



Statlig program for 2507  
forurensningsovervåking

# Notat

Oppdragsgiver

Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon

Biologisk institutt, UiO

## Eutrofi- situasjonen i YTRE OSLOFJORD

DELPROSJEKT 3.10

Sedimentanalyser



# NIVA – RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

<b>Hovedkontor</b> Postboks 69, Korsvoll 0808 Oslo 8 Telefon (02) 23 52 80 Telefax (02) 39 41 89	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (041) 43 033 Telefax (041) 43 033	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (065) 76 752 Telefax (065) 78 402	<b>Vestlandsavdelingen</b> Breiviken 5 5035 Bergen-Sandviken Telefon (05) 95 17 00 Telefax (05) 25 78 90
--	---	--	--

Prosjektnr.: 8801112
Undernummer:
Løpenummer: 2507
Begrenset distribusjon: Åpen

Rapportens tittel: Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord Delprosjekt 3.10 Sedimentanalyser  NOTAT	Dato: 10.mars 1989
	Rapportnr.
Forfatter (e):  Mohammed I. Abdullah Magnus Danielsen	Faggruppe: Marin eutrofi
	Geografisk område: Oslofjorden
	Antall sider (inkl. bilag): 32

Oppdragsgiver: <b>Statens forurensningstilsyn (SFT)</b> (Statlig program for forurensningsovervåking)	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
--	----------------------------------

Ekstrakt:  /(Dette ark er lagt inn i NIVA's eksemplarer)  Dette notat er et underlagsdokument som er mangfoldiggjort i få eksemplarer.
--

4 emneord, norske:  
1. Ytre Oslofjord  
2. Sedimenter  
3. Organisk stoff (C,N,P,)  
4. Spormetaller  
Porevann  
Eutrofiering

4 emneord, engelske:  
1.  
2.  
3.  
4.

Prosjektleder:

For administrasjonen:

  
Kjell Baalsrud

ISBN 82 90934 01 7

Programleder, overvåking

# UNIVERSITETET I OSLO

BIOLØGISK INSTITUTT  
Avd. marin zoologi og  
marin kjemi



Postboks 1064 Blindern  
0316 Oslo 3  
Telefon 45 45 53 (kontor)  
45 45 47 (M.I.A.)

---

NOTAT

Dato:

EUTROFISITUASJONEN I YTRE OSLOFJORD  
Delprosjekt 3.10:  
Sedimentanalyser

10. mars 1989

---

Forfattere:

Mohammed I. Abdullah  
Magnus Danielsen

Rapportansvarlig:

M.I. Abdullah

Antall sider:

21

---

Oppdragsgiver:

Statens forurensningstilsyn

Prosjektleder:

Kjell Baalsrud

---

Utdrag:

For å vurdere den organiske akkumuleringen i Ytre Oslofjord, ble sedimentkjerner tatt fra 34 stasjoner fra Drøbak i nord til Færder - Torbjørnsskjær i sør. Overflatesedimentet (de øverste 2.5 cm) ble analysert med hensyn på organisk stoff (karbon, nitrogen og fosfor) og spormetaller. På et utvalg av kjerner fra de dype hovedbassengene ble de ovennevnte kjemiske variablene studert i dybden (ned til 50 cm) samt næringssaltene i porevannet. Organisk anrikning ble observert i øvre delen av sedimentet fra de utvalgte kjernene, og det ser ut til å være en økning i denne anrikningen innover i fjorden. Ingen merkbar forurensning av spormetaller ble observert i området, men den øvre delen av sedimentene i de utvalgte kjernene viser høyere innhold av spormetaller i forhold til den dypere delen. Dybden av den øvre delen ser ut til å være forbundet til dybden av anrikningen av den organiske delen.

---

Emneord, norske:

1. Ytre Oslofjord
2. Sedimenter
3. Organisk stoff (C,N,P)
4. Spormetaller
5. Porevann
6. Eutrofiering

Emneord, engelske:

1. Outer Oslofjord
2. Sediments
3. Organic matter (C,N,P)
4. Trace metals
5. Porewater
6. Eutrophication



# Statlig program for forurensningsovervåking

NOTAT

EUTROFISITUASJONEN I YTRE OSLOFJORD

Delområde 3.10 :

Sedimentanalyser.

OSLO 10.03.1989.

Prosjektleder M. I. Abdullah

Medarbeider og medforfatter M. Danielsen

Oversatt fra engelsk av K. Pedersen



UNIVERSITETET I OSLO

## FORORD

Dette er et notat i en større undersøkelse av Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord.

Prosjektet utføres for Statens forurensningstilsyn av Norsk institutt for vannforskning i samarbeid med Universitetet i Oslo og VERITEC.

Prøver av sedimentene ble tatt fra Universitetets forskningsbåt "Trygve Braarud" på tokt 3. - 6. mai 1988. Vi vil takke besetningen, Tom Tønnesen og Tom Pedersen for deres innsats under toktet.

Resultatene som presenteres i denne rapporten vil være viktig informasjon for tolkning av observasjoner fra delprosjekt 3.6: Hydrokjemiske observasjoner i Ytre Oslofjord. Analysearbeidet er utført og vurdert av professor Mohammed I. Abdullah og vit.ass. Magnus Danielsen.

Delundersøkelsen er ledet av Mohammed I. Abdullah, Biologisk institutt, Universitetet i Oslo, som også har utarbeidet notatet i samarbeid med Magnus Danielsen. Kaare Pedersen har bistått ved oversettelse fra engelsk.

Kjell Baalsrud  
prosjektleder.

<b>INNHold</b>	<b>side</b>
SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER	5
1. Målsetting	5
2. Gjennomføring	5
3. Konklusjoner	6
INTRODUKSJON	7
METODER	7
INNSAMLING OG ANALYSE AV PRØVER	8
RESULTATER OG GENERELL DISKUSJON	11
1. Vanninnhold	11
2. Eh, pH	11
3. Karbon, nitrogen og fosfor	11
4. Spormetaller	16
5. Porevann	16
REFERANSER	21
APPENDIKS : Tabeller	

## FIGUROVERSIKT

	<b>side</b>
Fig. 1. Stasjonsnett for sedimentundersøkelser i Ytre Oslofjord.	9
Fig. 2. Vertikalfordeling av (a) organisk karbon, (b) totalt nitrogen og (c) total fosfor i sedimentkjernene fra stasjonene 10, 24 og 34.	13
Fig. 3. Plott av (a) totalt nitrogen mot organisk karbon, (b) total fosfor mot organisk karbon og (c) total fosfor mot totalt nitrogen i de øverste 2.5 cm av sedimentene.	15
Fig. 4. Vertikalfordeling av (a) kobber, (b) bly og (c) zink i sedimentkjernene fra stasjonene 10, 24 og 34.	19
Fig. 5. Vertikalfordeling av alkalinitet, fosfat og ammonium i porevannet fra kjernen på stasjon 34.	20

## SAMMENDRAG OG KONKLUSJONER

### 1. Målsetting

Målsettingen for denne undersøkelsen var å fastslå innholdet av organisk karbon, nitrogen, fosfor og spormetaller i sedimentet i Ytre Oslofjord som en indikator på organisk anrikning. I tillegg ble en tilsvarende produktivitetsøkning og økning i metallinnhold som kan være knyttet til slik organisk anrikning, undersøkt.

De kjemiske og fysisk-kjemiske forandringene innen sedimentene, som er knyttet til økt tilførsel av organisk materiale til grensen mellom sediment og vann, ble også studert.

Studiene av de kjemiske dybdeprofilene i sedimentene hadde som siktemål å belyse og identifisere fortidens hendelser i området, og da spesielt starten på organisk anrikning og/eller metallforurensning.

### 2. Gjennomføring

Sedimentkjerner fra 34 stasjoner ble innsamlet i mai 1988, med Universitetets forskningsfartøy "Trygve Braarud".

Etter seksjonering, ble vanninnhold, Eh og pH målt i sedimentet som så ble frysetørret før videre behandling/analysering.

De øverste 2.5 cm fra alle kjernene ble analysert med hensyn på total karbon, nitrogen, fosfor, spormetaller og karbonatinnhold. I tillegg ble utvalgte kjerner fra hovedbassengene analysert ned til 50 cm's dybde og presset for analyse av næringssalter og alkalinitet i porevannet.



### 3. Konklusjoner

Det følgende er hovedkonklusjonene som er trukket fra studiet av sedimentene. Disse konklusjonene kan bli revidert eller modifisert hvis videre arbeid skulle bli gjort, eller hvis en mer detaljert dataundersøkelse blir utført.

- a. Det er ingenting som indikerer at området er forurenset med giftige metaller. Selv om høyere nivåer, enn i sedimenter fra åpne havområder, av kobber, kadmium, zink og bly assosiert med den organiske fraksjon ble observert, så er disse betydelig lavere enn i kjente forurensete områder slik som Indre Oslofjord.
- b. Det er sterke indikasjoner på økt organisk produksjon i vannmassene i de indre delene av Ytre Oslofjord. Det organiske materialet i sedimentene synes å stamme hovedsaklig fra biologisk produksjon i vannet.
- c. Til tross for den økte produksjonen og tilførselen av organisk materiale til sedimentene, ble det ikke funnet indikasjoner på anoksiske forhold. Imidlertid ser det ut til, på grunnlag av porevannskjemien, at det finnes områder som kan anses som suboksiske. Studiene gir så langt ikke noe klart svar på om en økning i organisk tilførsel vil gjøre disse områdene anoksiske.

## INTRODUKSJON

I alle akvatiske miljøer er sedimentet den endelige mottaker av materiale tilført til eller generert i vannmassene. Som en følge av dette vil sedimentets sammensetning reflektere begivenheter i eller utenfor vannmassene som fører til forandring i den naturlige likevekten i det akvatiske miljøet. Av mange slike begivenheter er forurensning og eutrofiering hovedprosessene, og disse kan medføre store forandringer og i verste fall ødeleggelse av miljøet. Slike forandringer reflekteres klart i alle de større komponentene i miljøet; biota, vann og sedimenter.

