til sammenligning er SFTs tilstandsklasser for kvikksølv i filet av torsk også angitt.



4.2 Metaller i blåskjell

Oppsummering av de viktigste observasjonene, 2004:

- Kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell på stasjon B3 (Tyssedal) var i 2004 for første gang innenfor Kl. I, hvilket er positivt.
- Statistiske analyser viser en signifikant jevn nedgang i konsentrasjoner av kadmium (over de siste 17-23 år) på alle stasjonene. Dette er i tråd med nedgangen i skrubbe fra Strandebarm (se ovenfor).
- Metallanalysene av blåskjell viste opp til markert grad av forurensning med bly og kadmium (Kl. III).
- Metallanalysene av blåskjell viste opp til moderat grad av forurensning med kvikksølv (Kl. II).
- Metallanalysene av blåskjell viste ingen overskridelser av Kl. I for kobber og sink.
- Ingen vesentlige forskjeller i metallkonsentrasjoner ble observert mellom blåskjellene samlet innenfor JAMP og blåskjellene samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking en snau måned senere. Det betyr at det ikke var noen vesentlige endringer i metallbelastningen for blåskjell i perioden mellom disse innsamlingene.

Resultatene fra metallanalyser av blåskjell er presentert i Tabell 6. Den tidsmessige utviklingen er fremstilt i Figurene 6-9 (i rekkefølgen kvikksølv, kadmium, bly og sink).

Metallkonsentrasjonene i blåskjell i 2004 viste generelt tilnærmet ingen forandring, eller en liten nedgang, fra 2003. Unntaket er konsentrasjonen av kvikksølv, kadmium, bly og sink i skjell samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking på stasjon B4 (Digraneset), som viste en fordobling i forhold til konsentrasjonene i 2003. Konsentrasjonene i 2003 var imidlertid lave og 2004-konsentrasjonen er omtrent som i 2002 og tidligere (Figur 6-9). Det må bemerkes at kun én blandprøve analyseres hvert år og at slike svingninger kan være et resultat av rene tilfeldigheter.

Konsentrasjonene i Tabell 6 representerer til dels vesentlige overkonsentrasjoner sammenlignet med grensene for Kl. I i SFTs klassifiseringssystem (Molvær et al. 1997). For de 8 stasjonene i Sørfjorden (kolonnene II i tabellen) var det følgende overskridelser (antall ganger Kl. I, avrundet):

Kvikksølv:	<1-2,0	(ubetydelig/lite til moderat forurenset)
Kadmium:	1,9-3,8	(moderat til markert forurenset)
Bly:	2,3-10,9	(moderat til markert forurenset)

Av kobber var det ingen overskridelser av Kl. I (ubetydelig/lite forurenset). Det bør påpekes at utslippene av kobber til fjorden gikk betydelig ned i 2002, sammenlignet med 2001. Videre er de rapporterte utslipp av kobber halvert i 2003 i forhold til i 2001, hovedsaklig fordi utslippene fra Odda smelteverk ble eliminert (Skei & Schøyen 2004). Utslippene av kobber er ytterligere redusert fra 2003 til 2004 (Tabell 1). Analyser av vannprøver gjennom året viste vannkonsentrasjoner av kobber tilsvarende SFTs tilstandsklasse II (moderat forurenset) i hele Sørfjorden (Skei & Schøyen 2005).

Av sink var det heller ingen overskridelser av Kl. I (ubetydelig/lite forurenset), på tross av at analyser av vannprøver gjennom året viste vannkonsentrasjoner av sink tilsvarende SFTs tilstandsklasse V (meget sterkt forurenset) innerst i Sørfjorden (Skei & Schøyen 2005). Det må imidlertid påpekes at blåskjell har en evne til å regulere opptak/utskillelse av dette metallet (Lobel & Marshall 1988 med ref.).

Dersom en sammenligner metallkonsentrasjonene i blåskjell samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking med skjell samlet innenfor JAMP, en drøy måned tidligere (hhv. kolonne II og I i Tabell 6), ser man ingen vesentlige forskjeller, slik som ble påpekt for 2003-dataene (Ruus & Green 2004). Dette tyder på liten forandring i metallbelastningen i perioden mellom de to innsamlingene.

Kvikksølvinnholdet i blåskjell fra flere av stasjonene har ligget høyt siden 1999 (Figur 6). I 2003 og 2004 har imidlertid nivåene sunket. På stasjon B2 (Eitrheim) er kvikksølvkonsentrasjonen i blåskjell for 3de året på rad innenfor grensen for Kl. I (ubetydelig/lite forurenset) (som den ikke ellers har vært siden 1981; Figur 6). Kvikksølvkonsentrasjonen i skjell fra stasjon B4 (Digranes) er for andre året på rad innenfor grensen for tilstandsklasse I, mens konsentrasjonen på stasjon B3 (Tyssedal) for er for første gang (siden 1981) innenfor grensen for Kl. I (ubetydelig/lite forurenset). Analyser av vannprøver gjennom året viste vannkonsentrasjoner av kvikksølv tilsvarende SFTs tilstandsklasse II (moderat forurenset) i hele Sørfjorden (Skei & Schøyen 2005).

Tabell 6. Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Sørfjorden og Hardangerfjorden 2004 (10-11 oktober [I] og 3-6 november [II], mg/kg tørrvekt). (Fra JAMP middel av 3 størrelseskategorier; fra INDEKS-programmet middel av 3 paralleller av samme størrelseskategori). Ikke analysert: i.a. Jfr. Figur 1 vedrørende stasjonsplassering (i tabellen oppført med økende avstand fra Odda).

St.	Hg		Cd		Pb		Zn		Cu	
	I ¹⁾	II	I ¹⁾	II	I ¹⁾	II	I ¹⁾	II	I ¹⁾	II
B1/51A	0,30 ²⁾	0,32	5,5 ²⁾	7,0	41,5 ²⁾	32,7	i.a.	97	i.a.	4,8
B2/52A	0,24	0,13	5,8	4,2	19,5	10,4	122	92	6,2	4,0
B3		0,11		5,5		13,8		146		5,2
B4		0,39		7,5		31,3		156		4,0
Måge		0,33		4,8		17,5		153		4,0
B6/56A	0,24	0,24	6,2	6,0	25,8	30,1	171	192	5,6	4,6
B7/57A	0,10	0,26	2,7	5,3	5,3	13,5	74	135	3,2	3,8
Utne		0,19		3,8		7,0		129		4,0
B13/63A	0,08		1,6		2,1		54		2,4	
B15/65A	0,07		1,5		1,4		72		2,8	

¹⁾ JAMP-serien

²⁾ INDEKS-stasjon

Sammenlignet med tidligere år ses også en nedgang i kadmiumkonsentrasjonene i blåskjell på de fleste stasjonene de seneste årene. Statistiske analyser (lineære regresjoner med år som kontinuerlig forklaringsvariabel) viser sågar en signifikant nedgang i konsentrasjoner av kadmium (1981-2004; Statlig program for forurensningsovervåking) på alle stasjonene ($p < 0,02$; se Figur 7). Modellen (den rette linjen) hadde den beste forklaringsprosenten på stasjonene B4 (Digranes) og B7 (Krossanes) (hhv. $R^2 = 0,80$ og $R^2 = 0,73$), hvor man av Figur 7 også kan se den jevneste nedgangen. Disse resultatene er i god overenstemmelse med de

statistiske analysene som gjennomføres innenfor JAMP, som viser signifikante nedganger i kadmiumkonsentrasjonene i blåskjell på stasjonene B2/52A (Eitrheim), B6/56A (Kvalnes), B7/57A (Krossanes), B13/63A (Ranaskjær) og B15/65A (Vikingneset) (1986-2004; Green et al. under utarbeidelse). Disse resultatene stemmer også overens med den nedadgående trenden for kadmium i skrubbe ved Strandebarm (se ovenfor).

Når det gjelder bly, ses ingen vesentlig forandring i blåskjellkonsentrasjonene i 2004, sammenlignet med de siste årene (Figur 8). De rapporterte utslippene har imidlertid økt fra 2003 til 2004 (Tabell 1).

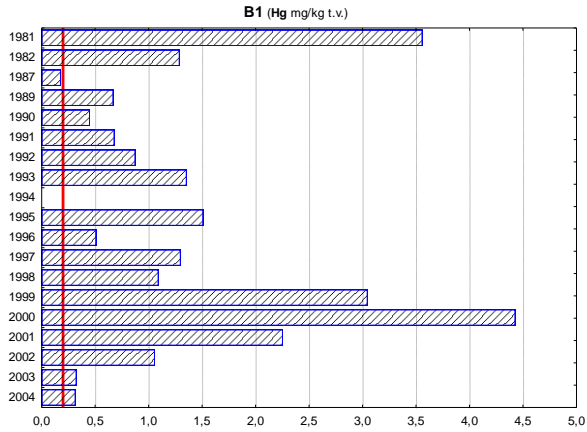
Overordnet kan en si at såvel årets som tidligere resultater for metaller i blåskjell viser et bilde av metallforurensningen i Sørfjorden som både er ujevn på den enkelte stasjon og med et utbredelsesmønster varierende med tilførsel av metaller i vannet, som dessuten sannsynligvis er influert av nedbørsforhold og andre klimatiske parametre, som vind og strøm. Det bør også nevnes at prøvestedene for observasjonene i vann ligger i betydelig avstand fra blåskjellstasjonene, noe som er viktig å bemerke ettersom belastningen i strandsonen kan være spesiell (Knutzen & Green 2001a). Det er derfor viktig med en overvåking av metaller i blåskjell. Det er dessuten stor usikkerhet forbundet med å forsøke å bedømme spiseligheten av skjell bare ut fra registreringer i vann. En annen fordel med blåskjellobservasjonene kan være at episodiske ekstrembelastninger ikke får samme utslag i skjell som i vann, og at mer overordnede tendenser derved lettere kan fremgå av blåskjellresultatene.

Av resultatene fra JAMP-stasjonene fremgår det at i 2004 tilsvarte ikke konsentrasjonene av noen av metallene mer enn Kl. I i SFTs klassifiseringssystem (ubetydelig/lite forurenset; Molvær et al. 1997) på stasjonene utenfor Sørfjorden (stasjon 63A og 65A; Tabell 6).

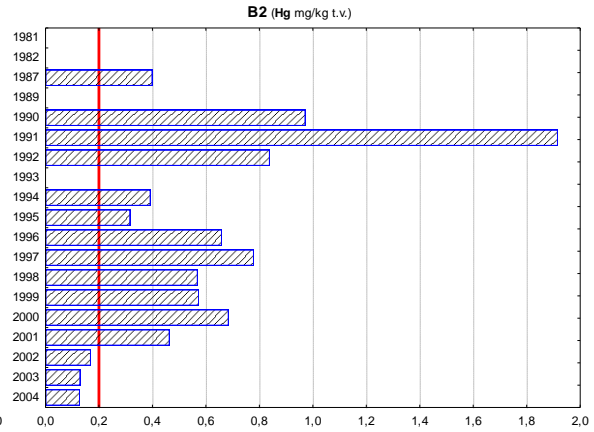
Dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av metaller i blåskjell fra Sørfjorden og utenfor med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende bemerkes: Nivåene av kvikksølv, kadmium og bly er høyere i blåskjell fra Sørfjorden, enn andre kystområder (Green et al. 2004). Det er ikke uvanlig at kvikksølv- og kadmiumkonsentrasjonene på enkelte stasjoner i Sørfjorden er en faktor >10 og bly en faktor >50 høyere enn vanlige nivåer i andre områder. Dette kommer også til uttrykk i blåskjell fra stasjoner i fjordsystemet utenfor Sørfjorden, ved at disse ofte også er noe forhøyet (Green et al. 2004).

Figur 6. Kvikksølv i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørffjorden 1981-2004, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = høyt bakgrunnsnivå).

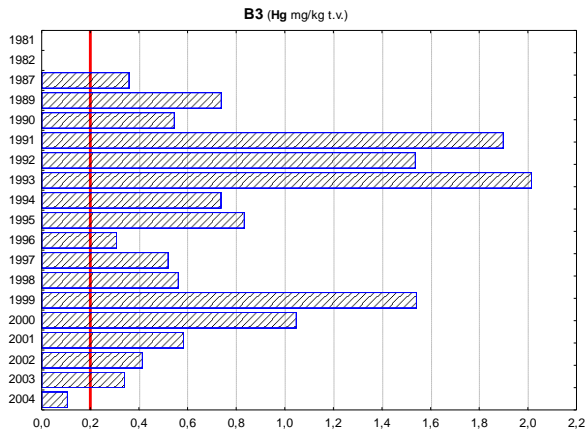
B1 (2).



