

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0-160/71

UNDERSØKELSE AV HYDROGRAFISKE OG BIOLOGISKE
FORHOLD I INDRE OSLOFJORD

OVERVÅKINGSPROGRAM - ÅRSRAPPORT 1977

Blindern, 1 november 1978

Saksbehandlere:

Cand. real. Tor Bokn
Cand. real. Lars Kirkerud
Fil.kand. Jan Magnusson
Cand.real. Gotfred Nilsen

Medarbeidere:

Skipsfører Einar I Andersen
Forskningsassistent cand.mag. Norman Green
Teknisk assistent Frank Kjellberg
Cand. real. Jon Knutzen
Siv.ing. Truls Krogh
Fil.kand. Torsten Källqvist

Instituttssjef Kjell Baalsrud

ISBN 82-577-0112-2

F O R O R D

OSLOFJORDKONTORET (kontor for interkommunalt kloakksamarbeid i Indre Oslofjord) anmodet i 1972 Norsk institutt for vannforskning (NIVA) om å utføre overvåkningsundersøkelser i Oslofjorden, i den hensikt å studere fjordens forurensningsutvikling. Denne rapport er nummer fire i dette prosjektet, og omfatter året 1977.

Overvåkningsprogrammet er i så stor utstrekning som det har vært mulig koordinert med andre prosjekter i Oslofjorden. Det har først og fremst vært en viss samordning i toktplanene for 1977 med Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen (forsker S. Tveite) og Institutt for Marin Biologi og Limnologi, avdeling Marin Kjemii (amanuensis A.T. Andersen) og Institutt for Geofysikk, avd. A, Fysisk oseanografi (stipendiat F.E. Dahl), som takkes for samarbeidet.

Data fra NIVAs egne forskningsprosjekter i Oslofjorden er blitt brukt i overvåkningsprogrammet. Dette gjelder prosjektene A2-26 "Faktorer som regulerer planteplanktonbestander" (G. Nilsen), A2-27 "Tilførsler av partikulært materiale til sedimentene i Bunnefjorden" (J. Skei), A2-28 "Faktorer som forårsaker dypvannsutskiftninger i sør-norske terskelfjorder" (J. Molvær og J. Magnusson), A2-29 "Fastsittende alger som eutrofieringsindikator" (T. Bokn).

Ovennevnte prosjekter har fortsatt i 1978, og vil bli avsluttet først i 1979.

Vi vil takke Oslofjordens Fiskarlag, og spesielt fisker Olaf Johansen, Asker, for verdifulle opplysninger om fisket i fjorden.

Ved instituttet har følgende personer deltatt i planlegging og gjennomføring av arbeidet:

Cand.real. Tor Bokn (fastsittende alger)

Cand.real. Lars Kirkerud (fiske)

Cand.real. Gotfred Nilsen (overflatevannets vekstpotensial m.m.)

Fil.kand. Jan Magnusson (hydrografi, prosjektledelse)

Forskningsassistentene Norman Green og Frank Kjellberg (feltarbeide og databearbeidelse)

Skipsfører Einar I. Andersen, samt

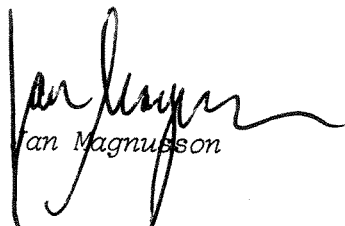
Seksjonsleder Jon Knutzen

Delprosjektet som omfatter studiet av tilførsler til Indre Oslofjord er rapportert i egen rapport "O-160/71 Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i Indre Oslofjord. Forurensningstilførsler til Indre Oslofjord." (Siv.ing. Lasse Vråle, NIVA 1977).

Nils Klavestads Oslofjordundersøkelse 1963-65 ble publisert i *Botanica Marina* Vol XXI i 1978. Særtrykk av artikkelen følger vedlagt denne rapport. Det totale materialet fra Klavestads undersøkelser oppbevares på NIVA (stensil) under tittelen "The algal vegetation of the polluted inner part of the Oslofjord".

Det hydrografiske datamaterialet er presentert i egen rapport.

Blindern, 1. november 1978


Jan Magnusson

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	2
SAMMENDRAG	8
INNLEDNING	12
2. HYDROGRAFI	14
2.1 Stasjoner, parametre og metoder i 1977	14
2.2 Generelle meteorologiske og hydrologiske forhold i 1977	18
2.3 Vannutskiftningen i 1977	23
2.4 Dypvannsutskiftningene 1973-1977	33
2.5 Oksygenforholdene i fjordens dypvann 1977 sammenlignet med tidligere observasjoner	34
2.6 Hydrokjemiske observasjoner i perioden 1933-77.	43
3. OVERFLATEVANNETS KVALITET - BEDØMT VED SIKTEDYP, KLOROFYLL, ALGEVEKSTPOTENSIAL OG NÆRINGSSALTKJEMI	47
4. SAMFUNNENE AV FASTSITTENDE ALGER	58
4.1 Registrering av brunalger	58
4.1.1 Spiraltang (<i>Fucus spiralis</i>)	64
4.1.2 Blæretang (<i>Fucus vesiculosus</i>)	64
4.1.3 Grisatang (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	64
4.1.4 Gjelvtang - flattang - (<i>Fucus distichus</i> subsp. <i>edentatus</i>)	64
4.1.5 Sagtang (<i>Fucus serratus</i>)	66
4.2 Sammendrag	66
5. FISKE	67
6. LITTERATUR	70

TABELLFORTEGNELSE

	Side:
Tabell 1. Hydrografiske tokt i Indre Oslofjord 1977	16
Tabell 2. Oversikt over parametre og analysemetoder, samt deteksjonsgrenser og antatt presisjon ved analyse av sjøvannsprøver	17
Tabell 3. Antall potensielle utskiftningstilfeller av over- flatelaget i Indre Oslofjord som funksjon av nordlige vindmengder	32
Tabell 4. Beregnet dypvannsutskiftning 1973-77 - samt prosen- tuell fornyelse av volumet under 20 meters dyp	33
Tabell 5. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Vestfjorden (DK1) på 75-80 meters dyp i oktober måned fra årene 1933 (BRAARUD 1937), 1936-39 (DANNEVIG, 1945), 1946 (BEYER og FØYN 1951), 1962-73 (NIVA), samt 1974-77 (Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen og NIVA)	37
Tabell 6. Vannutskiftning i Indre Oslofjord og oksygenkonsentra- sjon i oktober på 80 meters dyp i Vestfjorden (sta- sjon DK1). (Vannutskiftning 1962-65 etter Gade 1967).	41
Tabell 7. Siktedyp og klorofyll a, og konsentrasjoner av nitrogen og fosforforbindelser i 0-2 m dyp på hoved- toktene i 1977	56

FIGURFORTEGNELSE

	Side:
Figur 1. Stasjonsnett 1977	15
Figur 2. Ferskvannstilførsel og soltimer i 1977	19
Figur 3. Vindmengde (% observasjoner i sektor x vindens middel- hastighet = radien for hver sektor. (30°)). Blindern, Oslo 1977 (Data fra Meteorologisk institutt)...	20
Figur 4. Vindmengde Blindern, Oslo 1957-74	21
Figur 5. Vindens nord syd-komponent (m^2/s^2) ved Blindern 1977 samt strømmens retning på 18 meters dyp ved Drøbaksterskelen..	22
Figur 6. Saltholdighetsvariasjoner (‰) ved Steilene (DK1) 1977	24
Figur 7. Temperaturvariasjoner (°C) ved Steilene (DK1) 1977	25
Figur 8. Oksygenvariasjoner (ml/l) ved Steilene (DK1) 1977	26
Figur 9. Oksygenvariasjoner (ml/l) i Lysakerfjorden (BN1) 1977 ...	27
Figur 10. Saltholdighetsvariasjoner (‰) i Bunnefjorden (EP1) 1977	28
Figur 11. Oksygen/hydrogensulfid variasjoner (ml/l) i Bunnefjorden (EP1) 1977	29
Figur 12. Ortofosfatvariasjoner (µg/l) i Bunnefjorden (EP1) 1977 ..	30
Figur 13. Måneds-middel og standard-avvik for oksygenkonsentrasjo- nen på 80 meters dyp i VESTFJORDEN (St DK-1) 1933 - 76, basert på data fra periodene 1933 - 40 (Braarud 1937 og Dannevig 1945), 1946 - 51 (Beyer & Føyn 1951), og 1962 - 73 (NIVA), samt observasjoner fra 1974 - 77 (Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen, og NIVA)	35
Figur 14. Måneds-middel og standard-avvik for oksygenkonsentrasjo- nen på 125 meters dyp i BUNNEFJORDEN (St EP-1) 1933 - 76, basert på data fra periodene 1933 - 40 (Braarud 1937 og Dannevig 1945), 1946 - 51 (Beyer og Føyn), 1962 - 74 (NIVA) og 1975 - 77, Statens Biologiske Stasjon, Flødevigen, og NIVA).	36
Figur 15. Midlere oksygenkonsentrasjon ml/l på 75-80 meters dyp i Vestfjorden (stasjon DK1) i oktober måned beregnet for de tre periodene 1933 og 1936-1939, 1962-1965 samt 1973-1977 (kfr. tabell 5)	38

	Side:
Figur 16. Midlere oksygenkonsentrasjon (ml/l) på 75-80 meters dyp i Vestfjorden (stasjon DK1) i mai måned beregnet for de tre periodene 1934-1939, 1962-1965 og 1973-1977	38
Figur 17. Sedimentkjerne fra 150m dyp i Bunnefjorden	39
Figur 18. Variasjonen av total-nitrogen, nitrat og nitritt, totalfosfor, ortofosfat, forholdet total nitrogen/total fosfor (MOL/MOL) samt oksygen i VESTFJORDEN (stasjon DK1) på 80 meters dyp	44
Figur 19. Ortofosfatvariasjoner µg/l på 75-80 meters dyp i Vestfjorden (Stasjon DK1 og FL1)	45
Figur 20. Variasjon i klorofyll-a og siktedyp (øverst) og nitrat+ ammonium, fosfat og algevekstpotensial (nederst) på stasjon BN1 (Nesodden) i 1977	48
Figur 21. Variasjon i klorofyll-a og siktedyp (øverst) og nitrat + ammonium, fosfat og algevekstpotensial (nederst) på stasjon DK1 (Steilene) i 1977	49
Figur 22. Variasjon i klorofyll-a og siktedyp (øverst) og nitrat + ammonium, fosfat og algevekstpotensial (nederst) på stasjon EP1 (Bunnefjorden) i 1977	51
Figur 23. MÅNEDSMIDDEL OG STANDARD-AVVIK FOR SIKTEDYP I VESTFJORDEN (St. DK1), basert på enkelte data fra 1936 - 40 (Dannevig 1945) og fra 1962 - 76 (Statens Biologiske Stasjon Flødevigen og NIVA) samt innlagte observasjoner fra 1977	53
Figur 24. MÅNEDSMIDDEL OG STANDARD-AVVIK FOR SIKTEDYP I BUNNEFJORDEN (St. EP1), basert på enkelte data fra 1936 - 1940 (Dannevig 1945) og fra 1962 - 1976 samt innlagte observasjoner fra 1977.	54
Figur 25. Stasjonsnett i Indre Oslofjord hvor fucacévegetasjon er undersøkt	59
Figur 26. Spiraltang (<i>Fucus spiralis</i>)	60
Figur 27. Blæretang (<i>Fucus vesiculosus</i>)	61
Figur 28. Grisatang (<i>Ascophyllum nodosum</i>)	62
Figur 29. Gjelvtang (<i>Fucus distichus</i> subsp. <i>edentatus</i>)	63
Figur 30. Sagtang (<i>Fucus serratus</i>)	65
Figur 31. Ekkoregistrering av fisk i Bunnefjorden samt kontinuerlig oksygenregistrering med Føyns oksymeter	68

SAMMENDRAG

Som et ledd i overvåkingen av Indre Oslofjord er det i 1977 samlet inn hydrografiske data fra 5 stasjoner (fig. 1) på 5 tokt i januar, mars, juni, august og oktober. I tillegg er det benyttet observasjoner fra 4 tokt i Bunnefjorden fra instituttets egen forskningsvirksomhet.

Vannprøvene ble analysert på temperatur, saltholdighet, oksygen, total fosfor, ortofosfat, total nitrogen, nitrat og nitritt, ammonium og total organisk karbon (ufiltrerte prøver).

I tillegg til egne observasjoner er hydrografiske data fra i alt 7 tokt ved Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen og tre tokt ved Universitetet i Oslo stilt til NIVAs disposisjon, og benyttet i denne rapporten.

Overflateprøver (blandprøver 0-2 m) ble innsamlet på samtlige hovedstasjoner. På 3 stasjoner (Bunnefjorden, Lysakerfjorden, Vestfjorden) var prøvetakningsfrekvensen for overflateprøvene større enn den hydrografiske toktfrekvensen (1-2 ggr/måned).

Foruten de kjemiske analyser som er nevnt ovenfor, ble overflateprøvene analysert på klorofyllinnhold og vannets vekstfremmende egenskaper testet ved algekultur-forsøk. Kvantitative planteplanktonprøver ble innsamlet på mesteparten av stasjonene. Siktedyp ble målt på samtlige stasjoner.

Utbredelsen av 5 fastsittende gruntvannsalger er registrert på 120 stasjoner nord for Filtvedt og sammenlignet med tidligere observasjoner.

I undersøkelsesperioden er det også utvekslet informasjon mellom Oslofjordens Fiskarlag (ved enkelte fiskere) og NIVA om fisket i fjorden. Resultater fra et prosjekt vedrørende oksygenforhold og fisk i Oslofjorden er også rapportert.

1. 1977 var et nedbørsrikt og solfattig år frem til mai måned. Med unntak av juni var perioden mai - september derimot solrik og med lite nedbør. Ferskvannstilførselen var over den normale i mai - juni (kraftig vårflom), men mindre enn normalt i juli - oktober (Fig. 2). Vindforholdene i 1977 var noe uvanlige, særlig i mai-juli da det var dominerende nordavind, (Fig. 2 og 4).
2. Dypvannsutskiftingen i 1977 begynte i januar, eller noe tidligere, og var hovedsakelig over i mars. - Kun en mindre del ble utskiftet i perioden frem til juni. Totalt ble ca. $5\,900 \times 10^6 \text{ m}^3$ vann utskiftet, hvilket tilsvarer omtrent alt vann under 20 meters dyp i Indre Oslofjord.
3. Den kraftige dypvannsutskiftningen vinteren 1977 medføre at det hydrogensulfidholdige (råtne) dypvannet i Bunnefjorden ble erstattet med relativt oksygenrikt vann (fig. 11) Oksygenkonsentrasjonen i Vestfjordens og Bunnefjordens dypvann var i oktober 1977 nesten like høy som i 1974, da også dypvannsutskiftningen var omfattende.
4. Oksygenkonsentrasjonen i mai og oktober på 75 - 80 meters dyp, i Vestfjorden, beregnet som middelveier for perioden 1933/36 - 39, 1962 - 65 og 1973 - 76, viser ingen signifikant forskjell for mai-dataene, men en klar nedgang i oktober-verdiene fra 1930-tallet frem til 1970-tallet (Fig. 15 og 16). Denne utvikling kan føre til hydrogensulfiddannelse også i Vestfjordens dypvann, hvis ikke tilførselen av organisk stoff til fjordens dypvann avtar, d.v.s. produksjonen av organisk stoff i overflatelaget minkes.
5. Analyser av en sedimentprøve fra Bunnefjorden (150 meters dyp) viser at sedimentet ble anoksisk omtrent i 1940 (± 5 år) (fig. 17). Ca. 1963-1968 var sedimentet oksisk. Fra 1968 er det anoksisk. Oksygenforholdene i Bunnefjordens dypvann var altså noe bedre i 1963-68 sammenlignet med perioden 1940 - 62 og 1968 - 78. Den tilfeldige forbedringen må skyldes en kombinasjon av variasjoner i klima, vannutskifting og forurensningstilførsler.

6. Konsentrasjonen av ortofosfat i Vestfjordens dypvann har økt siden 1930-tallet (fig. 18). En sammenligning av ortofosfatkonsentrasjonen på 1960-tallet med 1970-tallet viser også en økning. Derimot synes ortofosfatkonsentrasjonen å ha vært lavere i Vestfjordens dypvann i 1962 - 65 enn i 1946 - 47.

7. De kraftig forverrede forhold i Oslofjordens dypvann fra 1933/34 til 1946/47 må skyldes økt forurensningstilførsel kombinert med dårlig vannutskiftning. I 1962 - 68 var vannutskiftningen tilstrekkelig god til at Bunnefjordens dypere partier igjen ble oksisk. Sammenlignet med oksygenforholdene i årene 1930 - 39 var forholdene imidlertid dårligere. I 1973 - 77 var forholdene i fjorden dårligere enn på 1960-tallet, på tross av at størrelsen på dypvannutskiftningen var sammenlignbar. Dette innebærer at den organiske belastningen på Indre Oslofjords dypvann også må ha økt siden 1960-årene.

Den økede belastningen er en følge av økt forurensningsproduksjon eller bedre klimaforhold for biomasseproduksjon i fjordens overflatelag ved omtrent konstant forurensningsproduksjon. Uten de rens tiltak som kommunene rundt indre Oslofjord har iverksatt hittil, ville forholdene i fjorden antagelig vært enda dårligere.

8. Den hydrokjemiske variasjonen i Vestfjordens dypvann 1973/77 viser nitrogen- og fosfor-verdienes avhengighet av vannutskiftningen (Fig. 18). Fra 1973 har fosforkonsentrasjonen vist en avtakende tendens. Avtakende fosfatinnhold i fjordens dypvann følger antagelig av bedre vannutskiftning i perioden. Nitrogenkonsentrasjonen i dypvannet har derimot ikke minket, hvilket medførte en øking i N/P-forholdet fra 1973 til 1977.

9. Overflatevannets kvalitet registrert ved siktedyp, algetetthet, innhold av plantenæringsstoffer og algevekstpotensial var i 1977 gjennomgående dårlig nær Oslo, men bedre lenger sør i Vestfjorden. I Bunnefjorden var vannkvaliteten dårligere enn i 1975 og 1976; i Vestfjorden omtrent like god. En grov sammenlikning mellom de ulike plantenærings saltene og algevekstpotensialet tyder på at fosfat stort sett var det potensielt begrensende nærings salt, muligens unntatt deler av sommeren da uorganisk nitrogen til tider var under deteksjonsgrensene. Det ble i 1977 ikke registrert forhold som må tilskrives andre vekstbegrensende faktorer.

10. En oppfølging av 1974-undersøkelsen av 5 fastsittende algers utbredelse i Indre Oslofjord ble fortsatt i 1975, 1976 og 1977. Resultatene av kartleggingen støtter opp om hovedtendensen som ble påvist i 1974. Viktige nøkkelarter i strandfloraen i indre bassenger er forsvunnet, og nye arter er kommet til siden århundreskiftet. I tillegg har de næringskrevende og hurtigvoksende grønnalger en bedre konkurransevne i forurenset vann. Observasjonene fra 1977 har ikke markert seg vesentlig fra observasjonene i 1976. Kun i et par mindre områder har det skjedd forandringer. I Lysakerfjorden har gjelvtangen vansker med å reetablere seg etter et større saltsyreutslipp i 1976 (NIVA 1977). Indre grenser for sagtang er blitt forskjøvet sørover fra nordspissen av Nesodden. En mulig forklaring er økt turbiditet i overflatevannet blant annet forårsaket av over ett års driftstans i et biologisk renseanlegg i 1977 på Nesodden.

11. Opplysninger NIVA har fått viser at det i 1977 hele året ble tatt fangster av bunnfisk og reke i fjorden, men fangstene var relativt små første halvdel av 1977 og gikk ytterligere tilbake utover høsten.

En undersøkelse av brislingens vertikalfordeling viste at denne kunne tåle lavere oksygeninnhold i vannet enn tidligere antatt.

Konklusjonen fra forrige årsrapport, om at det er bunnfisk og reker som er mest skadelidende i fjorden på grunn av kloakkvannstilførslene, er uendret.

1. INNLEDNING

Overvåkingsprogrammet for Indre Oslofjord har siden starten i 1973 hovedsaklig vært konsentrert om fjordens utvikling som svar på en overgjødning med organisk stoff og særlig næringssalter fra kloakkutslipp (eutrofiering). Næringssalttilførselen fremmer tilveksten av planteplankton i så stor utstrekning at fjordvannet blir grumset og iblant misfarget av voldsomme oppblomstringer. Denne unaturlig høye produksjon av organisk stoff belaster i sin tur dypvannet, hvor det nedbrytes til næringssalter under oksygenforbrukende prosesser. Tilførselen av oksygen er begrenset under 20 meters dyp, som følge av at Drøbaksterskelen hindrer en kontinuerlig tilførsel av oksygenrikt vann fra ytre fjord. I stedet inntreffer hydrografisk gunstige situasjoner vinters tid, som medfører en utskiftning av "gammelt" dypvann med nytt oksygenrikt vann fra ytre fjord. Mellom to slike dypvannsutskiftninger kan tilførselen av organisk stoff til dypvannet bli så stort at nesten alt oksygen i vannet forbrukes og i visse deler av fjorden kan det dannes hydrogenulfid som er en dødelig gift for de fleste marine arter. (Bærums- og Bekkelagsbassenget samt Havnebassenget og Bunnefjorden). I Vestfjorden går sjelden prosessen så langt, men oksygeninnholdet kan til tider bli så lavt at det vanskeliggjør livsvilkårene for fisk og krepsdyr m.v.

