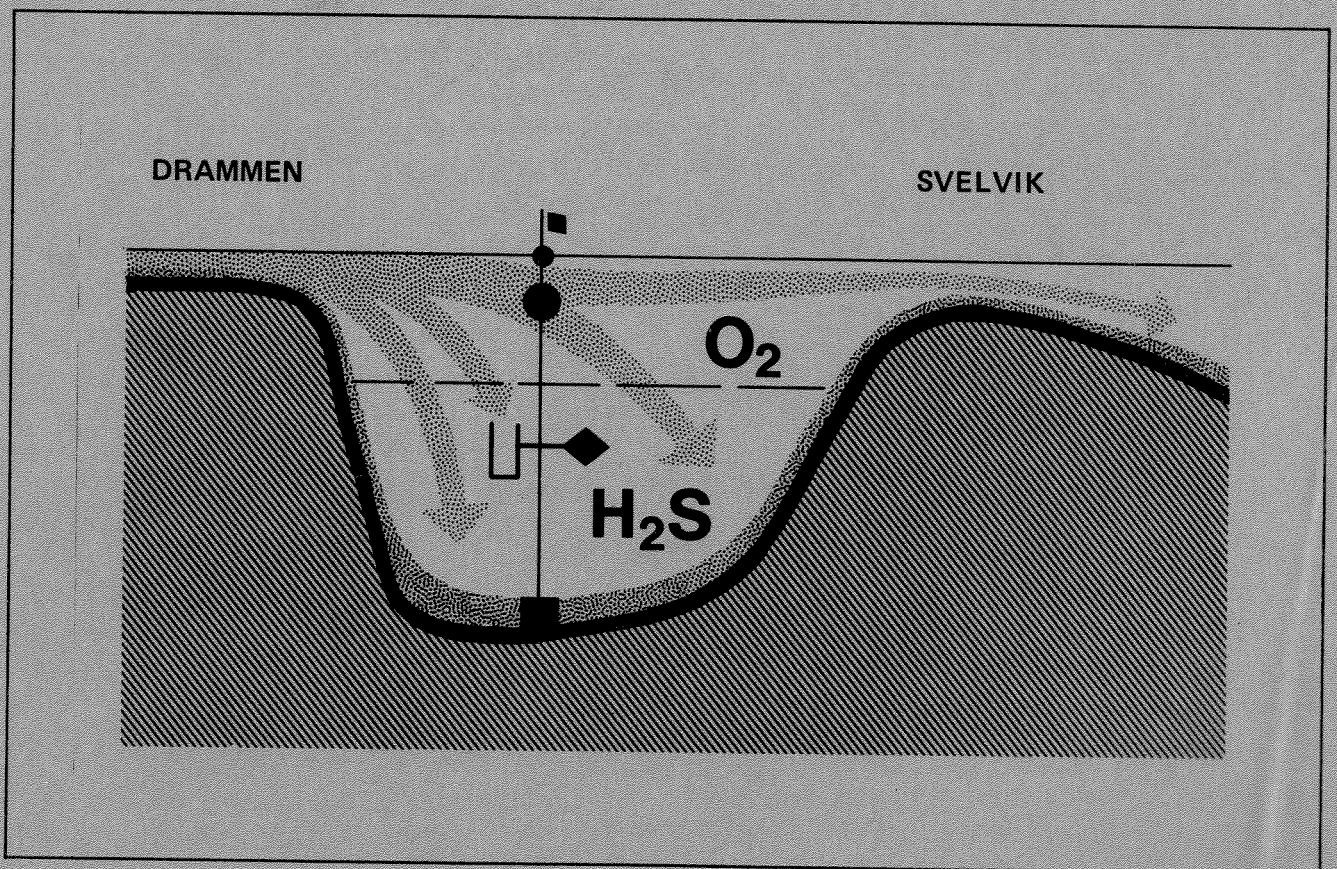


Basisundersøkelse i Drammensfjorden

Delrapport: Sedimenter



NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern
Oslo 3

Rapportnummer: 0-8000315
Undernummer:
Løpenummer: 1664
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Basisundersøkelser i Drammensfjorden 1982/83. Delrapport: Sedimenter (Overvåkningsrapport 158/84)	Dato: 16. august 1984
	Prosjektnummer: 0-8000315
Forfatter(e): Kristoffer Næs	Faggruppe: Hydroøkologi
	Geografisk område: Buskerud
	Antall sider (inkl. bilag): 28

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------


Ekstrakt:

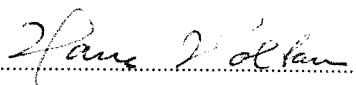
Rapporten beskriver resultater fra sedimentundersøkelser i Drammensfjorden 1982/83. Sedimentene i Drammensfjorden har i dette århundre vært sterkt påvirket av utslipp fra treforedlingsindustrien langs Drammenselva. Variasjonen av organisk materiale i sedimentene samsvarer godt med variasjonen i produksjonen av sulfittcellulose langs elva. Innholdet av metallforurensninger, polyklorerte bifenyler (PCB) og polycykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er moderat til lav. Innholdet av ekstraherbart organisk bundet klor er høyt.

4 emneord, norske: Statlig program
1. Overvåkingsrapport 158/84
2. Drammensfjorden
3. Sedimenter
4. Basisundersøkelser 1982/83

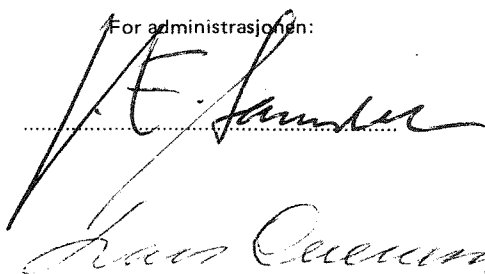
4 emneord, engelske:
1. National monitoring
2. Drammensfjord
3. Sediments
4. Investigations 1982

Prosjektleder:


Divisjonssjef:



For administrasjonen:



ISBN 82-577-0838-0



Statlig program for forurensningsovervåking

0-8000315

BASISUNDERSØKELSER I DRAMMENSFJORDEN

Delrapport : Sedimenter

Statlig program for forurensningsovervåking

Oslo, 16. august 1984

Prosjektleder : Jan Magnusson

Forfatter : Kristoffer Næs

For administrasjonen :

J. E. Samdal

Lars N. Overrein

FORORD

Basisundersøkelsen i Drammensfjorden, under det Statlige program for forurensningsovervåkning, administrert av Statens forurensningstilsyn, startet i 1981. Denne delrapporten er en foreløpig rapport fra sedimentundersøkelsene.

Analysene er utført ved Institutt for energiteknikk (IFE), (EPOCl, -Br, -I), aldersdatering av sedimentene ved Harwell Environmental and Medical Sciences Division, England, og ved NIVAs laboratorier (organisk materiale, fosfor, nitrogen, metaller, PCB, PAH).

Buskerud Fylkes miljøvernmyndighet ved overing. J. Riise takkes for velvillig assistanse i forbindelse med feltarbeid.

Skipper E. Andersen og tekn.ass. F.A. Kjellberg takkes for innsats under feltarbeid og laborant U. Efraimsen for laboratorie-opparbeiding av prøver.

