

RAPPORT LNR 3502-96

**O**vervåking av  
Iddefjorden 1994

Undersøkelser  
av hardbunnsamfunn,  
sedimenterende materiale  
og bunnsedimenter

**Hovedkontor**

Postboks 173, Kjelsås  
0411 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00

**Sørlandsavdelingen**

Televeien 1  
4890 Grimstad  
Telefon (47) 37 04 30 33  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgt 55  
5008 Bergen  
Telefon (47) 55 32 56 40  
Telefax (47) 55 32 88 33

**Akvaplan-NIVA A/S**

Søndre Tollbugate 3  
9000 Tromsø  
Telefon (47) 77 68 52 80  
Telefax (47) 77 68 05 09

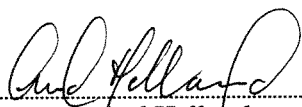
Tittel Overvåking av Iddefjorden 1994. Undersøkelser av hardbunnsamfunn, sedimenterende materiale og bunnsedimenter	Løpenr. (for bestilling) 3502-96	Dato 6.9.96
	Prosjektnr. Udemr. O-94101/94102	Sider Pris 90
Forfatter(e) Aud Helland Mats Walday	Fagområde Marinøkologi	Distribusjon
	Geografisk område Østfold	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Norske Skog Saugbrugsforeningen A/S	Oppdragsreferanse
---	-------------------

**Sammendrag**

Undersøkelser av hardbunnsamfunn i fjorden viste en positiv utvikling siden undersøkelsene i 1982. Registreringene indikerer bedre vannkvalitet og større lystilgang, som bl.a. har resultert i forekomster av alger og et økt artsmangfold hos dyr. Sedimenterende materiale hadde moderate overkonsentrasjoner av kadmium, kobber, krom, bly og sink. Det ble påvist treforedlingsrelaterte fettsyrer i alle de analyserte prøvene (stearinsyrer). Materialet var markert forurenset av ekstraherbart organisk bundet klor (EOCl), men nivåene var lavere enn ved undersøkelsene i bunnsedimenter i 1992. Resultatene viser at fjorden fortsatt har et omløp av treforedlingsrelaterte klorerte forbindelser, selv om utslippene av slike stoffer har opphørt. Dette skyldes mest sannsynlig oppvirvling av gamle forurensete sedimenter. Aldersdateringen av bunnsedimentene viste en avtagende sedimentasjon fra innerst til ytterst i fjorden (3,5 til 1,3 mm/år).

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Miljøovervåking</li> <li>Hardbunnsamfunn</li> <li>Sedimenterende materiale</li> <li>Bunnsedimenter</li> </ol>	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Environmental Monitoring</li> <li>Hard bottom communities</li> <li>Settling material</li> <li>Sediments</li> </ol>
---	--



Aud Helland  
Prosjektleder

ISBN 82-577-3044-0



for Bjørn Braaten  
Forskningsjef

## **Overvåking av Iddefjorden 1994.**

**Undersøkelser av hardbunnsamfunn,  
sedimenterende materiale og bunnsedimenter.**

## Forord

I perioden 1989-1995 utførte NIVA på oppdrag for Statens forurensningstilsyn overvåkingsundersøkelser av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden. Programmet var 50% finansiert av SFT. Sentrale industribedrifter i Østfold stod for det resterende av finansieringen. En av disse bedriftene var Saugbrugsforeningen A/S. I et statusmøte for prosjektet 3. november 1993 ble det orientert om SFTs krav til Saugbrugsforeningen A/S om å utføre ytterligere undersøkelser i Iddefjorden.

NIVA ble på dette statusmøtet bedt om å utarbeide et revidert programforslag for overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990 - 1994, hvor også videre undersøkelser i Iddefjorden var inkludert. Dette forslaget forelå 3 januar 1994.

Programmet for Iddefjorden omfatter undersøkelser av hardbunnsamfunn (stereofotografering), sedimenterende materiale samt aldersdatering av bunnsedimenter. I tillegg skulle også overflatevann og dypvann i fjorden undersøkes. Sistnevnte blir rapportert senere i år.

Ved tidligere undersøkelser i fjorden var stereofotografering et samarbeidsprosjekt mellom Forskningsprogram om Havforurensninger (FOH) og NIVA. I de senere år har NIVA alene hatt ansvaret for undersøkelsene. Feltarbeidet ble utført av Norman Green, John Arthur Berge og Mats Walday, alle NIVA, samt av Hartvik Christie fra NINA. Stereofotoene ble opparbeidet av Hartvik Christie og Mats Walday.

Feltarbeidet med innsamling av sedimenterende materiale og bunnsedimenter ble utført fra forskningsfartøyet "Nereus" fra Tjärnö Marinbiologiske laboratorium med god hjelp fra mannskapet ombord. Under toktene deltok Anette Juliussen, Frank Kjeldberg og Aud Helland alle NIVA.

De kjemiske analysene utført ved NIVA har vært ledet av Marit Villø, analyser av organisk innhold og nitrogen av Roy Beba. Kari Martinsen ved Sintef-Oslo har hatt ansvaret for analysene av klorerte forbindelser.

Mats Walday har hatt ansvaret for gjennomføringen av hardbunnsundersøkelsene og rapportering av disse, og Aud Helland for sedimenterende materiale og datering av bunnsedimenter samt rapportering av dette.

Oslo, september 1996

*Aud Helland*

---

## Innhold

<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Innledning og målsetting</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Feltarbeid og metoder</b> .....	<b>8</b>
2.1 Hardbunnsundersøkelser .....	8
2.2 Sedimenterende materiale og bunnsedimenter.....	10
2.2.1 Feltarbeide .....	10
2.2.2 Kjemiske analyser .....	12
2.2.3 Miljøkvalitetskriterier .....	12
<b>3. Resultater og diskusjon</b> .....	<b>13</b>
3.1 Hardbunnsundersøkelser .....	13
3.1.1 Sponvika, stasjon I-1 .....	13
3.1.2 Kråkenebbet lykt, stasjon I2 .....	14
3.1.3 Konklusjon .....	16
3.2 Sedimenterende materiale og bunnsedimenter.....	18
3.2.1 Kjemisk sammensetning .....	19
3.2.2 Miljøgifter.....	20
3.2.3 Fluks av partikulært materiale .....	23
3.2.4 Fluks av organisk karbon og miljøgifter .....	24
3.2.5 Konklusjon .....	25
<b>4. Referanser</b> .....	<b>27</b>
<b>5. Vedlegg</b> .....	<b>29</b>
5.1 Hardbunnsundersøkelser .....	29
5.2 Sedimenterende materiale og bunnsedimenter.....	43

---

## Sammendrag

1. I 1978 ble det etablert stereofotostasjoner på to lokaliteter i Iddefjorden, en utenfor og en innenfor terskelen. Siden 1978 har disse stasjonene vært besøkt 19 ganger. Stereofotograferingen ble utført på 3 dyp på bratte, glatte flater. Det totale fotograferingsareal dekket 3m<sup>2</sup> pr. dyp. Stereofotografering er en forholdsvis grov metode hvor stort sett bare de større og / eller lett gjenkjennelige alger og dyr registreres. Metoden gir et tredimensjonalt bilde av bunnen, noe som letter opparbeidelsen av bildene.
2. I 1983 ble resultatene fra 1978 til 1982 evaluert. Det ble da registrert en bedring innenfor terskelen i form av økt artsmangfold, en effekt man mente hadde sammenheng med utslippsreduksjoner i perioden 1974-79. I 1986 ble det gjort en oppsummering av Iddefjordens tilstand og utvikling i perioden 1975-1985. Konklusjonen var at fjorden var under bedring, men at tilstanden fremdeles var dårlig. Dette hadde støtte i bl.a. reduserte organismesamfunn både i overflatelaget og på dypere vann.
4. Foreliggende undersøkelse viste følgende utvikling hos hardbunns-samfunn fra begynnelsen av 1980 fram til 1994:  
**Sponvika, utenfor terskelen.**
  - 2 meter: Blåskjell (*Mytilus edulis*) begrodde med rur (cf *Balanus improvisus*) dominerer fortsatt. Dekningsgraden av rur som vokser direkte på fjellet har imidlertid økt. Dette kan ha en sammenheng med den noe reduserte nedslammingen. Grønnalgeforekomstene har avtatt.
  - 7 meter: Forekomstene av trekantmark (*Pomatoceros triqueter*) og sekkedyret *Ciona intestinalis* har økt kraftig, hvilket også har redusert arealet av ubevokst fjell. Mangebørstmarken *Polydora ciliata* er blitt helt borte og det er blitt etablert rødalger av slekten *Polysiphonia*.
  - 12 meter: Økning i antall registrerte dyrearter (Figur 4) og etablering av rødalger av slekten *Polysiphonia* er de viktigste forandringer på dette dyp.**Kråkenebbet lykt, innefor terskelen**
  - 2 meter: Rur dominerer fortsatt men *P. ciliata* har blitt helt borte. Blåskjell og sjøstjerner er kommet til.
  - 7 meter: Mangebørstmarken *P. ciliata* som tidligere dominerte er nå blitt helt borte. Forekomsten av sekkedyret *C. intestinalis* har økt markant og det har også antallet registrerte dyrearter.
  - 17 meter: En nesten tredobling i antall registrerte dyrearter sammen med fraværet av den tidligere dominerende mangebørstmarken *P. ciliata* er de viktigste forandringer som ble registrert på dette dyp.
5. Fra midten av 1980-tallet og frem til idag, har utslippsmengden fra Saugbrugsforeningen blitt mindre hvilket må ha bidratt til den forbedring som nå har blitt registrert hos hardbunns-samfunnene. Funn av blåskjell og rur på bryggen i Halden ved en befarng i strandsonen i 1992 (Rueness & Wiik upublisert toktrapport) bekrefter den forbedring på grunt vann som også kunne spores på 2m dyp ved Kråkenebbet lykt, innenfor terskelen. På 1980-tallet var blåskjell fraværende ved bryggen i Halden, mens rur kun forekom sporadisk. Rueness & Wiik konkluderer med at den mest påfallende forandring i strandsonen er den økte artsdiversiteten hos alger innenfor Svinesund. Stereofotoundersøkelsene har vist at dette også er tilfelle for dyr på litt dypere vann.

6. Innsamling av sedimenterende materiale ble utført over 4 perioder fra juni til september 1994. Rigger med fire feller på hver stasjon ble plassert under terskeldypet. Materiale fra tre av periodene ble analysert for metallene kadmium, krom, kobber, bly og sink samt total organisk karbon og nitrogen og klorerte treforedlingsrelaterte forbindelser. Det ble også samlet inn sedimentkjerner til aldersdatering (vha. bly-210) fra de tre stasjonene i Ringdalsfjorden. Stasjonen i Iddefjorden ble aldersdatert i 1977.
7. Målet med undersøkelsene var i hovedsak å klarlegge hvorvidt sedimenterende materiale i fjorden i dag fortsatt inneholder miljøgifter og da særlig klororganiske treforedlingsrelaterte forbindelser og om dette varierer i ulike deler av fjorden.
8. Undersøkelsene av sedimenterende materiale viste samme positive utvikling som sedimentundersøkelsene i 1992. Gjennomsnittsberegninger av metall-konsentrasjonene i den perioden undersøkelsene hadde pågått viste moderat forurensning i forhold til SFTs klassifiserings-system. Det ble påvist klorerte fettsyrer i alle de innsamlede prøvene (diklorstearinsyre og 2 isomere forbindelser av tetra-klorstearinsyre). Innholdet av ekstraherbart organisk bundet klor (EOCl) var lavere enn ved undersøkelsene i 1992, men fortsatt høyt (markert forurenset) i forhold til normalt for kystnære sedimenter. Det ble ikke registrert noen klare gradienter verken av metaller eller klorerte forbindelser i det sedimenterende materialet fra fjorden. Resultatene viser at resipienten fortsatt har treforedlingsrelaterte klorerte forbindelser i omløp, selv om utslippene har opphørt. Kilden ligger sannsynligvis i gamle bunnsedimenter som utsettes for oppvirvling og resuspensjon. Gassutviklingen i fjordbunnen som man vet foregår, kan være en viktig medvirkende faktor til oppvirvlingen.
9. Det var ikke overenstemmelse mellom fluks av partikulært materiale basert på sedimentfeller og fluks basert på aldersdatering av bunnsedimentene på stasjonen ytterst i fjorden, ved Svinesund. På de øvrige stasjonene var det god overenstemmelse. Aldersdateringene viste en tilvekst av sedimenter på 3,5 til 1,3 mm/år fra innerst til ytterst i fjorden. Legger man fluksberegninger fra sedimenterende materiale til grunn, mottar området ved Svinesund den største mengden av organisk stoff og miljøgifter. Dette stemmer ikke med observasjoner fra undersøkelsene i 1992 eller fluksmål basert på aldersdateringene. Fluksberegningene er basert på fire innsamlinger fra juni til september i 1994, og er derfor muligens ikke representative for hele året. En forklaring kan derfor være at fellene ved Svinesund kan ha mottatt store mengder partikulært materiale i den tiden de sto ute, mens tilførselen resten av året kan være mye mindre. Totalen for året kan derfor være på nivå med aldersdateringen. En annen forklaring kan være at en stor del av partiklene fraktes vekk fra området, enten ved at det fordeles over øvrige deler av bassenget eller at det fraktes ut av fjorden.

## 1. Innledning og målsetting

Store utslipp av suspendert materiale, metaller og klorerte forbindelser fra treforedlingsindustri fra før århundreskiftet, førte til oksygenvikt i dypområdene av Iddefjorden og økende overkonsentrasjoner av miljøgifter fra 1940 årene. Dette har vært vedvarende fram til de seneste år. Utslippene av suspendert materialet nådde et maksimum på slutten av 1970 tallet, men er i dag redusert med ca. 95%.

Som et ledd i overvåkingen av Iddefjorden ble det i 1978 etablert stereofotostasjoner på to lokaliteter; en utenfor terskelen og en innenfor. På hver lokalitet ble bunnen fotografert på tre ulike dyp: i det brakke overflatevannet, i sjøsonen over terskeldyp og i sjøsonen under terskeldyp. Hensikten var å følge utviklingen hos organismesamfunnene på hardbunn i ulike deler av fjorden. Sublittorale hardbunnsområder (fjell og stein) finnes hovedsakelig på tersklene med relativt stor strømhastighet, og på sterkt hellende fjell-partier av fjorden (Afzelius 1979). Stasjonene har vært besøkt 19 ganger siden undersøkelsene startet i 1978. I 1983 ble resultatene fra de første årenes overvåking (1978-82) presentert, og de forandringer en fant på den indre stasjonen ble tolket som bedringer med opphav i de utslippsreduksjoner som hadde funnet sted i perioden 1974-79 (Magnusson *et al.* 1983). Utenfor terskelen ble det kun registrert mindre endringer i samfunnsstruktur og disse kunne ikke relateres til endringene i utslipp. Resultatene fra stereofotoundersøkelsene frem til og med 1982 er i tillegg blitt publisert av Christie & Green (1982). I den foreliggende rapport er resultatene fra undersøkelsene i 1985, 1992 og 1994 blitt sammenholdt med de tidligere publiserte resultater for å undersøke om det fortsatt kan registreres en positiv utvikling.

De siste sedimentundersøkelsene i fjorden ble utført i 1992 og viste en betydelig forbedring siden 1977 (Berge & Helland, 1993). Fjordbunnen var i 1992 lite til moderat forurenset av samtlige undersøkte metaller, med unntak av kadmium som var markert forurenset. De største forbedringene ble registrert ved Halden, fordi sediment-tilveksten her er større enn lenger ut i Ringdalsfjorden. Gammel forurenset sjøbunn var blitt raskere overdekket av "rene" sedimenter i dette området enn lenger ut. Konsentrasjonen av treforedlingsrelaterte klororganiske forbindelser var imidlertid den samme i 1992 som i 1987 (Martinsen *et al.* 1993).

Undersøkelsene i 1992 omfattet også analyser av miljøgifter i biologisk materiale (ål, torsk og taskekrabbe). Innholdet av metaller, klorerte forbindelser inklusive polyklorerte bifenyler (PCB) og dioxiner var lavt i de undersøkte organismene. Unntak var kadmium i krabbesmør. Det skal bemerkes at krabbesmør har et naturlig høyt innhold av kadmium, og krabbene fra Iddefjorden lå kun ca. 13% høyere enn krabber fra diffust belastede områder.

Forekomsten av treforedlingsrelaterte organiske klorforbindelser var imidlertid betydelig i fisk fra Iddefjorden. Undersøkelser viste høye konsentrasjoner av klorerte fettsyrer innlagret i fett hos fisk. Klor knyttet til syrepersistente forbindelser utgjorde en liten del av den totale mengden (Martinsen *et al.* 1993).



Fra 26 juni 1991 opphørte utslippene av klororganiske forbindelser fra Saugbrugsforeningen. Høsten 1993 tok bedriften i bruk en ny fabrikk med en annen teknologi hvor bl.a. avløpsvannet fra gamle og nye anlegg gjennomgår omfattende rensing.

Målet med undersøkelsen av sedimenterende materiale har primært vært å klarlegge hvorvidt materialet inneholder treforedlingsrelaterte klorerte forbindelser og om dette varierer i ulike deler av fjorden. Det er nærliggende å anta at endel av de gamle utslippene ligger lagret i sedimentbanker ved utløpet av Tista. Disse sedimentene vil antagelig i perioder virvles opp og resedimenterer i dypere deler av fjorden. Området utenfor Knivsøyholmene representerer det dypeste området i fjorden, og en har antatt at det meste av suspendert partikulært materiale i vannmassene har sedimentert her.

## 2. Feltarbeid og metoder

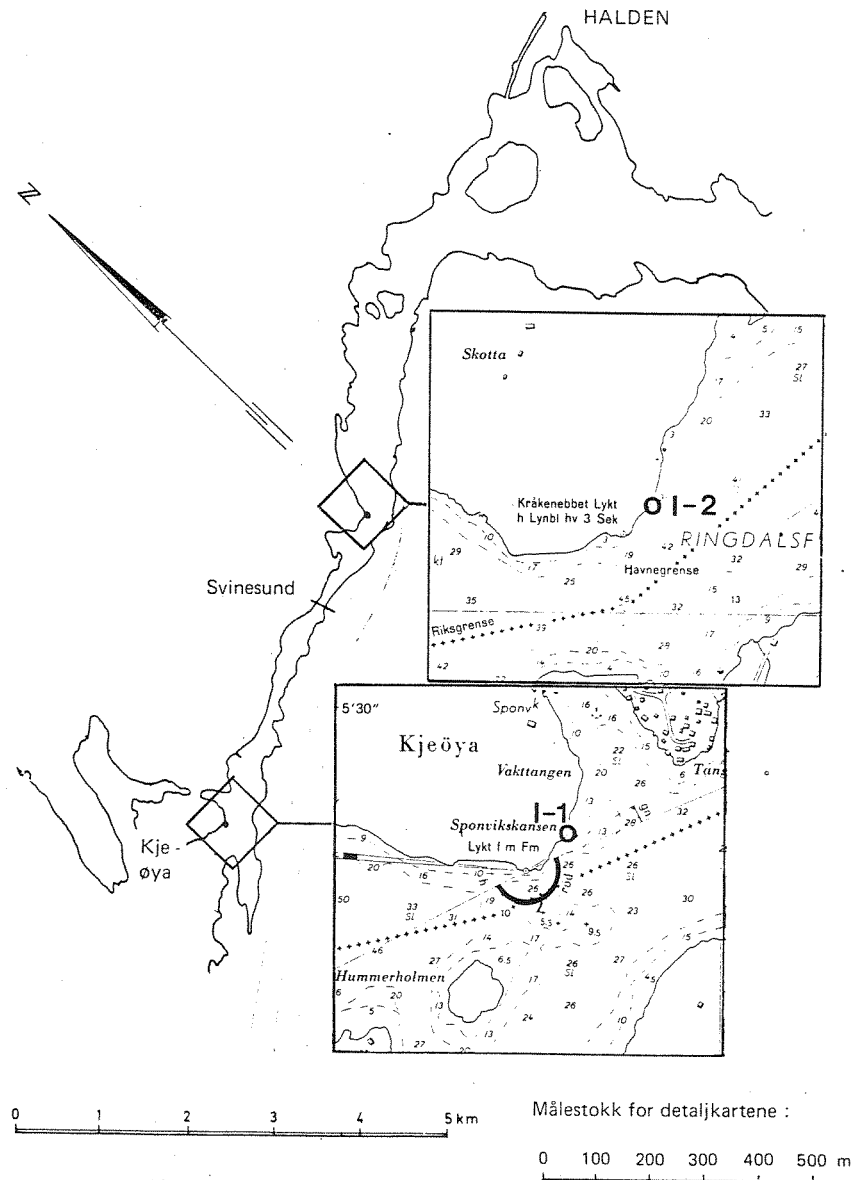
### 2.1 Hardbunnsundersøkelser

I oktober 1978 ble det etablert stereofotostasjoner på to lokaliteter i Iddefjorden; Sponvikskansen (I-1) og Kråkenebbet lykt (I-2). Den geografiske plassering av stasjonene er vist i Figur 1. Stasjonene er fotografert 19 ganger siden 1978. På begge lokaliteter ble stasjonene etablert på fjell og på tre ulike dyp (Tabell 1).

Tabell 1. Posisjoner, dyp, himmelretning og helningsvinkel for stereofotostasjonene i Iddefjorden.

Lokalitet	Posisjon	Dyp	Himmelretning/helning
I-1, Sponvikskansen	N 59°05,3	2	Ø / 50-90°
	Ø 11°13,7	8	Ø / 60-80°
		12	Ø / ca. 30°
I-2, Kråkenebbet lykt	N 59°06,1	2	Ø / ca. 90°
	Ø 11°17,5	7	Ø / ca. 90°
		17	Ø / ca. 90°

Stereofotografering er en ikke-destruktiv metode som i tillegg er lite arbeidskrevende i felten. Bildene danner en god dokumentasjon over forholdene på disse bratte og slette flatene og gir i tillegg nyttig bakgrunnsinformasjon for de øvrige undersøkelsene i fjorden. En kan alltid gå tilbake til bildene og opparbeide dem påny for spesielle formål. I forhold til andre typer registreringer er stereofotografering en forholdsvis grov metode fordi det stort sett bare er de større og/eller lett gjenkjennelige alger og dyr som kan identifiseres fra bildene. Billedkvaliteten kan også påvirke de resultater en får og det er derfor lagt mindre vekt ved resultatene fra prøvetakinger med en dårlig billedkvalitet. Stereofotografering inngår som et viktig ledd i det norske kystovervåkingsprogrammet. Overvåkingen av hardbunnsområder i Sverige baserer seg også i stor grad på stereofotografering (P. Adolfsson *pers.medd.*). Metoden er blitt grundig beskrevet av Lundälv (1971) og Green (1980).



**Figur 1.** Den geografiske plassering av stereofotostasjonene I-1 (Sponvika) og I-2 (Kråkenebbet lykt) i Iddefjorden

Ved å ta bilder med to parallellt monterte og synkroniserte kameraer kan en oppnå en 3-dimensjonal effekt når bildene studeres i to sammenkoblede lupar (stereofoto). Dette underletter i stor grad opparbeidelsen av bildene. Stereofotostasjoner ble etablert på fjellvegger hvor underlaget var jevnest mulig. Helningen bør helst være tilnærmet vertikal for å unngå fullstendig algeovervekst (canopy) og problemer med nedslamming. Dybdevalget ble til en stor grad styrt av tilgjengeligheten av egnet substrat, men ligger i Iddefjorden mellom 2 og 17m. Det totale fotograferingsareal,  $3m^2$  ( $12 \times 0.25m^2$ ), ble valgt slik at det var representativt for dybden. Bunnens topografi var ofte den avgjørende faktor for den endelige plassering av stasjonen. Når et

egnet område var funnet ble det boret to hull med ca. 3m avstand i fjellet, og det ble slått inn en plastbolt i hvert av hullene. Ved prøvetaking blir en stang spent opp mellom boltene og seks 0.25m<sup>2</sup> arealer blir fotografert over stangen (øvre nivå) og seks under (nedre nivå). Arrangementet sikrer at nøyaktig det samme areal blir avfotografert ved hver prøvetaking. Ved undersøkelsene i 1970- og 80-årene ble, med noen få unntak, bare det nedre nivået fotografert og derfor er bare bilder fra nedre nivå blitt opparbeidet i denne omgang.

Kvantifiseringen av forekomst på bildene kan gjøres på flere måter. Resultatene i denne rapporten er basert på en subjektiv vurdering av dekningsgraden (%). En annen måte er s.k. punktmålinger (random-point-quadrats, RPQ) som er en relativt tidkrevende metode samtidig som den har vist seg å kunne være mindre nøyaktig enn subjektiv vurdering (Dethier *et al.* 1993). Ved tidligere opparbeidelser av bilder fra Iddefjorden ble punktmålingsmetoden benyttet. Presisjonen ved den subjektive registreringen er tidligere blitt testet ved at tilfeldige stereobilder også ble projisert på et digitaliseringsbord hvor arealene ble målt elektronisk (Huiting 1994).

## 2.2 Sedimenterende materiale og bunnsedimenter

### 2.2.1 Feltarbeide

Sedimentfelleriggene ble satt ut på fire stasjoner i Ringdalsfjorden / Iddefjorden i 1994 (Figur 2). Posisjoner på stasjonene er gitt i Tabell 2.

**Tabell 2.** Posisjoner og vanndyp på sedimentfellestasjonene i Ringdalsfjorden / Iddefjorden 1994.

Stasjon	Posisjon øst	Posisjon nord	Vanndyp (m)
Idde-1	59°06,559	11°18,517	35
Idde-2	59°05,758	11°15,282	27
Idde-3	59°06,941	11°20,933	20,5
Idde-4	59°05,402	11°22,842	37

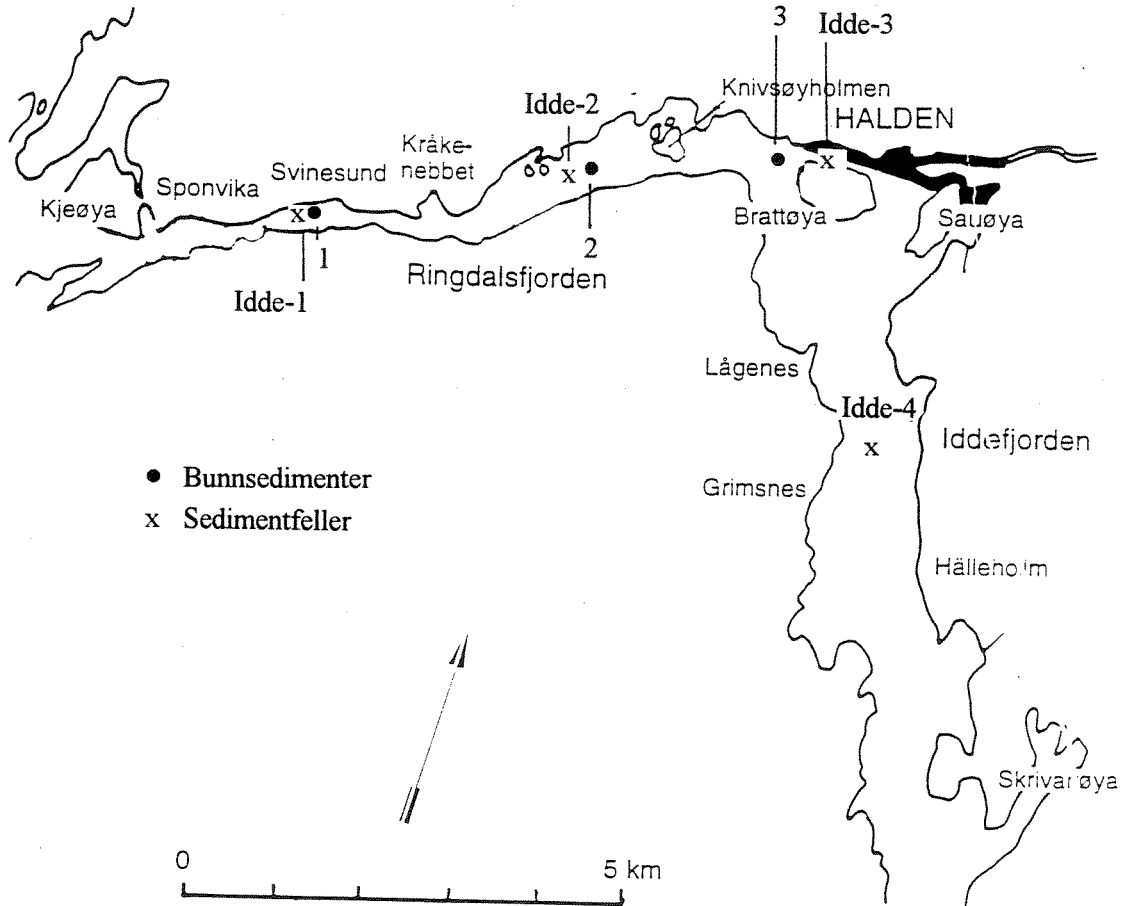
Hver rigg var utstyrt med 4 feller. Hver felle bestod av et 100 cm høyt plexiglass-rør påmontert en utskiftbar boks (Ø 10 cm) i bunn som samlet opp sedimenterende materiale i vannmassene. Fellene stod ute 4 perioder fra 27 til 38 dager (Tabell 3). Tømmingen foregikk ved at boksene ble byttet ut. Ved hver utsetting ble fellene tilsatt natrium-azide for å hindre nedbrytning av organisk materiale. Riggene ble plassert ut med en moring til bunn og en oppdrift på 9 m vanndyp. Fellene ble plassert under terskeldypet for ikke å komme i konflikt med båttrafikken i området. Selve fellene stod på 12 m vanndyp.

Fellematerialet ble fraktet til NIVAs laboratorium hvor det ble skyllet tre ganger i destillert vann med sentrifugering mellom hver gang (3000 omdr. i 10 min.) og deretter frosset ned før analyse.

**Tabell 3.** Dato for utplassering og tømming av sedimentfelleriggene i Ringdalsfjorden / Iddefjorden 1994.

Dato for utsetting	Dato for innhenting	Antall dager
26.4	9.6	38
9.6	6.7	27
6.7	4.8	29
4.8	5.9	32

Bunnsedimenter ble samlet fra 3 stasjoner i Ringdalsfjorden 11.10.94 (Figur 2). Posisjoner og vanddyb er gitt i Tabell 4. Prøvetakingen ble utført vha. en Niemistö kjerneprøvetaker. Sedimentkjernene ble umiddelbart snittet i 1 cm skiver ned til 10 cm sedimentdyb og deretter i 2 cm skiver til bunn av kjernene.



Figur 2. Stasjoner for utplassering av sedimentfeller og prøvetaking av bunnsedimenter i Ringdalsfjorden / Iddefjorden 1994.

Tabell 4. Posisjoner og vanddyb for sedimentprøvetaking i Ringdalsfjorden 1994.

Stasjon	Posisjon øst	Posisjon nord	Vanddyb (m)	Sediment-beskrivelse
1	59°06.962	11°20.980	20	Brungrå sedimenter ned til 30 cm, deretter svart. Mye fiber og flis, gassutvikling, lukt av H <sub>2</sub> S (58 cm kjerne)
2	59°06.562	11°18.541	34.4	Brun overflate, deretter grå ned til 20 cm, deretter svart. Fiber og flisholdig. (50 cm kjerne)
3	59°05.794	11°15.545	26.4	Brun oksisk overflate, skjellsand, mindre sandig fra 20 cm (28 cm kjerne)

### 2.2.2 Kjemiske analyser

Alle analyser ble utført på frysetørret materiale og alle verdier er oppgitt på tørrvektbasis. Alle prøver fra sedimentfelleriggene ble opparbeidet og veiet før fire prøver fra hver stasjon ble slått sammen for videre analyse. En andel av prøvematerialet ble opparbeidet for analyser av metaller og støtteparametere ved NIVAs laboratorium. Felle materialet ble analysert for metallene kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu), bly (Pb) og sink (Zn) samt innhold av total organisk karbon (TOC) og total nitrogen (TN). Metallene ble analysert etter totaloppslutning med flussyre. Felle materialet ble ikke analysert for kvikksølv fordi det ikke var nok materiale til denne analysen. Spesifisering av analysemetodene som ble benyttet ved NIVAs laboratorium er gitt i vedlegg 5.2.

