



RAPPORT LNR 4520-2002

Effekter av uhellsutslipp
av metallholdig vann til
Sørfjorden, Hardanger i
1999 - 2000

Analyser av sedimenter og filet av
torsk

Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 37 29 50 55
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Nordnesboder 5
5005 Bergen
Telefon (47) 55 30 22 50
Telefax (47) 55 30 22 51

Akvaplan-niva

9296 Tromsø
Telefon (47) 77 75 03 00
Telefax (47) 77 75 03 01

Tittel Effekter av uhellsutslipp av metallholdig vann til Sør fjorden, Hardanger i 1999-2000. Analyser av sedimenter og filet av torsk	Løpenr. (for bestilling)	Dato
	4520-2002	2002-04-08
	Prosjektnr. Undernr.	Sider Pris
	21127	21
Forfatter(e) Walday, Mats	Fagområde	Distribusjon
	Miljøgifter	
	Geografisk område	Trykket
	Hordaland	NIVA

Oppdragsgiver(e)	Oppdragsreferanse
Outokumpu Norzink v. Emil Jøsendal	

Sammendrag

NIVA har undersøkt nivåer av metaller i bunnsedimentene i Eitrheimsvågen, og i torsk fra tre ulike områder i Sør fjorden, Hardanger. Bakgrunnen er uhellsutslipp av metallholdig vann i perioden 1999-2000. Metallnivåene (sink (Zn), kvikksølv (Hg), bly (Pb), kadmium (Cd)) i bunnsedimentene (overflatesjiktet 0-1cm) viste meget sterk forurensning i hht. SFTs klassifisering. Metyll-kvikksølv var tilstede i mengder som anses å utgjøre en betydelig miljørisiko. I torskefilet var det overkonsentrasjonene av kvikksølv. Mange av fiskene fra Måge var markert forurenset. Analyse av to blåskjellprøver fra Eitrheimsvågen viste sterk- til meget sterk forurensning av kvikksølv, bly og kadmium.

Fire norske emneord 1. Sør fjorden 2. sedimenter 3. torsk 4. tungmetaller	Fire engelske emneord 1. Sør fjorden 2. sediments 3. cod 4. trace metals
---	--

Mats Walday
Prosjektleder

Kristoffer Næs
Forskningsleder
ISBN 82-577-4173-6

Jens Skei
Forskningsdirektør

O-21127

**Effekter av utslipp av metallholdig vann til
Sørfjorden, Hardanger i 1999-2000.**

Analyser av sedimenter og filet av torsk

Forord

NIVA ble våren 2001 engasjert av Outokumpu Norzink i Odda til å undersøke metallinnhold i sedimenter fra Eitrheimsvågen, samt kvikksølvinnhold i torsk fra tre ulike områder i Sjøfjorden. Kontaktperson på Norzink var Emil Jøsendal.

Innsamling av sedimenter ble utført av Tom Chr. Mortensen og Mats Walday fra NIVA, assistert av Øystein Espe, Norzink som båtfører. Jan Bedford Pedersen var reservedykker. De kjemiske analysene er hovedsakelig utført på NIVA og faglig ansvarlig har vært Bente Lauritzen. Innsamling og oversendelse av torsk ble organisert av Amund Maage, Hardanger Miljøsester. Torsken ble opparbeidet av Merete Schøyen og Åse Bakketun, NIVA. Analyser av metyllkvikksølv ble utført av AnalyCen AB i Lidköping i Sverige. Mats Walday har forfattet rapporten

Oslo, 25 april 2002

Mats Walday

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
2. Metoder	8
2.1 Sedimenter og blåskjell	8
2.2 Fisk	8
3. Resultater	12
3.1 Metaller i bunnsediment	12
3.2 Metyllkvikksølv i bunnsediment	14
3.3 Kvikksølv i torskefilet	14
3.4 Metaller i blåskjell	16
4. Referanser	17
Vedlegg A.	18
Vedlegg B.	20

Sammendrag

I forbindelse med uhellsutslipp av metaller, primært kvikksølv (Hg), sink (Zn) og kadmium (Cd), fra Norzinks fabrikk til Eitrheimsvågen i Sørfjorden i 1999-2000 ble NIVA bedt om å undersøke nivåer av metaller i bunnsedimentene i vågen, og i torsk fra ulike områder i Sørfjorden. Innsamling av sedimenter ble utført i mai 2001, mens torsken ble samlet inn i november samme år.

Metallnivåene (Zn, Hg, Pb (bly), Cd) i bunnsedimentene (overflatesjiktet 0-1cm) fra Eitrheimsvågen var for det meste svært høye; 83 av de 96 prøvene var meget sterkt forurenset (SFTs tilstandsklasse V). Andelen av metyllert kvikksølv var mindre enn 0,4 % av total-kvikksølv i bunnsedimentene. Den høyeste andelen ble funnet i prøven med den høyeste konsentrasjonen av total-kvikksølv. Mengden av metyll-kvikksølv i sedimentene er så stor at den anses for å representere en miljørisiko på grunn av sin store biotilgjengelighet.

Det ble registrert til dels høye verdier av kvikksølv i filet fra torsk i Sørfjorden. Fisk fra området ved Måge var mest kvikksølv-forurenset; nesten halvparten av fisken ble klassifisert som markert forurenset, mens én var sterkt forurenset. Fisken fra Hauso/Krossaneset var minst påvirket. Forskjeller i nivåer mellom individer var størst hos torsken fra Nå.

To blåskjellprøver som ble samlet inn parallelt med sedimentinnsamlingen, viste at blåskjell fra innerst i Eitrheimsvågen var sterkt til meget sterk forurenset av kvikksølv, bly og kadmium. Konsentrasjonene var klart høyere enn i blåskjell fra overvåkingsstasjonene i fjorden og indikerer Eitrheimsvågens fortsatte betydning som kildeområde.

Summary

Title: Environmental effects of accidental discharge of trace metals to Sørfjorden 1999-2000. Analyses of sediments and fillet of cod.

Year: 2002

Author: Mats Walday

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-4173-6

Accidental spills of waste water containing trace metals (Hg, Zn, Cd) from Norzink into Eitrheimsvågen, a small bay near the factory, took place during 1999-2000. Norwegian Institute for Water Research (NIVA) was asked to investigate the levels of metals in sediments near the point of discharge and in cod from various places in the fjord system. The collection of sediment samples was done in May 2001, the cod was sampled in November the same year.

The levels of metals (Hg, Zn, Cd, Pb) in the surface sediments (0-1 cm) were very high. 83 of 96 samples were characterised as extremely contaminated (class 5 according to the classifications system of the Norwegian State Pollution Control Authority). Methyl mercury was recorded and represented less than 0.4% of total mercury in the sediments. The highest level of methyl mercury was measured in the sample with highest level of total mercury and is considered to represent an environmental threat due to its bioavailability.

Elevated levels of mercury were also recorded in cod filets. Highest levels were measured in fish collected near Måge (Figur 3) and lowest levels near Hauso/Krossanneset.