Formålet med overvåkingsprogrammet er å følge utviklingen i fjorden, det vil si - gi en løpende orientering om fjordens forurensningstilstand. Kunnskaper om denne utvikling vil senere også kunne tjene til å klargjøre hvordan fjorden reagerer på rens tiltak.

Forurensningenes innvirkning på overflatelaget i form av algeoppblomstringer studeres ved å analysere vannets innhold av klorofyll og næringssalter, samt ved å undersøke dets vekstpotensial. Den indirekte effekten av forurensninger i strandsonen kan avleses gjennom studier av forskyvninger i algesamfunnenes artssammensetning.

Forurensningenes effekt på dypvannet observeres ved hydrografiske tokt, hvor oksygeninnhold og næringssaltinnhold i vannet blir målt.

Overvåkingsprogrammets innhold varierer noe fra år til år, da forskjellige sider av forurensningsproblematikken tas opp. De hydrografiske undersøkel-sene er den del som gjennomføres hvert år og utgjør en fast del av overvåkingsprogrammet. Programmet har i sin nåværende form forutsatt en viss aktivitet i fjorden av andre institutter; hydrografiske tokt ved Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen og Institutt for Marin Biologi og Limnologi ved Universitetet i Oslo, samt et kompletterende forskningsprosjekt ved NIVA.

Den hydrografiske utviklingen i 1977 er fremstilt i kapittel 2. Kapittel 3 tar for seg overflatelagets kvalitet og kapittel 4 de fastsittende algers utbredelse i 1977. Kapittel 5 tar til slutt opp en del informasjon om fisket i fjorden.

2. HYDROGRAFI

2.1 Stasjoner, parametre og metoder i 1977.

I 1977 ble vannprøver innsamlet ved 5 hovedtokt fra 5 hovedstasjoner på dypene 4, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 125, 150 og 200 meters dyp. I tillegg ble det samlet inn 0 - 2 m blandprøver fra overflaten. Dette ble gjort på de hydrografiske dypstasjoner pluss 5 ekstra stasjoner. Stasjonsnett fremgår av fig. 1. Tabell 1 viser toktfrekvensen i fjorden i 1977, hvor det også er oppført tokt av Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen og Universitetet i Oslo (stipendiat F. E. Dahl og ammannuensis A. T. Andersen), samt tokter utført av NIVA i samband med forskningsprosjekter.

På overvåkningstoktene ble det observert siktedyp og temperatur på hver stasjon. På stasjonene EP1, DK1 og FL1 ble vannets innhold av salter (salinitet), oksygen, total fosfor, ortofosfat, totalnitrogen, nitrat og nitritt, ammonium og total organisk karbon analysert. På BN1 og KN1 ble det kun analysert på total organisk karbon i overflaten (0-2 m). De kjemiske analysene ble som regel utført på ufiltrert vann, bare deler av overflateprøvene ble filtrert før analyse. Tabell 2 viser en oversikt over metoder og omtrentlige nøyaktigheter på analysene. Vannets vektspotensial og klorofyll-innhold ble målt i overflaten (0-2 m). Planteplanktonprøver ble innsamlet for 0-2 m (kvantitative prøver) og med planktonnett som ble trukket i overflaten (kvalitative prøver).

Data fra hovedtoktene er presentert i egen rapport. Data fra Flødevigen er presentert i toktrapper (PTK 1-7, 1977).

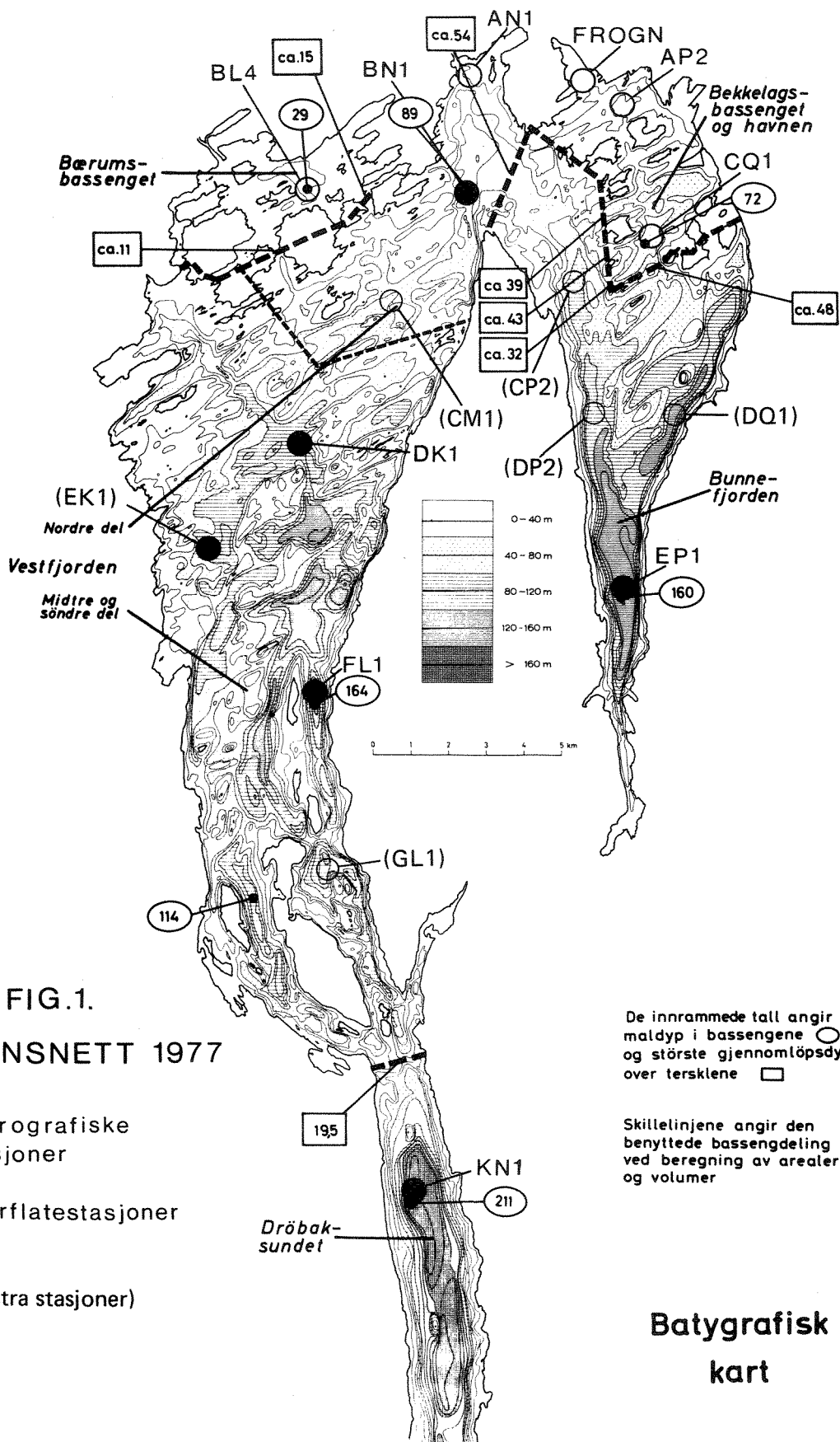


FIG.1.
STASJONSNETT 1977

- Hydrografiske stasjoner
- Overflatestasjoner
- (Ekstra stasjoner)

De innrammede tall angir maksimaldyp i bassengene ○ og største gjennomløpsdyp over tersklene □

Skillelinjene angir den benyttede bassengdeling ved beregning av arealer og volumer

Batygrafisk
kart

Tabell 1 HYDROGRAFISKE TOKT I INDRE OSLOFJORD 1977

DATO:	INSTITUTT:	PROSJEKT:	OBSERVASJONER		STASJONER:
			Temp., salt og oksygen	Nærings-salter	
19-20/1 1/2	NIVA Universitetet i Oslo (F.E.Dahl)	Overvåking 0-160/71	+	+	EP1, BN1, DK1, FL1, KN1
15/2	Flødevigen	PTK 1	+		EP1, DK1, EK1, KN1 EP1, DK1
15/2	Universitetet i Oslo (F.E.Dahl)		+		EP1, DK1, EK1 (BN1)
7/3	Universitetet i Oslo og NIVA	A2-27	+		EP1, BN1, DK1, KN1
14/3	Flødevigen	PTK 2	+		EP1, DK1
21-22/3	NIVA	Overvåking 0-160/71	+	+	EP1, BN1, DK1, FL1, KN1
29/3	NIVA	A2-26	+		EP1
5/4	NIVA	A2-27, A2-26	+	+	EP1
18/4	Flødevigen	PTK 3	+		EP1, DK1
3/5	NIVA	A2-27, A2-26	+	+	EP1
6/5	Flødevigen	PTK 4	+		EP1, DK1
2-3/6	NIVA	Overvåking 0-160/71	+	+	EP1, BN1, DK1, FL1, KN1
16/6	Flødevigen	PTK 5	+		EP1, DK1
5-30/7	NIVA	Vestfjordshydrografi	+	+	DK1, EK1
24/7	NIVA	Vestfjordshydrografi	+	+	BN1, EP1
9/8	NIVA	Vestfjordshydrografi	+	+	EK1, DK1
12/8	Flødevigen	PTK 6	+		EP1, DK1
16-17/8	NIVA	Overvåking 0-160/71	+	+	EP1, BN1, DK1, FL1, KN1
26-27/10	NIVA	Overvåking 0-160/71	+	+	EP1, BN1, DK1, FL1, KN1
11/11	Flødevigen	PTK 7	+		EP1, DK1
13/12	NIVA	Overvåking 0-160/71 A2-27	+	+	EP1

Tabell 2 OVERSIKT OVER PARAMETRE OG ANALYSEMETODER, SAMT DETEKJONGSGRENSER OG ANTATT PREJISJON VED ANALYSE AV SJØVANNSPRØVER X

Parameter	Analysemetode	Presisjon	Deteksjonsgrense
Temperatur (TEMP)	Vendertermometer avlest med lupe.	± 0,01 °C	-
Saltholdighet (SAL)	Konduktivitetmålinger ved laboratorieresalinometer (Industrial Man).	± 0.003°/∞	-
Oksygen/hydrogensulfid (O ₂ /H ₂ S)	Jodometrisk titrering. Modifisert Winkler-metode.	± 2-4%	-
Ortofosfat (PO ₄ -P)	Autoanalyator. Molybdenblåttmetoden.	± 2 µg/l	2 µg/l
Totalfosfor (TOT-P)	UV-oksydasjon. Bestemmelse som ortofosfat.	± 2 "	2 "
Nitrat+nitritt (NO ₃ -N)	Autoanalyator. Red. (Cd/Cu) til og best. som nitritt.	± 10 "	10 "
Ammonium (NH ₄ -N)	Autoanalyator. Indofenolblåttmetoden.	± 5 "	10 "
Totalnitrogen (TOT-N)	UV-oksydasjon. Bestemmelse som nitrat/nitritt.	± 10 "	10 "
Total organisk karbon (TOC)	Persulfatoksydasjon. IR-bestemmelse som CO ₂ .	± 0.1 mg/l	0.2 mg/l

x Presisjonen anslått for de konsentrasjonsnivåer som er representative for prøver fra Oslofjorden.

2.2 Generelle meteorologiske og hydrologiske forhold i 1977 ^(X)

Perioden januar - april 1977 var relativt nedbørrik og solfattig, spesielt gjaldt dette mars og april (se fig. 2). Vårflommen i mai var kraftigere enn normalt i Drammenselva og varte ut i juni. Mai var ellers nedbørfattig og solrik i forhold til normalt. Hele høsten var ferskvannstilførselen via Drammenselva mindre enn normalt. Totalt var ferskvannstilførselen over det normale frem til juli 1977. Den midlere ferskvannstilførsel i 1977 var $303 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette kan sammenlignes med tidligere års tilførsler:

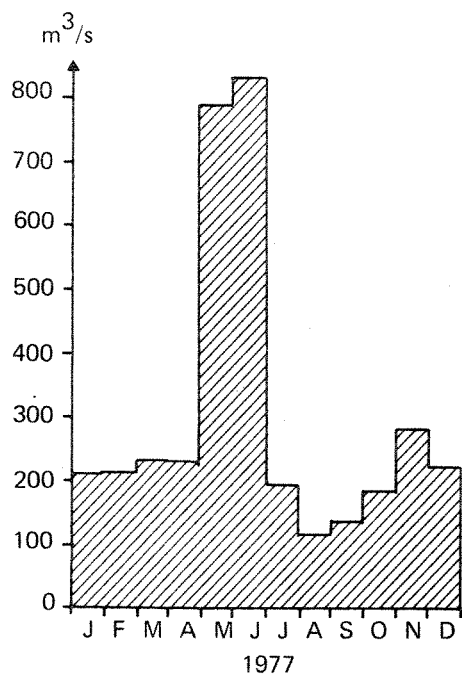
1973:	$183 \text{ m}^3/\text{s}$
1974:	$255 \text{ m}^3/\text{s}$
1975:	$240 \text{ m}^3/\text{s}$
1976:	$190 \text{ m}^3/\text{s}$
1977:	$303 \text{ m}^3/\text{s}$

d.v.s. at ferskvannstilførselen 1977 var den største for perioden 1973 - 1977.

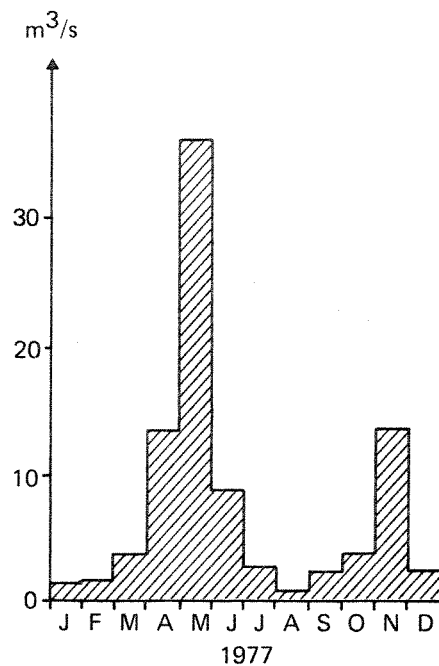
Fig. 3 og 4 viser vindroser for 1977 og perioden 1957 - 1974. Året 1977 skiller seg fra "normal-året" ved kraftigere nordavinder i januar og februar. I mars - april var vindforholdene nærmest normale, mens nordavindene ble mer dominerende i mai - juli i forhold til normalåret. I høstmånedene ble vindforholdene mer vanlige.

De kraftigste nordavindperiodene fremgår av fig. 5, som viser kvadraten på vindhastigheten dekomponert i nord-syd. I februar, april og november overstiger vindstyrken $70 \text{ m}^2/\text{s}^2$, eller 8 m/s, som er en meget kraftig vindstyrke for Indre Oslofjord. Til og med i juli var døgnsmiddelhastigheten av nordavinden over 5-6 m/s. 1977 var således totalt sett et unormalt år med mye nordavind.

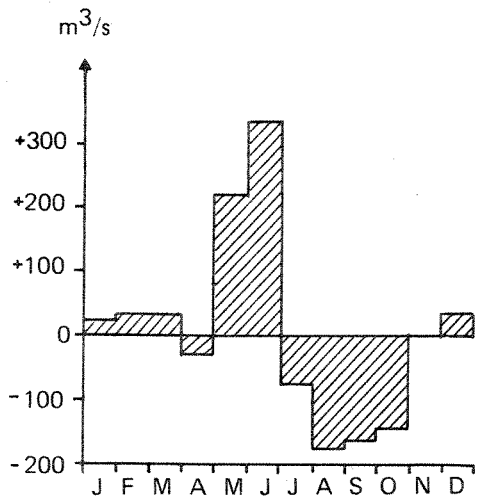
^(X) Data fra Meteorologisk Institutt og Norges Vassdrag og Elektrisitetsvesen.



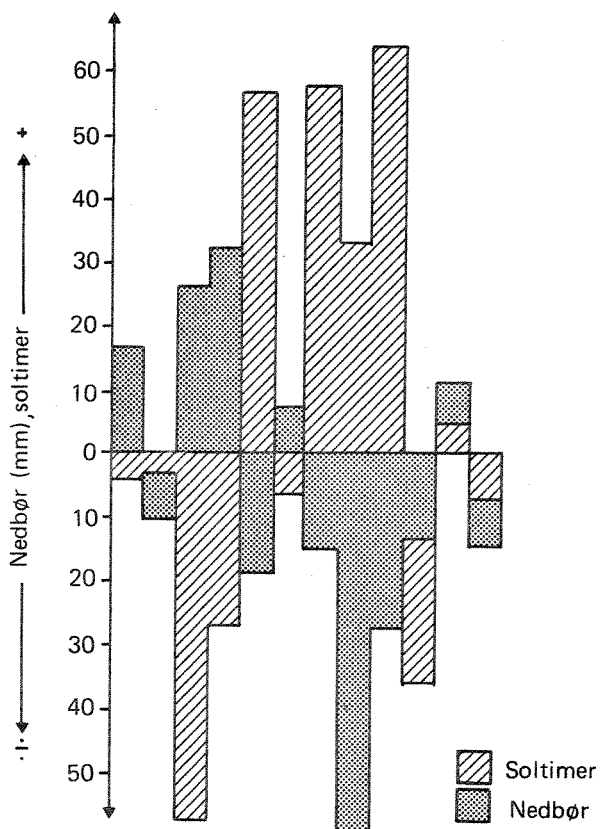
Vannføring i Drammenselva (Døviksfoss). Månedsmiddel



Vannføring i Lysaker- og Sandvikselva, Månedsmiddel



Vannføringen i Drammenselva 1977 som avvik fra månedsmiddel for perioden 1961-72



Soltimer og nedbør (mm) på Blindern, Oslo i 1977 som avvik fra perioden 1956-1970 resp. perioden 1931-1960. (Data fra meteorologisk institutt).

Fig. 2. Ferskvannstilførsel og soltimer i 1977.

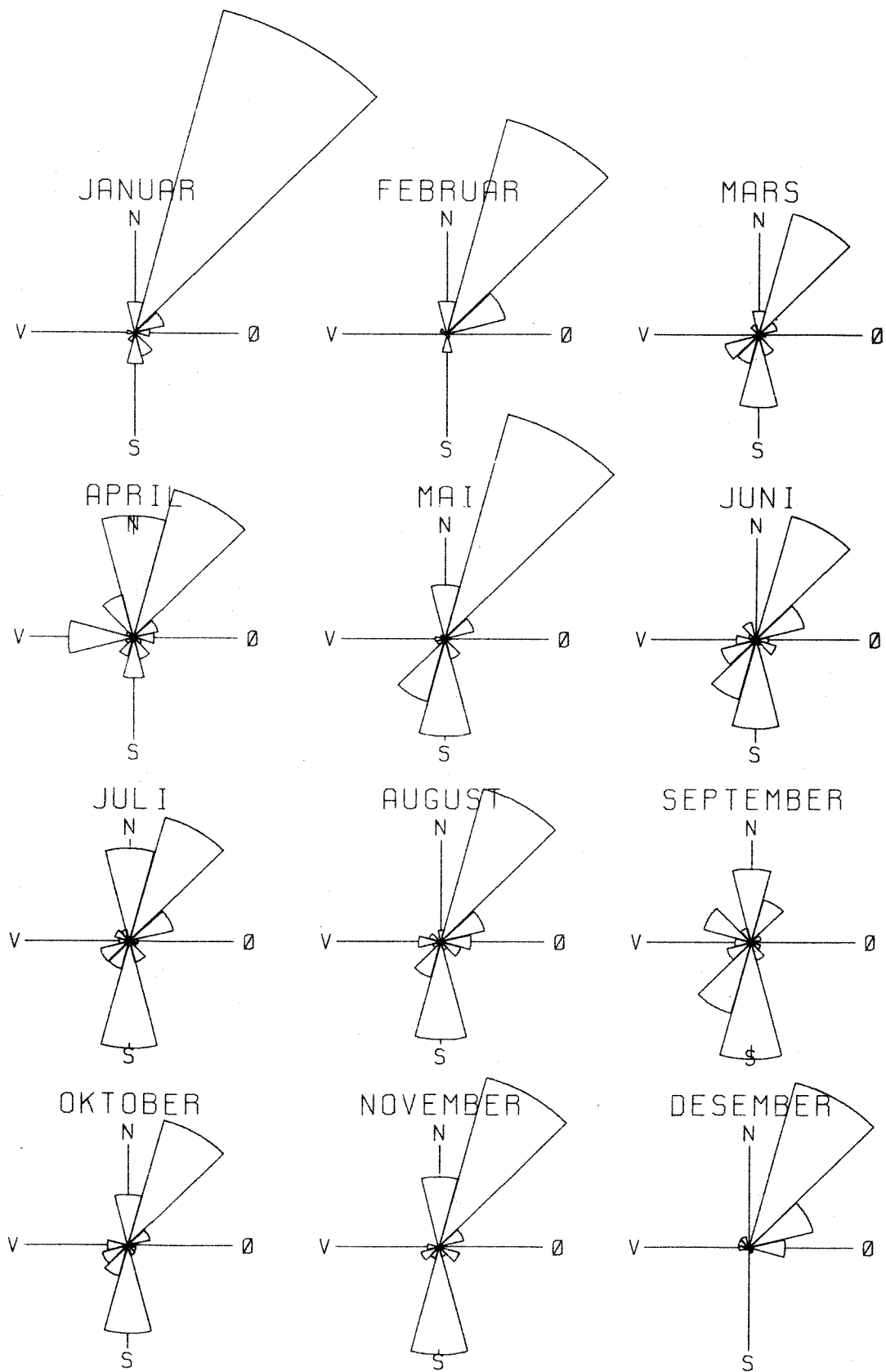


Fig. 3. Vindmengde (% observasjoner i sektor x vindens middelhastighet = radien for hver sektor. (30°)).
Blindern, Oslo 1977 (Data fra Meteorologisk institutt).