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
FORORD	1
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	4
1. INNLEDNING	6
1.1 Områdebeskrivelse	6
1.2 Tidligere undersøkelser	8
1.3 Problemtyper/problemområder	8
1.4 Mål	9
2. MATERIALE OG METODER	10
3. RESULTATER OG DISKUSJON	12
4. REFERANSER	22
5. APPENDIX	25

TABELLFORTEGNELSE

	Side
1. Stasjonsoversikt	12
2. Overkonsentrasjoner (konsentrasjon i overflaten dividert med bakgrunn) av metaller i overflatesedimentene i Drammensfjorden	19
3. Oversikt over sedimentfelleinnsamlinger	20
A1 (Appendix). Sedimentkonsentrasjoner av totalt organisk karbon, totalnitrogen, totalfosfor, kvikksølv, bly, kobber, sink, krom, kadmium, mangan.	26
A2 (Appendix). Sedimentkonsentrasjoner av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB) ekstraherbart persistent organisk bundet klor og brom (EPOCl, EPOBr)	28

FIGURFORTEGNELSE

1. Oversiktskart over området	7
2. Sedimentstasjoner	11
3. Fordeling av organisk karbon og karbon til nitrogenforhold i sedimentet på stasjonen midtfjords (DRAF-4)	14
4. Sammenligning av organisk karbon i sedimentet midtfjords (DRAF-4) med variasjon i sulfittcelluloseproduksjonen langs Drammenselva	15
5. Vertikalprofil av bly i sedimentet på stasjonen midtfjords (DRAF-4)	17
6. Vertikalprofil av sink i sedimentet på stasjonen midtfjords (DRAF-4)	18

SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

Hovedmålsettingen med undersøkelsen av Drammensfjorden er:

- gi en bred beskrivelse av forurensningstilstanden i fjorden som grunnlag for bedømmelse av nødvendighet og omfang av eventuelle tiltak og eventuell senere overvåking.

Sedimentundersøkelsene har følgende spesifikke mål:

- gi informasjon om konsentrasjon og fordeling av miljøgifter (tungmetaller, klororganiske forbindelser og polysykliske aromatiske hydrokarboner) i sedimentet.
- bestemme tilførsler og omsetting av organisk stoff - belastningsberegninger.

Foreløpig mangel på databearbeidelse av hydrografi, tilførselsberegninger osv. gjør at kun det første målet i hovedsak kan besvares her. Endelig rapportering av sedimentundersøkelsene skjer i sluttrapporten.

Hovedkonklusjonene i denne rapporten er:

- Sedimentene i Drammensfjorden har i dette århundre vært sterkt påvirket av utslipp fra treforedlingsindustrien langs Drammenselva. Variasjonen av organisk innhold i sedimentene samsvarer godt med variasjonen i produksjonen av sulfittcellulose langs elva.
- Innholdet av metallforurensninger (kvikksølv, kopper, sink, krom kadmium), polyklorerte bifenyler (PCB) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) er moderat til lav, lavere enn f.eks. indre Oslofjord og Hvalerområdet.
- Innholdet av ekstraherbart organisk bundet klor er høyt, ca. 40 ganger bakgrunnsverdi (verdi i dypeste del av sedimentkjernen). Det er foreløpig ikke mulig å peke på kilden for denne forurensningen. Nye analyser blir imidlertid gjort for om mulig å besvare dette.

- Sedimentfellene viser at tilførselen av totalt partikulært materiale varierer med en faktor på ~ 50 og i stor grad etter partikkelmengden i Drammenselva. Organisk del av det partikulære materialet var 2,3 - 10,4 % karbon. Metallinnholdet i det sedimenterende materiale er i overensstemmelse med de relativt lave verdiene i sedimentet.

1. INNLEDNING

1.1 Områdebeskrivelse

Drammensfjorden er en sidearm av Oslofjorden. Den kan inndeles i et indre og et ytre fjordområde, henholdsvis innenfor og utenfor Svelvik, Fig. 1. I denne delrapporten betyr "Drammensfjorden" fjorden fra Drammen by til Svelvik.

Drammensfjorden er ca 20 km lang og 1,6-3 km bred. Hovedretning er nord-vest. Fjorden er en typisk terskelfjord med et terskeldyp på ca 10 m ved Svelvik. Største dyp er 124 m rett på innsiden av terskelen (Norges Sjøkartverk v/F.A. Buer, pers.med.). Gjennomsnittsdypet er 74 m (Schaanning, 1983). Bunnen er svært jevn og svakt hellende mot syd. Fjorden har en sterkt begrenset dypvannsutskiftning. Bare unntaksvis observeres oksygen i bunnvannet og da kun i en kortere periode etter utskiftning (Richards, 1965).

To elver har utløp i Drammensfjorden; Drammenselva og Lierelva. Drammenselva, fra Drammensvassdraget, hadde i perioden 1970-80 en gjennomsnittlig vannføring på $260 \text{ m}^3/\text{sek}$ (Schaanning, 1983). Lierelva bidrar med under 10% av dette.

Drammensvassdraget har et nedbørfelt på 17.500 km^2 (NIVA, 1961). Berggrunnen rundt fjorden er dominert av Drammensgranitt, mens den i størstedelen av nedbørfeltet består av pre-kambrisk gneiss.

En stor del av dette området er dekket av kvartære avsetninger som er viktig kildemateriale til sedimentene i fjorden.

Drammenselva går gjennom tett befolkede områder med høy jordbruks- og industriell aktivitet, sistnevnte i hovedsak sulfittcellulose- og papirfabrikker, mekanisk industri og næringsmiddelindustri. Treforedlingsindustrien hadde maksimum produksjon i 1968-70. I dag er produksjonen liten.

