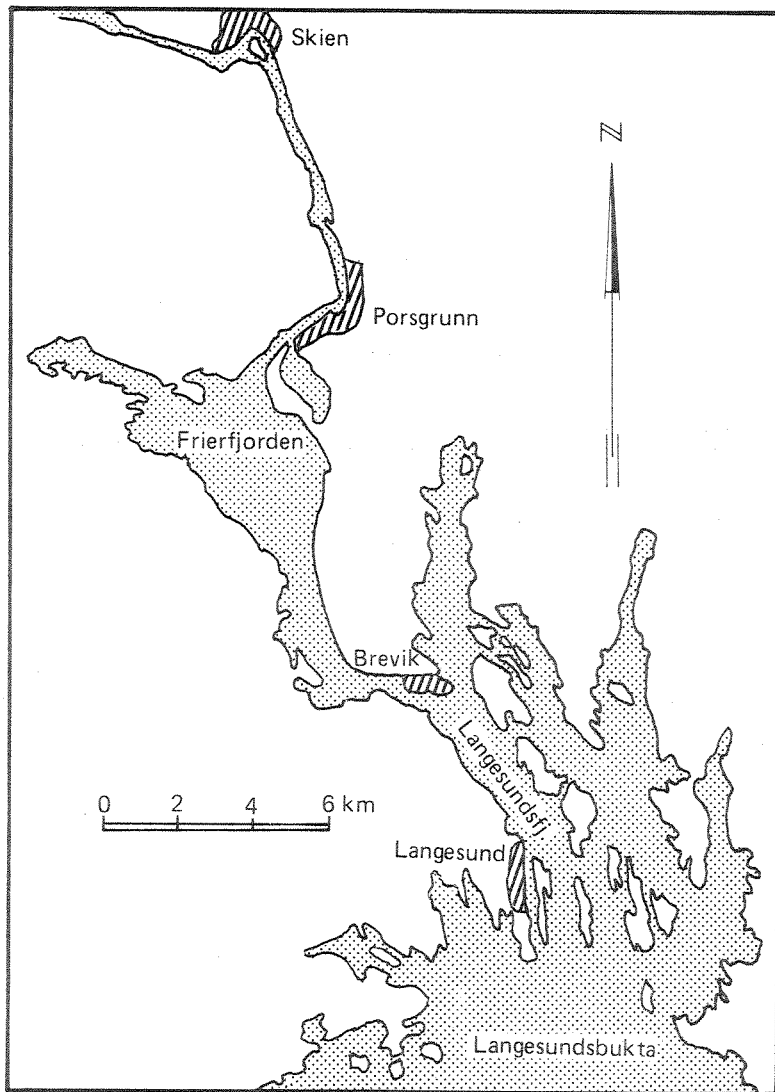


0 – 76129

Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva i 1978

Delrapport nr. 5



NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd

Postadresse: Brekke 23 52 80
Postboks 333, Blindern Gaustadalleen 46 69 60
Oslo 3 Kjeller 71 47 59

Rapportnummer: 76129
Undernummer: 1176
Løpenummer: VII
Begrenset distribusjon:

Rapportens tittel: Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva i 1978. Delrapport nr. 5. Vannkvalitet i overflatelag og dypvann.	Dato: 3/1 1980
	Prosjektnummer: 7612903
Forfatter(e): Lars Kirkerud og Jarle Molvær	Faggruppe:
	Geografisk område: Telemark fylke
	Antall sider (inkl. bilag): 24

Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Telemark	Oppdragsg. ref. (evt. NTNf-nr.):
---	----------------------------------


Ekstrakt:


Resultater fra de hydrokjemiske undersøkelsene i 1978 er gjennomgått, og sammenlignet med resultater fra de foregående år. Det er påvist en viss bedring av vannkvaliteten i overflatelaget i Skienselva og fjordområdene. I Frierfjordens intermediære vannlag har fosforkonsentrasjonene avtatt. I dypvannet er det tegn til en reduksjon i oksygenforbruket de siste 5 år. Begge forhold kan sees i sammenheng med reduserte utslipp av fosfor.

4 emneord, norske:
1. Grenlandsfjordene
2. Miljøovervåking
3. Vannforurensning
4. Plantenæringsalter
5. Oksygen

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


Prosjektleders sign.


Seksjonsleders sign.


Instituttets sign.

ISBN 82-577-0235-8

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Brekke

0-7612903

OVERVÅKING AV FORURENSNINGER
I GRENLANDSFJORDENE OG SKIENSELVA I 1978

Delrapport nr. 5:

Vannkvalitet i overflatelag og dypvann

Brekke, 3. januar 1980

Saksbehandler: Cand.real. Brage Rygg

Instituttetsjef Kjell Baalsrud

FORORD

Rapporteringen av resultatene fra overvåkingen i Grenlandsområdet i 1978 skjer i form av kortfattede delrapporter. Hver delrapport omfatter et avgrenset emne. Når alle delrapportene er ferdige, samles de i en årsrapport. I årsrapporten gis en helhetlig vurdering av forurensningstilstanden.

Årsrapporten for 1977 (NIVA 25.5.1979) gir en nærmere beskrivelse av overvåkingsarbeidet i Grenlandsfjordene og Skienselva.

Resultater fra undersøkelsene i 1978 er tidligere rapportert i Delrapport nr. 1 (Miljøgifter i taskekrabbe, blåskjell og alger), Delrapport nr. 2 (Metaller og partikulært materiale i vannmassene), Delrapport nr. 3 (Undersøkelser av vannutskiftningsforholdene) og Delrapport nr. 4 (Hardbunnsfauna undersøkt ved stereofotografering).

I foreliggende rapport er kapitlet om tilstanden i overflate- laget utarbeidet av Lars Kirkerud, mens Jarle Mølver har utarbeidet de øvrige deler.

Brekke, 3. januar 1980

Lars Kirkerud

Jarle Mølver

I N N H O L D S F O R T E G N E L S E

	Side:
FORORD	1
INNLEDNING	4
VANNKVALITETEN I OVERFLATELAGET	7
VANNKVALITETEN I INTERMEDIÆRT LAG OG DYPVANNET	9
LITTERATUR	23

T A B E L L F O R T E G N E L S E

Tabell 1. Stasjoner, prøvetaking og analyseprogram for hydrokjemitoktene til Skienselva og Grenlandsfjordene i 1978	6
Tabell 2. Oksygenkonsentrasjoner (ml O ₂ /l) på st. S1 og st. S2 under toktene i 1978	13
Tabell 3. Beregnet oksygenforbruk i 60-80 m dyp på st. BC1 i Frierfjorden	15
Tabell 4. Konsentrasjoner av totalfosfor i 12-20 m dyp på st. BC1, Frierfjorden	20

F I G U R F O R T E G N E L S E

Side:

Fig. 1.	Stasjoner for undersøkelse av vannutskiftning og vannkvalitet	4
Fig. 2.	Langsgående dybdesnitt Frierfjorden - Langesundsfjorden	5
Fig. 3.	Generell vertikal inndeling av Frierfjordens vannmasser etter saltholdighet	6
Fig. 4.	Utviklingen i parameterne for vannkvalitet i overflate- laget (0-2 m), beregnet som årsmiddel	8
Fig. 5.	St. FG-1, Brevikfjorden. Variasjoner i oksygenforhold (ml O ₂ /l) i 1978	11
Fig. 6.	St. BC-1, Frierfjorden. Variasjoner i oksygeninnhold (ml O ₂ /l) i 1978	11
Fig. 7.	Oksygenforhold (ml O ₂ /l), 7.-8.2.1978	12
Fig. 8.	Oksygenforhold (ml O ₂ /l), 7.-8.3.1978	12
Fig. 9.	Sammenheng mellom oksygenforbruk og oksygenkonsentra- sjon i Frierfjordens dypvann	16
Fig. 10.	Sammenheng mellom fosforbelastning på Frierfjorden og oksygenforbruk i dypvannet	16
Fig. 11.	Konsentrasjoner av total fosfor ved bunnen i Frierfjor- den (st. BC1) og i Brevikfjorden (st. FG1)	19
Fig. 12.	Konsentrasjoner av total nitrogen ved bunnen i Frierfjorden (st. BC1) og i Brevikfjorden (st. FG1) .	19
Fig. 13.	Konsentrasjoner av nitrat+nitritt ved bunnen i Frierfjorden (st. BC1) og i Brevikfjorden (st. FG1) .	20
Fig. 14.	Sammenheng mellom fosforbelastning på Frierfjorden og midlere konsentrasjon av totalfosfor i Frierfjordens intermediære vannlag	21

INNLEDNING

I 1978 ble det gjennomført i alt fire hydrokjemi-tokt i overvåkingsprogrammet. Tidspunktene var: 7.-8. mars, 30.-31. mai, 8.-9. august og 21.-22. november. I denne rapporten er dessuten benyttet data fra st. BC1 og FG1 hentet fra syv toktrapper fra Statens Biologiske stasjon Flødevigen, Arendal (se litteraturliste). Målingene ble utført 7.-8. februar, 7.-8. mars, 11.-12. april, 18.-19. mai, 13. juni, 29. august og 31. oktober - 1. november.