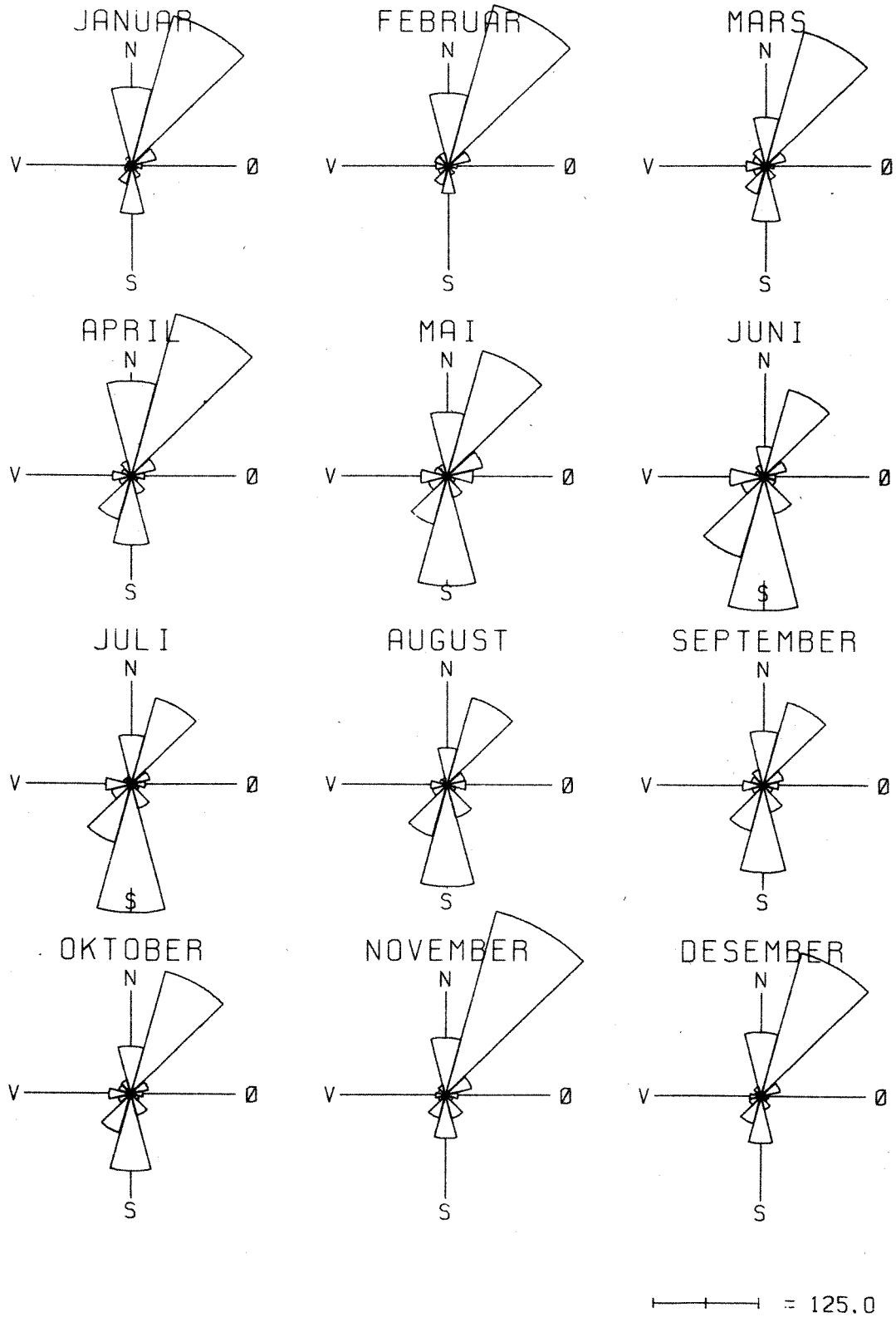


Fig. 4. Vindmengde Blindern, Oslo 1957-74.

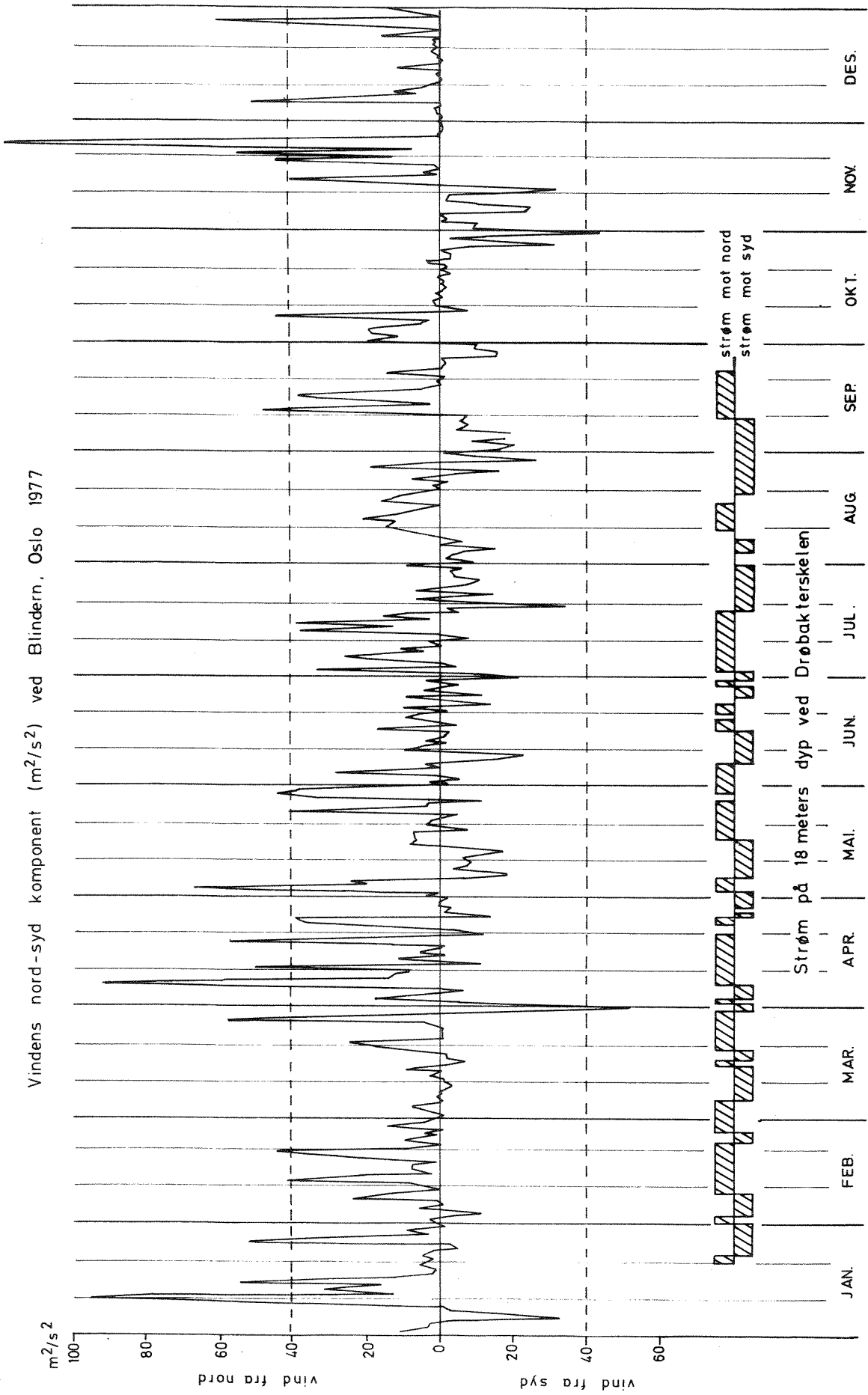


Fig. 5. Vindens nord syd-komponent (m^2/s^2) ved Blindern 1977 samt strøm-
mens retning på 18 meters dyp ved Drøbaksterskelen.

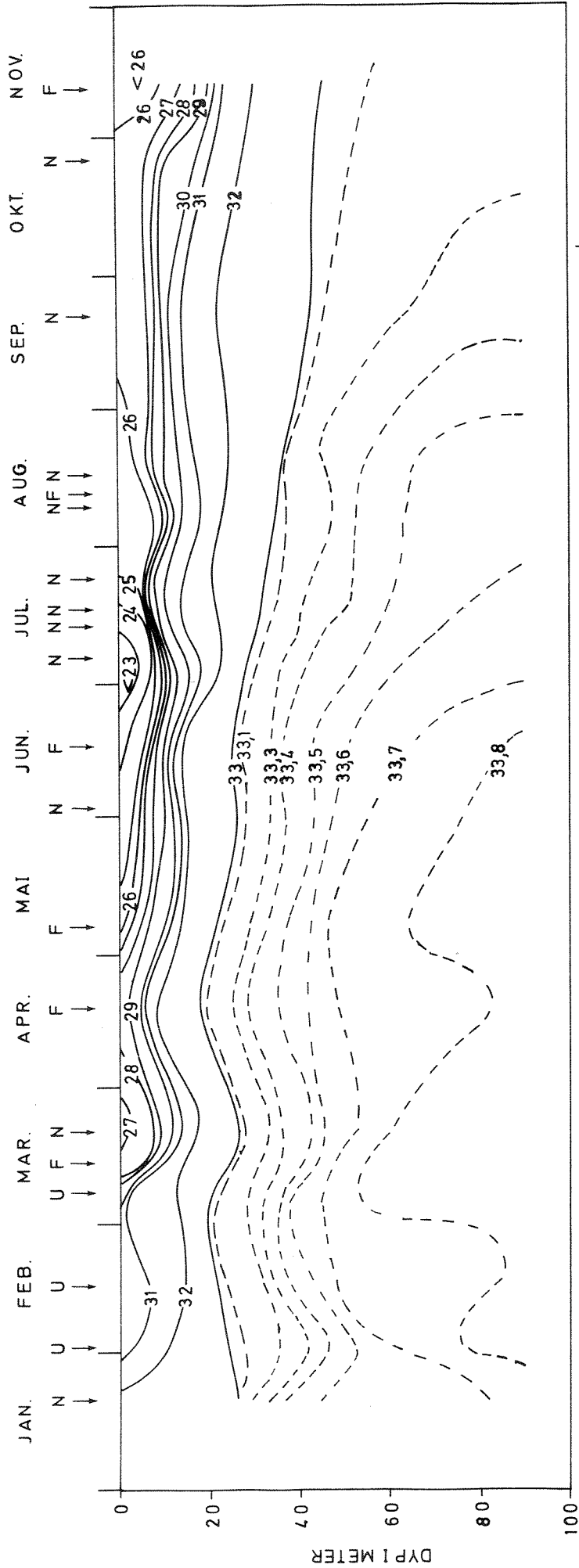
2.3 Vannutskiftningen i 1977

Den generelle hydrografiske utvikling i Indre Oslofjord i 1977 beskrives av figurene 5 - 12, som viser kvadraten på vindens nord-syd-komponent sammenholdt med strømmens retning på 18 meters dyp på Drøbaksterskelen (fig. 5), samt variasjonene av saltinnhold, temperatur og oksygeninnhold i Vestfjorden (stasjon DK1 - fig. 6 - 8), oksygeninnholdet i Lysakerfjorden (stasjon BN1 - fig. 9), saltholdighet, oksygeninnhold og ortofosfatinnhold i Bunnefjorden (stasjon EP1 - fig. 10 - 12).

Som det fremgår av fig. 6-8, hadde dypvannsutskiftningen allerede begynt ved det første hydrografiske toktet i januar 1977. I november 1976 var saltholdigheten i Vestfjordens dypvann under 33 ‰, og oksygeninnholdet under 50 meters dyp lavere enn 1 ml/l (NIVA 1977). I januar 1977 var saltinnholdet over 33.5 ‰ og oksygeninnholdet over 5 ml/l i samme dypintervall i Vestfjorden. Utskiftningen ble sannsynligvis bl.a. generert av de kraftige nordlige vindene i begynnelsen av januar (fig. 5). Vestfjordens dypvann ble løftet opp og presset dels innover mot Bunnefjorden og dels blandet med overflatevann og strømmet så ut mot Drøbaksterskelen. I Lysakerfjorden har dypvannet også blitt utskiftet, men det besto tildels også av eldre Vestfjordsvann, slik at oksygeninnholdet ikke økte like mye som i Vestfjorden (fig. 9). I Bunnefjorden ble utskiftningen kun intermediær (ned til ca 70 meter - fig. 11), som følge av at egenvekten på vannmassene ved 50 meters dyp i Vestfjorden ikke oversteg egenvekten på vannmassene i Bunnefjordens dypvann (80 - 150 meters dyp).

Nytt vann fortsatte å strømme inn i Oslofjorden under dominerende nordlige vinder, fra omtrent 8. februar 1977. Fig. 5 viser at det var inngående strøm over Drøbaksterskelen fra 8. februar til 22. februar, og ved månedsskiftet februar-mars. Vannet fylte de dypere lag i Vestfjorden og løftet oksygenrikt vann inn i Lysakerfjorden (fig. 9) og videre inn i Bunnefjorden, hvor egenvekten på vannet nå var tilstrekkelig til å skifte ut det gamle dypvannet (fig. 10-12).

I ytterligere to perioder har de dypere lag i Indre Oslofjord fått nytt vann fra Drøbaksundet. I april (6. - 20. april) og mai-juni (16. mai - 6. juni) strømmet vann inn til Bunnefjorden under stort sett nordlige vinder.



