

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

Rapport: 865/02

TA-nummer: 1922/2002

ISBN-nummer: 82-577-4273-2

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

Utførende institusjon: Norsk institutt for vannforskning

- **Tiltaksorienterte miljø-**
- **undersøkelser i**
- **Sørfjorden og Hardanger-**
- **fjorden 2001**

**Rapport**  
**865**  
**2002**

Delrapport 2. Miljøgifter i organismer.

**Statlig program for forurensningsovervåking**  
**Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og**  
**Hardangerfjorden 2001.**

**Delrapport 2. Miljøgifter i organismer**

## Forord

Overvåkingen av miljøgifter i organismer fra Sjøfjorden gjennomføres i samarbeid med Alex Stewart Environmental Services A/S, som ved Amund Måge har vært ansvarlig for innsamling av blåskjell.

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

Rapporten inkluderer data fra *Joint Assessment and Monitoring Program (JAMP)* under Oslo/Paris kommisjonen, med Norman Green som prosjektleder.

Analysene av miljøgifter har vært utført ved NIVAs rutineanalyaselaboratorium, som takkes for god innsats. Opparbeidelsen av fisk under JAMP-programmet har vært ved Torgeir Bakke og Aud Helland, mens blåskjellprøvene er opparbeidet av Åse Bakketun, Tone Jøran Oredalen, Lise Tveiten og Merete Schøyen.

Fra aktivitetene i 2001 er det tidligere gitt ut en rapport vedrørende miljøforholdene i Sjøfjorden mht. metallkonsentrasjoner, oksygen, nitrogen og vannutskiftning (Molvær et al. 2002), og en rapport om effekter av uhellsslipp av metallholdig vann til Sjøfjorden, 1999-2000 (Waldy, 2002).

På grunn av de meget høye PCB konsentrasjoner i blåskjell fra Tyssedalsområdet (samlet oktober 2001) som rapporteres her, ble det i løpet av våren 2002 samlet flere blåskjell fra 9 stasjoner i Sjøfjorden av Alex Stewart Environmental Services A/S, ved Amund Måge. Analyser ble utført ved NIVA og maling/puss fra kraftstasjonen ved Tyssedal ble sterkt sannsynliggjort som kilde. Resultatene ble rapportert i et brev til Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernavdelingen 28. juni 2002 og blir gjengitt i denne rapporten.

Leder av hovedprosjektet er Jens Skei.

Oslo, november 2002

Anders Ruus

## **Innhold:**

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1.</b> | <b>Sammendrag: .....</b>                | <b>5</b>  |
| <b>2.</b> | <b>Bakgrunn og formål .....</b>         | <b>7</b>  |
| <b>3.</b> | <b>Materiale og metoder.....</b>        | <b>9</b>  |
| <b>4.</b> | <b>Resultater og diskusjon .....</b>    | <b>14</b> |
| 4.1       | Metaller i fisk.....                    | 14        |
| 4.1.1     | Årlig overvåking.....                   | 14        |
| 4.1.2     | Analyser av dypvannsfisk.....           | 17        |
| 4.2       | Metaller i blåskjell .....              | 18        |
| 4.3       | Klororganiske stoffer i fisk.....       | 24        |
| 4.3.1     | Årlig overvåking.....                   | 24        |
| 4.3.2     | Registreringer i dypvannsfisk.....      | 28        |
| 4.4       | Klororganiske stoffer i blåskjell ..... | 30        |
| <b>5.</b> | <b>Referanser.....</b>                  | <b>36</b> |

## 1. Sammendrag:

De generelle formål med overvåkingen i Sørfjorden er å følge utviklingen etter tiltak mot belastningen med metaller, gi miljøvernmyndighetene grunnlag for å bedømme eventuelle behov for ytterligere tiltak og å supplere underlag for næringsmiddelmyndighetenes bedømmelse av fisks og skjells spiselighet. Et fjerde hovedmål er å holde allmenhet og brukerinteresser informert om fjordens tilstand. Overvåkingen består dels av elementer som gjentas fra år til år, dels av utfyllende undersøkelser. Sistnevnte er bl.a. blitt aktualisert av episodisk ekstraordinære tilførsler av metall og PCB, samt at fjorden i betenkelig grad også er forurenset med DDT og dets nedbrytningsprodukter.

2001-prøvene av fisk fra indre Sørfjorden inneholdt tydelige overkonsentrasjoner av kvikksølv, dvs. for filet av torsk nær 5.5 ganger høyere enn grensen for Kl. I i SFTs klassifiseringssystem og for skrubbe ca. 3.5 ganger (Kl. I representerer "antatt høyt bakgrunnsnivå fra bare diffus belastning, dvs. ingen nærliggende større punktkilder). Kvikksølvnivåene er de høyeste som er registrert i både torsk og skrubbe gjennom hele observasjonsserien. Det er sannsynlig at forholdet har sammenheng med det store uhellsutslippet av kvikksølv vinteren 1999-2000.

Metallanalysene av dypvannsfisk viste meget høye konsentrasjoner av kvikksølv, særlig i brosme fra Sørfjorden (gjennomsnittlig 2.07 mg/kg våtvekt filet) og bekrefter dermed funnene fra de orienterende observasjonene i 2000. Bekymringene knyttet til dette kommer også tilsyne i gjeldende kostholdsråd fra SNT (sist vurdert 2002). For sammenlignbare størrelser var kvikksølvnivået i Sørfjord-brosme omkring 4 ganger høyere enn i den nærliggende Åkrafjorden (her brukt som referanse, men muligens mer enn vanlig diffust belastet ved atmosfærisk transport av utslipp til luft fra industrien innerst i Sørfjorden).

Metallregistreringene i blåskjell viste opp til sterk grad av forurensning med kvikksølv, kadmium og bly (Kl. IV i SFTs klassifiseringssystem), men liten til moderat grad av forurensning med sink. Kvikksølvinnholdet i skjell fra indre del av fjorden er sammen med registreringene i 1999 og 2000 av det høyeste som er konstatert etter 1989 og kan ses i sammenheng med den ovennevnte ekstraordinære belastning. Den sterke påvirkningen med bly og kadmium kunne i likhet med ifjor og tidligere spores i skjell fra Hardangerfjorden; for kadmiums vedkommende i prøver samlet 80 km fra Odda.

Statistisk analyse av Sørfjord-/Hardangerfjordmaterialet fra den norske delen av Joint Assessment and Monitoring Programme (JAMP), 1983-2001, viser nå signifikante lineære nedganger i blåskjellkonsentrasjonene av kadmium på fire ytter-stasjoner, i bly på stasjon 65A (Vikingneset), samt i sink (upublisert) på stasjonene 52A (Eitrheim), 56A (Kvalnes), 57A (Krossanes) og 63A (Ranaskjær). Kvikksølv derimot viser en signifikant oppadgående trend på stasjon 57A (Krossanes), hvilket er interessant med tanke på at nåværende verdier i blåskjell på denne stasjonen representerer en overkonsentrasjon på kun 1.7.

De klororganiske analysene i fisk viste at de høye konsentrasjonene av PCB som ble funnet i torskelever i 2000 har sunket til samme nivå som i 1999. Midlere konsentrasjon av PCB i torskefilet var liten/ubetydelig og viste også en betydelig reduksjon jevnført med registreringene i 2000. Konsentrasjonene av PCB i skrubbe fra indre Sørfjorden, på den annen side, ligger på omtrent samme nivå som i 2000 og tidligere

Gjennomsnittlige konsentrasjoner av DDT og dets derivater var jevnt over lavere i 2001, enn i 2000, med unntak av skrubbelever fra indre Sørfjord. Resultatene korresponderer med SFTs tilstandsklasser I (ubetydelig forurenset) til III (markert forurenset; torskefilet fra Strandebarm). Som det også fremgår av de klororganiske analysene av blåskjell, viser resultatene sannsynlig lokal tilførsel av DDT over det normale flere steder langs Sørfjorden.

Den statistiske analysen (innenfor JAMP) av de årlige medianene viser en signifikant nedgang i  $\Sigma\text{PCB}_7$  (såvel som flere av enkeltkongenerene) i filet av skrubbe fra Sørfjorden. I skrubbelever vises også signifikante nedganger i enkelte PCB-kongenere.

Dypvannsfisk fra Sørfjorden hadde også høyt innhold av PCB og DDE (som er mest bestandig av nedbrytningsproduktene til DDT) i 2001, som bekrefter resultatene av de orienterende registreringene i 2000.

Høyest konsentrasjon av  $\Sigma\text{DDT}$  i blåskjell ble i 2001 funnet ved st. B6 Kvalnes, slik det med bare få unntak har vært gjennom 10 års overvåking. Årets nivå var imidlertid noe lavere enn i 1999 og 2000. Dette nivået representerer en overkonsentrasjon på mer enn 20 ganger. Større eller mindre overkonsentrasjoner av DDT med nedbrytningsprodukter ble som før funnet på alle prøvesteder fra innerst i Sørfjorden til JAMP-stasjon 63A ved Ranaskjær. Forholdet indikerer sannsynligheten av at det finnes mange mindre kilder for DDT langs Sørfjorden og Hardangerfjorden.

Ekstreme konsentrasjoner av PCB ble funnet i blåskjell i 2001, særlig ved stasjon B3, Tyssedal. Nivået ved denne stasjonen korresponderte med 280 ganger grensen for SFTs tilstandsklasse I og 11 ganger grensen for tilstandsklasse V (meget sterkt forurenset). Maling/puss fra kraftstasjonen ved Tyssedal ble mistenkt som kilde og et prosjekt som innebar innsamling av nye blåskjell våren 2002 ble initiert på oppdrag av miljøvernavdelingen, Fylkesmannen i Hordaland for å bekrefte evt. avkrefte denne mistanken. Resultatene ble rapportert i et brev til Fylkesmannen i Hordaland, Miljøvernavdelingen 28. juni 2002. Resultatene fra denne undersøkelsen sannsynliggjorde sterkt maling/puss fra kraftstasjonen ved Tyssedal som kilde. Videre ble det vist at nivåene av PCB i blåskjell hadde gått tilbake, samt at det har foregått en transport av PCB utover fjorden og at den har avtatt.

## 2. Bakgrunn og formål

Bakgrunnen for overvåkingen i Sør fjorden 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).

Metallforurensningen har foranlediget advarsel fra Staten næringsmiddeltilsyn (SNT) mot å spise fisk og skjell fra fjorden. Bedring i forholdene medførte at kostholdsrådene for fisk ble trukket tilbake i 1994, mens advarselen mot konsum av skjell fortsatt gjaldt. Etter det betydelige uhellsutslippet av kvikksølv fra Norzink vinteren 1999-2000 (Skei 2000, Molvær 2000) har Statens Næringsmiddeltilsyn (SNT) igjen delvis frarådd konsum av fisk fra Sør fjorden. Gjeldende råd er (sist vurdert 2002):

*Gravide og ammende bør ikke spise fisk og skalldyr fanget i Sør fjorden innenfor en linje mellom Grimo og Krossanes.*

*Konsum av skjell og dypvannsfisk, som brosme og lange, fanget i Sør fjorden innenfor en linje mellom Grimo og Krossanes frarådes.*

*Konsum mer enn én gang i uken av torsk og konsum av lever fra fisk fanget i indre Sør fjorden innenfor Måge frarådes.*

Dessuten er det gjennom årene med overvåking konstatert vekslende grad av forurensning med PCB i fisk (Knutzen & Green 2000), med et særlig høyt nivå i torsk fra 1998.

Overvåkingen er derfor tidligere utvidet med henblikk på å spore kilder for PCB og DDT (Skei & Tellefsen 2000, Knutzen & Green 2000).

Overvåkingen er tiltaksorientert, idet 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 allmenheten og brukerne av fjorden. I 1998 ble det laget en sammenstilling av resultater fra alle deler av overvåkingen i Sør fjorden 1980-1997 (Skei et al. 1998) samt en mer populært anlagt fremstilling (Skei og Knutzen 1999).

Tabell 1 viser tilførselstall for metaller i 2001 og foregående år (såvidt de har latt seg beregne). Hovedproblemet i denne forbindelse er tilførsel fra forurensede arealer i nedbørfeltet, delvis også uhellsutslipp. Tallene må derfor betraktes som usikre.

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, 2000, foretatt en supplerende innsamling av dypvannsfisk fra Sør fjorden, med tilsvarende materiale fra den nærliggende Åkrafjorden som referanse. Disse undersøkelsene viste generelt høye konsentrasjoner av miljøgifter, men ekstremkonsentrasjoner av kvikksølv. Innsamlingen av dypvannsfisk fortsatte innen JAMP i 2001 og resultatene presenteres her.

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

| Bedrift           | Cu,<br>kg/år        | Pb,<br>kg/år          | Zn,<br>kg/år            | Cd,<br>kg/år         | Hg,<br>kg/år       | PAH,<br>kg/år        | Nitrogen,<br>tonn/år |
|-------------------|---------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| O.S.              | 226<br>(193)        | 174<br>(173)          | 614<br>(528)            | 11<br>(13)           | 0.2<br>(0.1)       | 1700<br>(800)        | 943<br>(948)         |
| ONZ <sup>1)</sup> | 63<br>(40)          | 4777<br>(2700)        | 17557<br>(24300)        | 300<br>(1300)        | 3.4<br>(27)        | -                    |                      |
| TTI               | 11<br>(80)          | 169<br>(26)           | 9318<br>(12947)         | 0.09<br>(2.3)        | 0.6<br>(0.9)       | 209<br>(162)         |                      |
| <b>Totalt</b>     | <b>300</b><br>(313) | <b>5120</b><br>(2899) | <b>27489</b><br>(37775) | <b>311</b><br>(1315) | <b>4.2</b><br>(28) | <b>1909</b><br>(962) |                      |

<sup>1)</sup> Tilførslene fra Outokumpu-Norzink A/S for 2001 omfattet utslipp fra løpende drift (regulære prosessutslipp), utpumping av vann fra bak spuntvegg, avrenning fra kaiområdet og beregnede tilførsler via diffuse kilder (overflatevann og kloakk). Den anslagsvise fordelingen mellom disse enkeltkildene (kg/år) er som følger:

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

\* ± 30%



### 3. Materiale og metoder

Blåskjell (*Mytilus edulis*), ble samlet inn 17-22/10 2001 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). 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 8-11/10 2001 (Tabell 2, Figur 1). Alle prøvesteder innen JAMP og INDEKS er koordinatfestet (Green 2000). 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, Figur 2) 1-10/10, samt 1/12 2001. Fra Strandebarm i Hardangerfjorden (JAMP-st. 67B) ble det fanget torsk 6-12/12, skrubbe 12/10 og glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*) 13/12. Skrubbe ble også samlet inn fra den tilnærmet uberørte Åkrafjorden (JAMP-st 21D) som referanse, 1/12, 2001. Prøver av dypvannsfisk (brosme (*Brosme brosme*), lange (*Molva molva*) og havmus (*Chimaera monstrosa*)) ble samlet inn fra omlag 350 meters dyp i Sørfjorden 4/12 og fra Åkrafjorden, 15/12, 2001.

Innenfor Statlig program samles av blåskjell (såvidt 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 (tømming 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 tarmrensing.

Fiskeprøvene innen den rutinemessig utførte del av JAMP er analysert dels på individer (så vidt mulig 25 stk.), dels på blandprøver av 5 stk. i fortrinnsvis 5 størrelsesgrupper (se nærmere i fotnoter under de aktuelle resultatstabeller). Klororganiske forbindelser er analysert i lever og filet, kvikksølv bare i filet, og kadmium, bly, kobber og sink bare i lever.

Analysene av dypvannsfisk er utført på blandprøver av 4 × 5 brosme, 5 × 5 lange og 2 × 5 havmus fra omkring 350 m i Sørfjorden (JAMP-st. 53D, Digraneset), samt på blandprøver av 4 × 5 brosme, 4 × 5 lange og 2 × 5 havmus fra tilsvarende dyp i Åkrafjorden (JAMP-st 21D), Sørfjordenes nabofjord i sydvest.

Fisken er fraktet nedfrost, deretter tint og opparbeidet på NIVA før ny nedfrysing inntil homogenisering, gjentatt nedfrysing og analyse.

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 middelverdier 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).

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 oppsluttet 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 atomabsorpsjon i flamme eller grafittovn. Sink er bestemt ved atomabsorpsjon i flamme (NS 4770, NS 4773, 1. utg. mai 1980), mens bly, kadmium og kobber er bestemt ved flammeløs atomabsorpsjon (grafittovn) i henhold til NS 4780, NS 4781, 1. utg. juni 1988. Deteksjonsgrensene er avhengig av innveid prøvemengde. Ved innveid mengde 1 g våt prøve gjelder følgende: 0.5/0.03/0.005 mg/kg våtvekt, henholdsvis for sink, bly/kobber og kadmium. Kvikksølv analyseres ved kalddamp/gullfelle, deteksjonsgrense 0.005 mg/kg. Analyse kvaliteten kontrolleres mot sertifisert referansemateriale.