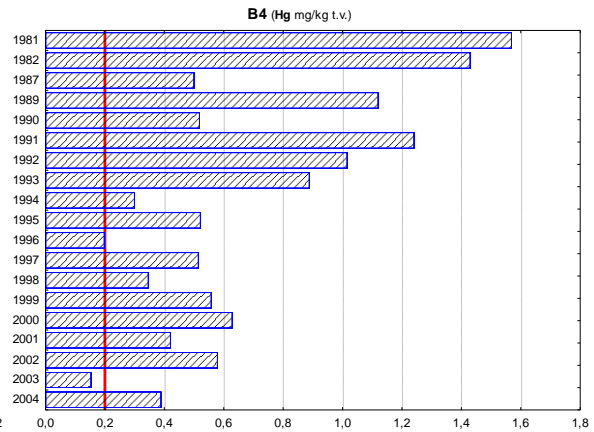
B2 (3).



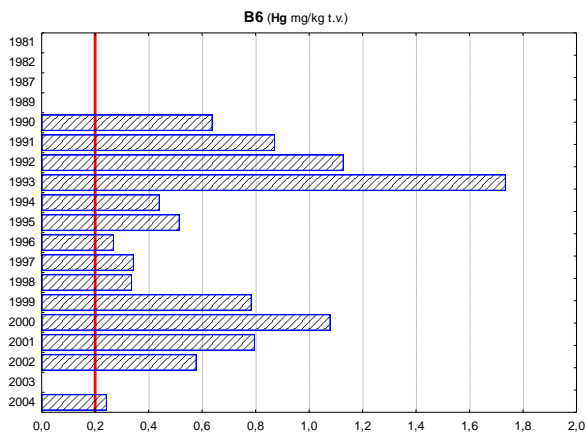
B3 (6).



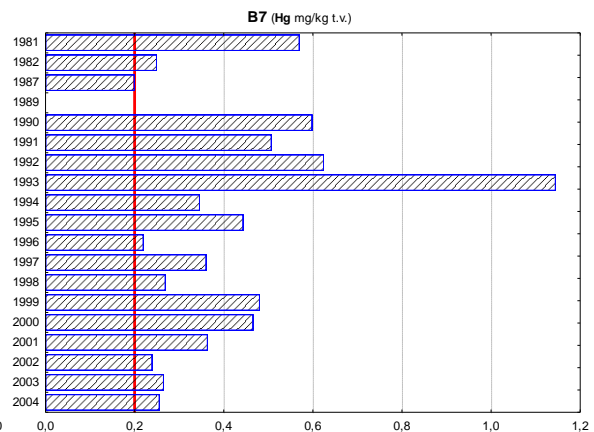
B4 (10).



B6 (18).

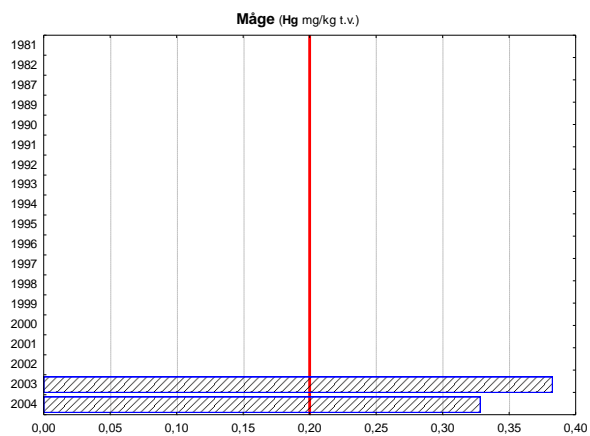


B7 (38).

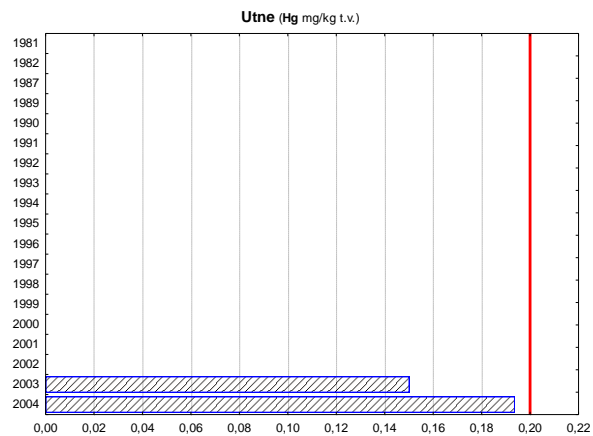


Forts. Figur 6.

Måge (15).

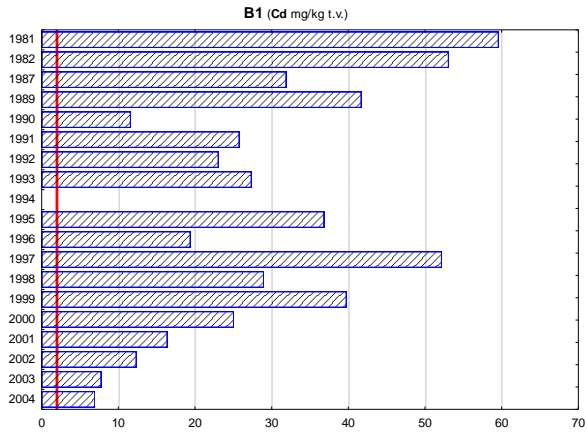


Utne (40).

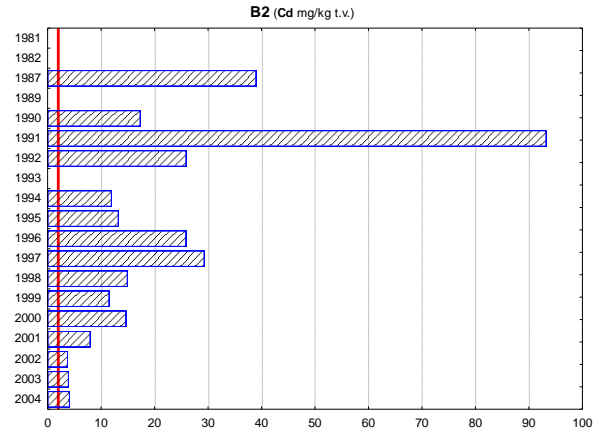


Figur 7. Kadmium i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørffjorden 1981-2004, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulike skalaer for de forskjellige stasjonene. (| = høyt bakgrunnsnivå).

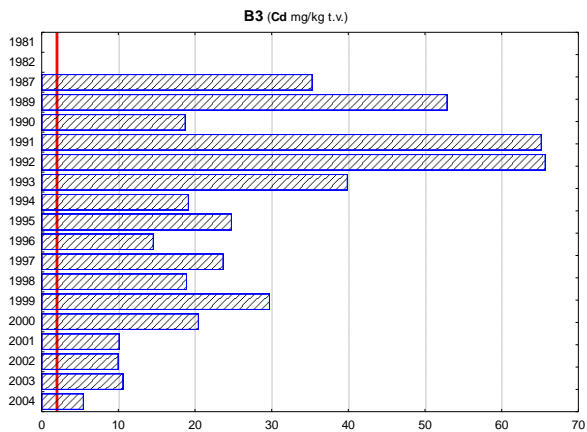
B1 (2).



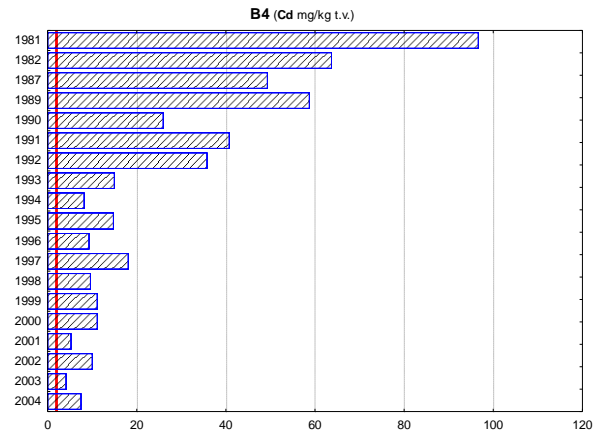
B2 (3).



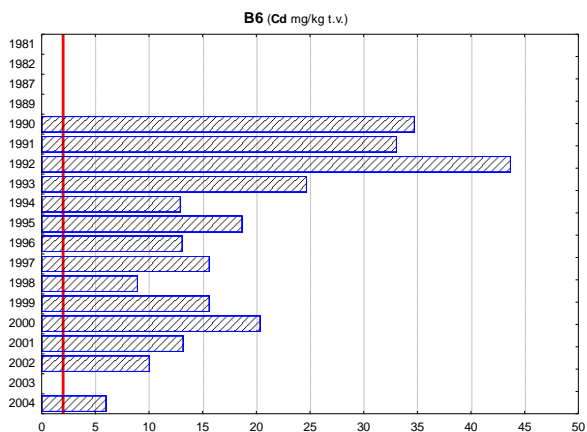
B3 (6).



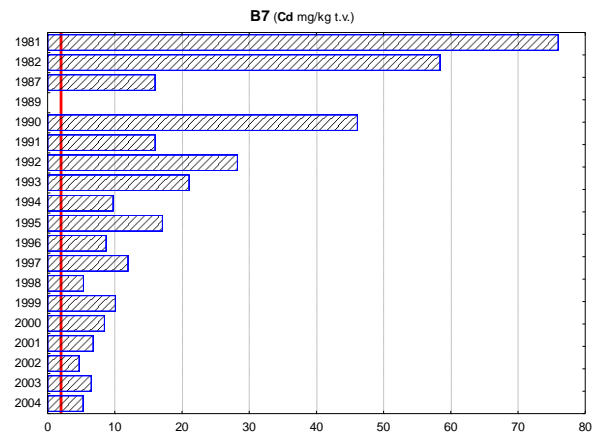
B4 (10).



B6 (18).

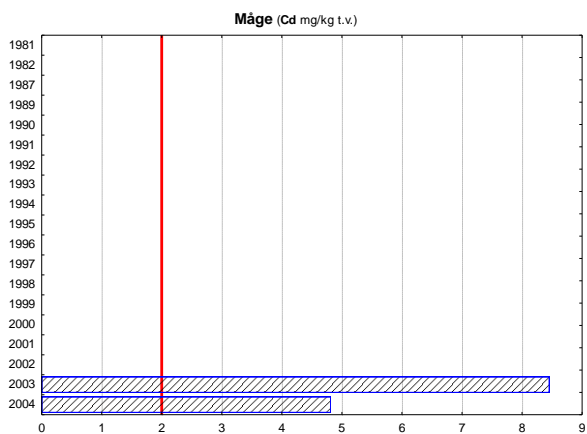


B7 (38).

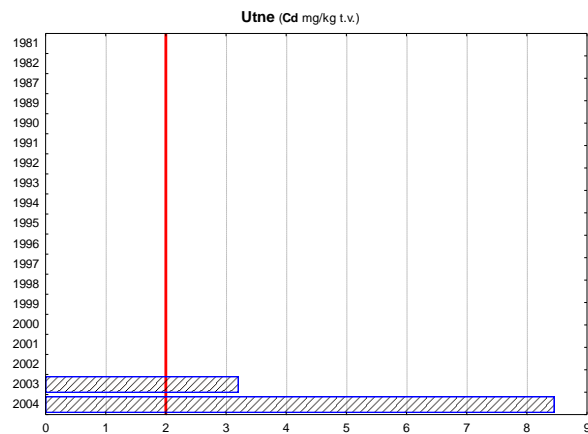


Forts. Figur 7.

Måge (15).

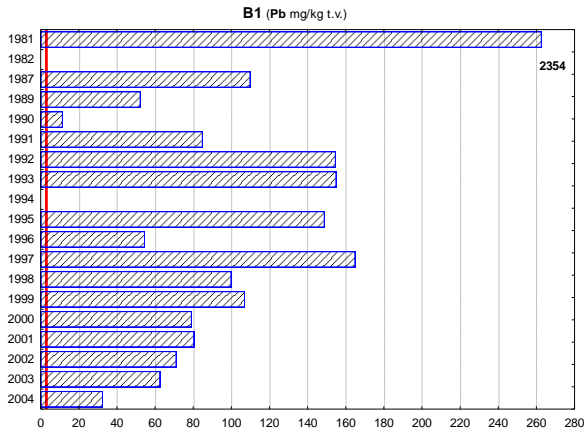


Utne (40).

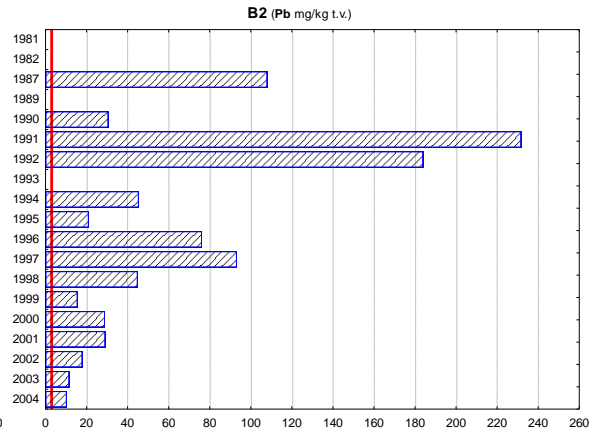


Figur 8. Bly i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1981-2004, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (↓ = høyt bakgrunnsnivå). De høye verdiene registrert på stasjonene B1, B4 og B7 (hhv. 2354 mg/kg, 1030 mg/kg og 406 mg/kg) i 1982 (relativt til de andre årene) er ikke vist med søyle, men angitt med tall i figurene.