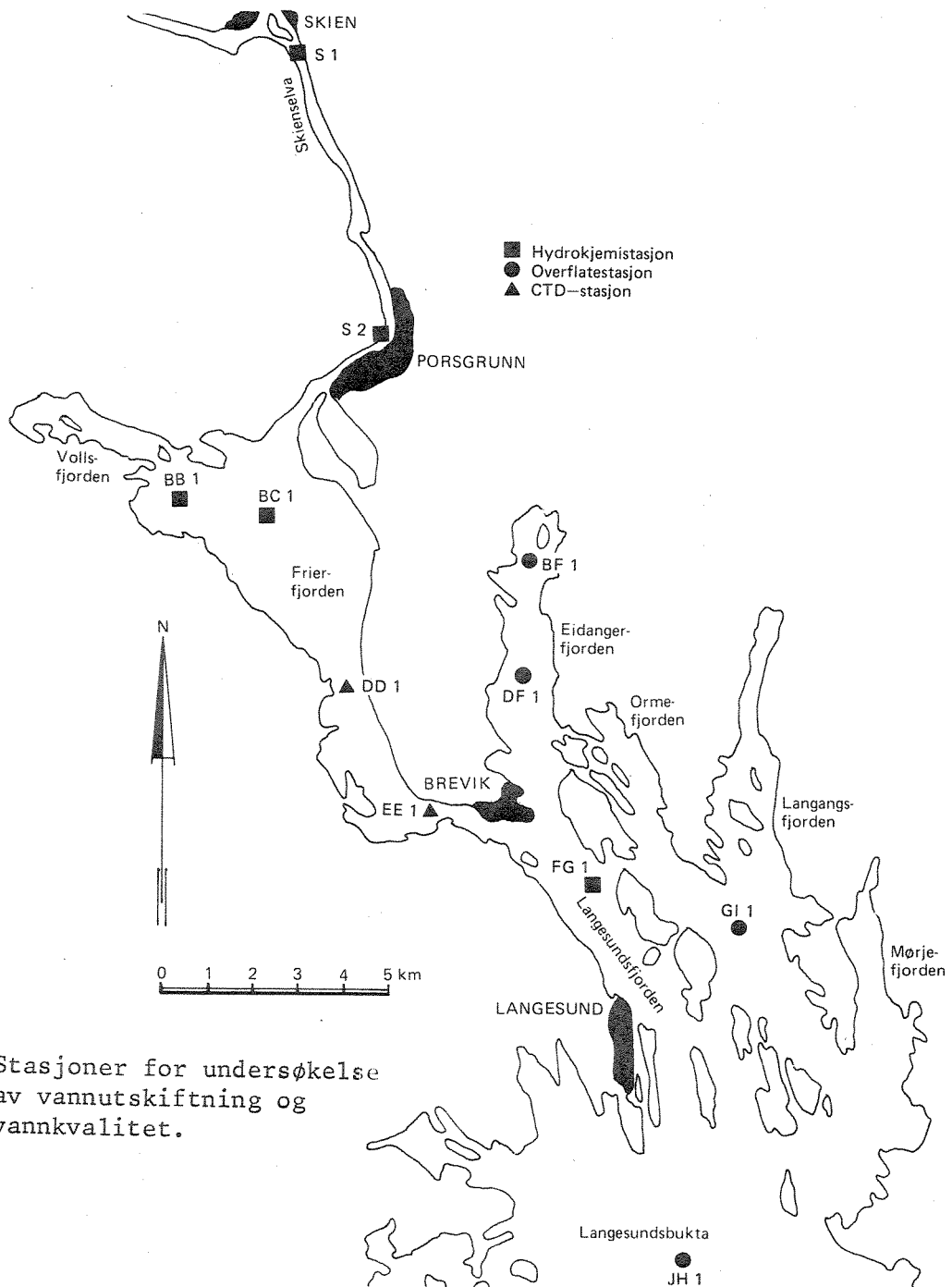


Fig. 1. Stasjoner for undersøkelse av vannutskiftning og vannkvalitet.

Ni faste stasjoner inngår i overvåkningsprogrammet. Prøvetaking, analyseprogram og posisjon for disse fremgår av tabell 1 og figur 1.

Som standard prøvetakingsdyp brukte vi: 0-2m, 4m, 8m, 12m, 16m, 20m, 30m, 40m, 50m, 60m, 80m og 100m. Nederste dyp ble tilpasset bunndypet på den aktuelle stasjonen. I Frierfjorden ble det også innsamlet prøver fra 25 m dyp.

En langsgående bunnprofil av strekningen Frierfjorden - Langesundsbukta med inntegnet stasjonsplassering er vist på Fig. 2. Vi merker oss tersklene ved Brevik (23 m dyp) og ved Kjørtingen (50 m dyp). Disse tersklene er vesentlige hinder for utskiftningen av dypvannet i bassengene innenfor.

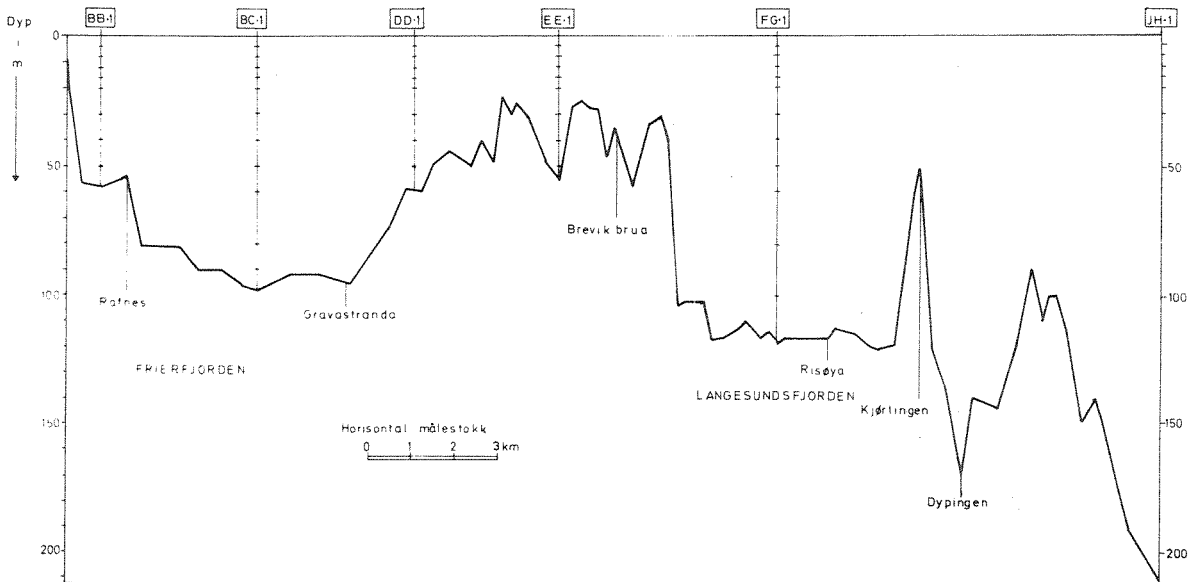


Fig. 2. Langsgående dybdesnitt Frierfjorden - Langesundsfjorden.

Vannmassene i fjordområdene kan generelt inndeles i tre lag (Fig. 3): Ett overflatelag av brakkvann, ett intermediært lag, som strekker seg ned til terskeldypet eller noe under, og dypvannet som ligger mellom det intermediære vannlag og bunnen. Overgangen fra brakkvannslag til sjøvannslag er markert av en sterk økning i saltholdigheten, og det omtales oftest som et sprangsjikt. Overflatelagets saltholdighet i Frierfjorden varierer stort sett innenfor området $0.5-8^{\circ}/\text{oo}$, i hovedsaken som følge av vekslende ferskvannstilførsel.

Tabell 1. Stasjoner, prøvetaking og analyseprogram for hydrokjemitoktene til Skienselva og Grenlandsfjordene i 1978.

Stasjon	Obs. av vind, vær, bølgehøyde og siktedyp	Temperatur, Saltholdighet ¹⁾	Tot-N, NO ₂ +NO ₃ Tot-P, PO ₄ , O ₂	Tot. org. karbon	Susp. tørrstoff, Gløderest	Hg, Pb, Cu og Mn
S1	Alle stasjoner	A	A	B	C	Alle stasjoner
S2		A	A	B	C	
BB1		A	A	B		
BC1		A	A	B		
BF1		A	B	B		
DF1		A	A	B		
FG1		A	A	B		
GI1		A	B	B		
JH1		A	B	B		

- A: Prøver fra alle standard-dyp
- B: Prøver bare fra 0 - 2 m dyp
- C: Prøver fra 0 - 2 m, sprangsjikt og nær bunnen

1) Temperatur og saltholdighet målt med STD-sonde.