For de klororganiske analysene er vått homogenisert materiale tilsatt PCB 53 og PCB 204 som indre standard og ekstrahert to ganger med en blanding av cykloheksan og aceton ved bruk av ultralyd desintegrasjon. Etter vasking med destillert vann inndampes ekstraktet til tørrhet for fettvektbestemmelse. For videre analyse veies en del av fett ut, løses i diklormetan og renses ved bruk av gelpermeasjonskromatografi (GPC). Diklormetane ekstraktet konsentreres til 1-2 ml og overføres til cykloheksan før ekstraktet behandles med konsentrert svovelsyre.

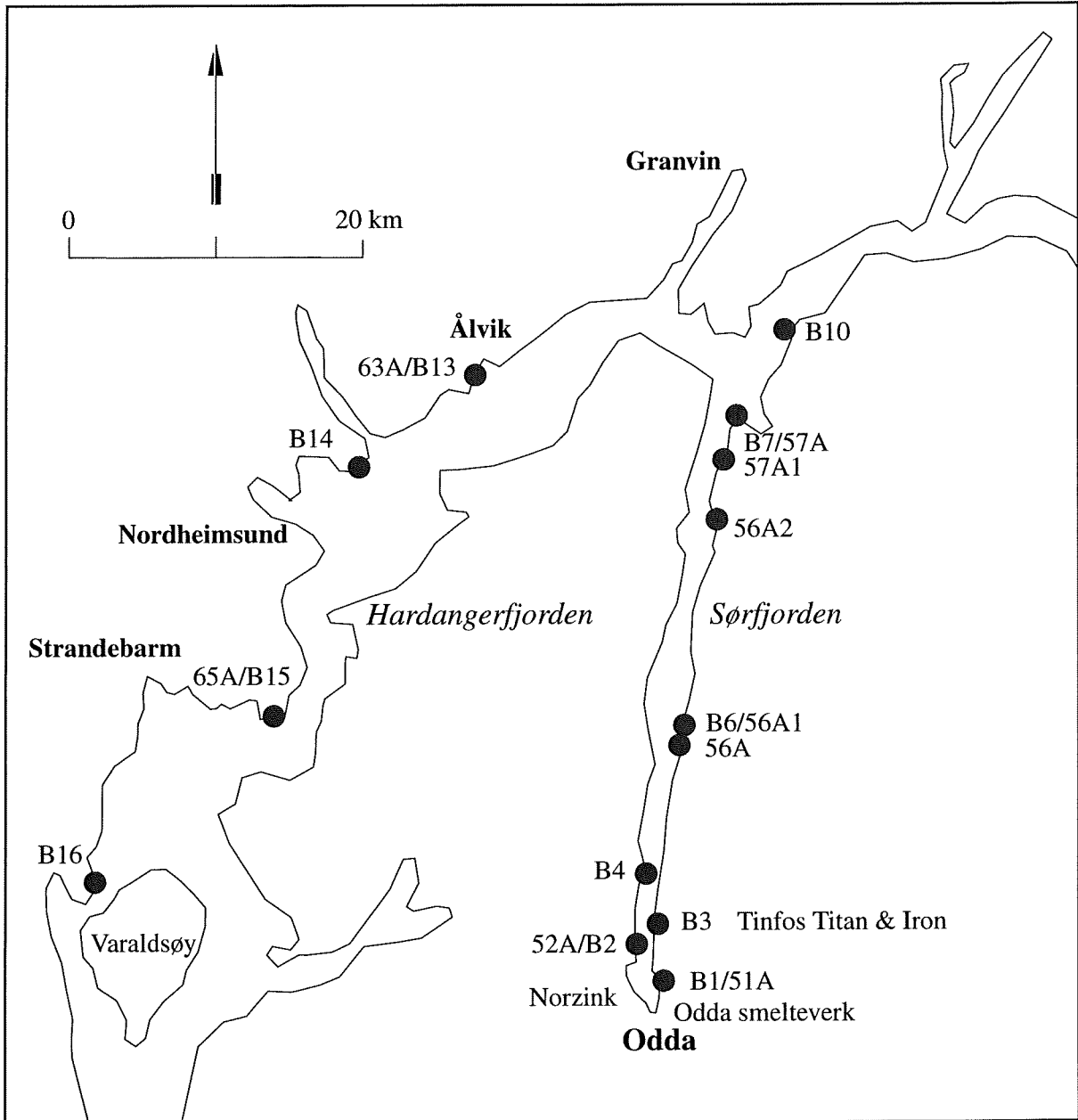
Før kvantitativ analyse blir ekstraktet konsentrert ved bruk av svak nitrogenstrøm til ønsket volum. Identifisering og kvantifisering av de nevnte parametre utføres ved bruk av en gasskromatograf (GC) med 60 m kapillærkolonne og elektronaffinitetsdetektor (GC/ECD). Kvantifisering utføres ved bruk av standardkurver basert på ekstern og intern standard.

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 5 – 10% for sertifisert referansemateriale og 10 – 20% for husstandard. Deteksjonsgrensene for enkeltforbindelser er 0.1 – 0.5 µg/kg våtvekt.

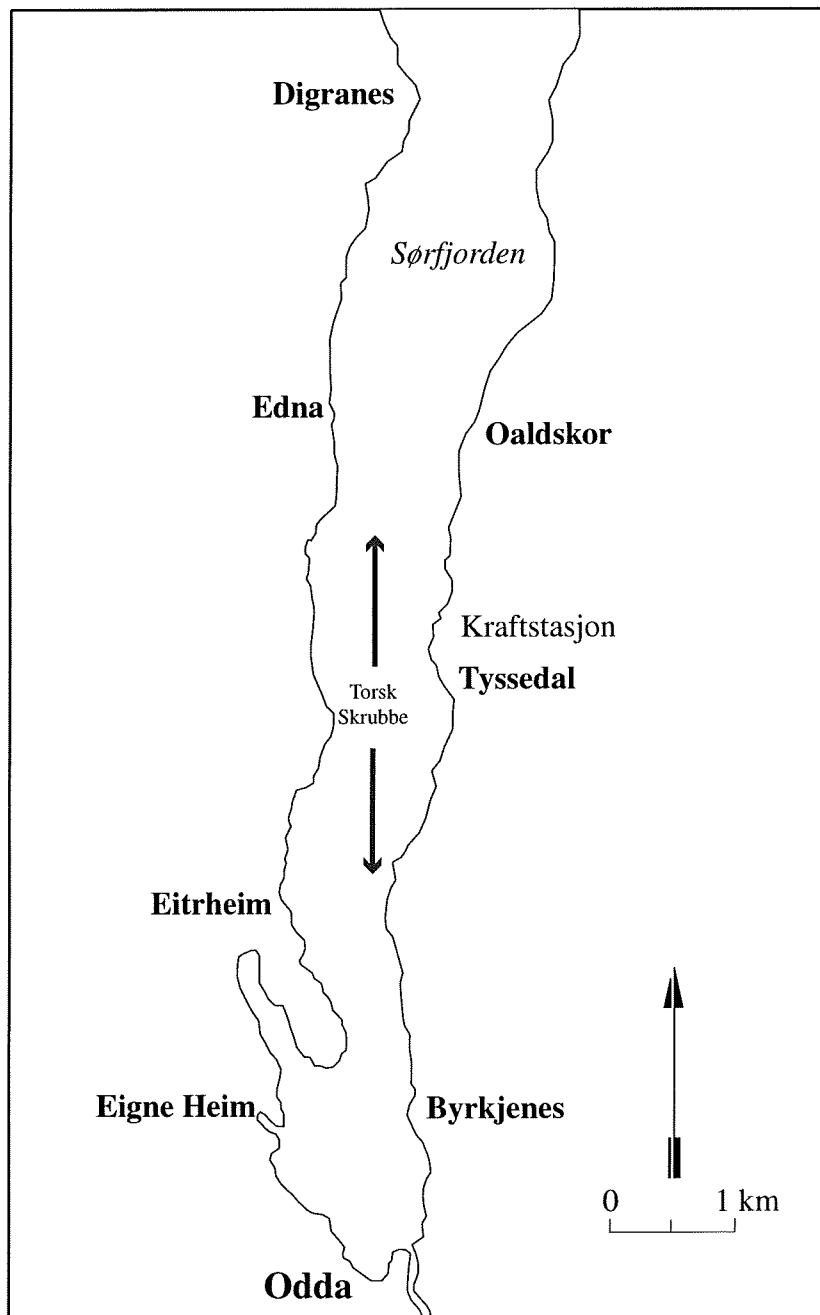
*Tabell 2. Innsamlingssteder for blåskjell og tang i Sør fjorden og Hardangerfjorden, med angivelse av adkomst og ca. avstand fra Odda (km). (\* Ikke prøvetatt 2001).*

| <b>STASJONER<br/>(JAMP-nr.)</b> | <b>ADKOMST</b>  | <b>Ca. AVSTAND<br/>FRA ODDA (km)</b> |
|---------------------------------|---|--------------------------------------|
| 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                         | Tyssedal, et område på 30m på nedsiden av kai foran kraftstasjon.           | 6                                    |
| St. B 4                         | Digranes, nord for trebrygge.   | 10                                   |
| St. B 6 (56A)                   | Kvalnes, S for Kvalnes, nedenfor hundepensjonat.                            | 18                                   |
| St. B 7 (57A)                   | Krossanes, fra fjell ved 4 naust, ytterst på neset.                         | 37                                   |
| St. B 10 *                      | Sengjaneset/Eidfjord, svaberg   | 44                                   |
| St. B 13 (63A)                  | Ranaskjær, skjær med sementkum, rett overfor Bjølvefossen                   | 58                                   |
| St. B 14 *                      | Rykkjaneset, m/svaberg nedenfor eng   | 69                                   |
| St. B 15 (65A)                  | Vikingneset, ved fyrlykt  | 84                                   |
| St. B 16 *                      | Nærnes, Bondesundet, skjær ved brygge og naust                              | 100                                  |

Figur 1. Prøvesteder for blåskjell i Sør fjorden/Hardangerfjorden. (B10, B14 og B16 bare prøvetatt ved basisundersøkelsen). JAMP blåskjellstasjoner: 51A osv.



Figur 2. Område for fangst av fisk i indre Sør fjorden 2001.



## 4. Resultater og diskusjon

### 4.1 Metaller i fisk

I tillegg til resultatene fra den årlige overvåkingen innen JAMP redegjøres i det følgende for registreringene i blandprøver av dypvannsfisk (også innen JAMP). I november 2001 ble det også samlet inn torsk for å undersøke effekter av uhellsutslipp av metallholdig vann til Sørfjorden 1999-2000. Resultatene fra kvikksølvanalyser av disse fiskene er rapportert av Walday (2002).

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. middelerverdier/standardavvik fra analysene av enten individuelle fisk eller blandprøver av fisk.

#### 4.1.1 Årlig overvåking

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

Hovedinteressen har vært knyttet til nivåene av **kvikksølv** etter de store uhellstilførslene vinteren 1999-2000 (Molvær 2000, Skei & Knutzen 2000). Resultatene viste klare overkonsentrasjoner i filet av både torsk og skrubbe fra indre Sørfjorden. Tallene i Tabell 3 overskrider grensen for Kl. 1 i SFTs klassifiseringssystem (= antatt høyt bakgrunnsnivå, Molvær et al. 1997) med nær 5.5 og vel 3.5 ganger i henholdsvis torsk og skrubbe. Dette er også høyere enn konsentrasjonene rapportert for år 2000. Av tabellen ses videre at nivåene lå litt under "normalnivå" for både torsk og skrubbe i materialet fra Strandebarm og Åkrafjorden (bare skrubbe).

For glassvar har man ikke fått etablert referansenivåer, men middelerviden på 0.16 mg/kg våtvekt registrert i prøven fra Strandebarm er uansett moderat og som man ser av Tabell 4 lavere enn flere ganger tidligere registrert i glassvar fra dette området. Imidlertid ses også at nivået ved Strandebarm var høyere enn i samme art fra Åkrafjorden.

Av Tabell 4 fremgår det ellers at det har vært betydelige variasjoner i kvikksølvinnholdet mellom år i perioden 1990-2001. Disse variasjonene har det generelt sett ikke lyktes å knytte til opplysninger om varierende belastning. Den sannsynlige sammenheng mellom økningen i innholdet av kvikksølv fra 1999 til 2001 i fisk og den ekstraordinære belastning fra perioden 1999-2000 må derfor tas med et visst forbehold. Det må imidlertid bemerkes at konsentrasjonene i fisk fra indre Sørfjorden 2001 er de høyeste som er registrert i både torsk og skrubbe gjennom hele observasjonsserien (Tabell 4; se også tabell 4 i Knutzen & Green, 2001a). Videre rapporterer Molvær et al. (2002) høye kvikksølvkonsentrasjoner i overflatevann fra Sørfjorden i januar og november 2001, dog lavere konsentrasjoner enn i 2000.

I Sørfjordfisk ses i likhet med i 2000 også virkningen av den store belastningen på indre del av fjorden, særlig med **kadmium**; i mindre grad også forurensningen med **bly**. 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. I forhold lå nivået i torsk fra indre Sørfjorden også i 2001 5-6 ganger høyere. Overkonsentrasjonene i skrubbe var til

sammenligning ennå høyere. Selv om betydelige mengder av både bly og kadmium fraktes ut av fjorden (se kap. 3.2), gir ikke dette noe tydelig utslag i fisk fanget ved Strandebarm i hovedfjorden (Tabell 3), hvor konsentrasjonene forøvrig var halvert sammenliknet med år 2000.

Tabell 3. Middel/Standardavvik for kvikksølv i filét og kadmium, kobber, bly og sink i lever av torsk (*Gadus morhua*), skrubbe (*Platichthys flesus*) og glassvar (*Lepidorhombus whiffiagonis*) fra indre Sør fjorden (JAMP st. 53B), Strandebarm i Hardangerfjorden (JAMP st. 67B) og Åkrafjorden (ref.st. 21F) i 2001, mg/kg våtvekt.

| Stasjoner/Arter                  | Filet<br>Hg | Lever<br>Cd | Lever<br>Pb | Lever<br>Cu | Lever<br>Zn |
|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Indre Sør fj.</b>             |             |             |             |             |             |
| Torsk <sup>1)</sup>              | 0.54/0.35   | 1.23/1.85   | 0.20/0.20   | 14.6/12.9   | 36.0/15.0   |
| Skrubbe <sup>2)</sup>            | 0.37/0.07   | 2.90/0.86   | 0.52/0.16   | 17.28/3.5   | 60.0/8.0    |
| <b>Strandebarm</b>               |             |             |             |             |             |
| Torsk <sup>3)</sup>              | 0.08/0.07   | 0.04/0.04   | <0.04       | 12.4/13.8   | 31.0/9.0    |
| Skrubbe <sup>4)</sup>            | 0.05/0.01   | 0.07/0.02   | <0.03       | 11.3/1.3    | 65.0/4.0    |
| Glassvar <sup>5)</sup>           | 0.16/0.11   | 0.06/0.03   | 0.04/0.01   | 12.9/2.3    | 112/7.0     |
| <b>Åkrafjorden<br/>(ref.st.)</b> |             |             |             |             |             |
| Skrubbe <sup>6)</sup>            | 0.04/0.01   | 0.12/0.05   | 0.08/0.05   | 11.1/3.7    | 60.0/7.0    |

1) Individuelle analyser av 25 eks.: 260-790 g (gjennomsnitt 452 g).

2) 5 blandprøver à 5 eks, tilnærmet etter størrelse : middelvekter i blandprøver: 314 g, 470 g, 631 g, 839 g og 931 g.

3) Individuelle analyser av 25 eks.: 421-2056 g (gjennomsnitt 1068 g).

4) 5 blandprøver à 5 eks, tilnærmet etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 617 g, 983 g, 1197 g, 1590 g og 2241 g.

5) 5 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse : middelvekter i blandprøver: 661 g, 956 g, 499 g, 594 g og 450 g.

6) 5 blandprøver à 5 eks, så vidt mulig etter størrelse: middelvekter i blandprøver: 278 g, 320 g, 342 g, 373 g og 406 g.