Two samples of blue mussels collected near the Norzink factory had very high levels of metals (Hg, Cd, Pb), indicating that the metals from the accidental discharge was accumulated by the mussels.

1. Innledning

Forurensningsutviklingen i Sørfjorden/Hardangerfjorden i perioden 1980-1997 er beskrevet av Skei *et al* (1998). Det var svært høye konsentrasjoner av metaller i alle vandyp i Sørfjorden før 1986. I overflatevannet skjedde lite før 1989 da utslippet av sinkholdig discardsyre fra Norzink opphørte. Det høye forurensningsnivået i Eitrheimsvågen førte til at en høsten 1992 dekket over de forurensede massene i vågen (membran og sand). Hensikten var å begrense biotilgjengelighet og spredning av miljøgiftene som ligger lagret i sedimentene. Nivåene av metaller i vannet sank ytterligere i 1992 etter oppryddingen og tildekkingen i vågen. En dykkerbefaring utført høsten 1995 viste at overdekningen i Eitrheimsvågen hadde vært vellykket og at det allerede var etablert et organismsamfunn på sandlaget over duken (Skei & Moy 1996). Forurensningsnivået i overflatesedimentene ellers i fjorden var nedadgående, spesielt innerst i fjorden hvor sedimenttilveksten er størst. Miljøgifter i blåskjell og tang viste variasjoner som ikke kunne knyttes direkte til tilførseldata. I fisk hadde derimot nivåene stort sett gått ned i perioden 1986-1997. Forbedringen i bløtbunnsfaunaen var noen år forsinket i forhold til nedgangen i metallbelastningen, men det er naturlig at reetablering til et normalt faunasamfunn tar lengere tid.

I forbindelse med uhellsutslipp av metaller, primært kvikksølv, sink og kadmium, fra Norzinks fabrikk til Eitrheimsvågen i Sørfjorden i 1999-2000 ble NIVA bedt om å undersøke nivåer metaller i bunnsedimentene i vågen, og i torsk fra ulike områder i Sørfjorden. Ettersom de ekstraordinære tilførselene skjedde til overflatevannet ble spredningen av det forurensede vannet stor og utslippene ga høye verdier av kvikksølv, sink og kadmium i overflatevannet i hele Sørfjorden. (Skei 2000).

Kvikksølv er blant de metaller som kan gi størst miljøskade og effekter over lang tid etter spredning i omgivelsene, bl.a. ved akkumulering i fisk. Særlig betenkelig er metyllkvikksølv som er den giftigste formen og dessuten er mest biotilgjengelig.

2. Metoder

Det ble i 2001 samlet inn bunnsedimenter og fisk (torsk) fra Sørfjorden for analyse av metaller: Kvikksølv i torsk og kadmium, sink, bly, kvikksølv, og metyllert kvikksølv i sedimenter. Analysene ble utført på NIVAs laboratorium i Oslo og ved AnalyCen AS i Lidköping, Sverige (metyll-Hg). For mer informasjon om analysene se vedlegg B. I tillegg er det analysert på kvikksølv, bly og kadmium i blåskjell fra to prøvesteder i Eitrheimsvågen.

Resultatene er bedømt etter klassifiseringssystemet til Statens forurensningstilsyn (SFT, Molvær *et al.* 1997).

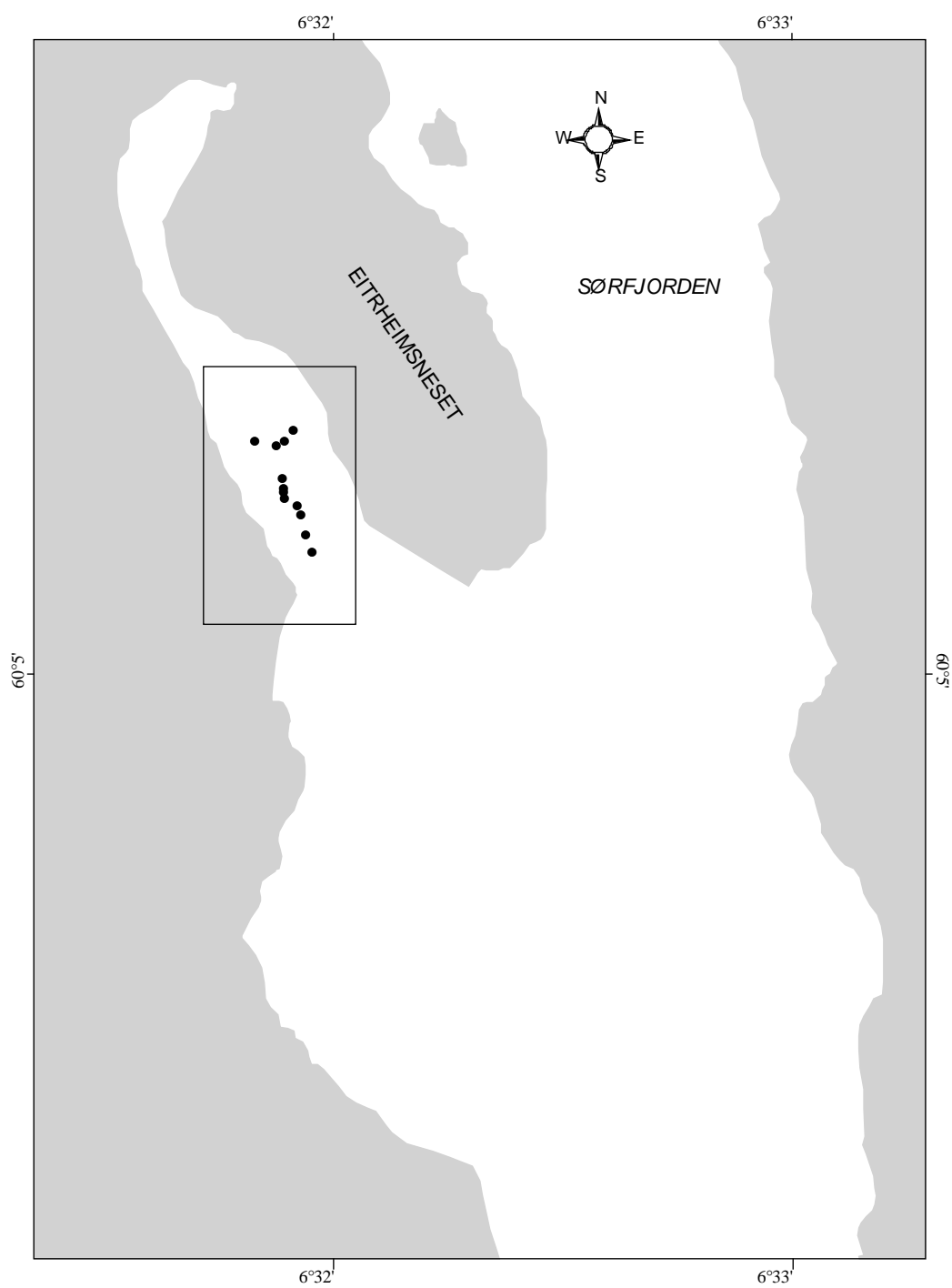
2.1 Sedimenter og blåskjell

Feltarbeidet ble utført i Eitrheimsvågen 15. mai 2001. Det var stille og pent vær. Dykker samlet inn 24 sedimentkjerner (1-24) fra 12 ulike prøvepunkter (A-L) innenfor det område som er dekket over med duk (Figur 1 og Figur 2). Kjerneprøvetakeren hadde en diameter på 60 mm og den øverste cm av kjernen ble fjernet ved snitting og sendt til analyse. Det ble analysert for kvikksølv, kadmium, bly, sink og totalt organisk karbon (TOC) i samtlige sedimentprøveprøver. De 5 sedimentprøver som hadde tilstrekkelig mengde sediment igjen etter metallanalysene ble analysert for innhold av metyllert kvikksølv. Disse analysene ble utført av AnalyCen Nordic AB i Lidköping, Sverige. Måleusikkerheten for metyllert kvikksølv oppgis å være 10% og deteksjonsgrensen 1 µg/kg.