Den resterende andelen av prøvematerialet ble sendt til Sintef - Oslo for analyse av ekstraherbart organisk bundet klor (EOCl) og ekstraherbart organisk bundet brom (EOBr) samt klorerte fettsyrer. Metodene som ble benyttet er beskrevet i vedlegg 5.2.

Kjerneprøver av bunnsedimentene ble aldersdatert vha.  $^{210}\text{Pb}$  - metoden. Analysene ble utført ved Vannkvalitetinstituttet (VKI). Metodebeskrivelse er gitt i vedlegg 5.2.

Et utvalg av sedimentprøver ble analysert for de samme metallene og EOCl, etter samme analysemetoder som felle materialet.

### 2.2.3 Miljøkvalitetskriterier

Ved bestemmelse av forurensningsgrad benyttes SFTs veiledning for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann (Rygg & Thèlin, 1993). Kriteriene er basert på konsentrasjoner av miljøgifter i finkornede bunnsedimenter. Det er ikke utarbeidet tilsvarende kriterier for sedimenterende materiale. I mangel av slike benyttes kriteriene for bunnsedimentene på det sedimenterende materialet i denne rapporten. Sedimenterende materiale i vannmassene bygger med tiden opp bunnsedimentene. Patikkelsammensetningen er likevel forskjellig i de to mediene. Sedimenterende materiale har et større innhold av organisk karbon enn bunnsedimentene, fordi dette med tiden brytes ned. I tillegg har bunnsedimentene en større andel av mineralpartikler. Generelt vil sedimenterende materiale bestå av mer finkornede partikler enn bunnsedimentene. Disse forholdene sannsynliggjør at det sedimenterende materialet vil inneholde en høyere konsentrasjon av miljøgifter enn bunnsedimentene. Man kan derfor forvente at den kommende konsentrasjonen i bunnsedimentene blir lavere enn det som registreres i det sedimenterende materialet, når sistnevnte tilslutt har sedimentert på bunn.

## 3. Resultater og diskusjon

### 3.1 Hardbunnsundersøkelser

Alle data som er brukt i denne rapporten finnes i vedlegg 5.1. Resultatene fra de tidligere års undersøkelser er publisert av Christie & Green (1982) samt Magnusson *et al.* (1983). Resultatene fra 1990-årenes undersøkelser er blitt sammenholdt med tidligere års undersøkelser fra samme årstid (sensommer/høst). Manglende registreringer, særlig på 2m dyp, i de tidligere faser av overvåkingen skyldes vanligvis at sikten i vannet var så dårlig at fotografering ikke var mulig, eller at bildene ikke kunne opparbeides. I vedleggstabell (vedleg 5.1) er det gitt en oversikt over antall kvadrater, billedkvalitet etc. som ligger til grunn for de resultater som blir presentert her. Generelt sett så har siktforholdene i fjorden blitt bedre siden rundt midten av 1980-årene. Spesielt store forbedringer fant sted fra 1991-92 og må tillegges nedleggelsen av cellulosefabrikken (Berge 1994).

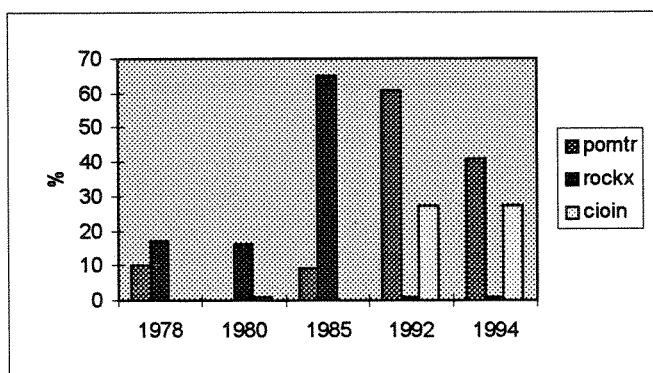
#### 3.1.1 Sponvika, stasjon I-1

I 1982 ble det registrert at mengden av fastsittende grønnalger på 2m dyp hadde økt siden slutten av 1970 tallet. Resultater fra undersøkelser av strandsonen i den samme perioden viste at også flerårige tangplanter (cf *Fucus vesiculosus*) hadde klart å etablere seg lenger inn i fjorden (Magnusson *et al.* 1983). I 1992 var imidlertid forekomstene av grønnalger redusert, og i 1994 ble de ikke funnet i det hele tatt på dette dyptet. Forekomsten av grønnalger varierer ofte fra år til år og er i denne sammenheng derfor ingen god indikator på fjordens utvikling.

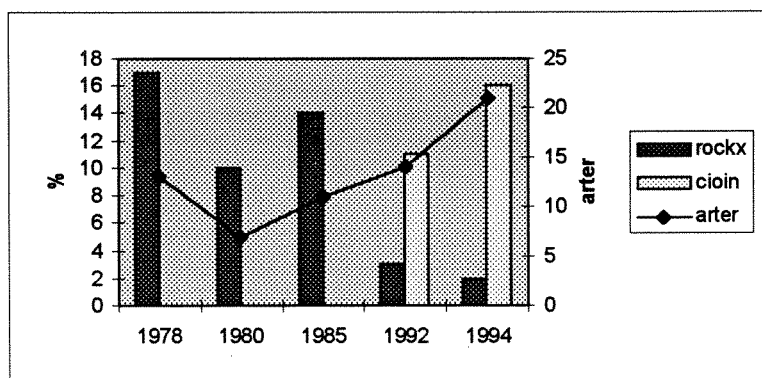
For første gang i undersøkelsesperioden ble det i 1994 funnet alger på både 7 og 12m dyp. Disse funnene av trådformete grønnalger og rødalger av slekten *Polysiphonia* helt ned til 12m dyp, indikerer at vannkvaliteten på denne lokaliteten er forbedret siden 1980 årene. Det antas at forbedringen har sammenheng med utslippsreduksjonene til fjorden, og i særlig grad med det økte siktedypet dette har medført. Forekomstene av skorpeformede alger ser også ut til å ha økt i den samme perioden. Dette har sannsynligvis sammenheng med den økte lystilgangen nedover i vannmassene, men kan også være et resultat av at algene synes bedre når nedslammingen av bunnen blir mindre. Det bør derfor ikke legges for stor vekt ved de økte forekomstene av skorpeformede alger når fjordens utvikling skal vurderes.

Utviklingen på denne stasjonen siden begynnelsen av 1980-årene er i hovedsak:

- 2 meter: Blåskjell (*Mytilus edulis*) begrodde med rur (cf *Balanus improvisus*) dominerer fortsatt. Dekningsgraden av rur som vokser direkte på fjellet har imidlertid økt. Dette kan ha en sammenheng med den noe reduserte nedslammingen. Grønnalgeforekomstene har avtatt.
- 7 meter: Forekomstene av trekantmark (*Pomatoceros triqueter*) og sekkedyret *Ciona intestinalis* har økt kraftig, hvilket også har redusert arealet av ubevokst fjell (Figur 3). Mangebørstmarken *Polydora ciliata* er blitt helt borte og det er blitt etablert rødalger av slekten *Polysiphonia*.
- 12 meter: Økning i antall registrerte dyrearter (Figur 4) og etablering av rødalger av slekten *Polysiphonia* er de viktigste forandringer på dette dyp.



**Figur 3.** Dekningsgrad (% på primærsubstrat) av ikke-bevokst fjell (rockx), *Pomatoceros triqueter* (pomtr) og *Ciona intestinalis* (ciain) på 7m dyp og ved fem ulike tidspunkt på stasjon I1.



**Figur 4.** Antall arter av dyr samt %-dekningsgrad på primærsubstrat av ikke-bevokst fjell (rockx) og *Ciona intestinalis* (ciain) på 12m dyp og ved fem ulike tidspunkt på stasjon I1.

Den utvikling som har foregått på 7 og 12m dyp kan tolkes som et resultat av en generell forbedring i fjordens tilstand på disse dyp.

### 3.1.2 Kråkenebbet lykt, stasjon I2

På to meters dyp på stasjon 2 var bunnen totalt dominert av rur (cf *Balanus improvisus*) i 1992, og av rur og tildels blåskjell (*Mytilus edulis*) i 1994. Vanlig korstroll (*Asterias rubens*), som er en predator på blåskjell, ble også funnet i ganske stort antall (i gjennomsnitt 53 / 27 pr. kvadrat på nedre / øvre nivå) i 1994. Det ble i tillegg funnet en kråkebolle (*Echinoidea* indet.) i 1994. Ved undersøkelsene i 1970 og -80 årene var sikten i vannet så dårlig at det bare har vært mulig å opparbeide bildene fra en undersøkelse i 1980. Den gangen var det også rur som dekket nesten hele stasjonen, men i tillegg var det store forekomster av den opportunistiske mangebørstemarken *Polydora ciliata*. Dette er en art som er kjent for å opptre i stort antall i forurensede områder og fraværet av denne arten i 1990 årene indikerer en bedring av forholdene.

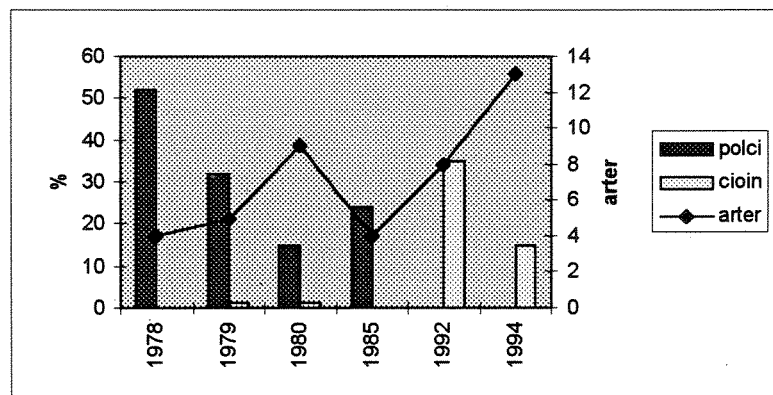
På 7 og 17m dyp er den mest dramatiske forandring reduksjonen i mengden av *P. ciliata*. Fra å ha en dekningsgrad på over 50% i 1978 har den gradvis blitt redusert og i 1992 var den helt borte. Begge disse dypene har også hatt en kraftig økning i antall registrerte dyrearter gjennom perioden. I Figur 7 er det vist to bilder fra 17m dyp. Det øverste er tatt i 1979 og viser at denne kvadraten den gang var totalt dominert av *P. ciliata*. Det nedre er nøyaktig samme kvadrat, men bildet er tatt

i 1994 og det illustrerer godt utviklingen på denne lokaliteten: Den nesten totale dominansen av *P. ciliata* er blitt erstattet av et mangfold på 21 ulike dyrearter, blant annet sjønellik (*Metridium senile*), flere arter av sekkedyr og svamp, påfuglmark (*Sabella pavonina*), trekantmark og hydroider. Det ble også funnet flere arter av skorpeformede alger på denne stasjonen i 1990-årene.

Det er ikke blitt registrert noen forekomster av oppreiste alger på stasjon 2 gjennom hele undersøkelsesperioden. Dette kan ha sammenheng med de dårlige lysforhold som har vært rådende i denne delen av fjorden, men også med at de vertikale fjellveggene på stasjon 2 er et dårlig substrat for oppreiste alger. En ytterligere forbedring av vannkvaliteten i dette område vil av denne grunn ikke nødvendigvis lede til at oppreiste alger etablerer seg på stasjonen. Skorpeformede alger ble som tidligere nevnt derimot registrert på både 7 og 17m - og det ser ut til at forekomst og mangfold av dem har økt med tiden.

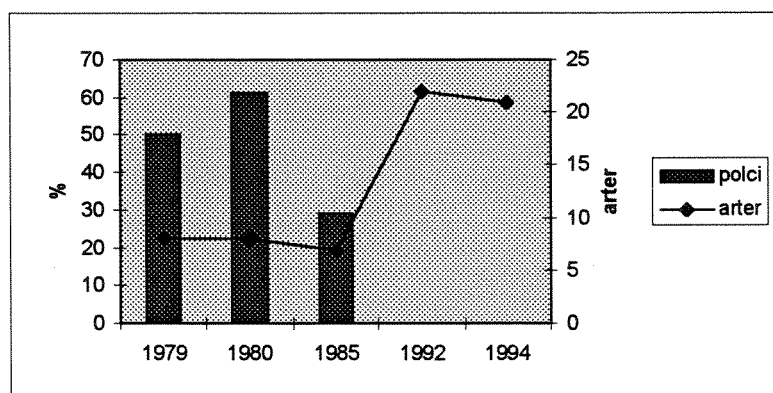
Utviklingen på denne stasjonen siden begynnelsen av 1980 tallet er i hovedsak:

- 2 meter: Rur dominerer fortsatt men *P. ciliata* har blitt helt borte. Blåskjell og sjøstjerner er kommet til.
- 7 meter: Mangebørstmarken *P. ciliata* som tidligere dominerte er nå blitt helt borte. Forekomsten av sekkedyret *C. intestinalis* har økt markant og det har også antallet registrerte dyrearter (Figur 5).
- 17 meter: En nesten tredobling i antall registrerte dyrearter sammen med fraværet av den tidligere dominerende mangebørstmarken *P. ciliata* er de viktigste forandringer som ble registrert på dette dyp (Figur 6).



**Figur 5.** Antall arter av dyr samt %-dekningsgrad på primærsubstrat av *Polydora ciliata* (polci) og *Ciona intestinalis* (cioin) på 7m dyp og ved fem ulike tidspunkt på stasjon 12.



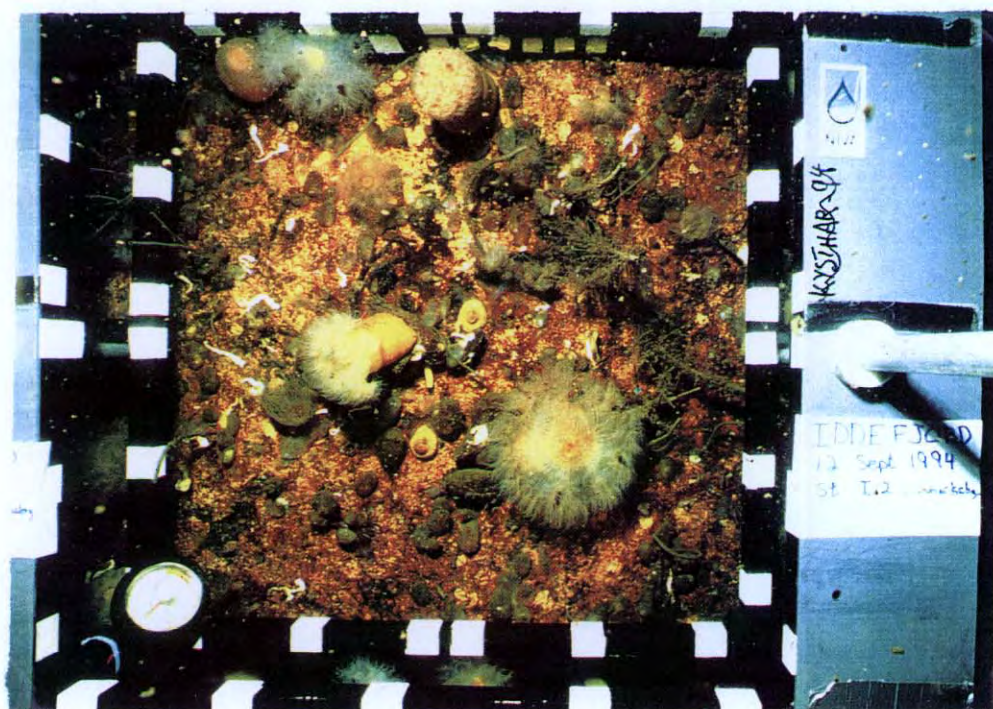
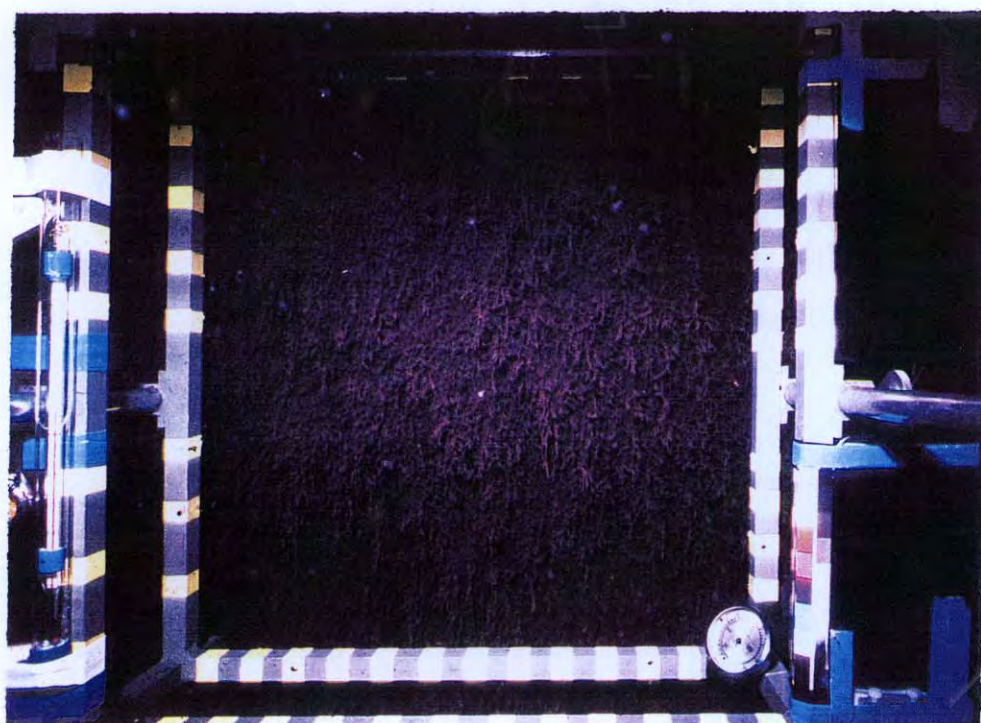


**Figur 6.** Antall arter av dyr samt %-dekningsgrad på primærsubstrat av *Polydora ciliata* (polci) på 17m dyp og ved fem ulike tidspunkt på stasjon I2.

Denne stasjonen viser en tydelig og positiv utvikling på alle de tre undersøkte dyp. Forbedringen kan settes i sammenheng med de gjennomførte reduksjoner av utslipp til Iddefjorden. Nedgangen i antall arter på 7m dyp i 1985 (Figur 5), kan henge sammen med den dårlige billedkvaliteten på stasjonen dette året og bør derfor ikke tillegges for stor vekt.

### 3.1.3 Konklusjon

Knutzen (1986) gjorde en oppsummering av Iddefjordens tilstand og utvikling i perioden 1975-1985 hvor han konkluderte med at det hadde vært en viss bedring, men at fjordens tilstand fremdeles var dårlig. Dette omfattet bl.a. reduserte organismsamfunn både i overflatelaget og på dypere vann. Fra midten av 1980-tallet og frem til idag, har imidlertid utslippsmengden fra Saugbrugsforeningen blitt mindre (Berge 1994) hvilket kan ha bidratt til den forbedring som nå har blitt registrert hos hardbunnsamfunnene. Funn av blåskjell og rur på bryggen i Halden ved en befarings i strandsonen i 1992 (Rueness & Wiik upublisert tokrapport) bekrefter den forbedring på grunt vann som også kunne spores på 2m dyp på stasjon I2. På 1980-tallet var blåskjell fraværende ved bryggen i Halden, mens rur kun forekom sporadisk. Rueness & Wiik konkluderer med at den mest påfallende forandring i strandsonen er den økte artsdiversiteten hos alger innenfor Svinesund. Stereofotoundersøkelsene har vist at dette også er tilfelle for dyr på litt dypere vann.



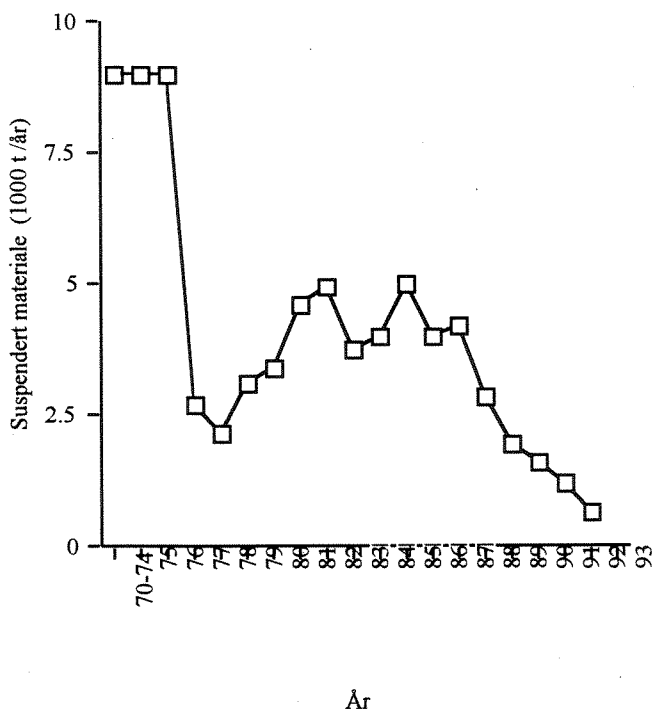
Figur 7. Bildene fra 17 m dyp på stasjon I2 er tatt på nøyaktig samme plass, men med 15 års mellomrom. Øvre bilde er fra april 1979 mens nedre bilde ble tatt i september 1994. Se tekst for mer informasjon.

### 3.2 Sedimenterende materiale og bunnsedimenter

Utslippene av suspendert partikulært materiale fra Saugbrugsforeningen er betydelig redusert de siste 20 årene, fra 9000 tonn/år i første halvdel av 1970 årene til 600 tonn i 1992 (Figur 8). Dette har redusert sedimentasjonen av partikulært materiale i fjorden. Samtidig med reduksjonene i utslippene av suspendert stoff har også utslippene av miljøgifter blitt betydelig redusert (Berge & Helland, 1993). Samlet har dette ført til bedre forhold for flora og fauna i fjorden (jfr. kap.3.1). Ved sedimentundersøkelsen i 1992 ble de største bedringene registrert utenfor Halden. Dette fordi området her har en større sedimentasjon enn områdene lenger ut i fjorden, noe som sørger for raskere overdekking av den forurensede sjøbunnen.

Det er ikke tidligere utført undersøkelser av sedimenterende materiale samlet inn ved hjelp av sedimentfeller i fjorden. Det er derfor ikke mulig med direkte sammenligning mot tidligere målinger.

Mengden partikulært materiale fanget opp i sedimentfeller gir et mål for fluks av partikulært materiale i vannmassen i den perioden fellene står ute. Aldersdateringer av sedimentkjerner gir et mål for totalfluksen av partikulært materiale til bunnsedimentene. Metoden gir fluks over et lenger tidsintervall (oppgis gjerne  $\text{g/m}^2/\text{år}$ ) enn sedimentfellene. Metoden gir også et mål for hvor mye sedimentene bygges opp på bunnen (gitt i  $\text{mm}/\text{år}$ ). Ved undersøkelsene i 1977 ble det utført aldersdatering (vha.  $^{210}\text{Pb}$ ) på en sedimentkerne fra Iddefjorden (stasjon ID 1) (Magnusson & Skei, 1978). Analysen viste en tilvekst av sediment på  $2,7 \text{ mm}/\text{år}$ . Beregninger utført i Magnusson & Skei (1978) anslo en tilvekst av sedimenter på ca.  $10 \text{ mm}/\text{år}$  for området utenfor Halden og utenfor Knivøyholmen i Ringdalsfjorden. I analysene fra 1977 ble imidlertid ikke fluks av partikulært materiale oppgitt.



**Figur 8.** Utslipp av suspendert partikulært materiale fra Saugbrugsforeningen i perioden 70 - 90 (Data oppgitt av Saugbrugsforeningen i Berge & Helland, 1993 og Efraimssen *et al.* 1984)

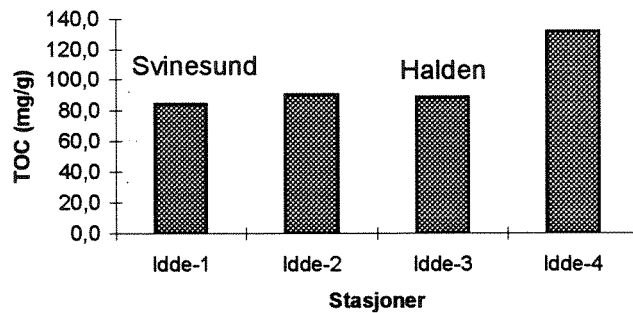
Ved forrige undersøkelse i fjorden (1992) ble det registrert et innhold av total organisk karbon (TOC) i bunnsedimentene på mellom 4 og 7% (14-24 % etter glødetapsmetoden) (Berge & Helland, 1993). Dette tilsvarte registreringene i 1977. Et normalt innhold av TOC i kystnære sedimenter ligger gjerne mellom 1 og 3 %. Med de store utslippsreduksjonene av suspendert stoff fra 1977 til 1990 hadde man forventet en reduksjon også i sedimentene.

Forholdet mellom karbon og nitrogen i sedimentene i 1992 var fra ca. 15 til 20 (atomvektbasis) med høyeste tall utenfor Halden og lavest utenfor Svinesund. Normalt for marine sedimenter er ca. 10. I marint plankton er forholdet ca. 6. Et høyt forholdstall viser at sedimentene har et stort innslag av terrestrisk organisk materiale. Ved undersøkelsene i 1977 ble total nitrogen ikke analysert. Det var derfor ikke mulig å sammenligne utviklingen av påvirkningen på sedimentene av terrestrisk organisk materiale fra 77 til 92.

### 3.2.1 Kjemisk sammensetning

#### Sedimenterende materiale

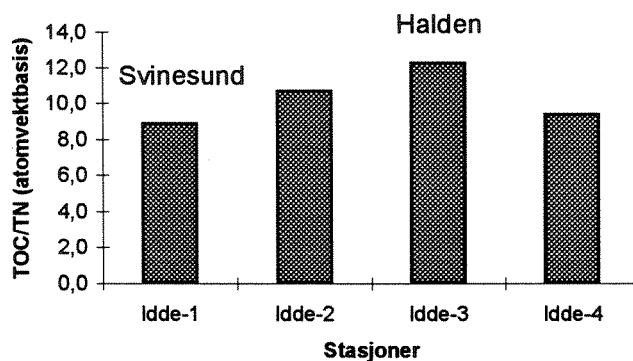
Ved foreliggende undersøkelse ble det registrert et innhold av TOC fra 7,5 til 16 % i felle materialet (i gjennomsnitt for alle perioder mellom 8 og 13 %). De høyeste konsentrasjonene ble registrert på stasjonen i Iddefjorden (Idde-4), innenfor Halden i alle innsamlingsperiodene. Innholdet lå på samme nivå på alle stasjonene i Ringdalsfjorden (Figur 9). Normalt inneholder sedimenterende materiale en større andel TOC enn bunnsedimenter fordi det organiske materialet ikke har blitt nedbrutt i den grad som i bunnsedimentene, forutsatt at sistnevnte er oksiske. For sammenligning kan nevnes at sedimenterende materiale i Glommaestuariet samlet inn i samme periode hadde et noe lavere organisk innhold fra 2,5 til 12%, som følge av større innblanding av minerogent materiale (Helland, 1996).



**Figur 9.** Innholdet av totalorganisk karbon i sedimenterende materiale fra Ringdalsfjorden / Iddefjorden 1994. (Gjennomsnitt av 3 innsamlingsperioder)

Forholdet mellom karbon og nitrogen (C/N) i felle materialet fra Ringdalsfjorden og Iddefjorden lå i gjennomsnitt for alle perioder mellom 9 og 12 (Figur 10). De laveste forholdstallene ble registrert på stasjonen i Iddefjorden (Idde-4) og stasjonene Idde-1 og -2 i Ringdalsfjorden. Stasjonen utenfor Halden hadde det høyeste forholdstallet. Dette viser at innslaget av terrestrisk organisk karbon er størst ved Halden, hvilket er å vente ut i fra nærheten til utslippet fra Saugbrugsforeningen og Tista. Stasjonen ved Svinesund (Idde-1) og i Iddefjorden (Idde-4) hadde det laveste forholdstallet dette viser at disse stasjonene hadde det største innslaget av marint plankton. Stasjonen i

Iddefjorden (Idde-4) hadde imidlertid et høyere TOC innhold enn stasjonen ved Svinesund (Idde-1). Dette viser at Iddefjorden (Idde-4) hadde en større planktonvekst enn området ved Svinesund.



**Figur 10.** Forholdet mellom total organisk karbon og nitrogen i sedimenterende materiale fra Ringdalsfjorden / Iddefjorden 1994. (Gjennomsnitt av 3 innsamlingsperioder)

For sammenligning kan nevnes at sedimenterende materiale i Glommaestuariet innsamlet i samme periode hadde et forholdstall mellom 6 og 8.

### Bunnsedimenter

Tre kjerner til aldersdatering ble analysert i utvalgte dybdesnitt på de samme parameterene som sedimentfelle materialet (jfr Tabell 6). Utvalget av prøver var basert på sedimenttilveksten.

Innholdet av organisk karbon økte nedover i sedimentkjernene med maksimum på de dypeste snittene, 18-20 cm ned i sedimentet. På 4-5 cm hadde sedimentene et innhold på 8 til 9 % TOC og i de dypere lagene var innholdet oppe i 20%. Dette tyder på at man ikke har nådd sedimenter av preindustriell alder (jfr. kap.3.2.2).

### 3.2.2 Miljøgifter

#### Sedimenterende materiale

Sedimentfelle materialet var lite til moderat forurenset av metaller, basert på gjennomsnittsberegninger for tre måleperioder (Tabell 5). For bestemmelse av forureningsgrad er kriterier for miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann benyttet (Rygg & Thølin 1993). Disse er utarbeidet for bunnsedimenter og er ikke direkte overførbare til sedimenterende materiale (jfr. kap. 2.2.3). Sedimenterende materiale vil naturlig ha noe høyere metallinnhold enn bunnsedimenter som følge av et høyere TOC innhold, mindre andel mineralpartikler og generelt et større innslag av finkornet materiale. I mangel av tilsvarende kriterier for sedimenterende materiale benyttes kriteriene for bunnsedimenter.

Det sedimenterende materialet var moderat forurenset av kadmium, kobber og sink på alle stasjoner. Moderat forurensning av krom ble også registrert på en stasjonen, Idde-1 ved Svinesund, mens stasjonen utenfor Knivsøyholmene (Idde-2) og i Iddefjorden (Idde-4) hadde moderat forurensning av bly. Dette er i overensstemmelse med observasjoner av bunnsedimentene i 1992, hvor særlig ytterste del av fjorden var markert forurenset av kadmium.

Ser man på observasjoner fra hver enkeltinnsamling av det sedimenterende materialet kan noen av stasjonene klassifiseres som markert forurenset av kadmium, kobber og bly (jfr. vedlegg 5.2). Maksimumverdiene av kadmium lå på 1,2 mg Cd /kg tørt sedimenterende materiale. Til sammenligning lå innholdet av kadmium i overflatesedimentene i 1992 fra 1,2 til 1,7 mg/kg tørt sediment (Berge & Helland 1993). Innholdet av kobber lå fra 40 til 80 mg Cu / kg tørt sediment i 1992. Maksimumkonsentrasjonen av kobber i det sedimenterende materialet var på 250 mg Cu / kg tørt sedimenterende materiale, dette er like høyt som bunnsedimentene hadde ved undersøkelsene i 1977 (Magnusson & Skei 1978). Bly forekom også i høye konsentrasjoner i enkelte prøver av det sedimenterende materialet, opp til 220 mg Pb/kg tørt sedimenterende materiale. I 1992 ble det registrert et maksimum på 135 mg Pb / kg tørt sediment, mens det i 1977 ble registrert over 500 mg Pb / kg tørt sediment.