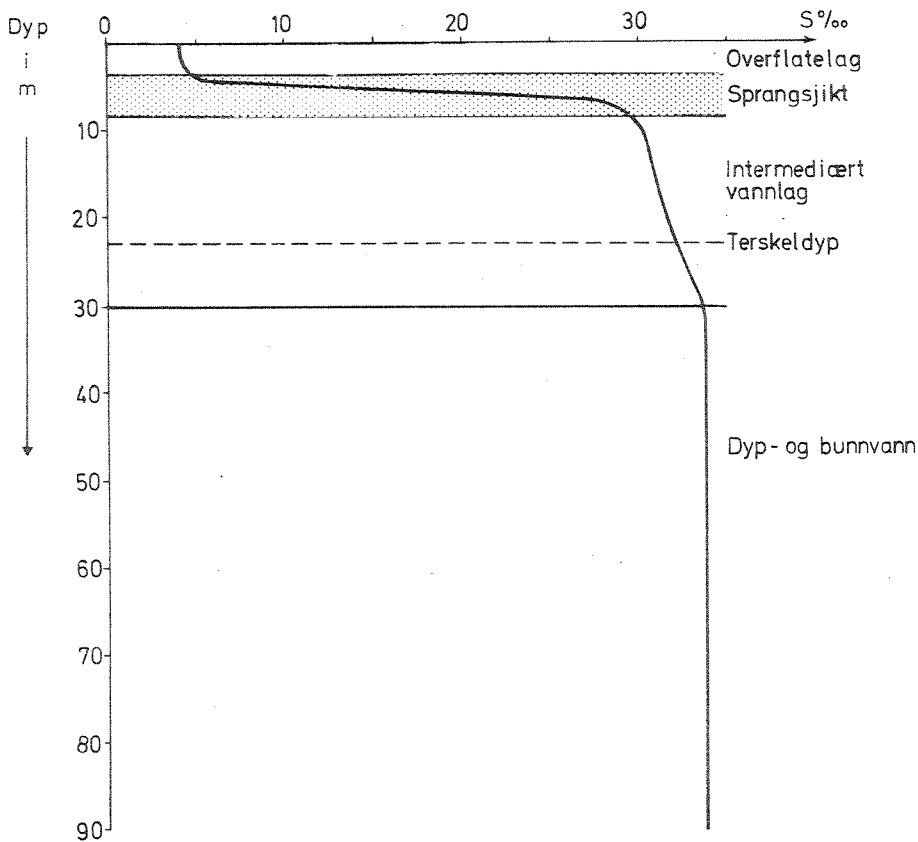


Fig. 3. Generell vertikal inndeling av Frierfjordens vannmasser etter saltholdighet.

VANNKVALITETEN I OVERFLATELAGET

Utviklingen i parameterne for vannkvalitet i overflatelaget, beregnet som årsmiddel, er fremstilt i fig. 4. Gjennomsnittene for 1977 og 1978 er basert på henholdsvis 3 og 4 tokt, noe som gjør tallene til et lite nøyaktig estimat av gjennomsnittet over året. For siktedypet er det imidlertid foretatt langt hyppigere målinger både i Frierfjorden (BC1) og Eidangerfjorden (DF1). Gjennomsnittene av siktedypreresultatene på disse stasjoner gir derfor et nokså nøyaktig estimat av årsgjennomsnittet.

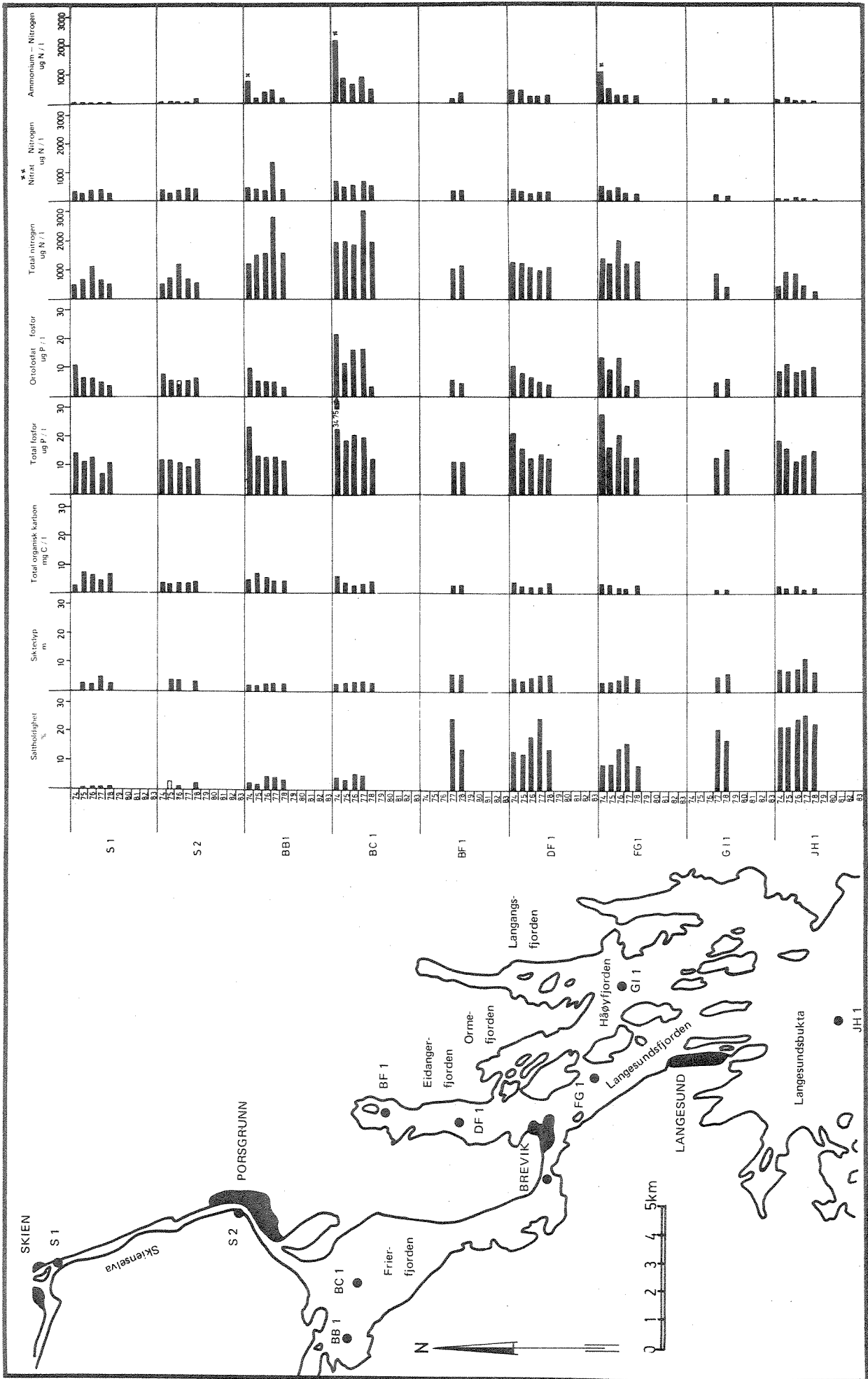
I Skienselva er innholdet av totalfosfor og ortofosfat redusert. Konsentrasjonen av ortofosfat synes halvert i løpet av perioden 1974-78. De øvrige parameterne - inkl. siktedyp - viser ingen tydelig endring.

Også i Frierfjorden er innholdet av fosforforbindelser gått tilbake.

I tillegg er konsentrasjonen av total organisk karbon redusert. Samtidig med disse reduksjoner har det blitt en liten, men klar bedring av siktedypet i Frierfjorden.

I Eidangerfjorden og Langesundsfjorden er det registrert en betydelig bedring i siktedypet samtidig som innholdet av fosforforbindelser er redusert.

I Håøyfjorden og Langesundsbukta er det ingen klar tendens i noen av parameterne.



* De spesielt høye ammoniumverdiene i 1974 kan skyldes en svakhet ved analysemetoden som da ble brukt.

** Omfatter også nitritt

Fig. 4. Utviklingen i parametrene for vannkvalitet i overflatelaget (0-2 m), beregnet som årsmiddel.

VANNKVALITETEN I INTERMEDIÆRT LAG OG DYPVANNET.

Ved en gitt belastning vil tilstanden i dypvannet i hovedsaken være avhengig av vannutskiftningsprosessene. Er vannutskiftningen god, kan dypvannet i et fjordområde tåle en relativt høy belastning med forurensende materiale uten at tilstanden forringes i nevneverdig grad.

Fra tidligere års undersøkelser er det kjent at utskiftningen av Frierfjordens dypvann er dårlig. Dette skyldes terskelen (23 m dyp) ved Brevik. Ytterst i Langesundsfjorden, ved Kjørtingen, er også en terskel (ca. 50 m dyp) som bidrar til å redusere vannutskiftningen i Langesunds- og Eidangerfjorden (NIVA 9.2.1979). Kombinert med stor belastning av lett nedbrytbart organisk materiale fra direkte utslipp og i form av dødt plankton, skaper disse to forhold lange perioder med kritiske oksygenforhold i Frierfjorden og perioder med dårlige oksygenforhold i Eidanger- og Langesundsfjorden.

Oksygenforholdene i 1978.