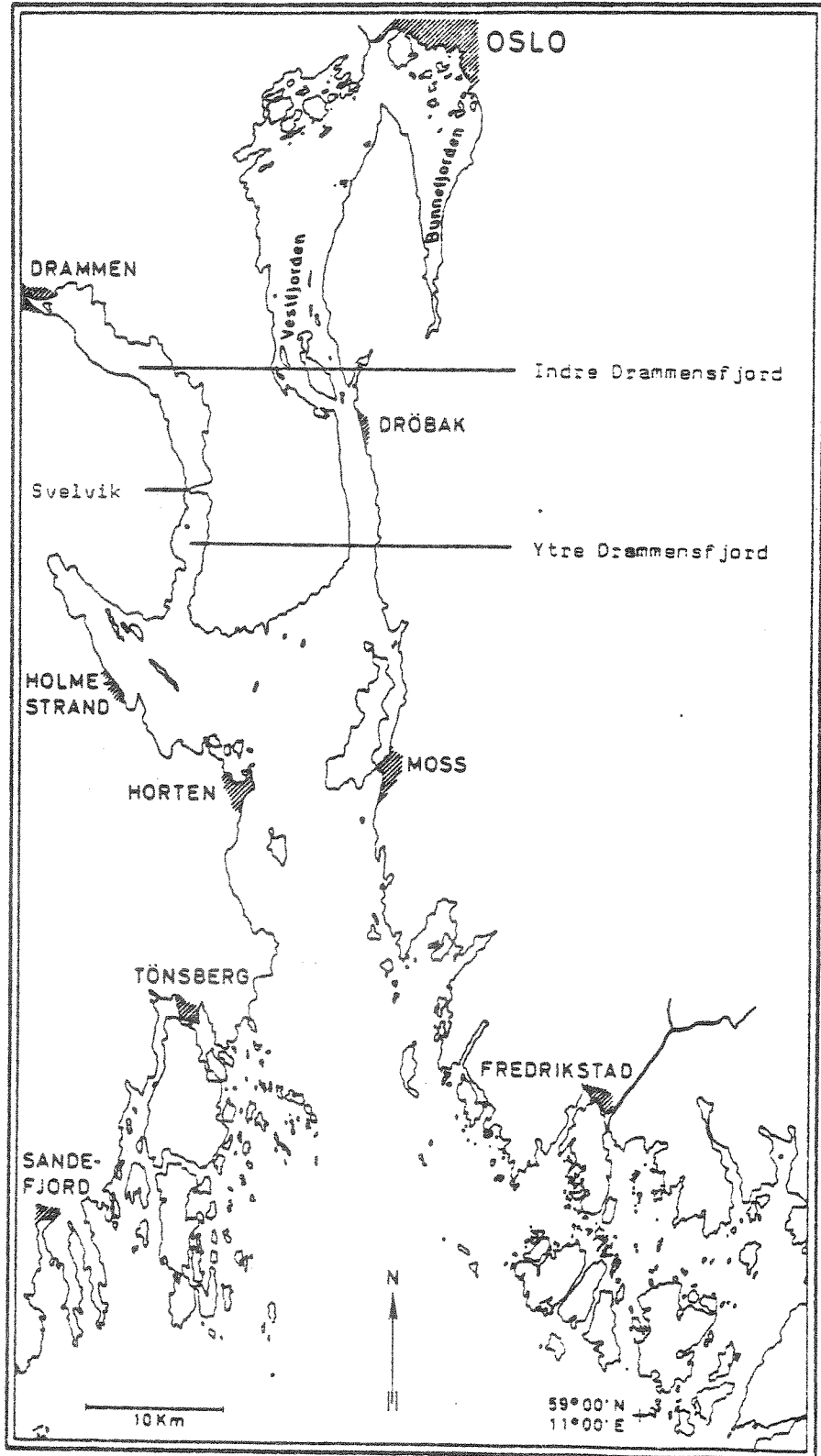


Fig. 1. Oversiktskart over området

1.2 Tidligere undersøkelser

Allerede i 1761 ble sivilisatoriske effekter på elva og fjorden påvist (Essendrop, 1761). Undersøkelser fra århundreskiftet peker på effekter av papirindustrien, f.eks. på laksefiske i fjorden (Rasch, 1873, Schmidt-Nielsen og Printz 1915).

Hydrografiske undersøkelser er utført av Hjort og Gran (1900), Braarud og Ruud (1937) og Beyer (1954 a). Hydrografi/kjemi er også utført av Richards and Benson (1961), NIVA (1961, 1974), Dahl (1970) og Schaanning (1983).

Plantep plankton er undersøkt av Braarud et al. (1958) og dyreplankton av Beyer (1954 b).

Geologiske undersøkelser er utført av Norges Geotekniske Institutt og publisert av Moum et al. (1971) og Richards (1973, 1976).

Overflatesedimenter er undersøkt av Strøm (1936) og Næs (1981).

1.3 Problemtyper/problemområder

Problemområder omfatter i hovedsak:

- Tilførsler av organisk stoff fra jordbruk, industri og kommunal-kloakk
- Tilførsler av tungmetaller, klororganiske- og aromatiske hydrokarbonforbindelser fra industri
- Reguleringsvirkninger
- Tilførsler av bakterier fra kommunal kloakk
- Totaltilførsler fra Drammense lva

1.4 Mål

Hovedmål for undersøkelsen er:

- Gi en bred beskrivelse av forurensningstilstanden i fjorden.

Spesifikke mål

Disse mål søkes å gi svar på i denne sedimentundersøkelsen:

- informasjon om konsentrasjon og fordeling av miljøgifter i sedimentene.
- Bestemme tilførsler og omsetning av organisk stoff - belastningsberegninger.

2. MATERIALE OG METODER

Sedimentkjerner ble innsamlet med en Niemistö "gravity corer" (Niemistö 1974) på syv stasjoner 18-19/8-82 fra "F/F H.H. Gran" (Fig. 2). Kjernene ble snittet i 1 cm tykke skiver. Prøvene ble analysert for fosfor etter svovelsyre/salpetersyre opplutning og karbon/nitrogen ved C/N-elementanalysator. Analyser av metaller (sink, kopper, krom, kvikksølv, kadmium, mangan) ble utført ved atomabsorpsjon etter opplutning med 50% salpetersyre.

Innhold av polyklorerte bifenyler (PCB), ekstraherbart persistent organisk bundet -klor, -brom, -jod (EPOCl, -Br, -I) og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) ble bestemt ved henholdsvis gasskromatografi / electron capture detector etter ekstraksjon med cyclohexan / konsentrert svovelsyre og ved glasskapillargasskromatografi.

Kjerner fra tre stasjoner (DRAF 2, 4, 7) ble aldersdatert ved bly 210 isotopen.

I perioden mai 1982 til juni 1983 ble sedimentfeller (høyde-diameterforhold lik 10) satt ut på tre stasjoner (DRAF 2, 4, 7) i 10, 30 og 60 m dyp. Innholdet av metaller og organisk materiale i sedimentert materiale ble analysert som for sedimentene.



Fig. 2. Sedimentstasjoner

3. RESULTATER OG DISKUSJON

Rådata finnes i appendixtabellene A1, 2.

Tabell 1. Stasjonsoversikt

Stasjon	Beliggenhet	Vann-dyp m	Sedimenter/ sedimentfelle	Anm. Vann over sediment
DRAF 1	v/Lierstranda	30	+/-	Anoksisk
DRAF 2	v/Gullaug	67	+/+	"
DRAF 3	v/Kusteinbukta	90	+/-	"
DRAF 4	v/Sandtangen	110	+/+	"
DRAF 5	Pampus	25	+/-	Oksisk
DRAF 6	v/Selvikstranda	115	+/-	Anoksisk
DRAF 7	Dramstadbukta	123	+/+	"
DRAF 8	v/Rødtangen	75	+/-	Oksisk

Organisk materiale i sedimentet

Det organiske materiale i sedimentet har to hovedkilder: Terrestrisk - i hovedsak plantemateriale og marint - i hovedsak plankton. Generelt var konsentrasjonene i overflatesedimentet ca 3% organisk karbon som er sammenlignbare med f.eks. Bunnefjorden (Egeberg 1983). Det er små horisontale forskjeller, muligens noe høyere verdier nærmere Drammen.

Sammenstilling av organisk karbon og nitrogen uttrykt ved karbon til nitrogen forholdstall (C/N), gir informasjon om typen av det organiske materiale. Forholdstallet for planteplankton er ca 6, mens terrestrisk vegetasjon, på grunn av cellulose og ligning, har høye forholdstall (gjerne >20, Pocklington 1976). I Drammensfjorden finner vi forholdstall i området 15-25, og sedimentene er derfor i stor grad påvirket av terrestrisk materiale. Dette kan skyldes både avrenning fra omliggende områder og tilførsler fra papir- og celluloseindustrien langs Drammenselva. Påvirkningen på sedimentene avtar med økende avstand fra utløpet av elva.

En vertikalprofil i sedimentet kan gi informasjon om historisk utvikling i belastning. Fig. 3 viser en slik profil av organisk karbon og forholdstallet mellom karbon og nitrogen (C/N) på en stasjon midtfjords (DRAF 4). Konsentrasjonen av organisk karbon er avtagende fra ca 10 cm til ca 25 cm dyp i sedimentet.