De høye konsentrasjonene av kobber og bly i enkelte av prøvene i felle materialet kan skyldes oppvirling av gamle forurensete bunnsedimenter. De høye kobberkonsentrasjonene kan også ha annet opphav, eksempelvis fra bunnstoff på båter. I Glommaestuariet ble det også registrert høye kobberverdier i sedimenterende materiale ved enkelte av innsamlingene, både i 1990 og 1994 uten at dette ble reflektert i bunnsedimentene (Hektoen *et al.* 1992, Helland 1996), og heller ikke der var det systematiske forekomster. Som nevnt over vil det sedimenterende materialet naturlig ha noe høyere metallinnhold enn bunnsedimentene. De høye kobberforekomstene i det sedimenterende materialet betyr derfor nødvendigvis ikke at bunnsedimentene med tiden vil få det samme høye innholdet. Man kan anta at bunnsedimentene med tiden vil få lavere nivåer av metaller enn nivåene som registreres i det sedimenterende materialet.

Felle materialet ble også analysert for klorerte forbindelser. Kromatograferbart halogen varierte fra 5,6 til 56 mg/kg. Det var ingen systematisk forekomst av høye eller lave verdier, verken for de ulike innsamlingsperiodene, eller for enkeltstasjoner. Dette gjaldt også for de øvrige forbindelsene som ble påvist. Det bør bemerkes at materialet fra stasjon Idde-2, utenfor Knivsøyholmene inneholdt dobbelt så mye kromatograferbart halogen (56 mg/kg) som øvrige høye verdier (28 mg /kg). Klorerte stearinsyrer utgjorde det meste av klorforbindelsene i materialet. Di-klorstearinsyre og 2 isomere forbindelser av tetra-klorstearinsyre ble påvist i alle prøvene (jfr. vedlegg 5.2).

Innholdet av ekstraherbart organisk bundet klor (EOCl) lå i gjennomsnitt for tre perioder fra 53 til 77 mg EOCl / kg tørt sediment. EOCl inngår ikke i SFTs miljøkvalitetskriterier. Normale verdier av EOCl i diffust belastede områder antas å være 4 til 6 mg EOCl /kg tørt sediment (Håkanson *et al.* 1988). Verdiene i felle materialet lå 10 ganger høyere enn dette og kan, basert på prinsippene i SFTs miljøkvalitetskriterier, klassifiseres som markert forurenset.


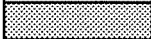

Gjennomsnittsverdiene i felle materialet var lavere enn konsentrasjonene i overflatesedimentene i 1992. I 1992 lå nivåene fra ca. 150 til 250 mg EOCl / kg tørt overflatesediment. I dypere sedimentlag var verdiene enda høyere, opptil 750 mg EOCl / kg tørt sediment. Som for metallene ble det observert høyere verdier på enkeltmålinger i felle materialet. En verdi ved to ulike målinger på to ulike stasjoner lå på over 100 mg EOCl/ kg tørt sediment (jfr. vedlegg 5.2).

Samlet viser undersøkelsene en betydelig bedring de senere årene, med generelt lavere nivåer av særlig kadmium og klorerte forbindelser i sedimenterende materiale enn i bunnsedimentene fra 1992. Når det fortsatt påvises høye verdier av klorerte forbindelser og enkelte metaller i sedimenterende materiale, viser dette at det fortsatt pågår en tilførsel av nevnte forbindelser til resipienten. Det er mest nærliggende å anta at dette skyldes resuspensjon fra gamle sedimentbanker av tidligere tiders utslipp. De store mengdene av organisk materiale i fjordbunnen fører til gassdannelse. Frigjøring av denne kan være en medvirkende årsak til oppvirling. Det synes ikke å

være noen selektiv utsynking av partikler med hensyn på klorerte forbindelser fra innerst til ytterst i fjorden. Det foreliggende materialet viser ingen gradienter fra innerst til ytterst i fjorden.

**Tabell 5.** Konsentrasjoner av metaller og ekstraherbart organisk bundet klor (EOCl) (mg/kg tørrvekt) i sedimenterende materiale fra Ringdalsfjorden / Iddefjorden 1994. (Konsentrasjonene er gjennomsnittsverdier av 3 målinger).

	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	EOCl
Idde-1	0,9	81	78	113	309	54
Idde-2	1,0	69	102	133	286	77
Idde-3	0,8	64	123	111	210	53
Idde-4	0,6	60	139	176	492	77

	Klasse 1 : lite forurenset
	Klasse 2 : moderat forurenset
	Klasse 5 : meget sterkt forurenset

### Bunnsedimenter

Som nevnt over ser det ut til at man ikke nådde preindustrielle sedimenter ved de utvalgte sedimentdypene. Stasjonen ved Svinesund hadde lavest sedimentasjon (1,3 mm/år) i følge <sup>210</sup>Pb datering. Sedimentene på 14-16 cm sedimentdyp på denne stasjonen representerer derfor de eldste avsetningene, fra ca. 1880 tallet. Saugbruksforeningen ble grunnlagt i 1859 og sulfittfabrikken kom i gang i 1908 (Holtan, 1996). Omtrentlig årstall for sedimentavsetningene, basert på <sup>210</sup>Pb dateringer, er gitt i høyre kolonne i Tabell 6. Metallkonsentrasjonene er i overstemmelse med tidligere registreringer (jfr. sedimentfelle materialet, Berge og Helland, 1993 og Magnusson og Skei, 1978.). Tabellen viser et avtagende innholdet av ekstraherbart organisk bundet klor i sedimentene tilbake til århundreskiftet, og at man selv før århundreskiftet hadde overkonsentrasjoner av disse stoffene i sedimentene. Hvor stor betydning eventuell nedbrytning av forbindelsene har hatt på de observerte verdiene er usikkert.

**Tabell 6.** Analyser av utvalgte dybdesnitt fra 3 sedimentkjerner fra Ringdalsfjorden 1994. Alle konsentrasjoner er gitt i mg / kg tørt sediment.

Stasjon	Sed.dyp (cm)	TN	TOC	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	EOCl	Ca. år for avsetning *
1	4-5	9,6	77,9	0,89	80	83,4	116	346	140	1975
1	9-10	8,3	74,9	0,9	68	139	134	305	150	1945
1	14-16	8,1	85,5	0,73	63	204	131	265	300	1915
1	18-20	12,5	105	0,38	63	87,5	223	374	55	ca.1900
2	4-5	12,1	88,6	0,9	80	76	112	293	340	1980
2	9-10	10,9	98,2	1,1	62,5	85,5	128	273	200	1960
2	14-16	10,3	98,1	1,2	60,1	84,5	110	119	30	1920
2	18-20	20,8	160	0,9	47,1	78,3	119	592	23	ca.1900
3	3-4	11,6	86,2	1	82	75,1	111	289	75	1965
3	6-7	10,4	98,7	1	75	81,1	138	279	16	1920
3	10-12	7,2	82,2	0,61	69	79,2	92	245	1,7	1900
3	14-16	16,2	130	0,62	68,5	250	186	509	0,86	ca.1980

\* Basert på  $^{210}\text{Pb}$  datering

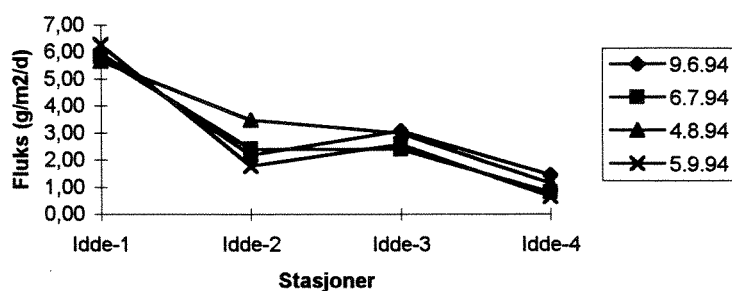
### 3.2.3 Fluks av partikulært materiale

Mengden partikulært materiale fanget opp i fellene varierte lite i de månedene målingene foregikk (Figur 11). Målingene viste størst fluks ( $\text{g}/\text{m}^2/\text{d}$ ) på stasjon Idde-1 ved Svinesund. Stasjonen utenfor Knivsøyholmene (Idde 2) og Halden (Idde-1) hadde like høy fluks av partikler, mens stasjonen i Iddefjorden hadde lavest fluks (Idde-4). Normalt ville man forvente høyest fluks av partikler nærmest kilden, ved utløpet av Tista. Sedimentfellene var utplassert på 12 m vanddyb, som er under terskeldypet. Partikler som transporteres ut med ellevannet vil følge overflatelaget utover i fjorden. Partiklene vil synke ut etterhvert. Dette kan forklare hvorfor de høyeste verdiene registreres ytterst i fjorden.

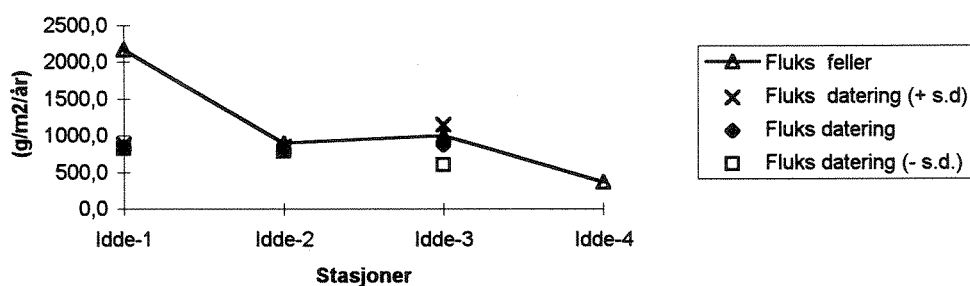
Fluks basert på sedimentfeller viser ikke hvor mye som sedimenterer i området, men gir et mål på hvor mye partikler som er i vannmassene over det tidsrommet det måles. Ved aldersdateringene av sedimentkjerner beregnes total fluks til bunnsedimentene (jfr. vedlegg 5.2). Sammenlignes disse ser man at det er god overenstemmelse mellom beregningene basert på sedimentfeller og aldersdatering på stasjonen ved Halden (Idde-1, hhv. 1000 og 1150  $\text{g}/\text{m}^2/\text{år}$ ) og utenfor Knivsøyholmene (Idde-2, hhv. 895 og 854  $\text{g}/\text{m}^2/\text{år}$ ). På stasjonen ved Svinesund var det imidlertid stor forskjell (hhv. 2165 og 880  $\text{g}/\text{m}^2/\text{år}$ ). Sedimentfellene viste 2,5 ganger høyere fluks enn dateringene. Dette var uventede resultater. Normalt ville man forvente en noe lavere fluks til sedimentfellene enn til bunnsedimentene. Dette er eksempelvis observert i Glommaestuarier, hvor transporten i Glomma har stor betydning (Helland, 1996 b). Sedimentfellemålingene i foreliggende undersøkelse representerer ca. 4 måneders observasjoner, mens aldersdateringen gjenspeiler et lenger tidsintervall. Hvis fluksen ytterst i fjorden er lav det resterende av året vil forskjellen utjevnes. Hvis målingene er representative for hele året indikerer det en transport av partikler ut av fjordsystemet. Det er kjent at dette foregår (Magnusson & Skei 1978), men hvor stor transporten er, gir ikke disse dataene grunnlag for å beregne.



Omregnet til mm/år viste aldersdateringene en tilvekst av sedimenter fra 3,5 til 1,3 mm/år fra innerst til ytterst i fjorden (jfr. vedlegg 5.2). Tilveksten var omtrent lik utenfor Halden og i bassenget utenfor Knivsøyholmene. Datering utført på stasjonen i Iddefjorden i 1977 viste en tilvekst på 2,7 mm/år (Magnusson og Skei, 1978). Det ble dengang gjort et estimat på tilveksten i de øvrige deler av fjorden, basert på når fjorden ble anoksisk. Estimater var ca. 10 mm/år for de delene av fjorden som her er beregnet til 3,5 mm/år. Det er sannsynlig at sedimenttilveksten er redusert med årene i takt med reduksjonen i utslippet av suspendert stoff.



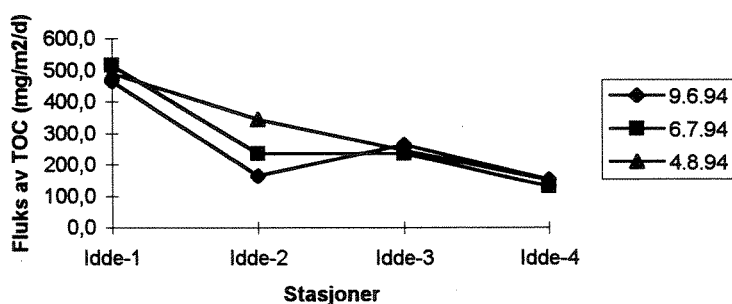
**Figur 11.** Fluks av partikulært materiale ( $\text{g/m}^2/\text{d}$ ) i fire perioder fra juni til september 1994 i Ringdalsfjorden / Iddefjorden.



**Figur 12.** Fluks av partikulært materiale basert på sedimentfeller og aldersdatering av bunnsedimenter (Pb-210) på samme stasjoner i Ringdalsfjorden 1994. Fluks fra datering er vist med  $\pm$ standardavvik.

### 3.2.4 Fluks av organisk karbon og miljøgifter

Som vist i kap. 3.2.1 hadde stasjonen innenfor Halden (Idde-4) den høyeste TOC konsentrasjonen i felle materialet. Ser man på fluks av TOC er denne imidlertid lavest innenfor Halden og høyest på stasjonen ved Svinesund (Figur 13). Fluksen av TOC styres i dette tilfelle av fluksen av partikulært materiale.



**Figur 13.** Fluks av total organisk karbon (TOC mg/m<sup>2</sup>/d) i sedimenterende materiale fra Ringdalsfjorden / Iddefjorden 1994.

For organisk karbon viste alle målinger samme trend, med høyest konsentrasjon innerst i fjorden i alle måleperiodene. Tilsvarende trend ble ikke registrert for miljøgifter. Konsentrasjonsforskjellene mellom stasjonene var for små for de ulike miljøgiftene til å gi utslag når man beregner fluks. Fluksen av partikulært materiale blir derfor helt styrende for fluksen av miljøgifter. Alle parametere gir derved samme mønster i fluks som TOC, med størst mengde miljøgifter i vannmassene ytterst i fjorden ved Svinesund og minst innerst (jfr. vedlegg 5.2)

### 3.2.5 Konklusjon

Det er ikke tidligere gjort undersøkelser av sedimenterende materiale fra fjorden, det finnes derfor ikke et direkte sammenligningsgrunnlag for denne undersøkelsen. Det sedimenterende materialet vil med tiden falle til bunns og bygge opp bunnsedimentene, man kan derfor anta at det man registrerer i dette materialet gir indikasjoner på hva man kan forvente av konsentrasjoner i bunnsedimentene etter en tid. Sedimenterende materiale har imidlertid et høyere TOC innhold og er generelt mer finkornet enn bunnsedimenter og vil derfor "naturlig" ha høyere konsentrasjoner av ulike miljøgifter. Man kan derfor anta at nivåene av miljøgifter i bunnsedimentene etter en tid vil ligge lavere enn nivåene som registreres i det sedimenterende materialet. I mangel av miljøkvalitetskriterier for sedimenterende materiale benyttes i dette tilfellet SFTs miljøkvalitetskriterier for bunnsedimenter for anslag av forurensningsgrad.

Ved forrige sedimentundersøkelse i fjorden (1992) ble det registrert en betydelig bedring fra slutten av 1970 tallet. Nivået av metaller i sedimenterende materiale i 1994 viste samme positive utvikling som ved sedimentundersøkelsene i 1992. Gjennomsnittsberegninger av metallkonsentrasjonene i sedimenterende materiale over de periodene undersøkelsene pågikk viste moderat forurensning i forhold til SFTs klassifiserings-system. Det ble påvist klorerte fettsyrer i alle de innsamlede prøvene (di-klorstearinsyre og 2 isomere forbindelser av tetra-klorstearinsyre). Innholdet av ekstraherbart organisk bundet klor (EOCl) var lavere enn ved sedimentundersøkelsene i 1992, men fortsatt høyt (markert forurensset) i forhold til normalt for kystnære bunnsedimenter. Det ble ikke registrert noen klare stasjonsgradienter verken av metaller eller klorerte forbindelser i det sedimenterende materialet fra fjorden.

Dette viser at resipienten fortsatt har treforedlingsrelaterte klorerte forbindelser i omløp, selv om utslippene har opphørt. Kilden ligger sannsynligvis i gamle bunnsedimenter som utsettes for oppvirvling. Som nevnt var det ingen konsentrasjonsgradienter i fjorden. Dette tilsier at det ikke foregår noen selektiv utsynking av det resuspenderte forurensningsbærende materialet i ulike deler av fjorden.

Det var ikke overenstemmelse mellom fluks av partikulært materiale og bunnsedimentene på stasjonen ytterst i fjorden, ved Svinesund. På de øvrige stasjonene var det god overenstemmelse. Aldersdateringene viste en tilvekst av sedimenter på 3,5 til 1,3 mm/år fra innerst til ytterst i fjorden. Legger man fluksberegninger fra sedimenterende materiale til grunn, mottar området ved Svinesund den største mengden av organisk stoff og miljøgifter. Dette stemmer ikke med observasjoner fra undersøkelsene i 1992 eller fluksmål basert på aldersdateringene. Den store fluksen ved Svinesund kan tolkes på to måter. Fluksberegningene er basert på fire innsamlinger fra juni til september i 1994, og er derfor muligens ikke representative for hele året. En forklaring kan derfor være at fellene ved Svinesund kan ha mottatt store mengder partikulært materiale i den tiden de sto ute, mens tilførselen resten av året kan være mye mindre. Totalen for året kan derfor være på nivå med aldersdateringen. En annen forklaring kan være at en stor del av partiklene fraktes vekk fra området, enten ved at det fordeles over øvrige deler av bassenget eller at det fraktes ut av fjorden.

## 4. Referanser

- Afzelius L. 1979. Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Utvikling og status i Iddefjordens biologi. NIVA-rapport 1096. 52 sider.
- Berge J.A. 1994. Effekter av forurensning i Iddefjorden. Sak nr. 93-00490: Framtiden i våre hender mot Saugbrugsforeningen AS, Halden byrett 1995. NIVA-rapport 3171. 54 sider.
- Berge J.A. og Helland, A., 1993. Overvåkingsundersøkelser i Iddefjorden 1991/92. Miljøgifter i sediment, ål, torsk og taskekrabbe. NIVA.rap- O-92085. L.nr. 2953. Overvåkingsrap. nr. 531)93-TA nr. 975/1993. 56 s.
- Christie H. & N.W. Green 1982. Changes in the sublittoral hardbottom benthos after a large reduction in pulp mill waste to Iddefjord, Norway, Sweden. *Netherlands Journal of Sea Research*. 16: 474-482.
- Dethier M.N., Graham E.S., Cohen S. & L.M. Tear 1993. Visual versus random-point percent cover estimations: 'objective' is not always better. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 96: 93-100.
- Erfaimsen, H., Christie, H., Green, N., og Pedersen, A., 1984. Overvåking av Iddefjorden 1983. NIVA-rap. 1670, 28s.
- Green N.W. 1980. Underwater stereophotography applied in ecological monitoring. Report 1. Methods and preliminary evaluation. Norwegian Institute for Water Research. 99 sider (stensilert).
- Hektoen, H., Helland, A., Næs, K., og Rygg, B., 1992. Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden. Sedimenterende materiale, bunnsedimenter, bløtbunnsfauna og diagnostisk undersøkelse av skrubbe. Overvåkingsrapport nr. 496/92, TA-871/1992. NIVA-rap. O-99934,-2,-3,-7,-9, L.nr. 2791, 95s.
- Helland, A., 1996. Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994. Sedimenterende materiale og bunnsedimenter 1994. NIVA-rap. nr. 900349, 83 s.
- Helland, A. 1996 b. Tilførsel av partikulært materiale til Glommaestuarieret og områdene utenfor i forbindelse med flommen i Glomma 1995. NIVA-rap. nr. O-900342, 46 s.
- Holtan, G., 1996. Overvåking av Hvaler - Singlefjorden og munningen av Iddefjorden 1990-1994. Forurensningstilførsler 1970-1993. NIVA-rap. O-94061, 81 s.
- Huiting A.M. 1994. Benthic communities along the Norwegian Coast. A report from a traineeship at the Norwegian Institute for Water Research (NIVA), March - July 1994.
- Håkanson, H., Jonsson, B., Jonsson, P. og Martinsen, K., 1988. Påverkningområden för klorerat organisk materiale från massablekerien. Rapport nr. 3522 fra Naturvårdsverket.
- Knutzen J. 1986. Utredning om Iddefjordens tilstand og aktuelle tiltak ved Saugbrugsforeningen. NIVA-rapport 1924. 88 sider.

Lundälv T. 1971. Quantitative studies on rocky-bottom biocoenosis by underwater photogrammetry: A methodical study. *Thalassia Jugosl.* 7: 201-208.

Magnusson, J., og Skei, J., 1978. Nasjonalt program for overvåking av vannressurser. Pilotprosjekt Iddefjorden 1977. NIVA-rap. O-38/75, 74 s.

Magnusson J., Christie H., Efraimsen H., Green N.W. & A. Pedersen 1983. Supplerende basisundersøkelser og rutineovervåking i Iddefjorden 1982. NIVA-rapport 1546 (overvåkingsrapport 105/83). 56 sider.

Martinsen, K., Pedersen, K., Kringstad, A. og Lund Kvernheim, A. 1993. Undersøkelse av organiske miljøgifter i sedimenter og biota i Iddefjorden 1992. SINTEF SI rapport nr. STF27A93032, 32s.

Rygg, B. og Thèlin, I., 1993. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Kortversjon. SFT-veileder nr. 93:02, 20 s.

#### Personlige meddelelser

Peter Adolfsson, Kristinebergs marinbiologiska station, Sverige.

## 5. Vedlegg

### 5.1 Hardbunnsundersøkelser

Tabell 7. Antall kvadrater opparbeidet ved hver prøvetaking (<sup>1</sup>) kvadrater som ble opparbeidet ved tidligere anledninger; <sup>2</sup>) mindre nøyaktig opparbeidelse; <sup>3</sup>) manglende bilder; d.b. indikerer dårlig billedkvalitet).

Dato	Stasjon I1			Stasjon I2		
	2m	7m	12m	2m	7m	17m
25.10.78	6(d.b.)	6 <sup>1</sup> )	6 <sup>1</sup> )	0 <sup>3</sup> )	6 <sup>1</sup> )	0 <sup>3</sup> )
18.10.79	0 <sup>3</sup> )	1 <sup>1</sup> )	1 <sup>1</sup> )	0 <sup>3</sup> )	6 <sup>1</sup> )	6 <sup>1</sup> )
16.09.80	0 <sup>3</sup> )	6 <sup>1</sup> )	2	6 <sup>1</sup> )	6 <sup>1</sup> )	6 <sup>1</sup> )
16.10.85	0 <sup>3</sup> )	6	6	0 <sup>3</sup> )	6 (d.b.)	5(d.b.)
23.09.92	6	6	6	6 <sup>2</sup> )	6	5
12.09.94	6	6	6	6 <sup>2</sup> )	6	5

Registrering av stereobilder										Observer	MAA	Tidevannskorrigert ?	J/N												
										Skriver															
										= Må utfylles															
										Format: A = Alfnummer, S = Num															
Lokalitet:	HD																								
Sted	601	Dato	25.10.78	Barom	mm Hg																				
Eksponering		Retn.		Hellingning																					
Supplerende undersøkelse :			Stereo	m																					
				Bilde kvalitet (1-3)	2	1	2	2	2	2	2	2	2												
				Kvadrat dyp (m)	2	2	2	2	2	2	2	2													
				Bunntype																					
Format:	Loc:	AS	Hellingning																						
Dato:	d.m.ÅÅ	AAA	Prim. sub. synlig (%)	100	100	100	100	100	100	100	100														
Obsv:	AAA		kvadrat	1U	2U	3U	4U	5U	6U																
Kode	cf	sp	NB	TAXA	verdtype	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c				
MYTED				Mytilus edulis		75				55				53				57			38			47	
SEDIM				Sediment: ubestemt		25				45				47				25			52			51	
OSTEIK				Osteichthyes indet.										5				<							
BALIM				Balanus cf. improvisus										<				18	4		10	5		2	7
CHLOR				Chlorophyceae indet.: blad.										<				<			2			<	4

Registrering av stereobilder										Observer	MAA	Tidevannskorrigert ?	J/N														
										Skriver																	
										= Må utfylles																	
										Format: A = Alfnummer, S = Num																	
Lokalitet:	HD																										
Sted	601	Dato	23.09.72	Barom	mm Hg																						
Eksponering		Retn.		Hellingning																							
Supplerende undersøkelse :			Stereo	m																							
				Bilde kvalitet (1-3)	2	2	2	2	2	2	2	2															
				Kvadrat dyp (m)	2	2	2	2	2	2	2	2															
				Bunntype																							
Format:	Loc:	AS	Hellingning																								
Dato:	d.m.ÅÅ	AAA	Prim. sub. synlig (%)	100	100	100	100	100	100	100	100																
Obsv:	AAA		kvadrat	1U	2U	3U	4U	5U	6U																		
Kode	cf	sp	NB	TAXA	verdtype	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c						
ASTRU				Asterias rubens		3				<	3			<				5	2		3			<	2		<
MYTED				Mytilus edulis			69				42			72				91			63				61		
SEDIM				Sediment: ubestemt			31				44			28				9							39		
CHLOR				Chlorophyceae indet.: tråd.																						<	
CORAX				Coralliniaceae indet.							3															<	
BALIM				Balanus improvisus							11	7		21				30			3	22			<	16	
ELEFI				Electra pilosa																						<	

Registrering av stereobilder										Observer	MAA	Tidevannskorrigert ?	J/N													
										Skriver																
										= Må utfylles																
										Format: A = Alfnummer, S = Num																
Lokalitet:	HD																									
Sted	601	Dato	12.09.74	Barom	mm Hg																					
Eksponering		Retn.		Hellingning																						
Supplerende undersøkelse :			Stereo	m																						
				Bilde kvalitet (1-3)	3	3	3	3	2	3	3															
				Kvadrat dyp (m)	2	2	2	2	2	2	2															
				Bunntype																						
Format:	Loc:	AS	Hellingning																							
Dato:	d.m.ÅÅ	AAA	Prim. sub. synlig (%)	100	100	100	100	100	100	100																
Obsv:	AAA		kvadrat	1U	2U	3U	4U	5U	6U																	
Kode	cf	sp	NB	TAXA	verdtype	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c					
ASTRU				Asterias rubens		2				<	6	3		9	3			9	4		7	2		4		<
MYTED				Mytilus edulis			37				87			91				86			89				79	
SEDIM				Sediment: ubestemt			60				13			9				14			11				21	
CORAX				Coralliniaceae indet.										<												
BALIM				Balanus improvisus			3	17						22				<	28		<	36				27

Registrering av stereobilder										Observer		Tidevannskorrigert ?		J/N										
										NOC														
										Skriver														
												= Må utfylles												
												Format: A = Alfnumm, S = Num												
Lokalitet: 82																								
Sted: 801		Dato: 25.10.78		Barom: mm Hg																				
Eksponering		Retn.		Hellning																				
Supplerende undersøkelse:										Stereo		m												
										Bilde kvalitet (1-3)														
										Kvadrat dyp (m)		7		7										
										Bunntype														
Format:		Sted: AASS		Hellning																				
		Loc: AS																						
		Dato: d.m.åå		Prim. sub. synlig (%)		93		88		96		97		98										
		Observ: AAA		kvadrat		1U		2U		3U		4U		5U										
Kode		cf sp NB		TAXA		verditype		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c										
ROCKX								15			16			16		19			8			27		
SEDIM								59			49			62		58			69			55		
MUEVA								2			<2			5		5			15			6		
HYDRX								2						2							2			
ALCDE								2	<2		4	<2		1	<2		2	<2		2	<2			
POMTR								9			18			10		8			5	2		9		
POMTR								2			<2			<2								<2		
HYDNO								4			3			2		2			<2			<2		
FLUFO									<2					1	<2									
ASTRU								3		<2	4	<2		3	<2		2	<2		4	<2		2	<2
OPHAL								4		<2	8	<2		5	<2		5	2		2	<2		15	3
CORPA								2	<2		5	<2		5	<2		1	<2					1	<2
OSTEH								2			2			1						3	<2		3	<2
SABPA											2	<2		1	<2									
BUCUN											2	<2					1	<2		1	<2			
BALBU											1	<2												
POLCI														10	<2					3				

Registrering av stereobilder										Observer		Tidevannskorrigert ?		J/N										
										NOC														
										Skriver														
												= Må utfylles												
												Format: A = Alfnumm, S = Num												
Lokalitet: 82																								
Sted: 801		Dato: 18.10.79		Barom: mm Hg																				
Eksponering		Retn.		Hellning																				
Supplerende undersøkelse:										Stereo		m												
										Bilde kvalitet (1-3)														
										Kvadrat dyp (m)				7										
										Bunntype														
Format:		Sted: AASS		Hellning																				
		Loc: AS																						
		Dato: d.m.åå		Prim. sub. synlig (%)										95										
		Observ: AAA		kvadrat		1U		2U		3U		4U		5U										
Kode		cf sp NB		TAXA		verditype		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c										
ROCKX																9								
SEDIM																							51	
PORIX																							3	
HALPA																							1	<2
HYDRX																							4	
POMTR																							24	
HYDNO																							<2	
ASTRU																							1	<2
STRDR																							1	<2
CORPA																							36	3



Registrering av stereobilder										Observer	Tidevannskorrigert ?		J/N														
										Skriver																	
											= Må utfylles																
										Format:	A = Alfannum, S = Num																
Lokalitet:	Sted	Dato	Barom	mm Hg																							
	Eksposering	Retn.	Hellning																								
Supplerende undersøkelse:			Stereo	m																							
			Bilde kvalitet (1-3)																								
			Kvadrat dyp (m)	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7														
			Bunntype																								
Format:	Loc:	AS	Hellning																								
	Dato:	d.m.åå	Prim. sub. synlig (%)	99	88	95	95	97	97	97	97	97															
	Observ:	AAA	kvadrat	1U	2U	3U	4U	5U	6U	6U	6U	6U															
Kode	cf	sp	NB	TAXA	verdtype	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c		
ROCKX					Bare rock surface	14				13				14				20				21			14		
SHDM					Sediment: unclassified	7				6				7				7				8			2		
PORIX					Porifera indet.																	58	<				
MALPA					Halichondria panicea	16	4			7	5			15	5			10	3			13	7		8	3	
SCYMB					Scyphozoa indet.: benthic-stage				16				3			5					4			13		11	
ASTRU					Asterias rubens								3		<		3			<	1		<	1		<	
ACTIN					Actinaria indet.	2	<			1	<							1			<	1	<			<	
POLCI					Polydora ciliata		10	3			20	7			12	11			18	11			13	5		17	8
MYTID					Mytilus edulis		63				42				56				46				46			61	
CION					Ciona intestinalis	6	<			2	7	2		2	8	<			8	<		2	6	2		3	
BALBU					Balanus balanus					1	<			2	<											3	<
CORYZ					Coryphella sp.									1	<												