↓ = Observasjon

F-Statens Biologiske
Stasjon Flødevigen

Fig.6. Saltholdighetsvariasjoner (‰) ved Steilene (DK1) 1977

U-Universitetet på Blindern

N-NIVA

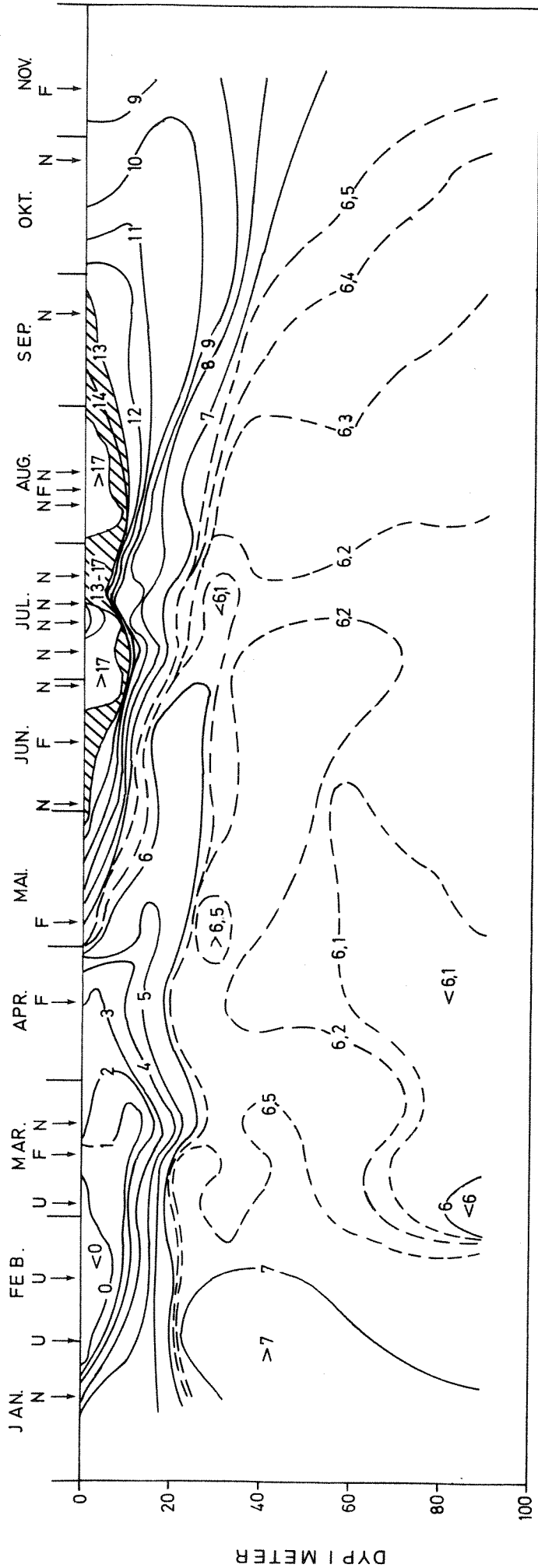


Fig.7. Temperaturvariasjoner (°C) ved Steilene (DK1) 1977

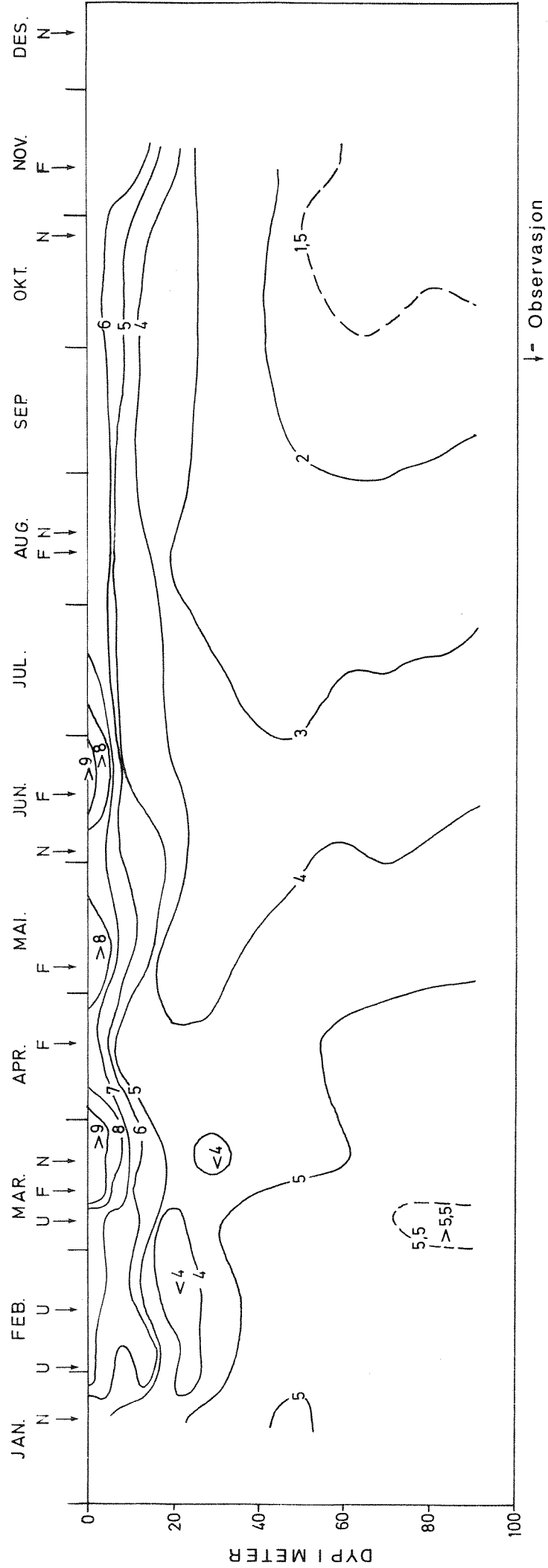


Fig. 8. Oksygenvariasjoner (ml/l) ved Steilene (DK1) 1977

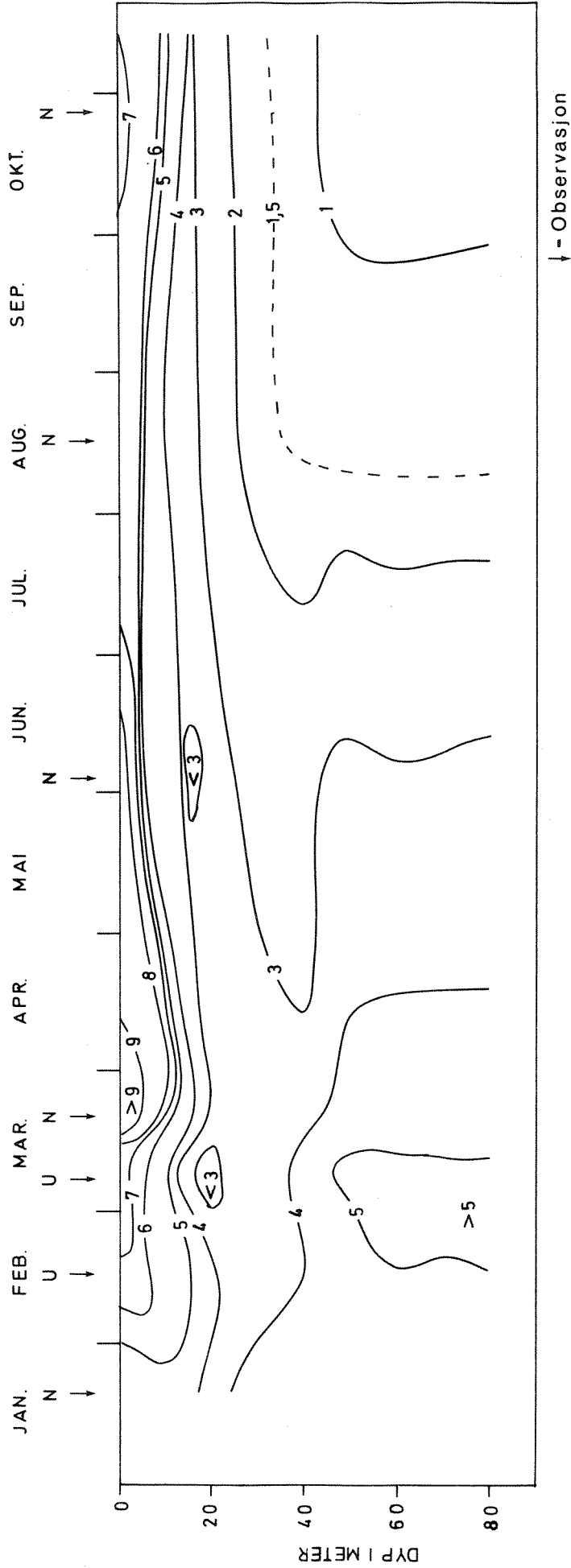


Fig.9. Oksygenvariasjoner (ml/l) i Lysakerfjorden (BN1) 1977

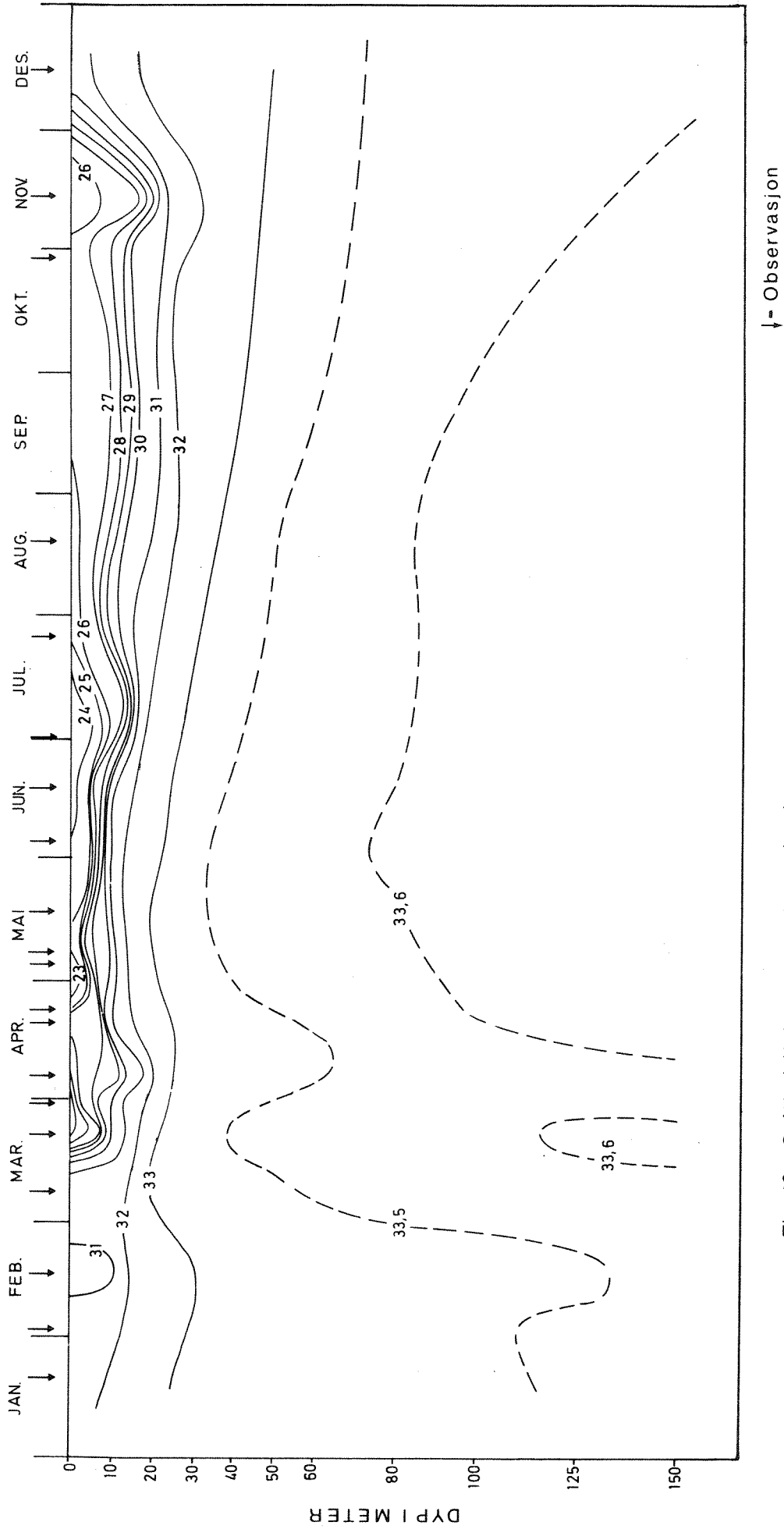


Fig. 10. Saltholdighetsvariasjoner (‰) i Bunnefjorden (EP1) 1977

↓ = Observasjon

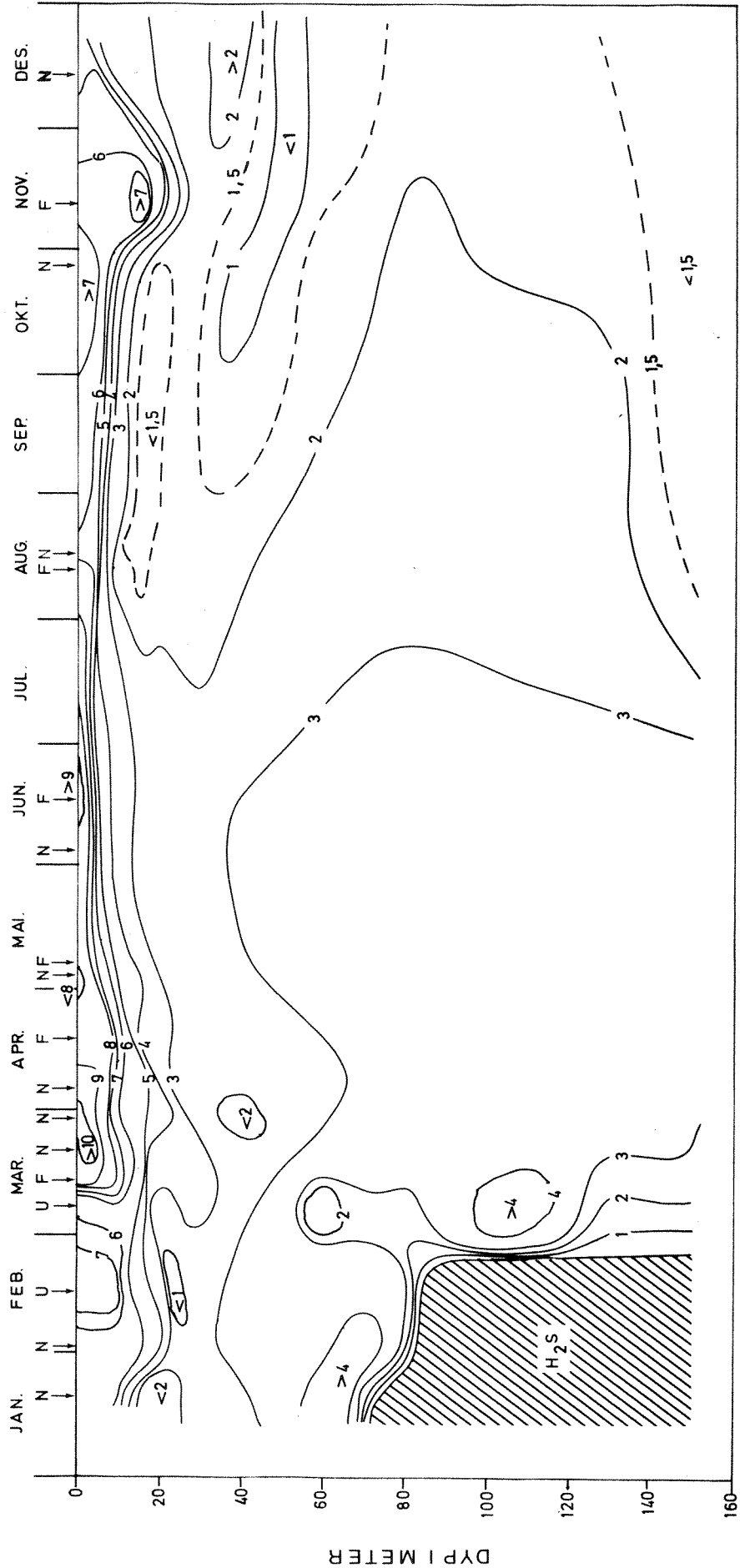


Fig.11. Oksygen/hydrogensulfid variasjoner (ml/l) i Bunnefjorden (EP1) 1977

↓ - Observasjon

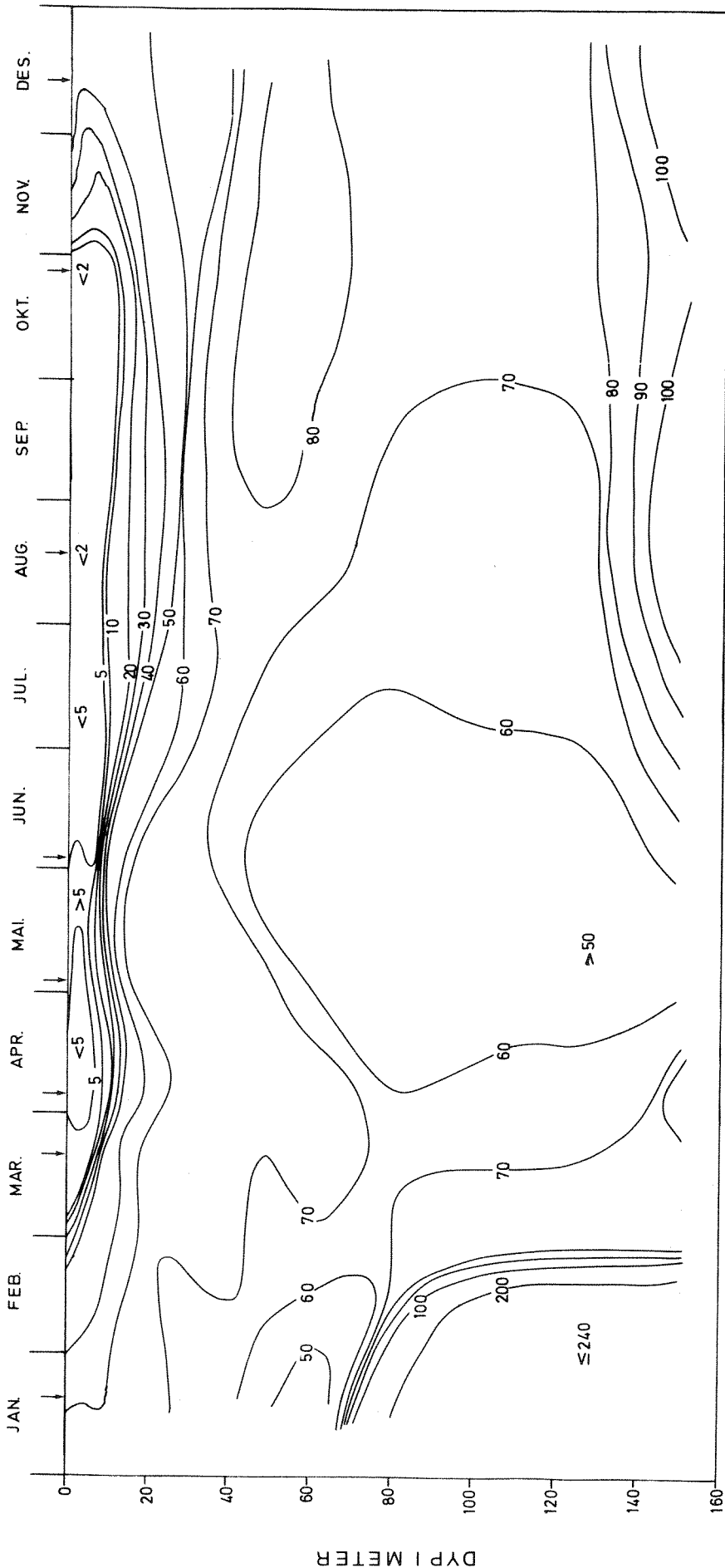


Fig.12. Ortosfatvariasjoner ($\mu\text{g/l}$) i Bunnefjorden (EP1) 1977

↓ - Observasjon

De siste utskiftningene gikk sannsynligvis ikke helt til bunns i Vestfjorden. Det innstrømmende vannet ble også innlagret på mellomnivåer (40 - 60 meters dyp) og strømmet over terskelen på ca 50 meters dyp til Bunnefjorden.

Dypvannsutskiftningen er anslått og beregnet på tilsvarende måte som tidligere år. Beregningene er basert på meget enkle antakelser om utskiftningsprosessens forløp, slik at verdiene på utskiftningens størrelse må bli omtrentlige (se årsrapport for 1975-76 (NIVA 1977)). Som i tidligere beregninger av dypvanns-utskiftningen er saltholdighet og tetthetsdata brukt for bedømmelse av til hvilket nivå det gamle dypvannet er hevet (Linde 1970, Gade 1970). Utskiftningene er også bedømt utfra temperatur/saltholdighets-relasjoner (T-S-diagram) - samt også ved hjelp av totalfosforvariasjoner etter antakelser om blanding mellom kun to vannmasser, hvor fosforkonsentrasjonen på det innstrømmende vannet (P_1), det gamle dypvann (P_2), - samt resultatet av en blanding av disse vannmasser (P) for hvert dyp er kjent.

$$\text{Dvs. } P = q_1 P_1 + q_2 P_2$$

hvos q_1 og q_2 er andelen av nytt og gammelt vann.

Den første utskiftningsperioden frem til 20. januar 1977 var så stor at nesten alt vann under 20 meters dyp i Vestfjorden ble utskiftet. Den totale utskiftningen inklusive mellomnivåer i Bunnefjorden er beregnet til omtrent $4.300 \times 10^6 \text{ m}^3$, hvilket er ca 75% av fjordens volum under 20 meters dyp ($3.400 \times 10^6 \text{ m}^3$ i Vestfjorden, og ca $900 \times 10^6 \text{ m}^3$ i Bunnefjorden). Overflate- laget var ved januartoktet fylt av en vannmasse, hvis kjemiske karakteristikk minnet om gammelt dypvann.

I perioden 20.1-21.3 ble Bunnefjordens dypvann delvis utskiftet, hvilket er beregnet til at omtrent $800 \times 10^6 \text{ m}^3$ vann er blitt tilført fjorden. Ytterligere omtrent samme mengde vann ble tilført fjordens dyplag mellom den 20.3-3.6.77. Totalt for Bunnefjorden skulle dette innebære en utskiftning av $1.600 \times 10^6 \text{ m}^3$ vann, hvilket tilsvarer 80% av vannvolumet under 20 meters dyp. Mye av dette vannet var imidlertid gammelt Vestfjordsvann slik at effektiviteten av utskiftningen ble lav f.eks. for å forbedre oksygenforholdene. Hvis vi forutsetter at kun helt nytt vann fra Drøbakssundet har kommet inn i Bunnefjorden vil den beregnede utskiftningsgraden etter totalfosfor-

verdier bli omtrent $1.100 \times 10^6 \text{ m}^3$ for perioden januar-juni, dvs. ca. 60% av vannvolumet under 20 meters dyp. Dette skulle bety at vannvolumet under 20 meters dyp i juni 1977 kun besto av 30% gammelt Bunnefjordsvann og 20% gammelt Vestfjordsvann. Beregningen må ikke oppfattes som eksakt, da bl.a. totalfosfor ikke kan bli betraktet som en konservativ parameter gjennom så lang tid (4 måneder).

Etter juni måned var det stagnante forhold i fjordens dypvann med avtagende saltholdighet i både Vestfjorden og Bunnefjorden (fig. 6 og 10).

Utskiftning av overflatevannet kan bare anslås omtrentlig som følge av for lav hydrografisk observasjonsfrekvens. Saltholdighetsdata indikerer utskiftninger i januar, februar, mars, april, mai, juni, juli, august og november 1977. Imidlertid er vindforholdene den dominerende faktor ved utskiftningen av fjordens overflatevann. Dette illustreres under de nordlige vinder juli 1977, hvor sjiktningen i Vestfjorden ble målt minimum en gang pr døgn. Fra den 5-20.7.77 ble vannmassen mellom overflaten og ca. 8 meters dyp utskiftet og erstattet først og fremst av dypere liggende vann som strømmet inn over terskeldyp i Drøbakssundet.

Hvis vi bruker julisituasjonen som mål på den nordlige vindmengde som gir utskiftning av overflatevannet over 8-10 meters dyp, uavhengig av sjiktningen, medfører dette en midlere nordlig vindkomponent over en uke på 3-4 m/s. ($8-14 \text{ m}^2/\text{s}^2$). Tilsvarende vindmengde gir da utskiftning av overflatelaget drøyt to ganger i januar. For hele 1977 gir tabell 3 antallet utskiftningstilfeller av overflatelaget i Indre Oslofjord.

Tabell 3. Antall potensielle utskiftningstilfeller av overflatelaget i Indre Oslofjord som funksjon av nordlige vindmengder.

Måned	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	Okt	Nov	Des
Antall utskiftninger	>2	2	1	2-3	2	1	2	1	2	1	2-3	2

Totalt blir den utskiftede vannmengden ved disse 22 tilfellene $30.800 \times 10^6 \text{ m}^3$. Dette tilsvarer en midlere transport på $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ og en gjennomstrømmingstid av de øverste 10 metrene på ca. 20 døgn. For sommerperioden juni-august blir transporten lavere, nemlig ca. $700 \text{ m}^3/\text{s}$, hvilket gir en gjennomstrømmingstid på 30 døgn.

Den ovenfor anslåtte oppholdstiden på overflatevannet vil bli mindre, når andre krefter enn vinden blir tatt med, som f.eks. tidevann og lufttrykk - samt strømmer drevne av tetthetsvariasjoner i ytre fjord.

2.4 Dypvannsutskiftningene 1973-1977

I tabell 4 nedenfor fremgår størrelsen på dypvannsutskiftningen i Indre Oslofjord slik den er blitt beregnet i tidligere årsrapporter (NIVA 1974, 1976 og 1977).

Tabell 4. Beregnet dypvannsutskiftning 1973-77 - samt prosentuell fornyelse av volumet under 20 meters dyp.

År	Utskiftet vann- volum 3 mill. m	% av fjordens volum under 20 meters dyp
1973	1.200	20
1974 x)	8.300	140
1975	1.200	20
1976	3.300	55
1977	5.900	100

x) innbefatter også perioden november-desember 1973.

Tabellen viser at det er meget store variasjoner i vannutskiftningsvolum i Indre Oslofjord. 1977 var et bra år sett ut fra et vannutskiftningssynspunkt. Bare 1974 var bedre, hvor en innstrømming senhøstes 1973 har blitt innkalkulert i utskiftningsepisoden for 1974. Til den effektive vann-

utskiftningen hører også overflatelaget, som foreløpig kun er anslått for 1977. Imidlertid vil vindstatistikken (kap. 2.3) indikere at 1977 har vært et år med lavere oppholdstid av overflatevann i indre fjord enn normalt.