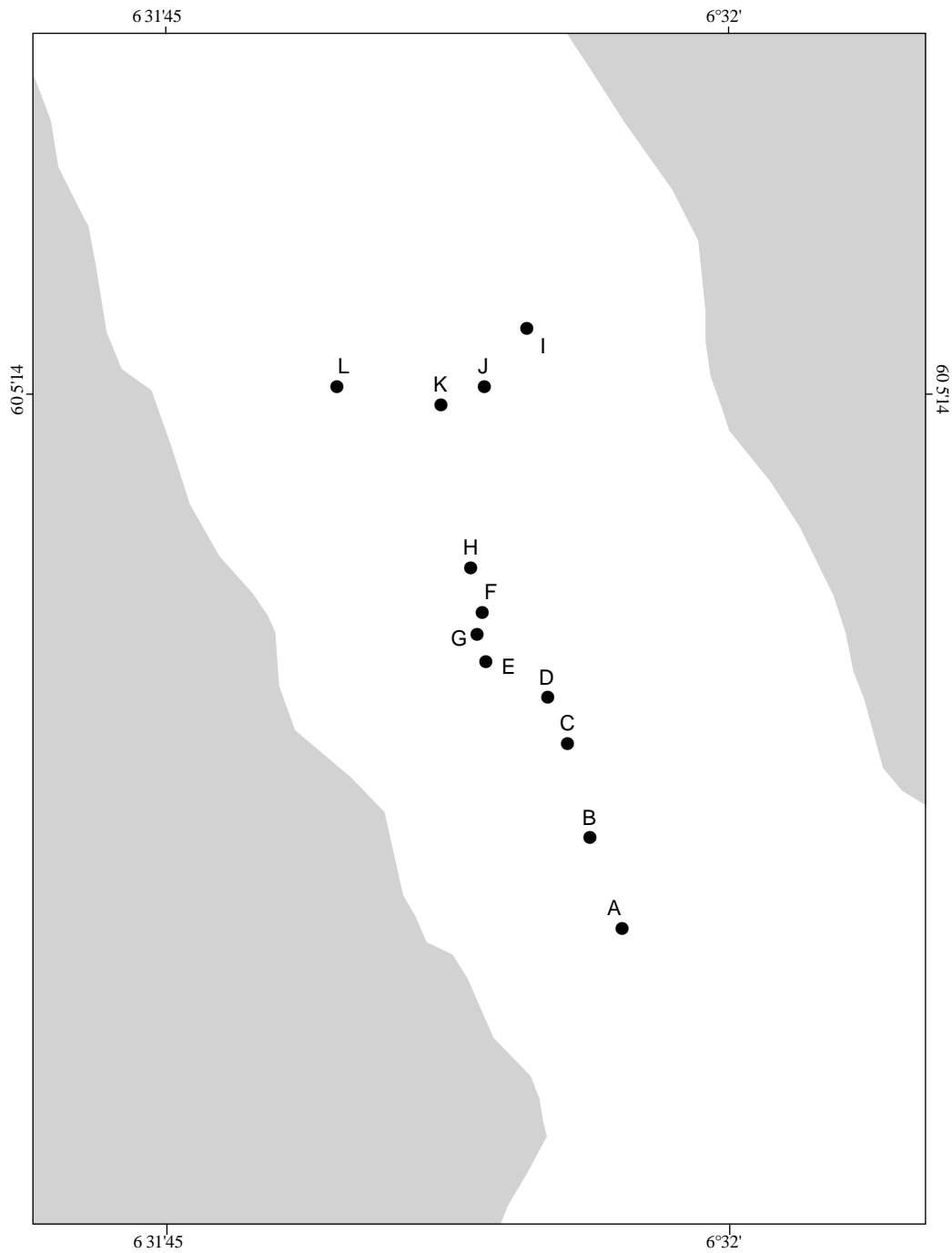
Det ble i forbindelse med feltarbeidet også samlet inn blåskjell fra 2 prøvepunkter i nærheten av utslippspunktet (se Vedlegg A, Tabell 5). Disse er analysert for innhold av kadmium, kvikksølv og bly (én prøve ble analysert fra hvert prøvepunkt).