Oksydasjon av organisk materiale i det anoksiske sedimentet i Drammensfjorden er i hovedsak avhengig av sulfatreduserende bakterier. Nedbrytningen er begrenset til en metaboliserbar del av materialet. Ved bakteriell nedbrytning av organisk materiale observeres det generelt en økning i forholdet karbon til nitrogen med sedimentdypet, som følge av hurtig nedbrytning av nitrogenholdige forbindelser (Stevenson and Cheng, 1972, Goldhaber and Kaplan, 1980). I Drammensfjorden er imidlertid C/N-verdiene i nivået dypere enn ca 20 cm på DRAF 4 signifikant (95% konfidensnivå) lavere enn verdiene høyere opp i sedimentkjernen. Dette tyder på forskjell i kvalitet av det organiske materiale over og under ca 20 cm dyp på denne stasjonen. Nedgangen i organisk karbon fra ca 4% i 6-8 cm dyp til ca 1% i 25 cm dyp kan derfor vanskelig skyldes bakteriell oksydasjon alene, men også forandring i tilførsel av terrestrisk dominert, vanskelig nedbrytbart organisk materiale.

Sammenlignes vertikalprofilen av organisk karbon med produksjonen av sulfittcellulose langs Drammenselva (A/S Follum Fabrikker, Hønefoss inkl.), Fig. 4, er det svært god sammenheng mellom variasjonen av organisk materiale i sedimentet og sulfittcellulose-produksjonen. Konklusjonen blir derfor at belastningen på fjorden i hovedsak skyldes utslipp fra treforedlingsindustrien. Noe spekulativt er naturlig bakgrunnsfordeling og forurensning skissert i Fig 4. Det er interessant å merke seg at figuren antyder at belastningen på fjorden i dag kan være nær naturlig bakgrunn. Forsøk på å se dagens belastning i lys av vannutskiftning og kapasitet i resipienten, vil ikke bli gjort her, men forsøkt i sluttrapporten når andre nødvendige hydrografiske data foreligger.

NIVA: 1984-4 -5

DRAMMENSFJORDEN ST. DRAF-4

Vertikalprofil sedimenter

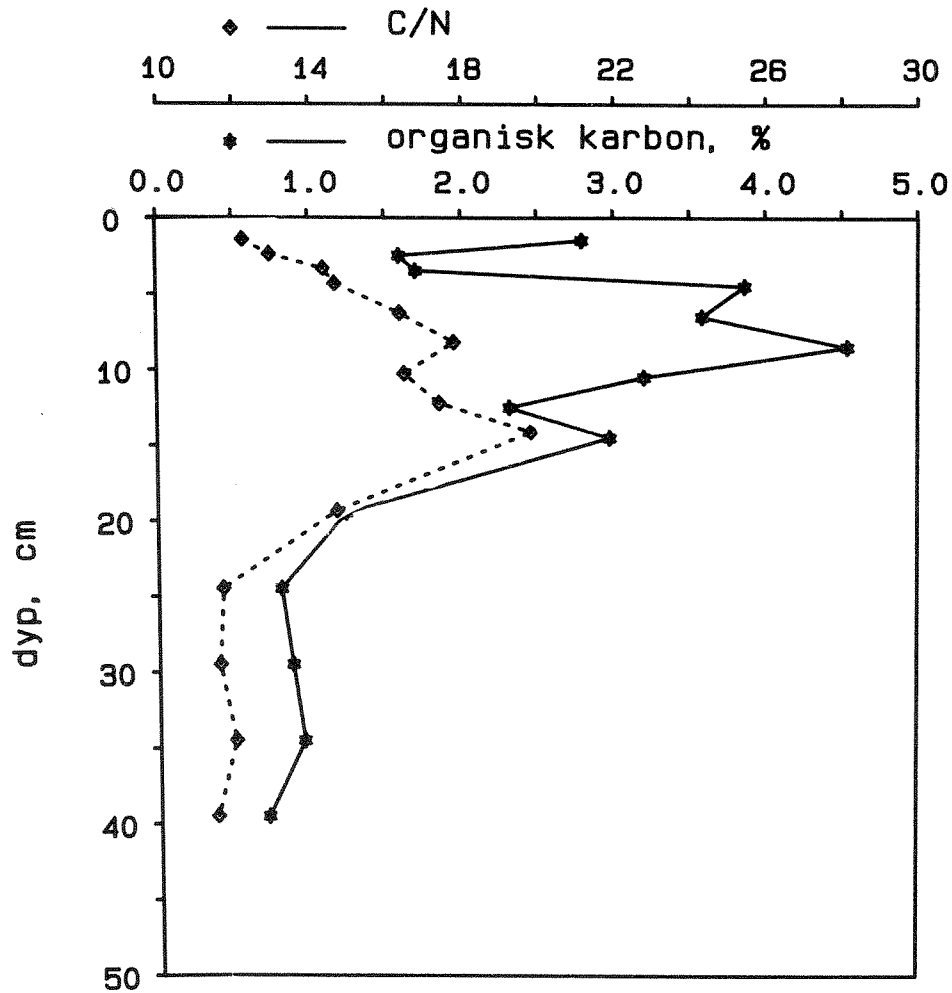


Fig. 3. Fordeling av organisk karbon (% tørrvekt) og karbon til nitrogen-forhold (C/N) i sedimentet på stasjonen midtfjords (DRAF-4).