2.5 Oksygenforholdene i fjordens dypvann 1977 sammenlignet med tidligere observasjoner.

Året 1977 er sammenlignet med tidligere innsamlet data i figur 13 og 14. Det skraverte feltet på figurene er beregnet standardavvik på eksisterende observasjoner for hver måned. Det bør observeres at datamaterialet er langt fra homogent i tid og således ikke kan brukes som standard eller normalår i ordets egentlige betydning. Imidlertid gir denne beregning (direkte) informasjon om avvikelser fra tidligere observasjoner.

Det fremgår av figurene (13 og 14) at oksygeninnholdet i Vestfjordens dypvann har vært innenfor de tidligere observerte variasjoner unntatt i januar og februar. Dette betyr bare at dypvannsutskiftningen startet tidlig på året. For Bunnefjorden har oksygeninnholdet etter januar 77 vært bedre enn tidligere observert variasjon i månedene mars, mai, juni og november. De øvrige observasjonene er innenfor standardavvik for tidligere observasjoner, men hele tiden over middelvei. Det bedre oksygeninnholdet i dypvannet er en følge av den omfattende dypvannsutskiftningen i Bunnefjorden.

Hvis vi sammenligner oksygeninnholdet 1977 med tidligere observasjoner på 1970-tallet (fig. 19), er det en svak tendens til økende oksygeninnhold i Vestfjordens dypvann siden 1975. Denne forbedring må først og fremst sees som en følge av den store dypvannsutskiftningen 1976/1977 sammenlignet med 1975.

Oksygenreduksjonen i indre Oslofjords dypvann mellom to dypvannsutskiftninger (se fig. 8, 9, 11 og 19) skyldes i alt vesentlig forbruk ved nedbrytning av organisk materiale. Produksjonen av dette organiske materiale skjer dels på land, hvor det føres til fjorden i elver og kloakk, men først og fremst i fjordens overflatelag, hvor næringssalter fra blant annet kloakkutslipp bidrar til store planteplanktonbestander som senere direkte eller indirekte via dyreplankton synker ned i dypvannet.

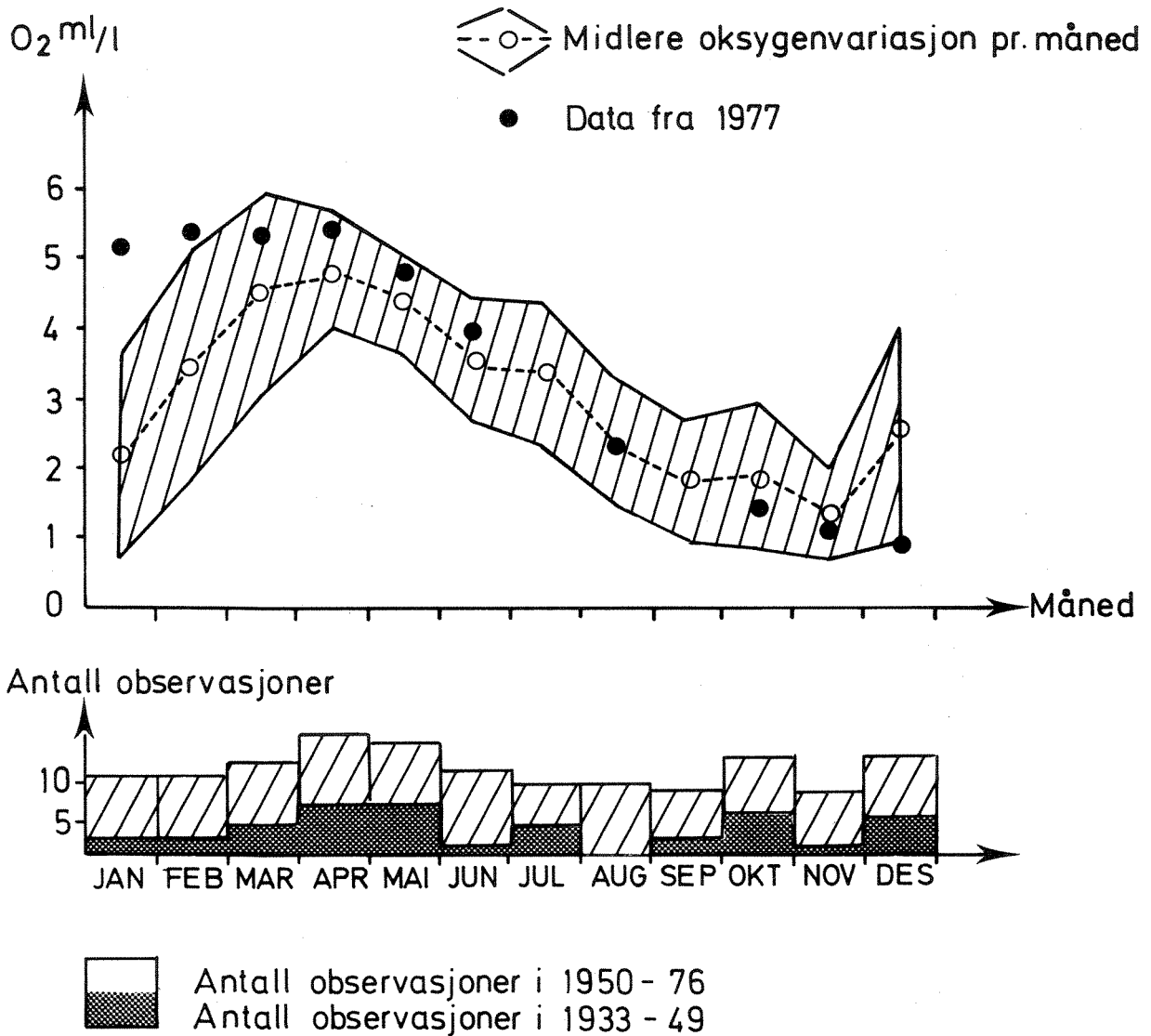


Fig. 13 Måneds-middel og standard-avvik for oksygenkonsentrasjonen på 80 meters dyp i VESTFJORDEN (St DK-1) 1933 - 76, basert på data fra periodene 1933 - 40 (Braarud 1937 og Dannevig 1945), 1946 - 51 (Beyer & Føyn 1951), og 1962 - 73 (NIVA), samt observasjoner fra 1974 - 77 (Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen, og NIVA).

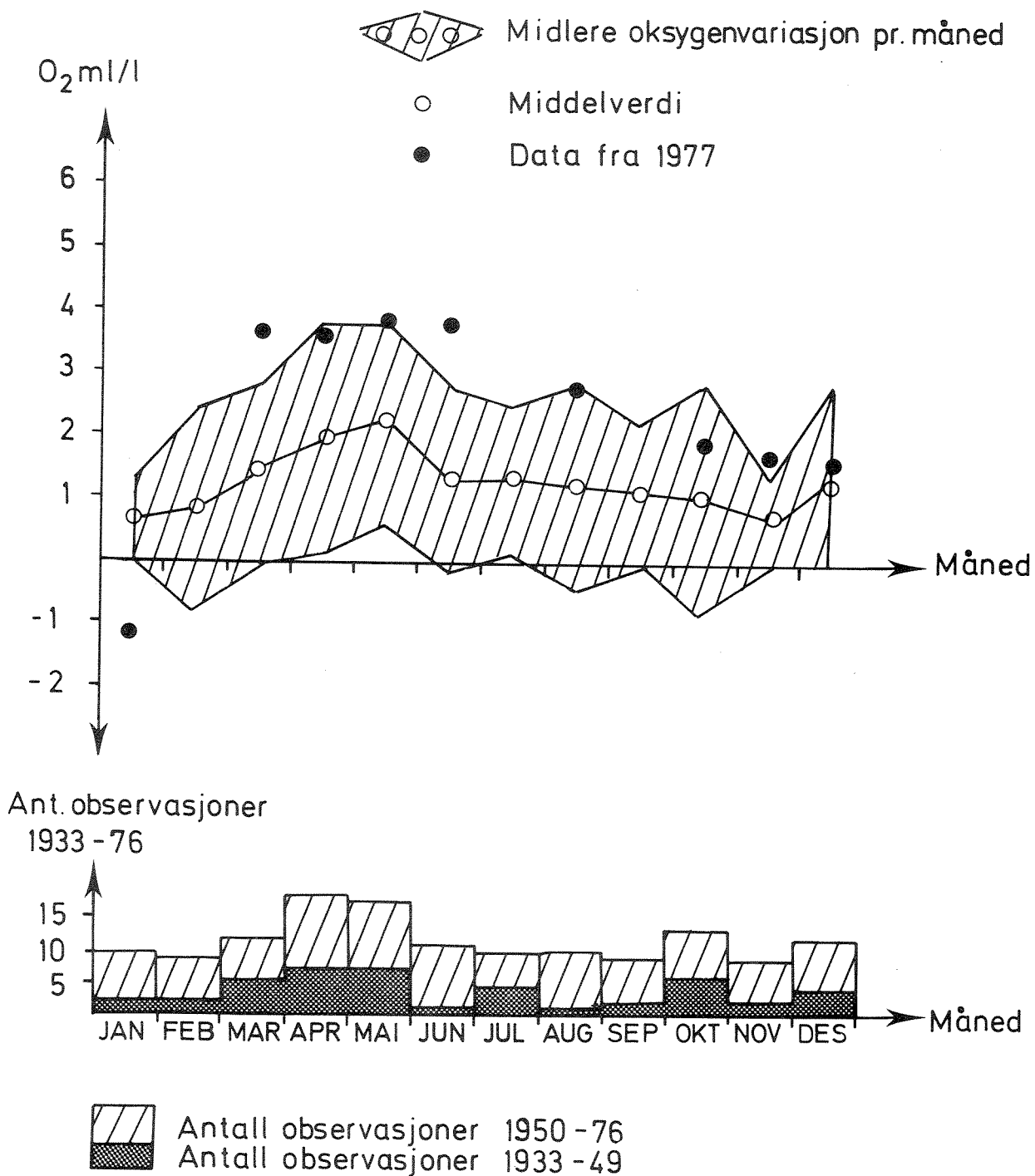


Fig. 14 Månedsmiddell og standard-avvik for oksygenkonsentrasjonen på 125 meters dyp i BUNNEFJORDEN (St EP-1) 1933 - 76, basert på data fra periodene 1933 - 40 (Braarud 1937 og Dannevig 1945), 1946 - 51 (Beyer og Føyn), 1962 - 74 (NIVA) og 1975 - 77, Statens Biologiske Stasjon, Flødevigen, og NIVA).

Med et konstant volum i den årlige vannutskiftningen i indre Oslofjord vil oksygenforholdene i dypvannet direkte kunne avsløre forandringer i produksjonen av organisk stoff, dvs i hovedsak forandringer i kloakktilførselen.

Det har tidligere blitt påvist at oksygenforholdene drastisk ble forandret til det dårligere fra 1930-tallet til 1950-tallet (Beyer og Føyn 1951). Med data innsamlet fra disse og senere arbeider, ble trenden i oksygenkonsentrasjonsutviklingen beregnet for Bunnefjorden (80 og 125 meters dyp), og Vestfjorden (80 meters dyp) (NIVA 1976). Trenden var negativ for de to fjordområdene, dvs. hele indre Oslofjord. Avtagende oksygeninnhold i dypere vannmasser gir blant annet dårligere levevilkår for fisk og til og med fiskedød (Føyn 1958, NIVA 1976, NIVA 1977).

Den historiske utviklingen kan forenklet følges av oksygendata fra 75 - 80 meters dyp i Vestfjorden (stasjon DK1) i oktober måned fra 1930-tallet, 1960-tallet og 1970-tallet (tabell 5).

Tabell 5. Oksygenkonsentrasjonen (ml/l) i Vestfjorden (DK1) på 75-80 meters dyp i oktober måned fra årene 1933 (BRAARUD 1937), 1936-39 (DANNEVIG, 1945), 1946 (BEYER og FØYN 1951), 1962-73 (NIVA), samt 1974-77 (Statens Biologiske Stasjon i Flødevigen og NIVA)

År	1933	1936	1937	1938	1939	1946	1962	1963	1964	1965	1973	1974	1975	1976	1977
O ₂ ml/l:	2.6	4.3	2.4	2.5	2.4	1.8	1.7	1.7	1.4	2.1	0.4	1.6	0.3	0.8	1.4
Middelverdi og standard avvik i perioden: 2.8 ± 0.36						Middelverdi og standard avvik i perioden: 1.7 ± 0.15					Middelverdi og standard avvik i perioden: 0.9 ± 0.3				

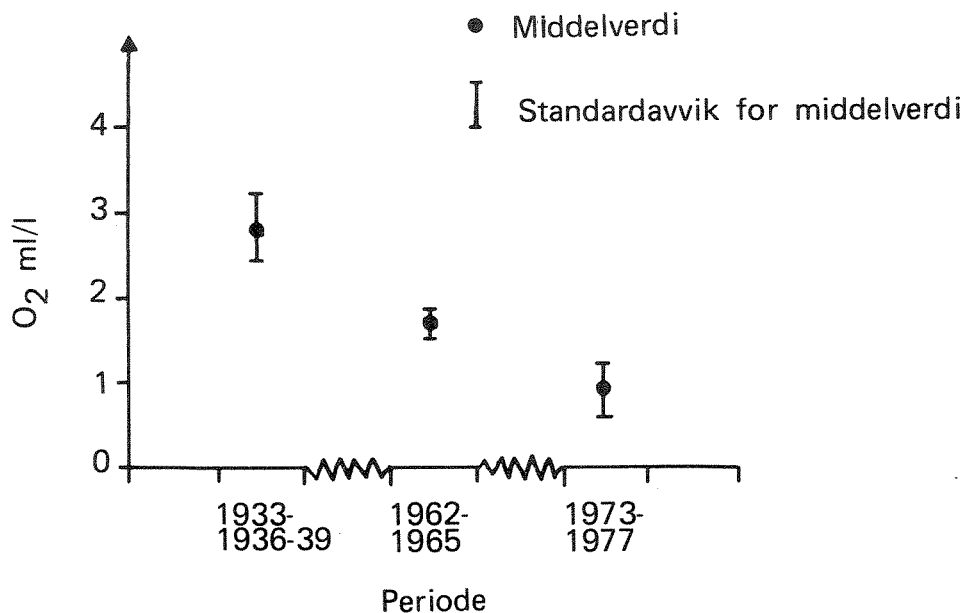


Fig. 15. Midlere oksygenkonsentrasjon ml/l på 75-80 meters dyp i Vestfjorden (stasjon DK1) i oktober måned beregnet for de tre periodene 1933 og 1936-1939, 1962-1965 samt 1973-1977 (kfr. tabell 5).

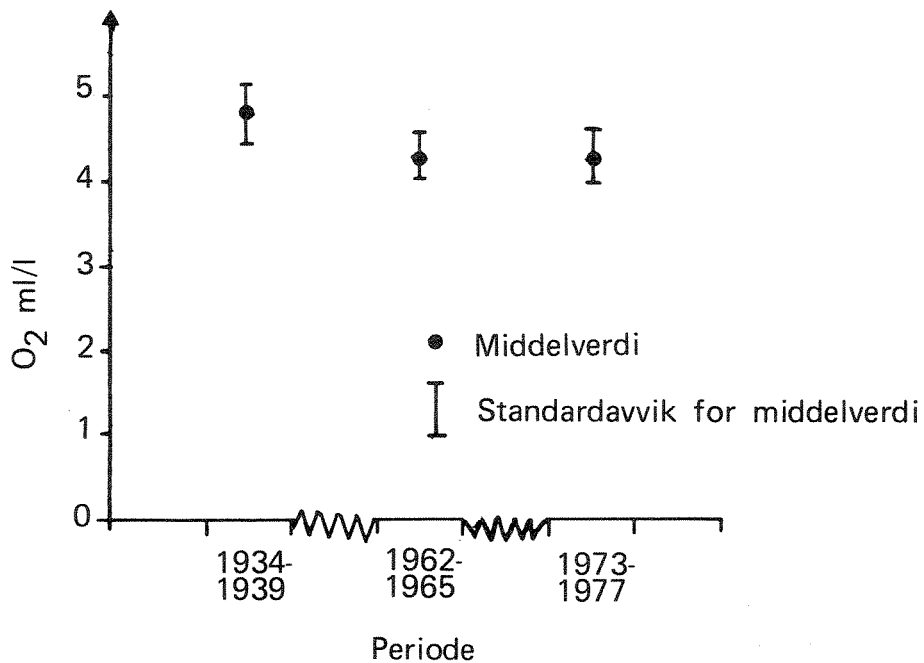


Fig. 16. Midlere oksygenkonsentrasjon (ml/l) på 75-80 meters dyp i Vestfjorden (stasjon DK1) i mai måned beregnet for de tre periodene 1934-1939, 1962-1965 og 1973-1977.

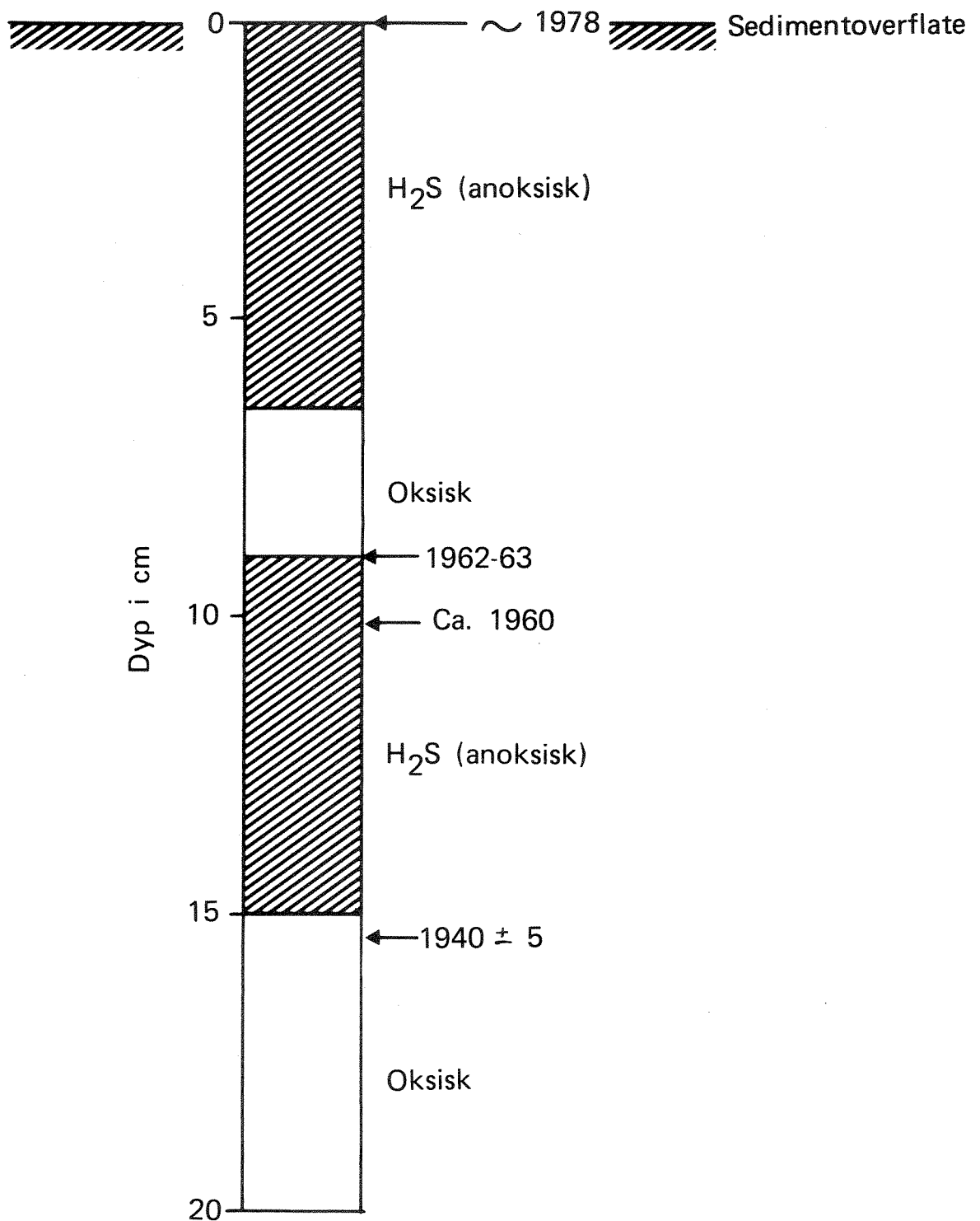


Fig. 17. Sedimentkjerne fra 150m dyp i Bunnefjorden
(skravert felt representerer anoksiske (råtne) sedimenter)

Oksygenkonsentrasjonen deler seg opp i tre intervaller med konsentrasjoner over 2 ml/l på 1930-tallet, mellom 1.4 - 2.1 ml/l på 1960-tallet, og mellom 0.3 - 1.6 ml/l på 1970-tallet. Fig. 15 viser den midlere oksygenkonsentrasjonen for de tre periodene med standard avvik. Det er en signifikant forskjell mellom 1930-tallet og 1960-tallet, og det er også en klar forskjell mellom 1960-tallet og 1970-tallet. Hvis vi antar at vannutskiftningen i fjorden ikke forandres, vil fig. 15 beskrive effekten av en økt forureningsbelastning på fjorden, dvs. at produksjonen av næringssalter og organisk stoff på land og i fjorden har økt. Dette styrkes av resultater fra en sedimentundersøkelse i Bunnefjorden, hvor en 20 cm dyp bunnprøve ble snittet i 2 cm skiver og alderen på hver skive bestemt (Pb-210-metoden).