2.2 Fisk

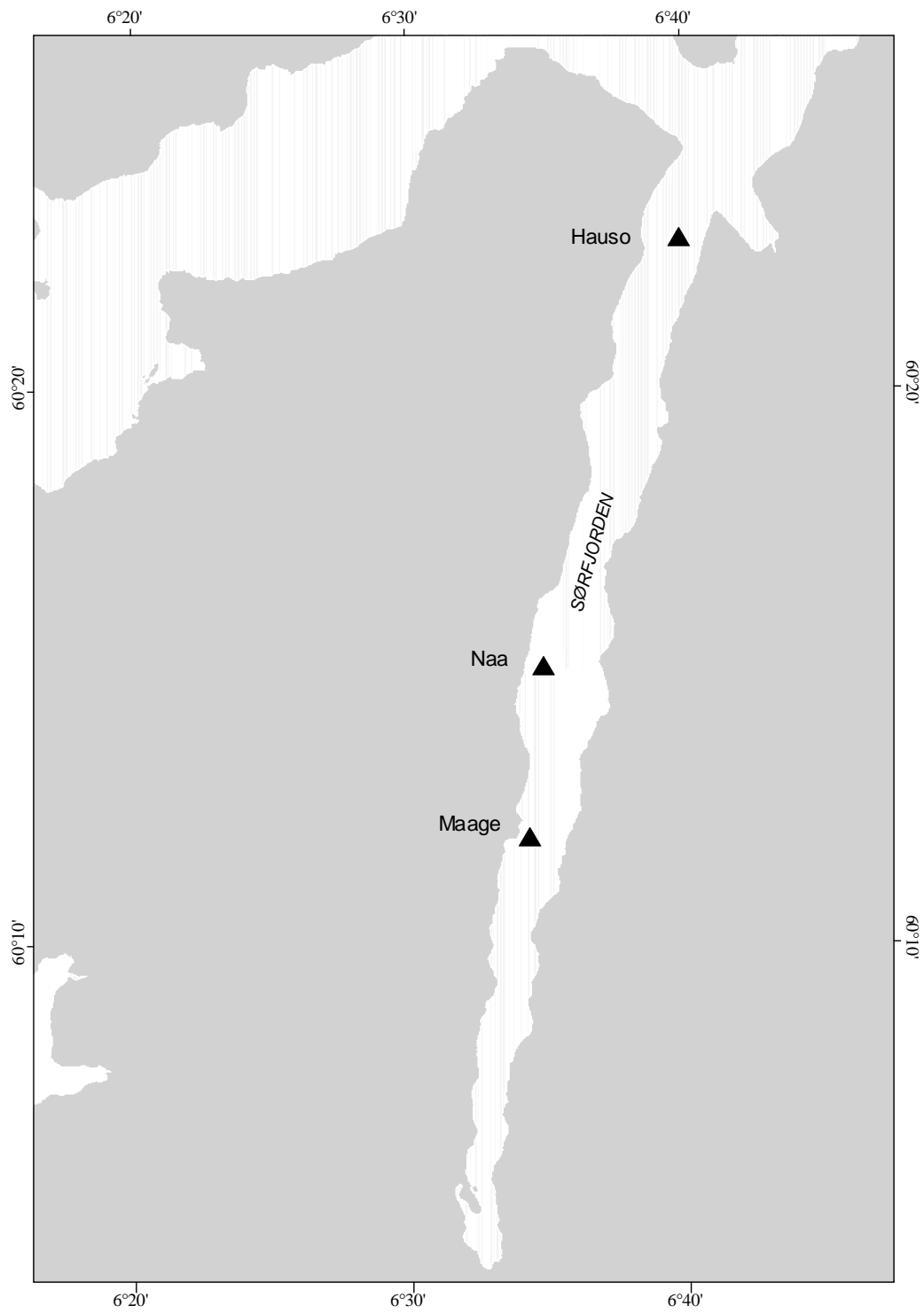
25 torsk (23 fra Måge) ble i november 2001 samlet inn fra hver av tre områder i Sørfjorden; ved Måge, Nå og området Hauso-Krossaneset (Figur 3). Fisken ble frosset ned og sendt til NIVA i Oslo for opparbeiding. Her ble ca 50g filet langs ryggraden tatt ut fra hver fisk, homogenisert og sendt videre til analyse av kvikksølvinnhold. Hver prøve ble analysert separat slik at det tilsammen ble analysert 73 filetprøver fra 73 ulike fisk.



Figur 1. Kart over Eitheimsvågen som viser prøvepunkter for sedimentinnsamling.



Figur 2. Detaljkart over Eitheimsvågen som viser prøvepunkter for sedimentinnsamling i mai 2001. På prøvepunkt A ble prøve 1 og 2 tatt, på prøvepunkt B prøve 3 og 4, på prøvepunkt C prøve 5 og 6, osv.. Blåskjell ble samlet inn mellom prøvepunkt I og J



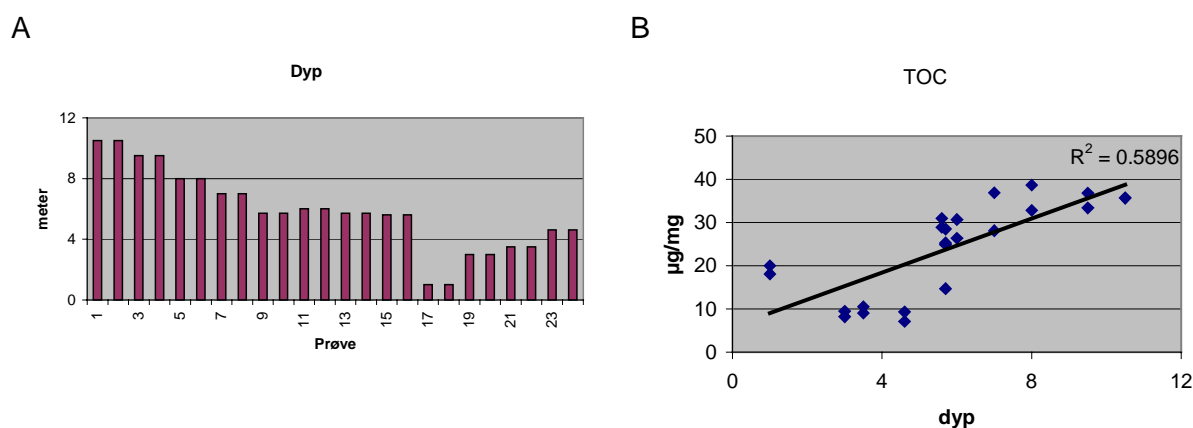
Figur 3. Kart over innsamlingssteder for torsk i Sør fjorden i november 2001.

3. Resultater

3.1 Metaller i bunnsediment

Metallnivåene (Zn, Hg, Pb, Cd) i bunnsedimentene fra Eitrheimsvågen i mai 2001 var for det meste svært høye; 83 av de 96 analysene ga nivåer i klasse V ("meget sterkt forurenset", Molvær et al. 1997).

I bunnsedimenter i grunnere områder vil ofte innholdet av organisk karbon (TOC) øke med vanddyppet. Innholdet av totalt organisk karbon i i forhold til dyp i sedimentprøvene fra Eitrheimsvågen viser en sammenheng mellom dyp og TOC (Figur 4). Mer informasjon om prøver og stasjoner er gitt i Vedlegg A.