## METODER

Alle elektrodemålinger ble utført v.h.a. et Orion 701 A digitalt pH/mV - meter. En kombinert glasselektrode ble brukt for pH - målinger, en Ag/AgS - elektrode for sulfidmålinger og en grafittelektrode for Eh - målinger. Alle elektrodemålinger ble utført under nitrogen atmosfære. Alkaliniteten i porevannet ble bestemt ved tilbaketitrerings- metoden etter surgjøring (Dyrssen, 1965). Ammonium (Reusch Berg and Abdullah, 1977), nitrat/nitritt (Brewer and Riley, 1965), fosfat (Murphy and Riley, 1962, automatisert av Abdullah, UiO) og silikat (Brewer and Riley, 1966) ble bestemt ved bruk av en Chemlab autoanalysator på fortynnete delprøver av porevannet. Karbon og nitrogen ble bestemt med en Carlo Erba elementanalysator. Karbondataene ble korrigert for sedimentenes karbonatinnhold (metode utviklet ved Avd. for marin zoologi og marin kjemi, UiO). Totalt fosfor ble bestemt ved bruk av en Chemlab autoanalysator etter syrebehandling av sedimentene.

Spormetaller (syre-ekstraherbare) ble analysert ved atomabsorpsjon- spektrofotometri (AAS) etter ekstraksjon med salpetersyre. Ufraksjonert sediment ble brukt. ICES (1988) har anbefalt å bruke ufraksjonert sediment fremfor fraksjonert til spormetallanalyse grunnet faren for kontaminering. Verdien for aluminium og jern representerer den ekstraherbare fraksjon fra materiale dannet i vannmassene og i sedimentet selv, men også fra den fraksjon av leiremateriale som blir

brutt ned ved bruk av salpetersyre-ekstraksjon. Den fraksjon av aluminium og jern som er bundet i silikatmineraler vil derimot ikke bli inkludert. Den syre-ekstraherbare fraksjon av metaller er den viktigste når det gjelder miljøstudier og geokjemiske studier.

#### INNSAMLING OG ANALYSE AV PRØVER

Det ble tatt sedimentkjerner på 34 forskjellige posisjoner (Fig. 1). Ti av kjernene ble delt i 2.5 cm tykke seksjoner ned til 10 cm dyp og 5 cm seksjoner ned til 50 cm dyp. Kun de øvre 2.5 cm ble analysert i de resterende kjernene. Seksjonstykkelse på 2.5 cm ble valgt som et optimum for å observere variasjon med dypet. Ut fra vår erfaring klargjør disse dimensjonene all variasjon i den sedimenttypen man finner i Oslofjorden.

Alt materiale ble analysert med hensyn på vanninnhold, Eh og pH i vått sediment, og totalt karbon, totalt nitrogen, totalt fosfor, uorganisk karbon og syre-ekstraherbare spormetaller (Fe, Mn, Al, Cu, Pb, Ni, Zn) i tørrket sediment.

Fra fem av de seksjonerte kjernene ble porevannet presset ut og analysert med hensyn på alkalinitet, nitrat, nitritt, ammonium, fosfat og silikat.

En liste over kjernene og de utførte analyser er gitt i tabell 1. De analytiske resultatene er gitt i appendiks.

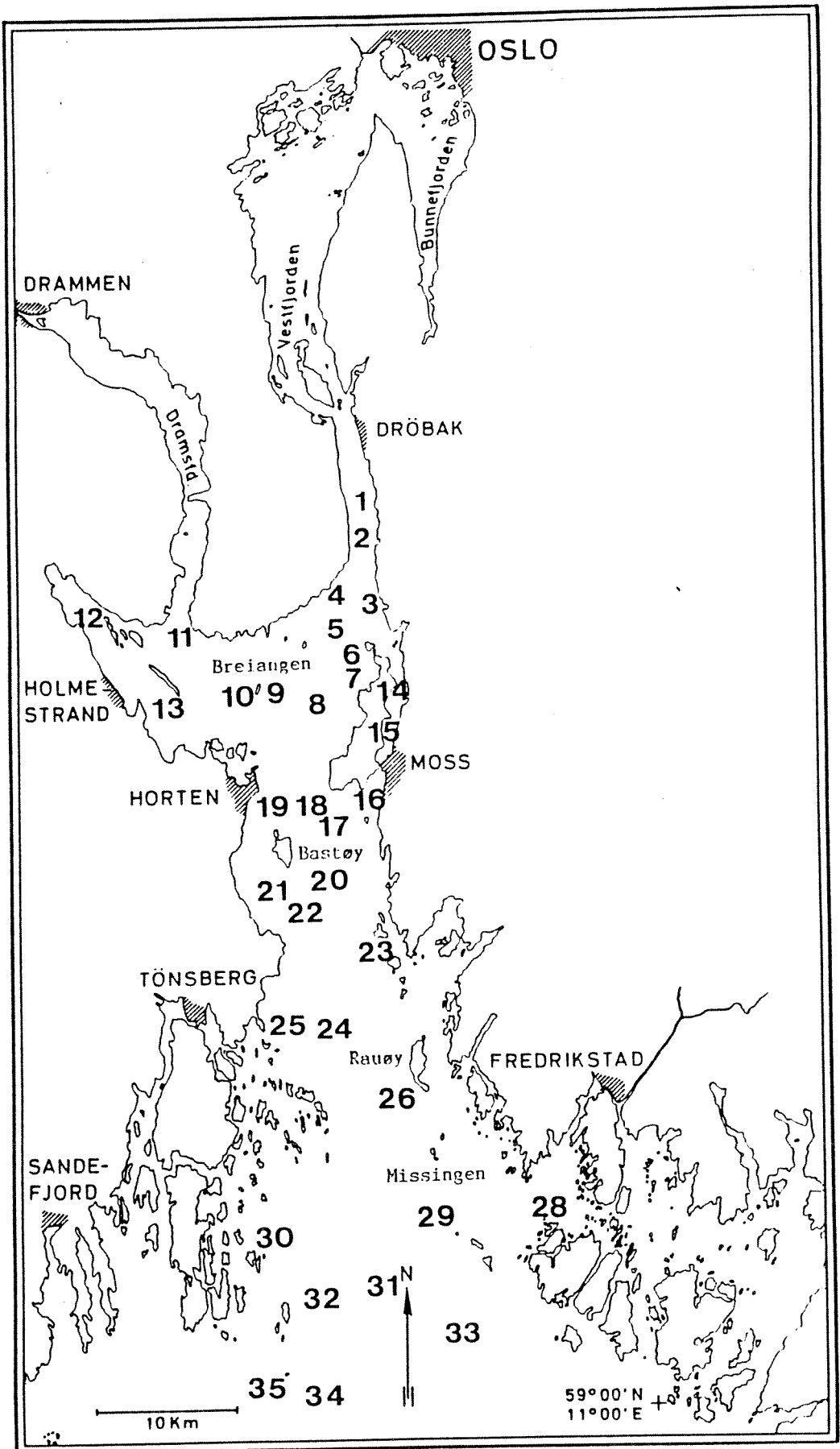


Fig. 1. Stasjonsnett for sedimentundersøkelser i Ytre Oslofjord.

Tabell 1. En liste over stasjoner hvor det ble tatt sedimentkjerner, og hvilke analyser som ble utført på dem. Alle sediment-seksjonene ble analysert for vanninnhold, pH og Eh på vått sediment, og totalt karbon, uorganisk karbon, totalt nitrogen, totalt fosfor og spormetallene aluminium, kadmium, kobber, jern, bly, mangan, nikkel og zink på tørret sediment.

Porevannet ble analysert for alkalinitet og næringssaltene fosfat, silikat, nitritt, nitrat og ammonium.

T - kun den øverste 0-2.5 cm seksjonen analysert.

S - 2.5 cm seksjoner ned til 10 cm og så 5 cm seksjoner ned til 50 cm.

P - presset for analyse av porevann.

Stasjon nr.	Dyp (m)	Posisjon		Analyse utført
		Breddegrad	Lengdegrad	
1	200	59 38.00 N	10 38.00 E	T
2	213	59 35.30 N	10 38.25 E	S
3	193	59 32.52 N	10 38.90 E	T
4	98	59 32.75 N	10 35.10 E	T
5	138	59 31.20 N	10 35.40 E	S
6	48	59 30.10 N	10 36.20 E	T
7	28	59 29.88 N	10 37.50 E	T
8	92	59 28.60 N	10 35.20 E	T
9	130	59 28.90 N	10 31.95 E	T
10	196	59 28.58 N	10 28.48 E	S,P
11	165	59 31.08 N	10 24.78 E	T
12	70	59 31.84 N	10 18.12 E	T
13	100	59 28.26 N	10 23.21 E	S
14	87	59 29.11 N	10 40.92 E	S
15	65	59 27.30 N	10 40.18 E	T
16	32	59 24.68 N	10 38.37 E	T
17	147	59 23.73 N	10 35.78 E	T
18	222	59 24.42 N	10 33.41 E	S,P
19	20	59 24.23 N	10 30.91 E	T
20	306	59 21.50 N	10 35.60 E	T
21	60	59 21.10 N	10 30.97 E	T
22	53	59 19.94 N	10 32.84 E	T
23	28	59 18.40 N	10 39.00 E	T
24	330	59 15.21 N	10 36.60 E	S,P
25	90	59 15.47 N	10 32.20 E	T
26	355	59 12.10 N	10 40.50 E	S
28	32	59 08.35 N	10 51.70 E	T
29	157	59 08.11 N	10 42.55 E	S,P
30	60	59 06.86 N	10 31.30 E	T
31	71	59 04.40 N	10 40.30 E	T
32	78	59 04.20 N	10 35.00 E	T
33	432	59 01.70 N	10 45.30 E	T
34	245	58 59.98 N	10 35.10 E	S,P
35	77	59 00.48 N	10 30.99 E	T

## RESULTATER OG GENERELL DISKUSJON

### 1. Vanninnhold.

Vanninnholdet i toppsedimentene varierte fra 45 til 80 %. De dypere stasjonene hadde høyere vanninnhold (70 - 80 %) enn de grunne (45 - 65 %). I de seksjonerte kjernene gikk vanninnholdet ned fra et maksimum på 80 % i toppen til ca. 40 % på 50 cm dyp.