Registrering av stereobilder										Observer	Tidevannskorrigert ?		J/N												
										Skriver															
											= Må utfylles														
										Format:	A = Alfannum, S = Num														
Lokalitet:	Sted	Dato	Barom	mm Hg																					
	Eksposering	Retn.	Hellning																						
Supplerende undersøkelse:			Stereo	m																					
			Bilde kvalitet (1-3)	3	3	3	3	3	3	3	3	3													
			Kvadrat dyp (m)	7	7	7	7	7	7	7	7	7													
			Bunntype																						
Format:	Loc:	AS	Hellning																						
	Dato:	d.m.åå	Prim. sub. synlig (%)	100	100	100	100	100	100	100	100														
	Observ:	AAA	kvadrat	1U	2U	3U	4U	5U	6U	6U	6U														
Kode	cf	sp	NB	TAXA	verdtype	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c
SHDM					Sediment: ubestemt		24				20			23				3				5			7
ROCKX					Udekket fjell		60				65			57				74				72			64
HILRU					Hildenbrandia rubra									3				4				5			6
CRUPE					Cruoria pellita									<											
POMTR					Pomatoceros triquetet			5			7			10				14				8			10
ECHIN					Echinoidea indet.	2			<		2		<	2		<		4			<			1	<
MUSVA					Tom musling skjell				6				7				5				<			1	<
CORPA					Corella parallelogramma	1	<							1	<										
PORIX					Porifera indet.									1	<			1	<						
BALBU			4		Balanus balanus død	6	3				4			3				3				6			8
MODMC					Modiolus modiolus	1	<																		
BALBU					Balanus balanus	20	8				4			4				2				4			5
OPHAL					cf Ophiura albida	4			<					1			<								
DENDR					Dendrodoa grossularia	1	<											2	<						
STYRU					cf Styela rustica	1	<																		
URTEP					Urticina felina									1	<										
PROSX					Prosobranchia indet.													1			<				
ASTRU					Asterias rubens																			2	4
OSTEY					Osteichthyes indet.																			1	<

**Registrering av stereobilder**

Observerat: **MAT** Tidvannskorrigert?  J/N

Skriver: \_\_\_\_\_

Format:  = Må utfylles  
Format:  A = Alfnummer, S = Num

Lokalitet: **IB**

Sted **sp1** Dato **23.09.92** Barom \_\_\_\_\_ mm Hg  
 Eksponering Retn. \_\_\_\_\_ Hellingning \_\_\_\_\_  
 Supplerende undersøkelse: Stereo m

Bilde kvalitet (1-3) 3 3 3 3 3 3  
 Kvadrat dyp (m) 7 7 7 7 7 7  
 Bunntype \_\_\_\_\_  
 Hellingning \_\_\_\_\_

Format: Sted: **AASS** Barom \_\_\_\_\_ mm Hg  
 Loc: **AS** Hellingning \_\_\_\_\_  
 Dato: **d.m.åå** Prim. sub. synlig (%) 96 96 96 96 96 94  
 Observ: **AAA** kvadrat

Kode	cf	sp	NB	TAXA	verditype	1U				2U				3U				4U				5U				6U			
						n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c
SEDIM				Sediment: ubestemt				15				4			6			2			5			6					
ROCKA				Udekket fjell																					<				
HILBU				Hildenbrandia rubra			<					<			<			<			<				3				
CRUPE				Crوريا pellita																					<				
POMTR				Pomatoceros triqueter			58				60			60			64			65			58						
MUSVA				Tom musling skjell				5																	<				
POREX				Porifera indet.																					<				
BALBU				Balanus balanus død			1		<					1		<									5				
MODMO				Modiolus modiolus			1		<																				
CION				Ciona intestinalis				20		4		32		4		30		4		30		4		26		4	22	6	
ASTRU				Asterias rubens			1			<				1			<								1		2		
GSTEN				Osteichthyes indet.			2			<											1				<				
ASTRU				Asterias rubens juv.			1			<		2			<		1						1		<	1		<	
BENGR				cf. Dendrodoa grossularia			1		<																		<		
CHLXH				Chlorophyceae indet.: tråd				3																					
ACTIX				Actiniaria indet.										1			<				1				<				
ANOMD				Anomoniidae indet.																						1		<	

**Registrering av stereobilder**

Observerat: **MAT** Tidvannskorrigert?  J/N

Skriver: \_\_\_\_\_

Format:  = Må utfylles  
Format:  A = Alfnummer, S = Num

Lokalitet: **IB**

Sted **sp1** Dato **12.05.94** Barom \_\_\_\_\_ mm Hg  
 Eksponering Retn. \_\_\_\_\_ Hellingning \_\_\_\_\_  
 Supplerende undersøkelse: Stereo m

Bilde kvalitet (1-3) 3 3 3 3 3 3  
 Kvadrat dyp (m) 7 7 7 7 7 7  
 Bunntype \_\_\_\_\_  
 Hellingning \_\_\_\_\_

Format: Sted: **AASS** Barom \_\_\_\_\_ mm Hg  
 Loc: **AS** Hellingning \_\_\_\_\_  
 Dato: **d.m.åå** Prim. sub. synlig (%) 95 92 92 95 95 95  
 Observ: **AAA** kvadrat

Kode	cf	sp	NB	TAXA	verditype	1U				2U				3U				4U				5U				6U			
						n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c
SEDIM				Sediment: ubestemt				36				5			17			25			20			15					
LITHZ				Lithothamnion sp				<																					
HILBU				Hildenbrandia rubra			2														5					9			
CRUPE				Crوريا pellita																						<			
ROCKA				Udekket fjell				<																		<			
CION				Ciona intestinalis			25		3		37		8		27		8		25		5		28		5	21	5		
POMTR				Pomatoceros triqueter			30				40			45			45			38			45						
ASTRU				Asterias rubens			2		3		2		2		1					1						<			
MUSVA				Tom musling skjell						2																			
SABELA				Sabella penicillus			1																						
POREX				Porifera indet.: skorp.																									
HYDROX				Hydroida indet.																									
BENGR				Dendrodoa grossularia			1																			<			
BALBU				Balanus balanus død							1										1					5			
ACTIX				Actiniaria indet.							1																		
BEGGIZ				Beggiatoa sp.							2																		
SPLSZ				Spirulina sp.									2			3										2			
POREX				Porifera indet.																									
COERA				Corella parallelogramma			1												5							<			
CHLAZ				Chlamys sp.																									
GSTEN				Osteichthyes indet.																1									
ASTRU				Asterias rubens juv.																			2			<			
BALBU				Balanus balanus																			1			<			
POLYZ				Polysiphonia sp.			2				3			3											4				
STYRU				Styela rustica																			1			<			
ECHDX				Echinoidea indet.																			1			<			

Registrering av stereobilder										Observer	NOG	Tidevannskorrigert ?	J/N												
										Skriver															
										= Må utfylles															
										Format: A = Alfnumm, S = Num															
Lokalitet:	St01	Dato	25.10.78	Barom	mm Hg																				
Eksposering	Retn.			Helling																					
Supplerende undersøkelse:		Stereo	m																						
		Bilde kvalitet (1-3)																							
		Kvadrat dyp (m)	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12												
Sted:		AASS	Bunntype																						
Format:		Loc: AS	Helling																						
Dato:		d.m.ÅÅ	Prim. sub synlig (%)	93	88	96	97	98	99																
Observ:		AAA	kvadrat	1U	2U	3U	4U	5U	6U																
Kode	cf	sp	NB	TAXA	verdtype	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c
ROCKX					Bare rock surface		15			16				16				19				8			27
SEDIM					Sediment: unclassified		59			49				62				58				69			55
MUSVA					Empty bivalve shell		2			<2				5				5				15			6
HYDRX					Hydroida indet.		2							2				2				<2		2	
ALCDI					Acyonium digitatum		2	<2		4	<2		1	<2			2	<2			2	<2			
POMTR					Pomatoceros triquetet		9			18				10				8				5	2		9
POMTR					Pomatoceros triquetet juv.		2			<2				<2											<2
HYDRG					Hydroides norvegica		4			3				2				2				<2			<2
FLURF					Flustra foliacea		1	<2					1	<2											
ASTRU					Asterias rubens		3		<2	4	<2		3	<2			2		<2		4	<2		2	<2
OPHAL					Ophiura albida		4		<2	8	<2		5	<2			5		2		2	<2		15	3
CORPA					Corella parallelogramma		2	<2		5	<2		5	<2			1	<2						1	<2
OSTEX					Osteichthyes indet.		2			2			1								3				3
SAEPA					Sabella penicillus					2	<2		1	<2											
BUCUR					Buccinum undatum					2	<2						1	<2			1	<2			
BALBU					Balanus balanus					1	<2														
POLET					Polydora ciliata									10	<2						3				

Registrering av stereobilder										Observer	NOG	Tidevannskorrigert ?	J/N												
										Skriver															
										= Må utfylles															
										Format: A = Alfnumm, S = Num															
Lokalitet:	St01	Dato	18.10.79	Barom	mm Hg																				
Eksposering	Retn.			Helling																					
Supplerende undersøkelse:		Stereo	m																						
		Bilde kvalitet (1-3)																							
		Kvadrat dyp (m)																							
Sted:		AASS	Bunntype																						
Format:		Loc: AS	Helling																						
Dato:		d.m.ÅÅ	Prim. sub synlig (%)																						
Observ:		AAA	kvadrat	1U	2U	3U	4U	5U	6U																
Kode	cf	sp	NB	TAXA	verdtype	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c
ROCKX					Bare rock surface																				4
SEDIM					Sediment: unclassified																				70
MUSVA					Empty bivalve shell																				4
ALCDI					Acyonium digitatum																			1	<2
POMTR					Pomatoceros triquetet																				5
ASTRU					Asterias rubens																			1	<2
OPHAL					Ophiura albida																			6	3
CORPA					Corella parallelogramma																			20	<2

Registrering av stereobilder										Observatör										Tidevannskorrigert ?									
										Skriver										J/N									
Lokalitet: HB																				Format: A = Alfnumm, S = Num									
Sted: sigl										Dato: 16.09.85										Barom: mm Hg									
Eksponering										Retn.										Hellingning									
Supplerende undersøkelse:										Stereo										m									
										Bilde kvalitet (1-3)										3									
										Kvadrat dyp (m)										12									
Sted: AASS										Bunntype										12									
Format: Loc: AS										Hellingning																			
Dato: d.m.åå										Prim. sub. synlig (%)										97									
Observ: AAA										kvadrat										100									
Kode										cf sp NB TAXA										verditype									
										n p s c										n p s c									
ROCKX										Bare rock surface										19									
SEDIM										Sediment: unclassified										70									
MUSVA										Empty bivalve shell										3									
ALCEI										Alcyonium digitatum										2 <									
POMTR										Pomatoceros triquetter										4									
OPHAL										Ophiura albida										12 2									
ECHEX										Echinoidea indet.										2 <									
CORAX										Coralliniacea indet.										2									
HYDREX										Hydroida indet.										1 2									
ASTRU										Asterias rubens										1 2									
BALBU										Balanus balanus										3 <									
Registrering av stereobilder										Observatör										Tidevannskorrigert ?									
										Skriver										J/N									
Lokalitet: HB																				Format: A = Alfnumm, S = Num									
Sted: sigl										Dato: 16.10.85										Barom: mm Hg									
Eksponering										Retn.										Hellingning									
Supplerende undersøkelse:										Stereo										m									
										Bilde kvalitet (1-3)										3									
										Kvadrat dyp (m)										12									
Sted: AASS										Bunntype										12									
Format: Loc: AS										Hellingning																			
Dato: d.m.åå										Prim. sub. synlig (%)										100									
Observ: AAA										kvadrat										96									
Kode										cf sp NB TAXA										verditype									
										n p s c										n p s c									
SEDIM										Sediment: ubestemt										58									
ROCKX										Udekket fjell										35									
BALBU										Hildenbrandia rubra										12									
CORAX										Coralliniacea indet.										88									
POMTR										Pomatoceros triquetter										4									
ALCEI										Alcyonium digitatum										7 2									
ECHEX										Echinoidea indet.										2 2									
CLALE										Clavelina lepadiformis										2 <									
HYDREX										Hydroida indet.										3 <									
MUSVA										Tom musling skjell										2 <									
BALBU										Balanus balanus										8 4									
CORPA										Corella parallelogramma										1 <									
PORFX										Porifera indet.										1 <									
NUDEX										Nudibranchia indet.										1 <									
BALBU										Balanus balanus død										1 <									
MODMG										Modiolus modiolus										1 3									
CHITX										Polyplacophora indet.										1 <									

Registrering av stereobilder										Observer		Tidevannskorrigert ?		J/N			
										MÅT							
										Skriver							
												= Må utfylles					
												Format: A = Alfaramm, S = Num					
Lokalitet:	H																
Sted:	st01	Dato:	23.09.92	Barom:	mm Hg												
Eksponering:	Retn.			Hellning													
Supplerende undersøkelse:	Stereo			m													
				Bilde kvalitet (1-3)	2	2	2	3	3	3							
				Kvadrat dyp (m)	12	12	12	12	12	12							
Format:	Sted:	AASS	Bunntype														
	Loc:	AS	Hellning														
	Dato:	d.m.åå	Prim. sub. synlig (%)	94	94	95	92	86	96								
	Observ:	AAA	kvadrat	1U	2U	3U	4U	5U	6U								
Kode	cf	sp	NB	TAXA	verditype	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c
SBDIM				Sediment: ubestemt		67				68				82			65
ROCKX				Udekket fjell		6			<2	3			<2				5
HILRU				Hildenbrandia rubra		2			3	<2			3				10
CRUPE				Cruoria pellita		<2			<2	<2			3			<2	<2
POMTR				Pomatoceros triqueter		4			3	3			4				13
ALCDE				Alcyonium digitatum		1	<2		3	<2			2	<2		2	<2
CIONY				Ciona intestinalis		15		4	20	6		7	2	15	6	4	<2
ASTRU				Asterias rubens juv.		5		<2	1	<2							<2
ASCAB	2			Asciidiella cf. aspersa		2	<2		1	<2			1	<2			<2
OSTEG				Osteichthyes GROUP		2		<2	1	<2		1	<2			6	<2
HYDRX				Hydroida indet.		<2	<2					<2	<2			<2	<2
MUSVA				Tom musling skjell		1		3	2			3	3	3	2	2	20 14
SABPA				Sabella penicillus											1	<2	2
OPHAL	1			cf. Ophiura albida				1	<2								1
BALBU				Balanus balanus død													1
DENGR	1			cf. Dendrodoa grossularia		1	<2						<2		2	<2	2
STYRU	1			cf. Styela rustica													2
ACTIX				Actinaria indet.									1	<2			1
ASCME				Ascidia mentula													1
MODMO	1			cf. Modiolus modiolus									1	2			<2

Registrering av stereobilder										Observer		Tidevannskorrigert ?		J/N			
										MÅT							
										Skriver							
												= Må utfylles					
												Format: A = Alfaramm, S = Num					
Lokalitet:	H																
Sted:	st01	Dato:	12.9.94	Barom:	mm Hg												
Eksponering:	Retn.			Hellning													
Supplerende undersøkelse:	Stereo			m													
				Bilde kvalitet (1-3)	3	2	3	3	2	2							
				Kvadrat dyp (m)	12	12	12	12	12	12							
Format:	Sted:	AASS	Bunntype														
	Loc:	AS	Hellning														
	Dato:	d.m.åå	Prim. sub. synlig (%)	98	98	85	92	94	91 (rammen skje								
	Observ:	AAA	kvadrat	1U	2U	3U	4U	5U	6U								
Kode	cf	sp	NB	TAXA	verditype	n	p	s	c	n	p	s	c	n	p	s	c
SBDIM				Sediment: ubestemt		73				75				61			68
ROCKX				Udekket fjell		<2							<2				5
LITHE				Lithothamnion sp		<2			<2								7
HILRU				cf. Hildenbrandia rubra		3			2	2			2				9
CRUPE	1			cf. Cruoria pellita		2									2		<2
POMTR				Pomatoceros triqueter		5			4				<2		2		<2
ALCDE				Alcyonium digitatum		2	<2		5	<2		2	<2		2	<2	2
CIONY				Ciona intestinalis		15		2	15	2		20	4	20	6	6	21
ASTRU				Asterias rubens juv.		1		<2	2	<2			1		<2		1
ASCAB	2			Asciidiella cf. scabra		2	<2		2	<2		1	<2				3
ECHIX	1			Echinoidea indet. juv.		1		<2									<2
PAGUZ				Pagurus sp.		1		<2									<2
OSTEG				Osteichthyes GROUP		3		<2	1	<2		1	<2				1
ASTRU				Asterias rubens					2	<2		1	2	1	<2		<2
CLAVE				Clavelina lepadiformis					<2					<2			2
PARTR	1			cf. Parasmittina trispinosa					2								2
HYDRX				Hydroida indet.				<2					<2				<2
MYTHE	1			cf. Mytilus edulis								1	<2				<2
MUSVA				Tom musling skjell								12	11	5	3	2	8
SABPA				Sabella penicillus								2	<2				1
OPHAL				Ophiura albida													2
SAGAY				Sagartiidae indet.													1
POLYZ				Polysiphonia sp.													<2
BALBU				Balanus balanus													3



Registrering av stereobilder										Observer				Tidevannskorrigert ?				J/N															
										Skriver																							
Lokalitet: BE																																	
Sted: 302		Dato: 16.9.85		Barom: mm Hg																													
Eksponering		Retn.		Hellning																													
Supplerende undersøkelse: Stereo m																																	
										Bilde kvalitet (1-3)																							
										Kvadrat dyp (m)				7				7															
										Bunntype																							
Format: Sted: AASS										Hellning																							
Loc: AS																																	
Dato: d.m.åå										Prim. sub. synlig (%)				98				100															
Observ: AAA										kvadrat																							
Kode										1U				2U				3U				4U				5U				6U			
cf sp NB TAXA										n p s c				n p s c				n p s c				n p s c				n p s c							
ROCKX										14				13				14				20				21				14			
SEDM										7				6				7				7				8				2			
SCYMB										16				3				5				4				13				11			
HALPA										16 4				7 5				15 5				10 3				13 7				8 3			
ACTRX										2 <2				1 <2								1 <2				1 <2							
POLCI										10 3				20 7				12 11				18 11				13 5				17 8			
MYTED										63				42				56				46				46				61			
ASTRU										4 <2								3 <2				3 <2				1 <2				1 <2			
CION										6 <2				2 7 2				8 <2				8 <2				2 6 2				3 <2			
BALBU														1 <2				2 <2												3 <2			
CORYZ																		1 <2															
Registrering av stereobilder										Observer				Tidevannskorrigert ?				J/N															
										Skriver																							
Lokalitet: BE																																	
Sted: 302		Dato: 16.10.85		Barom: mm Hg																													
Eksponering		Retn.		Hellning																													
Supplerende undersøkelse: Stereo m																																	
										Bilde kvalitet (1-3)				1				1				1				2				2			
										Kvadrat dyp (m)				7				7				7				7							
										Bunntype																							
Format: Sted: AASS										Hellning																							
Loc: AS																																	
Dato: d.m.åå										Prim. sub. synlig (%)				100				98				100				100							
Observ: AAA										kvadrat																							
Kode										1U				2U				3U				4U				5U				6U			
cf sp NB TAXA										n p s c				n p s c				n p s c				n p s c				n p s c							
METSE										1 <2				1 <2				2															
ROCKX										6				10				5				8				2				2			
ASTRU										4 9				4 3				3 2				4				3				8 9			
POLCI										25 20				34 20				15 25				22 26				27 25				22 33			
SEDM										51				32				60				48				47				45			
MYTED										18				22				20				22				24				31			

Registrering av stereobilder										Observatør		Tidevannskorrigert ?		J/N					
										Skriver									
Lokalitet: <b>BD</b>																			
Sted: <b>402</b>		Dato: <b>23.09.92</b>		Barom: mm Hg		Hellingning													
Eksposering		Retn.		Stereo		m													
Supplerende undersøkelse:				Bilde kvalitet (1-3)		3		3		3		3		3					
				Kvadrat dyp (m)		7		7		7		7		7					
Sted: <b>AASS</b>				Bunnstype															
Format: <b>AS</b>				Hellingning															
Dato: <b>d.m.åå</b>				Prim. sub. synlig (%)		68		70		65		71		62					
Observ: <b>AAA</b>				kvadrat		1U		2U		3U		4U		5U					
Kode		NB TAXA		verdtype		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c					
<b>METS</b>				Metridium senile										1	2	2	1	<	2
<b>CION</b>				Ciona intestinalis		41	32	38	30	29	35	33	29	34	36	32			38
<b>POMTR</b>				Pomatoceros triqueter		<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
<b>NUDBR</b>				Nudibranchia indet.					1	<									<
<b>HYDR</b>				Hydroida indet.										<					<
<b>ROCK</b>				Udekket fjell		27		30		32		29		24					17
<b>POMTR</b>				Pomatoceros triqueter juv.		<	<	<		<		<		<					<
<b>PORFX</b>				Porifera indet.: skorp.					1	<									<
<b>CORAX</b>				Coralliniacea indet.		<	<	<	<	<		<		<					2
<b>ASTRU</b>				Asterias rubens		4	2	5	2	2	<	3	<	6	2	6		3	3
<b>SEDM</b>				Sediment: ubestemt				2		<									2
<b>MYTED</b>				cf. Mytilus edulis					5	4		9		2					4
<b>MUSVA</b>				Tom musling skjell						<									<
<b>ASTRU</b>				Asterias rubens juv.									1	<					<

Registrering av stereobilder										Observatør		Tidevannskorrigert ?		J/N					
										Skriver									
Lokalitet: <b>BD</b>																			
Sted: <b>402</b>		Dato: <b>12.09.94</b>		Barom: mm Hg		Hellingning													
Eksposering		Retn.		Stereo		m													
Supplerende undersøkelse:				Bilde kvalitet (1-3)		3		3		3		3		3					
				Kvadrat dyp (m)		7		7		7		7		7					
Sted: <b>AASS</b>				Bunnstype															
Format: <b>AS</b>				Hellingning															
Dato: <b>d.m.åå</b>				Prim. sub. synlig (%)		84		87		95		88		95					
Observ: <b>AAA</b>				kvadrat		1U		2U		3U		4U		5U					
Kode		NB TAXA		verdtype		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c					
<b>METS</b>				Metridium senile											1	<			
<b>SABPA</b>				Sabella penicillus		4	<		<	4	<	1	<	1	<	5	<		<
<b>CION</b>				Ciona intestinalis		20	16	23	13	9	5	22	12	7	5	9			14
<b>POMTR</b>				Pomatoceros triqueter		6	<		4	<	<	<	<	7	<	<	<	<	<
<b>ECHID</b>				Echinoidea indet.						1	<								<
<b>STYRU</b>				cf. Styela rustica				1	<			1	<	1	<				<
<b>ANOM</b>				Anomoniidae indet.		9	2	4	<	6	<	10	2			2	<		<
<b>HYDR</b>				Hydroida indet.					<		<		<	<	<	<	<		<
<b>ASCSC</b>				Asciidiella cf. scabra						<		<		<					<
<b>ROCK</b>				Udekket fjell		45		46		43		47		44					57
<b>PORFX</b>				Porifera indet.		2		<		<		<		4					3
<b>POMTR</b>				Pomatoceros triqueter juv.				<		<		<		<					<
<b>ACTIX</b>				Actiniaria indet.		2	<												<
<b>CORAX</b>				Coralliniacea indet.			5		14		41		15		38				12
<b>ASTRU</b>				Asterias rubens		2	<	3	2	3	2	4	2	1	<				<
<b>SEDM</b>				Sediment: ubestemt		4		<		<		<		2					3
<b>MYTED</b>				cf. Mytilus edulis		1	<		1	<		2	2	1	<				3



Registrering av stereobilder										Observer		Tidevannskorrigert ?		J/N									
										Skriver													
												= Må utfylles											
												Format: A = Alfaramm, S = Num											
Lokalitet: <b>BP</b>																							
Sted <b>st02</b>		Dato <b>18.10.99</b>		Barom		mm Hg																	
Eksposering		Retn.		Helling																			
Supplerende undersøkelse: Stereo m																							
										Bilde kvalitet (1-3)													
										Kvadrat dyp (m)		17		17		17							
										Bunntype													
Format: Loc: <b>AS</b>										Helling													
Dato: <b>d.m.åå</b>										Prim. sub synlig (%)		82		100		75		93		100		100	
Obsv: <b>AAA</b>										kvadrat		1U		2U		3U		4U		5U		6U	
Kode cf sp NB TAXA										verdtype		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c	
ROCKX										Bare rock surface		23		19		35		33		53		60	
SEDM										Sediment: unclassified		3											
PORX										Porifera indet.		1											
ACTX										Actinaria indet.		1		29 7		20 3		3 24 6		<2 2 <2			
POLCI										Polydora ciliata		56		71		36		54		45		40	
MYTID										Mytilus edulis		4 <2		8 3		3 <2		10 <2		14 2		10 <2	
CION										Ciona intestinalis		5 <2		3 <2		2 <2		1		<2 2 <2		4	
ASTRU										Asterias rubens						1		<2					
CORYZ										Coryphella sp.								1		1			
CORPA										Corella parallelogramma										1			

Registrering av stereobilder										Observer		Tidevannskorrigert ?		J/N									
										Skriver													
												= Må utfylles											
												Format: A = Alfaramm, S = Num											
Lokalitet: <b>BP</b>																							
Sted <b>st02</b>		Dato <b>18.9.99</b>		Barom		mm Hg																	
Eksposering		Retn.		Helling																			
Supplerende undersøkelse: Stereo m																							
										Bilde kvalitet (1-3)													
										Kvadrat dyp (m)		17		17		17		17					
										Bunntype													
Format: Loc: <b>AS</b>										Helling													
Dato: <b>d.m.åå</b>										Prim. sub synlig (%)		100		100		95		88		86		91	
Obsv: <b>AAA</b>										kvadrat		1U		2U		3U		4U		5U		6U	
Kode cf sp NB TAXA										verdtype		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c	
ROCKX										Bare rock surface		24		22		30		41		43		32	
SEDM										Sediment: unclassified		4		4				<2		2			
PORX										Porifera indet.		6 2		7 <2		9 <2		8 <2		6 <2		5 <2	
ACTX										Actinaria indet.		19 3		34 3		55 5		5 52 2		12 31 3		14 42 7	
POLCI										Polydora ciliata		65		71		63		57		51		59	
SABPA										Sabella penicillus		1 <2		4 <2		1 <2		1 <2		2 <2			
MYTID										Mytilus edulis		4 2		2 <2		7 <2		9 <2		6 <2		3 <2	
HIAAR										Hiatella arctica		6		12		18		5		5			
POMTR										Pomatoceros triquetus				1 <2		5 <2		6 <2		4 <2		5 <2	
CION										Ciona intestinalis				1 <2		4 <2		1 <2		1 <2			
										foraminifera indet.						<2							

Registrering av stereobilder										Observatør		Tidevannskorrigert ?		J/N						
										MAT										
										Skriver										
												= Må utfylles								
												Format: A = Alfnummer, S = Num								
Lokalitet: NB																				
Sted		sf02		Dato		16.10.85		Barom		mm Hg										
Eksposering		Retn.		Hellning																
Supplerende undersøkelse :		Stereo		m																
				Bilde kvalitet (1-3)		2		2		2		2		2						
				Kvadrat dyp (m)		17		17		17		17		17						
		Sted: AASS		Bunntype																
Format:		Loc: AS		Hellning																
		Dato: d.m.åå		Prim. sub. synlig (%)		80		87		82		70		83						
Observ: AAA				kvadrat		1U		2U		3U		4U		5U						
Kode		cf sp NB TAXA		verdtype		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c						
METSJ				Metridium senile			23	17	20	14	7	13	17	7	18	12	30	20	8	17
CIORN				Ciona intestinalis						1	<									
POMTR				Pomatoceros triqueter			<			<					<					<
SAGAX				Sagartiidae indet.					2	<		2	<							
ROCKO				Porifera indet.: globular					2	<		1	<		2	<				<
ROCKV				Udekket fjell				10			24			34		28				42
ACTIX				Actiniaria indet.							<			<						<
POREX				Porifera indet.: skorp.							<									
CORAX				Coralliniacea indet.				9			2			<		<				3
POLEI				Polydora ciliata				35			40			27		21				20
SEDIM				Sediment: ubestemt				9			14			14		9				10
				beggiatoa											<					<

Registrering av stereobilder										Observatør		Tidevannskorrigert ?		J/N							
										MAT											
										Skriver											
												= Må utfylles									
												Format: A = Alfnummer, S = Num									
Lokalitet: NB																					
Sted		sf02		Dato		23.09.92		Barom		mm Hg											
Eksposering		Retn.		Hellning																	
Supplerende undersøkelse :		Stereo		m																	
				Bilde kvalitet (1-3)		3		3		3		3		3							
				Kvadrat dyp (m)		17		17		17		17		17							
		Sted: AASS		Bunntype																	
Format:		Loc: AS		Hellning																	
		Dato: d.m.åå		Prim. sub. synlig (%)		93		87		83		89		86							
Observ: AAA				kvadrat		1U		2U		3U		4U		5U							
Kode		cf sp NB TAXA		verdtype		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c							
METSJ				Metridium senile			19	10	3	15	9	6	15	6	4	14	7	5	13	5	2
SABPA				Sabella penicillus			15	<		14	<		6	<		10	<		13	<	
MODMO	1			cf. Modiolus modiolus			6	5		4	3		2	<		7	5		6	5	
CIORN				Ciona intestinalis				16	4		17	7		10		11			15	4	13
CORPA				Corella parallelogramma											<						
POMTR				Pomatoceros triqueter			2	<		<	<		2	<		<	2		2	<	
ECHDX				Echinoidea indet.																	
ASCVI				Ascidia virginea						5	2										
NUDEX				Nudibranchia indet.															1	<	
STYRU				Styela rustica															1	<	
SAGAX				Sagartiidae indet.				<		8	2			6		4	<			<	
HYDRA				Hydroida indet.					2			<		<		<				5	
ASCSC	2			Asciidiella cf. scabra			1	<			<			<		<			2		
PORXG				Porifera indet.: globular			6	2		7	2		5	<		5	2		7	3	
ROCKX				Udekket fjell				35			30			27		32				26	
POREX				Porifera indet.							<					<					
ACTIX				Actiniaria indet.			2				<		3	2	5	<	2		3	2	
POREX				Porifera indet.: skorp.				<								<					
CORAX				Coralliniacea indet.				8			11			17		16				15	
ASCME				Ascidia mentula						1	2		2	2		2	2				
ASTRU		1		Asterias rubens juv.			1				<		1	<					1	<	
Krabbe				Krabbe			1				<										
SEDIM				Sediment: ubestemt				13			11			10		10				12	
OPHEX				Ophiuroidea indet.						1				<							
DENGR	1			cf. Dendrodoa grossularia						1	<										
ASTRU				Asterias rubens									1	<		1	2				

Registrering av stereobilder										Observer		Tidevannskorrigert ?		I/N							
										MAF											
										Skriver											
												= Må utfylles									
												Format: A = Alfnummer, S = Num									
Lokalitet: H																					
Sted: 216		Dato: 12.09.94		Barom: mm Hg																	
Eksposering		Retn.		Hellning																	
Supplerende undersøkelse:				Stereo		m		kun venstre bilde													
				Bilde kvalitet (1-3)		2		3		3		3		3							
				Kvadrat dyp (m)		17		17		17		17		17							
				Sted: AASS		Bunnstype															
Format:		Loc: AS		Hellning								95		95							
Dato: d.m.åå		Prim. sub. synlig (%)		80		81		92		87		85									
Observ: AAA		kvadrat		1U		2U		3U		4U		5U		6U							
Kode		cf sp NB		TAXA		verdtype		n p s c		n p s c		n p s c		n p s c							
METSE					Metridium senile			14	8	20	6	13	9	6	6	9	3	11	8	9	7
SABPA					Sabella penicillus			9	<2		18	2	5	<2		<2	<2	19	<2	3	
MCDMO	1				cf.Modiolus modiolus						5	3	3	2		2	2		5	4	
CIDIN					Ciona intestinalis			3			4	2	<2			<2			<2		
CORPA					Corella parallelogramma					1	<2		4	2		2	<2		1	<2	
POMTR					Pomatoceros triqueter			2			2		<2			2			2		
ECHTX					Echinoidea indet.			1	<2		1	<2				1	<2		1	<2	
ASCVI					Ascidia virginea						2	<2		4	2						
NUDEX					Nudibranchia indet.						2	<2		1	<2		1	<2			
STYRU					Styela rustica						<2			5	2		1	<2		1	
ANOMX					Anomoniidae indet.						1	<2				1	<2				
SAGAX					Sagartiidae indet.						6	<2		7	<2		<2		1	<2	
HYDRA					Hydroida indet.				<2			<2			2			3		6	
ASCSC	2				Ascidella cf.scabra			13			17	2	4	18	<2	2		18	<2	2	
PORGB					Porifera indet.: globular						3	<2		5	<2		2	<2			
RDETX					Udekket fjell			26			25			29			42			37	
PORFX					Porifera indet.			2						<2			<2			<2	
POMTR					Pomatoceros triqueter juv.			<2			<2			<2			<2			<2	
ACTEX					Actinaria indet.			<2			<2		2	<2		2	<2		6	2	
PORFX					Porifera indet.: skorp.			<2												<2	
RILRU					Hildenbrandia rubra			8			2			7			4			4	
ASCME					Ascidia mentula														1	<2	
	1				cf mats sycon svamp														5	<2	
CLALB					Clavelina lepadiformis							1	<2						1	<2	
SEDDM					Sediment: ubestemt			18			16			14			8			7	
GRUPE	1				cf Cruoria pellita			<2			4			10			8			8	