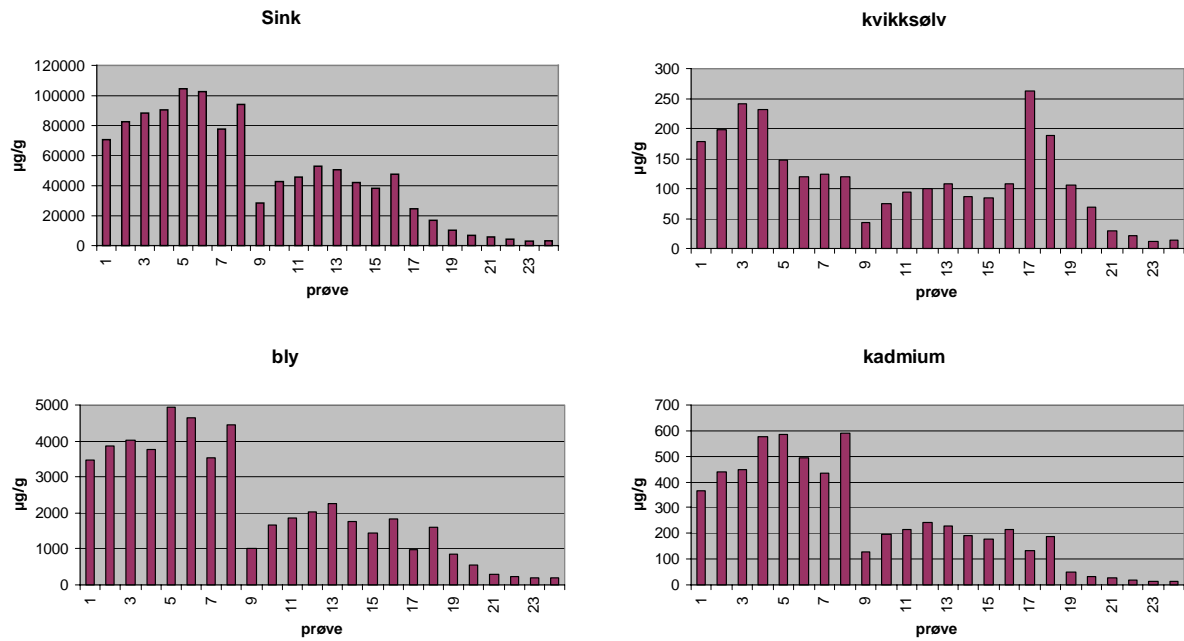


Figur 4. A: Dyp i meter for prøvetaking av overflatesedimenter (0-1cm). B: forholdet mellom innhold av TOC og dypet hvor prøven er tatt.

Mønsteret for de fire metallene er nokså likt med de høyeste verdiene i prøver fra de dypeste områdene i vågen (Figur 5). Unntaket er kvikksølv som også hadde meget høye verdier i sedimentene fra de grunneste områdene helt inne ved utslippsområdet (prøvepunkt I). Lavest innhold av metaller ble funnet i prøvepunktene J - L som samtlige hadde et TOC-innhold på mindre enn 11 µg/mg. En sammenligning av resultatene fra de parallelle prøvene viste at metallnivåene kunne variere endel innenfor samme prøvepunkt, men at mønsteret med høyest nivåer i de ytre deler av vågen allikevel var tydelig.

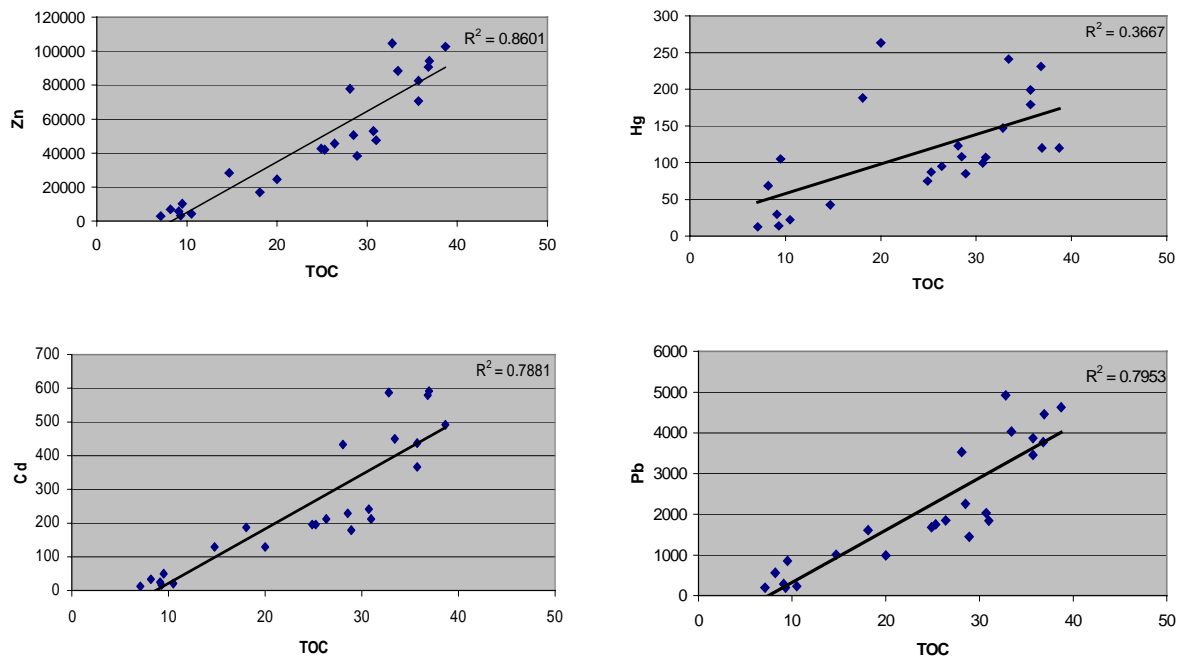
Klassifisering av tilstand (Molvær *et al.* 1997) i overflatesediment (0-1cm) fra Eitrheimsvågen:

Metall	Prøve	Prøvepunkt	Tilstand
Sink (Zn):	1 - 19	A - J	meget sterkt forurenset; klasse V
	20 - 22 og 24	J - L	sterkt forurenset; klasse IV
	23	L	markert forurenset; klasse III
Kadmium (Cd):	1 - 24	A - L	meget sterkt forurenset; klasse V
Kvikksølv (Hg):	1 - 24	A - L	meget sterkt forurenset; klasse V
Bly (Pb):	1 - 8, 10 - 14, 16, 18	A - I	meget sterkt forurenset; klasse V
	9, 15, 17, 19	E, H - J	sterkt forurenset; klasse IV
	20 - 24	J - L	markert forurenset; klasse III



Figur 5. Innhold av sink (Zn), kvikksølv (Hg), bly (Pb) og kadmium (Cd), i 24 prøver (12 prøvepunkter) av overflatesediment (0-1cm) i Eitrheimsvågen, Sjørfjorden mai 2001.

Nivåene av både sink, bly og kadmium korrelerte godt med innholdet av organisk karbon i sedimentene, mens korrelasjonen var dårligere mellom kvikksølv og organisk karbon (Figur 6).

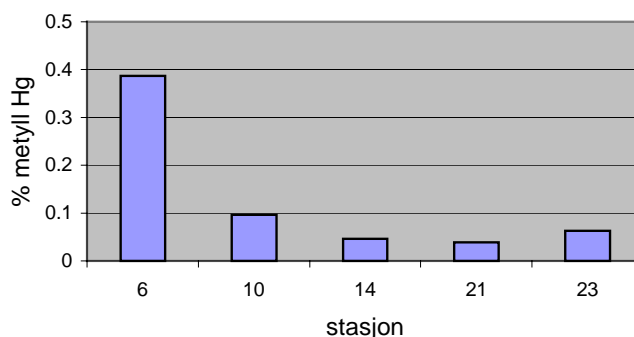


Figur 6. Korrelasjonen mellom innholdet av organisk karbon og hhv. sink, kvikksølv, kadmium og bly i overflatesedimenter fra Eitrheimsvågen, Sjørfjorden mai 2001.

3.2 Metyllkvikksølv i bunnsediment

Andelen av metyllert kvikksølv var mindre enn 0,4 % av total-kvikksølv i bunnsedimentene fra Eitrheimsvågen. Den høyeste andelen ble funnet i prøven med den høyeste konsentrasjonen av total-kvikksølv.