### 2. Eh og pH.

Porevannets pH varierte mellom 7.1 og 7.6. Disse verdiene anses som normale for marine sedimenter. Utfra Eh-verdiene (som mV) var forholdene i sedimentoverflaten generelt oksiderende. Unntatt er stasjon 15 (i Mossesundet) og stasjon 23 (Larkollen) hvor det var reduserende (anoksiske) forhold. Flere av stasjonene var mildt suboksiske. Disse var grunne stasjoner nær land (under 100 m dyp). Noen er lokalisert nær større avrenningskilder. Det ble ikke funnet tegn på sulfatreduksjon i noen av sedimentkjernene.

### 3. Karbon, nitrogen og fosfor.

Disse tre elementene viste generelt kovarians med hverandre i overflatesedimentene i hele undersøkelsesområdet. Noen unntak ble observert. Unormale karbonsnivåer ble funnet på stasjon 4, 14 og 15 som alle ligger nær treforedlingsindustri.

Innholdet av organisk karbon (totalt karbon - uorganisk karbon) var alltid under 3% unntatt ved stasjon 14 og 15 i Mossesundet. Generelt lå innholdet av organisk karbon mellom 2 og 3% på de dype stasjonene, mens de grunne ofte hadde under 1% organisk karbon.

Innholdet av nitrogen og fosfor varierte mellom 0.06 og 0.3% for nitrogen og mellom 0.07 og 0.14% for fosfor. Variasjonen var nært knyttet til variasjonen i karboninnhold.

Selv om gradienter i karbon, nitrogen og fosfor ble observert, var disse helt og holdent dybdeavhengige (høye verdier på dype og lave på grunne stasjoner) og reflekterte ingen lokale antropogene kilder. Det ble derfor ansett som overveiende sannsynlig at kilden til organisk karbon, nitrogen og fosfor er fotosyntetisk dannet materiale fra vannet. Vi anså det derfor unødvendig å fremstille den horisontale fordelingen av karbon, nitrogen og fosfor.

De seksjonerte kjernene ble valgt fra de dypere bassengene i området. Det øvre lag av disse (som varierte mellom 10 og 50 cm) var uten unntak anrikt på organisk karbon, nitrogen og fosfor. Typisk innhold av organisk karbon i øvre lag var 2 til 3%, med unntak av stasjon 14 som hadde opptil 4%. Typisk innhold nedenfor var 1 til 2%. De tilsvarende verdiene for nitrogen var mellom 0.18 og 0.27% i øvre lag og mellom 0.08 og 0.18% i nedre lag. For fosfor lå nivåene på mellom 0.10 og 0.13% i øvre lag og mindre enn 0.10% i nedre lag (Fig. 2).

Tykkelsen på det anrikede laget varierte mellom 10 og 50 cm. For en konstant sedimenteringsrate må denne tykkelsen representere tidspunktet for når den organiske anrikningen startet. Variasjonen i tykkelse må derfor indikere variasjon i sedimenteringsraten i området. De dypere stasjonene hadde tydelig et tykkere organisk anrikt lag som indikerer høyere sedimenteringsrate.

Det sedimentære organiske materialets natur kan undersøkes ved å betrakte forholdet mellom de tre hovedelementene karbon, nitrogen og fosfor. De atomære forholdene C:N, C:P og N:P viste signifikante forskjeller mellom stasjoner og geografiske regioner. Av disse tre var C:N forholdet det som varierte minst. Variasjonen lå mellom 10 og 13 unntatt på stasjon 4 (utenfor Tofte) og 14 og 15 (i Mosse-sundet) som alle er påvirket av utslipp fra treforedlingsindustri. C:P forholdet varierte mellom 17 og 70. Også her viste stasjon 14 og 15 høyere verdier p.g.a. forurensing av trefiber. Likedan var N:P forholdet svært variabelt med verdier mellom 1.4 og 6.4.

Vi mener at den store variasjonen i C:P og N:P forholdene hovedsaklig skyldes variasjon i den relative andelen av fosfor i sedimentene. Vi har observert at de grunne stasjonene viser lavere C:P og N:P forhold enn de dype, og dette kan ha sitt grunnlag i høyere relative fosforverdier.

Tar man kun i betraktning sedimenter fra over 100 m dyp, var det liten forskjell i C:P og N:P forholdene i kjernene fra Breiangen og midtdelen av fjorden (fra Horten til Missingen), mens tilsvarende forhold i kjerner fra den ytre del var signifikant høyere.

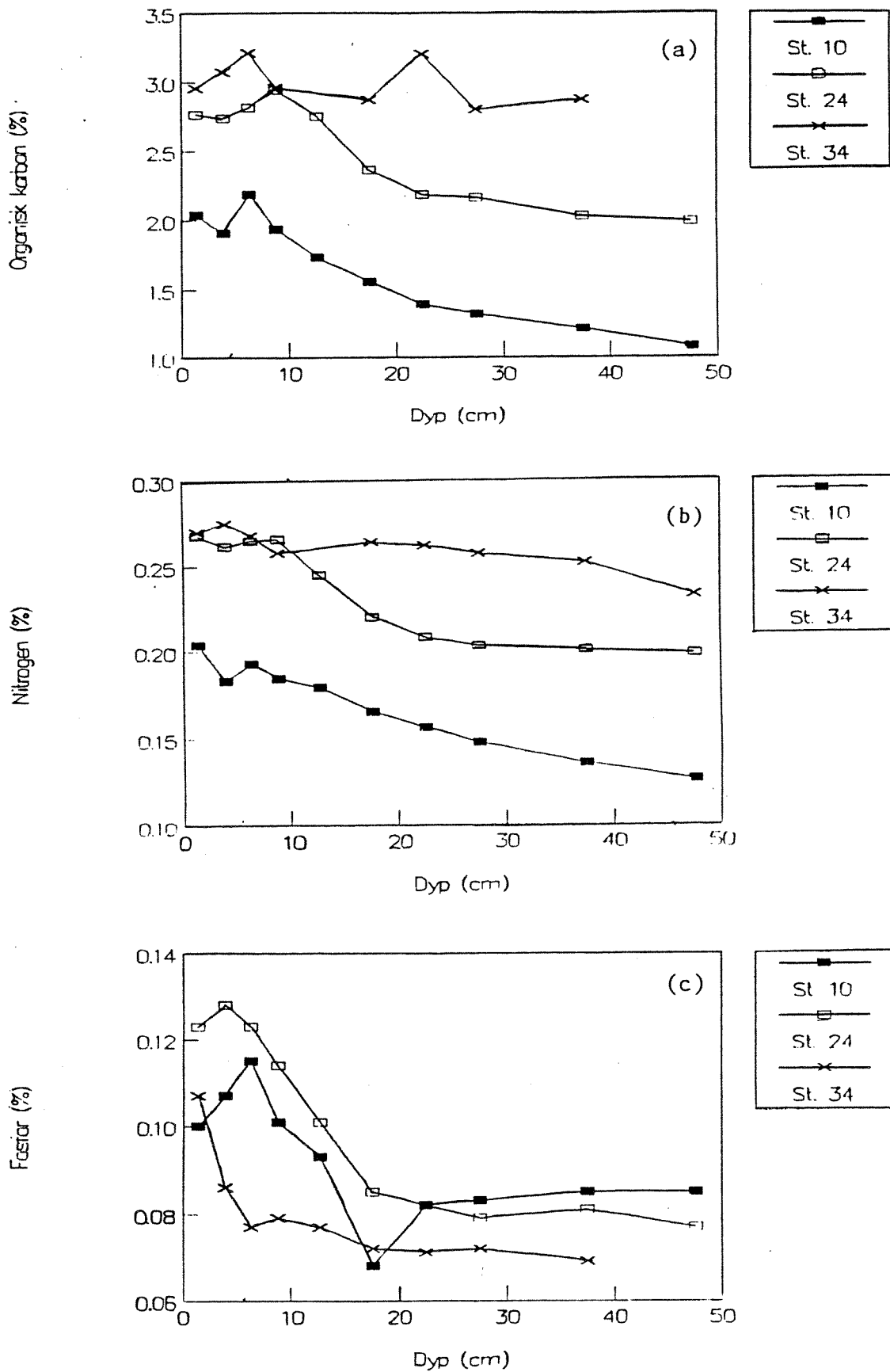


Fig. 2. Vertikalfordeling av (a) organisk karbon, (b) totalt nitrogen og (c) total fosfor i sedimentkjernene fra stasjonene 10, 24 og 34.



Gjennomsnittsforsholdene for disse områdene er som følger:

	<u>over 100 m</u>	<u>n</u>	<u>under 100 m</u>	<u>n</u>
Alle stasjoner	C:N:P = 55 : 4.5 : 1	16	C:N:P = 35 : 3.2 : 1	16
Mossesund (ikke tatt med i alle stasjoner)			C:N:P = 122 : 5.6 : 1	2
Breiangen	C:N:P = 54 : 4.5 : 1	6	C:N:P = 37 : 2.8 : 1	5
Horten-Missingen	C:N:P = 49 : 4.1 : 1	5	C:N:P = 28 : 2.5 : 1	6
Ytre del	C:N:P = 66 : 5.3 : 1	3	C:N:P = 42 : 3.8 : 1	5

(n er antall stasjoner/analyser brukt til utregningen)

Normaliserer man med hensyn på enten karbon eller nitrogen, er det klart at sedimentene fra Breiangen og Horten-Missingen områdene inneholder mer fosfor enn sedimentene fra den ytre del.

En sannsynlig forklaring på dette er at den organiske produksjonen i de innerste delene er større og resulterer i en høyere tilførselsrate av karbon, nitrogen og fosfor til sedimentene. Mens nedbrytningen av det organiske materialet resulterer i lettløselige salter av karbonater og nitrater, er det kjent at fosfor danner mindre løselige salter som jern- og kalsiumfosfater som forblir i sedimentene.

For å verifisere dette ble korrelasjonen mellom karbon, nitrogen og fosfor i toppsedimentene undersøkt (Fig. 3). Denne ble funnet å være lineær. Utfra stigningstallene til de oppnådde kurvene, kan vi slutte at innen den organiske fraksjonen av sedimentene er det atomære C:N:P forholdet 129:13:1. Dette indikerer sterkt at opphavet til det organiske materialet er biologisk (planktonisk), da dette ideelt har et forhold på C:N:P = 106:16:1. Den uorganiske fraksjonen av fosfor i sedimentene ble estimert til mellom 0.060 og 0.066%.