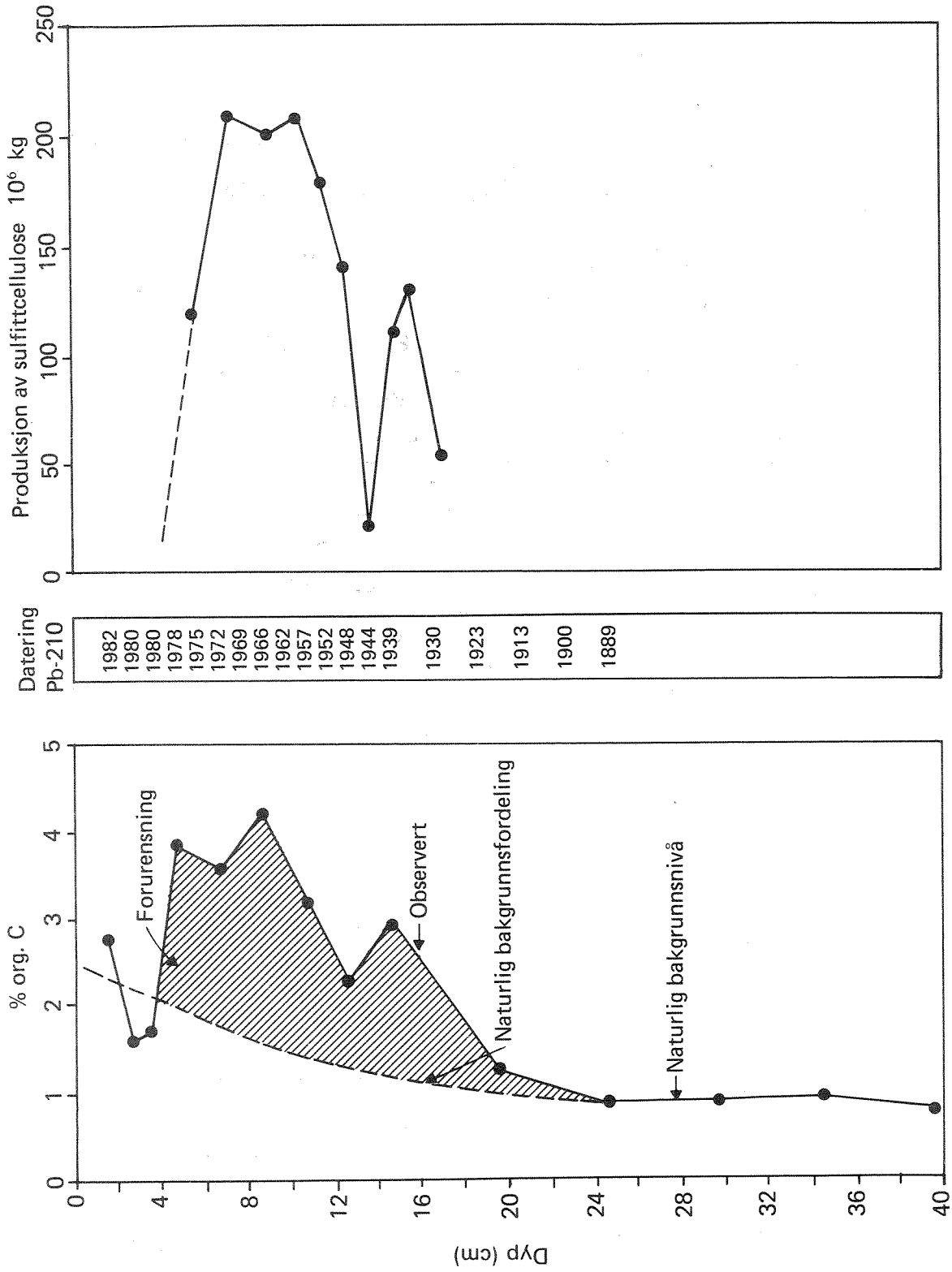


Fig. 4. Sammenlikning av organisk karbon i sedimentet midtfjords (DRAF-4) med variasjon i sulfittcellulose-produksjonen langs Drammenselva, A/S Follum Fabriker inkl. (etter Næs 1981). Størrelsen på det skraverte feltet er spekulativ.

Metaller i sedimentene

Metaller tilføres sedimentene naturlig med elvetilførte partikler/avrenning fra land og som forurensninger fra sivilisatoriske aktiviteter. Generelt var konsentrasjonene i overflatesedimentene i Drammensfjorden (tørrvektbasis):

Kvikksølv: 0,10-0,34 µg/g,

Bly: 42-76 µg/g

Kopper: 39-64 µg/g (213: DRAF 4, 0-1 cm, trolig forurensning av prøven eller analysefeil)

Sink: 121-175 µg/g

Krom: 30-41 µg/g

Kadmium: 0,09-0,99 µg/g.

Det var ingen klare horisontale trender. Verdiene er relativt lave, lavere enn det man generelt finner i indre Oslofjord (NIVA 1978, Egeberg 1983) eller Hvalerområdet (Næs 1983).

Imidlertid er det klare vertikale forskjeller. Figurene 5 og 6 viser vertikalprofil av bly og sink på stasjonen midtfjords, DRAF 4. Formen på profilene er representative for alle metallene og i stor grad lik den for organisk karbon, Fig. 3. Det er derfor naturlig å anta at metallene i stor grad er knyttet til det organiske materiale. Imidlertid gir mangel på opplysninger i historisk perspektiv det vanskelig å fastslå om det har vært økte metalltilførsler til fjorden svarende til maksimummet på kurven. Organisk materiale har stor evne til å binde til seg metaller. Økt utslipp fra treforedlingsindustrien av organisk materiale kan ha ført til økt adsorpsjon av tilgjengelig metall og dermed økt fluks til sedimentene.

Ser vi på overflatesedimentene, som representerer situasjonen de siste årene, og sammenligner med bakgrunnsverdier (i sedimentdypet) er overkonsentrasjonene (tabell 2):

NIVA: 1984-4 -5

DRAMMENSFJORDEN ST. DRAF-4

Vertikalprofil sedimenter

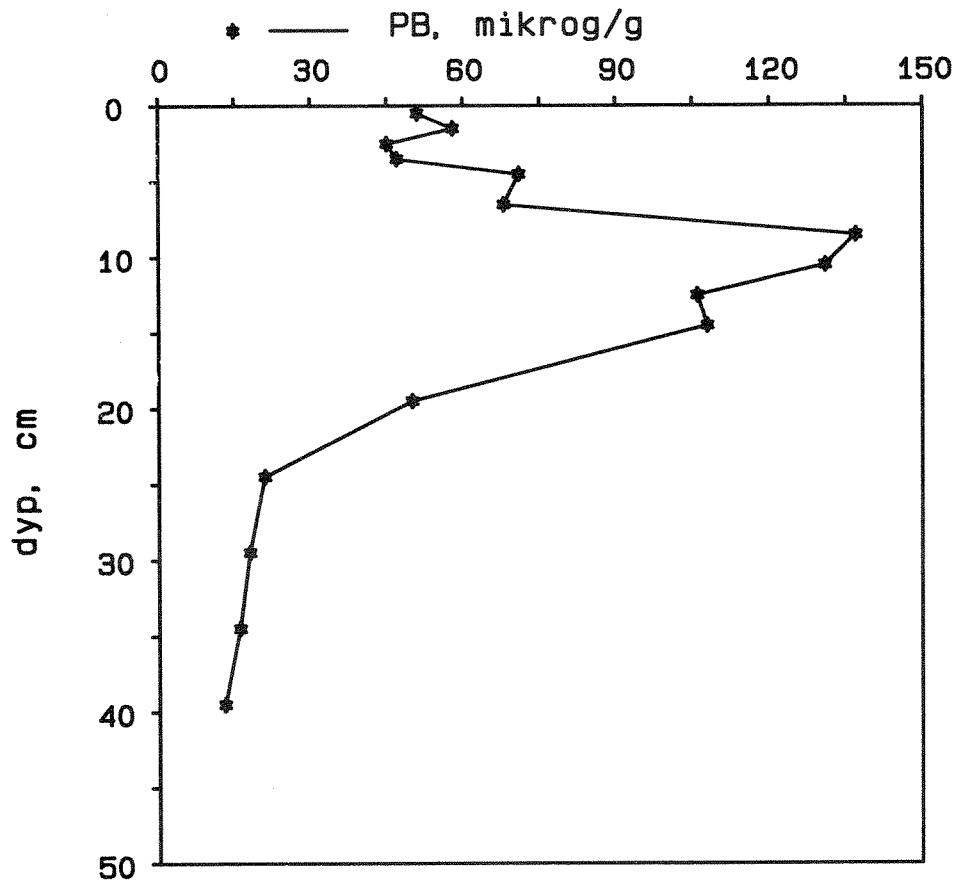


Fig. 5. Vertikalprofil av bly i sedimentet ($\mu\text{g/g}$ tørrvekt) på stasjonen midtfjords (DRAF-4).