Fig. 17 viser resultatet av sedimentanalysen. Den 20 cm dype kjernen har først et lyst lag (20-15 cm), videre et svart lag (15-9 cm) og et lite lyst lag (9-6.5 cm). Deretter er kjernen svart til overflaten. De svarte delene av sedimentet betyr at vannmassene straks over bunn i lengre tid har vært hydrogensulfidholdige (råttent vann), eller at tilførselen av organisk stoff har vært så stor at nedbrytningen i sedimentet har skjedd anoksisk (uten oksygen).

Dateringen av sedimentet viser at den nederste overgangen mellom friskt og råttent sediment skjedde omkring 1940-tallet. Siden da har Bunnefjorden hatt råttent bunn frem til 1960-tallet. Beyer (1967) rapporterte at av sedimentprøver tatt i perioden 1962-65 var øverste delen av sedimentene svarte i Bunnefjorden i 1962, mens allerede i 1963 hadde det skjedd en forandring av sedimentet, som følge av at det hydrogensulfidholdige dypvannet ble utskiftet. Sedimentene var da rustfargede eller oksiske frem til 1966, da undersøkelsen ble avsluttet. Disse iakttagelser bekrefter overgangen mellom råttent og friskt sediment fra 1960-tallet til 1962-63, som er markert på fig. 17.

Sedimentprøven viste at det skjedde en viktig forandring i fjordens vannmasser omkring andre verdenskrig, da sedimentet ble svart, dvs. råttent. Oksygendataene for dypvannet i Vestfjorden viser samme hovedtrend, nemlig stadig lavere oksygeninnhold.

Vannutskiftningens betydning for oksygenforholdene illustreres av tallene i tabell 6, hvor oksygenkonsentrasjonen i Vestfjordens dypvann i oktober er sammenholdt med foregående vannutskiftningsvolum.

Tabell 6. Vannutskiftning i Indre Oslofjord og oksygenkonsentrasjon i oktober på 80 meters dyp i Vestfjorden (stasjon DK1). (Vannutskiftning 1962-65 etter Gade 1967).

År	Vannutskiftning ($\times 10^6 \text{ m}^3$)	O ₂ (ml/l) i oktober på 80 m dyp i Vestfjorden (DK1)
1962	1.400	1.7
1963	5.600	1.7
1964	1.600	1.4
1965	5.300	2.1
1973	1.200	0.4
1974	8.300	1.6
1975	1.200	0.3
1976	3.300	0.8
1977	5.900	1.4

De to periodene 1962-65 og 1973-77 har omtrent samme vannutskiftning. De betydelig lavere oksygenkonsentrasjonene målt på 1970-tallet bør således være et uttrykk for økende belastning av organisk stoff på indre Oslofjords dypvann.

Sedimentprøven fra Bunnefjorden viser at oksygenforholdene i fjorden drastisk forandret seg omkring 1935-1945, hvor sedimentet ble anoksisk. I 1962-68 var dypvannet oksygenholdig i Bunnefjorden (NIVA 1974), hvilket også sedimentprøven viser. Deretter er sedimentet anoksisk. Forklaringen på den bedre perioden på 1960-tallet kan bero på klimafaktorer, hvor bl.a. vannutskiftningen kan ha vært bedre enn tidligere. Beyer (1967) sammenligner perioden 1962-65 med tidligere observasjoner, og mener at perioden er atypisk fra et vannutskiftnings synspunkt, med regelmessige dypvannsutskiftninger tidlig på vinteren. Perioden hadde også lavere temperaturer sommerstid i overflatevannet, hvilket skulle gi lavere produksjon av alger, dvs. i alt en mindre belastning av organisk stoff på dypvannet.

Vannutskiftningen for perioden 1934-39 er ikke beregnet, men derimot er det ingen kvantitativt signifikant forskjell i dypvannsutskiftningen 1962-65 og 1973-77. Middelverdien av oksygenkonsentrasjonene på 80 meters dyp i Vestfjorden i mai for de forskjellige perioder er heller ikke signifikant forskjellige (fig. 17.) Middelverdien ligger på mellom 4.8 - 4.3 ml/l. Disse tall kan anses å reflektere dypvannsutskiftnings effekt for periodene som stort sett er avsluttet i mai måned (avvik forekommer).

Sammenlignes resultatene fra fig. 15, 16 og 17 kan en konstatere at oksygenforbruket i perioden mai-oktober økte markant fra 1930-tallet til 1970-tallet. Det er den økende kloakbelastningen på fjorden fra 1930-tallet og fremover som er hovedårsaken til denne forverring.

Kloakbelastningen slår igjennom i våre observasjoner omkring 1940-45 (sedimentet i Bunnefjorden) og i de hydrografiske observasjoner 1946-51 hvor vannutskiftningen var spesielt dårlig (Beyer og Føyn 1951). I perioden 1962-65 medførte bedre vannutskiftning til oksiske forhold i Bunnefjorden. Etter 1968 har sedimentet vært anoksisk. Oksygeninnholdet i Vestfjorden 1973-77 sammenlignet med 62-65 har vært lavere. Dypvannsutskiftningen har vært omtrent like stor i begge perioder. Følgelig må den forverrede tilstanden i indre fjords dypvann skyldes andre faktorer enn størrelse og frekvens av dypvannsutskiftningen nemlig at tilførselen av nedbrytbart organisk stoff til dypvannet i

indre fjord har økt siden 1960-tallet. Dette skulle innebære en økt produksjon av organisk stoff i fjordens overflatevann, dvs. økt biomasseproduksjon. Den økte biomasseproduksjonen, fremfor alt i form av planteplankton kan henføres enten til økt næringssalttilførsel via kloakkvann eller klimavariasjoner som har begünstiget en bedre utnyttelse av tilgjengelige næringsstoffer - eventuelt en kombinasjon av begge.

2.6 Hydrokjemiske observasjoner i perioden 1933-77.

Figur 18 viser den hydrokjemiske utvikling ved Steilene (Stasjon DK1) på 80 meters dyp siden 1973. Oksygenvariasjonene og fosfatvariasjonene viser samme vannutskiftningsavhengighet som tidligere nevnt (kap. 2), dvs. den bedre vannutskiftningen 1972/74 og 76 og 77 gir direkte utslag i lavere konsentrasjoner av fosfat og høyere konsentrasjoner av oksygen. Totalnitrogen og nitrat varierer også med vannutskiftningen. Det er allikevel ingen avtakende tendens i nitrogenverdiene slik at N/P-forholdet øker fra under 10:1 1973 og delvis under 1974/75 til over 10:1 1976 og 77.

Den lengste serien av hydrokjemiske observasjoner er av ortofosfat (PO_4 -P). De første data ble innsamlet av Braarud & Ruud (1937) i 1933-34. Videre ble ortofosfat analysert 1946-47 ved tokter av Institutt for Marin Biologi. Føyn (1967) sammenligner data fra 33/34 med 46/47 og 62-65 og konkluderer med at ortofosfatkonsentrasjonen på alle dyp i fjorden var avgjort lavere 33/34 enn ved undersøkelser 1946/47 og 62/65. Perioden 62-65 hadde lavere konsentrasjoner enn perioden 46/47. Føyn forklarer den høyere fosfatkonsentrasjonen 46/47 med økende tilførsel av kloakkvann og den noe lavere konsentrasjonen 1962/65 som et resultat av bedre vannutskiftning sammenlignet med 1946/47.

Figur 19 viser ortofosfatkonsentrasjonen på 80 meters dyp i Vestfjorden. Data fra 1933/34 og 46/47 er fra Steilene (DK1), mens data fra 1962-77 er fra Langaara (St. FL1) som ligger sør for Steilene og hvor det gjennomgående er noe lavere konsentrasjoner av fosfat enn ved Steilene. Langaara er brukt fordi observasjoner fra Steilene savnes for 1962-65.

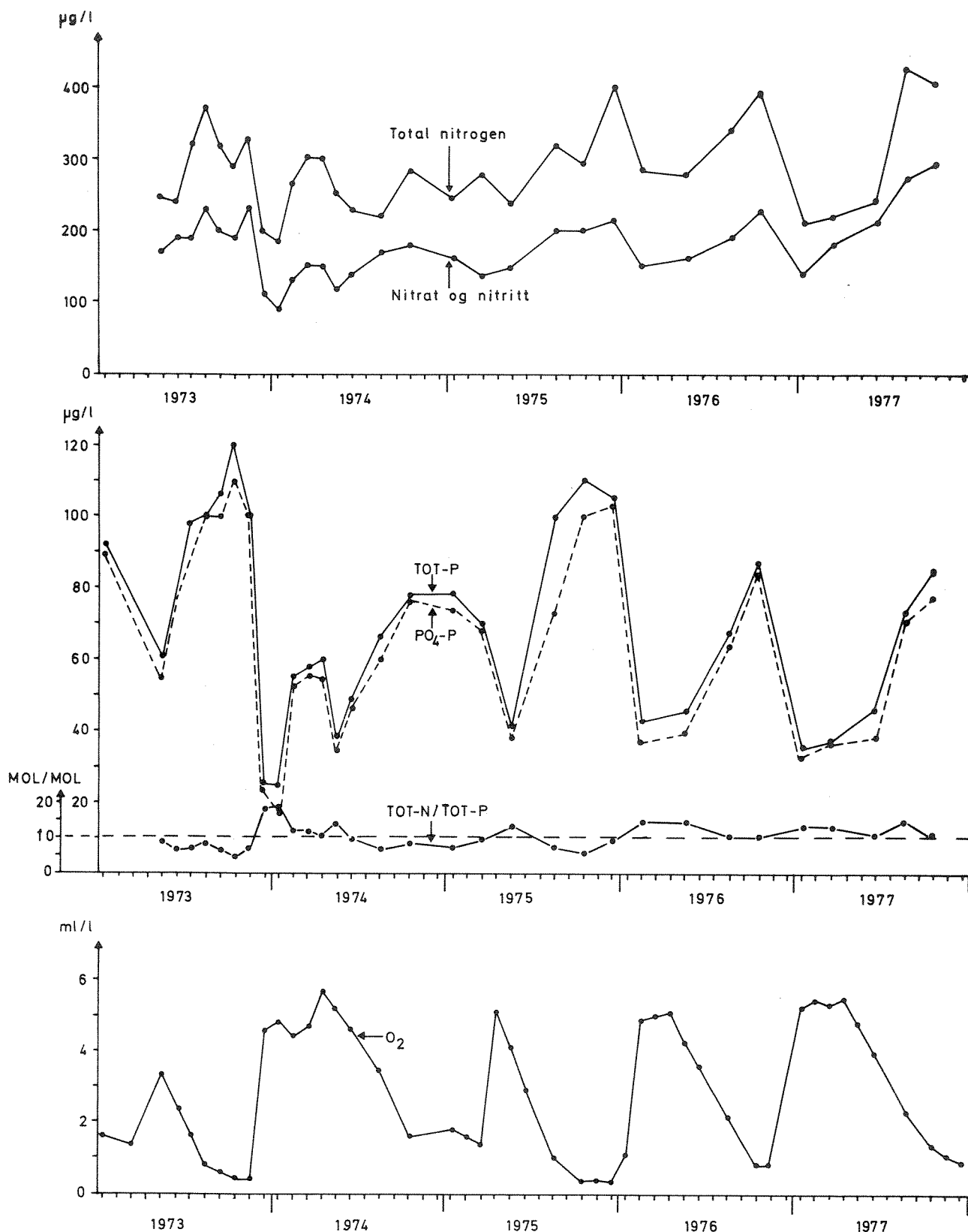


Fig. 18 Variasjonen av total-nitrogen, nitrat og nitritt, totalfosfor, ortofosfat, forholdet total nitrogen/total fosfor (MOL/MOL) samt oksygen i VESTFJORDEN (stasjon DK-1) på 80 meters dyp.

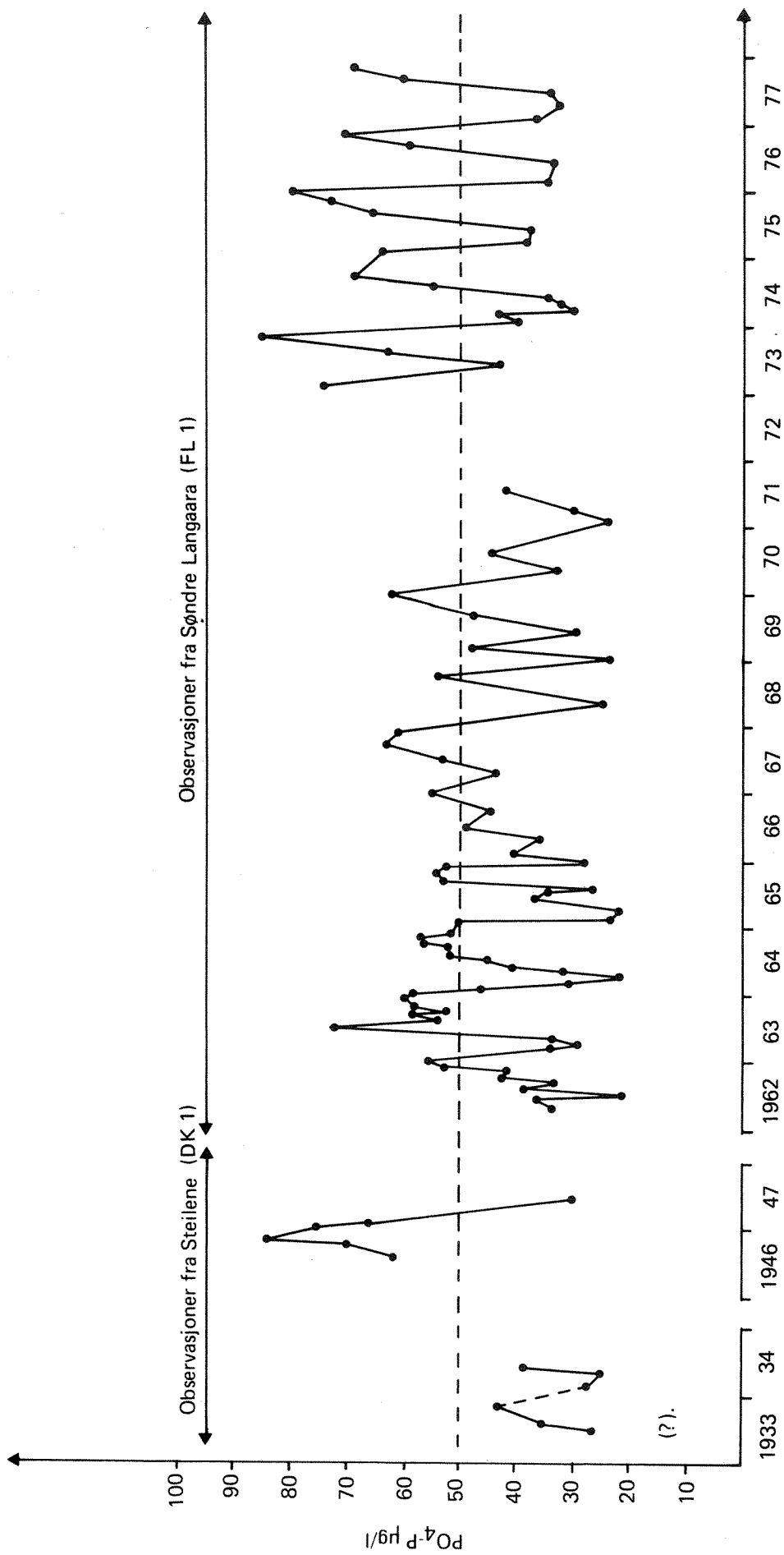


Fig. 19. Ortofosfatvariasjoner $\mu\text{g/l}$ på 75-80 meters dyp i Vestfjorden (Stasjon DK 1 og FL 1)

En sammenligning mellom 1962/65 og 73/77 viser høyere fosfatkonsentrasjoner i den seinere perioden. Konsentrasjonsnivået var omtrent det samme høsten 1973 og høsten 1946 - år med dårlig vannutskiftning. 1974-77 er det en avtakende tendens i den maximale fosfatkonsentrasjonen som klart er avhengig av at vannutskiftningen var meget god 1974 og god også i 1976 og 1977. Fosfatverdiene etter dypvannsutskiftningen har økt siden 1960-tallet og ligger stabilt mellom 30-40 $\mu\text{g}/\text{l}$ mot tidligere 20-30 $\mu\text{g}/\text{l}$, på tross av at vannutskiftningen enkelte år på 1970-tallet har vært bedre enn i perioden 1962-65.

3. OVERFLATEVANNETS KVALITET
BEDØMT VED SIKTEDYP, KLOROFYLL, ALGEVEKSTPOTENSIAL
OG NÆRINGSSALTKJEMI

Utviklingen i 1977

Figurene 20, 21 og 22 viser observasjoner av klorofyll og siktedyp samt nærings-
salter og algevekstpotensial i løpet av 1977 på stasjonene EP-1 (Bunnefjorden),
DK-1 (Steilene) og BN-1 (Nesodden).

Utgangspunktet for vekstsesongen 1977 var et algevekstpotensial på rundt
 1100×10^6 celler pr. liter ved Nesodden og ved Steilene og rundt $1200 \times$
 10^6 celler pr. liter i Bunnefjorden. For Steilene var dette litt høyere
enn de to foregående år, for Nesodden omtrent tilsvarende nivå som tid-
ligere.

Konsentrasjonene av uorganisk nitrogen ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) var henholdsvis omtrent
300 $\mu\text{g/l}$, 250 $\mu\text{g/l}$ og 300-400 $\mu\text{g/l}$ ved de tre stasjonene (BN-1, DK-1 og EP-1).
I både 1975 og 1976 var de registrerte nitrogenkonsentrasjonene omtrent 50%
høyere. Fosfatkonsentrasjonene derimot var ikke lavere i 1977 enn foregående
år. Bedømt utfra N:P forholdet var nitrogen i underskudd i forhold til fosfor
vinteren 1977. Algevekstpotensialet var litt høyere enn ventet på bakgrunn av
nitrogenkonsentrasjonene. Det er mulig andre forbindelser enn NO_3^- og NH_4^+
har vært tilgjengelige for testalgene.

Det var en tydelig våroppblomstring i mars på alle de tre stasjonene med
klorofyllmengder fra nesten 20 $\mu\text{g/l}$ til over 25 $\mu\text{g/l}$. Samtidig ble både
algevekstpotensial og konsentrasjon av nitrogenforbindelser og fosfat redusert
kraftig.

Fosfat ble mer redusert enn nitrogenforbindelser slik at fra slutten av mars
til juni var fosfat potensielt begrensende på alle tre stasjonene.

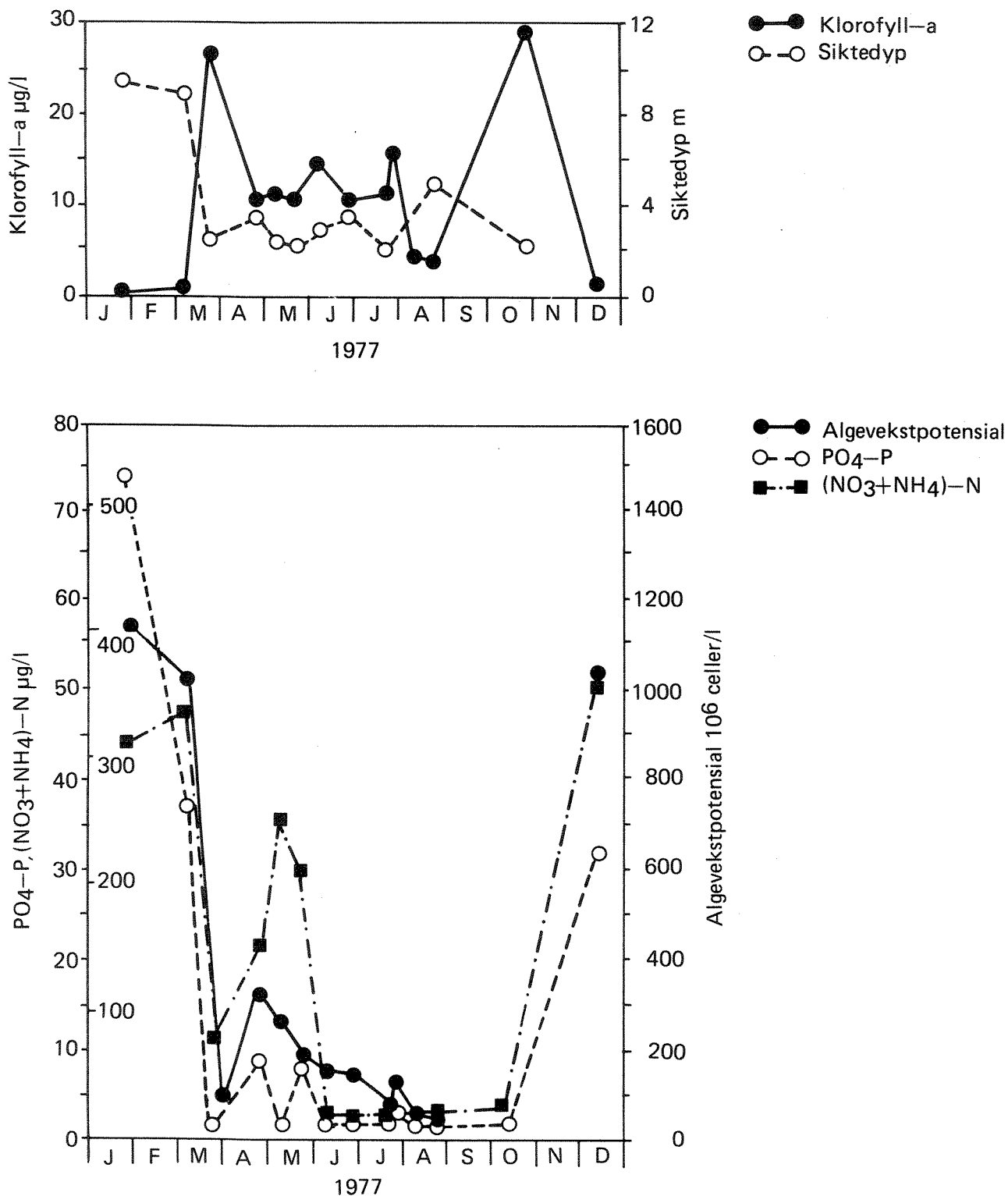


Fig. 20. Variasjon i klorofyll-a og siktedyp (øverst) og nitrat + ammonium, fosfat og algevekstpotensial (nederst) på stasjon BNL (Nesodden) i 1977.