Tabell 4. Middelerdier av kvikksølv i torsk, skrubbe og glassvar fra indre Sørkjorden (JAMP-st. 53) og Strandebarm (JAMP-st. 67) 1990-2001, mg/kg våtvekt.

| Stasjoner/<br>arter | -90  | -91  | -92  | -93  | -94  | -95  | -96                | -97                | -98                | -99  | -00  | -01  |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|--------------------|--------------------|--------------------|------|------|------|
| <b>Indre Sørkj.</b> |      |      |      |      |      |      |                    |                    |                    |      |      |      |
| Torsk               | 0.20 | 0.24 | 0.40 | 0.17 | 0.09 | 0.09 | 0.24 <sup>1)</sup> | 0.23 <sup>1)</sup> | 0.25 <sup>1)</sup> | 0.27 | 0.37 | 0.54 |
| Skrubbe             | 0.12 | 0.13 | 0.12 | 0.08 | 0.15 | 0.05 | 0.17 <sup>2)</sup> | 0.19 <sup>2)</sup> | 0.20 <sup>2)</sup> | 0.19 | 0.26 | 0.37 |
| <b>Strandebarm</b>  |      |      |      |      |      |      |                    |                    |                    |      |      |      |
| Torsk               | 0.16 | 0.12 | 0.10 | 0.11 | 0.13 | 0.08 | 0.10               | 0.13               | 0.07               | 0.07 | 0.11 | 0.08 |
| Glassvar            | 0.50 | 0.10 | 0.21 | 0.26 | 0.43 | 0.35 | 0.41               | 0.27               | 0.17               | 0.24 | 0.19 | 0.16 |
| Skrubbe             |      |      |      |      |      |      | 0.18               |                    | 0.05               | 0.04 | 0.07 | 0.05 |

<sup>1)</sup> Middelerdier fra Tyssedal og Edna

<sup>2)</sup> Middelerdier fra Odda, Tyssedal og Edna



#### 4.1.2 Analyser av dypvannsfisk

Innholdet av **kvikksølv** i dypvannsfisk var meget høyt (Tabell 5) og bekreftet funnene fra de orienterende observasjonene fra år 2000. Bekymringene knyttet til dette kommer også tilsyne i gjeldende kostholdsråd fra SNT (sist vurdert 2002)

Gjennomsnittlig kvikksølvkonsentrasjon i **brosme**filet fra Sørfjorden var 2.07 mg/kg våtvekt (Tabell 5), og den høyeste verdien på 3.48 mg/kg ble funnet i blandprøven bestående av fisk med gjennomsnittlig fiskevekt på 3870 g. Dette er sammenlignbart med konsentrasjonen funnet i blandprøven bestående av fisk med den gjennomsnittlig største fiskevekt (800-1443 g) fra år 2000 (3.5 mg/kg våtvekt; Knutzen & Green, 2001a).

Kvikksølvkonsentrasjonene i dypvannsfisk fra Åkrafjorden var vesentlig lavere enn i Sørfjorden (Tabell 5). Forskjellen mellom de to fjordene illustrerer konsekvensen av den langvarige kvikksølvforurensningen i Sørfjorden.

Også for **bly** fremgår en tydelig effekt av belastningen i Sørfjorden ved at brosmene hadde mer enn 10 ganger høyere konsentrasjoner i leveren enn brosmen fra Åkrafjorden (Tabell 5).

Tabell 5. Metaller i brosme (Brosme brosme), lange (Molva molva) og havmus (Chimaera monstrosa) fra Sørfjorden (Digraneset, 53D) og Åkrafjorden (21D) 2001, mg/kg våtvekt. Ikke analysert: i.a.

| Stasjoner/arter      | Filet<br>Hg   | Hg   | Cd            | Lever<br>Pb   | Zn           | Cu          |
|----------------------|---------------|------|---------------|---------------|--------------|-------------|
| <b>Sørfjorden</b>    |               |      |               |               |              |             |
| Brosme <sup>1)</sup> | 2.07/<br>1.07 | i.a. | 0.14/<br>0.11 | 0.35/<br>0.15 | 18.0/<br>3.0 | 3.8<br>1.7  |
| Lange <sup>2)</sup>  | 0.91/<br>0.33 | i.a. | 0.07/<br>0.04 | <0.05         | 24.0/<br>4.0 | 5.0/<br>0.9 |
| Havmus <sup>3)</sup> | 0.8           | i.a. | 0.05          | 0.09          | 3.0          | 1.5         |
| <b>Åkrafjorden</b>   |               |      |               |               |              |             |
| Brosme <sup>4)</sup> | 0.54/<br>0.22 | i.a. | 0.09/<br>0.06 | <0.03         | 13.0/<br>2   | 1.3/<br>0.3 |
| Lange <sup>5)</sup>  | 0.39/<br>0.28 | i.a. | 0.07/<br>0.12 | <0.03         | 17.0/<br>3.0 | 2.8/<br>0.9 |
| Havmus <sup>6)</sup> | 0.28          | i.a. | 0.03          | <0.03         | 3.0          | 1.1         |

<sup>1)</sup> Middel/standardavvik av 4 blandprøver á 5 eks. Gjennomsnittelig vekt i blandprøvene (2241 g, 4158 g, 2161 g og 3870 g).

<sup>2)</sup> Middel/standardavvik av 5 blandprøver á 5 eks. Gjennomsnittelig vekt i blandprøvene (3601 g, 3396 g, 3989 g, 2157 g og 3064 g).

<sup>3)</sup> Middel av 2 blandprøver á 5 eks. Gjennomsnittelig vekt i blandprøvene (1251 g og 1374 g).

<sup>4)</sup> Middel/standardavvik av 4 blandprøver á 5 eks. Gjennomsnittelig vekt i blandprøvene (1400 g, 2080 g, 2840 g og 5290 g).

<sup>5)</sup> Middel/standardavvik av 4 blandprøver á 5 eks. Gjennomsnittelig vekt i blandprøvene (1910 g, 2860 g, 3940 g og 4920 g).

<sup>6)</sup> Middel av 2 blandprøver á 5 eks. Gjennomsnittelig vekt i blandprøvene (935 g og 1601 g).

## 4.2 Metaller i blåskjell

Resultatene fra metallanalyser av blåskjell er presentert i Tabell 6. Den tidsmessige utviklingen er fremstilt i Figurene 3-6 (i rekkefølgen kvikksølv, kadmium, bly og sink). Av plasshensyn er det i figurene nå bare inkludert registreringer tilbake til 1990. Observasjoner 1981-1989 fremgår av 1999-rapporten (Knutzen & Green 2000).

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

Kvikksølv: 2-11.5 (moderat til sterkt forurenset)  
 Kadmium: 2.5-8 (markert til sterkt forurenset)  
 Bly: 4.5-27 (moderat til sterkt forurenset)  
 Sink: <1-1.1 (lite til moderat forurenset)

Av kobber var det ingen overskridelser av Kl. I (ubetydelig/lite forurenset). Til tross for observerte høye sink-konsentrasjoner i vann (Molvær et al. 2002) var utslaget moderat i blåskjellene. Dette har mest sannsynlig sammenheng med skjellenes evne til å regulere opptak/utskillelse av dette metallet (Lobel & Marshall 1988 med ref.).

Kvikksølvinnholdet i blåskjell fra innerst i fjorden er, sammen med resultatene fra 1999 og 2000, av de høyeste som er konstatert i perioden fra 1989 (Figur 3; Knutzen & Green, 2001a). Noen tilsvarende maksimumskonsentrasjoner ble ikke funnet på de øvrige stasjonene.

Tabell 6. Metaller i blåskjell (*Mytilus edulis*) fra Sørfjorden og Hardangerfjorden i oktober 2001 (8-11 oktober [I] og 17-22 oktober [II], mg/kg tørrvekt). (Fra JAMP middel av 3 størrelseskategorier; fra INDEKS-programmet middel av 3 paralleller av samme størrelseskategori). Ikke analysert: i.a.

| St.     | Hg                 |      | Cd                |      | Pb                 |      | Zn              |     | Cu              |     |
|---------|--------------------|------|-------------------|------|--------------------|------|-----------------|-----|-----------------|-----|
|         | I <sup>1)</sup>    | II   | I <sup>1)</sup>   | II   | I <sup>1)</sup>    | II   | I <sup>1)</sup> | II  | I <sup>1)</sup> | II  |
| B1/51A  | 0.83 <sup>2)</sup> | 2.26 | 5.5 <sup>2)</sup> | 16.4 | 30.8 <sup>2)</sup> | 80.5 | i.a.            | 170 | i.a.            | 6.8 |
| B2/52A  | 0.29               | 0.46 | 6.2               | 8.0  | 21.4               | 29.1 | 185             | 224 | 6.2             | 9.3 |
| B3      |                    | 0.59 |                   | 10.1 |                    | 58.4 |                 | 175 |                 | 7.9 |
| B4      |                    | 0.42 |                   | 5.3  |                    | 19.0 |                 | 110 |                 | 5.4 |
| B6/56A  | 0.61               | 0.8  | 14.2              | 13.2 | 30.3               | 56.6 | 162             | 209 | 5.9             | 6.2 |
| B7/57A  | 0.38               | 0.36 | 8.9               | 6.8  | 11.6               | 13.0 | 129             | 136 | 6.3             | 5.3 |
| B13/63A | 0.36               |      | 6.7               |      | 7.0                |      | 134             |     | 5.6             |     |
| B15/65A | 0.18               |      | 4.3               |      | 2.7                |      | 162             |     | 5.9             |     |

<sup>1)</sup> JAMP-serien

<sup>2)</sup> INDEKS-stasjon

Som det fremgår av tabellen ble stort sett de høyeste konsentrasjonene funnet på stasjonene B1 Byrkjenes (Hg, Cd, Pb) og B2 Eitheim (Zn, Cu) innerst i fjorden, samsvarende med beliggenheten av de største forurensningskildene. Sammenliknet med fjorårets resultater ses også en nedgang i blåskjellkonsentrasjonene av kvikksølv og kadmium på disse stasjonene. Dette stemmer godt med analysene av metaller i overflatevann, som viste vesentlig lavere konsentrasjoner av kvikksølv i 2001, sammenliknet med 2000. Registreringene viste dessuten langt færre hendelser med svært høye vannkonsentrasjoner i 2001, sammenliknet med 2000

(Molvær et al. 2002). Når det gjelder bly, ses ingen vesentlig forandring i blåskjellkonsentrasjonene fra 2000 til 2001. Dette er i samsvar med analysene av bly i vann (Molvær et al. 2002), til tross for at de totale utlippene av bly ble økt fra 2899 kg i 2000 til 5120 kg i 2001 (Tabell 1).

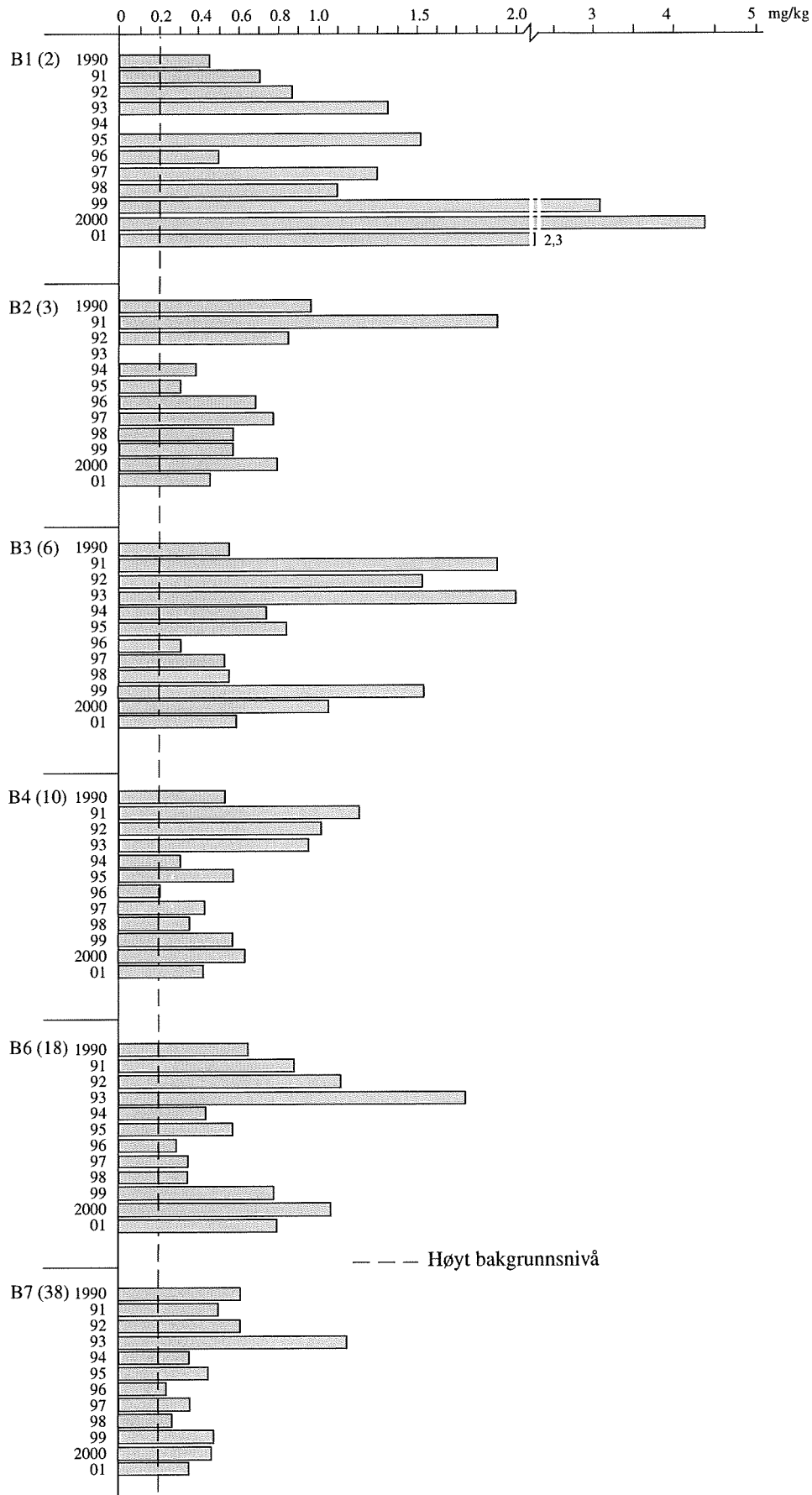
Med unntak av stasjon B1/51A Byrkjenes var det rimelig god overensstemmelse mellom resultatene i serie I (JAMP-serien) og serie II (se Tabell 6) som ble prøvetatt 1 uke senere. En mulig forklaring er at belastningen innerst i fjorden gjennomgår store svigninger, som også fremgår av vannkjemidataene (Molvær et al. 2002). Da blåskjell anses for å gjenspeile ”øyeblikksbelastningen” nokså godt, vil disse svigningene også reflekteres i blåskjellprøvene.

Statistisk analyse av JAMP-materialet, 1983-2001 (Green et al. under utarbeidelse), viser nå signifikante lineære nedganger i blåskjellkonsentrasjonene av kadmium på de fire ytterste stasjonene, i bly på stasjon 65A (Vikingneset), samt i sink (ikke publisert) på stasjonene 52A (Eitrheim), 56A (Kvalnes), 57A (Krossanes) og 63A (Ranaskjær). Kvikksølv derimot viser en signifikant oppadgående trend på stasjon 57A (Krossanes), hvilket er interessant med tanke på at nåværende verdier i blåskjell på denne stasjonen representerer en overkonsentrasjon på kun 1.7. Nedgangen i kadmium ved Kvalnes (B6) og Krossanes (B7), samt i sink ved Eitrheim (B2), Kvalnes (B6) og Krossanes (B7) kan også ses i blåskjellmaterialet samlet 17-22 oktober (hhv. Fig. 4 og Fig. 6).