NIVA: 1984-4 -5

DRAMMENSFJORDEN ST. DRAF-4

Vertikalprofil sedimenter

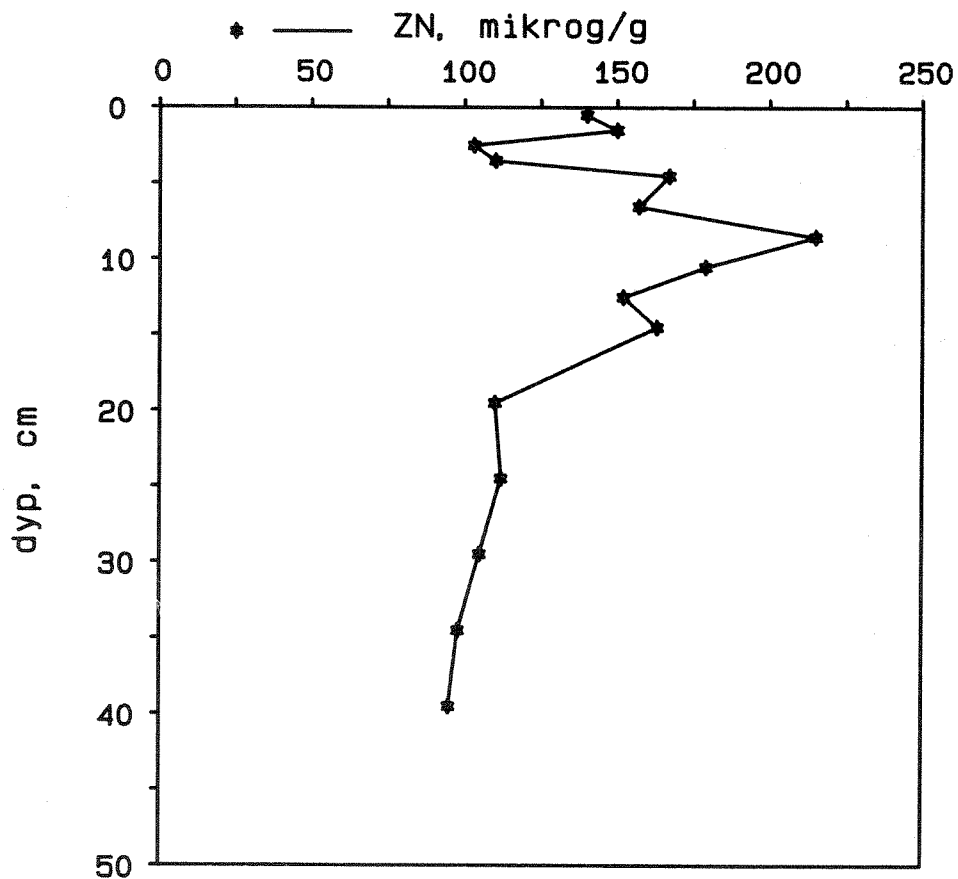


Fig. 6. Vertikalprofil av sink i sedimentet ($\mu\text{g/g}$ tørrvekt) på stasjonen midtfjords (DRAF-4).

Tabell 2. Overkonsentrasjoner (konsentrasjon i overflaten dividert med bakgrunn) av metaller i overflatesedimentene i Drammensfjorden.

	Kvikksølv	Bly	Kobber	Sink	Krom	Kadmium
Overkonsentrasjon	2-7	3-6	1-2	1-3	~1	1-10

Klororganiske mikroforurensninger

Innholdet av ekstraherbart persistent organisk bundet klor (EPOCl) i overflatesedimentet var høyt innerst og midtfjords med verdier på henholdsvis 8,7 (DRAF 2) og 4,2 µg/g (DRAF 4). Dette er i størrelsesorden 40x antatt bakgrunnsverdi og til sammenligning 1/4 av konsentrasjonen i de sterkest påvirkede områdene i Kristiansandsfjorden. Det er foreløpig ikke mulig å peke på kildene, men prøver vil bli sendt til nærmere kvantifisering og identifisering av enkeltkomponentene for om mulig å besvare dette spørsmålet.

Konsentrasjonen av polyklorerte bifenyler (PCB) var lave, 6,7-33 ng/g (= ppb) i overflatesedimentene. Verdier på 45-575 ng/g er funnet i overflatesedimentene i indre Oslofjord. (Abdullah et al. 1982) og 18-1800 ng/g i Hvalerområdet (Næs 1983).

Polyaromatiske hydrokarboner (PAH)

Overflatesedimentet inneholdt 1200-1600 ng/g. Dette er 6-8 ganger bakgrunn (i sedimenttypet) og i samme størrelsesorden som for Hvalerområdet (Næs 1983).

Både klororganiske mikroforurensninger og polysykliske aromatiske hydrokarboner viser samme vertikale profil som organisk materiale og metaller med et profil maksimum ca. to ganger konsentrasjonen i overflatesedimentet.

Sedimentfelleundersøkelser

Rådata presenteres ikke i denne rapporten, men i den senere samlerapporten.

Sedimentfelleundersøkelsene har gitt særdeles verdifull informasjon om tilførsler, transport og sedimentering over en årssyklus. Det er håp om på grunnlag av disse resultatene, å sette opp stoffbudsjett for fjorden.

Følgende innsamlinger er gjort:

Tabell 3. Oversikt over sedimentfelle-innsamlinger

Periode	Stasjon/Dyp (m)	Parameter
7/6-31/6-82	DRAF 1/10,20,60	Total partikulært materiale Konsentrasjon og fluks av: C,N,P,Fe,Mn,Cu,Pb,Cd
	DRAF 2/10,30	
	DRAF 3/10,30,60	
31/6-19/8-82	DRAF 1/10,30,60	_____ " _____
	DRAF 2/ — " —	_____ " _____
	DRAF 3/ — " —	_____ " _____
19/8-28/9-82	DRAF 1/10,30,60	_____ " _____
	DRAF 3/ — " —	_____ " _____
28/2-22/10-82	_____ " _____	_____ " _____
13/4-25/5-83	DRAF 1/30,60	_____ " _____
	DRAF 2/30	_____ " _____
	DRAF 3/30,60	_____ " _____
25/5-17/6-83	DRAF 1/30,60	_____ " _____
	DRAF 2/ — " —	_____ " _____
	DRAF 3/ — " —	_____ " _____

Et generelt og foreløpig bilde av undersøkelsene blir gitt her.

Mengden av materiale som sedimenterer varierte som ventet sterkt i tid og rom. På stasjonen nær Drammen, DRAF 2, var fluksen av totalt partikulært materiale $2,0 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ på 60 m i juli/august 1982, mens det i mai 1983 var $92 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. De høyeste mengdene samsvarer med høyeste partikkelmengde i Drammenselva. I tilsvarende perioder var mengden på en stasjon nær Svelvik, DRAF 7, henholdsvis $3,7$ og $3,6 \text{ mg m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Organisk del av det partikulære materiale varierte fra 2,3 til 10,4% karbon. Generelt var andelen noe større på stasjonen nær Drammen. Det organiske materiale var her i stor grad av terrestrisk opprinnelse. På stasjonen nær Svelvik, DRAF 7, er prosentvis del organisk materiale generelt noe lavere, men mere påvirket av planktonisk materiale. Observasjonene er i overensstemmelse med det man ser i sedimentene.

Konsentrasjonen av metallene kopper, bly og kadmium stemte generelt godt overens med verdiene i overflatesedimentet.

4. REFERANSER

- Abdullah, M.I., O. Ringstad and N.J. Kveseth, 1982. Polychlorinated biphenyls in the sediments of the inner Oslofjord. *Wat. Air. Soil Pollut.*, 18:485-497.
- Beyer, F., 1954, a. Studies of a threshold fjord - Dramsfjord - in Southern Norway. I. Hydrography. Master's Thesis Part I. Univ. Oslo, Fac. Sci. 163 pp.
- Beyer, F., 1954, b. Studies of a threshold fjord - Dramsfjord - in Southern Norway. II. Zooplankton. Master's Thesis Part II. Univ. Oslo, Fac. Sci. 59 pp.
- Braarud, T., B. Føyn and G.R. Hasle, 1958. The marine and fresh-water phytoplankton of the Dramsfjord and the adjacent part of the Oslofjord March - December 1951. *Hvalråd. Skr.*, 43: 1-102.
- Braarud, T. and J.T. Ruud, 1937. The hydrographic condition and areation of the Oslofjord 1933-34. *Hvalråd. Skr.*, 15: 1-56.
- Dahl, F.E., 1970. Utskiftning og sirkulasjon i Drammensfjorden. Hovefagsoppgave i geofysikk, Universitetet i Oslo, 77 pp.
- Egeberg, P.K., 1983. A geochemical survey of sediments and pore waters from the inner Oslofjord. Cand. real theses, Inst. for Marine Biology and Limnology, University of Oslo. 163 pp.
- Essendrop, J., 1761. *Physisk Oeconomisk Beskrivelse over Lier Præstegield i Aggerhuus Stift i Norge*. København. 205 pp.
- Goldhaber, M.B. and I.R. Kaplan, 1980. Mechanisms of sulfur incorporation and isotope fractionation during early diagenesis in sediments of the Gulf of California. *Mar. Chem.*, 9: 95-143.
- Hjort, J. and H.H. Gran, 1900. Hydrographic-biological investigations of the Skagerak and the Christiania fjord. *Rep. Norw. Fish. mar. Invest.*, 1: 1-45.