Tilstrekkelig oksygen er en livsbetingelse for alt høyerestående liv, og lave oksygenkonsentrasjoner vil være et alvorlig varsel om at vannmassene er overbelastet med lett nedbrytbart organisk stoff. Ifølge FAO (1969) overlever ikke de fleste marine organismer oksygenverdier lavere enn 0.8 ml/l. Hos fisk inntreffer visse forandringer bl.a. i blodet mellom 1.7 og 2.1 ml/l. Verdier over 3.5 ml/l anses tilfredsstillende for de fleste arter av fisk og vekster i saltvann. I områder med relativt god vannutskiftning og lav belastning vil en vanligvis finne oksygenkonsentrasjoner i intervallet 5-8 ml O₂/l. En vil dessuten påpeke at visse arter er mer ømfindtlige enn andre, og at disse grenseverdier varierer for de ulike arter.

For karakterisering av oksygenforholdene skal vi imidlertid benytte følgende enkle skala:

Karakter	Oksygenkonsentrasjon ml/l
Råtten	0
Kritisk	0-2
Dårlig	2-3.5
Tilfredsstillende	>3.5

Siste prøveserie fra Eidangerfjorden-Brevikfjorden i 1977 (22.11.1977) viste at oksygenkonsentrasjonene nær bunnen var på vei inn i det dårlige intervallet (3.7 ml O₂/l i 100 m dyp på st. FG1, 3.5 ml O₂/l i 90 m dyp på st. DF1).

Fig. 5 gir en oversikt over oksygenforholdene i Brevikfjorden i 1978 (for stasjonsplassering se fig. 1). Forut for den første prøveserien 8.2.1978 hadde dypvannet i fjordområdene utenfor Brevik gjennomgått en større utskifting, og oksygenforholdene i hele vannmassen var meget gode (NIVA, 9.10.1979). Hvor lave oksygenkonsentrasjonene nær bunnen var forut for denne utskiftingen er ikke kjent, men de lå sannsynligvis i intervallet 2.5.-3.5 ml O₂/l.

Som følge av en ny dypvannsfornyelse opptrådte høye oksygenkonsentrasjoner på nytt i mai. Utover sommeren og høsten var dypvannet overveiende stagnant med avtakende oksygeninnhold. Oksygenkonsentrasjonene under årets siste tokt 21. - 22. november var igjen på vei inn i det dårlige intervallet.

Ved årsskiftet 1977/78 hadde dypvannet i Frierfjorden vært stagnant siden april 1977 (NIVA, 25.5.1979). Fig. 6 viser utviklingen av oksygenforholdene i 1978. I februar var det dårlige oksygenforhold fra ca. 35 m dyp, og under ca. 50 m dyp må oksygenforholdene betegnes som kritiske med ca. 0.6 ml/l, dvs. 8% metning i 70-85 m dyp, se også fig. 7. En større dypvannsutskifting i mars endret imidlertid på dette. Om lag 60-80% av dypvannet ble da skiftet ut, og oksygenkonsentrasjonene steg til 4.5-4.8 ml/l (65-70% metning) i 80-90 m dyp, se også fig. 8. Det gamle oksygenfattige dypvannet var da presset opp og trengt videre innover i fjorden. Den hydrogensulfidholdige vannmassen har sannsynligvis tidligere ligget nær bunnen i Herrebukta.

Utviklingen resten av året var preget av stagnasjon og raskt avtakende oksygenkonsentrasjoner i dypvannet. Fra midten av mai må oksygenforholdene i hele vannmassen under 30-35 m dyp igjen betraktes som dårlig, og kritiske oksygenforhold (< 2 ml O₂/l) nær bunnen ble registrert allerede i månedsskiftet mai-juni.

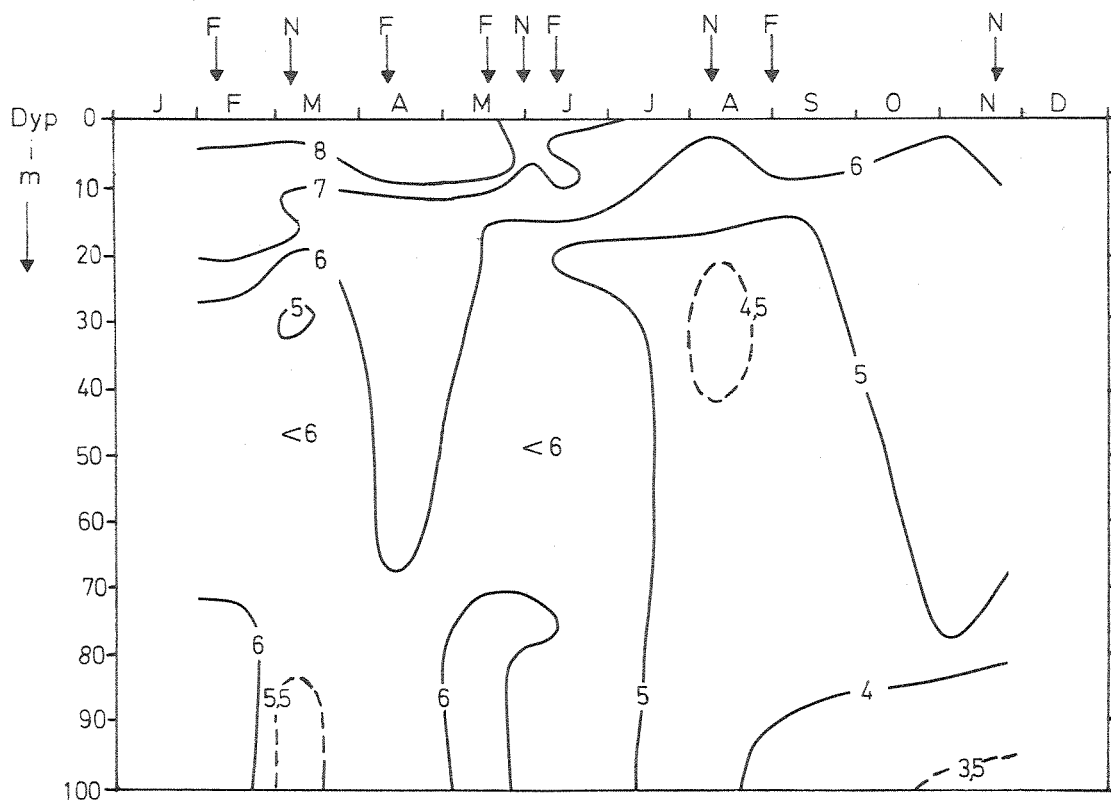


Fig. 5. St. FG-1, Brevikfjorden. Variasjoner i oksygenforhold (ml O₂/l) i 1978.

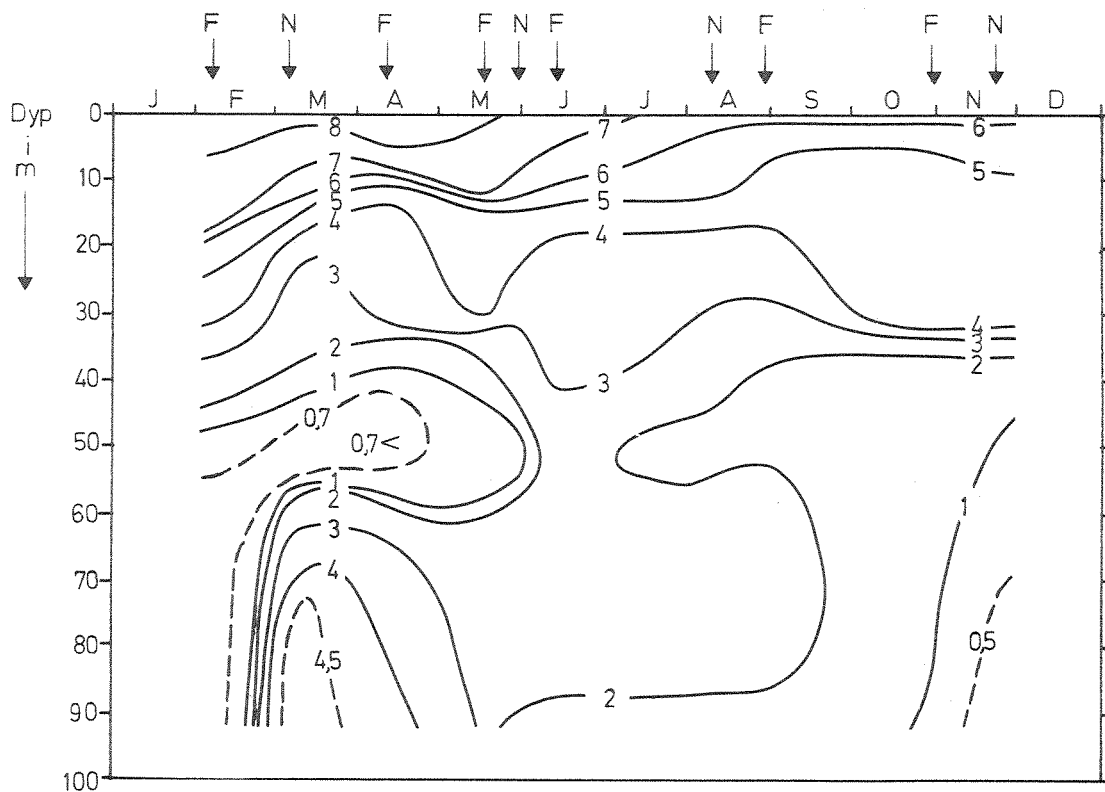


Fig. 6. St. BC-1, Frierfjorden. Variasjoner i oksygeninnhold (ml O₂/l) i 1978.