Andelen av metyllert kvikksølv i forhold til total innhold av kvikksølv ble analysert i fem sedimentprøver fra fem ulike prøvepunkt, angitt i parentes; prøve 6 (C), 10 (E), 14 (G), 21 (K) og 23 (L). Den høyeste andelen, 0,39 %, ble målt i prøve 6 (Figur 7) som også hadde høyest total innhold av kvikksølv av de fem prøvene (ref. Figur 5). Det er normalt at andelen av metyllert kvikksølv i sedimenter er mindre enn 1 % av totalkonsentrasjonen.



Figur 7. Prosentandel metyllert kvikksølv i 5 sedimentprøver fra Eitrheimsvågen, mai 2001.

I forhold til andre former av kvikksølv er metyllert kvikksølv mer toksisk og i mye større grad biotilgjengelig, og representerer derfor en større miljørisiko. Metyllert kvikksølv har lang oppholdstid i fisks muskulatur; størrelsesorden et halvår til flere år (se Knutzen 1987 m. referanser). Den målte andelen av metyll-kvikksølv i sedimentene innebærer et ganske stort miljøproblem fordi nivåene av total-kvikksølv i sedimentene er høye i Eitrheimsvågen.

3.3 Kvikksølv i torskefilet

Det ble registrert tildels betydelig forhøyede verdier av kvikksølv i filet fra torsk fra midtre og ytre deler av Sørfjorden. Fisk fra området ved Måge hadde høyest innhold av kvikksølv, mens nivået var lavere i fisken fra Hauso/Grimo.

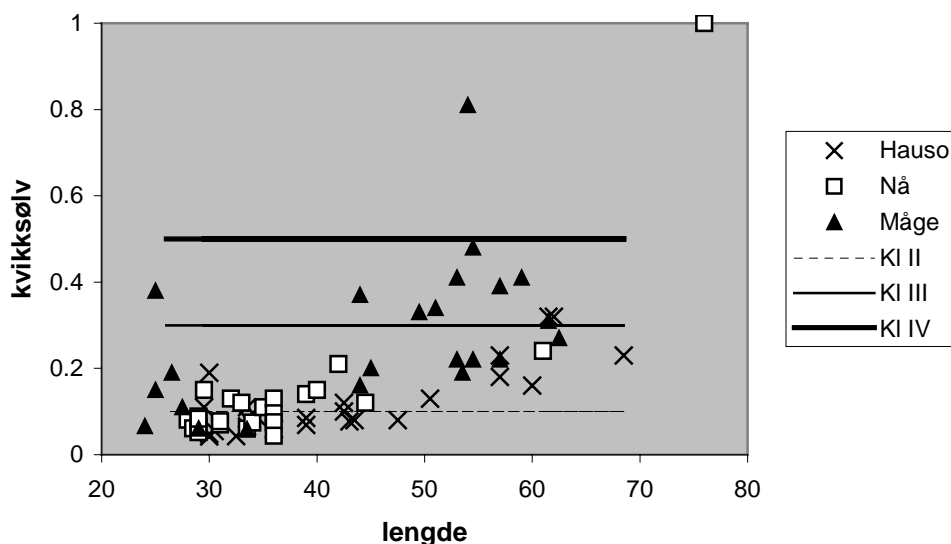
Ser en på medianverdien for hvert område (Tabell 1), var både Hauso/Grimo og Nå ubetydelig-lite forurenset av kvikksølv, mens Måge var moderat forurenset (Molvær *et al.* 1997). To fisk fra Nå var meget sterkt forurenset, og en fisk fra Måge var sterkt forurenset (Figur 8). Ellers var fisk fra de samme områdene hhv. ubetydelig- til moderat forurenset og ubetydelig- til markert forurenset. Torsk fra Hauso/Grimo området var minst forurenset av kvikksølv. Årsaken til de høyere verdiene i fisken fra Måge kan være at denne generelt var noe større enn fisken fra Nå; hhv. 45,4 og 37,2cm i gjennomsnittlig lengde.

Sammenhengen mellom lengden på torsken og innholdet av kvikksølv var imidlertid ganske svak på samtlige stasjoner (Figur 8), i motsetning til det man generelt finner (Knutzen & Green 2001). Det var en god sammenheng mellom lengde og vekt hos torsken fra de tre områdene (Vedlegg A, Figur 9).

Hvis en velger å beregne gjennomsnittsverdien av kvikksølvinnhold, blir tallet høyere for samtlige områder grunnet noen få ekstremverdier, særlig ved Nå og Måge (Tabell 1). Medianverdien må antas å gi best grunnlag for bl.a. å bedømme spiselighet.

Tabell 1. Median, gjennomsnitt og standardavvik for kvikksølv ($\mu\text{g/g Hg}$) i torskfilet fra tre områder i Sørfjorden november 2001. Antall (n) analyserte fisk er også angitt.

	Hauso/Grimo	Nå	Måge
median	0.085	0.096	0.220
gj.snitt	0.123	0.203	0.276
st. avvik	0.080	0.352	0.169
n	25	25	23



Figur 8. Kvikksølv, $\mu\text{g/g}$ våtvekt, i torskfilet fra tre områder i Sørfjorden i november 2001, plottet mot fiskens lengde. Strekene viser nedre grenseverdi for tilstandsklasser (Molvær *et al.* 1997): II = moderat forurenset, III = markert forurenset, IV = sterkt forurenset. Nedre grenseverdi for klasse V (meget sterkt forurenset) er 1,0. Bemerk: Én verdi, $1,64\mu\text{g/g}$ i en 51cm lang torsk fra Nå, er ikke vist i figuren.

Torsken fra Måge hadde høyere verdier i november enn i februar 2001, mens torsken fra Nå hadde liten forskjell i kvikksølvinnhold mellom de to prøvetidspunktene. For februarverdier kfr. brev av 27/3 2001 fra NIVA til Norzink A/S, prosjekt 21066.

Det bør avslutningsvis påpekes at en generelt sett ikke kan forvente vesentlig forskjell i kvikksølvnivåer i torsk fanget fra to prøvesteder med såvidt kort avstand som mellom Måge og Nå.

3.4 Metaller i blåskjell

De to blåskjellprøvene som ble samlet inn parallelt med sedimentinnsamlingen i mai 2001 indikerer at blåskjell er sterkt- til meget sterk forurensset av metaller innerst i Eitrheimsvågen.

Resultatene fra analysene av blåskjell er vist i Tabell 2. For plassering av stasjonene se Figur 2. Blynivåene er over 3 ganger høyere enn grenseverdien mellom klasse IV (sterkt forurensset) og klasse V (meget sterkt forurensset) (SFTs klassifiseringssystem, Mølvær *et al.* 1997). Kadmium i prøve 1 er ca. 1,5 ganger høyere enn grenseverdien mellom klasse IV og V, mens prøve 2 ligger i klasse IV. Kvikksølv i prøve 2 er nesten 4 ganger høyere enn grenseverdien mellom klasse IV og V, mens prøve 1 ligger noe under den samme grenseverdi. Det må tas forbehold om at dette kun er analyser av én prøve fra hver av to prøvepunkter, men nivåene indikerer at blåskjell har akkumulert store mengder metaller i Eitrheimsvågen. Mer informasjon om prøvene er gitt i Vedlegg A. Tabell 5.