At det er en større andel av fosfor enn nitrogen og karbon i sedimentet, og det faktum at den uorganiske andelen av fosforet er betydelig, viser klart at det i opptak/regenereringsprosessen fjernes forholdsvis mer fosfor enn nitrogen og karbon fra det marine systemet. Denne fjerningsprosessen har tidligere blitt anerkjent som en "buffer-mekanisme" som kontrollerer havets fosfatnivå.

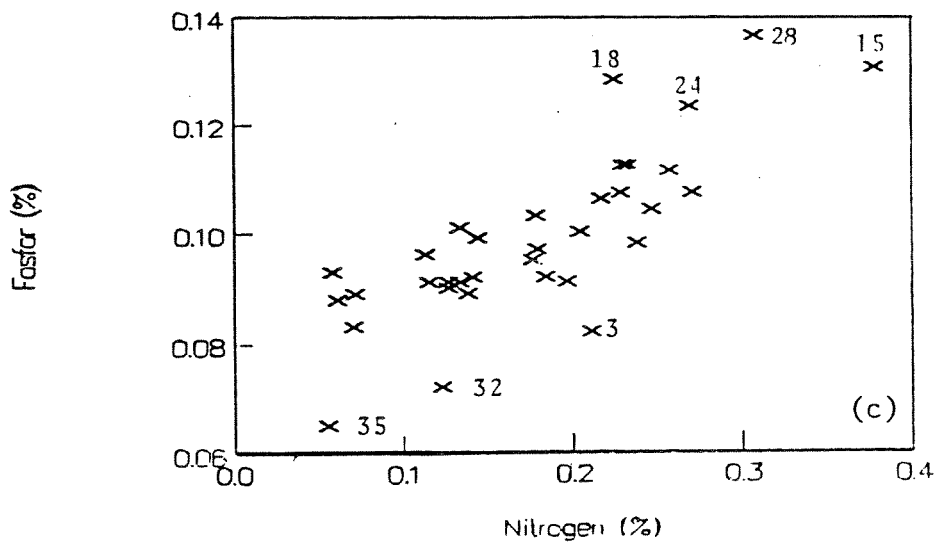
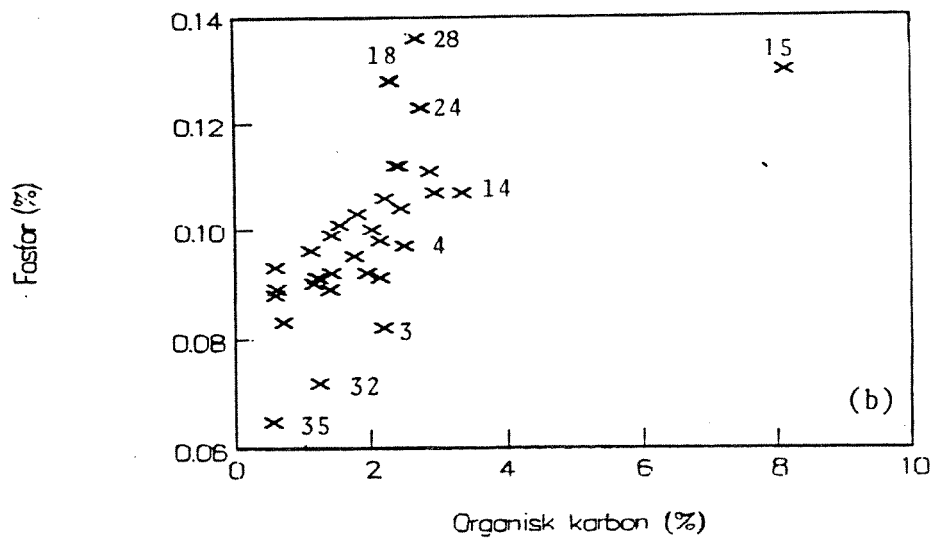
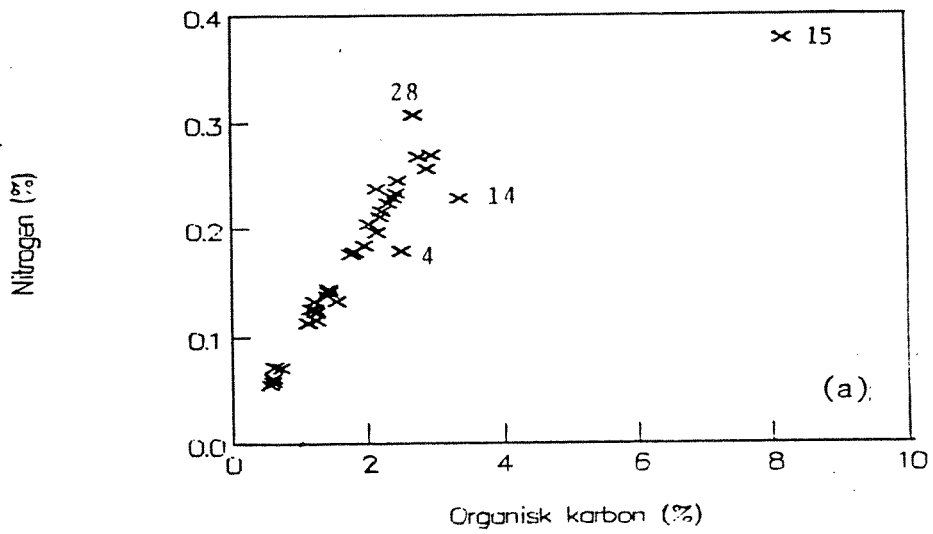


Fig. 3. Plott av (a) totalt nitrogen mot organisk karbon, (b) total fosfor mot organisk karbon og (c) total fosfor mot totalt nitrogen i de øverste 2.5 cm av sedimentene.

#### 4. Spormetaller.

Konsentrasjonsområdet og gjennomsnittet er listet i tabell 2. Ingen av kjernene viste indikasjoner på åpenbart høye metallkonsentrasjoner. Unntakene er kjernene fra Mossesundet hvor stasjon 15 hadde høye nivåer av kadmium og kobber og stasjon 14 som hadde et meget høyt nivå av bly. Det høye blyinnholdet i sistnevnte ble funnet i alle seksjoner ned til 25 cm dyp.

Spormetaller i sedimentet kan være knyttet til sedimentært organisk materiale, leirepartikler, oksyder og hydroksyder som alle kan være involvert i transporten av metaller (Abdullah og Egeberg, 1983).

Spormetallenes horisontale fordeling vil derfor oftest reflektere sedimentenes komposisjon heller enn metallenes kilde, med unntak av mer ekstreme tilfeller av forurensning. Den horisontale fordelingen, som en antydning av kilder, kan derfor være villedende her.

Sedimentenes metallprofiler viste at de øvre lag hadde en høyere konsentrasjon av kobber, bly og zink enn de nedre. Den "lagdelingen" som ble definert av metallinnholdet, ligger svært nær den som ble definert av organisk karbon, nitrogen og fosfor (Fig. 4. og Tab. 3).

#### 5. Porevann.

Sammensetningen av sedimentenes porevann reflekterer den mikrobiologiske dekomponering av organisk materiale i sedimentet.

Konsentrasjonene av hovedproduktene av slik dekomponering kan nå høye verdier. Disse nivåene vil være avhengige av tilførselen av organisk materiale, mikrobiologisk aktivitet og bioturbasjon ved bentiske organismer.

Hovedproduktene av nedbrytningen er karbondioksyd, som blir kvantifisert som karbonalkalinitet, uorganiske nitrogenforbindelser og fosfat. Hovedforbindelsen av uorganisk nitrogen vil være avhengig av om dekomponeringen skjer under oksiske eller anoksiske forhold. Ammonium ble funnet å være hovedforbindelsen av nitrogen. Dette indikerer, i fraværet av hydrogensulfid, suboksiske forhold i sedimentet. Dette er ytterligere bekreftet av at nitrat ble funnet i porevannet. Nitratnivåene lå mellom 42 og 140 ug/l  $\text{NO}_3^-$ -N og var derved lave i forhold til konsentrasjonene av ammonium som under sedimentoverflaten lå på fra 1400 til 14000 ug/l  $\text{NH}_4^-$ -N. Bare kjernen fra stasjon 34 viste en kraftig gradient i ammoniumnivået med dypet

(Fig. 5.). Her var det en økning fra 1820 til 14700 ug/l  $\text{NH}_4\text{-N}$ .  
En lignende kraftig gradient ble observert i alkalinitetsnivåene i den samme kjernen. Alkaliniteten i alle andre kjerner var bare marginalt høyere enn den er i normalt sjøvann og viste en forholdsvis jevn fordeling med dypet.  
Fosfatkonsentrasjonene i porevannet lå på mellom 124 og 403 ug/l  $\text{PO}_4\text{-P}$  og må således anses som lave i forhold til verdier fra indre Oslofjord hvor det tidobbelte har blitt observert.

Tabell 2. Område og middel verdier for Al, Cd, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni og Zn i de øverste 2.5 cm. av alle sedimentkjerner, åpenbare utenforstående verdier \*) ekskludert.

	Område	Middel verdi
Aluminium ( % )	0.68 - 2.42	1.64
Kadmium (ug/g)	0.30 - 3.00	1.23
Kobber (ug/g)	6.52 - 86.3	34.3
Jern ( % )	1.29 - 4.73	3.13
Bly (ug/g)	15.7 - 86.9	55.6
Mangan (mg/g)	0.24 - 21.9	3.57
Nikkel (ug/g)	16.1 - 49.4	35.6
Zink (ug/g)	64.8 - 344	183

---

Tabell 3. Område og middel verdier for Cu, Pb og Zn i øvre (ø) og nedre (n) lag av de seksjonerte sedimentkjernene, åpenbare utenforliggende verdier \*) ekskludert.

	Område	Middel verdi
Kobber (ug/g) (ø)	27.0 - 60.9	39.8
- " - " (n)	19.3 - 30.6	24.9
Bly (ug/g) (ø)	42.6 - 126	74.6
" " (n)	26.1 - 45.3	36.6
Zink (ug/g) (ø)	157 - 343	227
" " (n)	17 - 190	141

---

\*) "Utenforliggende verdier er observasjoner som ikke ser ut til å være i samsvar med de resterende verdiene" (Chatfield, 1975).