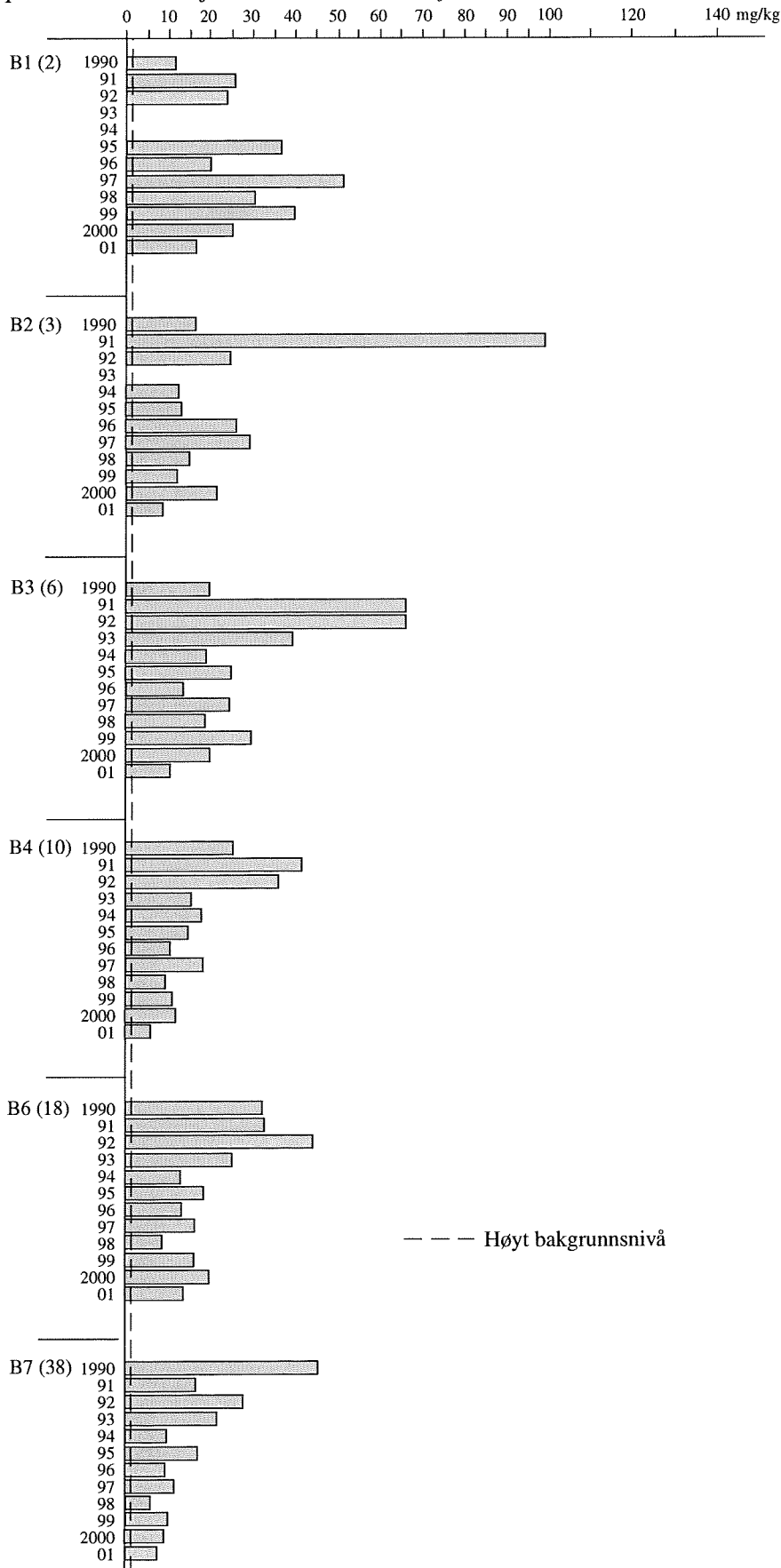
Såvel årets som tidligere resultater for metaller i blåskjell viser et bilde av metallforurensningen i Sørfjorden som både er ujevn på den enkelte stasjon og med et utbredelsesmønster varierende med tilførsel av metaller i vannet, som dessuten sannsynligvis er influert av nedbørsforhold og andre klimatiske 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 bemerke ettersom belastningen i strandsonen kan være spesiell (Knutzen & Green, 2001a). Med månedlige observasjoner i vann er den viktigste begrunnelsen for å fortsette med metallanalyser i blåskjell at det er en utilstrekkelig etablert sammenheng mellom de hittil meget varierende konsentrasjonene i vann og nivåene i skjell. Det blir derfor for usikkert 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 i likhet med ifjor og tidligere at utlippene av kadmium og bly i indre Sørfjorden tydelig kan spores ut i Hardangerfjorden; for kadmiums vedkommende mer enn 80 km fra kilden (mer enn en fordobling i forhold til Kl. I grensen ved JAMP-stasjon 65A, Tabell 6). Kvikksølvbelastningen fremgår også i 2001 klart på stasjoner utenfor Sørfjorden (ca. 80 % overkonsentrasjon på JAMP-stasjon 63A nær 60 km fra Odda, Tabell 6), til tross for lavere vannkonsentrasjoner og færre hendelser med høye vannkonsentrasjoner, sammenliknet med 2000 (Molvær et al. 2002).

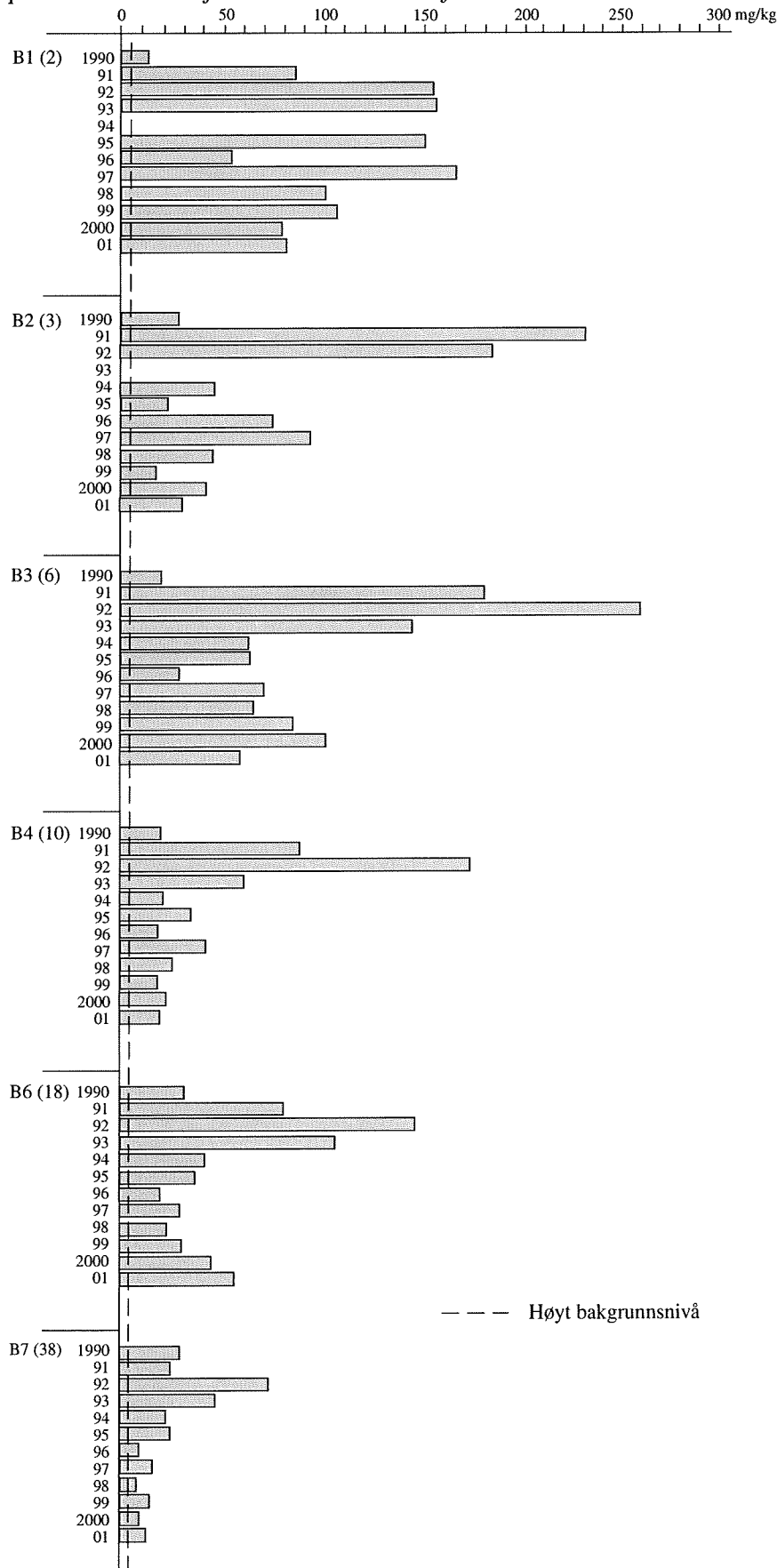
Figur 3. Kvikksølv i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1990-2000, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand fra Odde. Merk brudd i skala.



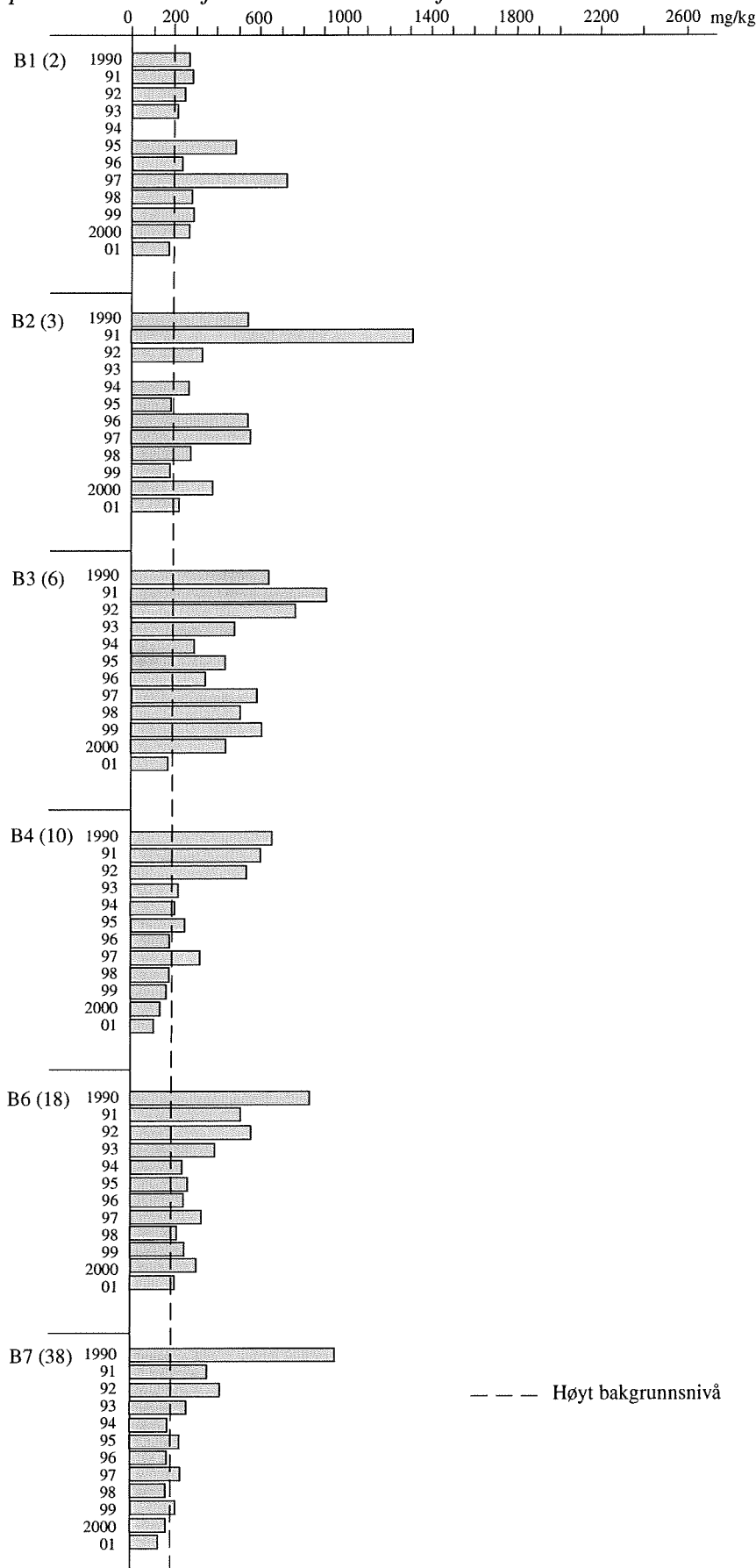
Figur 4. Kadmium i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1990-2000, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand fra Odde.



Figur 5. Bly i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sørffjorden 1990-2000, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand fra Odda. Merk brudd i skala.



Figur 6. Sink i blåskjell fra utvalgte stasjoner i Sør fjorden 1990-2000, mg/kg tørrvekt. I parentes ved stasjonsnr.: Ca. avstand fra Odde.



### 4.3 Klororganiske stoffer i fisk

#### 4.3.1 Årlig overvåking

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

Tabell 7.  $\Sigma\text{PCB}_7$  (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) 2001,  $\mu\text{g/kg}$  våtvekt og  $\mu\text{g/kg}$  fett. Ikke analysert: i.a. (Om prøvenes sammensetning, se Tabell 3). Ikke analysert: i.a.

| Stasjoner/arter         | Våtvektsbasis |          |         |                    | Fettbasis <sup>1)</sup> |                    |                      |
|-------------------------|---------------|----------|---------|--------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|
|                         | DDT           | DDE      | DDD     | $\Sigma\text{DDT}$ | $\Sigma\text{PCB}_7$    | $\Sigma\text{DDT}$ | $\Sigma\text{PCB}_7$ |
| <b>I. Sør fj., (53)</b> |               |          |         |                    |                         |                    |                      |
| Torsk, lever            | 85/62         | 268/253  | 29/21   | 314/286            | 1289/1438               | 1303               | 5349                 |
| Torsk, filet            | i.a.          | 0.6/0.2  | <0.1    | 0.6/0.2            | <1                      | 150                | <250                 |
| Skrubbe, lever          | 11.9/1.4      | 38.0/4.6 | 7.6/1.2 | 57.5/6.0           | 107/22                  | 330                | 615                  |
| Skrubbe, filet          | i.a.          | 1.0/0.2  | <0.1    | <1.1               | <3                      | <220               | <600                 |
| <b>Strandebarm (67)</b> |               |          |         |                    |                         |                    |                      |
| Torsk, lever            | 64/16         | 161/107  | 22/13   | 196/134            | 300/278                 | 493                | 754                  |
| Torsk, filet            | i.a.          | 3.1/3.1  | 0.1/0   | 3.2/3.1            | <10                     | 1067               | <3333                |
| Skrubbe, lever          | 4.7/1.0       | 23.4/6.7 | 7.3/2.0 | 35.4/9.7           | 33/8                    | 128                | 120                  |
| Skrubbe, filet          | i.a.          | 0.8/0.4  | 0.3/0.1 | 1.1/0.6            | <1                      | 85                 | <77                  |
| Glassvar, lever         | 27/16         | 76/44    | 9/3     | 112/63             | 83/52                   | 434                | 322                  |
| Glassvar, filet         | i.a.          | 0.6/0.4  | <0.1    | <0.6               | <1                      | <150               | <250                 |

<sup>1)</sup> Basert på gjennomsnittskonsentrasjoner og midlere fettinnhold.

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, 2001). Verdiene i 2001 er imidlertid vesentlig lavere (nær en faktor 6) og dermed på det samme nivået som i 1999 (Tabell 7; Tabell 8). Den midlere konsentrasjonen representerer en overkonsentrasjon tilsvarende 2.5 ganger antatt høyt bakgrunnsnivå ved bare diffus belastning (Kl. 1 i SFTs klassifiseringssystem; Molvær et al. 1997) og korresponderer med tilstandsklasse II, moderat forurenset. Midlere innhold av PCB i torskefilet var lite/ubetydelig (Tabell 7), en vesentlig reduksjon jevnført med registreringene fra 2000 (en faktor på >50; Knutzen & Green, 2001a).

Konsentrasjonene av PCB i skrubbe fra indre Sør fjorden, 2001, ligger på omtrent samme nivå som i 2000 og tidligere. Middelverdiene på 107  $\mu\text{g}$   $\Sigma\text{PCB}_7/\text{kg}$  våtvekt i lever og <3  $\mu\text{g/kg}$  i filet kan dermed betraktes som tilnærmet "normalnivåer" av fisk fanget i dette området (Knutzen & Green, 2001a) og ligger på ca. det dobbelte av foreslåtte "høye bakgrunnsnivåer" (i skrubbelever) etter registreringer på referansestasjoner (Knutzen & Green 2001b). Verdiene i filet korresponderer med klasse 1 (ubetydelig/lite forurenset) i henhold til gjeldende tilstandsklasser fra SFT.

Av registreringene i fisk fra Strandebarm ses også i 2001 vanlig utbredte PCB-verdier i både torsk og skrubbe. Midlere konsentrasjon av PCB i glassvar på denne lokaliteten lå også på omtrent samme nivå som i 2000 (Tabell 7).