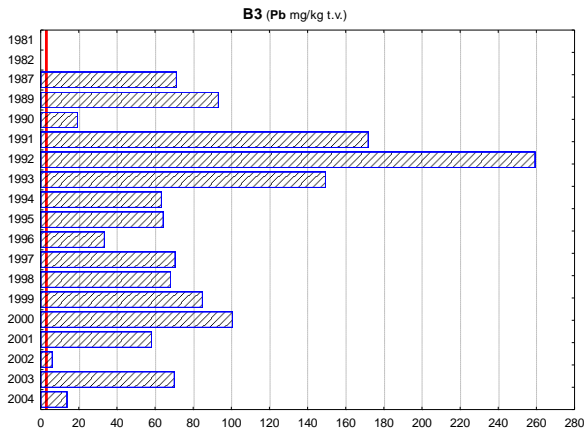
B1 (2).



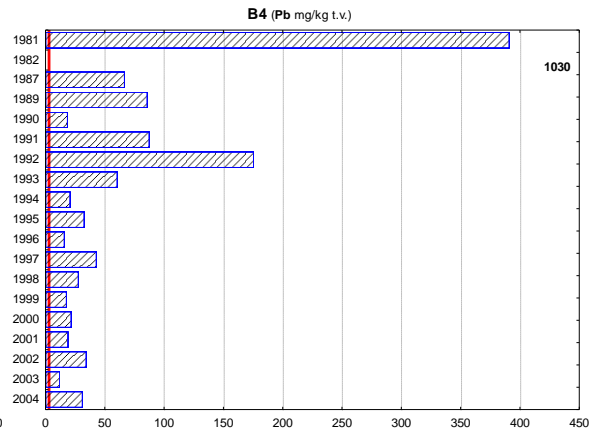
B2 (3).



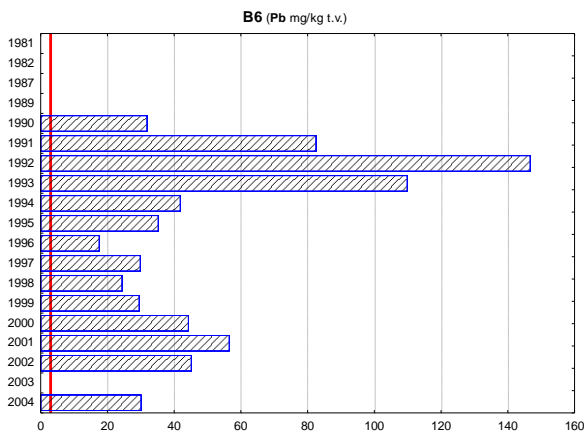
B3 (6).



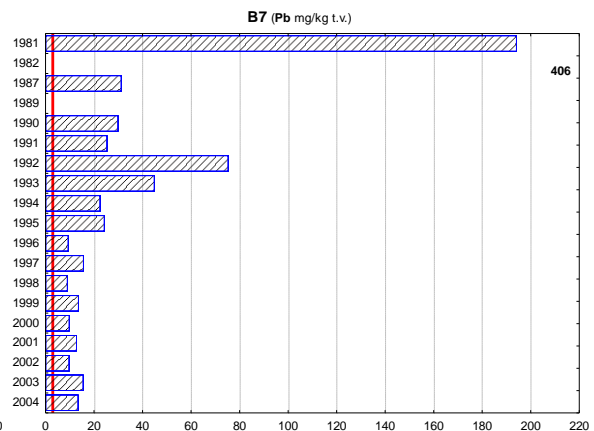
B4 (10).



B6 (18).

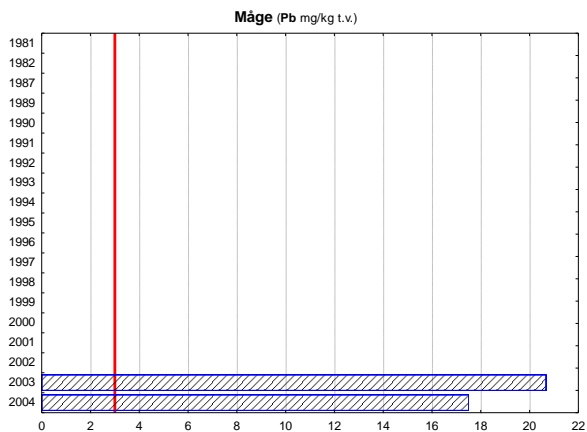


B7 (38).

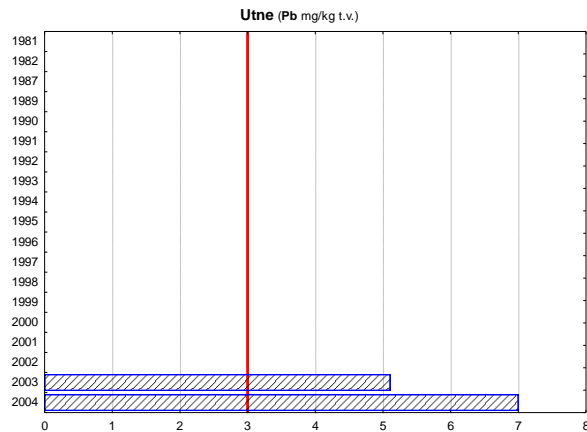


Forts. Figur 8.

Måge (15).

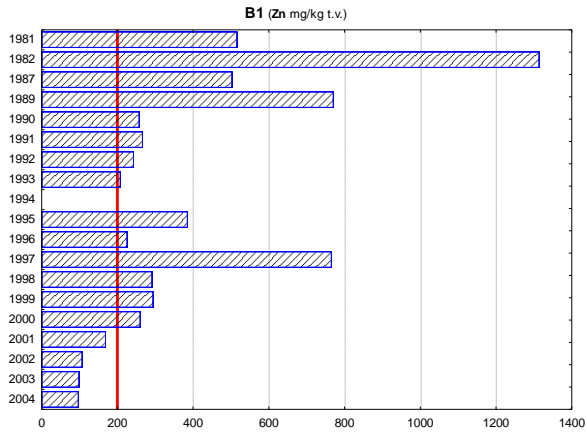


Utne (40).

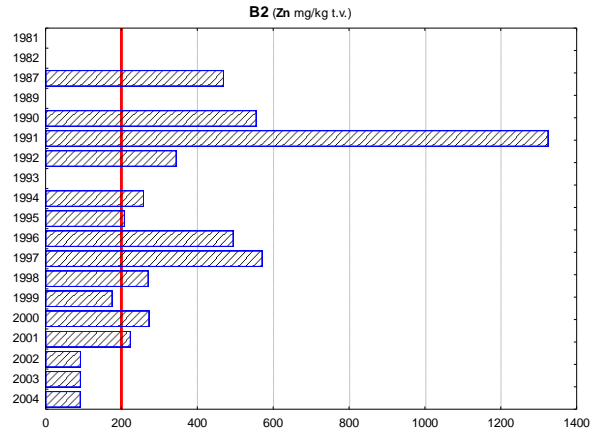


Figur 9. Sink i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørffjorden 1981-2004, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand (km) fra Odda. Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (| = høyt bakgrunnsnivå).

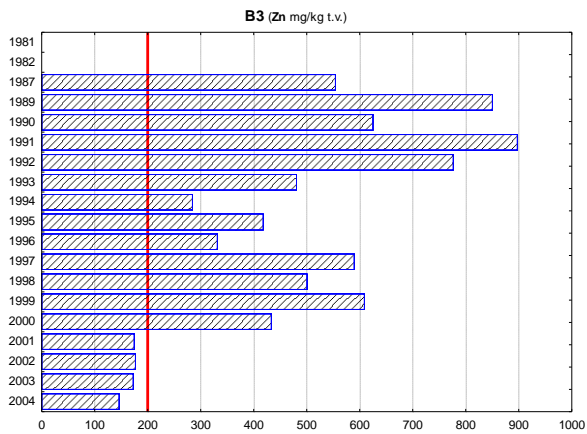
B1 (2).



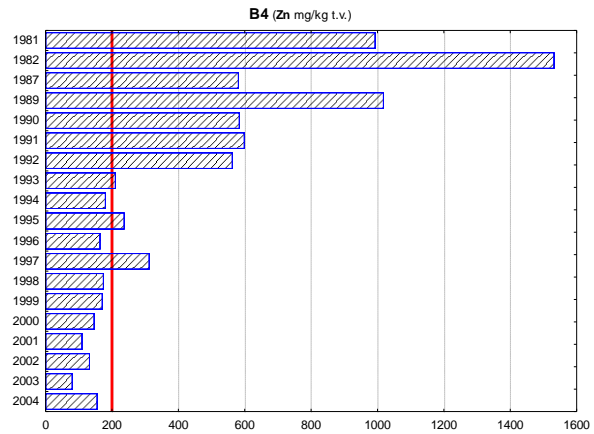
B2 (3).



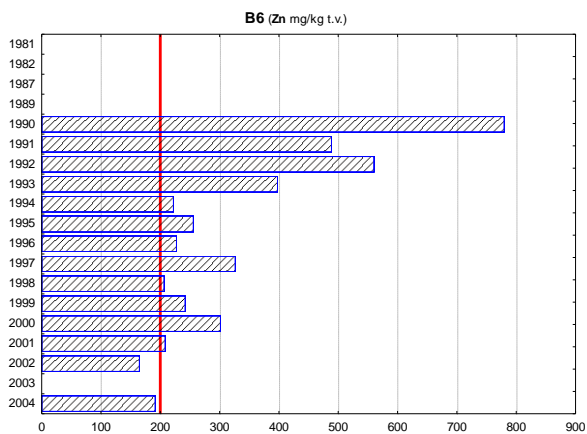
B3 (6).



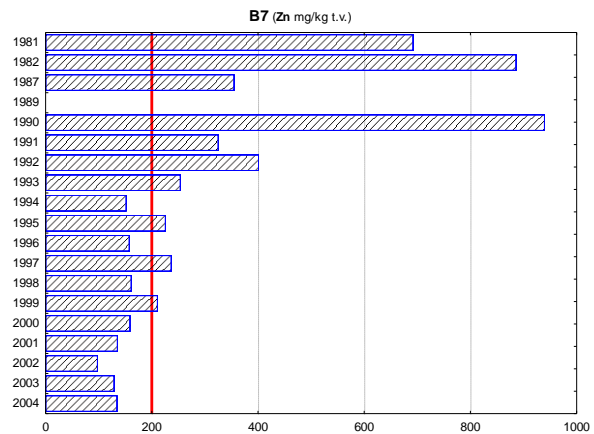
B4 (10).



B6 (18).

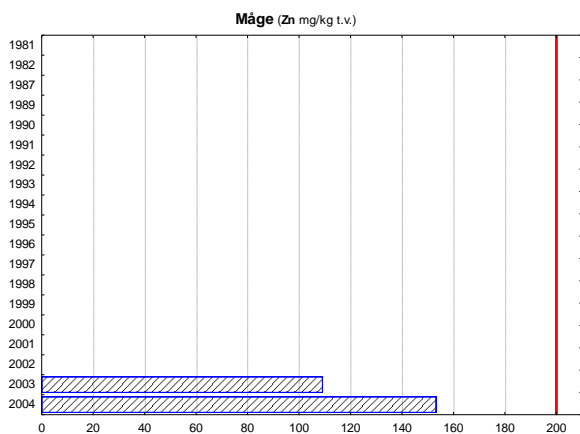


B7 (38).

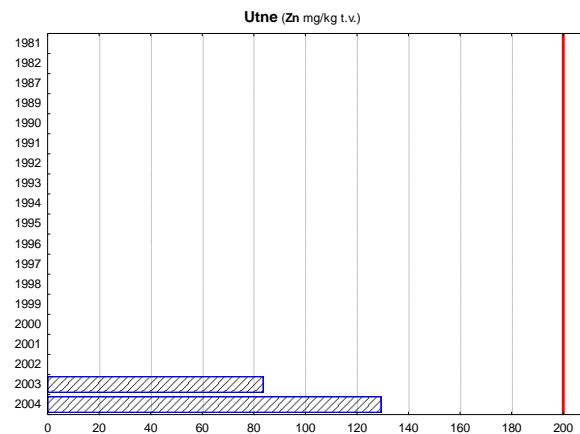


Forts. Figur 9.

Måge (15).



Utne (40).



4.3 Klororganiske stoffer i fisk

Oppsummering av de viktigste observasjonene, 2004:

- PCB-konsentrasjonene i torskelever, 2004, har sunket til et nivå tilsvarende ved tidligere år (SFTs tilstandsklasse II), etter ekstreme konsentrasjoner i 2002. Det er viktig å bemerke at disse funnene ikke helt utelukker at det finnes torsk med ekstreme PCB-konsentrasjoner i Sør fjorden, da funnene fra 2002 viste stor individuell variasjon.
- Konsentrasjonene av PCB i skrubbelever (2004) lå på omtrent samme nivå som i 2002.
- Konsentrasjonene av Σ DDT i torskelever fra Sør fjorden representerer Kl. II (Moderat forurenset). Gjennomsnittlig konsentrasjon (kun våtvekt) av DDT (p,p') i torskelever fra indre Sør fjorden var i 2004 fordoblet i forhold til i 2003. 2003-konsentrasjonen tilsvarte igjen en fordobling i forhold til nivået i 2002.