## **5.2 Sedimenterende materiale og bunnsedimenter**

Dato	Stasjon	gram sediment	Antall dager	gram pr dag	Fluks g/m <sup>2</sup> /d	TN mg/g	TOC mg/g	TOC/TN Atomv.	TOC mg/m <sup>2</sup> /d	Cd mg/kg	Cd µg/m <sup>2</sup> /d	Cr mg/kg	Cr µg/m <sup>2</sup> /d	Cu mg/kg	Cu µg/m <sup>2</sup> /d	Pb mg/kg	Pb µg/m <sup>2</sup> /d	Zn mg/kg	Zn µg/m <sup>2</sup> /d
9.6.94	ldde-1	1,781	38	0,0469	5,97	9,6	77,9	9,5	465,1	0,89	5,31	80	477,7	83,4	498,0	116	692,6	346	2065,9
9.6.94	ldde-2	0,648	38	0,0171	2,17	8,3	74,9	10,5	162,7	0,9	1,95	68	147,7	139	301,9	134	291,1	305	662,5
9.6.94	ldde-3	0,914	38	0,0241	3,06	8,1	85,5	12,3	262,0	0,73	2,24	63	193,0	204	625,1	131	401,4	265	812,0
9.6.94	ldde-4	0,431	38	0,0114	1,45	12,5	105	9,8	151,8	0,38	0,55	63	91,1	87,5	126,5	223	322,5	374	540,8
6.7.94	ldde-1	1,235	27	0,0457	5,83	12,1	88,6	8,5	516,1	0,9	5,24	80	466,0	76	442,7	112	652,4	293	1706,8
6.7.94	ldde-2	0,508	27	0,0188	2,40	10,9	98,2	10,5	235,2	1,1	2,64	62,5	149,7	85,5	204,8	128	306,6	273	654,0
6.7.94	ldde-3	0,505	27	0,0187	2,38	10,3	98,1	11,1	233,9	1,2	2,86	60,1	143,3	84,5	201,5	110	262,3	119	283,7
6.7.94	ldde-4	0,172	27	0,0064	0,81	20,8	160	9,0	129,9	0,9	0,73	47,1	38,3	78,3	63,6	119	96,6	592	480,8
4.8.94	ldde-1	1,289	29	0,0445	5,66	11,6	86,2	8,7	488,1	1	5,66	82	464,3	75,1	425,3	111	628,6	289	1636,5
4.8.94	ldde-2	0,791	29	0,0273	3,48	10,4	98,7	11,1	343,0	1	3,48	75	260,7	81,1	281,9	138	479,6	279	969,7
4.8.94	ldde-3	0,678	29	0,0234	2,98	7,2	82,2	13,3	244,8	0,61	1,82	69	205,5	79,2	235,8	92	273,9	245	729,5
4.8.94	ldde-4	0,260	29	0,0090	1,14	16,2	130	9,4	148,5	0,62	0,71	68,5	78,2	250	285,6	186	212,5	509	581,4
5.9.94	ldde-1	1,576	32	0,0493	6,27				0,0	0,0	0,00		0,0		0				
5.9.94	ldde-2	0,444	32	0,0139	1,77				0,0	0,0	0,00		0,0		0				
5.9.94	ldde-3	0,646	32	0,0202	2,57				0,0	0,0	0,00		0,0		0				
5.9.94	ldde-4	0,160	32	0,0050	0,64				0,0	0,0	0,00		0,0		0				



## Sedimentkjerner i fra Iddefjorden:

Iddefjorden st 1		Iddefjorden st 2		Iddefjorden st 3	
20 m vanddyp		34 m vanddyp		26 m vanddyp	
Salinitet:	30‰	Salinitet:	30‰	Salinitet:	34‰
sed.dybde (cm)	%vann	sed.dybde (cm)	% vann	sed.dybde (cm)	%vann
0-1	79.34	0-1	78.4	0-1	50.5
1-2cm	73.78	1-2cm	74.9	1-2cm	53.3
2-3cm	67.76	2-3cm	71.1	2-3cm	54.2
3-4cm	66.06	3-4cm	77.5	3-4cm	47.5
4-5 cm	62.66	4-5 cm	71.2	4-5 cm	45.5
5-6cm	63.68	5-6cm	75.5	5-6cm	42.3
6-7cm	67.34	6-7cm	75.4	6-7cm	44.3
7-8 cm	74.04	7-8 cm	72.0	7-8 cm	44.8
8-9cm	76.64	8-9cm	73.8	8-9cm	45.5
9-10cm	80.43	9-10cm	73.3	9-10cm	41.2
10-12cm	80.8	10-12cm	75.1	10-12cm	39.5
12-14cm	84.38	12-14cm	67.7	12-14cm	33.6
14-16cm	82.93	14-16cm	63.1	14-16cm	28.4
16-18cm	84.16	16-18cm	68.0	16-18cm	30.9
18-20cm	81.08	18-20cm	67.8	18-20cm	33.4
20-22	82.07	20-22	63.3	20-22	36.7
22-24	80.37	22-24	61.4	22-24	30.8
24-26	81.39	24-26	59.6	24-26	40.2
26-28	80.21	26-28	59.3	26-28	46.9
28-30	77.82	28-30	58.8		
30-32	80.83	30-32	59.0		
32-34	80.89	32-34	58.1		
34-36	83.15	34-36	56.2		
36-38	84.67	36-38	55.4		
38-40	81.82	38-40	53.3		
40-42	83.36	40-42	51.8		
42-44	83.75	42-44	53.7		
44-46	81.44	44-46	51.5		
46-48	80.32				
48-50	79.11				

Sedimenter til Pb-210 datering Iddelfjorden 1994

Stasjon	Sed.dyp cm	mg/g TN	mg/g TOC	mg/kg Cd	mg/kg Cr	mg/kg Cu	mg/kg Pb	mg/kg Zn	mg/kg EOCI
1	4-5	9,6	77,9	0,89	80	83,4	116	346	140
1	9-10	8,3	74,9	0,9	68	139	134	305	150
1	14-16	8,1	85,5	0,73	63	204	131	265	300
1	18-20	12,5	105	0,38	63	87,5	223	374	55
2	4-5	12,1	88,6	0,9	80	76	112	293	340
2	9-10	10,9	98,2	1,1	62,5	85,5	128	273	200
2	14-16	10,3	98,1	1,2	60,1	84,5	110	119	30
2	18-20	20,8	160	0,9	47,1	78,3	119	592	23
3	3-4	11,6	86,2	1	82	75,1	111	289	75
3	6-7	10,4	98,7	1	75	81,1	138	279	16
3	10-12	7,2	82,2	0,61	69	79,2	92	245	1,7
3	14-16	16,2	130	0,62	68,5	250	186	509	0,86



NIVA  
Postboks 69  
Korsvoll  
0808 Oslo

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING	
J.nr.:	2357/95
Sak nr.:	90035
Mottatt:	1.9

Att: John Arthur Berge /Aud Helland

**SINTEF Oslo**

Adresse/Address:  
Postboks 124 Blindern  
N-0314 Oslo 3, NORWAY

Besøksadresse/Location:  
Forskningsveien 1

Telefon/Telephone:  
+47 22 06 73 00

Telefax:  
+47 22 06 73 50

Telex:  
71 536 SIN

Enterprise nr.: 948007029

## Rapport

Deres ref.:  
J.nr.165/1995  
S.nr. 0-90035

Vår ref.:  
KAM

Direkte innvalg:  
22067985

Oslo,  
1995-08-29

Oppdragets tittel:

## Foreløpig rapport

Oppdrag nr.:  
27025900  
Delrapport-2  
Prøveserie.:  
1994-795  
1995-318

### TREFOREDINGSRELATERTE FORBINDELSER I BIOLOGISK MATERIALE OG SEDIMENTFELLER FRA IDDDEFJORDEN/HVALEROMRÅDET 1994

#### Sammendrag

##### Biologisk materiale

Det ble påvist di- og tetra-klorstearynsyrer, di- og tetra-klormyristinsyrer, di-klortridekansyre og di-klorpalmitinsyre i ål fra Sponvika. Klormengden knyttet til disse forbindelsene utgjorde over 60 % av den kromatograferbare klormengden som ble beregnet til 1240 mg/kg fett. I leverprøven fra Sponvika ble det også påvist en del klorerte fettsyrer. Det ble ikke påvist klorerte fettsyrer i de øvrige lever- og åleprøvene.

##### Sedimentfellemateriale

Det ble påvist di-klorstearynsyre og 2 isomere forbindelser av tetra-klorstearynsyre i alle sedimentfelleprøvene. Kromatograferbart halogen varierte fra 5,6 til 56 mg/kg tørt materiale. Av denne mengde var fra 42 % til 73 % knyttet til identifiserte fettsyrer. Beregnet i forhold til EOCl utgjorde klor knyttet til identifiserte forbindelser fra 5 % til 50 %.

#### Innledning

Sedimentfelle materialet ble mottatt den 24.11.95 for analyse av EOCl/EOBr og klorerte fettsyrer. Ferdig fremstilt fett fra prøver av torskelever og ål ble mottatt 09.06.95 for analyse av klorerte fettsyrer. Etter avtale ble alle prøvene analysert for klorerte fettsyrer under ett. Det

henvises til rapport av 07.07.95, delrapport-1 under dette prosjektet hvor analysen og resultatene for EOCi/EOBr bestemmelsene i sedimentfelle materialet er angitt.

Denne rapporten vil gi en beskrivelse av analyseprosedyren og angi resultatene for klorerte fettsyrer i sedimentfelle materialet og i fett fra torskelerver og ål.

### **Prøvebeskrivelse**

Fra sedimentfelle materialet ble resten av materialet etter uttak til EOCi/EOBr analysen benyttet. For prøvene Idde-04, 09.06.94 (795-4) og Idde-4B, 05.09.94 (795-12) ble hele prøvemengden benyttet til EOCi/EOBr analysen. Fett fra torskelerver og ål ble mottatt i små pulverglass, fra 1 til 5 gram fett. Prøvene ble oppbevart i kjøleskap inntil analyse. Rester av fettet etter analyse oppbevares ved - 20° C i 6 mnd om ikke annet avtales med oppdragsgiver.

### **Ekspimentelt**

Analysene ble basert på følgende referanser i doktorgradsarbeidet til Clas Wesén Universitet i Lund, Sverige:

"Identification of chlorinated fatty acids in fish lipids following selective removal of unsubstituted fatty acids by silver ion and urea complexation, and thin layer chromatography. Huiling Mu, Clas Wesén, Tomas Novak, Peter Sundin, Jan Skramstad and Göran Odham. Chemical Center, Lund University, Sweden", Sendt til Journal of Chromatography, 1995.

"Gas Chromatographic-Mass Spectrometric Identification of Chlorinated Octadecanoic Acids in Eel Lipids. Journal of Mass spectrometry, Vol. 30, 959-968 (1995). Clas Wesén, Huiling Mu, Peter Sundin, Paul Frøyen, Jan Skramstad and Göran Odham"

"Identification of tetrachlorinated and monoenoic-dichlorinated fatty acids in eel lipids. Huiling Mu, Clas Wesén, Peter Sundin and Einar Nilson Chemical Center, Lund University, Sweden, under publisering, 1995"

### **Analyse av sedimentfelle materialet.**

Det ble benyttet fra 0,31 g til 2,82 g lufttørket materiale. Materialet ble ekstrahert i Soxhlet med en blanding av metanol, aceton og maursyre over natten. Ekstraktet ble dampet inn til tørrhet ved ca 40° C under nitrogenatmosfære. Inndampningsrest ble løst i et overskudd av aceton. Deretter ble ekstraktet dampet inn til 1-2 ml. Det inndampete ekstraktet ble eluert på silica-kolonne (Bonde-Elute) som på forhånd var vasket med 20 ml aceton. Ekstraktet ble eluert med ca 20 ml aceton. Eluatet ble dampet inn til tørrhet ved ca 40° C under nitrogenatmosfære og deretter derivatisert. Derivatiseringen ble utført ved å løse inndampningsresten i ca 2 ml metanol som inneholdt 1,5 vekt-% konsentrert svovelsyre samt 1 ml sykloheksan for å løse evt triglycerider. Denne blandingen fikk stå over natten ved ca 60° C. Deretter ble det tilsatt 2 ml sykloheksan og 3 ml vann for å overføre de metylerte fettsyrene (fatty acid methylesters, FAMES) til sykloheksan. Vannfasen ble ekstrahert 2 ganger med sykloheksan og sykloheksanfasene ble kombinert og behandlet med syrevasket Cu-granulat for å fjerne fritt svovel. Denne behandlingen ble gjentatt til Cu ikke lenger ble svart. Tilslutt ble ekstraktet dampet inn til tørrhet og løst i ca 1 ml sykloheksan tilsatt en kjent mengde monoklorheksadekan og veid før den gaskromatografiske analysen. Monoklorheksadekan ble benyttet som intern standard ved analysen.

### Derivatisering med diatzometan

For å undersøke om ekstaktene inneholdt forbindelser av typen klorerte abietinsyrer som ble påvist i sedimenter fra forrige Iddefjordundersøkelse, "Undersøkelse av organiske miljøgifter i sedimenter og biota i Iddefjordern 1992, K.Martinsen, K.Pedersen, A.Kringstad, A.L.Kvernheim STF27A93032", ble ekstraktene for 795-1 og 795-6 derivatisert med diatzometan.

### Analyse av biologisk fett

Det ble tatt ut fra 101 mg til 119 mg fett og hhv 105 mg og 176 mg fra de to blindprøvene. Prøvene ble løst i sykloheksan, derivatisert ved tilsetning av metanol tilsatt konsentrert svovelsyre og behandlet på samme måten som sedimentprøvene. Det ble observert at torskeleverprøvene var sterkt brune og det ble meget raskt oppnådd "en fase" under derivatiseringen. Normalt tar det minst 3 timer å få triglyceridene hydrolysert og å gå i løsning. Dette kan tyde på at triglyceriden var blitt delvis hydrolysert under lagring før vi mottok dem til analyse. Åleprøvene derimot var gule og det tok lengere tid å oppnå "en fase". Triglyceridene var sannsynligvis ikke blitt hydrolysert ved lagring. FAMES ble overført til sykloheksan på samme måten som for sedimentene. Fettprøvene krevde ytterligere opprensing før den gasskromatografiske analysen

### Silicabehandling

Sykloheksanekstraktet ble dampet inn til tørrhet ved ca 50 C° og inndampningsrest ble løst i ca 4 ml sykloheksan. Hvert ekstrakt ble rensert på 4 parallele silica-kolonner (Bond-Elute), ca 25 mg fett på hver og eluert med med en blanding av dietyleter/sykloheksan som på forhånd var rensert med elueringsløsningen. Eluatet ble dampet inn til tørrhet ved ca 50° C og løst i 2 ml isooktan.

### Sølvnitratbehandling

Ekstraktet ble rensert ved sølvnitratbehandling. Ekstaktet ble ristet med en mettete løsning av sølvnitrat i etanol. Den øverste fasen som inneholdt mettete og monoumettete komponenter ble overført til et nytt testrør for vasking med vann og tørking med natriumsulfat. Deretter ble ekstraktet dampet inntil tørrhet som tidligere beskrevet.

### Urea behandling

Inndampningsrest ble løst i heksan og tilsatt urea som på forhånd var fuktet med metanol. Prøven stod ved romtemperatur over natten. Deretter ble prøven vasket med 3 x 3 ml heksan. Det var nødvendig å røre opp blandingen med en glasstav for å få ut FAMES kvantitativt. Samlet heksanfase ble vasket med vann og tørket med natriumsulfat. Natriumsulfatlaget ble ristet opp 2 ganger med heksan for kvantitativt utbytte. Heksanfasen ble dampet inn til tørrhet og utbyttet ble veid. Inndampningsrest ble løst i en kjent mengde sykloheksan (1 ml) tilsatt monoklorheksadekan som intern standard.

### Gaskromatografisk analyse

Ekstraktene som inneholdt FAMES og monoklorheksadekan ble analysert gaskromatografisk (DB5, 30 m, id=0,25, 0,25 µm filmtykkelse) og halogenfølsom detektor (Hall-detektor).

### Identifikasjon og kvantifiseringen

Forbindelsene ble identifisert ved å sammenligne retensjonstider med kjente forbindelser. Kvantifiseringen ble basert på areal og det ble benyttet intern standard metode. For prøve

795-2 gikk ca 50 % av ekstraktet tapt ved overføring etter Soxhlet ekstraksjonen. For prøve 318-3 gikk ca 20 % av ekstraktet tapt under ureabehandlingen. Disse tap er det justert for ved beregning av sluttresultatet.

## Resultat

### Sedimentfellemateriale

Det ble påvist di-klorstearinsyre og 2 isomere forbindelser av tetra-klorstearinsyre i alle sedimentfelleprøvene. Kromatograferbart halogen varierte fra 5,6 til 56 mg/kg tørt materiale. Av denne mengde var fra 42 % til 73 % knyttet til identifiserte fettsyrer. Beregnet i forhold til EOCl utgjorde klor knyttet til identifiserte forbindelser fra 5 % til 50 %. Kromatogrammene i fig.1 og fig. 2 viser at av forbindelser som inneholder klor var det vesentlig klorerte stearinsyrer i sedimentfellene. Diatzometanderivatisering av to av sedimentekstraktene, som inneholdt de høyeste konsentrasjonen av klorerte fettsyrer, ga ingen nye topper. Dette tydet at denne type forbindelser ikke kunne påvises i sedimentfelle materialet. For å kunne sammenholde EOCl verdiene med klor knyttet til de identifiserte forbindelsene ble klormengden i de identifiserte forbindelsene bestemt. I tabell 1 er klor bundet til klorerte fettsyrer, til de identifiserte fettsyrene og fordelingen av klormengden til de 2 isomere tetraklorstearinsyreforbindelsene angitt. Videre ble det beregnet hvor stor del av den kromatograferbare klormengden og av EOCl som kunne forklares ved de identifiserte forbindelsene. Resultatene må tas med visse forbehold fordi vi ikke hadde standardene av alle de isomere forbindelsene. Kvantifiseringen ble basert på at alle forbindelsene har lik respons. I denne forbindelse må det også understrekes at ved Hall-deteksjon oppnås også respons for bromerte forbindelser. Fordi EOCl/EOBr resultatene viste at prøvene inneholdt vesentlig klorerte forbindelser ble kvantifiseringen basert på at hele mengden som ga respons med Hall-detektoren var klorerte forbindelser.

**Tabell 1**

Sedimentfellemateriale. Klor knyttet til ulike fettsyrer (mg/kg tørrstoff)

Serient.	Prøvemerkning	Halogen kromatograferbart (mg/kg tørr)	Klor knyttet til di-klor stearinsyre	Klor knyttet til tetra-klor stearinsyrer	Fordeling av 2 isomere forbindelser av tetra-klor-stearinsyre	Klor knyttet til identifiserte forbindelser av kromatograferbart klor (%)	Klor knyttet til identifiserte forbindelser av EOCi (%)
1994							
		514,80					
795-1	IDDE-01, 5.9.94	15	3,3	2,9	1/1	42	9,9
795-2	IDDE-02, 5.9.94	56	12,8	28	1/2	73	52
795-3	IDDE-03, 5.9.94	5,6	1,6	2,4	3/4	72	8,4
795-5	IDDE-05, 4.8.94	18	2,5	7,4	*	55	30
795-6	IDDE-06, 4.8.94	16	4,4	5,9	3/4	64	10
795-7	IDDE-07, 4.8.94	19	3,2	6,7	1/2	52	15
795-8	IDDE-08, 4.8.94	28	5,5	9,9	1/2	55	20
795-9	IDDE-1B, 9.6.94	9,2	1,4	3,8	1/2	56	8,4
795-10	IDDE-2B, 9.6.94	11	2,8	4,1	3/4	63	14
795-11	IDDE-3B, 9.6.94	3,3	0,79	1,3	1/2	64	4,8

\* = dårlig kromatografisk separasjon

**Biologisk materiale**

Det ble påvist di- og tetra-klorstearinsyrer, di-og tetra-klormyristinsyrer, di-klortridekansyre og di-klorpalmitinsyre i ål fra Sponvika. Klormengden knyttet til disse forbindelsene utgjorde over 60 % av den kromatograferbare klormengden som ble beregnet til 1240 mg/kg fett. I leverprøven fra Sponvika ble det også påvist en del klorerte fettsyrer. Det ble ikke påvist klorerte fettsyrer i de øvrige lever- og åleprøvene. Kromatogrammene av de enkelte prøvene er gitt i fig. 3 og fig. 4.

**Tabell 2**

Biologisk materiale. Klor knyttet til ulike fettsyrer (mg/kg fett)

Seriernr	Prøvemerkning	Prøvetype	Lokalitet	Halogen kromatograferbart (mg/kg fett)	Klor knyttet til di-klor-stearin-syre	Klor knyttet til tetra-klor-stearin-syre	Klor knyttet til di-klor-myristin-syre	Klor knyttet til tetra-klor-myristin-syre	Klor knyttet til di-klor-palmitin-syre	Klor knyttet til tri-dekan-syre	Fordeling av 2 isomere forbindelser av tetra-klor-stearinsyre	Klor knyttet til identifiserte forbindelser av kromatograferbart klor (%)	EOCI (mg/kg fett)	Klor knyttet til identifiserte forbindelser av EOCl (%)
1995														
318-1	HFB-1 95/35	Torske-lever	Sponvika	99	6,9	9,0	6,8	31	ip	ip	*	54		
318-2	HFB-2 95/35	Torske-lever	Singleøya	5,2	ip	ip	ip	ip	ip	ip				
318-3	HFB-3 95/35	Torske-lever	Faretangen	16	ip	ip	ip	ip	ip	ip				
318-4	HFB-4 95/35	Torske-lever	Hankø	28	ip	ip	ip	ip	ip	ip				
318-5	HFB-5-7 95/35	Torske-lever	Kjøkkø	57	ip	ip	ip	ip	ip	ip				
318-6	HFB-8 95/35	Ål	Sponvika	1240	200	42	340	120	62	37	3/2	65		
318-7	HFB-9 95/35	Ål	Singleøya	22	ip	ip	ip	ip	ip	ip				
318-8	HFB-10 95/35	Ål	Faretangen	57	ip	ip	ip	ip	ip	ip				
318-9	HFB-11 95/35	Ål	Hankø	3	ip	ip	ip	ip	ip	ip				
318-10	Blind HFB(1-7)	Blind		ip	ip	ip	ip	ip	ip	ip				
318-11	Blind HFB(8-11)	Blind		ip	ip	ip	ip	ip	ip	ip				

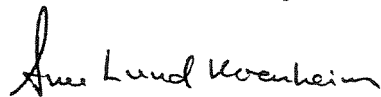
\* = dårlig kromatografisk separasjon

ip = ikke påvist

### Kommentar

Denne rapporten må ansees som foreløpig. Etter avtale med J.A.Berge 17.08.95 skal utvalgte prøver fra fettprøvene også analyseres for EOCl for å kunne angi hvor stor del av den organiske klormengden som er bundet til klorerte fettsyrer. EOCl resultatene vil tidligst kunne leveres i uke 37.

SINTEF Industriell kjemi



Arne Lund Kvernheim  
Laboratorieleder  
Seksjon for Miljøteknologi og analyse



Kari Martinsen  
Prosjektleder

Vedlegg:

4 figurer: Kromatogrammer av hhv sedimentfellemateriale og biologisk materiale.

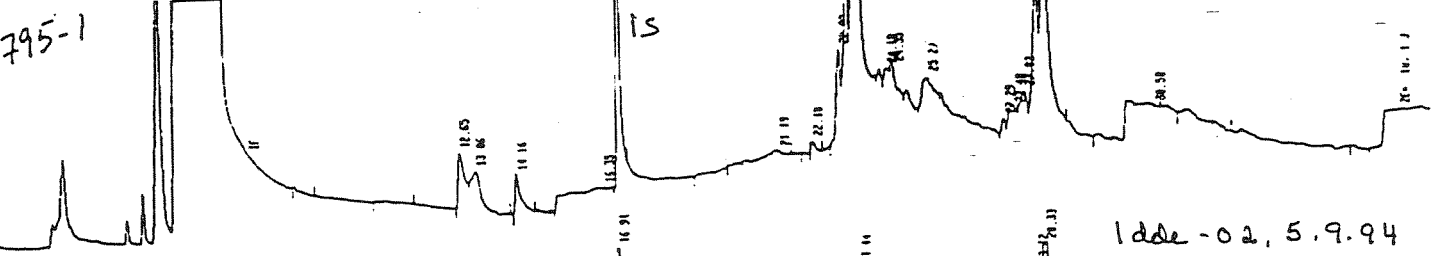
### Spesielle betingelser

Resterende prøvemateriale oppbevares på SINTEF Industriell kjemi i 6 måneder etter at oppdraget er utført om ikke annet avtales med oppdragsgiver. Analyseresultater rapportert i dette dokument er frembragt ved analyse av de anførte prøver i den stand de ble mottatt ved SINTEFs analyselaboratorium. SINTEF tar intet ansvar for oppdragsgivers bruk av resultatene eller for konsekvenser av slik bruk. Delvis kopiering av denne rapport er ikke tillatt uten skriftlig samtykke fra SINTEF.

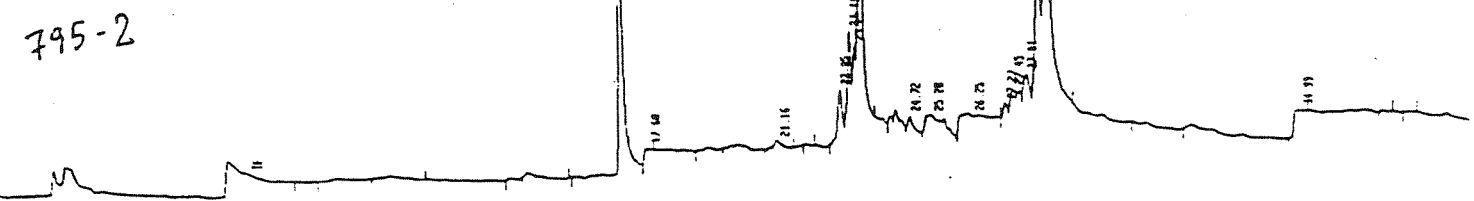


Fig. 1

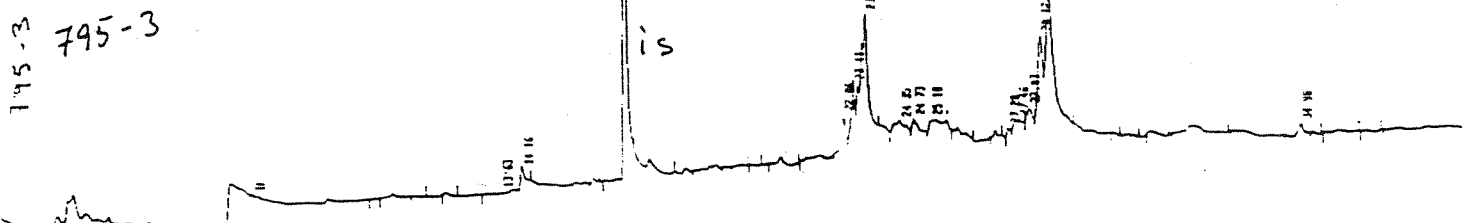
ldde-01, 5.9.94



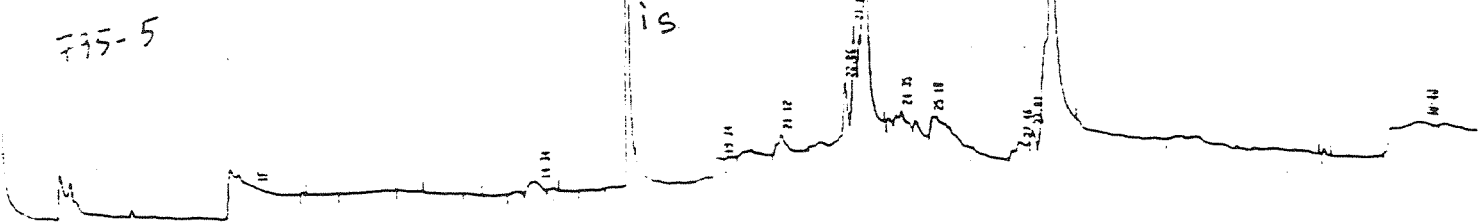
ldde-02, 5.9.94



ldde-03, 5.9.94



ldde-05, 4.8.94



ldde-06, 4.8.94

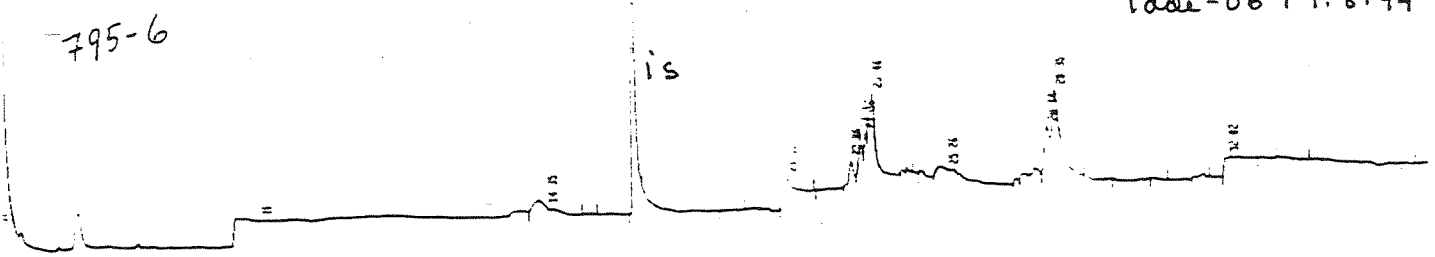
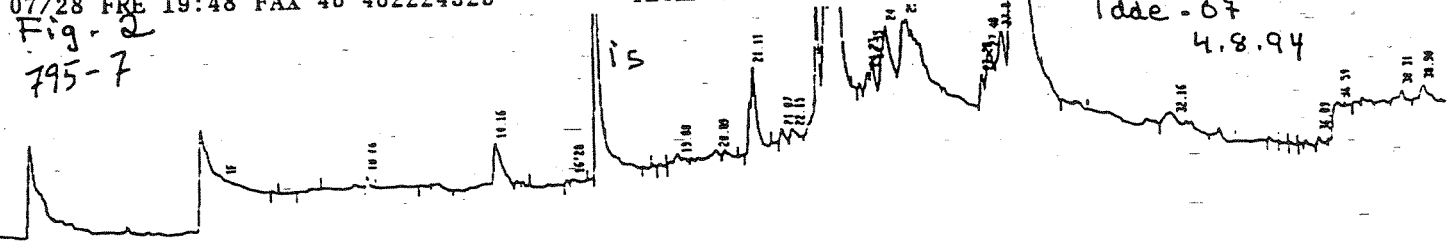
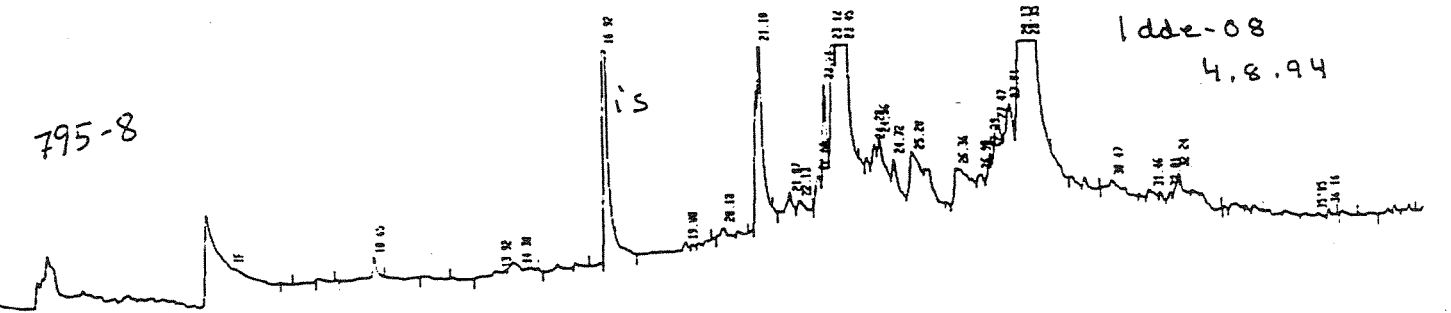