Tabell 2. Innhold av kadmium, kvikksølv og bly i blåskjell fra to stasjoner fra Eitrheimsvågen, Sørfjorden i mai 2001 ($\mu\text{g/g}$ på tørrvektbasis).

	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$	$\mu\text{g/g}$
Prøve	Cd	Hg	Pb
1	68.8	3.83	369
2	37.8	15.4	372

4. Referanser

- Knutzen J. & N.W. Green. 2001. Joint Assessment and Monitoring Program (JAMP). Bakgrunnsnivåer av miljøgifter i fisk og blåskjell basert på datamateriale fra 1990-1998. Statlig program for forurensningsovervåking, rapport 820/01. NIVA-rapport 4339-2001, 145s.
- Knutzen J. 1987. Bakgrunnsnivåer av metaller i saltvannsfisk. NIVA-rapport 2051. 66s.
- Molvær J., Knutzen J., Magnusson J., Rygg B. Skei J. & J. Sørensen 1997. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Veiledning. Statens forurensningstilsyn, veiledning 97:03. TA-nummer 1467/1997. 36s.
- Skei J. & F.E. Moy 1996. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sør fjorden og Hardangerfjorden 1995. Delrapport 1. Vannkjemi og dykkerbefaring. (Monitoring of contaminants in Sør fjord and Hardanger fjord 1995. Report no 1: Water chemistry and diving survey). Overvåkingsrapport; 667/96. NIVA-rapport 3509.
- Skei, J. Rygg, B. Moy, F. Molvær, J. Knutzen, J. Hylland, K. Næs, K. Green, N. & T.M. Johnsen 1998. Forurensningsutviklingen i Sør fjorden/Hardangerfjorden i perioden 1980-1997. Sammenstilling av resultater fra overvåking av vann, sedimenter og organismer. Overvåkingsrapport; 742/98. TA-1581/1998. NIVA-rapport 3922.
- Skei J. 2000. Tiltaksorienterte miljøundersøkelser i Sør fjorden og Hardangerfjorden 1999. Delrapport 1. Vannkjemi. Overvåkingsrapport; 796/00. TA-1724/2000. NIVA-rapport 4236-2000.

Vedlegg A.

Tabell 3. Innhold av totalt organisk karbon (TOC), sink Zn), kadmium (Cd), kvikksølv (Hg) og bly (Pb) i overflatesedimenter (0-1cm) på 12 lokaliteter i Eitrheimsvågen, Sjørfjorden den 15. mai 2001.

prøve- punkt	prøve	tid	N		E		dyp	µg/mg	µg/g	µg/g	µg/g	µg/g
			grader	minutter	grader	minutter		TOC	Zn	Cd	Hg	Pb
A	1	10:16	60	5.188	6	31.952	10.5	35.7	70576	367	179	3460
A	2	10:18	60	5.188	6	31.952	10.5	35.7	82580	439	199	3870
B	3	10:22	60	5.208	6	31.938	9.5	33.4	88362	450	241	4030
B	4	10:25	60	5.208	6	31.938	9.5	36.8	90577	578	231	3770
C	5	10:31	60	5.229	6	31.928	8	32.8	104466	587	147	4920
C	6	10:32	60	5.229	6	31.928	8	38.7	102621	492	120	4630
D	7	10:35	60	5.239	6	31.919	7	28.1	77748	435	123	3530
D	8	10:36	60	5.239	6	31.919	7	36.9	94170	591	120	4460
E	9	10:39	60	5.247	6	31.892	5.7	14.7	28388	129	42.6	1010
E	10	10:41	60	5.247	6	31.892	5.7	24.9	42697	196	74.9	1680
F	11	10:46	60	5.258	6	31.89	6	26.4	45685	213	95	1850
F	12	10:48	60	5.258	6	31.89	6	30.7	52900	243	99.6	2030
G	13	10:55	60	5.253	6	31.888	5.7	28.5	50567	230	108	2260
G	14	10:56	60	5.253	6	31.888	5.7	25.3	42017	194	87	1750
H	15	10:59	60	5.268	6	31.885	5.6	28.9	38319	179	85.1	1450
H	16	11:00	60	5.268	6	31.885	5.6	31	47574	214	107	1841
I	17	11:25	60	5.321	6	31.91	1	20	24602	131	263	987
I	18	11:28	60	5.321	6	31.91	1	18.1	16961	186	188	1610
J	19	11:41	60	5.308	6	31.891	3	9.5	10242	49.4	105	857
J	20	11:43	60	5.308	6	31.891	3	8.2	6965	32	68.5	561
K	21	11:44	60	5.304	6	31.872	3.5	9.1	5806	26.2	29.6	289
K	22	11:46	60	5.304	6	31.872	3.5	10.5	4305	20.3	22.4	231
L	23	11:50	60	5.308	6	31.826	4.6	7.1	2940	14.5	12.6	197
L	24	11:51	60	5.308	6	31.826	4.6	9.3	3302	15.4	14	200

Tabell 4. Innhold av metyllert kvikksølv i bunnsedimenter fra Eitrheimsvågen (µg/g på tørrvektsbasis) den 15. mai 2001.

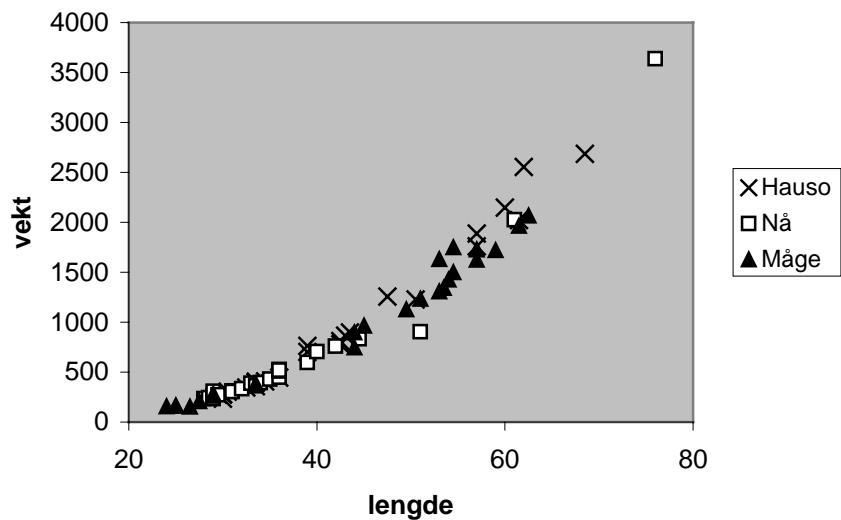
Prøve	6	10	14	21	23
µg/g t.v.	0,4640	0,0726	0,0404	0,0115	0,0079

Tabell 5. Innhold av kadmium, kvikksølv og bly (µg/g på tørrvektsbasis) i blåskjell fra to områder i Eitrheimsvågen den 15. mai 2001.