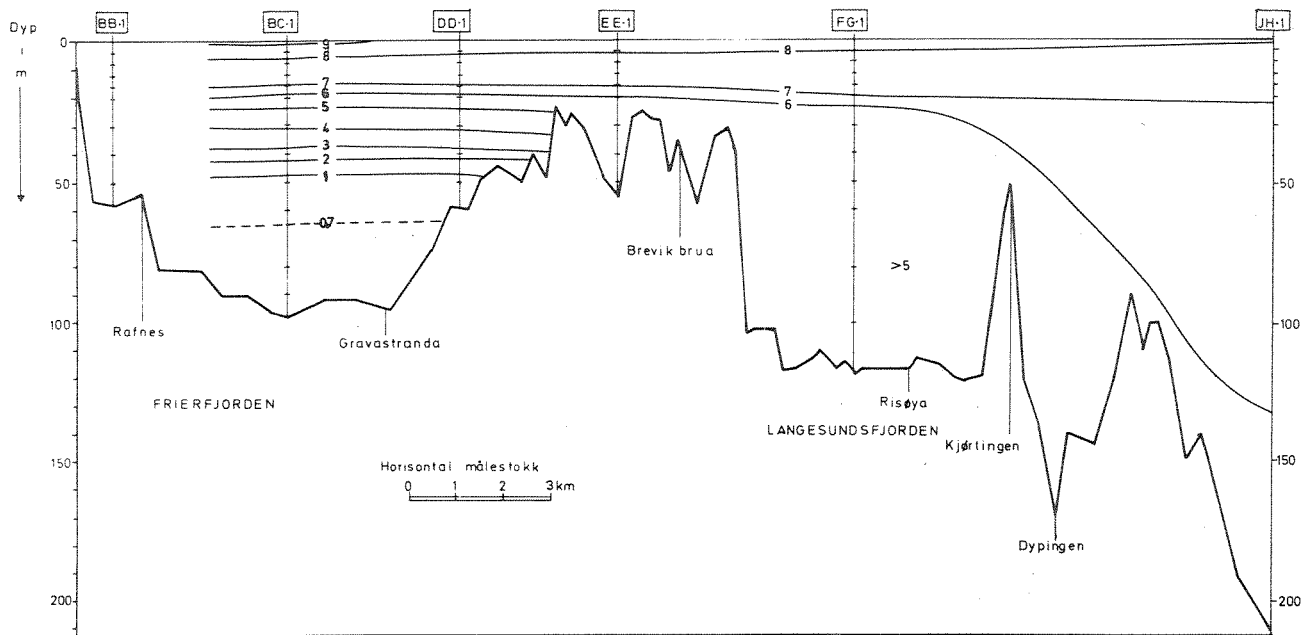


Fig. 7 . Oksygenforhold (ml O₂/l), 7.-8.2.1978.

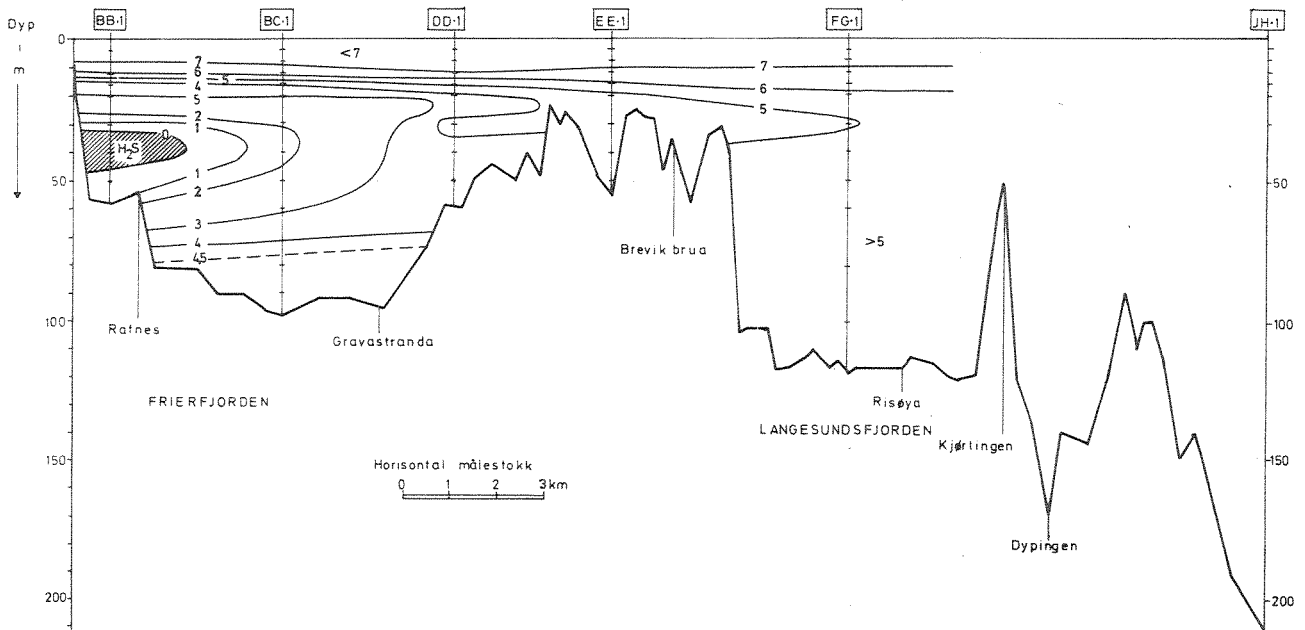


Fig. 8 . Oksygenforhold (ml O₂/l), 7.-8.3.1978.

Til sammenligning varte det ca. 4.5 måneder før oksygenkonsentrasjonene gikk under 1 ml/l, noe som viser at oksygenforbruket er særlig stort like etter en dypvannsutskiftning. Fornyet nedbrytning av organisk materiale i sedimenter og i resuspensjon samt andre oksydasjonsprosesser i vannmassen må antas å være forklaringen.

For Skiensselvas sjøvannslag er det tidligere påvist at høy belastning med organisk materiale resulterer i perioder med oksygensvikt (se bl.a. NIVA 9.2.1979).

Oksygenkonsentrasjonene på st. S1 og st. S2 under de fire toktene i 1978 er gjengitt i tabell 2. Man må være oppmerksom på at vårflommen hadde medført at hele elva ovenfor Porsgrunn bybro den 30. mai var tømt for sjøvann. Dette gjentok seg antakelig under en ny flomtopp i begynnelsen av juli. (se NIVA, 10.9.1979).

Tabell 2. Oksygenkonsentrasjoner (ml O₂/l) på st. S1 og st. S2 under toktene i 1978.

Dyp m	8. mars		30. mai		9. august		22. november	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
0	-	-	-	-	-	-	-	-
4	8.23	8.15	9.02	8.99	5.94	5.37	5.75	5.89
8	8.26	4.61	9.13	8.95	2.22	3.96	2.02	4.54
12	8.30	6.77	9.13	8.91	0.21	H ₂ S	2.98	3.91
16							2.49	3.48
18	1.70	0.43	9.06	8.99	H ₂ S	H ₂ S		
20							2.06	3.62

Av tabellen framgår at dårlige til kritiske oksygenforhold var vanlig i Skiensselvas dypbassenger også i 1978. I sommerhalvåret når sjøtemperaturen er relativt høy (11-18°C oftest) er oksygenforbruket særlig stort. Et eksempel på dette er at kritiske oksygenforhold i august kunne oppstå fra ca. 10 m dyp på st. S1 bare én måned etter at denne vannmassen med stor sannsynlighet var blitt fornyet. Tilstanden på st. S2 var like alvorlig.

At oksygenforholdene i november var såpass bra tross en vanntemperatur på ca. 10°C , kan forklares ved at dypvannet siden august var blitt skiftet ut med nytt vann. Denne utskiftningen økte også saltholdigheten med ca. $2^{\circ}/\text{oo}$. Men oksygenkonsentrasjoner under 3 ml/l i hele vannmassen under 8 m på st. S1 er igjen en illustrasjon av at belastningen med organisk materiale i Skienselva er for høy.

Utviklingen i oksygenforbruket i Frierfjordens dypvann.

Det kan være av interesse å se om oksygenforbruket i Frierfjordens dypvann har endret seg de seneste 20-25 år. Dette vil fremgå av endringen av oksygenkonsentrasjonene i perioder da dypvannet er stagnant. I tidsrommene 1952-64 og 1970-72 samlet Statens Biologiske Stasjon Flødevigen 1-3 prøveserier årlig fra st. BC1 i Frierfjorden. I tidsrommet 1974-78 har det totalt blitt innsamlet mer enn 10 prøveserier pr. år.

Vi har funnet tidsrom som egner seg for beregning av oksygenforbruk. For hvert tidsrom er det midlere oksygenforbruk i vannmassen mellom 60 m og 80 m beregnet. Resultatene er gjengitt i tabell 3 på neste side.

I fig. 9 er oksygenforbruk pløttet mot oksygenkonsentrasjon ved begynnelsen av perioden.