Fig. 2  
795-7



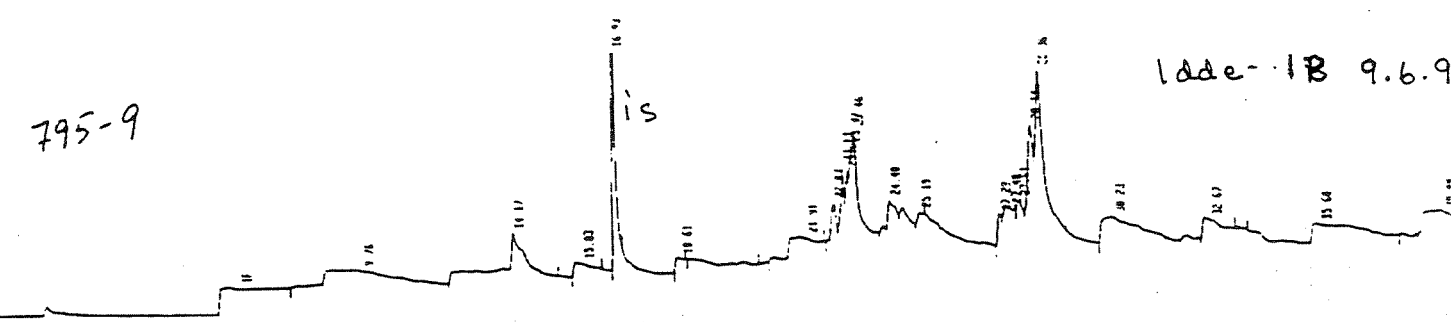
ldde-07  
4.8.94

795-8



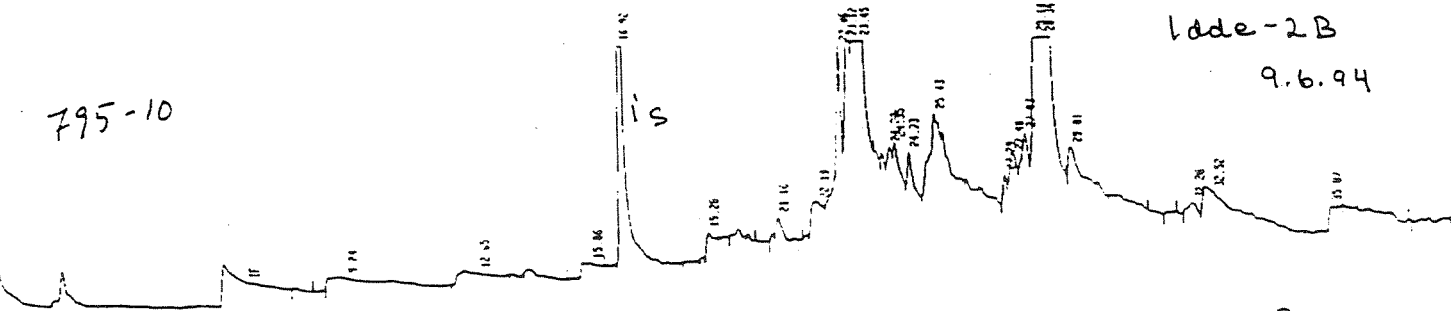
ldde-08  
4.8.94

795-9



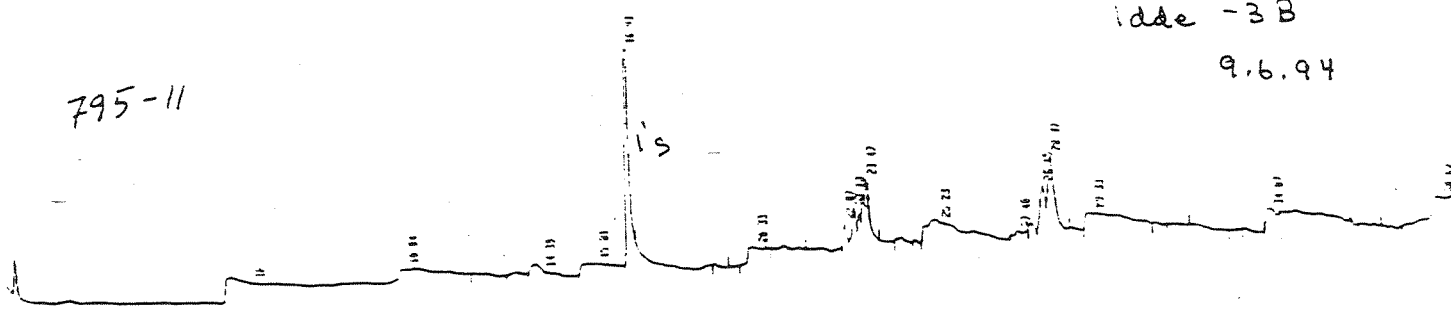
ldde-1B 9.6.94

795-10



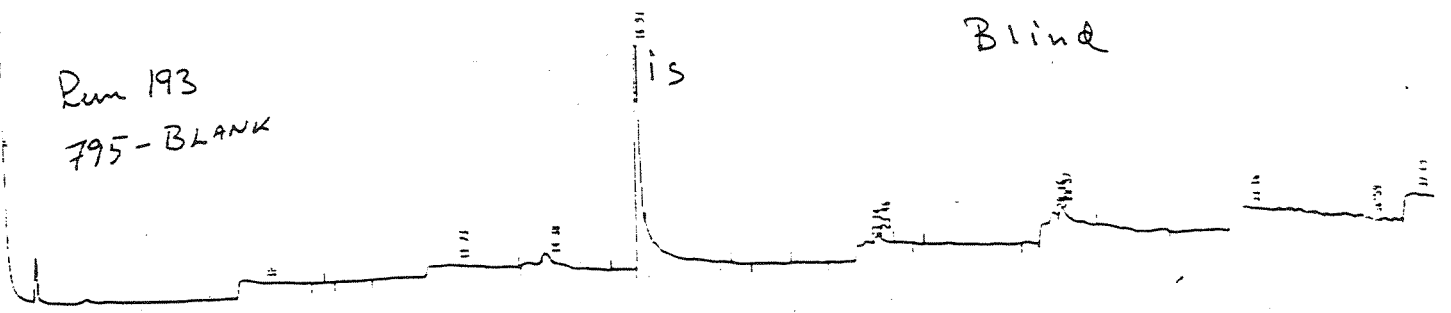
ldde-2B  
9.6.94

795-11



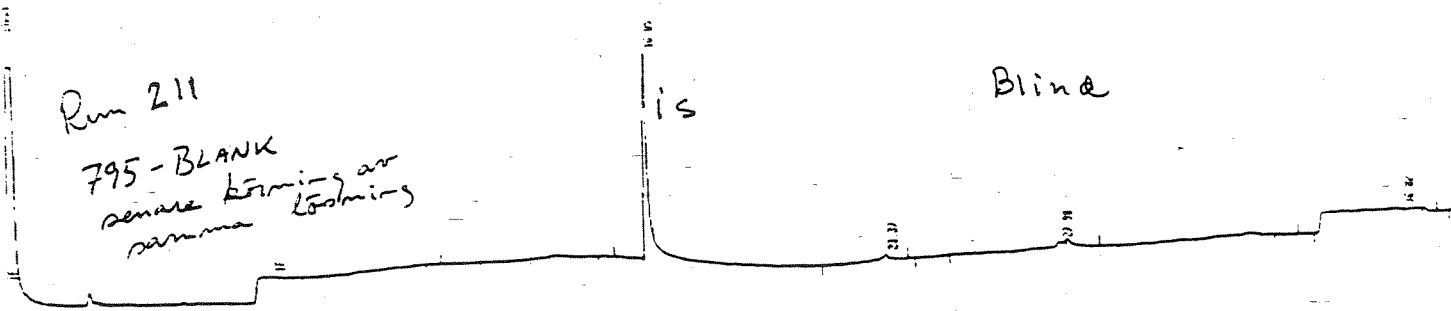
ldde-3B  
9.6.94

Run 193  
795-BLANK



Blank

Run 211  
795-BLANK  
renew learning av  
parma learning



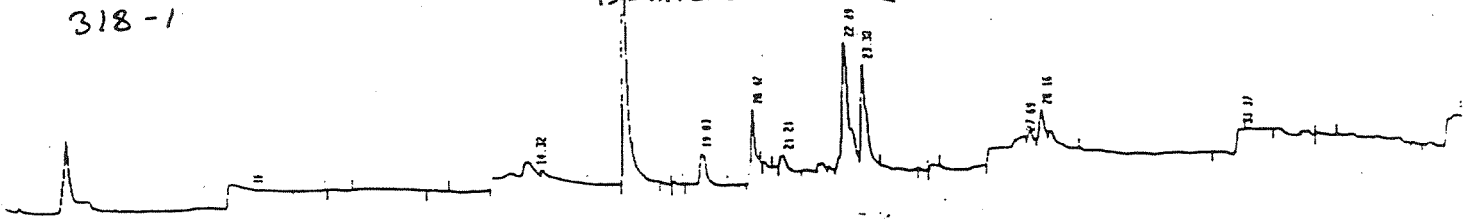
Blank

Fig. 3

HFB-1 95/35  
Torskelever Sponvika

318-1

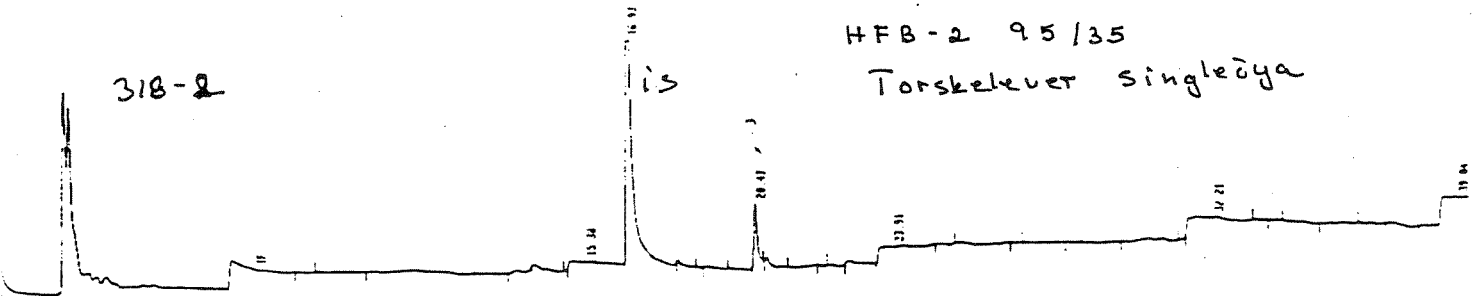
is = Intern standard



HFB-2 95/35  
Torskelever Singledya

318-2

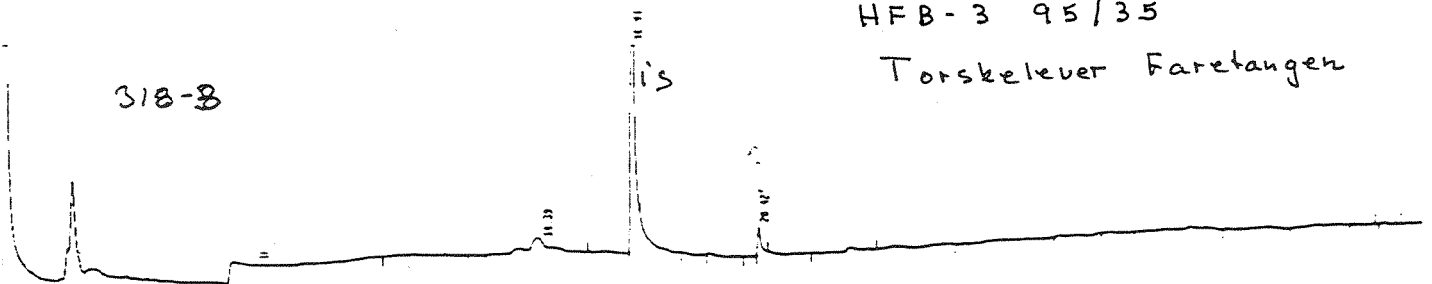
is



HFB-3 95/35  
Torskelever Faretingen

318-3

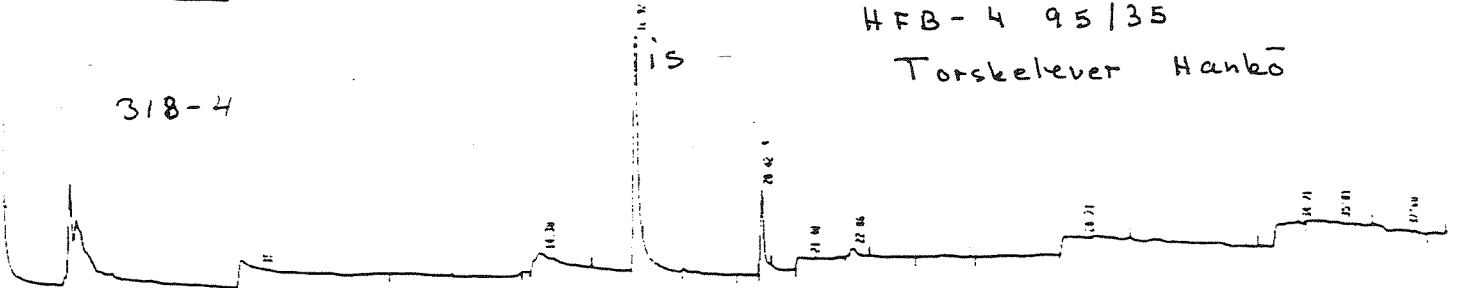
is



HFB-4 95/35  
Torskelever Hanko

318-4

is





NIVA  
Postboks 69  
Korsvoll  
0808 Oslo

Att: John Arthur Berge/Aud Helland

**SINTEF Oslo**

Adresse/Address:  
Postboks 124 Blindern  
N-0314 Oslo 3, NORWAY

Besøksadresse/Location:  
Forskningsveien 1

Telefon/Telephone:  
+47 22 06 73 00

Telefax:  
+47 22 06 73 50

Telex:  
71 536 SI N

Enterprise nr.: 948007029

## Rapport

Deres ref.:  
J.nr.1651/1995  
S.nr. 0-90035

Vår ref.:  
KAM

Direkte innvalg:  
22067985

Oslo,  
1995-07-07

Oppdrag nr.:  
27025900  
Delrapport-1  
Prøveserie.:  
1995-795

Oppdragets tittel:

Bestemmelse av ekstraherbart organisk bundet klor og brom i sedimentfeller fra Iddefjorden.

### Sammendrag

Innholdet av EOCL varierte fra 33 til 100 mg/kg og for EOBr fra 0,05 til 0,41 mg/kg tørt materiale.

### Innledning

Prøvene ble mottatt den 24.11.94 for analyse av EOCl/EOBr og klorerte fettsyrer. Analysene av klorerte fettsyrer skulle etter avtale analyseres senere sammen med biologiske prøver som inngår i dette prosjektet.

På grunn av lite prøvemateriale ble det etter avtale med Aud Helland pr. tlf. 15-02-95 bestemt at det bare skulle bestemmes tørrstoff i den prøven som inneholdt mest prøvemateriale. For de øvrige prøvene ble det antatt den samme tørrstoff % som denne prøven. Det ble videre avtalt at for prøvene med svært lite materiale skulle bare EOCl/EOBr bestemmes. Hvilke prøver som også skulle analyseres for klorerte fettsyrer skulle bestemmes av Kari Martinsen

### Prøvebeskrivelse

Prøvene ble mottatt i små plastbokser med lokk.

### Eksperimentelt

Lokkene ble tatt av plastboksene og stilt i avtrekk på laboratoriet for lufttørking av materialet. Prøvene stod til tørking i ca 14 dager. Etter lufttørking ble prøvene knust og homogenisert med pistell direkte i plastboksene. Fra prøve merket Idde-01 (795-1) ble det tatt ut ca 0,25 g for tørrstoffbestemmelse. Det ble tatt ut fra 0,5 til 2,1 g lufttørket materiale til EOCl/EOBr

analysen. For prøvene Idde-4 (795-4) og Idde-12 (795-12) ble alt oppbrukt til EOCI/EOBr analyse. Det øvrige materialet ble spart til analyse av klorerte fettsyrer.

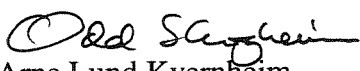
### Resultat og diskusjon


Innholdet av EOCI/EOBr angitt i mg/kg på tørrvektsbasis er gitt i tabellen.

Tabell

Serienr.	Prøvemerkning	Innveid		EOCI	EOBr
		materiale (g)	Tørrstoff-%	mg/kg tvb	mg/kg tvb
795-1	IDDE-01, 5.9.94	2,087	95,8	63,0	1,55
795-2	IDDE-02, 5.9.94	0,493	95,8	78,3	1,27
795-3	IDDE-03, 5.9.94	0,872	95,8	47,9	0,72
795-4	IDDE-04, 9.6.94	0,512	95,8	32,6	1,02
795-5	IDDE-05, 4.8..94	2,146	95,8	66,6	1,99
795-6	IDDE-06, 4.8..94	0,868	95,8	102	1,20
795-7	IDDE-07, 4.8..94	0,584	95,8	66,1	0,89
795-8	IDDE-08, 4.8..94	0,519	95,8	78,4	1,81
795-9	IDDE-1B, 9.6.94	1,832	95,8	62,1	0,85
795-10	IDDE-2B, 9.6.94	0,936	95,8	50,2	0,78
795-11	IDDE-3B, 9.6.94	1,034	95,8	44,4	0,71
795-12	IDDE-4B, 5.9.94	0,450	95,8	121	1,86

Med hilsen  
SINTEF Industriell kjemi

for   
Arne Lund Kvernheim  
Laboratorieleder  
Seksjon for Miljøteknologi og analyse

  
Kari Martinsen  
Prosjektleder

### Spesielle betingelser

Resterende prøvemateriale oppbevares på SINTEF Industriell kjemi i 6 måneder etter at oppdraget er utført om ikke annet avtales med oppdragsgiver. Analyseresultater rapportert i dette dokument er frembragt ved analyse av de anførte prøver i den stand de ble mottatt ved SINTEFs analyselaboratorium. SINTEF tar intet ansvar for oppdragsgivers bruk av resultatene eller for konsekvenser av slik bruk. *Delvis* kopiering av denne rapport er ikke tillatt uten skriftlig samtykke fra SINTEF.

NIVA  
Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Att: Aud Helland

NORSK	
VALGFORING	
J.nr.	3291/95
Sak nr.	94102
Mottatt:	11.12

SINTEF Oslo

Adresse/Address:  
Postboks 124 Blindern  
N-0314 Oslo 3, NORWAY

Besøksadresse/Location:  
Forskningsveien 1

Telefon/Telephone:  
+47 22 06 73 00

Telefax:  
+47 22 06 73 50

Telex:  
71 536 SI N

Enterprise nr.: 948007029

## Rapport

Deres ref.:  
Aud Helland

Vår ref.:  
Berit Holestøl

Direkte innvalg:  
22 067824

Oslo,  
1995-12-07

Oppdrag nr.:  
270285.98  
Prøveserie.:  
1995-695

Oppdragets tittel:

**BESTEMMELSE AV EKSTRAHERBART ORGANISK BUNDET KLOR (EOCL) I 12 BUNNSEDIMENTER FRA IDDEFJORDEN.**

### Sammendrag

Sedimentprøvene fra Iddefjorden inneholdt EOCl varierende fra 0,86 til 340 µg/g.

### Innledning

Prøvene ble mottatt den 14.11.95 for analyse av EOCl.

Vi viser til bestillingsbrev av 13.nov.95, Deres ref.:J.nr.3014/95, S.nr 0-94102.

### Prøvebeskrivelse

De mottatte prøvene var frysetørket og kom i plastbegre med lokk.

### Ekspérimentelt

Det ble tatt ut prøver fra 2 til 8 g. Prøvene ble ekstrahert to ganger med en blanding av sykloheksan og isopropanol 1:1. Sykloheksanekstraktet ble isolert ved tilsetning av vann, og uorganisk klor ble fjernet ved 3 vasketrinn med vann og et vasketrinn med nitratvann. Ekstraktene ble tørket med natriumsulfat og EOCl ble bestemt på en delprøve av ekstraktet ved nøytronaktiveringsanalyse (NAA).

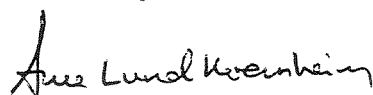
Det ble ikke tatt tørrstoffbestemmelse, da dette var blitt utført på NIVA.

## Resultat

Mengde EOCl beregnet i µg/g frysetørket sediment.

Prøvemerkning	Serienr.	EOCl
Idde 1, 4-5	95-695-5	140
Idde 1, 9-10	95-695-10	150
Idde 1, 14-16	95-695-13	300
Idde 1, 18-20	95-695-15	55
Idde 2, 4-5	95-695-35	340
Idde 2, 9-10	95-695-40	200
Idde 2, 14-16	95-695-43	30
Idde 2, 18-20	95-695-45	23
Idde 3, 3-4	95-695-62	75
Idde 3, 6-7	95-695-65	16
Idde 3, 10-12	95-695-69	1,7
Idde 3, 14-16	95-695-71	0,86

Med hilsen  
SINTEF Kjemi



Arne Lund Kvernheim  
Laboratorieleder  
Seksjon for Miljøteknologi og analyse



Berit Holestøl  
Prosjektleder

## Spesielle betingelser

Resterende prøvemateriale oppbevares på SINTEF Industriell kjemi i 6 måneder etter at oppdraget er utført om ikke annet avtales med oppdragsgiver. Analyseresultater rapportert i dette dokument er frembragt ved analyse av de anførte prøver i den stand de ble mottatt ved SINTEFs analyselaboratorium. SINTEF tar intet ansvar for oppdragsgivers bruk av resultatene eller for konsekvenser av slik bruk. *Delvis* kopiering av denne rapport er ikke tillatt uten skriftlig samtykke fra SINTEF.



Rapport til:

Norsk Institut for Vannforskning  
(NIVA)

**$^{210}\text{Pb}$ -Datering af seks sediment-  
kerner fra Iddefjorden  
og Glomma estuarier**

Sagsbehandler:

Akad.ing. Arne Jensen

Sag nr.: 900108

Dato: 1995-12-12/msm

## INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	INDLEDNING	1
2.	ANALYSEMETODE	1
3.	CIC- og CRS-DATERING	2
4.	BESTEMMELSE AF AKKUMULATIONS-RATER FOR TØRSTOF	2
4.1	Model	2
4.2	Resultater	3
4.3	Kommentarer	5
5.	DETEKTERING AF ÆNDRINGER I FORURENINGSBELASTNINGEN	9
6.	KONKLUSION	10
7.	REFERENCER	11

BILAG 1 FIGURER OG RÅDATA FOR ST. NO. 1 FRA IDDEFJORDEN

BILAG 2 FIGURER OG RÅDATA FOR ST. NO. 2 FRA IDDEFJORDEN

BILAG 3 FIGURER OG RÅDATA FOR ST. NO. 3 FRA IDDEFJORDEN

BILAG 4 FIGURER OG RÅDATA FOR ST. NO. 30 FRA HVALER

BILAG 5 FIGURER OG RÅDATA FOR ST. NO. 17 FRA HVALER

BILAG 6 FIGURER OG RÅDATA FOR ST. NO. 27 FRA HVALER

BILAG 7 KONCENTRATIONEN AF  $^{210}\text{Pb}$  NED IGENNEM SEDIMENTSØJLEN.

## 1. INDLEDNING

Vandkvalitetsinstituttet har for NIVA, Aud Helland, foretaget bly-210 ( $^{210}\text{Pb}$ ) datering af seks sedimentkerner udtaget fra Iddefjorden og Glomma estuariet i Ydre Oslofjord ved Hvaler. Kernerne blev opskåret af rekvirenten i 1,0 cm tykke skiver for de øverste 10 cm og derunder i 2,0 cm tykke skiver. De tørrede prøver er blevet leveret til VKI sammen med oplysninger om tørstofprocenten og saliniteten ved havbunden.

$^{210}\text{Pb}$  isotopen i sedimenter hidrører dels fra atmosfærisk deposition (unsupported  $^{210}\text{Pb}$  = UPB) and dels fra radioaktiv henfald af radon i sedimentet (supported  $^{210}\text{Pb}$  = SPB).  $^{210}\text{Pb}$ -isotopen tilføres atmosfæren ved henfald af radon-222, som diffunderer ud af jorden. Disse isotoper er en del af uran-238's henfaldskæde.  $^{210}\text{Pb}$  isotopen har en halveringstid på 22,3 år. Baggrundsværdien for  $^{210}\text{Pb}$  bestemmes ud fra mængden af supported  $^{210}\text{Pb}$ , som er uafhængig af sedimentationen. Bestemmelsen af supported  $^{210}\text{Pb}$  sker fra de dybere lag i sedimentet, hvor koncentrationen er konstant, idet al unsupported  $^{210}\text{Pb}$  er henfaldet. Alderen af en sedimentkerne og sedimentakkumulationsraten bestemmes ved måling af  $^{210}\text{Pb}$ -koncentrationen i forskellige sedimentlag.

## 2. ANALYSEMETODE

$^{210}\text{Pb}$  måles i sedimentskiverne ved  $\alpha$ -spektrometri på VKI. I ca. 10 sedimentskiver (normalt 1-2 cm tykkelse) jævnt fordelt ned igennem sedimentkernen måles  $^{210}\text{Pb}$ -koncentrationen indirekte ved at måle koncentrationen af  $^{210}\text{Po}$  (polonium) med  $\alpha$ -spektrometri. Det tørrede sediment (ca. 0,5 g) destrueres med en blanding af salt- og salpetersyre, hvorefter  $^{210}\text{Po}$  elektrolyseres over på en sølvplade.  $^{210}\text{Po}$ -aktiviteten på sølvpladerne måles derefter ved  $\alpha$ -spektrometri. Alle prøverne bliver tilsat  $^{208}\text{Po}$  for at bestemme det kemiske udbytte. Kalibreringen udføres ved at behandle en  $^{210}\text{Pb}$ -standard på samme måde som prøverne.  $^{210}\text{Pb}$ -aktiviteten forudsættes at være i ligevægt med  $^{210}\text{Po}$ -aktiviteten. Den anvendte metode er beskrevet i ref. /1/.

### 3. CIC- OG CRS-DATERING

Ud fra UPB aktivitetsprofilen af sedimentkernen bestemmes alderen af de forskellige sedimentlag under den forudsætning, at  $^{210}\text{Pb}$  ikke er mobilt i sedimentkernen. Beregningerne kan udføres efter to modeller med forskellige forudsætninger. CIC-metoden (Constant Initial Concentration) forudsætter, at koncentrationen af UPB i det deponerende stof er konstant med tiden for lokaliteten.

Kernerne dateres normalt ved hjælp af CRS-metoden (Constant Rate of Supply af  $^{210}\text{Pb}$ ), som forudsætter, at fluxen til sedimentet af UPB er konstant med tiden for lokaliteten. Principperne for CIC- og CRS-datering af sedimentkerner er nærmere beskrevet i ref. /1/. Tørstofprocenterne er korrigeret for saltindhold, idet der er anvendt en salinitet på 30 ‰ på prøverne fra Iddefjorden (st. 1 og 2) og 34 ‰ for de fire andre prøver. Af hensyn til modelberegningerne er der ved interpolation foretaget beregninger af procent tørstof i hver 1 cm skive.

### 4. BESTEMMELSE AF AKKUMULATIONS-RATER FOR TØRSTOF

På grundlag af  $^{210}\text{Pb}$ -koncentrationen (UPB) på tørstofbasis ned igennem sedimentsøjlen bestemmes akkumulationsraten af sedimentet ( $\text{g m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ ) ved anvendelse af nedenstående model, ref. /2 og 3/.

#### 4.1 Model

Fordelingen af unsupported  $^{210}\text{Pb}$  i en sedimentkerne kan matematisk beskrives ved advektions-diffusionsligningen:

$$(1) \quad \frac{dA}{dt} = D \frac{d^2A}{dz^2} - \omega \frac{dA}{dz} - \lambda A$$

hvor

A = koncentration af  $^{210}\text{Pb}$  (dpm/g)

D = blandingskoefficient ( $\text{cm}^2/\text{år}$ )

- $z$  = dybde fra overfladen (cm)
- $\omega$  = lineær akkumulationsrate (cm/år)
- $\lambda$  = henfaldskonstanten for  $^{210}\text{Pb}$  (år $^{-1}$ )
- $t$  = tiden (år)

Denne ligning løses, idet man forudsætter stationære sedimentationsforhold ( $dA/dt = 0$ ). Blandingsintensiteten  $D$  antages at følge en halv gaussisk fordeling, ref. /2/:

$$(2) \quad D = D_0 e^{-\frac{z^2}{2\sigma^2}}$$

hvor  $D_0$  er blandingsintensiteten i sedimentoverfladen og  $\sigma$  er den effektive blandingsdybde. Blandingsparametrene er fundet ved at optimere løsningen af ligning (1) i forhold til det målte  $^{210}\text{Pb}$  profil.

## 4.2 Resultater

Bilag 1B-6B viser alle resultaterne, som anvendes til dateringsberegningerne, inkl. bestemmelserne af  $^{210}\text{Pb}$ . Figurerne i bilag 7 viser total koncentrationen af  $^{210}\text{Pb}$  ned igennem sedimentsøjlen. Ved CRS-metoden er sedimentets alder som funktion af dybden under sedimentoverfladen blevet bestemt. Resultaterne ses i figur 1 i bilagene 1A-6A.

I figur 2 i bilagene 1A-6A er vist dels de målte koncentrationer af  $^{210}\text{Pb}$  (unsupported  $^{210}\text{Pb}$ ) og dels den optimerede løsning af ligning (1) for de seks sedimentkerner som funktion af massedybden ( $\text{g}/\text{cm}^2$ ). Løsningen af ligning (1) er baseret på det antal snit, som er vist i tabel 1. Meget ofte er den øverste del af sedimentsøjlen opblandet på grund af bioturbation og måske trawling. Opblanding kan også være forårsaget af det anvendte prøvetagningsudstyr. For at opnå den optimale modelløsning kan der derfor være udelukket nogle af de øverste snit i modelberegningerne. Dette bevirker, at akkumulationsraten bestemmes på snittene derunder. Blandingskoefficienten,  $D_0$ , og den effektive blandingsdybde,  $\sigma$ , bestemmes ved en iterativ beregning over hele sedimentsøjlen. Tabel 2 giver en oversigt over de opnåede resultater.