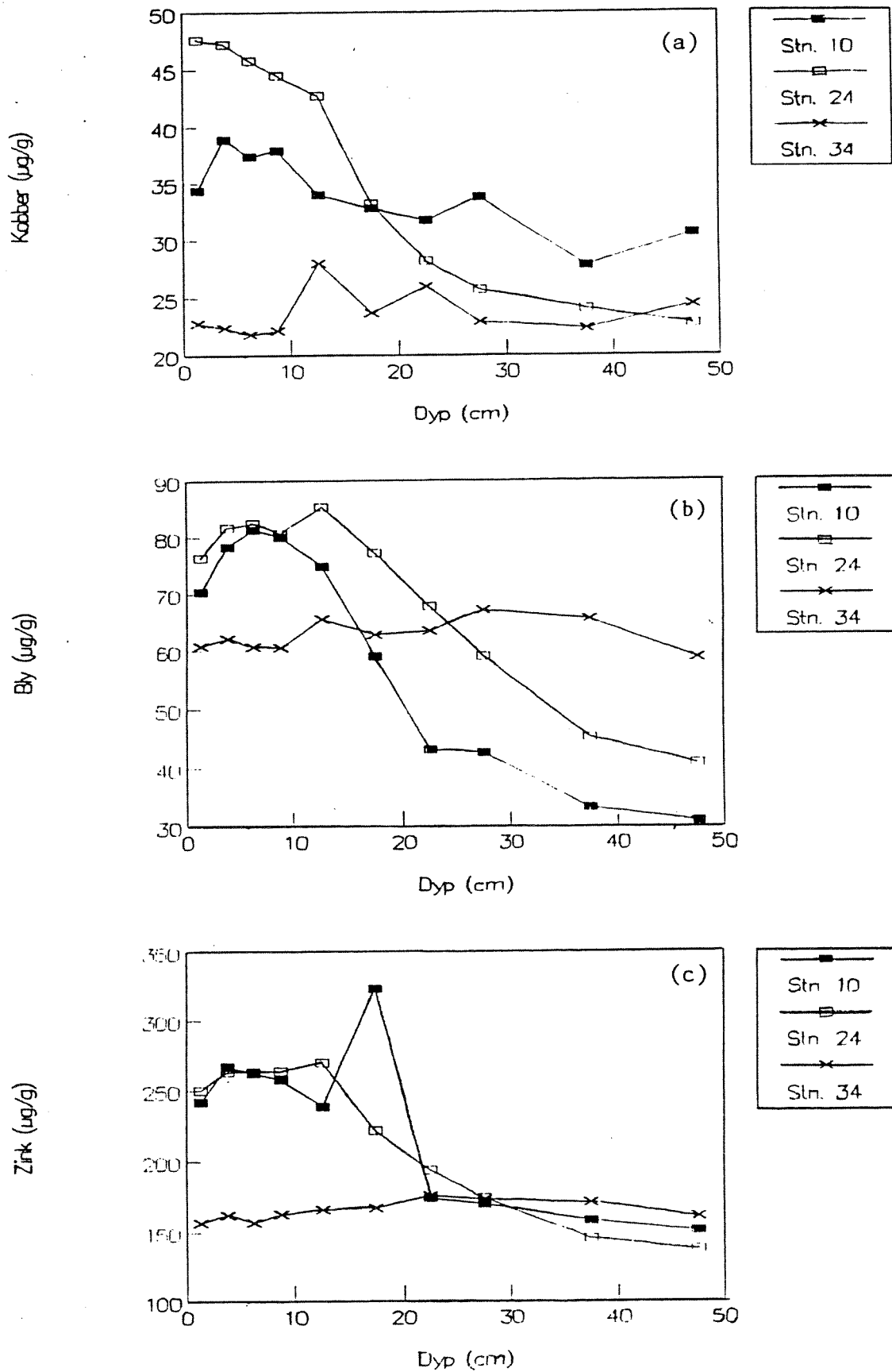


Fig. 4. Vertikalfordeling av (a) kobber, (b) bly og (c) zink i sedimentkjernene fra stasjonene 10, 24 og 34.

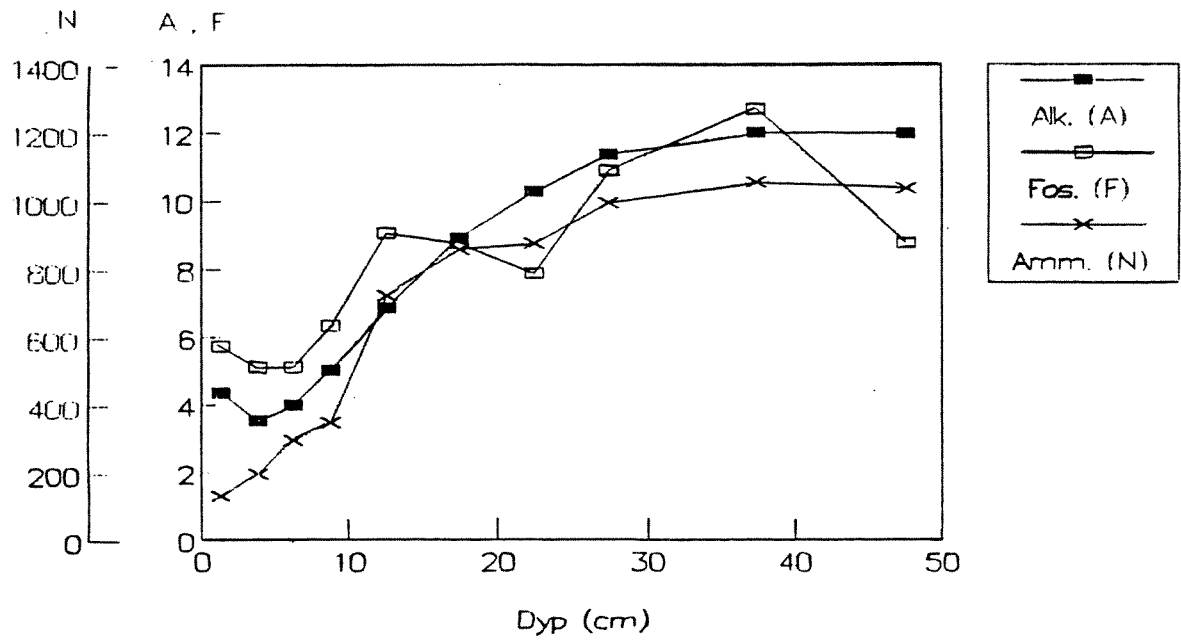


Fig. 5. Vertikalfordeling av alkalinitet, fosfat og ammonium i porevannet fra kjernen på stasjon 34.

## REFERANSER

- Abdullah, M.I. and Egeberg, P.K., 1983. Environmental control of metal species in sediments and their transformation during early diagenesis. Heavy Met. Environ. Int. Conf. 4th., 2, 1238-1243.
- Brewer, P.G. and Riley, J.P., 1965. The automatic determination of nitrate in sea water. Deep Sea Res., 12, 765-772.
- Brewer, P.G. and Riley, J.P., 1966. The automatic determination of silicon in natural waters with special reference to sea water. Anal. Chim. Acta, 35, 514-519.
- Chatfield, C., 1975. Statistics for technology. London, Chapman and Hall, 359 pp.
- Dyrssen, D., 1965. A Gran titration of sea water on board Sagitta. Acta Chem. Scand., 19, 1265.
- ICES., 1988. Report of the ICES advisory committee on marine pollution, 1987. Coop. Res. Rep. No. 150.
- Murphy, J. and Riley, J.P., 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta, 27, 31-36.
- Reusch Berg, B. and Abdullah, M.I., 1977. An automatic method for the determination of ammonia in sea water. Water Res., 11, 637-638.



## APPENDIKS : Tabeller

side

- Tabell A1 : Vanninnhold, pH, Eh, total nitrogen, organisk karbon og total fosfor i de øverste 2.5 cm av sedimentet på stasjoner i Ytre Oslofjord (C,N,P verdier som % tørrvekt). A - 1
- Tabell A2 : Vanninnhold, pH, Eh, totalt nitrogen, organisk karbon og total fosfor i sedimentet til de seksjonerte kjernene fra Ytre Oslofjord (C,N,P verdier som % tørrvekt). A - 2
- Tabell A3 : Spormetaller i de øverste 2.5 cm av sedimentet på stasjoner i Ytre Oslofjord (som deler av tørrvekt). A - 5
- Tabell A4 : Spormetaller i sedimentet til de seksjonerte kjernene fra Ytre Oslofjord (som deler av tørrvekt). A - 6
- Tabell A5 : Alkalinitet (mekv/l), fosfat (ug/l  $PO_4$ -P), silikat (ug/l  $SiO_4$ -Si), nitrat (ug/l  $NO_3$ -N), nitritt (ug/l  $NO_2$ -N) og ammonium (ug/l  $NH_4$ -N) i porevann fra sediment på utvalgte stasjoner i Ytre Oslofjord. A - 9

Tabell A1. Vanninnhold, pH, Eh, total nitrogen, organisk karbon og total fosfor i de øverste 2.5 cm av sedimentet på stasjoner i Ytre Oslofjord (C,N,P verdier som % tørrvekt).