Gjennomsnittlige konsentrasjoner av DDT og dets derivater var jevnt over lavere i 2001, enn i 2000, med unntak av skrubbelever fra indre Sør fjord ( $\Sigma\text{DDT} = 57.5$   $\mu\text{g/kg}$  våtvekt [Tabell 7] mot 31.4  $\mu\text{g/kg}$  i 2000). Resultatene representerer følgende overskridelser jevnført med grensene for Kl 1 i SFTs klassifiseringssystem:



**Indre Sjørfjord:**

Torsk lever: 1.6 (Moderat forurenset)  
Torsk filet: <1 (lite/ubetydelig forurenset)  
Skrubbe filet: <1 (lite/ubetydelig forurenset)

**Strandebarm:**

Torsk lever: <1 (lite/ubetydelig forurenset)  
Torsk filet: 3.2 (Markert forurenset)  
Skrubbe filet: <1 (lite/ubetydelig forurenset)

Som det fremgår av de klororganiske analysene av blåskjell (kap. 4.4), er det lokal tilførsel av DDT over det normale flere steder langs Sjørfjorden, hvilket forklarer overkonsentrasjonene som også gjenfinnes i lever av skrubbe (jfr. tentativt forslag til referanseverdi på 25 µg ΣDDT/kg våtvekt i Knutzen & Green 2001b).

Av Tabell 8 ses ingen bestemt utviklingstrend for PCB-forurensningen i torsk eller skrubbe i indre Sjørfjorden. Den statistiske analysen (innenfor JAMP) av de årlige medianene viser imidlertid en signifikant nedgang i ΣPCB<sub>7</sub> (såvel som flere av enkeltkongenerene) i skrubbefilet (Green et al. under utarbeidelse). I skrubbelever vises også signifikante nedganger i enkelte PCB-kongenere (ikke publisert). Tatt i betraktning disse resultatene er det vanskelig å forklare de uregelmessige svigningene i PCB-inneholdet i torskelever (Tabell 8).

Tabell 8. Middelvrdier for  $\Sigma PCB_7$  i fisk fra indre Sør fjorden og Hardangerfjorden ved Strandebarm 1992-2001, mg/kg fett. Individuelle analyser eller blandprøver av størrelseskategorier.

| Stasjoner/<br>arter   | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996               | 1997               | 1998               | 1999               | 2000 | 2001  |
|-----------------------|------|------|------|------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|-------|
| <b>I. Sør fjorden</b> |      |      |      |      |                    |                    |                    |                    |      |       |
| Torskelever           | 8.0  | <0.8 | 0.66 | 0.36 | 11.4 <sup>1)</sup> | 2.4 <sup>1)</sup>  | 20.2 <sup>1)</sup> | 5.1                | 20.8 | 5.3   |
| Torskefilet           | 6.9  | <0.6 | -    | 0.19 | 8.4 <sup>2)</sup>  | 2.0 <sup>1)</sup>  | 34.6 <sup>1)</sup> | 2.4                | 20.0 | <0.25 |
| Skrubbelever          | 2.6  | <0.5 | 9.2  | 0.41 | 1.4 <sup>2)</sup>  | 0.77 <sup>2)</sup> | 0.56 <sup>2)</sup> | 0.84               | 0.80 | 0.62  |
| Skrubbefilet          | 2.5  | <0.6 | 1.96 | 0.33 | 0.74 <sup>3)</sup> | 0.64 <sup>2)</sup> | 0.43 <sup>2)</sup> | 0.76               | 0.46 | <0.6  |
| Ålefilet              |      |      |      |      |                    |                    |                    | 0.55 <sup>4)</sup> |      |       |
| <b>Strandebarm</b>    |      |      |      |      |                    |                    |                    |                    |      |       |
| Torskelever           | 0.66 | <0.5 | 0.93 | 0.38 | 0.47               | 1.6                | 0.54               | 0.90               | 0.54 | 0.75  |
| Torskefilet           | <0.4 | <0.2 | 0.50 | 0.20 | 1.1                | 2.1                | 0.22               | 0.48               | 0.44 | <3.3  |
| Glassvarlever         | 1.2  | <0.6 | 1.1  | 1.1  | 0.47               | 0.51               | 0.39               | 0.62               | 0.34 | 0.32  |
| Glassvarfilet         | 0.63 | <0.3 | 0.56 | 0.76 | 0.33               | 0.28               | 0.26               | 0.46               | 0.24 | <0.25 |
| Skrubbelever          |      |      |      |      | 0.58               |                    | 0.38               | 0.15               | 0.13 | 0.12  |
| Skrubbefilet          |      |      |      |      | 0.64               |                    | 0.43               | 0.15               | 0.10 | <0.08 |
| Sandfl.llever         |      |      |      |      |                    |                    | 0.67               |                    |      |       |
| Sandfl.filet          |      |      |      |      |                    |                    | 0.68               |                    |      |       |
| Ålefilet              |      |      |      |      |                    |                    |                    | 0.17               |      |       |

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

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

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

<sup>4)</sup> Middell av fisk fra Odda (0.78 mg/kg) og Edna-Tyssedal (0.31 mg/kg).

For nivåene av DDE viser trendanalysene (JAMP; Green et al. under utarbeidelse) en statistisk signifikant nedgang i skrubbelever fra indre Sør fjord, men ikke i torskelever fra samme område. Svingningene i  $\Sigma DDT$ -konsentrasjoner i torskelever kan ses i Tabell 9.

Tabell 9. Middelvrdier av  $\Sigma$ DDT i fisk fra indre Sør fjorden og Hardangerfjorden ved Strandebarm 1991-2001, mg/kg fett. Individuelle analyser eller blandprøver av størrelseskategorier.

| Stasjoner/<br>arter   | 1992              | 1993              | 1994              | 1995               | 1996               | 1997                 | 1998              | 1999               | 2000 | 2001  |
|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------------|--------------------|------|-------|
| <b>I. Sør fjorden</b> |                   |                   |                   |                    |                    |                      |                   |                    |      |       |
| Torskelever           | 3.1 <sup>3)</sup> | 0.8 <sup>3)</sup> | 0.4 <sup>3)</sup> | 0.1 <sup>3)</sup>  | 2.6 <sup>1)</sup>  | 2.9 <sup>1, 3)</sup> | 4.3 <sup>5)</sup> | 2.8 <sup>3)</sup>  | 2.1  | 1.3   |
| Torskefilet           | 3.8 <sup>3)</sup> | 0.7 <sup>3)</sup> | -                 | <0.1 <sup>3)</sup> | -                  | 1.4 <sup>1, 3)</sup> | -                 | -                  | -    | 0.15  |
| Skrubbelever          | 0.3 <sup>3)</sup> | 0.2 <sup>3)</sup> | 2.2 <sup>3)</sup> | 0.1 <sup>3)</sup>  | 0.18 <sup>2)</sup> | 0.9 <sup>4)</sup>    | 0.4 <sup>4)</sup> | 0.43               | 0.26 | 0.33  |
| Skrubbefilet          | 0.8 <sup>3)</sup> | 0.6 <sup>3)</sup> | 0.7 <sup>3)</sup> | 0.1 <sup>3)</sup>  |                    | 0.37 <sup>4)</sup>   | -                 | -                  | -    | <0.22 |
| Ålefilet              |                   |                   |                   |                    |                    |                      |                   | 0.25 <sup>6)</sup> |      |       |
| <b>Strandebarm</b>    |                   |                   |                   |                    |                    |                      |                   |                    |      |       |
| Torskelever           | 0.8 <sup>3)</sup> | 1.0 <sup>3)</sup> | 1.3 <sup>3)</sup> | 0.3 <sup>3)</sup>  | 1.5                | 5.8                  | 1.2               | 0.89 <sup>3)</sup> | 0.93 | 0.49  |
| Torskefilet           | 0.6 <sup>3)</sup> | 0.4 <sup>3)</sup> | 1.5 <sup>3)</sup> | 0.5 <sup>3)</sup>  | -                  | 5.6 <sup>3)</sup>    | -                 | -                  | -    | 1.1   |
| Glassvarlever         | 1.5 <sup>3)</sup> | 1.1 <sup>3)</sup> | 1.7 <sup>3)</sup> | 1.0 <sup>3)</sup>  | -                  | 1.0 <sup>3)</sup>    | 1.1               | 1.5                | 0.64 | 0.43  |
| Glassvarfilet         | 1.2 <sup>3)</sup> | 0.8 <sup>3)</sup> | 1.2 <sup>3)</sup> | 1.6 <sup>3)</sup>  | -                  | 0.5 <sup>3)</sup>    | -                 | -                  | -    | <0.15 |
| Skrubbelever          |                   |                   |                   |                    | 0.17               |                      | 0.55              | 0.21               | 0.17 | 0.13  |
| Skrubbefilet          |                   |                   |                   |                    | -                  |                      | 0.49              | -                  | -    | 0.09  |
| Sandfl.liver          |                   |                   |                   |                    |                    |                      | 0.77              |                    |      |       |
| Sandfl.filet          |                   |                   |                   |                    |                    |                      | 0.83              |                    |      |       |
| Ålefilet              |                   |                   |                   |                    |                    |                      |                   | 0.31               |      |       |

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

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

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

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

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

<sup>6)</sup> Middell av verdier fra Odda

### 4.3.2 Registreringer i dypvannsfisk

I likhet med de orienterende registreringene fra 2000, ble det i 2001 funnet høye PCB-konsentrasjoner i dypvannsfisk, særlig brosme fra Sjørfjorden (gjennomsnittlig leverkonsentrasjon på 2015 µg/kg våtvekt; Tabell 10). Den høyeste konsentrasjonen (3350 µg/kg) ble målt i blandprøven bestående av fisk med høyest gjennomsnittlig vekt (4158 g). Til sammenlikning var den høyeste konsentrasjonen i 2000 på 4562 µg/kg. Sammenligningsmaterialet i brosme fra referanselokaliteter er begrenset til to blandprøver av filet fra Sjørlandet og syd på Vestlandet i 1996. Disse, som besto av fisk i størrelsesintervallene 1.3-2.3 og 0.8-2.1 kg, hadde et innhold av 1.3/0.9 µg ΣPCB<sub>7</sub>/kg våtvekt (Solberg et al. 1999). Brosmefileten fra Sjørfjorden lå fra <3 til <5 µg/kg. PCB-innholdet i blandprøvene av brosmefilet fra Åkrafjorden lå fra <1 til <5 µg/kg.

Forskjellen mellom brosmes kontamineringsgrad i Sjørfjorden og Åkrafjorden understøtter øvrige data som dokumenterer mer enn vanlig forekomst/tilførsel av PCB til Sjørfjorden. Forskjellen mellom de to fjordene i denne henseende ses dessuten også av PCB-analysene i havmus og lange (Tabell 10).

Det kan også bemerkes at mens torsk fra Sjørfjorden viste høyere leverkonsentrasjoner av PCB enn brosme i 2000 (Knutzen & Green, 2001), er mønsteret omvendt i 2001 (Tabell 7 & Tabell 10). Imidlertid er det (i motsetning til torsk) analysert blandprøver av brosme, noe som kan skjule betydelige individuelle variasjoner.

Tabell 10. ΣPCB<sub>7</sub>, DDE/DDD og HCB (middel/standard avvik) i lever<sup>1)</sup> og filet<sup>2)</sup> av brosme (Brosme brosme), lange (Molva molva) og havmus (Chimaera monstrosa) fra Sjørfjorden (Digraneset, 53D) og Åkrafjorden (21D) 2001, µg/kg våtvekt. (For opplysninger om blandprøver se Tabell 7).

| Stasjoner/arter    | Lever             |               |             |              | Filet             |             |             |             |
|--------------------|-------------------|---------------|-------------|--------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
|                    | ΣPCB <sub>7</sub> | DDE           | DDD         | HCB          | ΣPCB <sub>7</sub> | DDE         | DDD         | HCB         |
| <b>Sjørfjorden</b> |                   |               |             |              |                   |             |             |             |
| Brosme             | 2015/<br>1070     | 3000/<br>2038 | 728/<br>369 | 9.8/<br>3.5  | <4                | 5.8/<br>3.4 | 1.0/<br>0.5 | <0.1        |
| Lange              | 1012/<br>291      | 1500/<br>354  | 216/<br>33  | 8.4/<br>1.5  | <3                | 4.7/<br>3.6 | 0.4/<br>0.2 | <0.1        |
| Havmus             | 580               | 2550          | 80          | 10.6         | <2                | 6.1         | 0.2         | <0.1        |
| <b>Åkrafjorden</b> |                   |               |             |              |                   |             |             |             |
| Brosme             | 1251/<br>811      | 530/<br>301   | 185/<br>153 | 14.5/<br>4.8 | <3                | 1.3/<br>0.6 | <0.3        | 0.1/<br>0.0 |
| Lange              | 694/<br>356       | 463/<br>205   | 83/<br>47   | 14/<br>3.5   | <2                | 1.4/<br>1.2 | <0.2        | 0.1/<br>0.0 |
| Havmus             | 103               | 87.5          | 7.5         | 5.2          | <1                | 0.3         | <0.1        | 0.04        |

<sup>1)</sup> Fettprosent i brosme fra Sjørfjorden/Åkrafjorden 50/56; i lange 52/61 og i havmus 79.5/76.5.

<sup>2)</sup> Fettprosent i brosme fra Sjørfjorden/Åkrafjorden 0.3/0.2; i lange 0.3/0.4 og i havmus 0.6/0.5.

Som vist i de orienterende registreringene i dypvannsfisk i 2000, så fremtrer Sjørfjordens forurensning med nedbrytningsprodukter av DDT tydelig (Tabell 10). Solberg et al. (1999) rapporterte for ΣDDT i filet av brosme og lange henholdsvis 0.4-0.6 og 0.8 µg/kg våtvekt. I tilsvarende størrelseskategori av Sjørfjord-brosme representerte bare DDE ca. 5-10 ganger

denne konsentrasjonen. Den gjennomsnittlige DDE-konsentrasjonen i brosmefilet fra Åkrafjorden lå ca. 4.5 ganger under den i Sørkjorden (Tabell 10), altså noe høyere enn i 2000 (Knutzen & Green, 2001a). Konsentrasjonene av DDE i filet av lange og havmus fra Åkrafjorden var nær identisk med registreringene i 2000.

Heksaklorbenzen (HCB) forekom, i likhet med i 2000 bare i lave/moderate konsentrasjoner i dypvannsfisken (Tabell 10).

#### 4.4 Klororganiske stoffer i blåskjell

Hovedresultatene fra analysene av klorerte organiske miljøgifter i blåskjell er presentert i Tabell 11. I likhet med i 2000 (Knutzen & Green, 2001a) ble det registrert høyt nivå av  $\Sigma$ DDT ved st. B6 Kvalnes (40.8  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt), dog lavere nivå enn i 2000 (52.9  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) og 1999 (47.7  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ).

At innholdet er høyest i skjell fra Kvalnes, stemmer med de fleste tidligere serier (Tabell 12; Figur 7), slik som også er nevnt i fjorårets rapport (Knutzen & Green, 2001a). Ellers må det igjen nevnes at resultatet må tas med et visst forbehold idet JAMP-prøven fra samme lokalitet ca 1 uke før ikke viste tilsvarende høy konsentrasjon. Årsaken til forskjellen er fortsatt ikke oppklart, men det har også før vært slike i hvert fall tilsynelatende uoverensstemmelser. Resultatene tyder på at eksponeringen varierer mye innen korte tidsrom. For de øvrige sammenfallende stasjoner ses også at de laveste nivåene forekommer i JAMP-serien (Tabell 11).

I forhold til grensen for Kl. I i SFTs klassifiseringssystem representerer nivået av  $\Sigma$ DDT i serie-I prøven fra Kvalnes (Tabell 11) en overkonsentrasjon på mer enn 20 ganger. På de øvrige lokalitetene i Sørfjorden varierte overkonsentrasjonene i begge observasjonsserier mellom 1.2 og 9.4 ganger (altså omtrent det samme som i 2000).

I det hele ga 2001-resultatet samme bilde som nå har fremgått gjennom et desennium: Stadig tilførsel av DDT med metabolitter over hele fjorden, mest i ytre del, fra kilder som ikke er under kontroll. Noen bestemt utviklingstendens kan ikke spores (Tabell 12 og Figur 7, samt statistisk analyse av JAMP-data; Green et al. under utarbeidelse).