Utdrag av resultatene fra JAMP-prøver analysert for klorerte organiske miljøgifter er presentert i Tabell 7.

Tabell 7. Σ PCB₇ (sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180) og DDT med nedbrytningsprodukter (Middelverdi/Standardavvik) i fisk fra indre Sør fjorden (JAMP-st. 53) og i Hardangerfjorden ved Strandebarm (JAMP-st. 67) 2004, $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt og $\mu\text{g}/\text{kg}$ fett. Ikke analysert: i.a. (Om prøvenes sammensetning, se Tabell 3).

Stasjoner/arter	Våtvektsbasis				Fettbasis ¹⁾		
	DDT	DDE	DDD	Σ DDT	Σ PCB ₇	Σ DDT	Σ PCB ₇
I. Sør fj., (53)							
Torsk, lever ²⁾	200/37	324/157	40/19	406/232	593/522	1655	2420
Torsk, filet	i.a.	2,0/0,5	0,1/0,0	2,1/0,5	3/1	700	1000
Skrubbe, lever	9,4/5,0	35,2/19,0	6,6/1,3	51,2/24,8	140/69	328	897
Skrubbe, filet	0,2/0,1	0,5/0,2	0,1/0,0	0,8/0,3	3/3	200	750
Strandebarm (67)							
Torsk, lever ²⁾	46/19	102/73	22/17	133/105	147/227	299	330
Torsk, filet	i.a.	0,4/0,2	<0,1/0	<0,5/0,2	<1/1	<250	<500
Skrubbe, lever	2,9/0,4	20,8/1,5	6,9/0,8	30,7/2,6	34/2	122	135
Skrubbe, filet	i.a.	0,2/0,2	0,1/0,0	0,4/0,2	0/1	200	-
Glassvar, lever	22/11	78/45	12/5	111/61	76/22	296	203
Glassvar, filet	i.a.	0,5/0,3	<0,1/0,0	0,6/0,3	<1/1	200	-

¹⁾ Basert på gjennomsnittskonsentrasjoner og midlere fettinnhold.

²⁾ p,p'-DDT analyseres kun i 5 av de 25 individene.

4.3.1 PCB

I 2000 ble det observert til dels meget høye konsentrasjoner av PCB i torskelever i indre Sør fjorden, dog med store individuelle variasjoner (Tabell 8; Knutzen & Green 2001a). Verdiene i 2001 var vesentlig lavere (nær en faktor 6) og dermed på det samme nivået som i 1999 (Tabell 7). I 2002 nådde PCB-nivået i torsk "rekordhøye" konsentrasjoner (Tabell 8, Figur 10; Ruus & Green 2003). Dette skyldes ekstreme konsentrasjoner i 4 individer, som reanalyser bekreftet. Dette ga også utslag i torskfilet-konsentrasjonene av PCB₇ i 2002 (Ruus & Green 2003). I 2003 sank PCB-nivået i torskelever til et nivå under gjennomsnittskonsentrasjonene i 1999 og 2001 (fettvektsbasis; Tabell 8, Figur 10). PCB-konsentrasjonene i lever av torsk fanget i 2004 lå på samme nivå som i 2003 (Tabell 8; på fettvektsbasis. På våtvektsbasis lå 2004-konsentrasjonen noe høyere; Tabell 7). Det er viktig å bemerke at disse

funnene ikke utelukker at det finnes torsk med betydelig høyere PCB-innhold i Sjøfjorden. Av totalt 25 torsk var det kun 4 som viste ekstreme konsentrasjoner i 2002. De resterende 21 torsk viste en gjennomsnittskonsentrasjon av PCB som lå vesentlig lavere. (Ruus & Green 2004; Tabell 8).

Gjennomsnittlig PCB-konsentrasjon i torskelever fra indre Sjøfjorden representerer i 2004 SFTs tilstandsklasse II (moderat forurenset) (Tabell 7).

Tabell 8. Middelerdier for ΣPCB_7 i fisk (lever (l.) og filet (f.)) fra indre Sjøfjorden og Hardangerfjorden ved Strandebarm 1991-2004, mg/kg fett. Individuelle analyser eller blandprøver av størrelseskategorier.

Stasj./arter	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
I. Sjøfj.										
Torsk l.	1,6	8,0	<0,8	0,66	0,36	11,4 ¹⁾	2,4 ¹⁾	20,2 ¹⁾	5,1	20,8
Torsk f.	0,6	6,9	<0,6	-	0,19	8,4 ²⁾	2,0 ¹⁾	34,6 ¹⁾	2,4	20,0
Skrubbe l.	2,8	2,6	<0,5	9,2	0,41	1,4 ²⁾	0,77 ²⁾	0,56 ²⁾	0,84	0,80
Skrubbe f.	16,7	2,5	<0,6	1,96	0,33	0,74 ³⁾	0,64 ²⁾	0,43 ²⁾	0,76	0,46
Ål f.									0,55 ⁴⁾	
Strandeb.										
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
Sandfl. l.								0,67		
Sandfl. f.								0,68		
Ål f.									0,17	

¹⁾ Middelerdier av prøvene fra Tyssedal og Edna.

²⁾ Middelerdier av de tre prøvene fra Odda, Tyssedal og Edna.

³⁾ Bare analysert i materialet fra Odda.

⁴⁾ Middelerdier av fisk fra Odda (0,78 mg/kg) og Edna-Tyssedal (0,31 mg/kg).

Forts. Tabell 8.

Stasj./arter	2001	2002	2003	2004
I. Sørfj.				
Torsk l.	5,3	271,2 ⁵⁾ (7,4) ⁶⁾	2,41	2,42
Torsk f.	<0,25	234,7 ⁷⁾	2,5	1,0
Skrubbe l.	0,62	0,81	1,60	0,90
Skrubbe f.	<0,6	0,40	<0,2	0,75
Ål f.				
Strandeb.				
Torsk l.	0,75	0,35	0,20	0,33
Torsk f.	<3,3	0,25	-	<0,5
Glassvar l.	0,32	0,40	0,30	0,20
Glassvar f.	<0,25	0,00	-	-
Skrubbe l.	0,12	0,12	0,13	0,14
Skrubbe f.	<0,08	0,18	0,08	-
Sandfl. l.				
Sandfl. f.				
Ål f.				

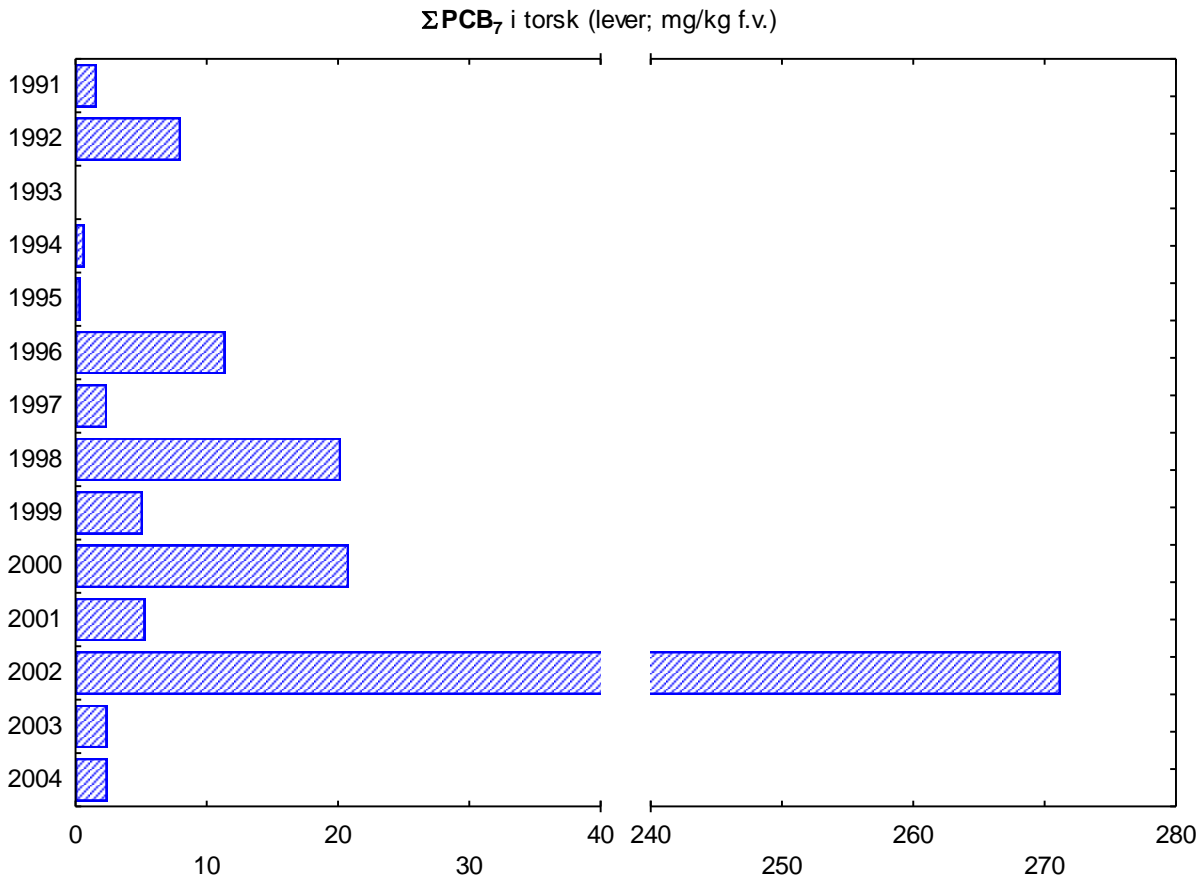
⁵⁾ Ekstreme konsentrasjoner i fire (av 25) individer (gjennomsnittlig 296,0 mg/kg våtvekt ± standard avvik: 118,7) trekker gjennomsnittet opp til denne høye verdien. I parentes:

⁶⁾ Gjennomsnittet (av 21 fisk) uten disse fire individene (se fotnote ⁵⁾).

⁷⁾ Gjennomsnitt av 5 blandprøver på hhv 0,009, 0,008, 0,002, 3,242 og 0,002 mg/kg våtvekt. Det er tydelig at de fire torskene med ekstreme PCB-konsentrasjoner (nevnt i fotnote ⁵⁾ og ⁶⁾) Har blitt ujevnt fordelt på disse fem blandprøvene. PCB-verdiene i filet av torsk fra Sørfjorden 2002 er derfor lite representative.

I 2001 viste blåskjell fra Tyssedal ekstreme konsentrasjoner av PCB (Ruus & Green 2002) og maling/puss fra kraftstasjonen ved Tyssedal ble mistenkt som kilde. Det var i 2002 tydelig at samme kilde hadde ført til ekstreme verdier i enkelte torsk fra samme område (Ruus & Green 2003). PCB hadde nådd til et høyere nivå i næringskjeden, men det er fortsatt uvisst hvilken rute det har kommet via. Fødeveien er absolutt mest sannsynlig, men det er uvisst om det er byttedyr (evt. hvilke byttedyr) som har akkumulert store mengder PCB før de igjen har blitt konsumert av torsk. Det er også en teoretisk mulighet at torsk (som er opportunistisk i fødevalget) har spist murpuss/malingrester som har sunket gjennom vannsøylen. Ruus et al. (2001) har vist at torsk som oralt administreres 1,7 µg PCB-110/g kroppsvekt kan ha en leverkonsentrasjon på ca. 10 µg/g lever (våtvekt) i en periode på minst de neste 12 dager (eksperimentets varighet). Dette vil sannsynligvis være avhengig av leverens fettinnhold, men det viser tydelig at torsk som får i seg PCB ikke skiller det ut, uten videre.

Figur 10. Middelerverdier av ΣPCB_7 i lever av torsk fra indre Sør fjorden, mg/kg fettvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 8. Mrk. brudd på aksen mellom 40 og 240.



Det kan nevnes at Alex Stewart Environmental Services as har engasjert dykkere som har lett etter sedimenter i nærheten av kraftstasjonen. De fant noe sedimenter syd for stasjonen, og en av prøvene inneholdt en konsentrasjon av PCB_7 (2671 $\mu\text{g}/\text{kg}$ tørrvekt) som tilsvarer nærmere 10 ganger grensen for SFTs tilstandsklasse V (meget sterkt forurenset; $>300 \mu\text{g}/\text{kg}$) (Måge 2003). Det har nå vært iverksatt tiltak for å fjerne sedimentene rundt kraftstasjonen.