Prøve	N		E		dyp	%	µg/g	µg/g	µg/g
	grader	minutter	grader	minutter					
1	60	5.288	6	31.902	4.5	13.3	68.8	3.83	369
2	60	5.312	6	31.906	1.5	15.0	37.8	15.4	372

Tabell 6. Innhold av kvikksølv (Hg) i filet fra torsk fra tre områder i Sørfjorden november 2001.

fisk	Hauso/Grimo			Nå			Måge		
	µg/g v.v.	lengde cm	vekt g	µg/g v.v.	lengde cm	vekt g	µg/g v.v.	lengde cm	vekt g
1	0.11	29.5	276	0.081	28	235	0.27	62.5	2068
2	0.19	30	235	0.061	28.5	244	0.31	61.5	1966
3	0.042	30	278	0.052	29	261	0.41	59	1722
4	0.048	30	280	0.088	29	233	0.22	57	1624
5	0.055	30.5	306	0.063	29	261	0.39	57	1729
6	0.043	32.5	345	0.083	29	307	0.22	54.5	1749
7	0.065	33.5	403	0.15	29.5	274	0.48	54.5	1501
8	0.11	33.5	358	0.07	31	312	0.19	53.5	1342
9	0.083	33.5	397	0.077	31	304	0.22	53	1633
10	0.085	34.5	407	0.13	32	334	0.81	54	1427
11	0.059	36	444	0.12	33	388	0.41	53	1309
12	0.085	39	764	0.06	33.5	361	0.34	51	1235
13	0.069	39	702	0.074	34	394	0.33	49.5	1127
14	0.1	42.5	779	0.11	35	431	0.2	45	965
15	0.12	42.5	812	0.13	36	527	0.16	44	746
16	0.077	43	865	0.096	36	450	0.37	44	898
17	0.08	43.5	897	0.075	36	511	0.059	33.5	385
18	0.08	47.5	1256	0.044	36	519	0.061	29	282
19	0.13	50.5	1227	0.14	39	596	0.11	27.5	209
20	0.18	57	1761	0.15	40	704	0.19	26.5	154
21	0.23	57	1888	0.21	42	760	0.38	25	164
22	0.16	60	2148	0.12	44.5	832	0.15	25	163
23	0.32	62	2555	1.64	51	904	0.066	24	158
24	0.32	61.5	2024	0.24	61	2025			
25	0.23	68.5	2685	1	76	3637			

**Figur 9.** Sammenheng mellom lengde (cm) og vekt (g) hos analysert torsk fra Sørfjorden i november 2001.

Vedlegg B.

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
E 2-2	Metaller, grafittovn atomabsorpsjon	$\mu\text{g/l}$	Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn
Tittel:			
Bestemmelse av metaller i vann, sedimenter og biologisk materiale, grafittovn atomabsorpsjonsspektrometri med Perkin Elmer 4100 ZL.			
Anvendelsesområde:			
Metoden omfatter bestemmelse av Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb og Zn i vann, Cd, Co, Cr, Cu, Ni og Pb i salpetersyre-oppløst fiskefilet, blåskjell og lever, samt bly og kadmium i sedimenter. Tabell 1a (E 2-2) angir nedre og øvre grense ($\mu\text{g/l}$) for bestemmelse av de enkelte metaller når det injiseres et prøvevolum på 20 μl direkte i grafittrøret.			
Prinsipp:			
10 - 60 μl prøve konservert med salpetersyre, overføres til et grafittrør som oppvarmes elektrotermisk. Ved trinnvis øking av temperaturen etter et program tilpasset for hvert enkelt metall, gjennomføres tørking, foraskning og atomisering. Som lyskilde benyttes en hulkatodelampe, der katoden inneholder det metallet som skal bestemmes, eller en elektrodøls lampe (EDL). Lampene avgir et linjespektrum som er spesifikt for lampen og det metallet som skal bestemmes. Lyset absorberes selektivt av dette elementets atomer når det passerer gjennom den atomiserte prøven. Metallkonsentrasjonen bestemmes ved å jevnføre prøvens absorbans med kjente kalibreringsløsningers absorbans.			
Instrument(er):			
Perkin-Elmer atomaabsorpsjonsspektrometer 4100 ZL, tilkoblet P-E autosampler AS 40 og Epson LX-850 printer. ED-lampene brukes sammen med et P-E EDL power supply.			
Måleusikkerhet:			
Se NIVA-dokument Y-3.			
Referanser:			
Norsk Standard, NS 4780. Metaller i vann, slam og sedimenter. Elektrotermisk atomisering i grafittovn. Generelle prinsipper og retningslinjer. 1. Utg. 1988. NS 4781.			

NIVA-metode nr.	Analysevariabel:	Måleenhet:	Labdatakode:
E 4-3	Kvikksølv	ng/l, µg/g	Hg/L, Hg-Sm, Hg-B
Tittel:			
Bestemmelse av kvikksølv i vann, slam og sedimenter og biologisk materiale med Perkin-Elmer FIMS-400.			
Anvendelsesområde:			
Metoden omfatter bestemmelse av kvikksølv i renvann, samt avløpsvann, biologisk materiale slam og sedimenter oppluttet i salpetersyre. Biologiske prøver, slam og sediment frysetørres fortrinnsvis. Ved tørking av prøver i varmeskap må ikke temperaturen overstige 80°C. Nedre grense er for renvann 1.0 ng/l, oppluttet renvann 10 ng/l, avløpsvann 0.1 µg/l, faste prøver 0.005 µg/g.			
Prinsipp:			
Kvikksølv må foreligge på ionisk form i prøveløsningen for at kalddampeteknikk skal kunne benyttes. Når reduksjonsmiddelet (SnCl ₂) blandes med prøven blir det ioniske kvikksølv omformet til metallisk kvikksølv (Hg). En inert bæregass (argon) transporterer kvikksølvet til spektrofotometeret. En fordel med denne teknikken er den gode separasjonen av analytten fra matrisen, slik at ikke-spesifikk bakgrunnsabsorpsjon og matriseinterferenser er minimale. Kvikksølvet oppkonsentreres i et amalgameringsystem.			
Instrument(er):			
Perkin-Elmer FIMS-400 med P-E AS-90 autosamler og P-E amalgamsystem.			
Måleusikkerhet:			
6 målinger av Drøbaksjøvann tilsatt 20 ng/l Hg ga middelværdi 21.1 og standardavvik 0.52 ng/l. Tilsvarende for faste materialer: 10 målinger av DORM-1 (fiskemuskel) 0.798 ± 0.074 µg/g, ga 0.835 og 0.054 µg/g, 7 målinger av MESS-2 (sediment) 0.092 ± 0.009 µg/g, ga 0.086 og 0.003 µg/g.			
Referanser:			
B. Welz, M. Melcher, H.W. Sinemus, D. Maier: Pico-trace determination of mercury using the amalgamation technique. Norsk Standard, NS 4768. Vannundersøkelse. Bestemmelse av kvikksølv ved kalddamp atomabsorpsjonsspektrometri Oksidasjon med salpetersyre. 1. Utg. 1989.			