Tabell 11. DDT med nedbrytningsprodukter og  $\Sigma\text{PCB}_7$ <sup>1)</sup> i blåskjell fra Sørfjorden og Hardangerfjorden oktober 2001 (17-22 oktober [I] og 8-11 oktober [II],  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt) ( $\Sigma$ DDT også i  $\mu\text{g}/\text{kg}$  fett). Data fra det opprinnelige stasjonsnett (st. B1 osv.) i kolonner merket I; fra JAMP/INDEX (st. 51A osv.) i kolonner merket II. Jfr. Figur 1 vedrørende stasjonsplassering (i tabellen oppført med økende avstand fra Odda).

| St.nr. | DDT             |      | DDE  |      | DDD             |      | $\Sigma$ DDT |      | $\Sigma\text{PCB}_7$ |    | $\Sigma$ DDT<br>( $\mu\text{g}/\text{kg}$ fett) |      |
|--------|-----------------|------|------|------|-----------------|------|--------------|------|----------------------|----|---|------|
|        | I               | II   | I    | II   | I               | II   | I            | II   | I                    | II | I   | II   |
| B1/51A | 1.8             | 1.60 | 3.0  | 1.53 | 0.73            | 0.31 | 5.53         | 3.43 | 8.83                 | 8  | 307   | 219  |
| B2/52A | - <sup>2)</sup> | 0.67 | 3.9  | 0.93 | 0.63            | 0.21 | 4.53         | 1.83 | 8.1                  | 10 | 348   | 158  |
| B3     | 1.5             |      | 2.9  |      | - <sup>2)</sup> |      | 4.40         |      | 1132                 |    | 232   |      |
| B4     | 1.0             |      | 6.0  |      | 1.5             |      | 8.50         |      | 29.8                 |    | 370   |      |
| B6/56A | 15.0            | 7.77 | 21.0 | 9.77 | 4.8             | 1.17 | 40.8         | 18.7 | 26.0                 | 33 | 2550  | 1221 |
| B7/57A | 9.5             | 3.90 | 7.5  | 3.97 | 1.4             | 0.52 | 18.4         | 8.37 | 10.8                 | 8  | 1022  | 518  |
| 63A    |                 | 0.98 |      | 1.14 |                 | 0.21 |              | 2.33 |                      | 2  |   | 175  |
| 65A    |                 | 0.51 |      | 0.97 |                 | 0.31 |              | 1.83 |                      | 1  |   | 102  |

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

<sup>2)</sup> Interferens i kromatogram

Tabell 12. DDT og nedbrytningsprodukter i blåskjell 1992-2001,  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt. (I parentes % av  $\Sigma\text{DDT}$ ). Verdiene er delvis avrundet. Ikke registrert: B1 i 1994, B2 i 1993 og B3/B4 i 1997.

| Stasjoner           | År                 | DDT                  | DDE       | DDD             | $\Sigma\text{DDT}$ |
|---------------------|--------------------|----------------------|-----------|-----------------|--------------------|
| St. B1<br>Byrkjenes | 1992               | < 0.2 ( $\approx$ 2) | 2.3 (56)  | 1.7 (42)        | 4.9 <sup>1)</sup>  |
|                     | 1993               | 0.1 ( $\approx$ 3)   | 2.5 (69)  | 1.0 (28)        | 3.6                |
|                     | 1995               | 2.0 (33)             | 3.3 (55)  | 0.7 (12)        | 6.0                |
|                     | 1996               | 3.0 (48)             | 2.4 (38)  | 0.9 (14)        | 6.3                |
|                     | 1997 <sup>3)</sup> | 2.5 (47)             | 2.4 (46)  | 0.3 (7)         | 5.2                |
|                     | 1998               | < 0.5 (<6)           | 2.3 (49)  | 2.1 (45)        | 4.7                |
|                     | 1999               | 2.2 (46)             | 2.3 (48)  | 0.3 (6)         | 4.8                |
|                     | 2000               | 2.7 (37)             | 4.2 (58)  | 0.4 (5)         | 7.3                |
|                     | 2001               | 1.8 (33)             | 3.0 (54)  | 0.7 (13)        | 5.5                |
| St. B2<br>Eitheim   | 1992               | < 0.2 (< 2)          | 2.5 (51)  | 2.3 (47)        | 4.9 <sup>1)</sup>  |
|                     | 1994               | 0.9 (28)             | 2.1 (64)  | 0.3 (8)         | 3.3                |
|                     | 1995               | 2.8 (40)             | 3.2 (46)  | 0.9 (14)        | 6.9                |
|                     | 1996               | 1.9 (35)             | 2.4 (44)  | 1.1 (21)        | 5.5                |
|                     | 1997 <sup>3)</sup> | 2.1 (39)             | 2.2 (40)  | 1.1 (21)        | 5.4                |
|                     | 1998               | < 0.5 (<5)           | 3.3 (49)  | 3.2 (47)        | 6.8                |
|                     | 1999               | 3.2 (46)             | 3.2 (46)  | 0.6 (8)         | 7.0                |
|                     | 2000               | 2.6 (36)             | 4.2 (58)  | 0.4 (7)         | 7.2                |
|                     | 2001               | - <sup>4)</sup>      | 3.9 (<86) | 0.6 (<14)       | 4.5                |
| St. B3<br>Tyssedal  | 1992               | 0.4 (15)             | 1.7 (60)  | 0.7 (25)        | 2.8                |
|                     | 1993               | < 0.1 ( $\approx$ 6) | 1.8 (62)  | 1.0 (32)        | 2.9 <sup>1)</sup>  |
|                     | 1994               | 0.4 (15)             | 1.9 (68)  | 0.5 (17)        | ~ 2.7 ?            |
|                     | 1995               | 1.5 (40)             | 1.8 (46)  | 0.5 (14)        | 3.8                |
|                     | 1996               | 2.2 (40)             | 2.4 (44)  | 0.9 (16)        | 5.4                |
|                     | 1998               | < 0.5 (<5)           | 2.9 (45)  | 3.2 (50)        | 6.4                |
|                     | 1999               | 1.9 (51)             | 1.5 (40)  | 0.4 (9)         | 3.8                |
|                     | 2000               | 2.0 (38)             | 2.2 (41)  | 1.1 (21)        | 5.3                |
|                     | 2001               | 1.5 (<34)            | 2.9 (<66) | - <sup>4)</sup> | 4.4                |
| St. B4<br>Digranes  | 1992               | < 0.2 ( $\approx$ 1) | 4.8 (48)  | 5.1 (51)        | 10.0 <sup>1)</sup> |
|                     | 1993               | 1.6 (17)             | 4.9 (53)  | 2.8 (30)        | 9.3                |
|                     | 1994               | 0.3 (9)              | 2.6 (73)  | 0.7 (18)        | 3.6                |
|                     | 1995               | 3.7 (53)             | 2.7 (38)  | 0.6 (9)         | 7.0                |
|                     | 1996               | 3.7 (40)             | 3.8 (42)  | 1.6 (18)        | 9.0                |
|                     | 1998               | < 0.5 (<2)           | 6.2 (44)  | 7.7 (54)        | 14.2               |
|                     | 1999               | 4.3 (43)             | 4.5 (45)  | 1.2 (12)        | 10.0               |
|                     | 2000               | 4.1 (39)             | 5.8 (55)  | 0.6 (6)         | 10.5               |
|                     | 2001               | 1.0 (12)             | 6.0 (71)  | 1.5 (18)        | 8.5                |
| St. B6<br>Kvalnes   | 1992               | 0.5 (3)              | 7.8 (44)  | 9.4 (53)        | 17.7               |
|                     | 1993               | 0.3 (1)              | 15.5 (63) | 8.7 (36)        | 24.5               |
|                     | 1994               | 3.2 (17)             | 13.8 (73) | 2.0 (10)        | 18.9               |
|                     | 1995               | 16.3 (46)            | 15.3 (43) | 4.1 (11)        | 35.7               |
|                     | 1996               | 9.7 (51)             | 8.3 (44)  | 0.9 (5)         | 18.9               |
|                     | 1997 <sup>3)</sup> | 9.8 (46)             | 8.1 (38)  | 3.5 (16)        | 21.4               |
|                     | 1998               | 13.0 (34)            | 16.0 (41) | 9.5 (25)        | 38.5               |
|                     | 1999               | 19.0 (40)            | 22.0 (46) | 6.7 (14)        | 47.7               |
|                     | 2000               | 32.0 (61)            | 16.0 (30) | 4.9 (9)         | 52.9               |
| 2001                | 15.0 (37)          | 21.0 (51)            | 4.8 (12)  | 40.8            |                    |
| St. B7<br>Krossanes | 1992               | < 0.2 ( $\approx$ 1) | 5.6 (52)  | 5.0 (47)        | 10.7 <sup>1)</sup> |
|                     | 1993               | 0.1 ( $\approx$ 3)   | 2.2 (61)  | 1.3 (36)        | 3.6                |
|                     | 1994               | 0.2 (4)              | 4.7 (73)  | 1.5 (23)        | 6.5                |
|                     | 1995 <sup>2)</sup> | 1.3 (32)             | 2.2 (53)  | 0.6 (15)        | 4.2                |
|                     | 1996               | 2.4 (27)             | 4.4 (51)  | 1.9 (22)        | 8.7                |
|                     | 1997 <sup>3)</sup> | 8.6 (54)             | 5.7 (35)  | 3.2 (11)        | 16.1               |
|                     | 1998               | 1.7 (7)              | 9.1 (40)  | 12.0 (53)       | 22.8               |
|                     | 1999               | 3.2 (36)             | 4.7 (53)  | 1.0 (11)        | 8.9                |
|                     | 2000               | 7.3 (41)             | 9.4 (53)  | 1.0 (6)         | 9.4                |
| 2001                | 9.5 (52)           | 7.5 (41)             | 1.4 (8)   | 18.4            |                    |

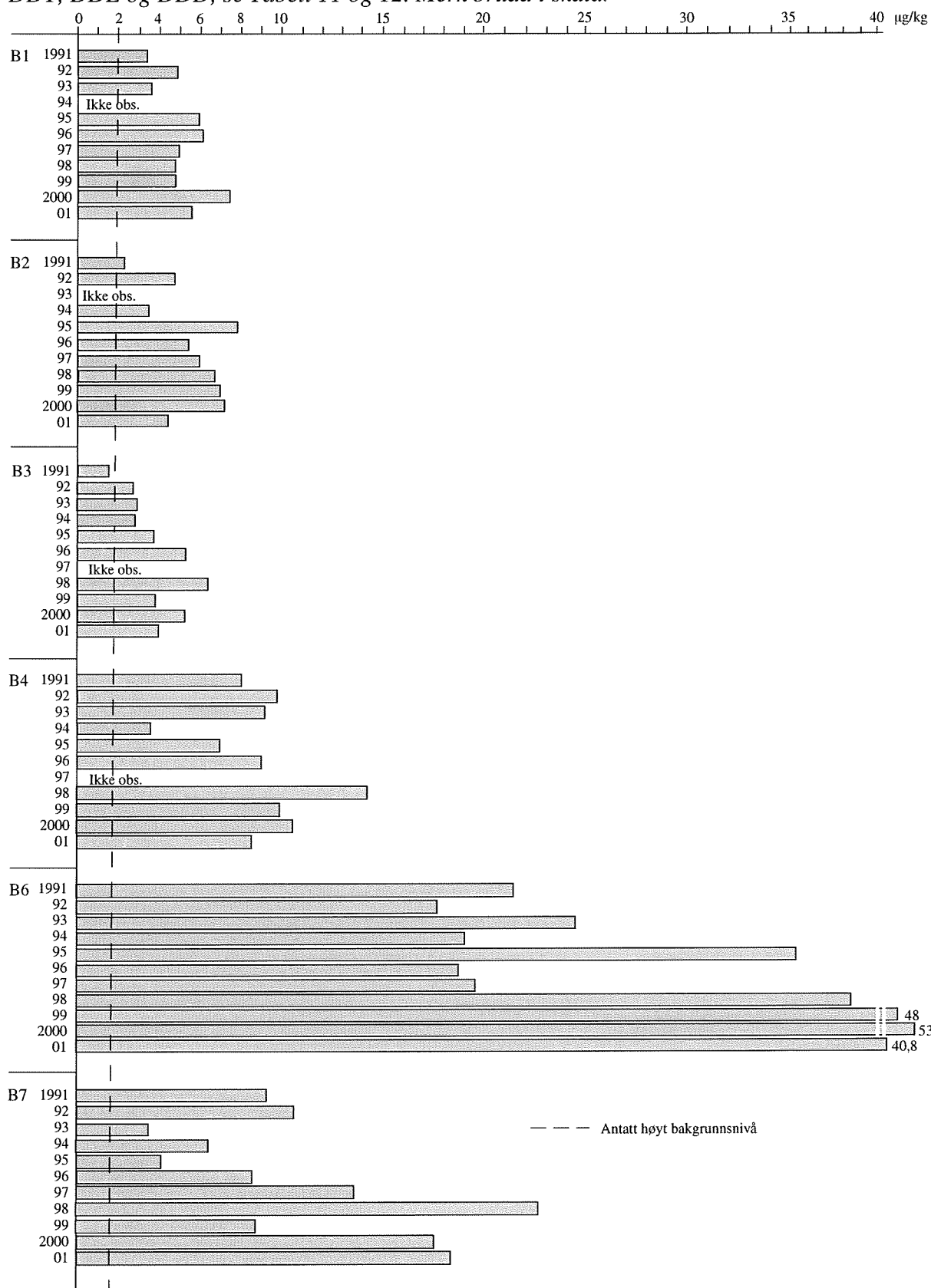
<sup>1)</sup> Ved summering eventuelt regnet med 1/2 deteksjonsgrense.

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

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

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

Figur 7. ΣDDT i blåskjell fra Sør fjorden 1991-2001, µg/kg våtvekt. Om fordeling mellom DDT, DDE og DDD, se Tabell 11 og 12. Merk brudd i skala.





Av Tabell 11 og 13 fremgår det at 2001-verdien for  $\Sigma\text{PCB}_7$  ved Tyssedal (1132  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt) ikke bare er den høyest registrerte verdien i hele den tiden klororganiske stoffer i blåskjell har vært overvåket, men den "slo fjorårets rekord" (45.3  $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) med en faktor på 25 (!). Dette svarer til mer enn 280 ganger grensen for SFTs tilstandsklasse I og 11 ganger grensen for tilstandsklasse V (meget sterkt forurenset). Reanalyser ble utført på materialet, som bekreftet disse høye verdiene (det er reanalysene som er presentert her). Det ble med dette påvist at det var en kilde til PCB i Tyssedalsområdet. Registreringene på de andre stasjonene viste også forhøyede konsentrasjoner (Tabell 11) sammenliknet med tidligere, som viser at PCB spres i overflatevannet, særlig utover fjorden (PCB-konsentrasjonene i blåskjell fra stasjonene B4 [Digranes], B6/56A [Kvalnes] og B7/57A [Krossanes] var 12 til 36 ganger høyere enn i 2000). Det må imidlertid bemerkes at PCB-tilsig flere steder langs indre fjord enn fra Tyssedalsområdet er tidligere sannsynliggjort (Skei & Tellefsen, 2000).

Tabell 13.  $\Sigma\text{PCB}_7$  i blåskjell fra st. B3, Tyssedal 1992-2001 (1997-materialet pga. en feil ikke analysert).  $\mu\text{g}/\text{kg}$  våtvekt og  $\mu\text{g}/\text{kg}$  fett.

|            | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001  |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Våtv.basis | 10.1 | 10.6 | 8.2  | 10.1 | 17.2 | 20.5 | 13.4 | 45.3 | 1132  |
| Fettbasis  | 918  | 757  | 683  | 773  | 963  | 1139 | 957  | 3775 | 59584 |

Maling/puss fra kraftstasjonen ved Tyssedal ble mistenkt som kilde og et prosjekt ble initiert (NIVA og Alex Stewart Environmental Services as.) på oppdrag av miljøvern avdelingen, 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, Miljøvern avdelingen 28. juni 2002 og blir gjengitt i det følgende:

Nye blåskjell ble samlet 11. og 12. april 2002 fra 9 stasjoner i Sørfjorden (hvorav 6 stasjoner var konsentrert i Tyssedalsområdet) (Tabell 14) av Alex Stewart Environmental Services A/S, ved Amund Måge. Det ble ikke samlet skjell fra den faste stasjonen i Tyssedal (Tabell 2) av den grunn at skjellbestanden er veldig liten. I tillegg ble en prøve av murpuss fra kraftstasjonen samlet. Prøvene ble analysert for PCB ved NIVA, som beskrevet i Kap. 3.