- Moum, J., T. Løken and J.K. Torrance, 1971. A geochemical investigation of the sensitivity of a normally consolidated clay from Drammen, Norway. *Geotechnique*, 21: 329-340.
- Niemistö, L. 1974. A gravity corer for studies of soft sediments. *Havforskningsinst. Skr. Helsinki*, 238: 33-38.
- NIVA 1961. Undersøkelse av forurensningen i Dramselva i 1959. Norsk institutt for vannforskning, Blindern. 0-118. Saksbehandler: K. Baalsrud, 64 s.
- NIVA 1974. Resipientundersøkelser av Drammelselva og Drammensfjorden. Rapport nr. 1. Generelle forhold - Tidligere undersøkelser - Forurensningstilførsler. 0-73/73. Norsk institutt for vannforskning, Blindern. Forfattere: J. Molvær, J. Knutzen, T. Bokn, 56 s.
- NIVA, 1978. Undersøkelser av hydrografiske og biologiske forhold i indre Oslofjord. Overvåkningsprogram-årsrapport 1978. Forfattere: L. Kirkerud, J. Magnusson, G. Nilsen, J. Skei. 81 s.
- Næs, K., 1981. Kjemiske undersøkelser av overflatesedimentet i indre Drammensfjord. Cand. real. oppgave, Inst. for marin biologi og limnologi, Universitetet i Oslo. 97 s.
- Næs, K., 1983. Basisundersøkelse i Hvalerområdet og Singlefjorden. Løste metaller, suspendert materiale i bunnsedimentene. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapp. 70/83, 100 s. SFT/NIVA, Oslo.
- Pocklington, R., 1976. Terrigenous organic matter in surface sediments from the Gulf of St. Lawrence. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 33: 93-97.
- Rasch, H., 1873. Er sagflisen en saa væsentlig hindring for laxens opgang i vore elve som man i almindelighed antager? *Meddelelser fra Norsk Jæger- og Fisker-Forening, Kristiania.* : 56-58.
- Richards, F.A., 1973. Geotechnical properties of submarine soil, Oslofjorden and vicinity, Norway. Norwegian Geotechnical Institute, Technical Report No. 13. 107 pp.

- Richards, F.A., 1976. Marine geotechnics of the Oslofjord Region. Pp. 41-62 in N. Janbu, F. Jørstad and B. Kjærnsli (eds.) Laurits Bjerum Memorial Volume. Contribution to Soil Mechanics. Norwegian Geotechnical Institute.
- Richards, F.A. and B.B. Benson, 1961. Nitrogen/argon isotope ratios in two anaerobic environments, the Cariaco Trench in the Caribbean Sea and Dramsfjord, Norway. *Deep Sea Res.*, 7 : 254-264.
- Schaanning, M., 1983. Chemical investigations in the Inner Drammensfjord, an anoxic basin, with particular reference to various redox and solubility equilibria. Cand.real. theses, Inst. for Marine Biology and Limnology, University of Oslo. 154 pp.
- Schmidt-Nielsen, S. og H. Printz, 1915. Drammenselven ved Træmasse-, Cellulose- og Papirfabrikerne 1911 og 1912. Biologiske og Kemiske Undersøkelser paa Foranstaltning av Landbruksdepartementet. Kristiania. 141 pp.
- Stevenson, F.J. and C.-N. Cheng, 1972. Organic geochemistry of the Argentine Basin sediments: Carbon-nitrogen relationships and Quaternary correlations. *Geochim. cosmochim. Acta*, 36: 653-671.
- Strøm, K.M., 1936. Land-locked waters. *Skr. norske Vidensk.-Akad. Mat.-naturv. Kl. I*, 7: 1-88.

A P P E N D I X

Tabell A1. Sedimentkonsentrasjoner (tørt sediment) av totalt organisk karbon (TOC), totalnitrogen (TOT-N), totalfosfor (TOT-P) i % og kvikksølv (Hg), bly (Pb), kobber (Cu), sink (Zn), krom (Cr), kadmium (Cd), mangan (Mn) i µg/g. C/N = karbon til nitrogen (vektbasis).