PCB-profilen i torskprøvene fra 2002 ble undersøkt mot PCB-profilen i murpussprøven fra kraftstasjonen, som ble analysert i forbindelse med ovennevnte undersøkelse av blåskjell fra 2001. Dette viste tydelig at torskene med desidert høyeste PCB_7 -konsentrasjoner var de som hadde PCB-profil som lå nærmest PCB-profilen i murpuss fra kraftstasjonen, mens individer med moderate konsentrasjoner hadde vesentlig høyere andeler av PCB-153 og -180, kombinert med lavere andeler av PCB-138 og de lavere klorerte kongenerene (Ruus & Green 2003). De fire torskene med nest høyeste konsentrasjoner (på fettvektsbasis) hadde en profil som stort sett lå mellom de to ovennevnte profiler. Dette sannsynliggjorde ennå sterkere murpuss/maling fra kraftstasjonen i Tyssedal som kilde til PCB som er sporet i biologisk materiale (Ruus & Green 2003).

Etter den tilsynelatende økningen i konsentrasjoner av PCB i skrubbelever fra 2002 til 2003 (Ruus & Green 2004), har konsentrasjonene i 2004 sunket til nær nivået i 2002 (Tabell 8). Statistiske trendanalyser utført innenfor JAMP av de årlige medianene (1990-2004) viser en signifikant nedgang i PCB-konsentrasjonene (våtvekt) i filet av skrubbe fra Sør fjorden (Green

et al. under utarbeidelse). Middelveidien (i 2004; Tabell 7) på $140 \mu\text{g} \Sigma\text{PCB}_7/\text{kg}$ våtvekt i lever ligger på det dobbelte av det foreslåtte "høye bakgrunnsnivå" (i skrubbelever) etter registreringer på referansestasjoner ($70 \mu\text{g}/\text{kg}$ v.v.; Knutzen & Green 2001b). Konsentrasjonene i filet korresponderer med klasse I (ubetydelig/lite forurenset) i henhold til gjeldende tilstandsklasser fra SFT.

Av analysene i fisk fra Strandebarm ses også i 2004 vanlig utbredte PCB-verdier i torsk, skrubbe og glassvar (Tabell 8).

Dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av PCB i fisk fra Sjørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende bemerkes: Nivåene av PCB i fisk fra Sjørfjorden er (når en ser bort fra ekstremkonsentrasjonene funnet i 2002) vesentlig lavere enn i fisk fra havneområder og i nærheten av byer (eksempelvis indre Oslofjord), hvor PCB-forurensede sedimenter er et kjent problem (Green et al. 2004).

4.3.2 DDT

Gjennomsnittlig konsentrasjon av DDT (p,p') i torskelever fra indre Sjørfjorden er i 2004 fordoblet i forhold til i 2003 (våttvektbasis; Tabell 7; Ruus & Green 2003). Her bør det bemerkes at gjennomsnittskonsentrasjonen i 2003 også representerte en fordobling i forhold til i 2002 (Ruus & Green 2004). De andre DDT-derivatene, og dermed ΣDDT viste også denne økningen fra 2003-2004 (våttvektbasis; Tabell 7; Ruus & Green 2004). På fettvektbasis var det ingen forandring i ΣDDT -konsentrasjonene fra 2003 til 2004 (Tabell 9, Figur 11). Konsentrasjonene av ΣDDT representerer følgende overskridelser i forhold til grensene for Kl. I i SFTs klassifiseringssystem:

Indre Sjørfjord:

Torsk lever: 2,0 (Moderat forurenset)
 Torsk filet: 2,1 (Moderat forurenset)
 Skrubbe filet: <1 (lite/ubetydelig forurenset)

Strandebarm:

Torsk lever: <1 (lite/ubetydelig forurenset)
 Torsk filet: <1 (lite/ubetydelig forurenset)
 Skrubbe filet: <1 (lite/ubetydelig forurenset)

Som det fremgår av de klororganiske analysene av blåskjell (kap. 3.4) og en fersk rapport (Skei et al. 2005), er det lokal tilførsel av DDT over det normale flere steder langs Sjørfjorden, hvilket forklarer overkonsentrasjonene i blåskjell.

For nivåene av DDE og ΣDDT viser trendanalysene (årlige medianer 1990-2004; JAMP; Green et al. under utarbeidelse) en statistisk signifikant nedgang i skrubbefilet fra indre Sjørfjord (våttvektbasis). Svingningene i ΣDDT -konsentrasjoner (fettvektbasis) i fisk kan ses i Tabell 9 og Figur 11.

Tabell 9. Middelverdier av Σ DDT i fisk (lever (l.) og filet (f.)) fra indre Sjørfjorden og Hardangerfjorden ved Strandebar 1991-2004, mg/kg fett. Individuelle analyser eller blandprøver av størrelseskategorier.

Stasj./arter	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
I. Sjørfj.										
Torsk l.	3,4	3,1 ³⁾	0,8 ³⁾	0,4 ³⁾	0,1 ³⁾	2,6 ¹⁾	2,9 ^{1,3)}	4,3 ⁵⁾	2,8 ³⁾	2,1
Torsk f.	1,0	3,8 ³⁾	0,7 ³⁾	-	<0,1 ³⁾	-	1,4 ^{1,3)}	-	-	-
Skrubbe l.	0,5 ³⁾	0,3 ³⁾	0,2 ³⁾	2,2 ³⁾	0,1 ³⁾	0,18 ²⁾	0,9 ⁴⁾	0,4 ⁴⁾	0,43	0,26
Skrubbe f.	3,1 ³⁾	0,8 ³⁾	0,6 ³⁾	0,7 ³⁾	0,1 ³⁾		0,37 ⁴⁾	-	-	-
Ål f.									0,25 ⁶⁾	
Strandeb.										
Torsk l.	2,0	0,8 ³⁾	1,0 ³⁾	1,3 ³⁾	0,3 ³⁾	1,5	5,8	1,2	0,89 ³⁾	0,93
Torsk f.	1,1	0,6 ³⁾	0,4 ³⁾	1,5 ³⁾	0,5 ³⁾	-	5,6 ³⁾	-	-	-
Glassvar l.	1,1 ³⁾	1,5 ³⁾	1,1 ³⁾	1,7 ³⁾	1,0 ³⁾	-	1,0 ³⁾	1,1	1,5	0,64
Glassvar f.	0,8 ³⁾	1,2 ³⁾	0,8 ³⁾	1,2 ³⁾	1,6 ³⁾	-	0,5 ³⁾	-	-	-
Skrubbe l.						0,17		0,55	0,21	0,17
Skrubbe f.						-		0,49	-	-
Sandfl. l.								0,77		
Sandfl. f.								0,83		
Ål f.									0,31	

Stasj./arter	2001	2002	2003	2004
I. Sjørfj.				
Torsk l.	1,3	1,30	1,65	1,66
Torsk f.	0,15 ³⁾	1,17 ³⁾	1,10 ³⁾	0,70
Skrubbe l.	0,33	0,41	0,54	0,33
Skrubbe f.	<0,22 ³⁾	0,18 ³⁾	0,20 ³⁾	0,20
Ål f.				
Strandeb.				
Torsk l.	0,49	0,38	0,24	0,30
Torsk f.	1,1 ³⁾	0,13 ³⁾	<0,10 ³⁾	<0,25
Glassvar l.	0,43	0,39	0,48	0,30
Glassvar f.	<0,15 ³⁾	0,12 ³⁾	0,18 ³⁾	0,20
Skrubbe l.	0,13	0,15	0,16	0,12
Skrubbe f.	0,09 ³⁾	0,12 ³⁾	0,09 ³⁾	0,20
Sandfl. l.				
Sandfl. f.				
Ål f.				

1) Middel av prøvene fra Tyssedal og Edna.

2) Bare analysert i materialet fra Odda.

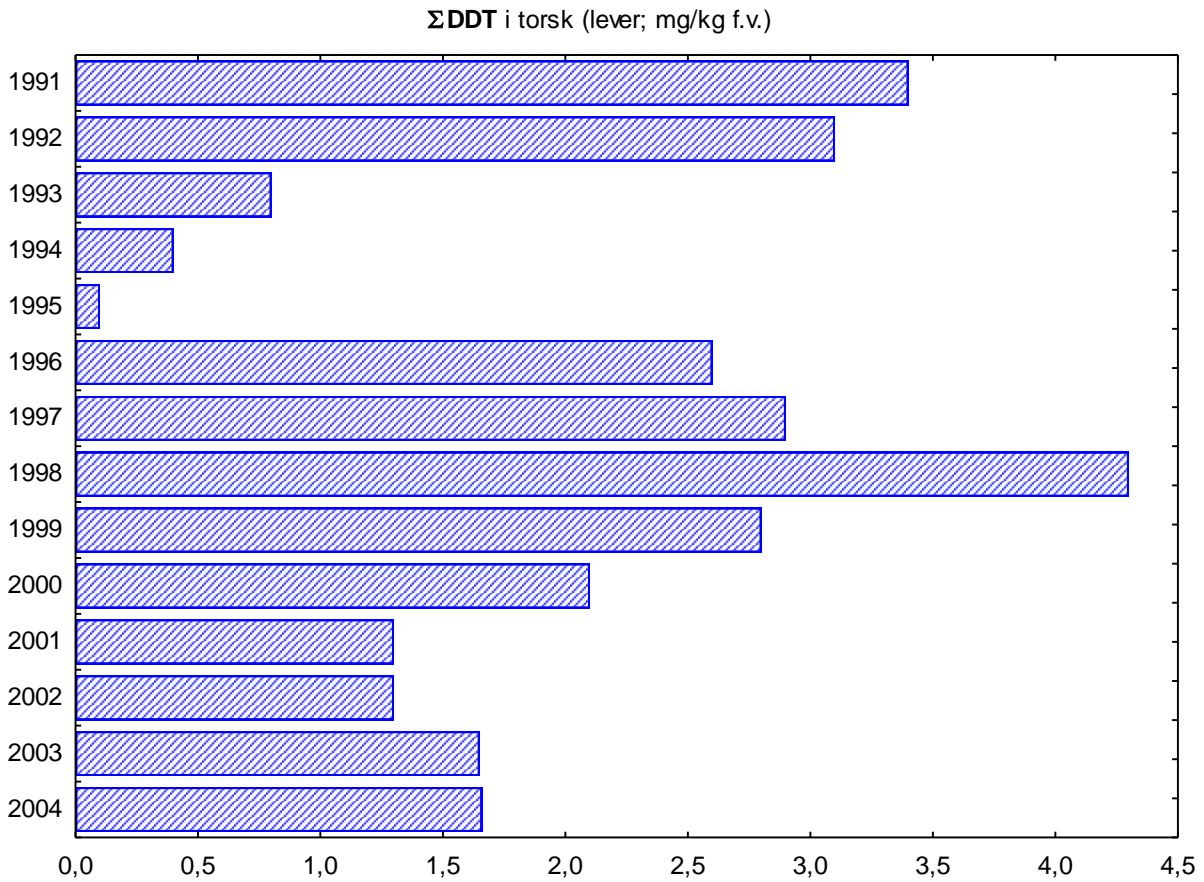
3) Sum av bare DDE + DDD, avrundede verdier.

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

5) Bare verdier fra Edna

6) Middel av verdier fra Odda

Figur 11. Middelerverdier av Σ DDT i lever av torsk fra indre Sørffjorden, mg/kg fettvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 9.



Dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sørffjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, vises det til en fersk rapport (Skei et al. 2005) som går i dybden på emnet og konkluderer med følgende:

Konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sørffjorden 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 Sørffjorden. Konsentrasjoner av p,p'-DDE i torskelever fra indre Drammensfjorden, som er resipient for elver som drenerer fruktdyrkingsområder, er sammenlignbare med konsentrasjonene i torsk fra Sørffjorden.

4.4 Klororganiske stoffer i blåskjell

Oppsummering av de viktigste observasjonene, 2004:

- Blåskjell-resultatene og en fersk rapport (Skei et al. 2005), viser at det er lokal tilførsel av DDT flere steder langs Sjørfjorden.
- De høyeste konsentrasjonene av Σ DDT i blåskjell ble, som vanlig, funnet på stasjon B6 (Kvalnes; klassifisert i klasse V, meget sterkt forurenset).
- En fersk rapport (Skei et al. 2005) sannsynliggjør sterkt at perioder med høyt innhold av Σ DDT (og særlig p,p'-DDT), er forbundet med perioder med spesielt stor nedbør (og dermed utvasking av DDT fra kilder på land). Nedgangen i konsentrasjonene av DDT i blåskjell i 2004, sammenlignet med 2003, skyldes mest sannsynlig lavere nedbør i september og oktober, 2004.
- 2004-konsentrasjonen av PCB i blåskjell (fra Tyssedal; tilsvarende kl. II, moderat forurenset) var nær identisk med nivået i 2003. Disse representerer en nedgang fra 2002 og særlig 2001, da ekstreme konsentrasjoner ble observert. Siden PCB er meget lite biologisk nedbrytbart er det imidlertid sannsynlig at organismer (andre enn blåskjell) fortsatt eksponeres for vesentlige mengder PCB, som allerede er tilført miljøet.

Hovedresultatene fra analysene av klorerte organiske miljøgifter i blåskjell er presentert i Tabell 10.