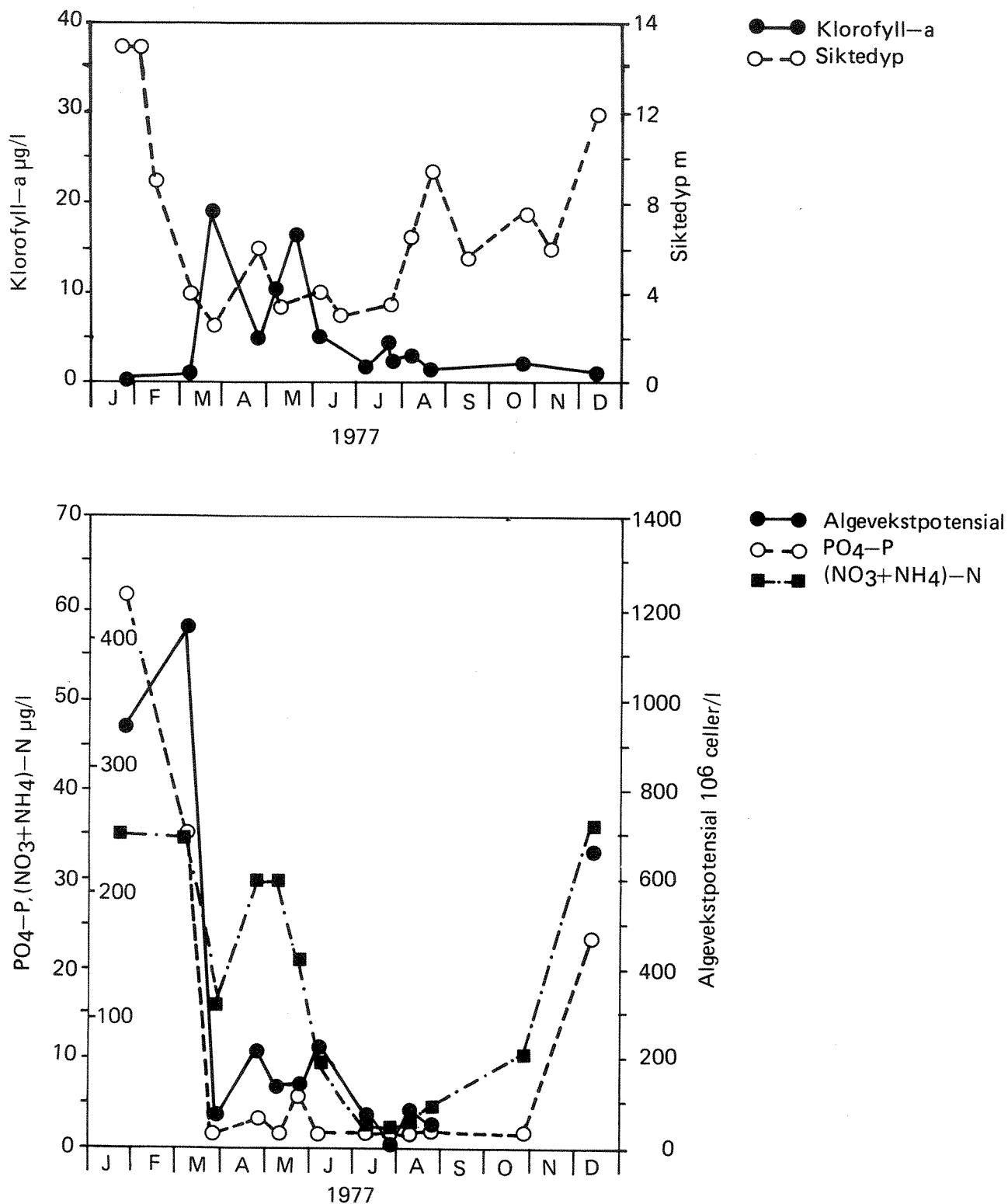


Fig. 21. Variasjon i klorofyll-a og siktedyb (øverst) og nitrat + ammonium, fosfat og algevekstpotensial (nederst) på stasjon DK1 (Steilene) i 1977.

Det ble observert økning av næringssaltene i løpet av april. Dette hadde antakelig sammenheng med en dypvannsinstrømming som førte til transport av vann til overflaten fra dypet under overflatelaget (kap. 2.5). Forholdet var særlig tydelig i Bunnefjorden, og mest utpreget for nitrogenforbindelsene, som i slutten av april, begynnelsen av mai nådde konsentrasjoner på mellom 200 og 300 µg/l, altså oppimot vinternivå. Algevekstpotensialet økte også.

Vannets økte næringsinnhold resulterte i en ny oppblomstring i mai måned med påfølgende reduksjon av konsentrasjonen av næringssalter ned til sommernivå. Gjennom hele sommerperioden var næringssaltinnholdet lavt på alle tre stasjoner og det økte ikke som vanlig utover høsten.

På tross av at konsentrasjonene av næringssalter var lave gjennom hele sommeren (juni, juli, august) var algebestandene målt som klorofyll -a betydelig høyere enn de to foregående år ved Nesodden (BN-1) i juni og juli, men med minimum i august. På stasjon DK-1 (Steilene) var klorofyllverdiene omtrent som i 1975 og 1976.

I Bunnefjorden var klorofyllmengdene betydelige, opptil over 20 µg/l i juni og juli, men også her med et utpreget minimum i august, med siktedyp opptil 10 m.

I løpet av juli ble overflatevannet i Vestfjorden transportert ut, pga. nordavind, mens vannet fra de nordlige stasjonene ble presset inn i Bunnefjorden (kap. 2.5). Dette er antakelig bakgrunnen for den store forskjell i vannkvalitet i Vestfjorden og Bunnefjorden i denne perioden. Første del av sommeren var altså preget av store algebestander i deler av fjorden, mens siste del (august) var preget av meget klart vann. Dette fremgår også av siktedypene plottet inn på en "normalfordeling" av siktedypene (fig. 23 og 24).

Konsentrasjonene av næringssalter var uvanlig lave i oktober. Samtidig var det en kraftig algeoppblomstring i deler av fjorden i denne perioden. (Se tabell 7). Det er mulig at denne faktisk har brukt opp næringssaltene i overflaten. Det ble i deler av fjorden observert unormalt høye konsentrasjoner av klorofyll -a, opptil ca. 60 µg/l. I desember var vintersituasjonen inntrådt med lave klorofyllverdier og høye konsentrasjoner av nitrogen og fosforforbindelser, - med resulterende høy algevekstpotensial.

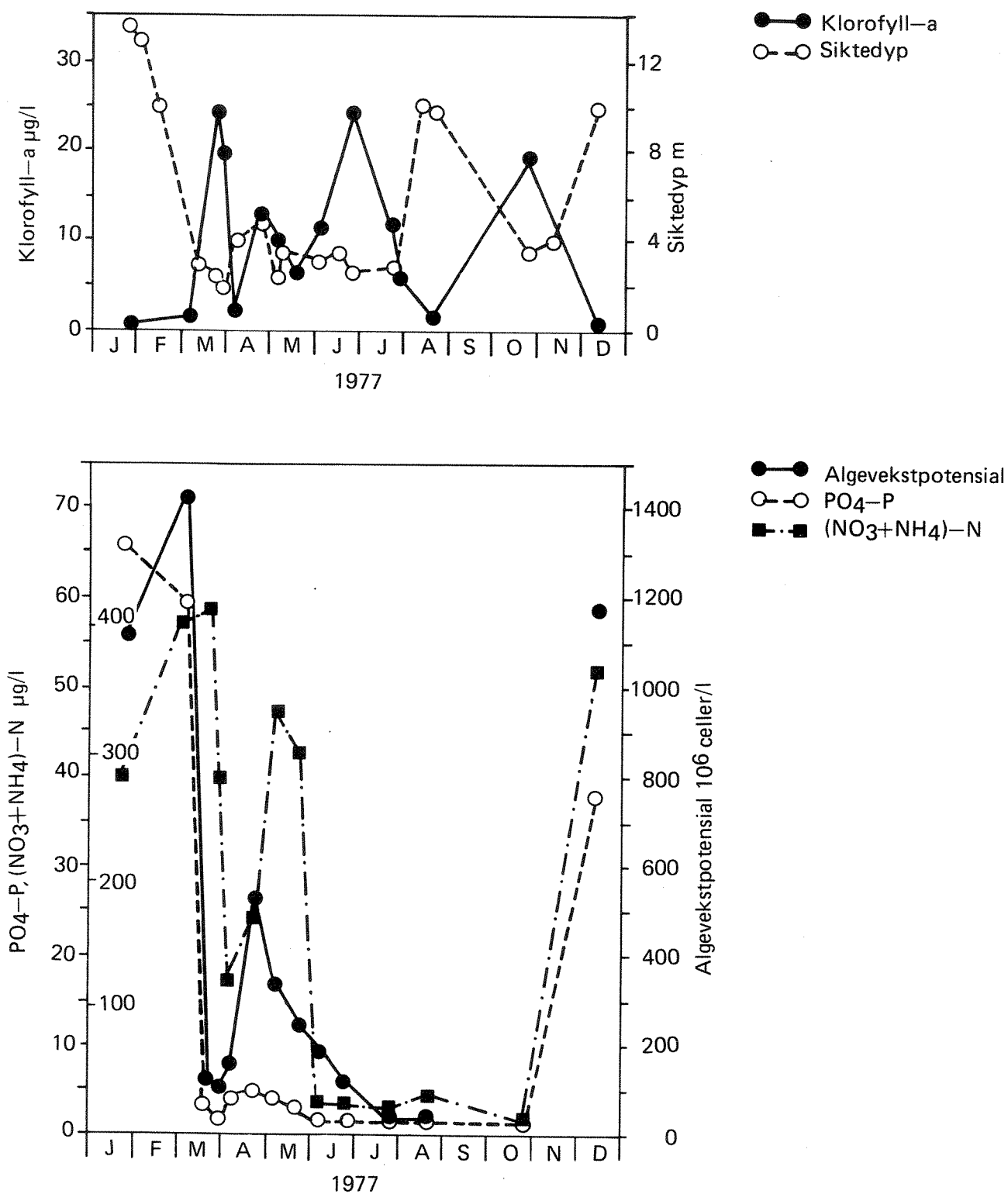


Fig. 22. Variasjon i klorofyll-a og siktedyp (øverst) og nitrat + ammonium, fosfat og algevekstpotensial (nederst) på stasjon EP1 (Bunnefjorden) i 1977.

Begrensende næringssalt

I begynnelsen av mars, før våroppblomstringen hadde begynt for alvor, var det uorganiske N/P-forholdet nær 7:1, henholdsvis 6,8:1, 6,9:1 og 7,2:1 på stasjonene EP-1, BN-1 og DK-1. Både fosfor og nitrogen kan ha vært potensielt begrensende. I slutten av mars var det fjernet forholdsvis mer fosfat enn uorganisk nitrogen fra vannmassene slik at fosfat var potensielt begrensende på alle stasjonene. På stasjon EP-1 i Bunnefjorden var det tilogmed en viss økning av uorganisk nitrogen i løpet av våroppblomstringen frem til 21.3.

Fosfat var klart begrensende fram til begynnelsen av juni, spesielt i april og mai da de uorganiske nitrogensaltene økte i konsentrasjon på alle tre stasjonene. At fosfor var potensielt begrensende hele våren bekreftes av algevekstpotensialene som imidlertid gjennomgående var endel høyere enn fosfatverdiene skulle medføre. Dette kan tyde på at også andre fosforforbindelser enn fosfat har vært tilgjengelig for testalgernes vekst, altså fosfatforbindelser som er registrert som TOT P.

Fra juni var konsentrasjonene av uorganisk nitrogen kommet ned på et lavt nivå. I både juni og juli var forholdet mellom N og P slik at begge stoffene kan ha vært potensielt begrensende. I august var det mer tydelig fosforbegrensning i hele fjorden (tabell 7). I denne perioden var det bra samsvar mellom algevekstpotensial og uorganiske N og P forbindelser.

På toktet den 27. oktober var næringssaltkonsentrasjonene uvanlig lave, og stort sett må det antas at fosfor var begrensende næringsstoff.

Den 13. desember var det uorganiske N:P forholdet 11,1:1, 9,7:1 og 10,4:1 på henholdsvis stasjon BN-1, EP-1 og DK-1, altså et svakt nitrogenoverskudd.

Sammenlikning mellom ulike deler av fjorden

I tabell 7 vises siktedyp og klorofyll samt uorganisk nitrogen og fosfor ved hovedtoktene 19.9., 21.-22.3., 2.-3.6., 16.-17.8. og 27.10.

De nordligste stasjonene BL-4 (Bærumsbassenget), AN-1 (Lysakerkilen) og AP-2 (Havnebassenget) har gjennomgående klart høyeste konsentrasjon av næringssalter, høyeste klorofyllverdier og dårligste siktedyp.

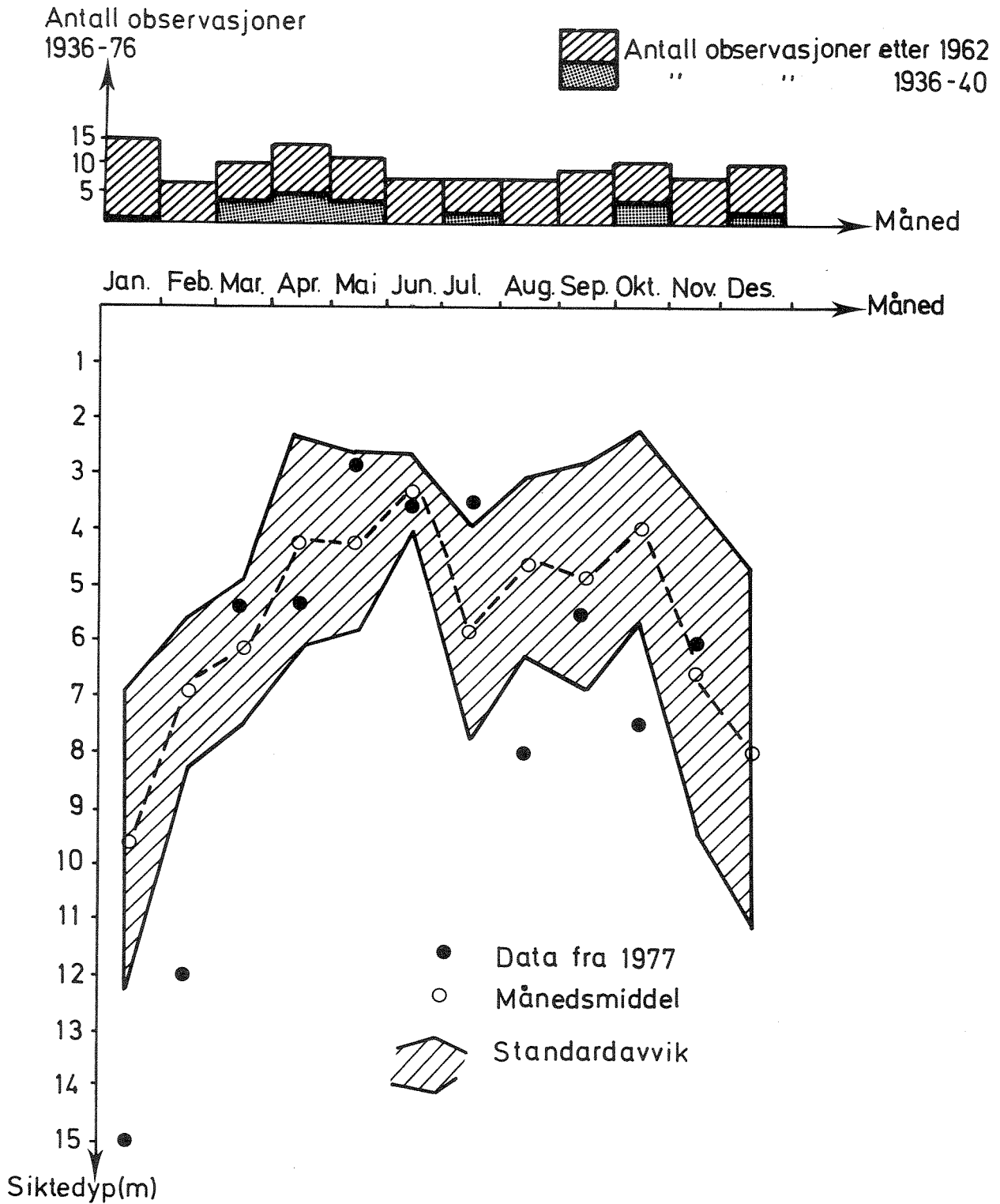


Fig. 23 MÅNEDSMIDDEL OG STANDARD-AVVIK FOR SIKTEDYP I VESTFJORDEN (St. DK-1), basert på enkelte data fra 1936 - 40 (Dannevig 1945) og fra 1962 - 76 (Statens Biologiske Stasjon Flødevigen og NIVA) samt innlagte observasjoner fra 1977.

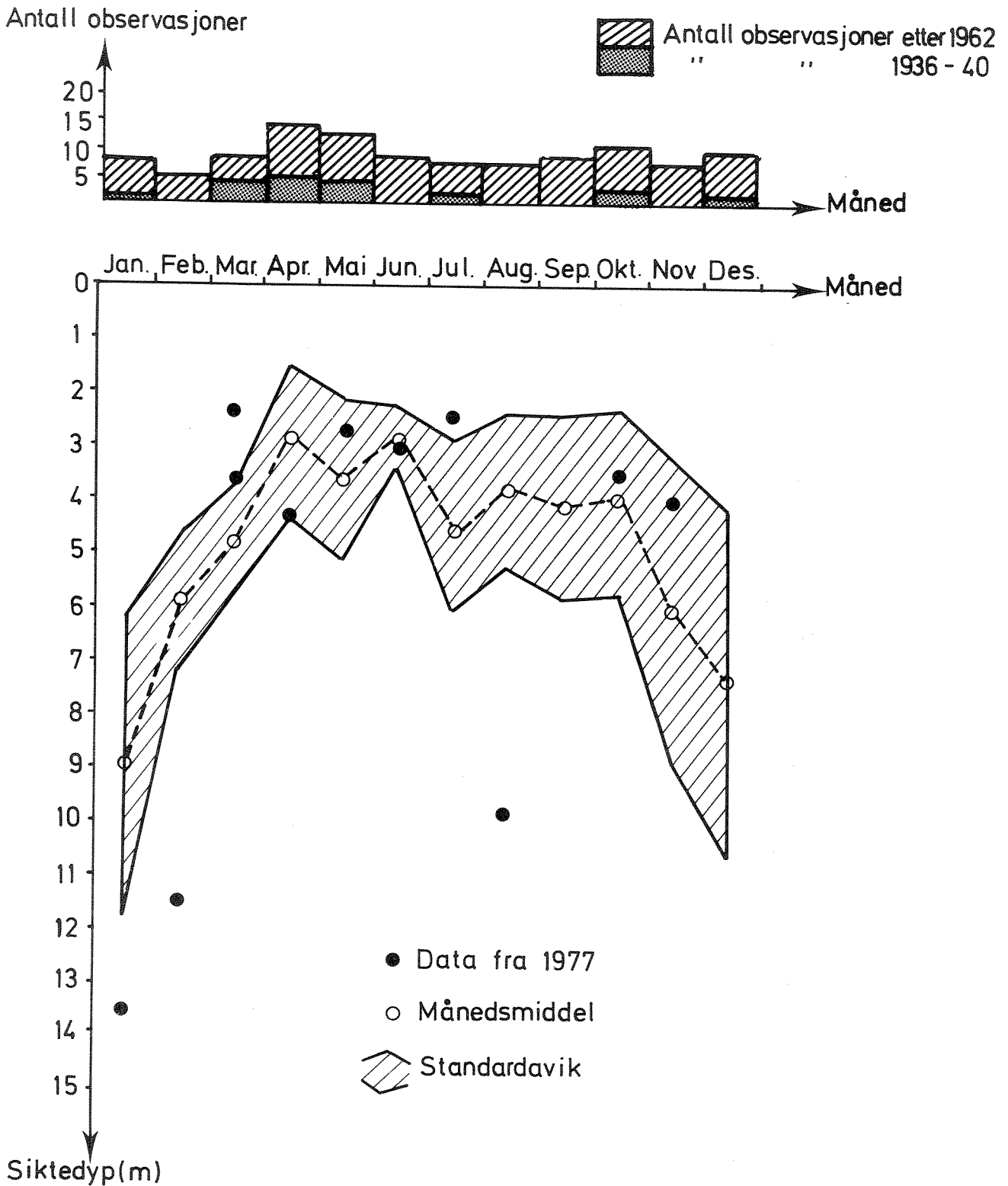


Fig. 24 MÅNEDSMIDDEL OG STANDARD-AVVIK FOR SIKTEDYP I BUNNEFJORDEN (St. EP-1), basert på enkelte data fra 1936 - 1940 (Dannevig 1945) og fra 1962 - 1976 samt innlagte observasjoner fra 1977.