Det fremgår at oksygenforbruket vanligvis avtar med avtakende oksygenkonsentrasjon. Temperaturforholdene har mindre betydning i denne sammenheng ettersom temperaturen i dypvannet for de aktuelle tidsrom lå mellom 5°C og 7°C , oftest mellom ca. 5.5°C og 6.5°C . Foruten usikkerheten som ligger i selve tallmaterialet, skulle dermed endret oksygenforbruk gjenspeile endret belastning av organisk materiale.

Ved en vurdering av oksygenforbruket de senere år ser vi da på oksygenforbruket i intervaller med høy startkonsentrasjon (3.5-4.5 ml O_2/l).

Disse er som følger:

27.9.1954 - 28.1.1955	:	21 l/s
26.4. 1972 - 6.10.1972	:	32 "
24.4.1974 - 20.6.1974	:	23 "
9.5.1977 - 28.7.1977	:	14 "
7.3.1978 - 30.5.1978	:	15 "

Tabell 3. Beregnet oksygenforbruk i 60-80 m dyp på st. BC1 i Frierfjorden.*)

Tidsrom	Antall døgn	Midl. oksygen v. begynnelse ml/l	Midl. oksygen v. slutt ml/l	Oks. forbruk l/s
27.9.1954-28.1.1955	122	4.4	2.7	21
26.4.1972-6.10.1972	162	4.7	1.8	32
24.4.1974-20.6.1974	57	4.4	3.0	23
20.6.1974-18.8.1974	59	3.0	2.25	12
18.8.1974-22.10.1974	66	2.25	1.2	15
22.10.1974-10.12.1974	49	1.2	0.76	9
10.12.1974-13.2.1975	65	0.76	0.26	7
13.2.1975-17.3.1975	33	0.26	0.2	2
23.4.1975-10.6.1975	48	1.51	0.65	17
10.6.1975-16.9.1975	98	0.65	0.18	5
9.5.1977-28.7.1977	80	4.46	3.30	14
28.7.1977-30.11.1977	94	3.30	1.81	15
7.3.1978-30.5.1978	84	3.81	2.50	15
30.5.1978-9.8.1978	71	2.50	2.37	2
9.8.1978-22.11.1978	105	2.37	0.55	16

*) Oksygenfritt dypvann fra oktober 1975 til mars 1977.

I 1955 var utslippene av nedbrytbart organisk materiale fra Union og Skotfos Bruk betydelig lavere enn i 1970-årene (Harald Meløy, pers. meddelelse). Det er således rimelig å anta at den totale belastningen av organisk materiale på Frierfjorden da var lavere enn i 1970-årene. I 1970-årene tyder utslippstallene på en viss økning til og med 1978. På den annen side ble utslippene av fosfor i tidsrommet 1972-78 redusert med ca. 55%.

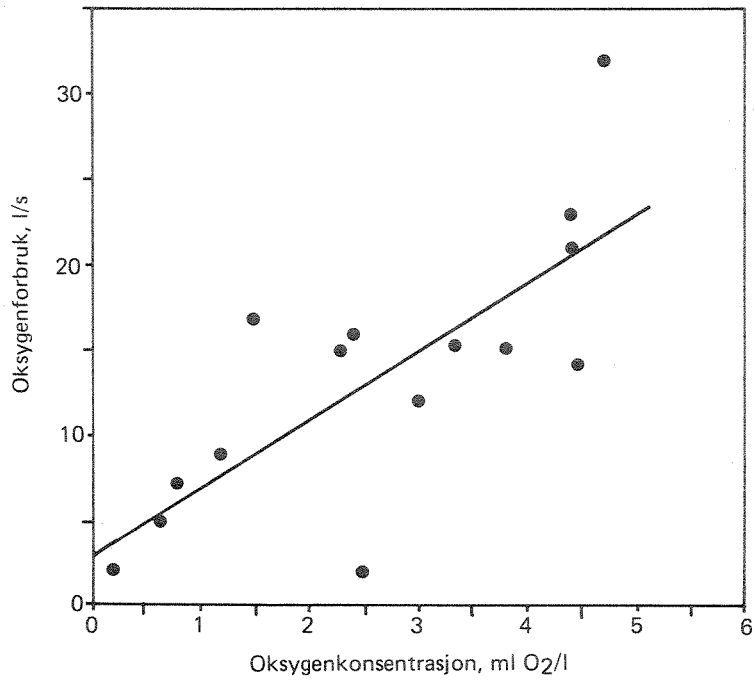


Fig. 9. Sammenheng mellom oksygenforbruk og oksygenkonsentrasjon i Frierfjordens dypvann.

I fig. 10 er så fosfortilførselene til Frierfjorden plottet med oksygenforbruket for de aktuelle tidsrom.

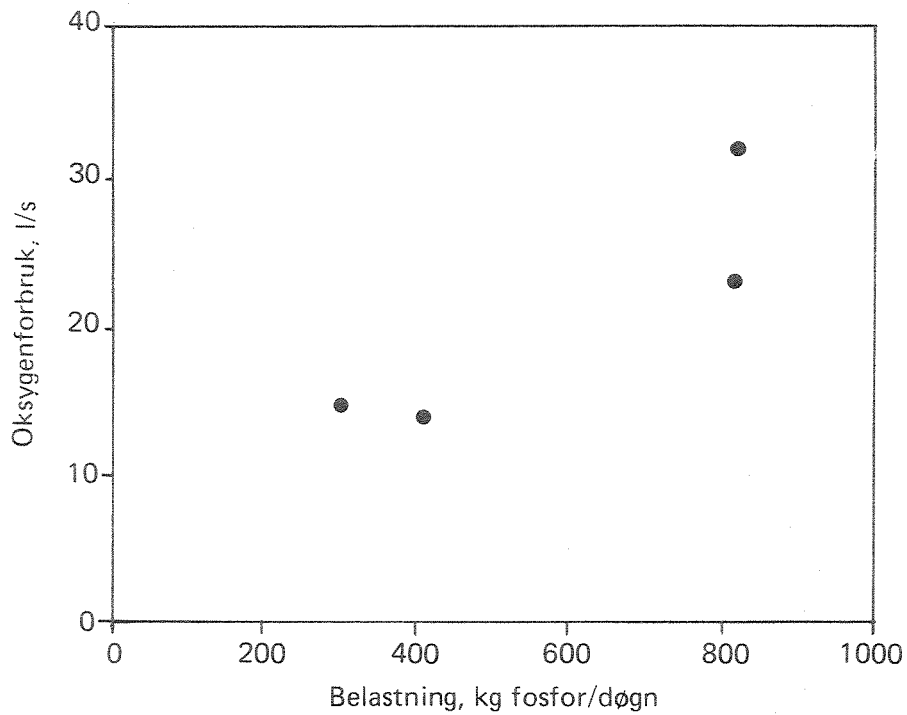


Fig. 10. Sammenheng mellom fosforbelastning på Frierfjorden og oksygenforbruk i dypvannet.

Det er klart at et så lite tallmateriale ikke tillater noen sikre konklusjoner, men beregningene tyder på at oksygenforbruket i 1977-78 var lavere enn i foregående år. Hvis dette er riktig, så er årsaken sannsynligvis at reduserte fosforutslipp har gitt lavere produksjon av planteplankton og dermed mindre belastning av organisk materiale på Frierfjordens dypvann og bunnsediment.

Lavere oksygenforbruk i Frierfjordens dypvann vil gi utslag på to måter:

- Periodene med dårlige - kritiske oksygenforhold blir kortere enn før.
- Den delen av dypvannet der oksygensvikt i perioder kan oppstå, vil bli mindre.

Dette vil så gi gunstigere livsvilkår for organismesamfunnene.

Resultater fra overvåkingsprogrammet de neste 2-3 år vil gi et sikrere grunnlag for å avgjøre om en slik forbedring av oksygenforholdene i Frierfjorden er i ferd med å skje.

Fosfor- og nitrogen i 1978.

Prøver av dypvannets innhold av fosfor og nitrogenforbindelser (totalfosfor, ortofosfat, totalnitrogen, nitritt + nitrat og ammonium) ble innsamlet under de fire hydrokjemitoktene. Fig. 11-13 viser konsentrasjonene nær bunnen i henholdsvis Frierfjorden (st. BC1, 90 m) og i Brevikfjorden (st. FG1, 105 m). Konsentrasjonene av ortofosfat er ikke vist spesielt ettersom dette utgjorde 88-100% av totalfosfor. Ammonium er heller ikke plottet fordi alle målte konsentrasjoner var under eller lik deteksjonsgrensen på 10 µg N/l.

Variasjonene i totalfosfor viser et typisk forløp. Etter dypvannsutskiftningen i februar-mars 1978 lå konsentrasjonene på et relativt lavt nivå både i Frierfjorden og i Brevikfjorden. I hele resten av året var dypvannet i Frierfjorden stagnant med en sterk akkumulering av fosfor.

I Brevikfjorden foregikk en viss dypvannsfornyning også i mai, men resten av året økte fosforkonsentrasjonene noenlunde jevnt. Av kurvene ser vi at økningen skjer mye raskere i Frierfjorden enn i Brevikfjorden. Dette er en følge av dårligere vannutskiftning og høyere belastning på Frierfjorden.