STA-KODE	DATE	DYP-SED	TOC-SED	TOT-N-SED	TOT-P-SED	C/N-SED	N/P-SED	HG-SED	PB-SED	CU-SED	ZN-SED	CR-SED	CD-SED	MN-SED
DRAF-1	820818	0-1		0.192	0.067			0.2	69.	64.	135.	33.	0.36	
DRAF-1	820818	1-2			0.066			0.15	52.	52.	154.	32.	0.5	
DRAF-1	820818	2-3			0.092			0.35	58.	73.	160.	33.	0.38	
DRAF-1	820818	3-4			0.067			0.3	60.	55.	172.	33.	0.42	
DRAF-1	820818	4-5			0.066			0.25	89.	54.	166.	33.	0.46	
DRAF-2	820818	0-1	3.27	0.22	0.066	14.9		0.15	42.	52.	153.	30.	0.99	
DRAF-2	820818	1-2	3.41	0.22	0.068	15.5		0.15	61.	53.	152.	33.	0.53	
DRAF-2	820818	2-3	3.24	0.2	0.064	16.2		0.2	54.	57.	155.	30.	0.42	
DRAF-2	820818	3-4	2.99	0.17	0.062	17.6		0.2	47.	52.	148.	27.	0.57	
DRAF-2	820818	4-5	2.98	0.17	0.058	17.5		0.19	51.	51.	132.	29.	0.43	
DRAF-2	820818	6-7	3.64	0.19	0.064	19.2		0.48	57.	74.	145.	36.	0.62	
DRAF-2	820818	8-9	4.77	0.22	0.067	21.7		0.52	62.	75.	145.	36.	0.8	
DRAF-2	820818	10-11	2.77	0.14	0.062	19.8		0.55	48.	48.	123.	35.	0.48	
DRAF-2	820818	11-12	3.1	0.16	0.063	19.4		0.66	78.	71.	136.	51.	0.63	
DRAF-2	820818	12-13	2.5	0.14	0.06	17.9		0.61	61.	61.	132.	48.	0.51	
DRAF-2	820818	13-14	2.97	0.15	0.062	19.8		0.78	90.	66.	144.	46.	0.56	
DRAF-2	820818	14-15	2.44	0.13	0.06	18.8		0.67	85.	59.	133.	33.	0.49	
DRAF-2	820818	19-20	1.76	0.1	0.059	17.6		0.2	79.	52.	113.	27.	0.39	
DRAF-2	820818	24-25	1.32	0.05	0.061	26.4		0.21	33.	49.	97.	13.	0.38	
DRAF-2	820818	29-30	1.3	0.08	0.059	16.3		0.05	44.	42.	98.	25.	0.21	
DRAF-2	820818	34-35	0.93	0.07	0.063	13.3		0.05	48.	45.	138.	25.	0.18	
DRAF-2	820818	39-40	0.78	0.06	0.07	13.		<0.05	14.	40.	87.	22.	0.1	
DRAF-3	820818	0-1			0.061			0.1	50.	50.	148.	30.	0.53	
DRAF-3	820818	1-2			0.062			0.15	64.	99.	183.	31.	0.53	
DRAF-3	820818	2-3			0.064			0.2	59.	71.	178.	28.	0.56	
DRAF-3	820818	3-4			0.064			0.2	64.	79.	156.	33.	0.46	
DRAF-3	820818	4-5			0.065			0.46	74.	89.	189.	38.	0.79	
DRAF-4	820818	0-1						0.26	51.	214.	140.	31.	0.33	270.
DRAF-4	820818	1-2	2.8	0.23	0.063	12.3		0.15	58.	51.	150.	36.	0.61	400.
DRAF-4	820818	2-3	1.6	0.12	0.052	13.		0.2	45.	45.	103.	28.	0.18	465.
DRAF-4	820818	3-4	1.71	0.13	0.058	14.4		0.2	47.	40.	110.	30.	0.25	430.
DRAF-4	820818	4-5	3.87	0.26	0.063	14.7		0.2	71.	71.	167.	38.	0.71	485.
DRAF-4	820818	6-7	3.59	0.22	0.061	16.4		0.87	68.	83.	157.	46.	0.85	505.
DRAF-4	820818	8-9	4.54	0.25	0.059	17.8		1.76	137.	98.	215.	66.	1.	630.
DRAF-4	820818	10-11	3.21	0.19	0.062	16.5		0.66	131.	68.	179.	48.	0.5	738.
DRAF-4	820818	12-13	2.33	0.13	0.061	17.4		0.45	106.	61.	152.	33.	0.4	621.
DRAF-4	820818	14-15	2.99	0.15	0.059	19.8		0.58	108.	84.	163.	34.	0.48	783.
DRAF-4	820818	19-20	1.27	0.09	0.056	14.7		0.1	50.	45.	110.	30.	0.16	713.
DRAF-4	820818	24-25	0.85	0.07	0.059	11.7		0.05	21.	47.	112.	27.	0.09	788.
DRAF-4	820818	29-30	0.93	0.08	0.05	11.6		0.05	18.	47.	105.	30.	0.12	620.
DRAF-4	820818	34-35	1.01	0.08	0.062	12.		0.05	16.	45.	98.	33.	0.17	570.
DRAF-4	820818	39-40	0.78	0.07	0.062	11.5		<0.05	13.	35.	95.	30.	0.07	2620.

Tabell A1 forts.

STA-KODE	DATA	DYP-SED	TOC-SED	TOT-N-SED	TOT-P-SED	C/N-SED	N/P-SED	HG-SED	PB-SED	CU-SED	ZN-SED	CR-SED	CD-SED	MN-SED
DRAF-5	820818	0-1			0.153			0.3	76.	46.	167.	41.	0.09	
DRAF-5	820818	1-2			0.122			0.35	98.	50.	178.	43.	0.12	
DRAF-5	820818	2-3			0.06			0.56	115.	64.	181.	43.	0.1	
DRAF-5	820818	3-4			0.062			0.8	130.	77.	189.	47.	0.1	
DRAF-5	820818	4-5			0.06			0.9	159.	70.	194.	45.	0.12	
DRAF-6	820818	0-1			0.058			0.25	60.	52.	175.	37.	0.6	
DRAF-6	820818	1-2			0.053			0.2	64.	76.	197.	34.	0.93	
DRAF-6	820818	2-3			0.058			0.35	96.	71.	186.	40.	0.71	
DRAF-6	820818	3-4			0.03			0.44	72.	77.	207.	42.	0.84	
DRAF-7	820818	0-1	2.17	0.13	0.061	16.7		0.34	59.	39.	121.	30.	0.22	
DRAF-7	820818	1-2	2.65	0.24	0.061	11.		0.31	62.	44.	152.	31.	0.59	
DRAF-7	820818	2-3	2.51	0.22	0.055	11.4		0.31	62.	41.	148.	34.	0.3	
DRAF-7	820818	3-4	11.8	0.26	0.029	11.8		0.25	58.	68.	186.	33.	0.76	
DRAF-7	820818	4-5	2.57	0.2	0.056	12.9		0.31	64.	49.	150.	33.	0.41	
DRAF-7	820818	6-7	3.54	0.26	0.057	13.6		0.49	66.	79.	179.	37.	0.69	
DRAF-7	820818	8-9	3.05	0.2	0.053	15.3		0.85	63.	75.	155.	40.	0.65	
DRAF-7	820818	10-11	3.37	0.23	0.064	14.7		1.21	76.	78.	174.	58.	0.73	
DRAF-7	820818	12-13	2.06	0.14	0.049	14.7		0.7	60.	53.	138.	40.	0.32	
DRAF-7	820818	14-15	2.6	0.16	0.055	16.3		1.11	103.	58.	151.	38.	0.58	
DRAF-7	820818	19-20	1.35	0.1	0.045	13.5		0.45	63.	45.	125.	33.	0.18	
DRAF-7	820818	24-25	1.79	0.12	0.056	14.9		0.2	68.	43.	134.	30.	0.15	
DRAF-7	820818	29-30	2.3	0.14	0.04	16.4		0.51	116.	56.	164.	28.	0.46	
DRAF-7	820818	34-35	1.11	0.08	0.054	13.9		0.2	42.	34.	105.	25.	0.13	
DRAF-7	820818	39-40	1.38	0.1	0.058	13.8		0.2	42.	42.	124.	27.	0.17	
DRAF-8	820818	0-1			0.06			0.24	74.	43.	138.	33.	0.06	
DRAF-8	820818	1-2			0.091			0.26	59.	41.	138.	33.	0.05	
DRAF-8	820818	2-3			0.064			0.3	73.	35.	136.	33.	0.1	
DRAF-8	820818	3-4			0.061			0.34	70.	39.	137.	31.	0.07	
DRAF-8	820818	4-5			0.06			0.3	68.	35.	136.	30.	0.06	

Tabell A2. Sedimentkonsentrasjoner (tørt sediment) av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), polyklorerte bifenyler (PCB), ekstraherbart persistent organisk bundet klor og -brom (EPOCl, EPOBr) i ng/g.
- = ikke detekterbar.

Sta-kode	Dato	Dyp sed.	PAH	PCB	EPOCl	EPOBr
DRAF2	820818	0-4	1311	15.1	8.7	0.04
DRAF4	820818	0-2	1634	6.7	4.2	0.11
		2-4	1350	10.9	9.0	0.10
		6-8	3182	59.7	3.9	-
		10-12	1947	20.4	2.1	-
		16-18	1204	1.8	0.8	-
		20-25	354	0.4	0.2	-
		25-30	217	0.6	1.3	-
DRAF7	820818	0-2	1346	33.3	-	-



Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder**

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

For å sikre den praktiske koordineringen av overvåkingen av luft, nedbør, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder og for å få en helhetlig tolkning av måleresultatene er det opprettet et arbeidsutvalg.

Følgende institusjoner deltar i arbeidsutvalget:

**Direktoratet for vilt og ferskvannsfisk (DVF)
Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt (FHI)
Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)
Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
Statens forurensningstilsyn (SFT)**

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter blir publisert i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100, Dep. Oslo 1, tlf. 02 - 22 98 10.