Tabell 14. Oversikt over prøver, samt stasjonsbeskrivelser. Prøvene analyseres for 10 kongenere (utvidet PCB: PCB-28, -52, -101, -118, -105, -153, -138, -156, -180 og -209) eller 7 kongenere (PCB<sub>7</sub>: PCB-28, -52, -101, -118, -153, -138 og -180).

| Prøve                       | Stasjonsbeskrivelse                          | Analysert for:   |
|-----------------------------|--|------------------|
| Blåskjell, stasjon ekstra 2 | Lindenes sør. Ved båthus sør for Bioplan.    | utvidet PCB      |
| Blåskjell, stasjon ekstra 3 | Lindenes nord. Nord for elva ved naust.      | utvidet PCB      |
| Blåskjell, stasjon ekstra 4 | Midt på Tyssedalstunnel. På neset ytterst.   | utvidet PCB      |
| Blåskjell, stasjon ekstra 6 | Nord for Tyssedal. like syd for betongrenne. | utvidet PCB      |
| Murpuss                     |  | utvidet PCB      |
| Blåskjell, stasjon ekstra 1 | Byrkjenes-Nord. Nedenfor revne oljetanker.   | PCB <sub>7</sub> |
| Blåskjell, stasjon ekstra 5 | Tyssedal syd. like syd for elveutløp.        | PCB <sub>7</sub> |
| Blåskjell, stasjon B6       | Kvalnes. Nedenfor hundepensjonat.            | PCB <sub>7</sub> |
| Blåskjell, stasjon B7       | Krossanes (Ystanes). Ved naust på berget.    | PCB <sub>7</sub> |
| Blåskjell, stasjon Ålvik    | Fra hengende skjellkultur på Floten.         | PCB <sub>7</sub> |

På stasjon "ekstra 6" (Tabell 14) ble det funnet høye PCB-konsentrasjoner i blåskjellene (Tabell 15; Vedlegg). PCB-konsentrasjonene i skjellene på denne stasjonen korresponderer med SFTs tilstandsklasse IV (sterkt forurenset) for klassifisering av miljøtilstand. Dette er innenfor samme tilstandsklasse som konsentrasjonene funnet i blåskjell på stasjon B3 i 2000 (Knutzen og Green, 2001a), men vesentlig lavere enn de ekstremt høye verdiene som ble funnet på stasjon B3 i oktober 2001 (Tabell 11). Det bemerkes imidlertid igjen at skjell ikke ble samlet på den faste stasjonen i Tyssedal (B3) til denne undersøkelsen. På de øvrige stasjonene var blåskjellene ubetydelig/lite til moderat forurenset (Tabell 15). Som forventet var PCB-konsentrasjonene i murpussprøven fra kraftstasjonen meget høye ( $PCB_7 \geq 336030 \mu\text{g/kg}$ , tørrvekt).

Dersom en spesielt ser på stasjon Kvalnes (B6) ser man at de markert forhøyede verdiene som ble observert i 2001 ( $33 \mu\text{g/kg}$  våtvekt og  $26 \mu\text{g/kg}$ ) nå har blitt redusert til  $6.1 \mu\text{g/kg}$ , våtvekt. Videre kan man se at det er en hovedtransport av PCB ut fjorden, da verdiene på Kvalnes som ligger en mil nord for Tyssedal er like høye som på stasjonene noen få kilometer sør for Tyssedal. PCB konsentrasjonene i blåskjell fra Floten, Ålvik som ble målt i 2002 ( $1.1 \mu\text{g/kg}$  våtvekt) er også lavere enn en måling på tilsvarende stasjon sommeren 2001 (Måge et al. 2002). Dette er en ytterligere indikasjon på at det har foregått en transport av PCB utover fjorden og at den har avtatt.

*Tabell 15. Konsentrasjoner ( $\mu\text{g/kg}$ , våtvekt) av  $PCB_7$  ( $PCB_{-28}$ ,  $-52$ ,  $-101$ ,  $-118$ ,  $-153$ ,  $-138$  og  $-180$ ) i blåskjell fra Sjøfjorden. SFT sine tilstandsklasser for miljøtilstand er indikert.*

| <b>Stasjon</b>              | <b>Konsentrasjon <math>PCB_7</math></b> | <b>Tilstandsklasse (SFT)</b>   |
|-----------------------------|---|--------------------------------|
| Blåskjell, stasjon ekstra 2 | 6.6                                     | II, Moderat forurenset         |
| Blåskjell, stasjon ekstra 3 | 5.5                                     | II, Moderat forurenset         |
| Blåskjell, stasjon ekstra 4 | 6.9                                     | II, Moderat forurenset         |
| Blåskjell, stasjon ekstra 6 | 44.9                                    | IV, Sterkt forurenset          |
| Blåskjell, stasjon ekstra 1 | 6.4                                     | II, Moderat forurenset         |
| Blåskjell, stasjon ekstra 5 | 5.9                                     | II, Moderat forurenset         |
| Blåskjell, stasjon B6       | 6.1                                     | II, Moderat forurenset         |
| Blåskjell, stasjon B7       | 3.1                                     | I, Ubetydelig- Lite forurenset |
| Blåskjell, stasjon Ålvik    | 1.1                                     | I, Ubetydelig- Lite forurenset |

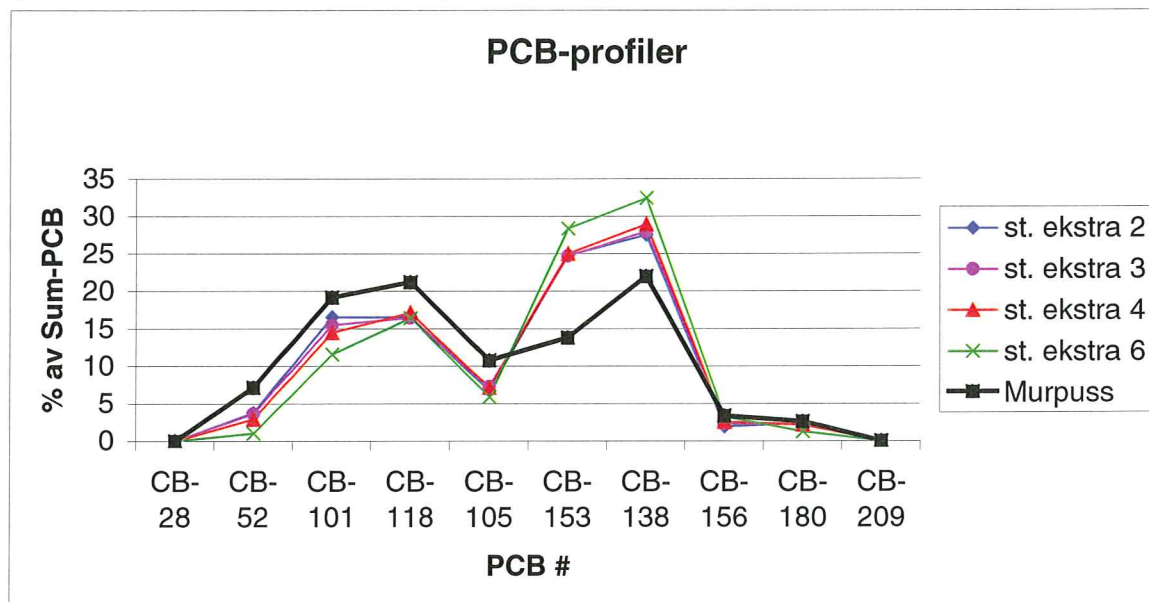
Prosentandelen som hver kongener utgjør av summen av samtlige 10 kongenere er regnet ut for de prøvene som fikk utvidet PCB-analyse (dvs. blåskjellprøver fra 4 stasjoner, samt murpussprøven; se Tabell 14). En grafisk fremstilling er presentert i Figur 8.

De høyeste PCB-konsentrasjonene ble altså funnet på stasjonen som ligger nærmest kraftstasjonen (den antatte kilden). Figur 8 viser videre at PCB-profilen i blåskjellene grovt sett er lik den i murpussprøven.  $PCB_{-52}$ ,  $-101$ ,  $-118$  og  $-105$  utgjør noe høyere andeler av Sum-PCB i murpuss prøven enn i blåskjellprøvene, mens  $PCB_{-153}$  og  $PCB_{-138}$  utgjør lavere andeler i murpussprøven enn i blåskjellprøvene. Tilsvarende forhold er også observert tidligere mellom PCB-profiler i blåskjell og den antatte PCB-kilden (Berge og Berglund, 2000).  $PCB_{-153}$  og  $-138$  er dessuten ofte fremtredende i biologiske prøver. Det kan også bemerkes at profilene avviker fra PCB-profiler i sediment hvor PCB-holdige oljer fra elektriske og hydrauliske applikasjoner har vært de mest sannsynlige kildene (Kjellberg og Løvik, 2000). I disse sedimentene var  $PCB_{-180}$  betydelig mer fremtredende. Videre bør det nevnes at 6 transformator-oljer som har vært brukt og sluppet ut i Tyssedalsområdet (bl.a. ved den gamle omformerstasjonen til A/S D.N.N. og ved kraftstasjonen til A/S Tysefaldene) er analysert for PCB ved en tidligere anledning (Skei og Klungsøyr, 1990). Ingen av disse oljene

inneholdt PCB eller andre klorholdige miljøgifter og det ble konkludert med at de ikke kunne være kilde til PCB i biota.

Av det ovenstående ble det konkludert med at de data som foreligger ikke indikerer noen andre punktkilder til PCB i Tyssedalområdet enn murpuss/maling fra kraftstasjonen.

Figur 8. PCB-profiler (relative andeler av enkeltkongenere) i blåskjell på 4 stasjoner fra Tyssedal-området (se Tabell 14) og i murpuss fra kraftstasjonen.



På bakgrunn av de ovennevnte resultater ble det oppfordret til utvidede undersøkelser av miljøet rundt kraftstasjonen for å danne en oversikt over omfanget av PCB-lekkasjen, eventuelt at tiltak vurderes på bakgrunn av de data man nå besitter. De høye PCB-konsentrasjonene på stasjon "ekstra 6" (SFTs tilstandsklasse IV [sterkt forurenset]) viste at PCB fortsatt var sterkt forhøyet og kanskje fortsatt tilføres nærmiljøet.

## 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.
- Berge, J.A. og L. Berglind. 2000. Miljøundersøkelse i sjøen utenfor Hurum Papirfabrikk 1999. NIVA-rapport 4243-2000. 37 s.
- Green, N.W., 2000. Joint Assessment and Monitoring Programme in Norway 2000. Contaminants. NIVA-notat av 8/3 2000 (prosjekt O-80106), 49 s.
- 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.
- Kjellberg, G. J.E. Løvik. 2000. PCB-konsentrasjoner i sediment fra NSB's båthavn i Åkersvika og fra Mjøsa utenfor Esperen: rapport fra undersøkelsen 1999. NIVA-rapport 4167-2000. 38 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 organism. *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., Helland, A. og M. Schøyen. 2002. Overvåking av miljøforholdene i Sørfjorden. Metaller, oksygen, nitrogen og vannutskifting i 2001. Rapport 853/02 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4562-2002. 51 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., Øygard, J., Opedal, E.H., Djonne, R., Hovgård, P., Johnsen, T., Aasen, J. og T. Aune. 2002. Rapport frå overvakingsprogram: Prøvelokalitetar for blåskjeldyrking; Hardangerfjorden innanfor Varaldsøy. ASES-rapport 5/2002, 27 s.

Skei, J. 2000. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sjørfjorden og Hardangerfjorden 1999. Delrapport 1 Vannkjemi. Rapport 796/00 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 4236-2000, 23 s.

Skei, J. og J. Klungsøy. 1990. Kartlegging av PCB i sedimenter fra Indre Sjørfjord. NIVA-rapport 2528-1990. 16 s.

Skei, J. og J. Knutzen, 1999. Forurensningsutviklingen i Sjørfjorden og Hardangerfjorden i perioden 1980-1997. Populær framstilling av resultatene 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 Sjørfjorden som følge av uhell ved Norzink as vinteren 1999-2000. Miljømessige konsekvenser. NIVA-rapport 4234-2000, 12 s.

Skei, J. og T. Tellefsen, 2000. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sjørfjorden og Hardangerfjorden år 2000. Kartlegging av PCB i indre Sjørfjorden 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., Rygg, B., Moy, F., Molvær, J., Knutzen, J., Hylland, K., Næs, K., Green, N. og T. Johnsen, 1998. Forurensningsutviklingen i Sjørfjorden/Hardangerfjorden i perioden 1980-1997. Sammenstilling av resultatene fra overvåkingen av vann, sedimenter og organismer. Rapport 742/98 innen Statlig program for forurensningsovervåking. NIVA-rapport 3922-98. 95 s.

Solberg, T., Øvrevoll, B., Berg, V. og G.S. Eriksen, 1999. Kartlegging av tungmetaller og klororganiske miljøgifter i marin fisk fanget i Sør-Norge. Rapport 4-99 fra Statens Næringsmiddeltilsyn, Oslo. 44 s.

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

**VEDLEGG (Rådata)**

**PCB i blåskjell oktober 2001 (våtvektsbasis)**

**PCB i blåskjell april 2002 (våtvektsbasis),  
samt i murpuss fra Krafstasjon ved Tyssedal (tørrvektsbasis)**

NIVA 4612-2002 (TA-1922/2002)

Revisjonsnr : 2001-03017 Mottatt dato : 20011220 Godkjent av : IAL Godkjent dato: 20020208  
 Prosjektnr : O 800309  
 Kunde/Stikkord : SØRMAR  
 Kontaktp./Saksbeh. : SKE

| Analysevariabel<br>Enhet<br>Metode | PrData      | Merking   | Prøvetype | TTS,% |      | Fett-%    |       | CB28-B     |       | CB52-B     |       | CB101-B    |       | CB118-B    |       | CB105-B    |       | CB153-B    |       | CB138-B    |       | CB156-B    |       |
|------------------------------------|-------------|-----------|-----------|-------|------|-----------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
|                                    |             |           |           | B     | 3    | % pr.v.v. | H 3-4 | µg/kg v.v. | H 3-4 | µg/kg v.v. | H 3-4 | µg/kg v.v. | H 3-4 | µg/kg v.v. | H 3-4 | µg/kg v.v. | H 3-4 | µg/kg v.v. | H 3-4 | µg/kg v.v. | H 3-4 | µg/kg v.v. | H 3-4 |
| 1                                  | 20011206 B1 | Byrkjenes | biosk     | 13.3  | 1.8  | <0.10     | 0.31  | 1.7        | 1.8   | 0.71       | 2.2   | 2.2        | 2.6   | 2.6        | 0.24  |            |       |            |       |            |       |            |       |
| 2                                  | 20011206 B3 | Tyssedal  | biosk     | 15.2  | 1.90 | 0.10      | 25    | 200        | 250   | 97         | 270   | 370        | 35    |            |       |            |       |            |       |            |       |            |       |
| 3                                  | 20011206 B2 | Eitheim   | biosk     | 14.0  | 1.3  | <0.10     | 0.21  | 1.4        | 1.6   | 0.65       | 2.2   | 2.5        | 0.22  |            |       |            |       |            |       |            |       |            |       |
| 4                                  | 20011211 B4 | Digranes  | biosk     | 17.3  | 2.3  | <0.20     | 0.59  | 4.7        | 6.0   | 2.6        | 7.9   | 1.0        |       |            |       |            |       |            |       |            |       |            |       |
| 5                                  | 20011206 B6 | Kvelnes   | biosk     | 13.8  | 1.6  | <0.10     | 0.51  | 4.0        | 5.4   | 2.4        | 6.7   | 8.9        | 1.0   |            |       |            |       |            |       |            |       |            |       |

| Analysevariabel<br>Enhet<br>Metode | PrData      | Merking   | Prøvetype | CB180-B |            | CB209-B |            | ΣPCB      |            | ΣPCB  |            | QCB-B |            | HCHA-B |            | HCB-B |            | HCHG-B |            | OCS-B |            | DDEPP-B |            |
|------------------------------------|-------------|-----------|-----------|---------|------------|---------|------------|-----------|------------|-------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|---------|------------|
|                                    |             |           |           | H 3-4   | µg/kg v.v. | H 3-4   | µg/kg v.v. | Beregnet* | µg/kg v.v. | H 3-4 | µg/kg v.v. | H 3-4 | µg/kg v.v. | H 3-4  | µg/kg v.v. | H 3-4 | µg/kg v.v. | H 3-4  | µg/kg v.v. | H 3-4 | µg/kg v.v. | H 3-4   | µg/kg v.v. |
| 1                                  | 20011206 B1 | Byrkjenes | biosk     | 0.22    | <0.10      | 9.78    | 8.83       | 0.05      | <0.10      | 0.11  | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10  | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10  | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10   | 3.0        |
| 2                                  | 20011206 B3 | Tyssedal  | biosk     | 17      | <0.10      | 1264.1  | 1132.1     | 0.05      | <0.10      | 0.12  | <0.10      | 0.19  | <0.10      | <0.10  | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10  | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10   | 2.9        |
| 3                                  | 20011206 B2 | Eitheim   | biosk     | 0.19    | <0.10      | 8.97    | 8.1        | <0.05     | <0.10      | 0.05  | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10  | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10  | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10   | 3.9        |
| 4                                  | 20011211 B4 | Digranes  | biosk     | 0.57    | <0.20      | 33.36   | 29.76      | <0.10     | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10  | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10  | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10   | 6.0        |
| 5                                  | 20011206 B6 | Kvelnes   | biosk     | 0.45    | <0.10      | 29.36   | 25.96      | <0.05     | <0.10      | 0.06  | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10  | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10  | <0.10      | <0.10 | <0.10      | <0.10   | 21         |

| Analysevariabel<br>Enhet<br>Metode | PrData      | Merking   | Prøvetype | TDEPP-B |            |
|------------------------------------|-------------|-----------|-----------|---------|------------|
|                                    |             |           |           | H 3-4   | µg/kg v.v. |
| 1                                  | 20011206 B1 | Byrkjenes | biosk     | 0.73    |            |
| 2                                  | 20011206 B3 | Tyssedal  | biosk     |         |            |
| 3                                  | 20011206 B2 | Eitheim   | biosk     | 0.63    |            |
| 4                                  | 20011211 B4 | Digranes  | biosk     | 1.5     |            |
| 5                                  | 20011206 B6 | Kvelnes   | biosk     | 4.8     |            |

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

PrNr 1 NB! Metallene er reg. på rekv. 2995 1-2 og 3016 1-3.