4.4.1 DDT

Konsentrasjonene av Σ DDT i 2004 viser en nedgang (Statlig program for forurensningsovervåking) eller liten forandring (JAMP), siden 2003, på samtlige stasjoner. (Tabell 10 og 11; Figur 12). Den høyeste konsentrasjonen ble (som vanlig) observert på stasjon B6 (Kvalnes), men konsentrasjonene ved Måge og Krossanes lå også høyere enn ved de andre stasjonene (Tabell 10). I 2003 var konsentrasjonene de høyeste som er registrert på samtlige stasjoner (Ruus & Green 2004). Da var konsentrasjonene av det insekticide virkestoffet DDT (p,p'-) også de høyeste som er registrert (Ruus & Green 2004). Dette var en indikasjon på tilførsel av "fersk" DDT (altså DDT som ikke var brutt ned til sine respektive metabolitter) til Sjørfjorden. Det ble bemerket at blåskjellene samlet innenfor JAMP, en drøy måned tidligere, ikke viste tilsvarende konsentrasjoner, noe som tydet på spesielt stor utlekking av DDT til fjorden innenfor et relativt kort tidsrom på senhøsten, 2003. En fersk rapport sannsynliggjør sterkt at dette var forbundet med spesielt stor nedbør (og dermed utvasking av DDT fra kilder på land) i september og oktober 2003 (Skei et al. 2005). Nedgangen i konsentrasjonene av DDT i blåskjell i 2004 (og lavere andeler p,p'-DDT; Tabell 11) skyldes videre mest sannsynlig lavere nedbør i september og oktober, dette året (Skei et al. 2005).

I forhold til grensen for Kl. I i SFTs klassifiseringssystem representerer nivået av Σ DDT i blåskjellene samlet på stasjon B6 (Kvalnes) innenfor Statlig program for forurensningsovervåking (tabell 10) en overkonsentrasjon på mer enn 16 ganger (klassifisert i klasse V, meget sterkt forurenset). På de øvrige lokalitetene i Sjørfjorden varierte overkonsentrasjonene i begge observasjonsserier mellom <1 (JAMP-skjell fra B15/65A, Vikingneset) og 9,1 (skjell fra Måge) ganger.

Overvåkingen av DDT-komponenter i blåskjell viser altså fortsatt det samme som man har sett over flere år: Stadig tilførsel av DDT med metabolitter over hele fjorden, mest i ytre del. Det er derfor, som nevnt, nylig utført et forprosjekt for å fremlegge et forslag til et større prosjekt, som skal undersøke muligheten for eventuelle tiltak for å forhindre ytterligere DDT-tilslig til fjorden (Skei et al. 2005).

Dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av DDT-forbindelser i fisk fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, vises det til en fersk rapport (Skei et al. 2005) som går i dybden på emnet og konkluderer med følgende:

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

Tabell 10. DDT med nedbrytningsprodukter og ΣPCB_7 ¹⁾ i blåskjell fra Sørfjorden og Hardangerfjorden 2004 (3-6 november [S. P.] og 10-11 oktober [JAMP], $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt) (ΣDDT også i $\mu\text{g}/\text{kg}$ fett). (Fra JAMP middel av 3 størrelseskategorier). Data fra det opprinnelige stasjonsnettet (st. B1 osv.) i kolonner merket "S. P."; fra JAMP/INDEX (st. 51A osv.) i kolonner merket "JAMP". Jfr. Figur 1 vedrørende stasjonsplassering (i tabellen oppført med økende avstand fra Odda).

St.nr.	DDT		DDE		DDD		ΣDDT		ΣPCB_7		ΣDDT ($\mu\text{g}/\text{kg}$ fett)	
	S. P.	JAMP	S. P.	JAMP	S. P.	JAMP	S. P.	JAMP	S. P.	JAMP	S. P.	JAMP
B1/51A	1,4	0,80	1,9	1,50	0,4	0,40	3,7	2,60	1,45	2	215	160
B2/52A	1,5	1,50	2,1	1,60	0,4	0,20	4,0	3,30	1,54	2	184	209
B3	1,8		2,4		0,5		4,7		12,4		225	
B4	2,6		3		0,6		6,2		1,10		410	
Måge	7,8		8,9		1,4		18,1		0,81		1065	
B6/56A	17	8,00	13	7,70	3,4	1,30	33,4	17,0	1,37	1	1965	1215
B7/57A	8,2	2,90	7,9	3,50	1,2	0,60	17,3	7,10	0,70	<1	961	484
Utne	3,3		4,2		0,6		8,1		0,72		477	
63A		1,00		1,20		0,20		2,50		0		262
B15/65A		0,70		0,90		0,20		1,80		0		131

¹⁾ Sum av CB 28, 52, 101, 118, 138, 153 og 180

Tabell 11. DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell 1991-2000 (a) og 2001-2004 (b), $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. (I parentes % av ΣDDT). Verdiene er delvis avrundet. Ikke registrert: B1 i 1994, B2 i 1993, B3/B4 i 1997 og B6 i 2003. (c.) viser DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell på de nye stasjonene "Måge" og "Utne" (2003-2004).

(a.)					
Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	Σ 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 ¹⁾
	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 ³⁾	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)
1992		< 0.2 (< 2)	2.5 (51)	2.3 (47)	4.9 ¹⁾
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 ³⁾		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)
	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 ¹⁾
	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)
1992		< 0.2 (\approx 1)	4.8 (48)	5.1 (51)	10.0 ¹⁾
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)
	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 ³⁾	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 ¹⁾
	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 ²⁾	1.3 (32)	2.2 (53)	0.6 (15)	4.2
	1996	2.4 (27)	4.4 (51)	1.9 (22)	8.7
	1997 ³⁾	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

¹⁾ Ved summering eventuelt regnet med 1/2 deteksjonsgrense.

²⁾ Verdier fra reanalyse. ΣDDT fra 1. gangs analyse: 1.9.

³⁾ Data fra JAMP/INDEX.

(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
St. B2 Eitrheim	2001	- ⁴⁾	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
St. B3 Tyssedal	2001	1.5 (<34)	2.9 (<66)	- ⁴⁾	4.4
	2002	- ⁴⁾	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
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
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 (51)	13.0 (39)	3.4 (10)	33.4
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

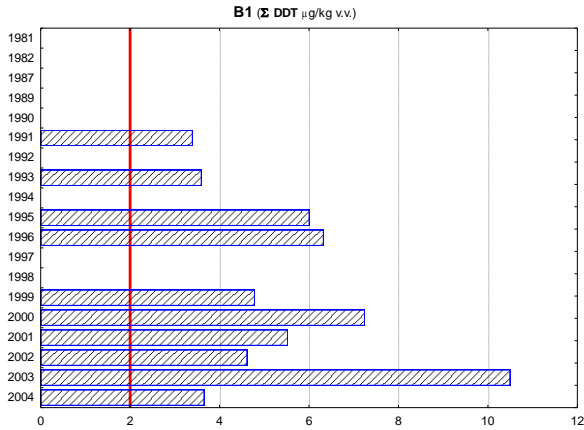
⁴⁾ Interferens i kromatogram.

(c.)

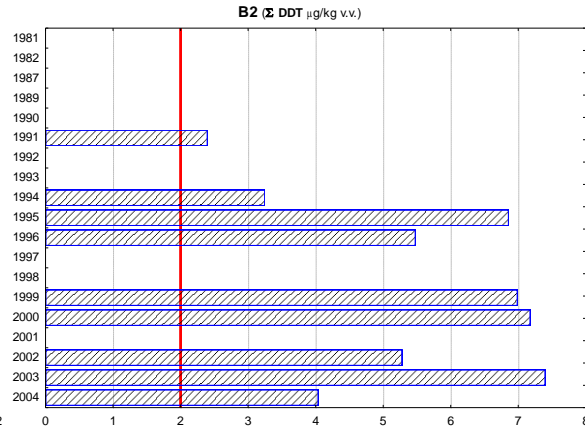
Stasjoner	År	DDT	DDE	DDD	Σ DDT
Måge	2003	17.0 (69)	4.6 (19)	2.9 (12)	24.5
	2004	7.8 (43)	8.9 (49)	1.4 (8)	18.1
Utne (Trones)	2003	16.0 (60)	8.1 (30)	2.7 (10)	26.8
	2004	3.3 (41)	4.2 (52)	0.6 (8)	8.1

Figur 12. ΣDDT i blåskjell fra Sørkjorden 1981-2004, µg/kg våtvekt. Søylar er kun vist for de år/stasjoner hvor alle tre komponenter (DDT, DDE og DDD) er detektert i prøven. Om fordeling mellom DDT, DDE og DDD, se Tabell 9 og 10. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand fra Odda (km). Merk at aksene har ulik skala for de forskjellige stasjonene. (/ = høyt bakgrunnsnivå).

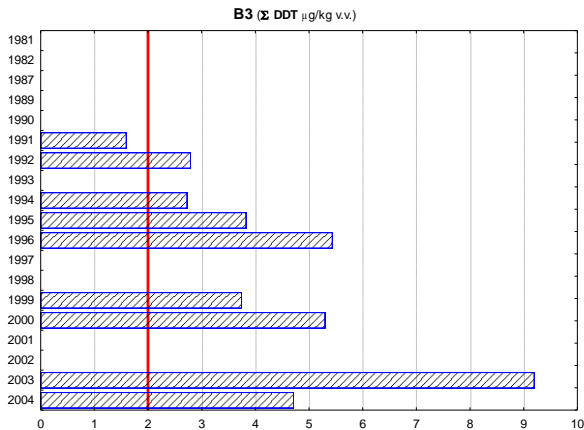
B1 (2).



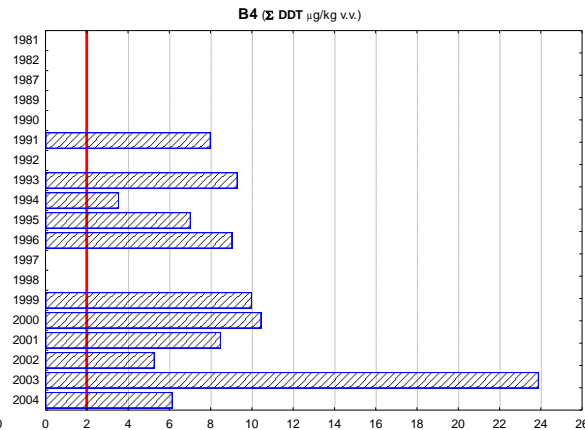
B2 (3).



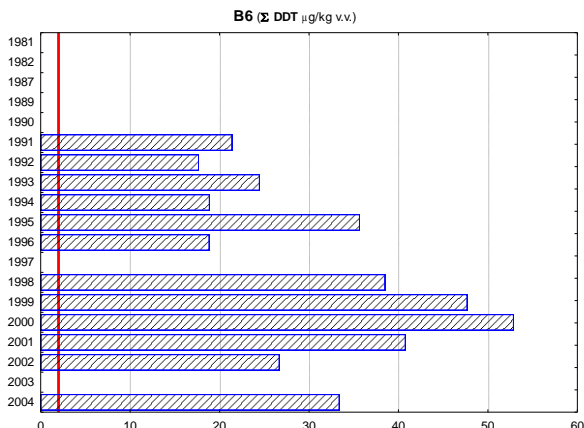
B3 (6).



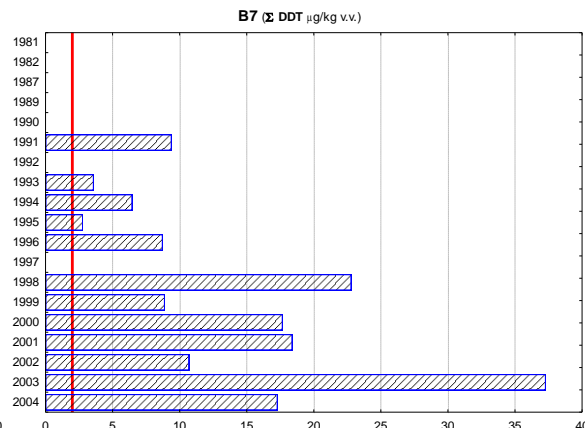
B4 (10).



B6 (18).

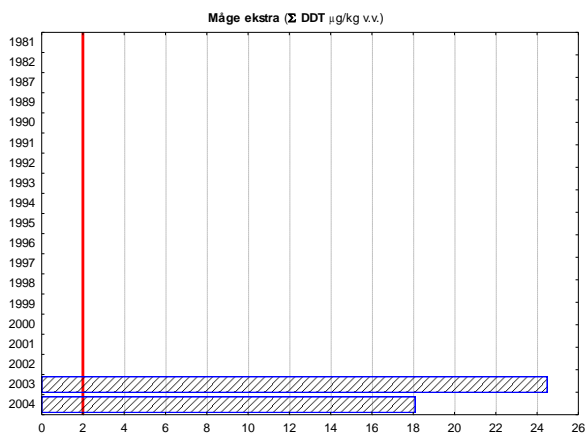


B7 (38).