**Tabel 1. Antal snit af kernen inkluderet i beregningerne.**

Stationsnavn	Bilags-no.	Antal snit inkl. i model	Antal snit excl. i modeloptimering	Eventuelle bemærkninger
Iddefjorden, st. no. 1	1	22	3 (0-3 cm)	
Iddefjorden, st. no. 2	2	22	0	
Iddefjorden, st. no. 3	3	12	2 (0-2 cm)	
Hvaler, st. no. 30	4	30	4 (0-4 cm og 6-9 cm)	
Hvaler, st. no. 17	5	40	13 (0-12 cm og 28-30 cm)	
Hvaler, st. no. 27	6	40	0	

**Tabel 2. Akkumulationsrater, blandingskoefficient, effektiv og reel blandingsdybde.**

Stationsnavn	Akkumulationsrate		Blandingskoefficient cm <sup>2</sup> /år	Blandingsdybde		Kvalitet af datering
	Masse g/m <sup>2</sup> /år ± s.d. (% CV)	Lineær mm/år (dybde 0-2 cm)		Effektiv model cm	Reel cm	
Iddefjorden, st. no. 1	875±272 (31)	3,4	3,5	0,9	1,8- 2,7	**
Iddefjorden, st. no. 2	817±37 (4,5)	3,5	12	0,2	0,4- 0,6	***
Iddefjorden, st. no. 3	848±31 (3,7)	1,3	43	0,9	1,8- 2,7	**
Hvaler, st. no. 30	2.051±77 (3,8)	3,3	12	1,7	3,4- 5,1	**
Haler, st. no. 17	2.564±5 (0,2)	4,6	525	4,1	8,2- 12,3	**
Hvaler, st. no. 27	6.135±845 (13,8)	8,7	6.434	0,3	0,6- 0,9	**

s.d. = standard deviation \*\*\* fin datering, \*\* rimelig datering, \*dårlig datering

## 4.3 Kommentarer

### 4.3.1 Generelle kommentarer

Figur 1 (i bilagene) for de forskellige kerner viser normalt en lineær akkumulationsrate i den øverste del af sedimentkernen (0-5 cm eller mere) med en meget lille standardafvigelse på de estimerede aldre (de vandrette linier viser 68% prædiktionsinterval). Hældningen ændres normalt under denne dybde samtidigt med, at standardafvigelsen stiger.

Ved konstant sedimentationsrate bør sammenhængen imellem  $^{210}\text{Pb}$  koncentrationen (UPB) som funktion af massedybden være lineær (figur 2 i bilagene). Er dette tilfældet, kan resultaterne af dateringen tolkes med relativ stor sikkerhed, idet dette normalt bevirker, at der findes en god sammenhæng imellem sedimentets dybde og alder (figur 1 i bilagene).

Den optimale løsning til steady state modellen (figur 2 i bilagene) passer normalt med de målte værdier af UPB. Når dette er tilfældet beskriver den beregnede akkumulationsrate derfor sedimentationen i den anførte tidsperiode. Afvigelser fra den lineære sammenhæng ses ofte i den øverste del af profilet og indikerer forstyrrelser i sedimentoverfladen, f.eks. bioturbation. Normalt, findes en lineær sammenhæng under den forstyrrede zone. Sedimentakkumulationsraten ( $\text{g m}^{-2} \text{år}^{-1}$ ) beregnes på den lineære, uforstyrrede del af kernen.

### 4.3.2 Specifikke kommentarer til hver datering

#### Iddefjorden, st. no. 1

Bilag 7 viser et konstant indhold af  $^{210}\text{Pb}$  i de øverste 3 cm og næsten konstant indhold under 21 cm dybde. Figur 1 i bilag 1A viser alderen på sedimentkernen som funktion af dybden bestemt ved CRS-metoden. På det dybeste snit er der en stor usikkerhed på aldersbestemmelsen.

Af bilag 1A, figur 2, ses det, at den tilpassede steady state model af sedimentationsforholdene ikke passer særligt godt med de observerede værdier. For at få målingerne til at passe bedre med modellen har det været nødvendigt at anvende en lavere værdi for supported

$^{210}\text{Pb}$  end den målte koncentration i det dybeste lag (49-50 cm). Den beregnede akkumulationsrate beskriver sedimentationen i den anførte tidsperiode med en høj variationskoefficient på 31%. Der er nogen opblanding i de øverste lag, idet den lineære blandingsdybde er 0,9 cm og med en lav blandingskoefficient. Da blandingsdybden er beregnet som en halv gaussisk fordeling, svarer opblandingen til 1,8-2,7 cm dybde. Dateringen betragtes som værende rimelig.

#### Iddefjorden. st. no. 2

Bilag 7 viser et jævnt faldende indhold af  $^{210}\text{Pb}$  ned til 30 cm dybde. Figur 1 i bilag 2A viser alderen på sedimentkernen som funktion af dybden bestemt ved CRS-metoden. På det dybeste snit er der en stor usikkerhed på aldersbestemmelsen.

Af bilag 2A, figur 2, ses det, at den tilpassede steady state model af sedimentationsforholdene passer fint med de observerede værdier. Den beregnede akkumulationsrate beskriver derfor sedimentationen i den anførte tidsperiode med en lav variationskoefficient på 4,5%. Der er meget lidt opblanding i de øverste lag, idet den lineære blandingsdybde er 0,2 cm og med en lav blandingskoefficient. Da blandingsdybden er beregnet som en halv gaussisk fordeling, svarer opblandingen til kun 0,4-0,6 cm dybde. Dateringen betragtes som værende meget fin.

#### Iddefjorden. st. no. 3

Bilag 7 viser et næsten konstant indhold af  $^{210}\text{Pb}$  i de øverste 1-3 cm med noget lavere indhold i overfladen og derunder faldende indhold til 15 cm dybde, hvorefter det bliver næsten konstant. Figur 1 i bilag 3A viser alderen på sedimentkernen som funktion af dybden bestemt ved CRS-metoden. På det dybeste snit er der en meget stor usikkerhed på aldersbestemmelsen.

Af bilag 3A, figur 2, ses det, at den tilpassede steady state model af sedimentationsforholdene passer nogenlunde med de observerede værdier. Imidlertid er de to øverste snit udelukket i modelberegningerne. Dette betyder, at akkumulationsraten er blevet bestemt på basis af fire målinger, hvorfor den er relativt usikkert bestemt, hvilket også gælder for aldersbestemmelsen. Der er nogen opblanding i de øverste lag, idet den lineære blandingsdybde er



0,9 cm; men med en relativ høj blandingskoefficient. Da blandingsdybden er beregnet som en halv gaussisk fordeling, svarer opblandingen til 1,8-2,7 cm dybde. Dateringen betragtes som værende rimelig.

#### Hvaler, st. no. 30

Bilag 7 viser et konstant indhold af  $^{210}\text{Pb}$  i de øverste 5 cm. Fra 13 cm er indholdet jævnt faldende. Figur 1 i bilag 4A viser alderen på sedimentkernen som funktion af dybden bestemt ved CRS-metoden. På det dybeste snit er der en megen stor usikkerhed på aldersbestemmelsen.

Af bilag 4A, figur 2, ses det, at den tilpassede steady state model af sedimentationsforholdene passer fint med de observerede værdier. Imidlertid er de øverste fire snit udelukket i modelberegningerne sammen med  $^{210}\text{Pb}$ -målinger i 6-7 og 8-9 cm, da det ikke var muligt at få modellen til at passe uden at udelade disse snit. Det kunne tyde på, at sedimentationsforholdene har været anderledes i en periode for 20-50 år siden. For at få målingerne til at passe bedre med modellen har det desuden været nødvendig at anvende en højere værdi for supported  $^{210}\text{Pb}$  end den målte koncentration i det dybeste lag (39-40 cm). Sedimentakkumulationsraten er derfor beregnet på de nederste fire snit. Den beregnede akkumulationsrate beskriver sedimentationen i den anførte tidsperiode med en variationskoefficient på kun 4%. Der er en del opblanding i de øverste lag, idet den lineære blandingsdybde er 1,7 cm med en relativ lav blandingskoefficient. Da blandingsdybden er beregnet som en halv gaussisk fordeling, svarer opblandingen til 3,4-5,1 cm dybde. Dateringen betragtes som værende rimelig, selv om det har været nødvendigt at udelade nogle data. Det er dog meget normalt at udelukke de øverste snit i kernen på grund af opblanding.

#### Hvaler, st. no. 17

Bilag 7 viser et næsten konstant indhold af  $^{210}\text{Pb}$  i de øverste 14 cm og derunder jævnt faldende indhold, hvilket kan tyde på en meget kraftig opblanding. Figur 1 i bilag 5A viser alderen på sedimentkernen som funktion af dybden bestemt ved CRS-metoden. På det dybeste snit er der en meget stor usikkerhed på aldersbestemmelsen.

Af bilag 5A, figur 2, ses det, at den tilpassede steady state model af sedimentationsforholdene passer fint med de observerede værdier. Imidlertid er de 13 øverste snit udelukket i modelberegningerne sammen med  $^{210}\text{Pb}$ -målinger i 28-30 cm, da det ikke var muligt at få modellen til at passe uden at udelade disse snit. For at få målingerne til at passe bedre med modellen har det desuden været nødvendig at anvende en lavere værdi for supported  $^{210}\text{Pb}$  end den målte koncentration i det dybeste lag (39-40 cm). Sedimentakkumulationsraten er derfor beregnet på de tre nederste snit. Dette betyder, at den akkumulationsraten er blevet bestemt på basis af tre målinger, hvorfor den er relativt usikkert bestemt, hvilket også gælder for aldersbestemmelsen. Der er megen opblanding i de øverste lag, idet den lineære blandingsdybde er 4,1 cm og med en høj blandingskoefficient. Da blandingsdybden er beregnet som en halv gaussisk fordeling, svarer opblandingen til 8,2-12,3 cm dybde. Dateringen betragtes som værende rimelig.

#### Hvaler, st. no. 27

Bilag 7 viser et konstant indhold af  $^{210}\text{Pb}$  i de øverste 2 cm, hvorefter det stiger i 2-4 cm dybde. Fra 8-20 cm dybde er  $^{210}\text{Pb}$ -indholdet næsten konstant og derunder falder det jævnt. Figur 1 i bilag 6A viser alderen på sedimentkernen som funktion af dybden bestemt ved CRS-metoden. På det dybeste snit er der en megen stor usikkerhed på aldersbestemmelsen.

Af bilag 6A, figur 2, ses det, at den tilpassede steady state model af sedimentationsforholdene passer nogenlunde med de observerede værdier. Modelberegningerne viste, at den bedste løsning inkluderede alle dataene. For at få målingerne til at passe bedre med modellen har det været nødvendig at anvende en lavere værdi for supported  $^{210}\text{Pb}$  end den målte koncentration i det dybeste lag (49-50 cm). Den beregnede akkumulationsrate beskriver sedimentationen i den anførte tidsperiode med en variationskoefficient på 14%. Der er kun lidt opblanding i de øverste lag, idet den lineære blandingsdybde er 0,3 cm; men med en meget høj blandingskoefficient. Da blandingsdybden er beregnet som en halv gaussisk fordeling, svarer opblandingen til 0,6-0,9 cm dybde. Dateringen betragtes som værende rimelig, selv om  $^{210}\text{Pb}$  indholdet varierer en del i den øverste del af sedimentsøjlen.

Generelt indikerer disse tre dateringer fra Hvaler i Glomma estauriet, at  $^{210}\text{Pb}$  ikke alene tilføres ved atmosfærisk deposition; men at et meget stort bidrag kommer via elven.

## 5. DETEKTERING AF ÆNDRINGER I FORURENINGSBELASTNINGEN

På grundlag af de udførte dateringer er der foretaget en modelberegning over de udtagne sedimentprøvers følsomhed til at beskrive eventuelle ændringer i tilførslerne af forurenede stoffer til sedimentet. Den anvendte metode er beskrevet i /4/.

I tabel 3 er vist resultaterne af disse beregninger for de daterede prøver. Der er anvendt følgende input i modelberegningerne:

- dybde af overfladesedimentprøven (10 mm anvendt);
- sedimentakkumulationsraten;
- blandingsparametrene  $D_0$  og  $\sigma$ ;
- antal år imellem prøvetagningerne er valgt til henholdsvis 3, 5 og 10 år.
- der regnes med en relativ analysereproducerbarhed (% RSD) på 10 %, hvilket svarer til den reproducerbarhed, som kan opnås på ét laboratorium, f.eks. ved at bestemme indholdene af en række tungmetaller i sedimenter afhængigt af tungmetal og metoder. Hvis der forventes en højere RSD, skal den relative ændring i inputfluxen multipliceres med denne faktor (en %RSD på 20% betyder, at fluxen skal multipliceres med to).

På dette grundlag beregnes i modellen, hvor stor en relativ ændring i inputfluxen der kan detekteres efter henholdsvis 3, 5 og 10 år. Disse resultater er vist i tabel 3. Under disse forudsætninger vil det - med prøvetagning og analyser foretaget hvert femte år - være muligt at bestemme stigninger i inputfluxene på 10 og 55 % på fem af stationerne, Iddefjorden (st. no. 1, 2 og 3) og Hvaler (st. no. 30 og 27). På den sidste station ved Hvaler vil ændringer på 70 % kunne detekteres ved prøvetagning hvert femte år. Forskellene i fluxene skyldes forskelle i sedimentakkumulationsraterne og blanding i den øverste del af sedimentsøjlerne. Når så små ændringer i inputflux kan detekteres i følge modellen, selv om der er megen opblanding, er det forårsaget af de høje sedimentakkumulationsrater.

**Tabel 3. Mulighed for detektering af ændring i inputflux med en relativ standard afvigelse på 10% på de kemiske analyser.**

Station navn	% relativ ændring i input-flux		
	År imellem prøvetagning		
	3	5	10
Iddefjorden, st. no. 1	25	20	15
Iddefjorden, st. no. 2	15	10	10
Iddefjorden, st. no. 3	90	55	30
Hvaler, st. no. 30	40	30	20
Hvaler, st. no. 17	105	70	40
Hvaler, st. no. 27	15	10	10

## 6. KONKLUSION

På den ene af sedimentkernerne fra Iddefjorden, st. no. 2, er der blevet udført en fin datering. Dateringen af sedimentkernerne fra de fem andre stationer er udført med et rimelig resultat, især set i lyset af de relative konstante indhold af  $^{210}\text{Pb}$  i de øverste dele af sedimentkernerne. Der tilføres uden tvivl i Glomma estauriet en relativ stor og varierende mængde af  $^{210}\text{Pb}$  med elven, hvilket vanskeliggør modelberegningerne. For flere af sedimentkernerne har det været nødvendigt at anvende en anden værdi for supported  $^{210}\text{Pb}$  end den dybeste koncentration for at få modellen til at passe med de målte værdier. Masseakkumulationsraten er næsten konstant på de tre positioner i Iddefjorden. På stationerne i Glomma estauriet er akkumulationsraterne meget høje.

På grundlag af dateringsresultaterne er sedimentstationernes egnethed til at detektere ændringer i forureningsbelastningen blevet vurderet. Ved sedimentprøvetagning hvert femte år indikerer følsomhedsanalysen, at det er muligt at detektere ændringer i inputfluxen på 10-55% på fem af stationerne.

7.       **REFERENCER**

- /1/       Pheiffer Madsen, P. and Sørensen, J., 1979. Validation of the Lead-210 Dating Method. *J. Radioanal. Chem.* **54**, 39-48.
- /2/       Christensen, E. R., 1982. A Model for Radionuclides in Sediment Influenced by Mixing and Compaction. *J. of Geophysical Research* **87**, 566-572.
- /3/       Christensen, E. R. & Bhunia, P.K., 1986. Modeling Radiotracers in Sediments: Comparison with Observations in Lakes Huron and Michigan. *J. of Geophysical Research* **91**, 8559-8571.
- /4/       Larsen, B. & Jensen, A., 1989. Evaluation of the Sensitivity of Sediment Stations in Pollution Monitoring. *Mar. Pollut. Bull.* **20**, 556-560.

## BILAGSDEL



Iddefjorden, st. no. 1

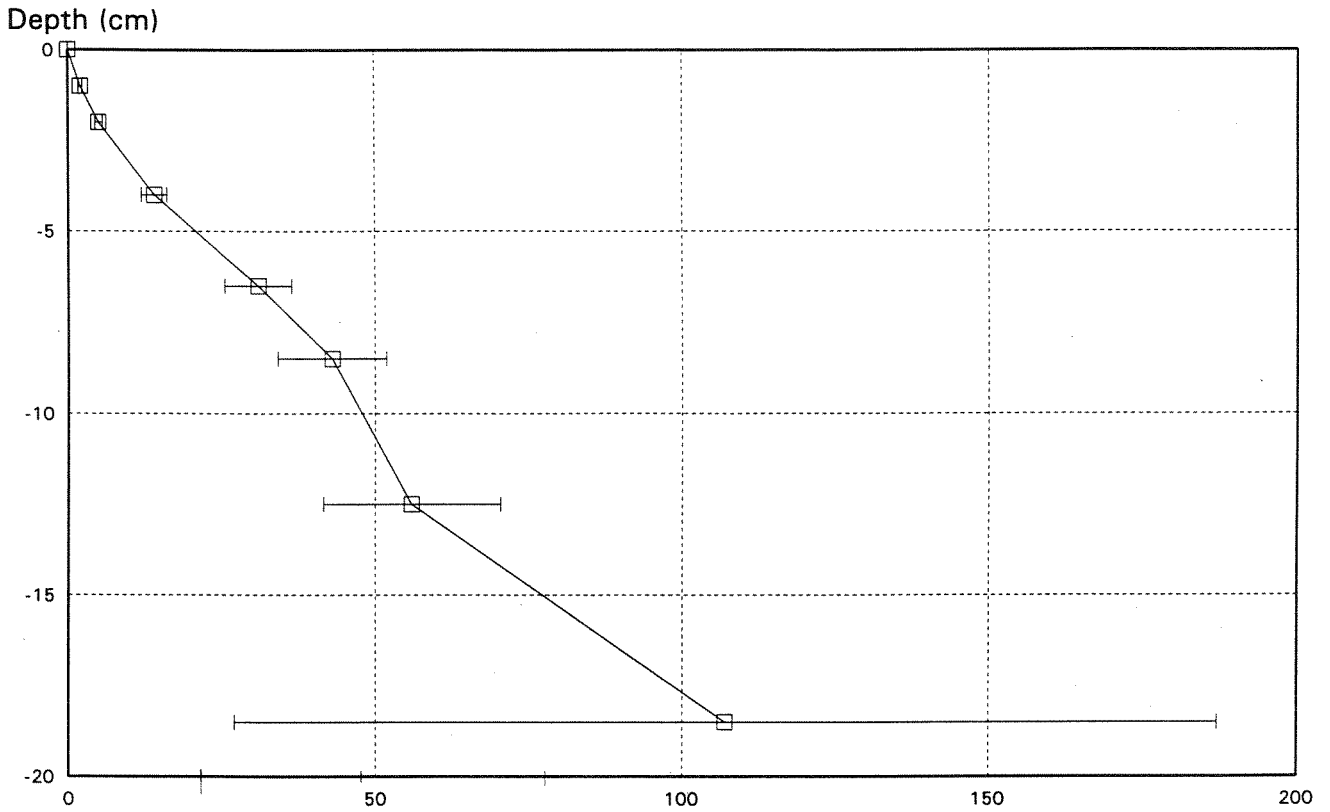


Figure 1. Years from 1994 (including 68% prediction interval)

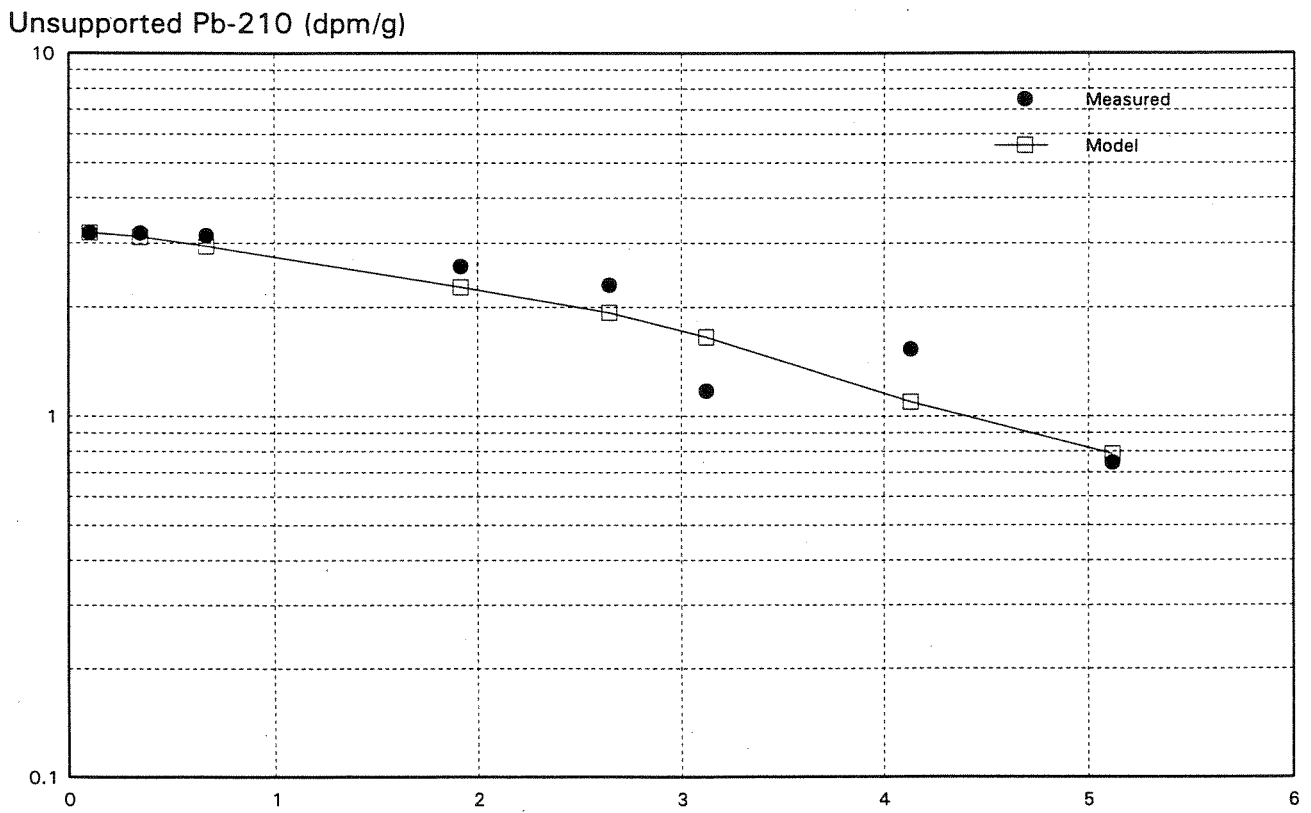


Figure 2. Mass depth (g/cm<sup>2</sup>)



SAG NR 900108-D30  
 DATO 22. nov. 1995  
 BETEGNELSE Iddefjorden, st. no. 1  
 OPERATØR AJE

BILAG 1B

I	T	B	TS	GL	TPB	STPB	TRV	TV	MD	LD	UPB	SUPB
cm	cm	cm	% vv	% ts	dpm/g	dpm/g	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>2</sup>	g/cm <sup>2</sup>	cm	dpm/g	dpm/g
1	0	1	18.28	IM	6.61	0.37	0.205	0.21	0.10	0.50	3.21	0.39
2	1	2	24.01	IM	6.60	0.31	0.280	0.28	0.35	1.50	3.20	0.35
3	2	3	30.21	IM	6.55	0.40	0.369	0.37	0.67	2.50	3.15	0.42
4	3	4	31.96	IM	IM	IM	0.395	0.40	1.05	3.50	IM	IM
5	4	5	35.46	IM	IM	IM	0.450	0.45	1.48	4.50	IM	IM
6	5	6	34.41	IM	5.99	0.28	0.434	0.43	1.92	5.50	2.59	0.32
7	6	7	30.64	IM	IM	IM	0.375	0.38	2.32	6.50	IM	IM
8	7	8	23.74	IM	5.70	0.32	0.277	0.28	2.65	7.50	2.30	0.35
9	8	9	21.06	IM	IM	IM	0.241	0.24	2.91	8.50	IM	IM
10	9	10	17.16	IM	4.57	0.27	0.191	0.19	3.12	9.50	1.17	0.31
11	10	11	16.97	IM	IM	IM	0.189	0.19	3.31	10.50	IM	IM
12	11	12	16.78	IM	IM	IM	0.187	0.19	3.50	11.50	IM	IM
13	12	13	14.93	IM	IM	IM	0.164	0.16	3.68	12.50	IM	IM
14	13	14	13.09	IM	IM	IM	0.142	0.14	3.83	13.50	IM	IM
15	14	15	13.84	IM	IM	IM	0.151	0.15	3.98	14.50	IM	IM
16	15	16	14.58	IM	4.93	0.26	0.160	0.16	4.13	15.50	1.53	0.30
17	16	17	13.95	IM	IM	IM	0.152	0.15	4.29	16.50	IM	IM
18	17	18	13.32	IM	IM	IM	0.145	0.14	4.44	17.50	IM	IM
19	18	19	14.90	IM	IM	IM	0.164	0.16	4.59	18.50	IM	IM
20	19	20	16.49	IM	IM	IM	0.183	0.18	4.76	19.50	IM	IM
21	20	21	15.98	IM	IM	IM	0.177	0.18	4.94	20.50	IM	IM
22	21	22	15.47	IM	4.14	0.24	0.171	0.17	5.12	21.50	0.74	0.28
23	22	23	16.34	IM	IM	IM	0.181	0.18	5.29	22.50	IM	IM
24	23	24	17.22	IM	IM	IM	0.192	0.19	5.48	23.50	IM	IM
25	24	25	16.69	IM	IM	IM	0.186	0.19	5.67	24.50	IM	IM
26	25	26	16.17	IM	IM	IM	0.179	0.18	5.85	25.50	IM	IM
27	26	27	16.78	IM	IM	IM	0.187	0.19	6.03	26.50	IM	IM
28	27	28	17.38	IM	IM	IM	0.194	0.19	6.22	27.50	IM	IM
29	28	29	18.61	IM	IM	IM	0.210	0.21	6.42	28.50	IM	IM
30	29	30	19.85	IM	4.30	0.26	0.225	0.23	6.64	29.50	0.90	0.30
31	30	31	18.29	IM	IM	IM	0.206	0.21	6.86	30.50	IM	IM
32	31	32	16.74	IM	IM	IM	0.186	0.19	7.05	31.50	IM	IM
33	32	33	16.71	IM	IM	IM	0.186	0.19	7.24	32.50	IM	IM
34	33	34	16.68	IM	IM	IM	0.185	0.19	7.43	33.50	IM	IM
35	34	35	15.52	IM	IM	IM	0.171	0.17	7.60	34.50	IM	IM
36	35	36	14.36	IM	IM	IM	0.157	0.16	7.77	35.50	IM	IM
37	36	37	13.57	IM	IM	IM	0.148	0.15	7.92	36.50	IM	IM
38	37	38	12.79	IM	IM	IM	0.139	0.14	8.06	37.50	IM	IM
39	38	39	14.26	IM	IM	IM	0.156	0.16	8.21	38.50	IM	IM
40	39	40	15.73	IM	IM	IM	0.174	0.17	8.37	39.50	IM	IM
41	40	41	14.93	IM	IM	IM	0.164	0.16	8.54	40.50	IM	IM
42	41	42	14.14	IM	IM	IM	0.154	0.15	8.70	41.50	IM	IM
43	42	43	13.94	IM	IM	IM	0.152	0.15	8.86	42.50	IM	IM
44	43	44	13.74	IM	IM	IM	0.150	0.15	9.01	43.50	IM	IM
45	44	45	14.93	IM	IM	IM	0.164	0.16	9.16	44.50	IM	IM
46	45	46	16.12	IM	IM	IM	0.178	0.18	9.34	45.50	IM	IM
47	46	47	16.69	IM	IM	IM	0.186	0.19	9.52	46.50	IM	IM
48	47	48	17.27	IM	IM	IM	0.193	0.19	9.71	47.50	IM	IM
49	48	49	17.89	IM	IM	IM	0.200	0.20	9.90	48.50	IM	IM
50	49	50	18.52	IM	3.93	0.20	0.208	0.21	10.11	49.50	0.53	0.25

\*\*\*\*\*  
 ANTAL LINIER = 22 PRØVEINTERVAL = 1.00 CM (0-10 cm)  
 SPB = 3.40 DPM/G PRØVEINTERVAL = 2.00 CM (10-50 cm)  
 SSPB = 0.15 DPM/G  
 PRØVETAGNING = 1994 SEDIMENTATIONSRATE = 875 G/M2/YEAR  
 BLANDINGSDYBDE = 0.9 CM STANDARDAFVIGELSE = 272 G/M2/YEAR  
 BLANDINGSINT. = 3.5 CM\*\*2/YEAR LINEÆR AKK. RATE (TOP) = 3.4 MM/YEAR  
 \*\*\*\*\*  
 SPB : SUPPORTED PB-210 SSPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ SPB  
 IM : IKKE MÅLT STPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ TPB  
 DPM : DISINTEGRATIONER/MINUT TRV : TØR RUMVÆGT  
 I : INDEX TV : TØR VÆGT  
 T , B : DYBDE TOP OG BUND MD : MASSE DYBDE  
 TS : TØRSTOF LD : LINEÆR DYBDE  
 GL : GLØDETAB UPB : UNSUPPORTED PB-210  
 TPB : TOTAL PB-210 SUPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ UPB  
 \*\*\*\*\*



Iddefjorden, st. no. 2

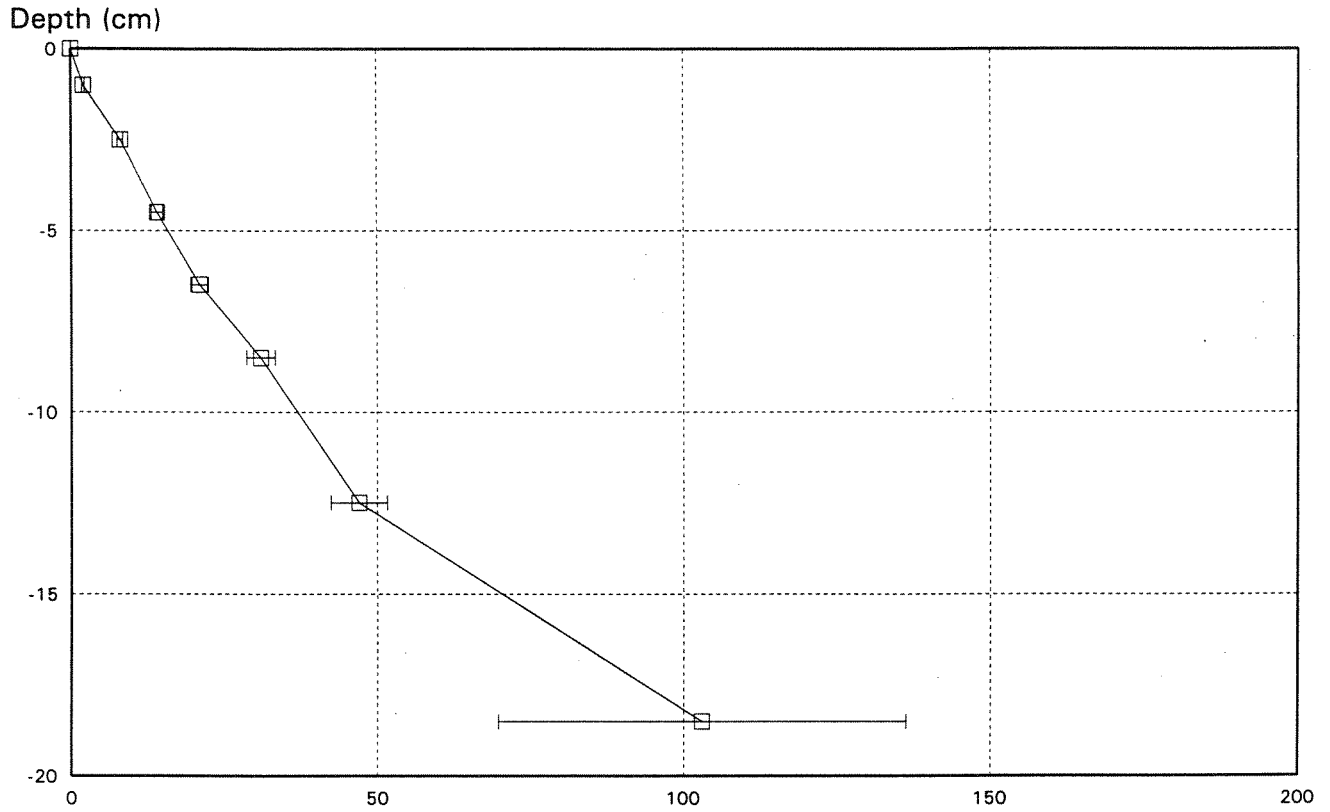


Figure 1. Years from 1994 (including 68% prediction interval)