Stasjon nr.	Vanninnh. (%)	pH	Eh (mV)	Nitrogen (%)	Org. C (%)	Tot - P (%)
1	77.62	7.32	339	0.229	2.40	0.112
2	80.50	7.32	415	0.233	2.44	0.112
3	77.27	7.25	426	0.211	2.19	0.082
4	64.66	7.42	107	0.179	2.52	0.097
5	72.35	7.50	95	0.196	2.16	0.091
6	55.82	7.27	136	0.071	0.70	0.083
7	50.69	7.33	127	0.061	0.60	0.088
8	67.36	7.40	268	0.138	1.40	0.089
9	70.73	7.35	160	0.184	1.96	0.092
10	74.40	7.45	365	0.204	2.03	0.100
11	77.68	7.32	360	0.178	1.82	0.103
12	66.84	7.25	284	0.133	1.56	0.101
13	65.75	7.40	303	0.144	1.44	0.099
14	68.85	7.31	320	0.228	3.38	0.107
15	78.41	7.39	-23	0.377	8.15	0.130
16	60.51	7.21	58	0.113	1.12	0.096
17	67.79	7.25	283	0.141	1.43	0.092
18	69.94	7.39	192	0.224	2.33	0.128
19	45.87	7.23	28	0.058	0.60	0.093
20	71.35	7.62	191	0.176	1.76	0.095
21	64.83	7.31	197	0.126	1.17	0.090
22	63.55	7.33	131	0.133	1.21	0.091
23	46.67	7.40	-91	0.072	0.62	0.089
24	74.91	7.34	374	0.268	2.77	0.123
25	64.75	7.32	220	0.126	1.22	0.091
26	75.70	7.49	381	0.216	2.23	0.106
28	76.43	7.23	87	0.307	2.71	0.136
29	70.35	7.26	322	0.246	2.46	0.104
30	74.19	7.25	33	0.238	2.14	0.098
31	52.31	7.14	0	0.115	1.23	0.091
32	65.75	7.25	167	0.122	1.25	0.072
33	75.92	7.58	100	0.257	2.89	0.111
34	75.89	7.34	187	0.270	2.96	0.107
35	45.03	7.24	56	0.055	0.55	0.065

Tabell A2. Vanninnhold, pH, Eh, total nitrogen, organisk karbon og total fosfor i sedimentet til de seksjonerte kjernene fra Ytre Oslofjord (C,N,P verdier som % tørrvekt, - = ikke målt).

Stasjon 2.

Dyp (cm)	Vanninnh. (%)	pH	Eh (mV)	Nitrogen (%)	Org. C (%)	Tot - P (%)
0.0- 2.5	79.91	7.32	415	0.233	2.44	0.112
2.5- 5.0	72.42	7.73	296	0.256	2.69	0.129
5.0- 7.5	69.53	8.10	165	0.245	2.64	0.124
7.5-10.0	68.51	8.03	-11	0.251	2.74	0.132
10.0-15.0	67.74	7.61	11	0.228	2.52	0.125
15.0-20.0	65.06	7.77	-108	0.206	2.37	0.084
20.0-25.0	62.24	7.89	-140	0.188	1.89	0.082
25.0-30.0	64.18	7.84	-126	0.224	1.81	0.080
35.0-40.0	61.75	7.95	-135	0.172	1.58	0.083
45.0-50.0	59.01	7.95	-136	0.162	1.50	0.084

Stasjon 5.

Dyp (cm)	Vanninnh. (%)	pH	Eh (mV)	Nitrogen (%)	Org. C (%)	Tot - P (%)
0.0- 2.5	71.96	7.50	95	0.196	2.16	0.091
2.5- 5.0	62.33	7.59	-74	0.194	2.26	0.080
5.0- 7.5	60.29	7.65	-97	0.195	2.06	0.069
7.5-10.0	60.03	7.73	-112	0.176	1.85	0.084
10.0-15.0	57.99	7.83	-99	0.165	1.59	0.081
15.0-20.0	54.03	7.86	-102	0.147	1.36	0.078
20.0-25.0	53.50	7.86	-102	0.145	1.33	0.080
25.0-30.0	55.29	7.88	-109	0.144	1.31	0.080
35.0-40.0	54.00	7.84	-112	0.130	1.17	0.080
45.0-50.0	52.31	7.83	-106	0.133	1.17	0.077

Stasjon 10.

Dyp (cm)	Vanninnh. (%)	pH	Eh (mV)	Nitrogen (%)	Org. C (%)	Tot - P (%)
0.0- 2.5	74.40	7.45	365	0.204	2.04	0.100
2.5- 5.0	61.18	7.76	-38	0.183	1.91	0.107
5.0- 7.5	60.35	7.80	-110	0.193	2.19	0.115
7.5-10.0	58.73	7.84	-168	0.184	1.94	0.101
10.0-15.0	58.77	7.83	-174	0.179	1.73	0.093
15.0-20.0	57.95	7.82	-169	0.165	1.55	0.068
20.0-25.0	56.56	7.82	-174	0.156	1.39	0.082
25.0-30.0	56.42	7.81	-154	0.147	1.32	0.083
35.0-40.0	55.78	7.84	-169	0.135	1.21	0.085
45.0-50.0	55.99	7.87	-165	0.126	1.08	0.085

Tabell A2. (forts.)

Stasjon 13.

Dyp (cm)	Vanninnh. (%)	pH	Eh (mV)	Nitrogen (%)	Org. C (%)	Tot - P (%)
0.0- 2.5	65.33	7.40	303	0.144	1.44	0.099
2.5- 5.0	59.32	7.53	92	0.152	1.51	0.094
5.0- 7.5	55.64	7.49	-75	0.146	1.51	0.107
7.5-10.0	54.28	7.54	-117	0.154	1.53	0.105
10.0-15.0	52.97	7.48	-122	0.145	1.46	0.100
15.0-20.0	51.81	7.45	-111	0.133	1.30	0.097
20.0-25.0	49.38	7.48	-112	0.120	1.08	0.089
25.0-30.0	45.83	7.52	-115	0.102	0.93	0.087
35.0-40.0	45.72	7.60	-131	0.089	0.79	0.086
45.0-50.0	42.34	7.69	-147	0.080	0.74	0.090

Stasjon 14.

Dyp (cm)	Vanninnh. (%)	pH	Eh (mV)	Nitrogen (%)	Org. C (%)	Tot - P (%)
0.0- 2.5	68.36	7.31	320	0.228	3.38	0.107
2.5- 5.0	63.26	7.44	112	0.241	3.56	0.107
5.0- 7.5	59.60	7.42	16	0.220	3.15	0.108
7.5-10.0	56.48	7.44	-80	0.219	3.23	0.088
10.0-15.0	55.34	7.40	-85	0.218	3.23	0.089
15.0-20.0	55.28	7.49	-110	0.228	3.41	0.091
20.0-25.0	53.12	7.58	-143	0.182	2.24	0.084
25.0-30.0	51.53	7.61	-117	0.166	1.91	0.085
35.0-40.0	48.13	7.69	-126	0.172	1.81	0.090

Stasjon 18.

Dyp (cm)	Vanninnh. (%)	pH	Eh (mV)	Nitrogen (%)	Org. C (%)	Tot - P (%)
0.0- 2.5	69.94	7.39	192	0.224	2.33	0.128
2.5- 5.0	63.09	7.84	-109	0.219	2.29	0.105
5.0- 7.5	60.46	7.80	-132	0.214	2.24	0.117
7.5-10.0	61.24	7.76	-144	0.217	2.31	0.132
10.0-15.0	59.83	7.76	-149	0.213	2.25	0.108
15.0-20.0	58.90	7.75	-141	0.202	2.16	0.092
20.0-25.0	59.14	7.79	-135	0.180	1.80	0.077
25.0-30.0	58.05	7.83	-137	0.171	1.57	0.090
35.0-40.0	58.42	7.95	-140	0.162	1.53	0.084
45.0-50.0	55.77	7.98	-139	0.154	1.48	0.085

Tabell A2. (forts.)

Stasjon 24.

Dyp (cm)	Vanninnh. (%)	pH	Eh (mV)	Nitrogen (%)	Org. C (%)	Tot - P (%)
0.0- 2.5	74.91	7.34	374	0.268	2.77	0.123
2.5- 5.0	67.32	7.61	242	0.262	2.74	0.128
5.0- 7.5	67.29	7.94	-1	0.265	2.82	0.123
7.5-10.0	64.60	7.89	-140	0.266	2.94	0.114
10.0-15.0	63.69	7.84	-144	0.245	2.75	0.101
15.0-20.0	61.46	7.79	-135	0.220	2.36	0.085
20.0-25.0	60.85	7.87	-142	0.208	2.18	0.082
25.0-30.0	60.04	7.81	-144	0.203	2.16	0.079
35.0-40.0	58.78	7.84	-140	0.200	2.03	0.081
45.0-50.0	59.15	7.84	-153	0.198	1.99	0.077

Stasjon 26.

Dyp (cm)	Vanninnh. (%)	pH	Eh (mV)	Nitrogen (%)	Org. C (%)	Tot - P (%)
0.0- 2.5	75.22	7.49	381	0.216	2.23	0.106
2.5- 5.0	69.19	8.09	210	0.251	2.66	0.119
5.0- 7.5	65.78	8.14	34	0.259	2.84	0.120
7.5-10.0	63.78	8.10	-36	0.243	2.75	0.114
10.0-15.0	61.63	8.04	-107	0.227	2.58	0.090
15.0-20.0	61.63	8.04	-138	0.209	2.42	0.084
20.0-25.0	61.65	8.02	-143	0.208	2.41	0.104
25.0-30.0	60.05	8.00	-138	0.199	2.34	0.081
35.0-40.0	61.57	8.03	-137	0.198	2.24	0.082
45.0-50.0	58.84	7.96	-130	0.188	2.05	0.076

Stasjon 29.

Dyp (cm)	Vanninnh. (%)	pH	Eh (mV)	Nitrogen (%)	Org. C (%)	Tot - P (%)
0.0- 2.5	70.35	7.26	322	0.246	2.46	0.104
2.5- 5.0	65.15	7.47	182	0.256	2.51	0.105
5.0- 7.5	61.63	7.62	41	0.217	2.35	0.088
7.5-10.0	61.79	7.60	3	-	-	0.093
10.0-15.0	58.53	7.59	-96	0.199	2.13	0.086
15.0-20.0	55.93	7.65	-115	0.173	1.95	0.074
20.0-25.0	53.21	7.74	-120	0.181	1.88	0.074
25.0-30.0	53.58	7.76	-135	0.163	1.79	0.072
35.0-40.0	44.72	7.84	-129	0.138	1.31	0.073
45.0-50.0	45.57	7.92	-146	0.122	1.50	0.074

Stasjon 34.