NIVA 4612-2002 (TA-1922/2002)

Revisjonsnr : 2002-01070 Mottatt dato : 20020524 Godkjent av : LAL Godkjent dato: 20020620  
 Prosjektnr : O 21340  
 Kunde/Stikkord : TYSSEDAL  
 Kontaktp./Saksbeh. : ARU

| Analysevariabel | Enhet | Metode | PrNr | PrDato   | Merking           | Prøvetype | Fett-%    |            | CB28-B     |            | CB28-Sm    |            | CB52-B     |            | CB52-Sm    |            | CB101-B    |            | CB101-Sm   |            | CB118-B    |            | CB118-Sm   |            | CB105-B    |            |            |
|-----------------|-------|--------|------|----------|-------------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                 |       |        |      |          |                   |           | % pr.v.v. | µg/kg v.v. | µg/kg v.v. | µg/kg v.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. |
|                 |       |        |      |          |                   |           | H 3-4     | H 3-4      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      |
| 1               |       |        |      | 20020412 | St. 1 ekstra 2    | biosk     | 2.2       | <0.08      | 0.27       |            |            | 1.2        |            | 1.2        |            |            | 1.2        |            | 1.2        |            |            | 1.2        |            |            | 0.49       |            |            |
| 2               |       |        |      | 20020412 | St. 2 ekstra 3    | biosk     | 2.3       | <0.08      | 0.22       |            |            | 0.94       |            | 0.94       |            |            | 1.0        |            | 1.0        |            |            | 1.0        |            |            | 0.44       |            |            |
| 3               |       |        |      | 20020412 | St. 3 ekstra 4    | biosk     | 2.3       | <0.08      | 0.22       |            |            | 1.1        |            | 1.1        |            |            | 1.3        |            | 1.3        |            |            | 1.3        |            |            | 0.54       |            |            |
| 4               |       |        |      | 20020412 | St. 4 ekstra 6    | biosk     | 2.1       | <0.08      | 0.50       |            |            | 5.7        |            | 5.7        |            |            | 8.1        |            | 8.1        |            |            | 8.1        |            |            | 2.9        |            |            |
| 5               |       |        |      |          | St. 5 Murpuss ute | annet     |           |            |            | s30        |            |            |            | s28000     |            |            |            |            | s75000     |            |            |            |            | s83000     |            |            |            |
| 6               |       |        |      |          | St. 6 ekstra 1    | biosk     |           | <0.08      | 0.20       |            |            | 1.2        |            | 1.2        |            |            | 1.2        |            | 1.2        |            |            | 1.2        |            |            |            |            |            |
| 7               |       |        |      |          | St. 7 ekstra 5    | biosk     |           | <0.08      | 0.19       |            |            | 0.95       |            | 0.95       |            |            | 1.2        |            | 1.2        |            |            | 1.2        |            |            |            |            |            |
| 8               |       |        |      | 20020411 | St. 8 B6          | biosk     |           | <0.08      | 0.14       |            |            | 0.79       |            | 0.79       |            |            | 1.0        |            | 1.0        |            |            | 1.0        |            |            |            |            |            |
| 9               |       |        |      | 20020411 | St. 9 B7          | biosk     |           | <0.08      | 0.24       |            |            | 0.48       |            | 0.48       |            |            | 0.53       |            | 0.53       |            |            | 0.53       |            |            |            |            |            |
| 10              |       |        |      | 20020412 | St. 10 Ålvik      | biosk     |           | <0.08      | 0.09       |            |            | 0.23       |            | 0.23       |            |            | 0.19       |            | 0.19       |            |            | 0.19       |            |            |            |            |            |

| Analysevariabel | Enhet | Metode | PrNr | PrDato   | Merking           | Prøvetype | CB105-Sm   |            | CB153-B    |            | CB153-Sm   |            | CB138-B    |            | CB138-Sm   |            | CB156-B    |            | CB156-Sm   |            | CB180-B    |            | CB180-Sm   |            | CB209-B    |            |
|-----------------|-------|--------|------|----------|-------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                 |       |        |      |          |                   |           | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. | µg/kg t.v. | µg/kg v.v. |
|                 |       |        |      |          |                   |           | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      | H 3-3      | H 3-4      |
| 1               |       |        |      | 20020412 | St. 1 ekstra 2    | biosk     |            | 1.8        |            |            |            | 2.0        |            | 2.0        |            |            | 0.14       |            | 0.14       |            |            | 0.17       |            |            | <0.08      |            |
| 2               |       |        |      | 20020412 | St. 2 ekstra 3    | biosk     |            | 1.5        |            |            |            | 1.7        |            | 1.7        |            |            | 0.14       |            | 0.14       |            |            | 0.14       |            |            | <0.08      |            |
| 3               |       |        |      | 20020412 | St. 3 ekstra 4    | biosk     |            | 1.9        |            |            |            | 2.2        |            | 2.2        |            |            | 0.19       |            | 0.19       |            |            | 0.16       |            |            | <0.08      |            |
| 4               |       |        |      | 20020412 | St. 4 ekstra 6    | biosk     |            | 1.4        |            |            |            | 1.6        |            | 1.6        |            |            | 1.6        |            | 1.6        |            |            | 0.61       |            |            | <0.08      |            |
| 5               |       |        |      |          | St. 5 Murpuss ute | annet     | s42000     |            |            | s54000     |            |            |            | s66000     |            |            |            |            | s13000     |            |            |            |            | 10000      |            |            |
| 6               |       |        |      |          | St. 6 ekstra 1    | biosk     |            | 1.7        |            |            |            | 1.9        |            | 1.9        |            |            | 0.15       |            | 0.15       |            |            | 0.15       |            |            | <0.08      |            |
| 7               |       |        |      |          | St. 7 ekstra 5    | biosk     |            | 1.6        |            |            |            | 1.8        |            | 1.8        |            |            | 0.12       |            | 0.12       |            |            | 0.12       |            |            | <0.08      |            |
| 8               |       |        |      | 20020411 | St. 8 B6          | biosk     |            | 1.8        |            |            |            | 2.2        |            | 2.2        |            |            | 0.08       |            | 0.08       |            |            | 0.08       |            |            | <0.08      |            |
| 9               |       |        |      | 20020411 | St. 9 B7          | biosk     |            | 0.82       |            |            |            | 0.99       |            | 0.99       |            |            | 0.08       |            | 0.08       |            |            | 0.08       |            |            | <0.08      |            |
| 10              |       |        |      | 20020412 | St. 10 Ålvik      | biosk     |            | 0.28       |            |            |            | 0.30       |            | 0.30       |            |            | <0.08      |            | <0.08      |            |            | <0.08      |            |            | <0.08      |            |



NIVA 4612-2002 (TA-1922/2002)

Revisjonsnr : 2002-01070 Mottatt dato : 20020524 Godkjent av : LAL Godkjent dato: 20020620  
 Prosjektnr : O 21340  
 Kunde/Stikkord : TYSSEDAL  
 Kontaktp./Saksbeh. : ARU

| Analysevariabel | PrDato   | Merking           | Prøvetype | CB209-Sm<br>µg/kg t.v.<br>H 3-3 | ΣPCB<br>µg/kg t.v.<br>Beregnet* | ΣPCB<br>µg/kg v.v.<br>Beregnet* | ΣPCB <sub>7</sub><br>µg/kg v.v.<br>Beregnet* | OCB-B<br>µg/kg v.v.<br>H 3-4 | OCB-Sm<br>µg/kg t.v.<br>H 3-3 | HCHA-B<br>µg/kg v.v.<br>H 3-4 | HCHA-Sm<br>µg/kg t.v.<br>H 3-3 | HCB-B<br>µg/kg v.v.<br>H 3-4 |
|-----------------|----------|-------------------|-----------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1               | 20020412 | St. 1 ekstra 2    | biosk     |                                 |                                 | 7.27                            | 6.64   | 0.05                         |                               | <0.08                         |                                | 0.07                         |
| 2               | 20020412 | St. 2 ekstra 3    | biosk     |                                 |                                 | 6.08                            | 5.5  | 0.06                         |                               | <0.8                          |                                | 0.07                         |
| 3               | 20020412 | St. 3 ekstra 4    | biosk     |                                 |                                 | 7.61                            | 6.88   | 0.06                         |                               | <0.08                         |                                | 0.09                         |
| 4               | 20020412 | St. 4 ekstra 6    | biosk     |                                 |                                 | 49.41                           | 44.91  | 0.05                         |                               | <0.08                         |                                | 0.07                         |
| 5               | !        | St. 5 Murpuss ute | annet     | <20                             | s391030                         |                                 |  |                              | m                             |                               |                                |                              |
| 6               | 20020412 | St. 6 ekstra 1    | biosk     |                                 |                                 | 6.35                            | 6.35   |                              |                               |                               |                                |                              |
| 7               | 20020411 | St. 7 ekstra 5    | biosk     |                                 |                                 | 5.89                            | 5.89   |                              |                               |                               |                                |                              |
| 8               | 20020411 | St. 8 B6          | biosk     |                                 |                                 | 6.05                            | 6.05   |                              |                               |                               |                                |                              |
| 9               | 20020411 | St. 9 B7          | biosk     |                                 |                                 | 3.14                            | 3.14   |                              |                               |                               |                                |                              |
| 10              | 20020412 | St. 10 Ålvik      | biosk     |                                 |                                 | 1.09                            | 1.09   |                              |                               |                               |                                |                              |

| Analysevariabel | PrDato   | Merking           | Prøvetype | HC209-Sm<br>µg/kg t.v.<br>H 3-3 | HCHG-B<br>µg/kg v.v.<br>H 3-4 | HCHG-Sm<br>µg/kg t.v.<br>H 3-3 | OCB-B<br>µg/kg v.v.<br>H 3-4 | OCS-Sm<br>µg/kg t.v.<br>H 3-3 | DDPBP-B<br>µg/kg v.v.<br>H 3-4 | DDEPP-Sm<br>µg/kg t.v.<br>H 3-3 | TDEPP-B<br>µg/kg v.v.<br>H 3-4 | TDEPP-Sm<br>µg/kg t.v.<br>H 3-3 |
|-----------------|----------|-------------------|-----------|---------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1               | 20020412 | St. 1 ekstra 2    | biosk     |                                 | 0.12                          |                                | <0.04                        |                               | 3.6                            |                                 | 0.57                           |                                 |
| 2               | 20020412 | St. 2 ekstra 3    | biosk     |                                 | 0.13                          |                                | <0.04                        |                               | 3.3                            |                                 | 0.53                           |                                 |
| 3               | 20020412 | St. 3 ekstra 4    | biosk     |                                 | 0.14                          |                                | <0.04                        |                               | 3.7                            |                                 | 0.65                           |                                 |
| 4               | 20020412 | St. 4 ekstra 6    | biosk     |                                 | 0.12                          |                                | <0.04                        |                               | 3.2                            |                                 | 0.57                           |                                 |
| 5               | !        | St. 5 Murpuss ute | annet     | m                               |                               |                                |                              | m                             |                                | m                               |                                |                                 |
| 6               | 20020412 | St. 6 ekstra 1    | biosk     |                                 |                               |                                |                              |                               |                                |                                 |                                |                                 |
| 7               | 20020411 | St. 7 ekstra 5    | biosk     |                                 |                               |                                |                              |                               |                                |                                 |                                |                                 |
| 8               | 20020411 | St. 8 B6          | biosk     |                                 |                               |                                |                              |                               |                                |                                 |                                |                                 |
| 9               | 20020411 | St. 9 B7          | biosk     |                                 |                               |                                |                              |                               |                                |                                 |                                |                                 |
| 10              | 20020412 | St. 10 Ålvik      | biosk     |                                 |                               |                                |                              |                               |                                |                                 |                                |                                 |

\* Analysemetoden er ikke akkreditert.  
 s Det er knyttet større usikkerhet enn normalt til kvantifiseringen.  
 m Analyseresultatet mangler. Se kommentar nedenfor.

PrNr 5 m= Det var ikke mulig å bestemme pesticidene pga svært høyt innhold av PCB i prøven.  
 s= Verdiene som er rapportert for PCB må betraktes som et minimumsnivå og ikke eksakte konsentrasjoner. Dette skyldes at analysen ikke var tilpasset så høye nivåer av PCB.

**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<br>Norsk Institutt for Vannforskning | Kontaktperson SFT<br>Bjørn A. Christensen | ISBN-nummer<br>82-577-4273-2 |
|--|---|------------------------------|

|  |   |                        |
|--|---|------------------------|
|  | Avdeling i SFT<br>Næringslivsavdelingen | TA-nummer<br>1922/2002 |
|--|---|------------------------|

|   |            |                |                     |
|---|------------|----------------|---------------------|
| Oppdragstakers prosjektansvarlig<br>Jens Skei | År<br>2002 | Sidetall<br>41 | SFTs kontraktnummer |
|---|------------|----------------|---------------------|

|  |  |
|--|--|
| Utgiver<br>Norsk Institutt for Vannforskning<br>NIVA-rapport 4612-2002 | Prosjektet er finansiert av<br>Statens Forurensningstilsyn<br>Outokumpu-Norzink A/S<br>Odda Smelteverk<br>Tinfos Titan & Iron K/S<br>Odda kommune<br>Ullensvang kommune. |
|--|--|

|  |
|--|
| Forfatter(e)<br>Anders Ruus, Norman W. Green |
|--|

|  |
|--|
| Tittel - norsk og engelsk<br>Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sørfjorden og Hardangerfjorden 2001. Delrapport 2. Miljøgifter i organismer. |
|--|

Measure oriented environmental monitoring of Sørfjord and Hardangerfjord 2002. Report component 2, Contaminants in organisms.

|  |
|--|
| Sammendrag – summary<br>Betydelig metallforurensning i Sørfjorden gjorde seg gjeldende også i 2001. Kvikksølvnivåene i torsk og skrubbe fra indre fjord er de høyeste som er registrert gjennom hele observasjonsserien. Metallanalysene av dypvannsfisk viste også meget høye konsentrasjoner av kvikksølv. Blåskjell viste opp til sterk grad av forurensning med kvikksølv, kadmium og bly, men liten til moderat grad av forurensning med sink. Kvikksølvinnholdet i skjell fra indre del av fjorden er sammen med registreringene i 1999 og 2000 av det høyeste som er registrert etter 1989. Det er tegn til en nedgang i skjellkonsentrasjoner av kadmium, bly og sink på flere stasjoner. De høye konsentrasjonene av PCB som ble funnet i torskelever i 2000 hadde i 2001 sunket til samme nivå som i 1999. PCB i skrubbe fra indre Sørfjorden lå på omtrent samme nivå som i 2000 og tidligere. Konsentrasjoner av DDT (og derivater) var også jevnt over lavere i 2001, enn i 2000, med unntak av skrubbelever fra indre Sørfjord. Det er tegn til en tidsmessig nedgang i PCB i skrubbefilet fra Sørfjorden. Dypvannsfisk fra Sørfjorden hadde også høyt innhold av PCB og DDE i 2001. Høyest konsentrasjon av $\Sigma$ DDT i blåskjell ble i 2001 funnet ved Kvalnes, slik det med bare få unntak har vært gjennom 10 års overvåking. Ekstreme konsentrasjoner av PCB ble funnet i blåskjell, særlig ved Tyssedal. Maling/puss fra kraftstasjonen ved Tyssedal ble mistenkt som kilde og undersøkelser av nye skjell (samlet april 2002) bekreftet denne mistanken. |
|--|

|  |   |
|--|---|
| 4 emneord<br>Overvåking<br>Sørfjorden<br>Blåskjell<br>Fisk | 4 subject words<br>Monitoring<br>Sørfjord<br>Blue mussels<br>Fish |
|--|---|