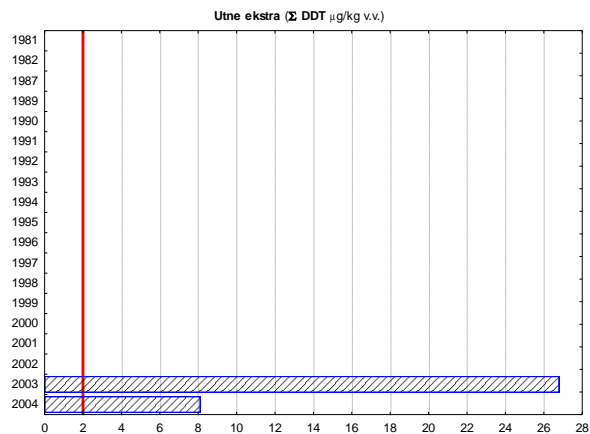


Forts. Figur 12.

Måge (15).



Utne (40).



4.4.2 PCB

Allerede i 1987 ble det bemerket at ”PCB-verdien fra blåskjellprøven samlet nær Tyssedal var såvidt høy at det kan tyde på en lokal kilde” (Skei et al. 1989). Av Tabell 12 og Figur 13 fremgår det at 2002-verdien for ΣPCB_7 i blåskjell ved Tyssedal (91,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt) gikk ned fra ekstremkonsentrasjonen (1132 $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt) i 2001. I 2003 sank ΣPCB_7 -konsentrasjonen i blåskjell fra Tyssedal ytterligere, til et nivå som tilsvarer konsentrasjonene i 1995 og tidligere (Tabell 12, Figur 13). Denne konsentrasjonen var tilnærmet uforandret i 2004 (Tabell 10 og 12). Konsentrasjonen korresponderer med klasse II (moderat forurenset) i SFTs klassifisering av miljøkvalitet (Molvær et al. 1997). Konsentrasjonene på de øvrige stasjonene korresponderer med tilstandsklasse I (Tabell 10). Det var god overensstemmelse mellom ΣPCB_7 -konsentrasjonene i blåskjell samlet innenfor Statlig program for forurensningsovervåking og konsentrasjonene i skjell samlet innenfor JAMP (Tabell 10). Som i 2003, var konsentrasjonen på den nye stasjonen Utne svært lik konsentrasjonen på stasjon B7 (Krossanes) og konsentrasjonen ved Måge nokså lik den ved Digranes (B4) (Tabell 10).

Tabell 12. ΣPCB_7 i blåskjell fra st. B3, Tyssedal 1991-2004 (1997-materialet pga. en feil ikke analysert). $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt og $\mu\text{g}/\text{kg}$ fett.

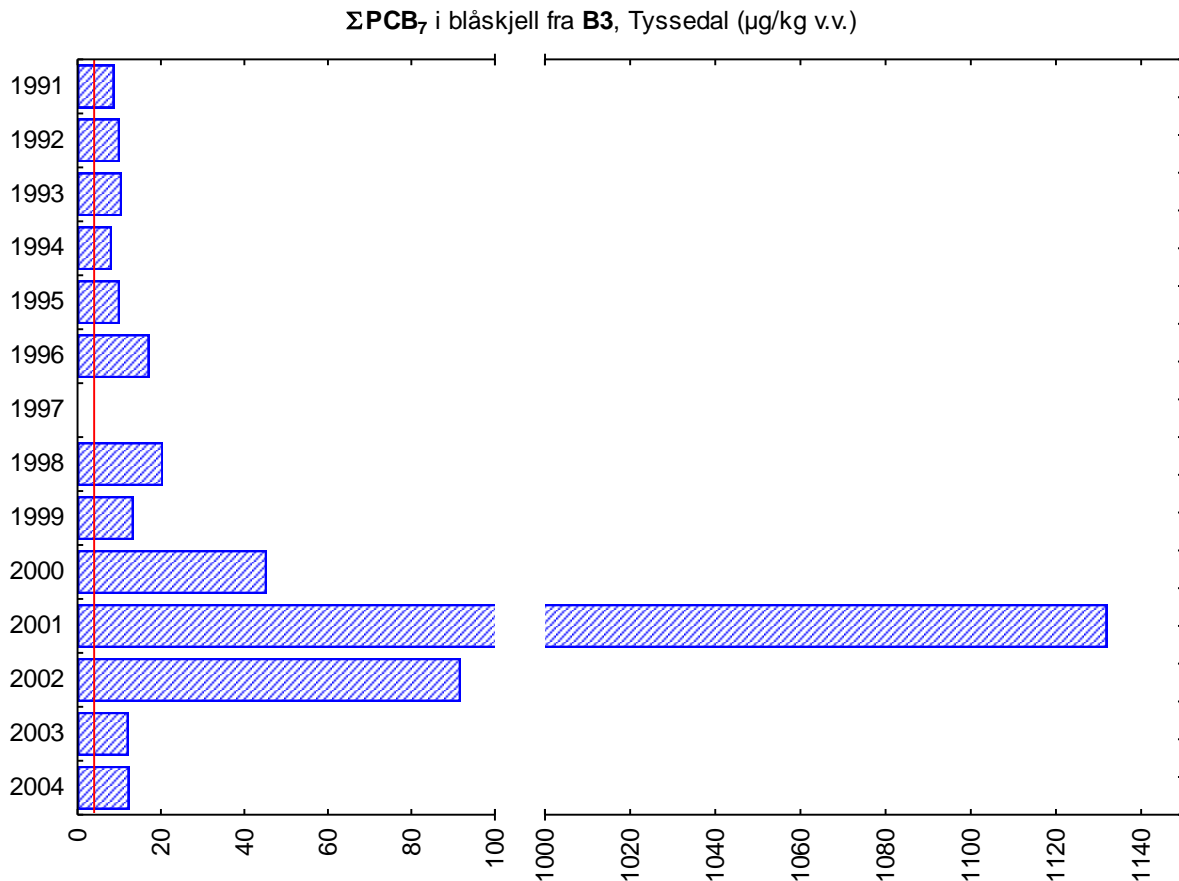
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1998	1999	2000
Våtv.basis	8,8	10,1	10,6	8,2	10,1	17,2	20,5	13,4	45,3
Fettbasis	978	918	757	683	773	963	1139	957	3775

	2001	2002	2003	2004
Våtv.basis	1132	91,8	12,2	12,4
Fettbasis	59584	3825	719	592

Da de ekstreme PCB₇-verdiene ble observert i blåskjell i 2001 ble maling/puss fra kraftstasjonen ved Tyssedal mistenkt som kilde. Et prosjekt ble initiert (NIVA og Alex Stewart Environmental Services as.) på oppdrag av miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Hordaland (finansiert av Odda kommune og Tyssefaldene) for å bekrefte evt. avkrefte denne mistanken. Resultatene ble rapportert i et brev til Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernavdelingen 28. juni 2002 og rapportert i overvåkingsrapporten for 2001-dataene (Ruus & Green 2002). Som forventet var PCB-konsentrasjonene i murpussprøven fra kraftstasjonen meget høye, og det ble videre vist at PCB-profilen i blåskjellene grovt sett var lik den i murpussprøven. Det ble derfor konkludert med at de data som foreligger ikke indikerer noen andre punktkilder til PCB i Tyssedalsområdet enn murpuss/maling fra kraftstasjonen. I 2002 var det tydelig at samme kilde hadde ført til ekstreme verdier i enkelte torsk fra samme område (Ruus & Green 2003). Årets blåskjellkonsentrasjoner, i likhet med konsentrasjonene i 2003, tyder på at tilførselen av PCB til nærområdet nå er vesentlig redusert. Siden PCB er meget lite biologisk nedbrytbart (persistent) er det imidlertid sannsynlig at organismer (andre enn blåskjell) fortsatt eksponeres for vesentlige mengder PCB, som allerede er tilført miljøet (se også Kap. 3.3).

Dersom en vil sammenligne konsentrasjonene av PCB i blåskjell fra Sørfjorden med typiske konsentrasjoner i andre fjordområder, kan følgende bemerkes: Nivåene av PCB i blåskjell fra Sørfjorden er (også når en ser bort fra ekstremkonsentrasjonen funnet i 2001) høyere enn mange steder langs kysten (Green et al. 2004). PCB-nivåene er imidlertid lavere enn i blåskjell i nærheten av havneområder og urbane strøk (eksempelvis indre Oslofjord), hvor blant annet PCB-forurensede sedimenter er et kjent problem (Green et al. 2004).

Figur 13. ΣPCB_7 i blåskjell fra Tyssedal (st. B3), $\mu\text{g}/\text{kg}$ våtvekt. Verdiene er også gjengitt i Tabell 12. (| = høyt bakgrunnsnivå). Mrk. brudd på akse mellom 100 og 1000.



5. Referanser

Berg, V., Polder, A. og J.U. Skaare, 1998. Organochlorines in deep-sea fish from the Nordfjord. *Chemosphere* 38: 275-282.

Berg, V., Ugland, K.I., Hareide, N.R., Groenningen, D. og J.U. Skaare, 2000. Mercury, cadmium, lead and selenium in fish from a Norwegian fjord and off the coast, the importance of sampling locality. *J. Environ. Monit.* 2: 375-377.

Green, N.W. og J. Knutzen, 2001. Joint Assessment and Monitoring Programme. Forurensningsindeks og referanseindeks basert på observasjoner av miljøgifter i blåskjell fra utvalgte områder 1995-1999. Rapport 821/01 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4342-2001, 35 s.

Green, N.W., Ruus, A. og M. Walday, 2004. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). National Comments regarding the Norwegian Data for 2003. Norwegian State Pollution Monitoring Programme Report no. 921/2004. TA-no. 2072/2004. 219 s.

Knutzen, J. og N.W. Green, 2000. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1999. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. Rapport 806/00 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4300-2000, 42 s.

Knutzen, J. og N.W. Green, 2001a. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 2000. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer med orienterende analyser i dypvannsfisk. Rapport 836/01 innen statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4445-2001, 51 s.

Knutzen, J. og N.W. Green, 2001b. Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP). "Bakgrunnsnivåer" av miljøgifter i fisk og blåskjell basert på datamateriale fra 1990-1998. Rapport 829/01 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4339-2001, 145 s.

Lobel, P.B. og H.D. Marshall, 1988. 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.

Molvær, J. 2000. Utslipp av kvikksølv til Sørfjorden som følge av uhell ved Norzink As vinteren 1999-2000. Vurdering av utslippets størrelse. NIVA-rapport 4252-2000, 26 s.

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.

Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. og J. Sørensen, 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. SFT-rapport TA-1467/1997, 36 s.

Måge, A. 2003. Vurdering av sjøbotn nær utslepp av PCB til Sørfjorden ved opp-pussing av freda bygning, Tyssedal kraftverk, sommaren 2001. Juli 2003. ASES-rapport 11-2003. 7 s.

- Ruus, A. og N.W. Green, 2002. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 2001. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. Rapport 865/2002 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4612-2002, 41 s.
- Ruus, A. og N.W. Green. 2003. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden. Miljøgifter i organismer i 2002. Rapport 885/2003 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4724-2003, 45 s.
- Ruus, A. og N.W. Green. 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.
- Ruus, A., Skaare, J.U. og K. Ingebrigtsen, 2001. Disposition and depuration of lindane (γ -HCH) and polychlorinated biphenyl-110 (2,3,3',4',6-pentachlorobiphenyl) in cod (*Gadus morhua*) and bullrout (*Myoxocephalus scorpius*) after single oral exposures. Environ Toxicol Chem 20:2377-2382.
- Skei, J. og J. Knutzen, 1999. Forurensningsutviklingen i Sørfjorden og Hardangerfjorden i perioden 1980-1997. Populær framstilling av resultater fra overvåking av vann, sedimenter og organismer. Rapport 754/99 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4008-99, 36 s.
- Skei, J. og J. Knutzen, 2000. Utslipp av kvikksølv til Sørfjorden som følge av uhell ved Norzink as vinteren 1999-2000. Miljømessige konsekvenser. NIVA-rapport 4234-2000, 12 s.
- Skei, J. og M. Schøyen, 2004. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden. Metaller i vannmassene i 2003. Rapport 900/2004 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4825-2004, 21 s.
- Skei, J. og M. Schøyen, 2005. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2004. Metaller i vannmassene. Rapport 926/2005 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 5000-2005, 21 s.
- Skei, J., Ruus, A. og A. Måge, 2005. Kildekartlegging av DDT i Sørfjorden, Hordaland. Forprosjekt. NIVA-rapport 5038-2005, 44 s.
- Skei, J. og T. Tellefsen, 2000. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden år 2000. Kartlegging av PCB i indre Sørfjorden ved hjelp av semi-permeable lavtetthets polyetylen membraner (LDPE-SPMD). Rapport 809/00 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4319-2000, 19 s.
- Skei, J., Knutzen, J. og K. Næs, 1989. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 1987-1988. Rapport 346/89 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 2227-1989, 132 s.
- Skei, J., Rygg, B., Moy, F., Molvær, J., Knutzen, J., Hylland, K., Næs, K., Green, N. og T. Johnsen, 1998. Forurensningsutviklingen i Sørfjorden/Hardangerfjorden i perioden 1980-1997. Sammenstilling av resultater fra overvåkingen av vann, sedimenter og organismer. Rapport 742/98 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3922-98. 95 s.