Dyp (cm)	Vanninnh. (%)	pH	Eh (mV)	Nitrogen (%)	Org. C (%)	Tot - P (%)
0.0- 2.5	75.89	7.34	187	0.270	2.96	0.107
2.5- 5.0	70.87	7.44	-60	0.275	3.07	0.086
5.0- 7.5	64.30	7.56	-98	0.268	3.21	0.077
7.5-10.0	62.51	7.62	-110	0.258	2.96	0.079
10.0-15.0	62.15	7.70	-110	-	-	0.077
15.0-20.0	61.75	7.83	-123	0.264	2.87	0.072
20.0-25.0	61.51	7.82	-129	0.262	3.20	0.071
25.0-30.0	61.38	7.76	-141	0.257	2.80	0.072
35.0-40.0	59.45	7.70	-140	0.252	2.87	0.069
45.0-50.0	57.68	7.72	-155	0.233	-	-

Tabell A3. Spormetaller i de øverste 2.5 cm av sedimentet på stasjoner i Ytre Oslofjord (som deler av tørrvekt, - = ikke målt).

Stasjon nr.	Aluminium (%)	Kadmium (ug/g)	Kobber (ug/g)	Jern (%)	Bly (ug/g)	Mangan (mg/g)	Nikkel (ug/g)	Zink (ug/g)
1	1.67	1.20	39.1	3.55	77.1	10.2	43.5	231
2	2.06	1.68	36.7	3.64	75.7	21.9	43.1	240
3	1.88	1.50	-	3.59	70.2	12.5	42.1	344
4	1.53	1.16	44.4	2.79	69.6	0.55	34.9	178
5	2.15	1.11	54.4	3.79	80.9	1.83	42.6	238
6	1.18	0.78	14.5	2.19	28.6	0.34	26.8	96
7	1.31	0.79	14.1	2.38	23.8	0.39	29.6	93
8	1.81	1.38	26.5	3.46	57.8	0.76	39.8	172
9	2.02	1.56	35.2	3.81	72.2	1.55	44.6	214
10	2.20	1.60	-	4.03	70.3	8.41	45.0	242
11	2.00	1.18	33.5	3.96	68.2	11.0	41.5	227
12	2.08	1.43	31.3	3.97	71.5	0.79	37.9	244
13	2.22	1.44	40.8	4.12	67.4	1.16	42.7	227
14	1.81	1.45	54.4	3.26	218.	0.80	34.3	223
15	1.56	3.00	86.3	2.72	86.9	0.46	35.0	327
16	0.95	0.84	37.5	1.86	32.3	0.27	24.3	100
17	1.74	1.44	23.8	3.40	46.3	2.19	39.2	158
18	2.42	1.22	39.0	4.54	81.2	5.27	49.4	268
19	0.77	0.65	10.4	1.47	25.1	0.25	17.2	71
20	1.70	1.44	27.6	3.51	55.6	4.94	41.4	198
21	1.25	1.13	18.5	2.36	36.4	0.49	28.2	124
22	1.54	1.02	21.0	2.83	41.7	0.44	33.9	147
23	0.68	0.30	9.8	1.29	15.7	0.24	16.1	65
24	2.19	1.39	47.6	4.07	76.3	13.6	46.7	250
25	1.50	0.63	54.5	2.86	42.7	0.49	33.4	150
26	1.74	1.18	27.0	3.35	58.9	13.1	37.6	184
28	1.95	1.12	67.4	4.73	74.3	0.58	44.0	281
29	1.94	1.26	29.6	3.61	60.9	2.29	41.2	182
30	1.75	0.99	28.3	3.24	57.7	0.45	41.3	182
31	1.16	1.03	14.7	2.11	35.5	0.41	25.8	101
32	1.00	1.23	77.8	1.88	38.1	0.63	22.3	105
33	1.52	1.49	20.7	3.03	52.8	2.22	32.5	145
34	1.62	1.23	22.8	3.16	60.9	0.64	34.6	157
35	0.74	0.83	6.5	1.88	23.3	0.29	17.3	67

Tabell A4. Spormetaller i sedimentet til de seksjonerte kjernene fra Ytre Oslofjord (som deler av tørrvekt, - = ikke målt).

Stasjon 2.

Dyp (cm)	Aluminium (%)	Kadmium (ug/g)	Kobber (ug/g)	Jern (%)	Bly (ug/g)	Mangan (mg/g)	Nikkel (ug/g)	Zink (ug/g)
0.0- 2.5	1.92	1.68	36.7	3.64	75.7	21.9	43.1	240
2.5- 5.0	2.43	1.58	42.2	4.48	96.9	19.4	50.5	305
5.0- 7.5	2.38	1.45	46.4	4.59	107.	6.62	51.9	343
7.5-10.0	2.41	1.38	49.2	4.74	113.	4.01	51.4	330
10.0-15.0	2.39	1.56	49.3	4.38	117.	5.02	50.6	332
15.0-20.0	2.32	1.69	50.0	4.24	98.2	1.46	52.8	271
20.0-25.0	2.33	1.43	33.0	4.46	62.7	1.86	52.6	210
25.0-30.0	2.45	1.47	30.2	4.53	47.5	1.83	53.3	171
35.0-40.0	2.48	1.57	27.5	4.58	44.6	2.00	52.9	166
45.0-50.0	2.48	1.32	26.0	4.42	35.9	3.13	53.7	157

Stasjon 5.

Dyp (cm)	Aluminium (%)	Kadmium (ug/g)	Kobber (ug/g)	Jern (%)	Bly (ug/g)	Mangan (mg/g)	Nikkel (ug/g)	Zink (ug/g)
0.0- 2.5	2.15	1.11	54.4	3.79	80.9	1.83	42.6	238
2.5- 5.0	2.12	0.70	43.1	3.88	92.0	0.84	47.7	250
5.0- 7.5	2.06	0.94	-	3.71	81.2	0.66	44.2	259
7.5-10.0	2.26	0.96	34.2	4.11	74.4	0.68	48.0	219
10.0-15.0	2.17	1.03	31.8	3.90	58.0	0.64	47.3	183
15.0-20.0	2.14	0.92	26.2	3.84	37.6	0.58	47.9	151
20.0-25.0	2.22	1.16	26.7	3.90	37.5	0.60	47.1	151
25.0-30.0	2.19	0.92	26.2	3.89	35.6	0.63	48.7	155
35.0-40.0	2.27	0.89	24.7	4.05	32.5	0.63	49.0	146
45.0-50.0	2.34	1.10	-	4.08	32.0	0.69	50.7	190

Stasjon 10.

Dyp (cm)	Aluminium (%)	Kadmium (ug/g)	Kobber (ug/g)	Jern (%)	Bly (ug/g)	Mangan (mg/g)	Nikkel (ug/g)	Zink (ug/g)
0.0- 2.5	2.20	1.60	-	4.03	70.3	8.41	45.0	242
2.5- 5.0	2.51	1.79	38.9	4.58	78.3	4.31	50.1	267
5.0- 7.5	2.51	1.23	37.4	4.47	81.3	5.79	48.9	262
7.5-10.0	2.40	1.48	37.9	4.38	80.0	4.33	50.7	258
10.0-15.0	2.37	1.35	34.0	4.35	74.8	3.08	49.6	239
15.0-20.0	2.85	1.14	-	4.14	59.0	2.26	48.1	323
20.0-25.0	2.43	0.91	31.8	4.38	43.1	1.93	49.3	174
25.0-30.0	2.51	1.32	33.8	4.39	42.6	1.99	51.9	170
35.0-40.0	2.50	1.21	27.8	4.57	33.2	2.24	51.0	158
45.0-50.0	2.56	1.19	30.6	4.46	30.8	1.51	49.3	151

Tabell A4. (forts.)

Stasjon 13.

Dyp (cm)	Aluminium (%)	Kadmium (ug/g)	Kobber (ug/g)	Jern (%)	Bly (ug/g)	Mangan (mg/g)	Nikkel (ug/g)	Zink (ug/g)
0.0- 2.5	2.22	1.44	40.8	4.12	67.4	1.16	42.7	227
2.5- 5.0	2.34	1.44	-	4.28	71.9	1.05	42.6	330
5.0- 7.5	2.24	0.99	34.5	4.25	68.0	0.80	44.2	227
7.5-10.0	2.28	1.24	35.6	4.29	67.7	0.75	44.3	231
10.0-15.0	2.23	0.90	33.3	4.24	67.7	0.74	43.0	224
15.0-20.0	2.38	0.98	32.7	4.33	67.3	0.67	45.8	218
20.0-25.0	2.29	1.51	30.2	4.16	50.5	0.63	45.1	195
25.0-30.0	2.32	1.20	27.4	4.09	40.4	0.63	45.6	164
35.0-40.0	2.23	1.13	26.4	3.98	27.2	0.62	43.0	138
45.0-50.0	2.40	1.23	26.2	4.16	29.7	0.68	44.1	140

Stasjon 14.

Dyp (cm)	Aluminium (%)	Kadmium (ug/g)	Kobber (ug/g)	Jern (%)	Bly (ug/g)	Mangan (mg/g)	Nikkel (ug/g)	Zink (ug/g)
0.0- 2.5	1.81	1.45	54.4	3.26	218.	0.80	34.3	223
2.5- 5.0	1.89	1.26	72.2	3.47	104.	0.67	37.0	241
5.0- 7.5	1.89	1.69	57.1	3.42	107.	0.50	36.9	237
7.5-10.0	1.99	1.45	-	3.50	126.	0.42	39.0	305
10.0-15.0	1.95	1.19	59.9	3.36	118.	0.42	38.6	253
15.0-20.0	2.02	1.35	60.9	3.57	115.	0.41	38.6	261
20.0-25.0	2.25	1.20	36.4	3.78	78.9	0.46	40.4	204
25.0-30.0	2.34	1.15	30.0	3.95	62.9	0.47	41.1	177
35.0-40.0	2.32	1.02	25.1	4.25	41.2	0.55	45.4	159

Stasjon 18.