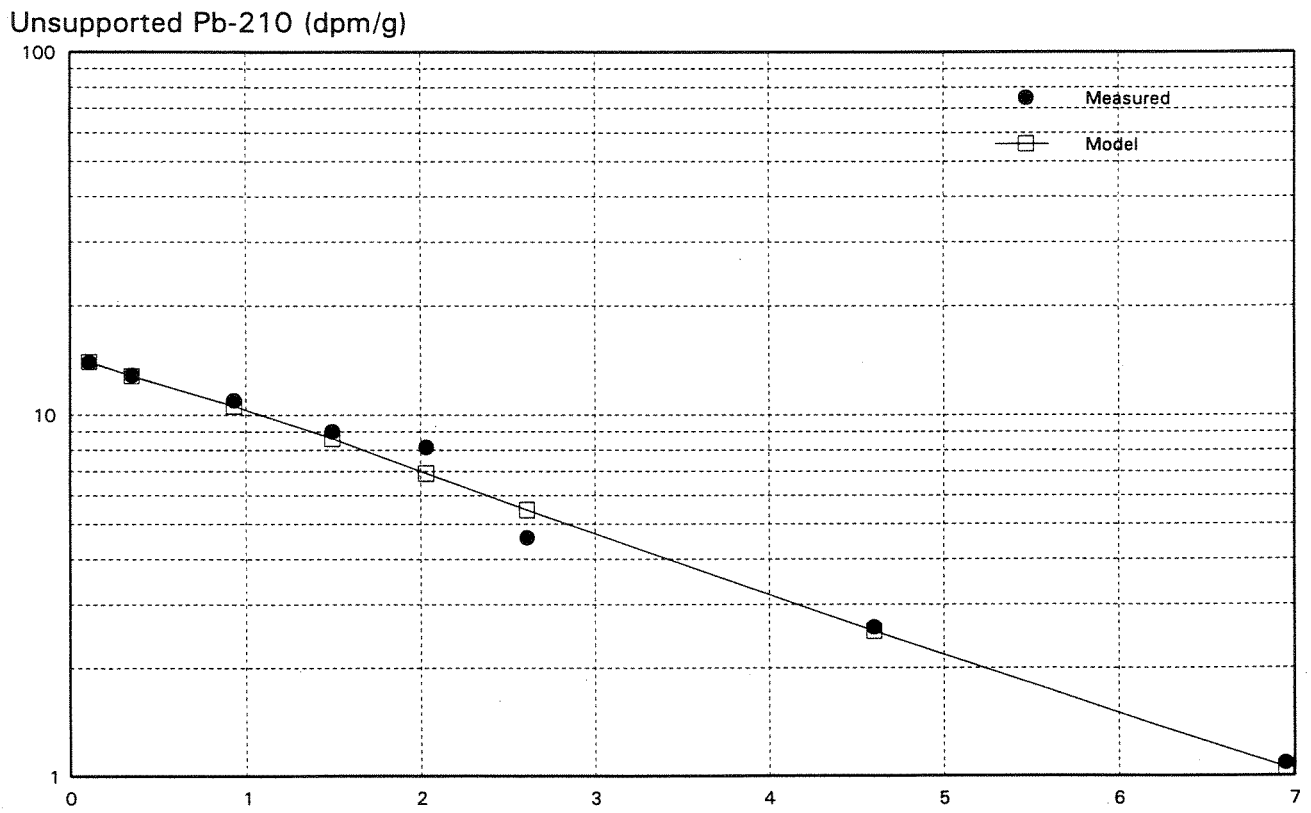


Figure 2. Mass depth (g/cm<sup>2</sup>)

SAG NR 900108-D31  
 DATO 22. nov. 1995  
 BETEGNELSE Iddefjorden, st. no. 2  
 OPERATØR AJE

BILAG 2B

I	T	B	TS	GL	TPB	STPB	TRV	TV	MD	LD	UPB	SUPB
cm	cm	cm	% vv	% ts	dpm/g	dpm/g	g/cm3	g/cm2	g/cm2	cm	dpm/g	dpm/g
1	0	1	19.25	IM	15.29	0.49	0.218	0.22	0.11	0.50	13.98	0.50
2	1	2	22.85	IM	14.18	0.36	0.265	0.26	0.35	1.50	12.87	0.37
3	2	3	27.80	IM	IM	IM	0.334	0.33	0.65	2.50	IM	IM
4	3	4	20.18	IM	12.27	0.78	0.230	0.23	0.93	3.50	10.96	0.79
5	4	5	26.66	IM	IM	IM	0.317	0.32	1.20	4.50	IM	IM
6	5	6	22.24	IM	10.30	0.39	0.257	0.26	1.49	5.50	8.99	0.40
7	6	7	22.34	IM	IM	IM	0.258	0.26	1.75	6.50	IM	IM
8	7	8	25.84	IM	9.46	0.34	0.306	0.31	2.03	7.50	8.15	0.36
9	8	9	23.99	IM	IM	IM	0.280	0.28	2.32	8.50	IM	IM
10	9	10	24.50	IM	5.90	0.29	0.287	0.29	2.61	9.50	4.59	0.31
11	10	11	23.57	IM	IM	IM	0.275	0.27	2.89	10.50	IM	IM
12	11	12	22.65	IM	IM	IM	0.262	0.26	3.16	11.50	IM	IM
13	12	13	26.46	IM	IM	IM	0.315	0.31	3.44	12.50	IM	IM
14	13	14	30.27	IM	IM	IM	0.370	0.37	3.79	13.50	IM	IM
15	14	15	32.64	IM	IM	IM	0.406	0.41	4.17	14.50	IM	IM
16	15	16	35.01	IM	3.90	0.16	0.443	0.44	4.60	15.50	2.59	0.20
17	16	17	32.48	IM	IM	IM	0.403	0.40	5.02	16.50	IM	IM
18	17	18	29.96	IM	IM	IM	0.365	0.37	5.41	17.50	IM	IM
19	18	19	30.06	IM	IM	IM	0.367	0.37	5.77	18.50	IM	IM
20	19	20	30.17	IM	IM	IM	0.368	0.37	6.14	19.50	IM	IM
21	20	21	32.48	IM	IM	IM	0.403	0.40	6.53	20.50	IM	IM
22	21	22	34.80	IM	2.40	0.16	0.440	0.44	6.95	21.50	1.09	0.20
23	22	23	35.78	IM	IM	IM	0.456	0.46	7.40	22.50	IM	IM
24	23	24	36.76	IM	IM	IM	0.472	0.47	7.86	23.50	IM	IM
25	24	25	37.69	IM	IM	IM	0.487	0.49	8.34	24.50	IM	IM
26	25	26	38.61	IM	IM	IM	0.648	0.65	8.91	25.50	IM	IM
27	26	27	38.77	IM	IM	IM	0.505	0.51	9.48	26.50	IM	IM
28	27	28	38.92	IM	IM	IM	0.654	0.65	10.06	27.50	IM	IM
29	28	29	43.20	IM	IM	IM	0.583	0.58	10.68	28.50	IM	IM
30	29	30	39.44	IM	1.31	0.11	0.517	0.52	11.23	29.50	0.00	0.15
31	30	31	39.35	IM	IM	IM	0.515	0.52	11.75	30.50	IM	IM
32	31	32	39.26	IM	IM	IM	0.514	0.51	12.26	31.50	IM	IM
33	32	33	39.71	IM	IM	IM	0.521	0.52	12.78	32.50	IM	IM
34	33	34	40.16	IM	IM	IM	0.529	0.53	13.30	33.50	IM	IM
35	34	35	41.14	IM	IM	IM	0.546	0.55	13.84	34.50	IM	IM
36	35	36	42.11	IM	IM	IM	0.564	0.56	14.40	35.50	IM	IM
37	36	37	42.53	IM	IM	IM	0.571	0.57	14.96	36.50	IM	IM
38	37	38	42.94	IM	IM	IM	0.578	0.58	15.54	37.50	IM	IM
39	38	39	44.02	IM	IM	IM	0.598	0.60	16.13	38.50	IM	IM
40	39	40	45.10	IM	IM	IM	0.618	0.62	16.73	39.50	IM	IM
41	40	41	45.87	IM	IM	IM	0.633	0.63	17.36	40.50	IM	IM
42	41	42	46.65	IM	IM	IM	0.648	0.65	18.00	41.50	IM	IM
43	42	43	45.67	IM	IM	IM	0.629	0.63	18.64	42.50	IM	IM
44	43	44	44.69	IM	IM	IM	0.611	0.61	19.26	43.50	IM	IM
45	44	45	45.82	IM	IM	IM	0.632	0.63	19.88	44.50	IM	IM
46	45	46	46.96	IM	IM	IM	0.654	0.65	20.52	45.50	IM	IM

ANTAL LINIER = 22 PRØVEINTERVAL = 1.00 CM (0-10 cm)  
 SPB = 1.31 DPM/G PRØVEINTERVAL = 2.00 CM (10-46 cm)  
 SSPB = 0.11 DPM/G  
 PRØVETAGNING = 1994 SEDIMENTATIONSRATE = 817 G/M2/YEAR  
 BLANDINGSDYBDE = 0.2 CM STANDARDAFVIGELSE = 37 G/M2/YEAR  
 BLANDINGSINT. = 12 CM\*\*2/YEAR LINEÆR AKK. RATE (TOP) = 3.5 mM/YEAR

SPB : SUPPORTED PB-210 SSPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ SPB  
 IM : IKKE MÅLT STPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ TPB  
 DPM : DISINTEGRATIONER/MINUT TRV : TØR RUMVÆGT  
 I : INDEX TV : TØR VÆGT  
 T , B : DYBDE TOP OG BUND MD : MASSE DYBDE  
 TS : TØRSTOF LD : LINEÆR DYBDE  
 GL : GLØDETAB UPB : UNSUPPORTED PB-210  
 TPB : TOTAL PB-210 SUPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ UPB



Iddefjorden, st. no. 3

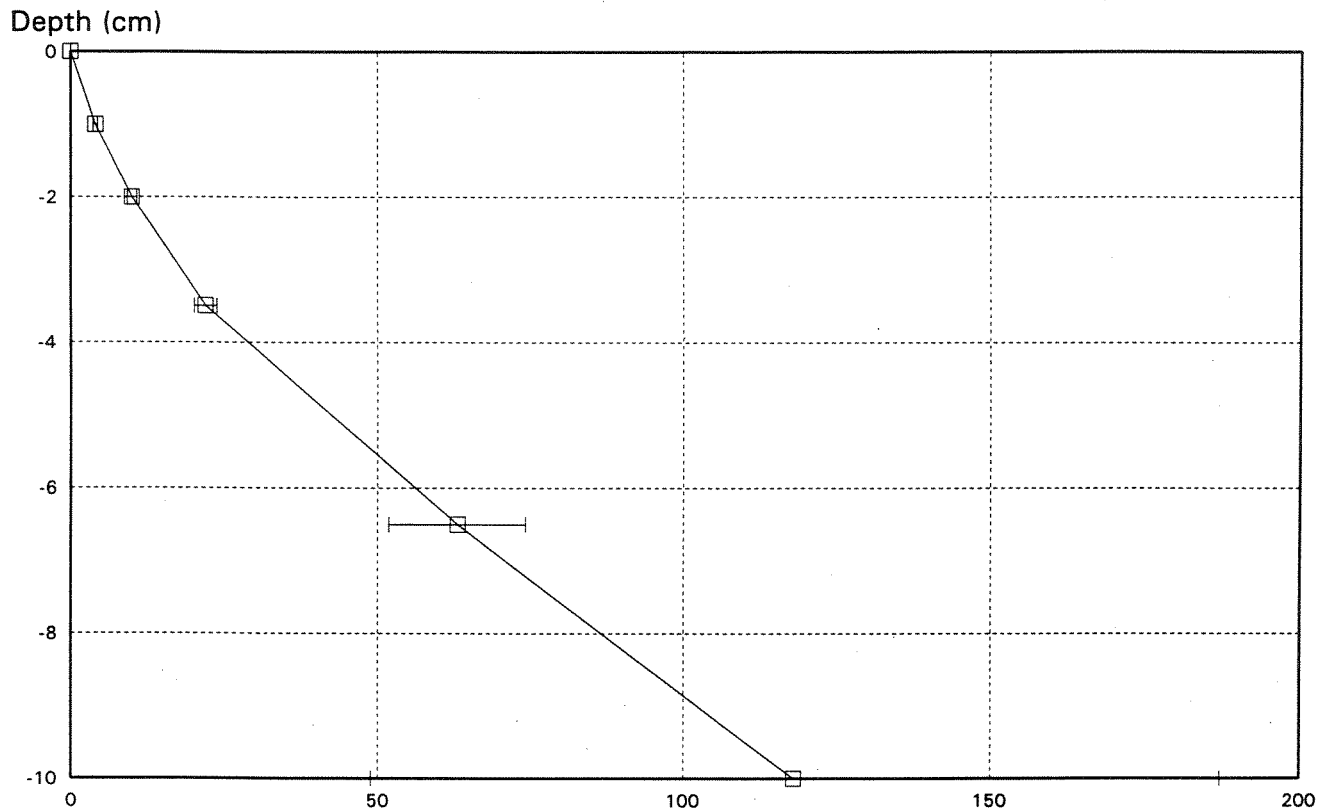


Figure 1. Years from 1994 (including 68% prediction interval)

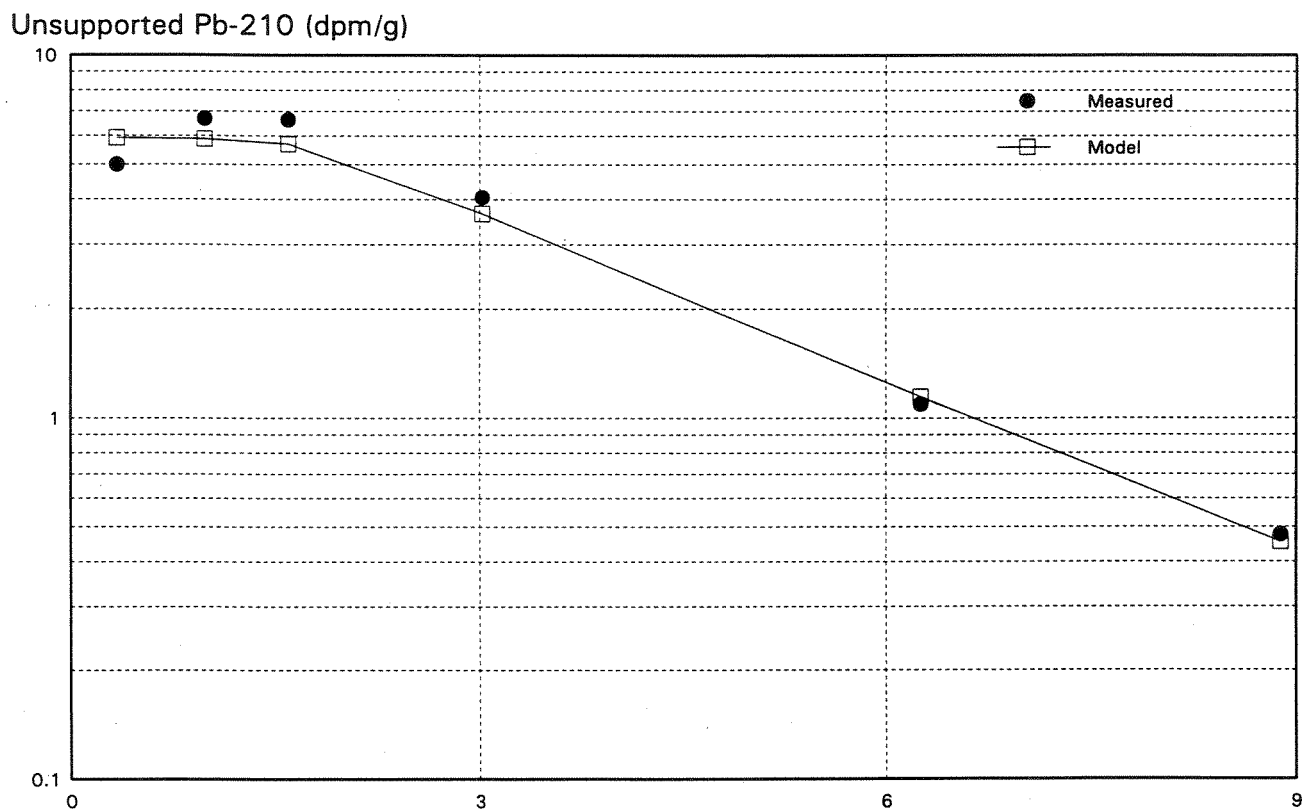


Figure 2. Mass depth (g/cm<sup>2</sup>)

SAG NR 900108-D32  
 DATO 27. nov. 1995  
 BETEGNELSE Iddefjorden, st. no. 3  
 OPERATØR AJE

BILAG 3B

I	T	B	TS	GL	TPB	STPB	TRV	TV	MD	LD	UPB	SUPB
cm	cm	cm	% vv	% ts	dpm/g	dpm/g	g/cm <sup>3</sup>	g/cm <sup>2</sup>	g/cm <sup>2</sup>	cm	dpm/g	dpm/g
1	0	1	47.99	IM	5.92	0.24	0.674	0.67	0.34	0.50	4.99	0.26
2	1	2	45.10	IM	7.62	0.26	0.618	0.62	0.98	1.50	6.69	0.27
3	2	3	44.17	IM	7.56	0.30	0.601	0.60	1.59	2.50	6.63	0.31
4	3	4	51.08	IM	IM	IM	0.736	0.74	2.26	3.50	IM	IM
5	4	5	53.14	IM	4.99	0.23	0.780	0.78	3.02	4.50	4.06	0.24
6	5	6	56.43	IM	IM	IM	0.853	0.85	3.84	5.50	IM	IM
7	6	7	54.37	IM	IM	IM	0.807	0.81	4.67	6.50	IM	IM
8	7	8	53.86	IM	IM	IM	0.796	0.80	5.47	7.50	IM	IM
9	8	9	53.14	IM	2.02	0.12	0.780	0.78	6.26	8.50	1.09	0.14
10	9	10	57.56	IM	IM	IM	0.879	0.88	7.09	9.50	IM	IM
11	10	11	58.44	IM	IM	IM	0.900	0.90	7.97	10.50	IM	IM
12	11	12	59.32	IM	1.41	0.10	0.921	0.92	8.89	11.50	0.48	0.13
13	12	13	62.35	IM	IM	IM	0.996	1.00	9.84	12.50	IM	IM
14	13	14	65.39	IM	IM	IM	1.076	1.08	10.88	13.50	IM	IM
15	14	15	68.07	IM	IM	IM	1.151	1.15	11.99	14.50	IM	IM
16	15	16	70.75	IM	0.99	0.07	1.229	1.23	13.18	15.50	0.06	0.11
17	16	17	69.46	IM	IM	IM	1.191	1.19	14.39	16.50	IM	IM
18	17	18	68.17	IM	IM	IM	1.154	1.15	15.57	17.50	IM	IM
19	18	19	66.89	IM	IM	IM	1.117	1.12	16.70	18.50	IM	IM
20	19	20	65.60	IM	0.63	0.06	1.082	1.08	17.80	19.50	-0.30	0.10
21	20	21	63.90	IM	IM	IM	1.036	1.04	18.86	20.50	IM	IM
22	21	22	62.20	IM	IM	IM	0.992	0.99	19.87	21.50	IM	IM
23	22	23	65.24	IM	IM	IM	1.072	1.07	20.91	22.50	IM	IM
24	23	24	68.28	IM	0.93	0.08	1.157	1.16	22.02	23.50	-0.00	0.11
25	24	25	63.44	IM	IM	IM	1.024	1.02	23.11	24.50	IM	IM
26	25	26	58.59	IM	IM	IM	0.904	0.90	24.07	25.50	IM	IM
27	26	27	55.14	IM	IM	IM	0.824	0.82	24.94	26.50	IM	IM
28	27	28	51.69	IM	IM	IM	0.749	0.75	25.73	27.50	IM	IM

ANTAL LINIER = 12  
 SPB = 0.93 DPM/G  
 SSPB = 0.08 DPM/G  
 PRØVETAGNING = 1994  
 BLANDINGSDYBDE = 0.9 CM  
 BLANDINGSINT. = 43 CM\*\*2/YEAR

PRØVEINTERVAL = 1.00 CM (0-10 cm)  
 PRØVEINTERVAL = 1.00 CM (10-28 cm)  
 SEDIMENTATIONSRATE = 848 G/M2/YEAR  
 STANDARDAFVIGELSE = 31 G/M2/YEAR  
 LINEÆR AKK. RATE (TOP) = 1.3 MM/YEAR

SPB : SUPPORTED PB-210  
 IM : IKKE MÅLT  
 DPM : DISINTEGRATIONER/MINUT  
 I : INDEX  
 T , B : DYBDE TOP OG BUND  
 TS : TØRSTOF  
 GL : GLØDETAB  
 TPB : TOTAL PB-210

SSPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ SPB  
 STPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ TPB  
 TRV : TØR RUMVÆGT  
 TV : TØR VÆGT  
 MD : MASSE DYBDE  
 LD : LINIÆR DYBDE  
 UPB : UNSUPPORTED PB-210  
 SUPB : STANDARDAFVIGELSE PÅ UPB

# Analysemetoder

## E - METALLER

### E 1. METALLER, FLAMME ATOMABSORPSJON

Denne metoden skal benyttes når metallkonsentrasjonene er så høye at de kan bestemmes direkte i flamme. Metoden omfatter bestemmelse av litium, kalium, natrium, kalsium, magnesium, sølv, aluminium, kadmium, kobolt, krom, kobber, jern, mangan, nikkel, bly, og titan. Prøvene kan være naturlig vann, ekstrakter, eller oppslutninger av slam, sedimenter og biologisk materiale, se forøvrig oversikten i tabell E-1. Nedre grense er bestemt delvis av øvre grense for bestemmelse med grafittovn.

Tabell E-1. Konsentrasjonsområdet for direkte bestemmelse i flamme ( $\mu\text{g/l}$ ).

Metall	Nedre grense	Øvre grense	Metall	Nedre grense	Øvre grense
Ag	0.05	1	Li	0.005	10
Al	1.0	50	Mg	0.01	10
Ca	0.01	10	Mn	0.05	10
Cd	0.05	5	Na	0.05	10
Co	0.1	10	Ni	0.2	10
Cr	0.05	10	Pb	0.2	20
Cu	0.05	10	Sr	0.01	10
Fe	0.1	10	Zn	0.01	5
K	0.02	10			

**Prinsipp:** Prøver konservert med salpetersyre, eventuelt tilsatt cesiumklorid (K) eller lantanklorid (Ca), suges inn i en luft/acetylen - lystgass/acetylen flamme hvor elementene atomiseres. Som lyskilde benyttes en hulkatodelampe, der katoden inneholder det metallet som skal bestemmes, eller en "electrodeless discharge lamp". Lampene avgir et linjespektrum som er spesifikt for lampen og det metallet som skal bestemmes. Når lyset passerer gjennom den atomiserte prøven, absorberes det selektivt av dette elementets atomer. Metallkonsentrasjonen bestemmes ved å jevnføre prøvens absorpsjons med kjente kalibreringsløsningers absorpsjons.

### E 2. METALLER, ATOMABSORPSJON GRAFITTOVN

Denne metoden skal benyttes når metallkonsentrasjonene i løsningene er så lave at de ikke kan bestemmes ved atomisering i flamme uten oppkonsentrering (se tabell E-1). Atomisering i grafittovn omfatter bestemmelse av sølv, aluminium, kadmium, kobolt, krom, kobber, jern, mangan, molybden, nikkel, bly, sink, strontium og vanadium. Prøvene kan være naturlig vann, ekstrakter, eller oppslutninger av slam, sedimenter og biologisk materiale. Denne forskriften skal brukes sammen med NIVA's bruksanvisning for Perkin-Elmer 2380/HGA-500. Eventuell forbehandling av prøvene er beskrevet i egne forskrifter. Tabell E-2 nedfor angir nedre og øvre grense ( $\mu\text{g/l}$ ) for bestemmelse av de enkelte metaller med grafittovn, når det injiseres et prøvevolum på 20  $\mu\text{l}$  direkte i grafittørret.



**Tabell E-2. Nedre og øvre grense (µg/l) for bestemmelse av metaller i vandige løsninger når prøven injiseres direkte i grafittovn.**

Metall	Nedre grense	Øvre grense	Metall	Nedre grense	Øvre grense
Ag	0.5	50	Mn	0.5	50
Al	5.0	1000	Mo	5.0	100
Cd	0.1	5	Ni	5.0	100
Co	5.0	100	Pb	0.5	200
Cr	0.5	50	V	5.0	500
Cu	0.5	50	Zn	0.5	20
Fe	5.0	200	Sr	0.5	100

**Prinsipp:** En passende mengde prøve (20-50 µl), konservert med salpetersyre, overføres til et grafitrør 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 elektrodsløse 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.

#### **E 10-1. METALLER, SALPETERSYREOPPSLUTNING I AUTOKLAV**

Denne metoden skal anvendes ved oppslutning av avløpsvann, slam og sedimenter, samt biologisk materiale. Metoden brukes for alle metaller unntatt Titan.

**Prinsipp:** En innveid, eller utpipettert, mengde prøve oppsluttes med salpetersyre i autoklav ved 120 °C. Selve bestemmelsen utføres på den klare væskefasen ved atomabsorpsjon i flamme eller med grafittovn.

#### **E 10-4. METALLER, SALPETERSYREOPPSLUTNING I MIKROBØLGEOVN**

Denne metode skal anvendes ved oppslutning av biologisk materiale med salpetersyre i mikrobølgeovn. Metoden brukes for alle metaller unntatt Titan.

**Prinsipp:** En innveid prøve tilsatt salpetersyre oppsluttes i lukket beholder i mikrobølgeovn. Bestemmelsen utføres på den klare væskefasen ved atomabsorpsjon i flamme, eller med grafittovn.

**E 10-2. METALLER, FLUSSYREOPPSLUTNING**

Denne metoden skal anvendes ved totaloppslutning av slam og sedimenter som skal analyseres med hensyn på metaller. Metoden brukes for følgende metaller (ikke kvikksølv): Al, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, V og Zn.

**Prinsipp:** Maksimum 200 mg frysetørket, homogenisert prøve veies inn i en teflonbombe og tilsettes kongevann og flussyre. Beholderen lukkes og prøven oppsluttes i mikrobølgeovn, lukket system. Etter avkjøling overføres innholdet til en 100 ml målekolbe som på forhånd er tilsatt et overskudd av borsyre. Prøven fortynnes med avionisert vann og rystes på rystemaskin til borsyren er løst. Bestemmelsen av metaller foretas på den klare væskefasen ved atom-absorpsjon i flamme eller med grafittovn.

**E 4-2. KVIKKSØLV, KALDDAMP ATOMABSORPSJON, SLAM etc.**

Denne metoden skal anvendes til avløpsvann, slam, sedimenter og biologisk materiale. Kvikksølv analyseres i våt prøve så raskt som mulig etter prøvetaking eller i homogenisert, frysetørret prøve. Tørking i varmeskap bør unngås p.g.a. tap av flyktige organiske kvikksølv-forbindelser og fordamping av metallisk kvikksølv. Dersom man allikevel velger denne metoden, må temperaturen ikke overstige 80 °C. Deteksjonsgrensen for avløpsvann er 0.1 µg/l, og for faste prøver ved innveining av 1 g tørket materiale 0.01 µg/g.

**Prinsipp:** En nøyaktig innveid mengde prøve oppsluttes ved autoklaving med salpetersyre. Organisk bundet kvikksølv oksideres til toverdig kvikksølv i ioneform ( $Hg^{++}$ ). Deretter reduseres kvikksølvet til elementær tilstand med tinnklorid, og drives ut som damp ved hjelp av helium som bæregass. Kvikksølvet amalgamerer på gullfellen, og blir senere frigjort ved elektrotermisk oppvarming av denne. Bæregassen fører kvikksølvdamper gjennom kvarts-kyvetten hvor absorbanse måles ved 253.7 nm ved kalddamp atomabsorpsjon.

**G 6. TOTALKARBON, FORBRENNINGSMETODE**

Metoden gjelder for bestemmelse av nitrogen og karbon i tørt stoff og i ikke-flyktige, tungt-flytende væsker, samt frafiltrert materiale på glassfiberfiltre. Konsentrasjonsområdet for bestemmelsen er 0.1 % - 100 %. Tørkede prøver må kunne homogeniseres til pulverform da uttaket pr. prøve er fra 0.5 mg til 10 mg. Deteksjonsgrenser

0.1% nitrogen	-	1.0 µg/mg N
0.1% karbon	-	1.0 µg/mg C

For filtre er deteksjonsgrensen avhengig av blindfilterverdiene og mengde filtrert prøve.

**Prinsipp:** Tørr prøve veies inn i tinnkapsler som forbrennes i oksygenmettet heliumgass ved ca. 1800 °C. Ved hjelp av katalysatorer vil forbrenningen bli fullstendig. Overskudd av oksygen fjernes ved hjelp av kobber ved ca. 650 °C. Her reduseres også nitrogenoksyder til  $N_2$ -gass. Forbrenningsgassene passerer deretter en kromatografisk kolonne, og  $N_2$ - og  $CO_2$ -gassene detekteres i en varmetrådsdetektor. Arealet under toppene integreres, og integralverdiene behandles av et PC-programm. Resultatene regnes ut i prosent, skrives ut og lagres på diskett.

## H 2-2. PAH I SEDIMENTER

Metoden benyttes for bestemmelse av PAH i sedimenter. Deteksjonsgrensen avhenger av prøvemengden og er i praksis 0.2 µg/kg tørket materiale.

**Prinsipp:** Prøvene tilsettes indre standarder og PAH ekstraheres i Soxhlet med cyklohexan. Ekstraktet gjengår så ulike renseprosesser for å fjerne forstyrrende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet med GC/FID eller GC/MSD. PAH identifiseres med FID ut fra retensjonstider og med MSD ut fra retensjonstider og forbindelsenes molekylioner. Kvantifisering utføres ved hjelp av de tilsatte indre standarder.

## H 3. PCB

Metodene benyttes for bestemmelse av klororganiske komponenter i sedimenter og slam, renvann og avløpsvann samt ulike typer av biologisk materiale fra det vandige miljø. Med klororganiske komponenter menes i denne sammenheng klorpesticider og polyklorerte bifenylar (PCB).

**Prinsipp:** Prøvene tilsettes indre standard og ekstraheres med organiske løsemidler. Ekstraktene gjennomgår ulike rensetrinn for å fjerne interfererende stoffer. Tilslutt analyseres ekstraktet ved bruk av gasskromatograf utstyrt med elektroninnfangningsdetektor, GC/ECD. De klor-organiske forbindelsene identifiseres utfra de respektives retensjonstider på to kolonner med ulik polaritet. Kvantifisering utføres ved hjelp av indre standard.

## **Norsk institutt for vannforskning**

Postboks 173 Kjelsås  
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,  
oppgi løpenummer 3502-96.

ISBN 82-577-3044-0