Konsentrasjonene av totalnitrogen og nitrat+nitritt viser i hovedtrekkene samme mønster som totalfosfor. Særlig gjelder dette for nitrat+nitritt. Det er imidlertid påfallende at konsentrasjonene i november var lavere enn i august. En nærliggende forklaring er at det har foregått en viss utskiftning av dypvannet i begge fjordområder. Med et mellomrom på ca. 3½ måned mellom august- og novembertoktet er det klart at en slik mindre dypvannsfornyelse kan foregå i Brevikfjorden uten at dette med sikkerhet kan sees av dataene på etterfølgende tokt. For Frierfjorden skulle en derimot også kunne finne signifikante utslag på bl.a. temperatur, salt- holdighet og oksygen. Dette var ikke tilfelle. I Frierfjorden var oksygenkonsentrasjonen så lav i 90 m dyp i november at det sannsynligvis har skjedd en denitrifisering. Dette kan også ha skjedd i Breviksfjorden i forbindelse med bunnsedimentet.

Endringer av fosforinnholdet i det intermediære lag siden 1974.

I tidsrommet 1974-78 har tilførselene av fosfor til Frierfjorden avtatt fra ca. 200 tonn/år til ca. 120 tonn/år, dvs. en reduksjon på 40%. Dette vil gi en viss reduksjon av fosforkonsentrasjonene i vannmassene. Siden mai 1978 har det dessuten blitt sluppet ut ca. 6 m³/s (kjølevann og noe prosessvann) fra de petrokjemiske anlegg i Bamble. Utslippene foregår ved diffusorer på ca. 15-25 m dyp. Antas 50 x fortykning som et middel, medfører utslippene i middel en vertikal transport av ca. 250 m³/s sjøvann opp i innlagringsdypet. Det er overveiende sannsynlig at dette har medført økt vannutskifting i det intermediære vannlag eller deler av det, noe som bl.a. skulle gi utslag i reduserte fosforkonsentrasjoner.

I sommerhalvåret vil konsentrasjonene av totalfosfor (TOTP) i det intermediære vannlag være sterkt påvirket av mengden av planteplankton. Vi velger derfor å betrakte fosforkonsentrasjoner i vinterhalvåret, og bruker data fra tokt i november-desember for tidsrommet 1974-78, dvs. 5 måleserier. I tabell 4 er konsentrasjoner av TOTP i 12-20 m dyp på st. BC1 gjengitt.

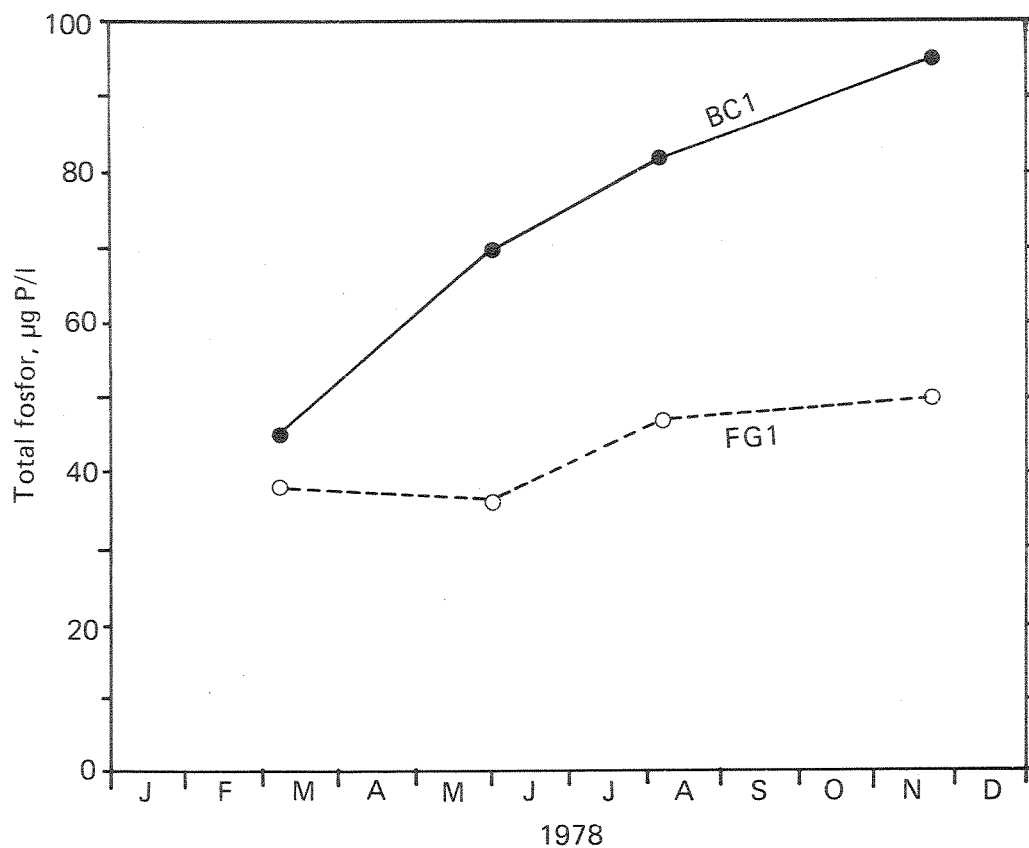


Fig. 11. Konsentrasjoner av total fosfor ved bunnen i Frierfjorden (st. BC1) og i Brevikfjorden (st. FG1).

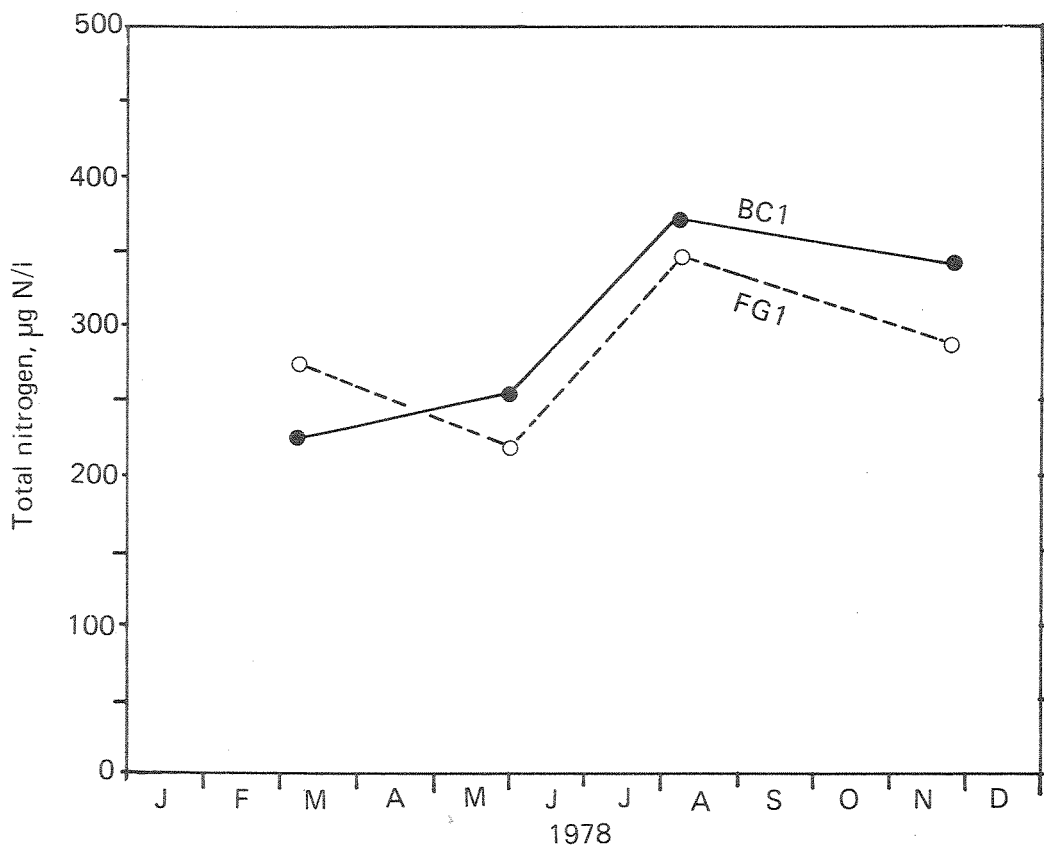


Fig. 12. Konsentrasjoner av total nitrogen ved bunnen i Frierfjorden (st. BC1) og i Brevikfjorden (st. FG1).