Walday, M. 2002. Effekter av uhellsutslipp av metallholdig vann til Sørfjorden, Hardanger i 1999-2000. Analyser av sedimenter og filet av torsk. NIVA-rapport 4520-2002. 21 s.

VEDLEGG (Rådata)

**Kvikksølv i torsk, lange og brosme samlet november-desember 2004 (+mars 2005;
lange/brosme fra Tyssedal/Edna; våtvektsbasis).**

**Metaller og klororganiske miljøgifter
i blåskjell samlet november 2004 (våtvektsbasis).**

Rådata: Kvikksølv i lange, brosme og torsk samlet i ytre Sørfjorden (Hauso) og indre Sørfjorden (Tyssedal/Edna for lange og brosme, samt Måge (ikke Tyssedal/Edna, som nevnt i tabell) for torsk), november/desember 2004 (mars 2005 for lange og brosme fra Tyssedal/Edna; våtvektsbasis).

Rekvisisjonsnr : 2005-00983 Mottatt dato : 20050526 Godkjent av : KLR Godkjent dato: 2005
 Prosjektnr : O 80030902
 Kunde/Stikkord : Sørfjorden
 Kontaktp./Saksbeh. : SKE ARU

Analysevariabel		Hg-E		
Enhet ==>		µg/g		
Metode ==>		E 4-3		
PrNr	PrDato	Merking	Prøvetype	
1	!	Ytre f. Hauso lange 1	bioff	0.10
2		Ytre f. Hauso lange 2	bioff	0.15
3		Ytre f. Hauso lange 3	bioff	0.85
4		Ytre f. Hauso brosme 4	bioff	1.27
5		Ytre f. Hauso brosme 5	bioff	1.61
6		Ytre f. Hauso tosk 1	bioff	0.097
7		Ytre f. Hauso tosk 2	bioff	0.11
8		Ytre f. Hauso tosk 3	bioff	0.13
9		Ytre f. Hauso tosk 4	bioff	0.20
10		Ytre f. Hauso tosk 5	bioff	0.25
11		Ytre f. Hauso tosk 6	bioff	0.086
12		Ytre f. Hauso tosk 7	bioff	0.25
13		Ytre f. Hauso tosk 8	bioff	0.13
14		Ytre f. Hauso tosk 9	bioff	0.092
15		Ytre f. Hauso tosk 10	bioff	0.067
16		Ytre f. Hauso tosk 11	bioff	0.081
17		Ytre f. Hauso tosk 12	bioff	0.13
18		Ytre f. Hauso tosk 13	bioff	0.15
19		Ytre f. Hauso tosk 14	bioff	0.10
20		Ytre f. Hauso tosk 15	bioff	0.17
21		Ytre f. Hauso tosk 16	bioff	0.16
22		Ytre f. Hauso tosk 17	bioff	0.069
23		Ytre f. Hauso tosk 18	bioff	0.10
24		Ytre f. Hauso tosk 19	bioff	0.11
25		Ytre f. Hauso tosk 20	bioff	0.095
26		Ytre f. Hauso tosk 21	bioff	0.097
27		Ytre f. Hauso tosk 22	bioff	0.077
28		Ytre f. Hauso tosk 23	bioff	0.12
29		Ytre f. Hauso tosk 24	bioff	0.10
30		Ytre f. Hauso tosk 25	bioff	0.097
31		Indre f. Tyssed./Edna brosme 1	bioff	1.66
32		Indre f. Tyssed./Edna brosme 2	bioff	2.07
33		Indre f. Tyssed./Edna brosme 3	bioff	1.71
34		Indre f. Tyssed./Edna lange 1	bioff	2.22
35		Indre f. Tyssed./Edna lange 2	bioff	0.28
36		Indre f. Tyssed./Edna tosk 1	bioff	0.51
37		Indre f. Tyssed./Edna tosk 2	bioff	0.15

NIVA 5069-2005 (TA-2123/2005)

Rekvisisjonsnr : **2005-00983** Mottatt dato : **20050526** Godkjent av : **KLR** Godkjent dato: **2005**
 Prosjektnr : **O 80030902**
 Kunde/Stikkord : **Sørfjorden**
 Kontaktp./Saksbeh. : **SKE ARU**

Analysevariabel		Hg-B		
Enhet ==>		µg/g		
Metode ==>		E 4-3		
PrNr	PrDato	Merking	Prøvetype	
38		Indre f. Tyssed./Edna torsk 3	bioff	0.45
39		Indre f. Tyssed./Edna torsk 4	bioff	0.11
40		Indre f. Tyssed./Edna torsk 5	bioff	0.20
41		Indre f. Tyssed./Edna torsk 6	bioff	0.27
42		Indre f. Tyssed./Edna torsk 7	bioff	0.39
43		Indre f. Tyssed./Edna torsk 8	bioff	0.11
44		Indre f. Tyssed./Edna torsk 9	bioff	0.10
45		Indre f. Tyssed./Edna torsk 10	bioff	0.18
46		Indre f. Tyssed./Edna torsk 11	bioff	0.30
47		Indre f. Tyssed./Edna torsk 12	bioff	0.19
48		Indre f. Tyssed./Edna torsk 13	bioff	0.064
49		Indre f. Tyssed./Edna torsk 14	bioff	0.44
50		Indre f. Tyssed./Edna torsk 15	bioff	0.19
51		Indre f. Tyssed./Edna torsk 16	bioff	0.28
52		Indre f. Tyssed./Edna torsk 17	bioff	0.37
53		Indre f. Tyssed./Edna torsk 18	bioff	0.43
54		Indre f. Tyssed./Edna torsk 19	bioff	0.11
55		Indre f. Tyssed./Edna torsk 20	bioff	0.10
56		Indre f. Tyssed./Edna torsk 21	bioff	0.21
57		Indre f. Tyssed./Edna torsk 22	bioff	0.58
58		Indre f. Tyssed./Edna torsk 23	bioff	0.59
59		Indre f. Tyssed./Edna torsk 24	bioff	0.18
60		Indre f. Tyssed./Edna torsk 25	bioff	0.26

Rådata: Metaller og klororganiske miljøgifter i blåskjell samlet på ulike stasjoner i Sørfjorden november 2004 (våtvektsbasis).

Rekvisisjonsnr : 2005-00025 Mottatt dato : 20050107 Godkjent av : KLR Godkjent dato: 20050308
 Prosjektnr : o 80030902
 Kunde/Stikkord : Sørfjorden
 Kontaktp./Saksbeh. : ARU

Analysevariabel	TTS/%	Fett-%	Cd/MS-B	Cu/MS-B	Hg-B	Pb/MS-B	Zn/MS-B	CB28-B	CB52-B	CB101-B
Enhet ==>	%	% pr.v.v.	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.	µg/kg v.v.
Metode ==>	B 3	H 3-4	E 8-3	E 8-3	E 4-3	E 8-3	E 8-3	H 3-4	H 3-4	H 3-4
PrNr PrDato Merking Prøvetype										
1 ! 20041103 B1 Byrkjenes biosk	15.8	1.7	1.10	0.76	0.050	5.16	15.4	<0.1	0.19	i
2 20041103 B2 Eitrheim biosk	20.2	2.2	0.84	0.80	0.026	2.09	18.6	<0.1	0.25	i
3 20041103 B3 Tyssedal biosk	18.6	2.1	1.02	0.97	0.020	2.57	27.2	0.12	0.75	i
4 20041103 B4 Digranes biosk	14.4	1.5	1.08	0.58	0.056	4.51	22.4	<0.1	0.13	i
5 20041103 B6 Kvalnsnes biosk	16.0	1.7	0.96	0.74	0.039	4.82	30.7	<0.1	0.20	i
6 20041103 B7 Krossanes biosk	16.8	1.8	0.89	0.63	0.043	2.26	22.6	<0.1	0.14	i
7 20041103 B8 Måge biosk	13.7	1.7	0.66	0.55	0.045	2.40	21.0	<0.1	0.10	i
8 20041103 B9 Utne biosk	16.0	1.7	0.61	0.64	0.031	1.12	20.7	<0.1	0.11	i

Analysevariabel	CB118-B	CB105-B	CB153-B	CB138-B	CB156-B	CB180-B	CB209-B	ΣPCB	ΣPCB ₇	QCB-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	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	Beregnet*	Beregnet*	H 3-4
PrNr PrDato Merking Prøvetype										
1 ! 20041103 B1 Byrkjenes biosk	0.29	0.11	0.50	0.47	<0.1	<0.1	<0.1	1.56	1.45	<0.1
2 20041103 B2 Eitrheim biosk	0.30	0.10	0.48	0.51	<0.1	<0.1	<0.1	1.64	1.54	<0.1
3 20041103 B3 Tyssedal biosk	3.4	1.5	3.4	4.5	0.41	0.26	<0.1	14.34	12.43	<0.1
4 20041103 B4 Digranes biosk	0.23	<0.1	0.34	0.40	<0.1	<0.1	<0.1	1.1	1.1	<0.1
5 20041103 B6 Kvalnsnes biosk	0.30	0.11	0.40	0.47	<0.1	<0.1	<0.1	1.48	1.37	<0.1
6 20041103 B7 Krossanes biosk	0.15	<0.1	0.18	0.23	<0.1	<0.1	<0.1	0.7	0.7	<0.1
7 20041103 B8 Måge biosk	0.18	<0.1	0.25	0.28	<0.1	<0.1	<0.1	0.81	0.81	<0.1
8 20041103 B9 Utne biosk	0.16	<0.1	0.20	0.25	<0.1	<0.1	<0.1	0.72	0.72	<0.1

Analysevariabel	HCHA-B	HCB-B	HCHG-B	OCS-B	DDEPP-B	TDEPP-B	DDTPP-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.
Metode ==>	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4	H 3-4
PrNr PrDato Merking Prøvetype							
1 ! 20041103 B1 Byrkjenes biosk	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.9	0.36	1.4
2 20041103 B2 Eitrheim biosk	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.1	0.44	1.5
3 20041103 B3 Tyssedal biosk	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	2.4	0.52	1.8
4 20041103 B4 Digranes biosk	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	3.0	0.55	2.6
5 20041103 B6 Kvalnsnes biosk	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	13	3.4	17
6 20041103 B7 Krossanes biosk	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	7.9	1.2	8.2
7 20041103 B8 Måge biosk	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	8.9	1.4	7.8
8 20041103 B9 Utne biosk	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	4.2	0.61	3.3

* Analysemetoden er ikke akkreditert.
 i Forbindelsen er dekket av en interferens i kromatogrammet.

PrNr 1 Metallresultatene er oppgitt på våtvekt.

**Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: postmottak@sft.no

Internett: www.sft.no

Utførende institusjon Norsk Institutt for Vannforskning	Kontaktperson SFT Bjørn A. Christensen	ISBN-nummer 82-577-4774-2
--	---	------------------------------

	Avdeling i SFT Næringslivsavdelingen	TA-nummer 2123/2005
--	---	------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Anders Ruus	År 2005	Sidetall 61	SFTs kontraktnummer
---	------------	----------------	---------------------

Utgiver Norsk Institutt for Vannforskning NIVA-rapport 5069-2005	Prosjektet er finansiert av Statens Forurensningstilsyn Boliden Odda AS Tinfos Titan & Iron K/S Tyssefaldene A/S Odda kommune ULLensvang kommune.
--	---

Forfatter(e) Anders Ruus, Norman W. Green
--

Tittel - norsk og engelsk Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden 2004. Miljøgifter i organismer Monitoring of environmental quality in the Sørfjord 2004. Contaminants in organisms

Sammendrag – summary Markert metallforurensning i Sørfjorden gjorde seg gjeldende også i 2004. Blåskjell viste opp til markert grad av forurensning med bly og kadmium, og moderat grad av forurensning med kvikksølv. Det er tegn til en nedgang i skjellkonsentrasjoner av kadmium på flere stasjoner. Kvikksølvkonsentrasjoner i dypvannsfisk var meget høye og høyest i indre fjord. Etter ekstremkonsentrasjonene i 2002 har PCB i torskelever i 2003 og 2004 sunket til et nivå tilsvarende tidligere år. Gjennomsnittlig DDT-konsentrasjon (p,p'-) i torskelever var fordoblet fra 2003 til 2004 (kun våtvekt). De høyeste konsentrasjonene av ΣDDT ble, som vanlig, funnet ved Kvalnes. En fersk rapport sannsynliggjør at perioder med høyt innhold av DDT i blåskjell korresponderer med perioder med mye nedbør. Nedgangen i konsentrasjonene av DDT i blåskjell i 2004, sammenlignet med 2003, skyldes mest sannsynlig lavere nedbør i september og oktober, 2004. 2004-konsentrasjonen av PCB i blåskjell var nær identisk med nivået i 2003. Disse representerer en nedgang fra 2002 og særlig 2001. Siden PCB er meget lite nedbrytbart er det imidlertid sannsynlig at organismer (andre enn blåskjell) fortsatt eksponeres for vesentlige mengder PCB, som allerede er tilført miljøet.

4 emneord Overvåking Sørfjorden Blåskjell Fisk	4 subject words Monitoring Sørfjord Blue mussels Fish
--	---