Dyp (cm)	Aluminium (%)	Kadmium (ug/g)	Kobber (ug/g)	Jern (%)	Bly (ug/g)	Mangan (mg/g)	Nikkel (ug/g)	Zink (ug/g)
0.0- 2.5	2.42	1.22	39.0	4.54	81.2	5.27	49.4	268
2.5- 5.0	2.14	1.22	-	3.98	74.5	4.02	43.6	259
5.0- 7.5	2.43	1.24	38.4	4.43	82.1	3.22	49.3	275
7.5-10.0	2.42	1.27	38.1	4.58	86.2	3.14	50.6	282
10.0-15.0	2.39	1.35	42.0	4.33	85.1	3.39	50.4	277
15.0-20.0	2.41	1.76	39.2	4.23	82.8	2.61	50.2	262
20.0-25.0	2.25	1.09	-	3.78	59.9	0.99	43.4	196
25.0-30.0	2.52	1.22	28.0	4.26	43.3	0.99	49.5	168
35.0-40.0	2.36	1.41	25.9	4.15	40.0	1.21	47.5	155
45.0-50.0	2.54	1.13	25.2	4.29	34.5	1.57	50.9	151



Tabell A4. (forts.)

Stasjon 24.

Dyp (cm)	Aluminium (%)	Kadmium (ug/g)	Kobber (ug/g)	Jern (%)	Bly (ug/g)	Mangan (mg/g)	Nikkel (ug/g)	Zink (ug/g)
0.0- 2.5	2.19	1.39	47.6	4.07	76.3	13.60	46.7	250
2.5- 5.0	2.25	1.45	47.2	4.33	81.7	6.44	46.3	263
5.0- 7.5	2.06	1.28	45.8	4.19	82.5	3.36	44.9	263
7.5-10.0	2.20	1.28	44.5	4.23	80.7	3.95	48.0	264
10.0-15.0	2.20	1.18	42.7	4.10	85.4	1.64	48.6	270
15.0-20.0	2.32	1.20	33.2	4.05	77.2	1.67	45.7	222
20.0-25.0	2.26	1.02	28.2	3.98	67.8	1.45	45.5	194
25.0-30.0	2.25	1.14	25.7	3.96	59.0	1.15	45.5	174
35.0-40.0	2.24	1.22	24.1	3.92	45.2	1.74	45.6	145
45.0-50.0	2.10	1.15	22.7	3.90	40.8	2.16	46.6	137

Stasjon 26.

Dyp (cm)	Aluminium (%)	Kadmium (ug/g)	Kobber (ug/g)	Jern (%)	Bly (ug/g)	Mangan (mg/g)	Nikkel (ug/g)	Zink (ug/g)
0.0- 2.5	1.74	1.18	27.0	3.35	58.9	13.10	37.6	184
2.5- 5.0	2.05	1.47	31.9	3.93	68.0	10.30	44.8	224
5.0- 7.5	2.09	1.55	31.2	4.07	76.1	7.65	44.5	235
7.5-10.0	2.26	1.57	31.8	4.21	77.4	6.74	45.6	235
10.0-15.0	2.10	1.61	30.9	3.81	76.7	7.51	44.1	229
15.0-20.0	2.09	1.78	25.9	3.89	66.8	6.38	43.4	202
20.0-25.0	2.05	1.37	28.0	3.76	65.3	5.57	42.7	189
25.0-30.0	2.10	1.60	23.9	3.86	57.8	2.45	42.9	174
35.0-40.0	2.09	1.46	23.1	3.98	45.3	3.94	44.7	142
45.0-50.0	2.13	1.56	21.9	3.84	42.2	3.27	42.7	135

Stasjon 29.

Dyp (cm)	Aluminium (%)	Kadmium (ug/g)	Kobber (ug/g)	Jern (%)	Bly (ug/g)	Mangan (mg/g)	Nikkel (ug/g)	Zink (ug/g)
0.0- 2.5	1.94	1.26	29.6	3.61	60.9	2.29	41.2	182
2.5- 5.0	2.13	1.64	28.0	3.78	61.4	1.92	43.0	185
5.0- 7.5	1.99	1.55	26.5	3.54	58.1	0.97	41.6	171
7.5-10.0	2.06	1.22	27.3	3.59	62.8	0.95	40.8	185
10.0-15.0	2.03	1.36	25.0	3.38	57.9	0.56	39.9	168
15.0-20.0	2.12	1.28	21.1	3.44	43.2	0.47	40.8	138
20.0-25.0	2.04	1.21	19.3	3.38	35.0	0.47	42.4	122
25.0-30.0	1.96	1.35	20.2	3.34	33.1	0.47	42.1	117
35.0-40.0	2.10	1.12	20.3	3.51	27.0	0.48	42.7	117
45.0-50.0	2.00	1.16	19.8	3.35	26.1	0.48	41.5	117

Stasjon 34.

Dyp (cm)	Aluminium (%)	Kadmium (ug/g)	Kobber (ug/g)	Jern (%)	Bly (ug/g)	Mangan (mg/g)	Nikkel (ug/g)	Zink (ug/g)
0.0- 2.5	1.62	1.23	22.8	3.16	60.9	0.64	34.6	157
2.5- 5.0	1.70	1.42	22.4	2.93	62.2	0.50	37.1	162
5.0- 7.5	1.62	1.05	21.8	2.81	60.7	0.44	36.7	157
7.5-10.0	1.67	1.25	22.1	2.84	60.6	0.42	37.1	163
10.0-15.0	1.65	1.31	28.0	2.82	65.5	0.40	36.8	166
15.0-20.0	1.63	1.35	23.7	2.84	62.8	0.40	36.3	167
20.0-25.0	1.70	1.16	26.0	2.94	63.4	0.41	37.9	176
25.0-30.0	1.77	1.58	22.9	2.94	67.1	0.40	37.4	173
35.0-40.0	1.67	1.20	22.3	2.81	65.5	0.41	37.3	171
45.0-50.0	1.70	1.17	24.4	2.97	58.7	0.40	37.5	161

Tabell A5. Alkalinitet (mekv/l), fosfat (ug/l  $PO_4-P$ ), silikat (ug/l  $SiO_4-Si$ ), nitrat (ug/l  $NO_3-N$ ), nitritt (ug/l  $NO_2-N$ ) og ammonium (ug/l  $NH_4-N$ ) i porevann fra sediment på utvalgte stasjoner i Ytre Oslofjord.

Stasjon 10.

Dyp (cm)	Alkalinitet (mekv/l)	Fosfat (ug/l)	Silikat (mg/l)	Nitrat (ug/l)	Nitritt (ug/l)	Ammonium (mg/l)
0.0- 2.5	4.46	215	3.15	417	28	0.96
2.5- 5.0	2.43	150	2.96	121	24	1.02
5.0- 7.5	2.29	187	3.68	79	10	1.34
7.5-10.0	2.56	365	4.02	70	7	1.85
10.0-15.0	3.22	505	5.81	53	3	2.70
15.0-20.0	3.22	375	5.57	96	7	3.35
20.0-25.0	3.20	403	6.68	96	7	3.59
25.0-30.0	3.36	299	6.10	130	7	3.51
35.0-40.0	3.70	262	6.63	62	3	3.87
45.0-50.0	3.84	299	7.83	53	3	3.95

Stasjon 18.

Dyp (cm)	Alkalinitet (mekv/l)	Fosfat (ug/l)	Silikat (mg/l)	Nitrat (ug/l)	Nitritt (ug/l)	Ammonium (mg/l)
0.0- 2.5	3.97	197	4.02	198	38	2.52
2.5- 5.0	2.50	234	2.91	87	3	3.95
5.0- 7.5	2.73	319	2.81	53	3	4.23
7.5-10.0	3.27	319	2.62	53	7	4.23
10.0-15.0	3.58	299	1.90	45	<3	4.74
15.0-20.0	3.65	243	3.97	45	<3	6.81
20.0-25.0	3.82	206	4.31	45	3	6.93
25.0-30.0	3.88	206	5.57	45	3	7.25
35.0-40.0	4.07	225	5.61	87	3	4.15
45.0-50.0	4.11	253	6.00	62	3	4.35

Stasjon 24.

Dyp (cm)	Alkalinitet (mekv/l)	Fosfat (ug/l)	Silikat (mg/l)	Nitrat (ug/l)	Nitritt (ug/l)	Ammonium (mg/l)
0.0- 2.5	3.95	206	3.68	333	14	2.12
2.5- 5.0	2.92	206	4.07	342	45	2.28
5.0- 7.5	2.64	206	3.01	121	35	2.40
7.5-10.0	2.65	225	3.59	53	<3	2.76
10.0-15.0	2.87	150	3.10	275	<3	2.91
15.0-20.0	2.90	112	4.17	53	<3	3.31
20.0-25.0	3.12	131	5.03	87	3	4.07
25.0-30.0	3.02	150	6.43	53	3	4.15
35.0-40.0	3.11	150	6.48	96	7	5.06
45.0-50.0	3.35	159	7.06	87	7	5.70

Tabell A5. (forts.)

Stasjon 29.

Dyp (cm)	Alkalinitet (mekv/l)	Fosfat (ug/l)	Silikat (mg/l)	Nitrat (ug/l)	Nitritt (ug/l)	Ammonium (mg/l)
0.0- 2.5	4.49	225	3.97	291	28	3.51
2.5- 5.0	3.44	197	4.21	104	35	4.82
5.0- 7.5	2.83	187	3.97	53	14	4.03
7.5-10.0	2.70	159	3.54	45	14	3.47
10.0-15.0	2.84	122	4.21	53	7	2.95
15.0-20.0	2.87	112	5.42	104	7	2.28
20.0-25.0	2.73	122	5.32	79	14	2.79
25.0-30.0	2.75	131	5.95	70	7	2.44
35.0-40.0	2.78	150	5.66	79	10	2.24
45.0-50.0	2.72	140	4.02	62	10	2.12

Stasjon 34.

Dyp (cm)	Alkalinitet (mekv/l)	Fosfat (ug/l)	Silikat (mg/l)	Nitrat (ug/l)	Nitritt (ug/l)	Ammonium (mg/l)
0.0- 2.5	4.37	178	2.86	172	66	1.84
2.5- 5.0	3.54	159	4.31	53	10	2.76
5.0- 7.5	4.01	159	6.05	53	7	4.15
7.5-10.0	5.05	197	7.06	206	10	4.90
10.0-15.0	6.86	281	7.88	79	7	10.11
15.0-20.0	8.91	271	8.22	79	7	12.02
20.0-25.0	10.30	243	7.98	36	7	12.26
25.0-30.0	10.40	338	9.64	36	10	13.93
35.0-40.0	12.00	293	9.89	70	10	14.71
45.0-50.0	12.00	271	9.16	45	7	14.57