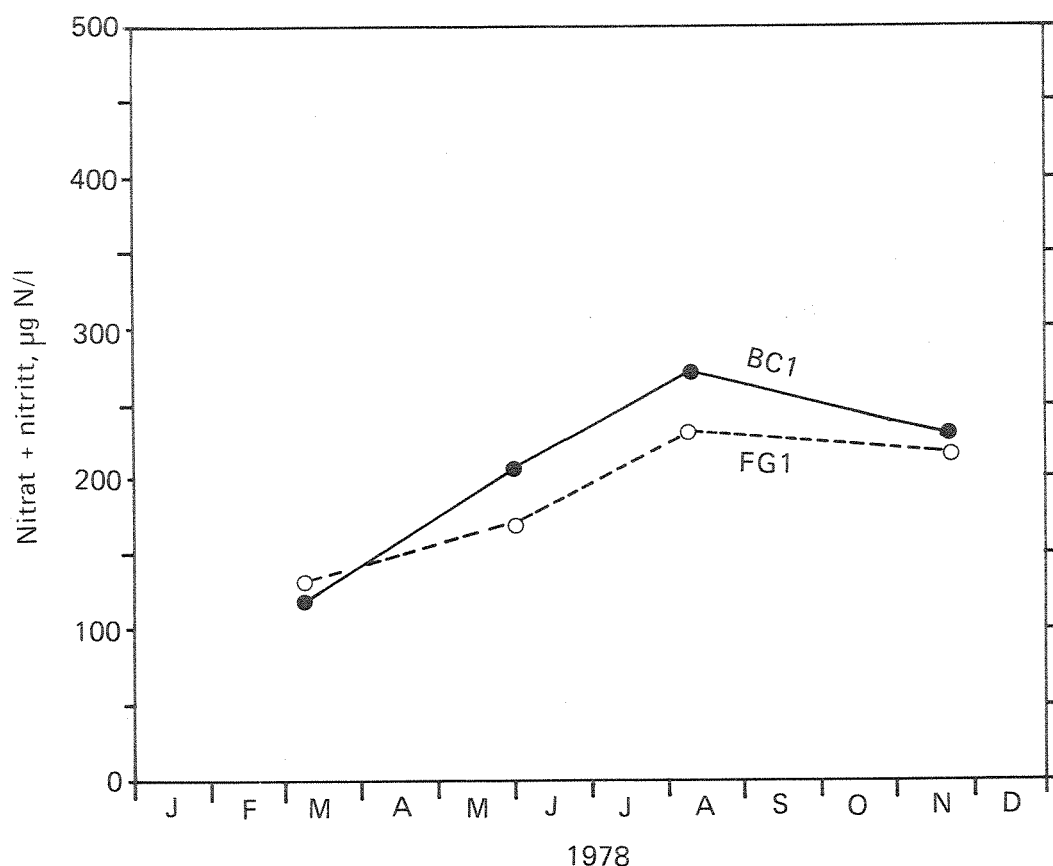


Fig. 13. Konsentrasjoner av nitrat+nitritt ved bunnen i Frierfjorden (st. BC1) og i Brevikfjorden (st. FG1).

Tabell 4. Konsentrasjoner av totalfosfor i 12-20 m dyp på st. BC1, Frierfjorden.

Dyp	Dato				
	16.12.74	16.12.75	7.12.76	30.11.77	22.11.78
12 m	48	30	27	28	20
16 m	49		29	27	19
20 m	49	36	29	25	19
Middelverdi:	49	33	28	27	19

Tall for midlere fosforbelastning på Frierfjorden for årene 1974-78 er hentet fra tidligere NIVA-rapporter (NIVA, juli 1973, NIVA, 25.11.1976, NIVA, 9.2.1979, NIVA 25.5.1979) og SFT 1979)*. Sammenhørende belastningstall og fosforkonsentrasjoner er plottet i fig. 14.

*) For 1977 er benyttet Norsk Hydros reelle utslipp i november: 63 kg P/døgn.

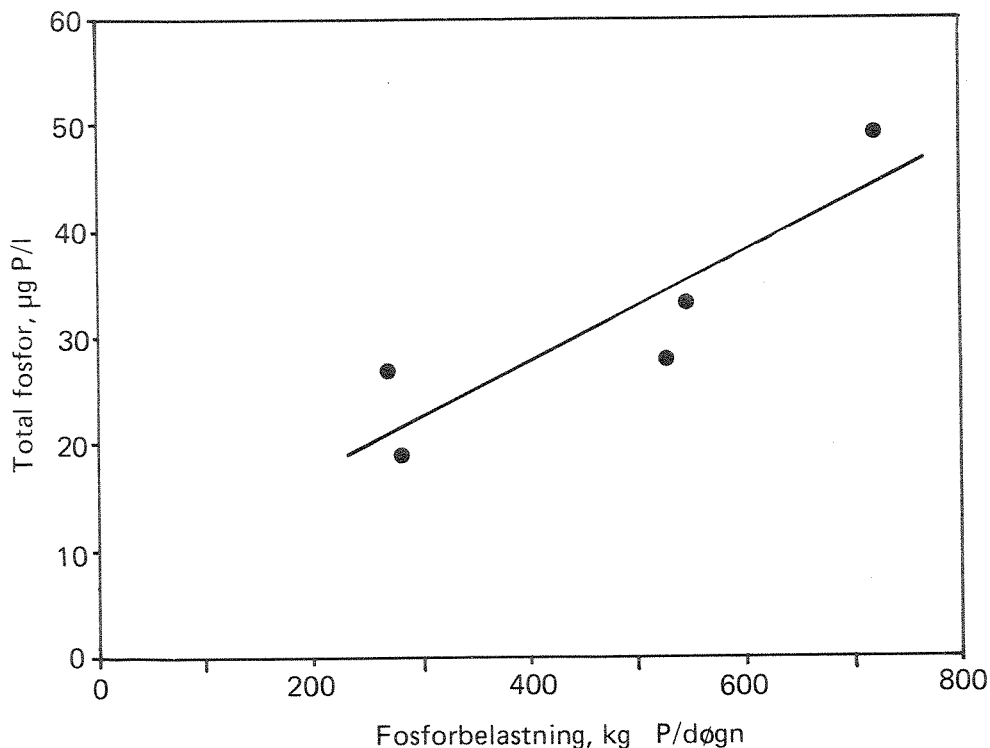


Fig. 14. Sammenheng mellom fosforbelastning på Frierfjorden og midlere konsentrasjon av totalfosfor i Frierfjordens intermediære vannlag.

Beregnes korrelasjonen mellom belastning og konsentrasjon fåes korrelasjonskoeffisienten $r = 0.89$. Signifikansen av korrelasjonskoeffisienten er kontrollert ved Students t-test. Denne viser at det er mindre enn 5% sannsynlighet for at korrelasjonen fremstår pga. tilfeldige variasjoner.

Det er klart at tallmaterialet er lite, og de midlere belastningstallene inneholder en ganske stor usikkerhet både mht. størrelse og representativitet for belastningen forut for de 5 prøveseriene som er benyttet. Likeledes vil vannutskiftningsforholdene i de aktuelle vannlag variere fra gang til gang. Tross dette kan man med relativt stor sikkerhet si at det har vært en reell nedgang i fosforkonsentrasjonene i Frierfjordens intermediære vannlag i tidsrommet 1974-78 og at dette i hovedsaken skyldes reduserte utslipp. I dette tidsrommet er det i første rekke Norsk Hydro som har redusert sine utslipp fra Herøya.

Tallmaterialet gir ikke grunnlag for å avgjøre hvor mye dypvannsslippene fra petrokjemianleggene fra våren 1978 har bidratt til å redusere fosforkonsentrasjonene. Vi skal imidlertid merke oss at mens fosforbelastningen på Frierfjorden i november 1978 var minst like stor som i 1977, så var fosforkonsentrasjonen ca. 30% lavere enn året før. Her kan dypvannsslippene spille en rolle. Målingene i 1979 vil gi mer opplysninger om dette.

LITTERATUR

FAO, 1969:

Fishery technical paper No 94.
Rome, p. 70.

NIVA, juli 1973:

O-111/70. Resipientvurderinger av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport 1. Tidligere undersøkelser - generelle forhold - forurensningstilførsler.

Saksbehandlere: Ø. Johansen, S. Kolstad, T. Bokn & B. Rygg. 93 s.

NIVA, 25.11.1976:

O-111/70. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport 5. Fremdriftsrapport fra de hydrokjemiske undersøkelsene mars 1974 - desember 1975.

Saksbehandler: J. Molvær. 143 s.

NIVA, 9.2.1979:

O-70111. Resipientundersøkelse av nedre Skienselva, Frierfjorden og tilliggende fjordområder. Rapport nr. 8, Sluttrapport.

Saksbehandler: Jarle Molvær. 251 s.

NIVA, 25.5.1979:

O-76129. Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjorden og Skienselva. Årsrapport for 1977. Saksbehandler: Brage Rygg. 152 s.

NIVA, 10.11.1979:

Overvåking av forurensninger i Grenlandsfjordene og Skienselva i 1978.

Delrapport nr. 3: Undersøkelser av vannutskiftningsforholdene.

Saksbehandler: Jarle Molvær. 22 s.

SFT, 1979:

Årsrapport 1978 for industriforurensning i nedre Telemark. Statens forurensningstilsyn. Kontrollseksjonen. 97 s.

Statens Biologiske Stasjon, Flødevigen, 1978:

Toktrapper PTK 1/78 - 5/78.

Saksbehandlere: Else Ellingsen og Stein Tveite.

Statens Biologiske stasjon, Flødevigen, 1979:

Toktrapper PTK 6/78 - 7/78. Saksbehandlere: Einar Dahl,

Else Ellingsen og Stein Tveite.