I motsetning til i 1975 og 1976 (se rapporten for disse årene) ble det registrert gjennomgående dårligere vannkvalitet i Bunnefjorden enn i Vestfjorden (se også fig. 21 og 22). Dette gjaldt spesielt i juni og juli og hadde antakelig sammenheng med uvanlig mye nordavind i denne perioden, som stuet opp overflatevannet i Bunnefjorden (kap. 2.5).

Sammenlikning med tidligere år

Det ble registrert bra vannkvalitet i Vestfjorden - sammenliknet med 1975 og 1976. På de nordlige stasjonene må imidlertid situasjonen som ble funnet på toktene sommeren 1977 karakteriseres som dårligere enn foregående år. Det samme gjelder Bunnefjorden. Det er ingen grunn til å anta annet enn rent naturgitte klimatiske svingninger som forklaring på forholdene i 1977, sammenliknet med foregående år.

TABELL 7. SIKTEDYP, KLOROFYLL A, OG KONSENTRASJONER AV NITROGEN OG FOSFORFORBINDELSER I 0-2 M DYP PÅ HOVEDTOKTENE I 1977. ÅSTERISK (*) MARKERER AT ANALYSER ER UTFØRT PÅ FILTRERT VANN.

19/1-20/1-1977		Siktedyp	Tot-P	PO ₄ -P	Tot-N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Klorofyll a
		m.	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Bunnefjorden	EP1	13.5	73	69	390	250	< 10	0.20
"	* EP1		68	66	415	260	20	
"	DQ1	12.5	73	69	380	270	< 10	
"	DP2	14.0	73	69	415	280	< 10	
"	CP2	14.0	76	71	410	250	< 10	
Bækkelagsbass.	CQ1	12.0	74	70	390	270	< 10	
Havnebass.	AP2	5.0	99	91	500	220	160	
Frognerkilen	FROGN	3.0	120	93	630	210	220	
Lysakerfjorden	AN1	9.0	97	91	463	240	140	
Nesodden	BN1	9.5	87	78	450	220	80	0.16
"	* BN1		75	73	415	230	80	
Vestfjorden	CM1	16.0	75	71	345	230	40	0.09
"	DK1	15.0	75	70	400	220	10	
"	* DK1		64	62	395	240	< 10	
Håøybukta	GL1	13.0	62	56	345	240	< 10	
21/3-22/3-1977								
Bunnefjorden	EP1	2.3	16	8	685	290	135	24
"	* EP1		15	3	765	300	115	
"	CP2	2.5	10	6	350	20	50	
Bækkelagsbass.	CQ1	2.5	33	12	410	80	90	
Havnebass.	AP2	2.5	38	18	435	110	115	
Frognerkilen	FROGN	1.5	64	37	685	160	215	
Lysakerfjorden	AN1	2.5	37	15	490	100	85	
Nesodden	BN1	2.5	19	6	360	40	75	26.4
"	* BN1		11	< 2	185	65	30	
Vestfjorden	DK1	2.5	26	7	405	80	90	14.2
"	* DK1		9	< 2	125	70	45	
2/6-3/6-1977								
Bunnefjorden	EP1	3.0	20	4	315	< 10	80	11.8
"	* EP1		14	< 2	280	< 10	20	
"	CP2	2.6	30	9	410	< 10	< 10	
Bækkelagsbass.	CQ1	2.9	43	13	400	< 10	75	
Havnebass.	AP2	2.3	37	7	610	< 10	140	
Frognerkilen	FROGN	1.3	98	14	970	< 10	240	
Bærumsbass.	BL4	2.1	33	3	380	< 10	65	
Lysakerfjorden	AN1	3.5	44	6	650	20	< 10	
Nesodden	BN1	3.1	30	4	380	10	120	14.6
"	* BN1		17	2	260	< 10	10	
Vestfjorden	DK1	4.0	26	2	375	40	100	4.6
"	* DK1		13	2	250	20	50	

16/8-17/8-1977		Siktedyp	Tot-P	PO ₄ -P	Tot-N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Klorofyll a
		m.	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Bunnefjorden	EP1	9.7	7	< 2	255	< 10	15	
"	* EP1		9	< 2	300	10	25	1.6
"	CP2	4.9	18	3	350	< 10	30	
Bækkelagsbass.	CQ1	6.0	10	< 2	310	< 10	< 10	
Havnebass.	AP2	2.4	41	6	740	15	135	
Frognerkilen	FROGN	1.6	49	9	780	15	140	
Bærumsbass.	BL4	2.5	26	5	410	20	10	
Lysakerfjorden	AN1	3.0	20	4	375	20	40	
Nesodden	BN1	5.0	9	3	305	20	< 10	
"	* BN1		10	< 2	280	10	15	3.6
Vestfjorden	DK1	9.5	12	< 2	280	20	< 10	
"	* DK1		9	< 2	255	10	20	1.4
Håøybukta	GL1	10.0						
26/10-27/10-1977								
Bunnefjorden	EP1	3.5	17	< 2	275	15	25	
"	* EP1		11	< 2	210	10	< 10	19.8
"	CP2	2.0	47	7	860	20	60	48
Bækkelagsbass.	CQ1		36	6	700	< 10	< 10	52.8
Havnebass.	AP2	1.9	62	15	1160	70	230	11.4
Frognerkilen	FROGN	1.4	59	16	1380	60	500	16.8
Bærumsbass.	BL4	1.1	30	8	800	40	65	67.2
Lysakerfjorden	AN1	1.1	56	9	1060	20	150	66
Nesodden	BN1	2.4	20	3	335	40	75	
"	* BN1		14	2	295	40	< 10	29.4
Vestfjorden	DK1	7.5	14	6	250	50	45	
"	* DK1		9	2	250	40	25	2.4
Håøybukta	GL1	7.0						

4. SAMFUNNENE AV FASTSITTENDE ALGER

Som nærmere begrunnet i 1974-årsrapporten (NIVA 1976) er fastsittende alger (tang, tare o.a.) egnet som indikatorer på forurensningssituasjonen i marine resipienter, bl.a. med hensyn til virkningene av overgjødning. Tilstedeværelse, mengdemessig forekomst, vertikalutbredelse og utseende hos de enkelte arter, og algesamfunnenes sammensetning gir holdepunkter for å bedømme tilstanden. På grunn av vekslingen i naturgitte faktorer som temperatur/vannstand/soleksponering (risiko for uttørring), ferskvannspåvirkning og isskuring, er det imidlertid nødvendig å gjøre undersøkelser over flere år. Uten dette blir det vanskeligere å skille forurensningsvirkningene fra naturlige årsaker. Dette har særlig betydning for et overvåkingsprogram, som har til en vesentlig oppgave å varsle utviklingstendenser.

1977 undersøkelsene er følgelig en fortsettelse av det opplegg som ble satt i gang i 1974.

Undersøkelsene omfatter registrering av de fem brunalgene spiraltang, blæretang, grisetang, gjelvtang (flattang) og sagtang på ca. 120 stasjoner fra innerst i Bunnefjorden til 3-4 km utenfor Drøbak (fig.25). I likhet med i 1974, 75 og 76 er observasjonene foretatt i april - mai.

Når det gjelder metodikk og en nærmere beskrivelse av kjennskapen til de enkelte algers reaksjoner på forurensnings- og andre miljøvariasjoner (klima) henvises til tidligere årsrapporter (NIVA 1976, 1977).

4.1 Registrering av brunalger

Indre grense for de fem brunalgenes forekomst er indikert i fig.26-30. For sammenlikningens skyld er de tidligere rapporterte data fra 1974-76 også tatt med. Artene er behandlet i den rekkefølge de stort sett vokser i ovenfra og nedover: Spiraltang, blæretang, grisetang, gjelvtang (flattang) og sagtang.

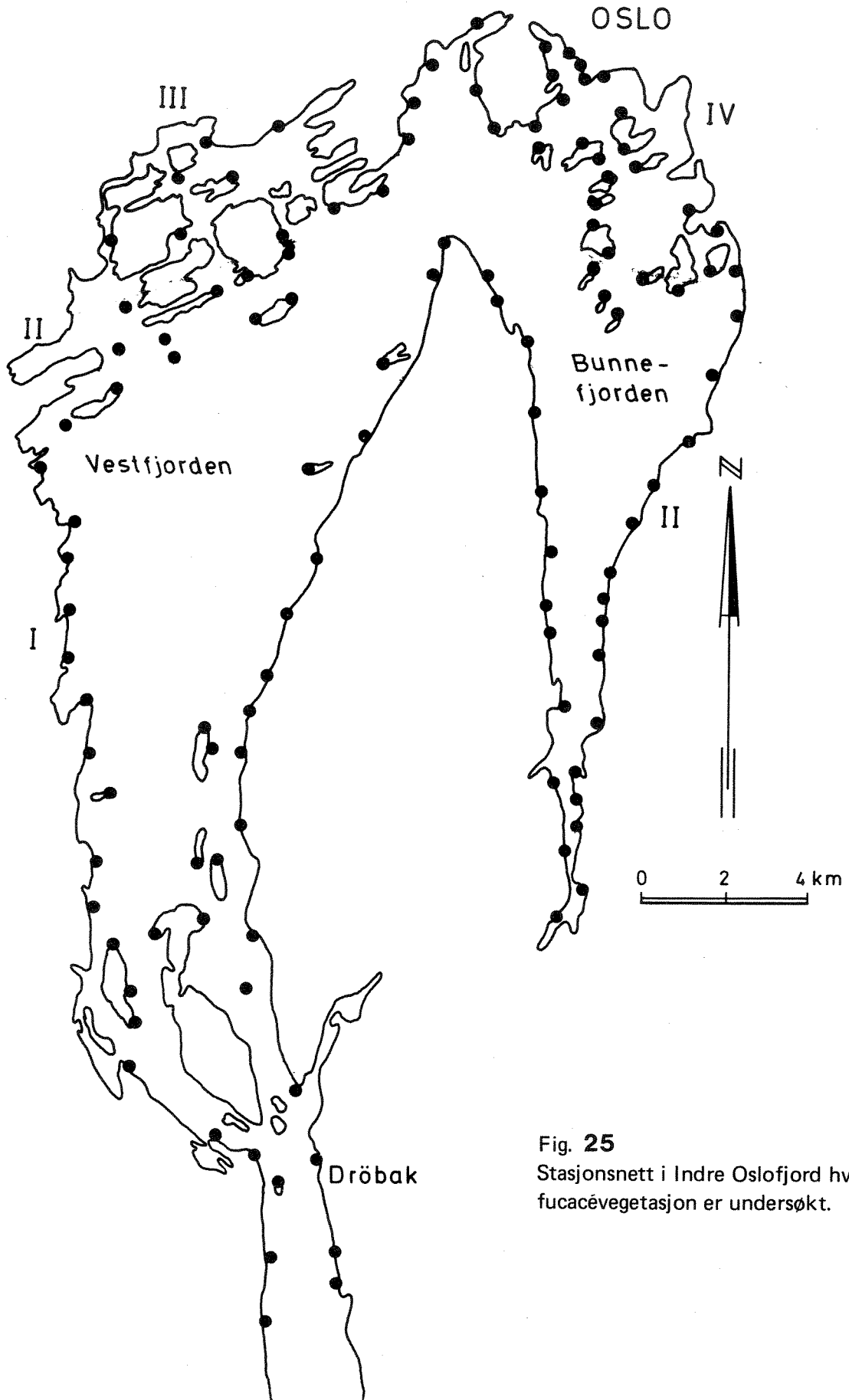


Fig. 25
Stasjonsnett i Indre Oslofjord hvor
fucacévegetasjon er undersøkt.

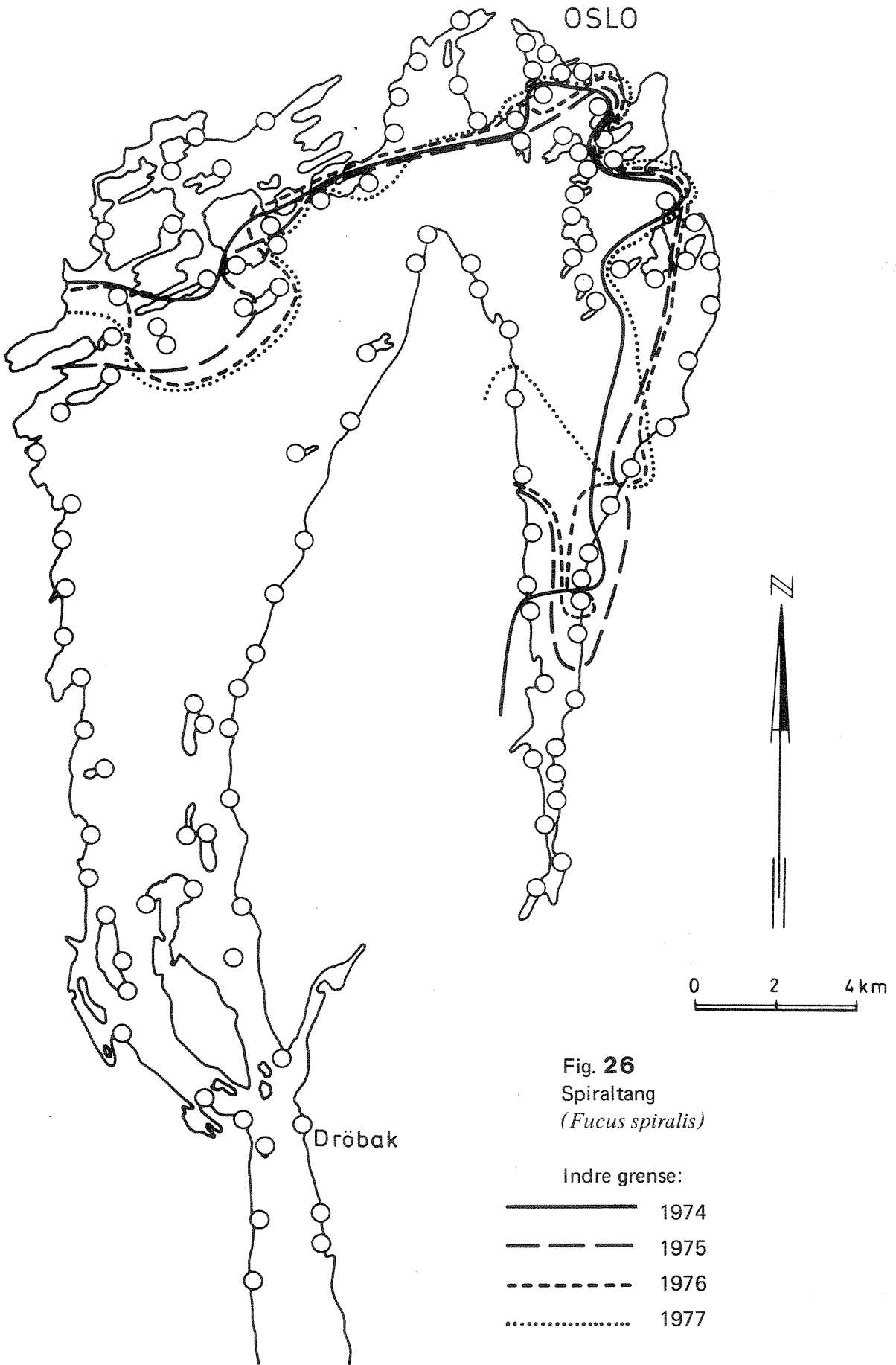


Fig. 26
Spiraltang
(*Fucus spiralis*)

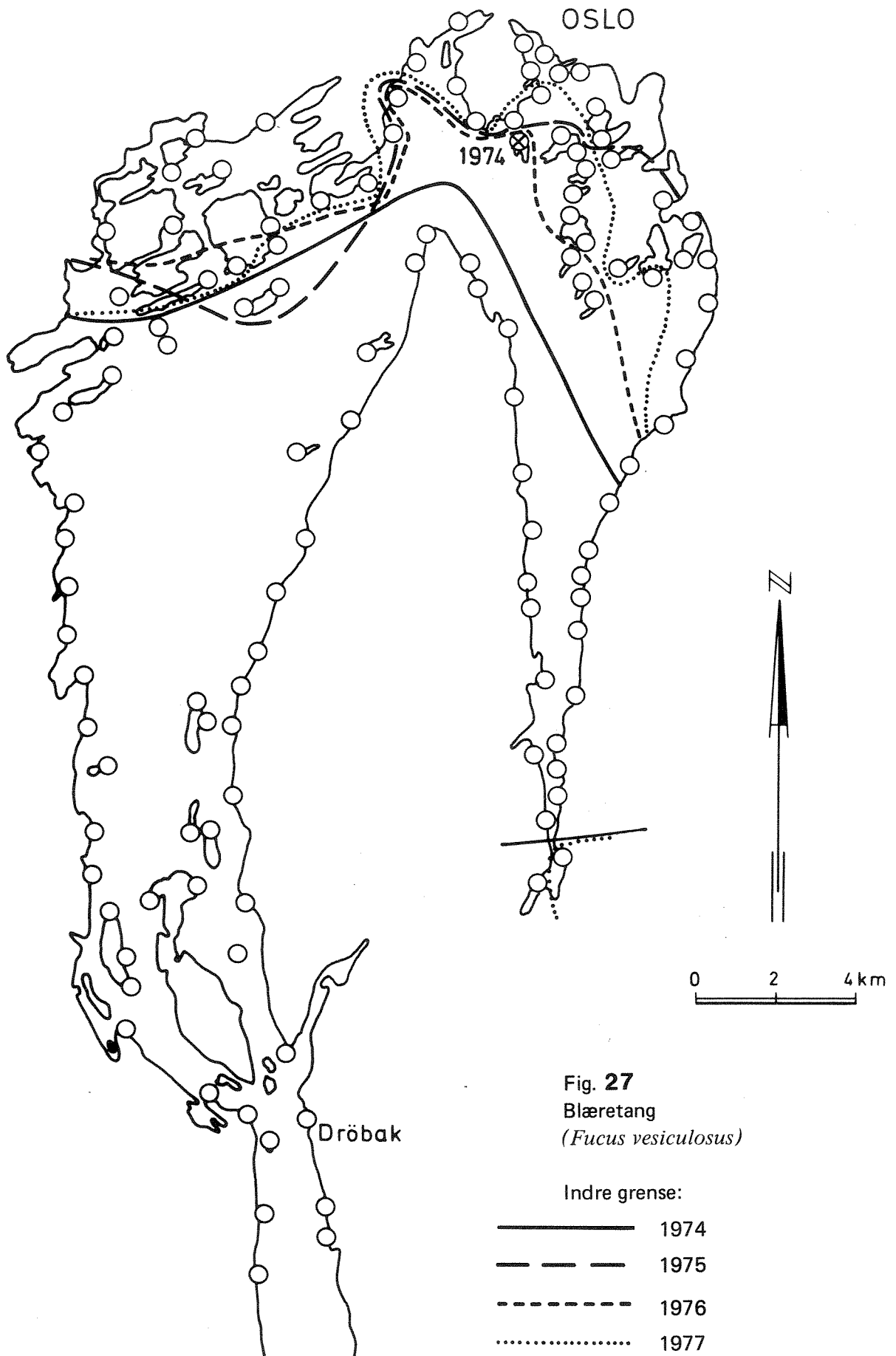
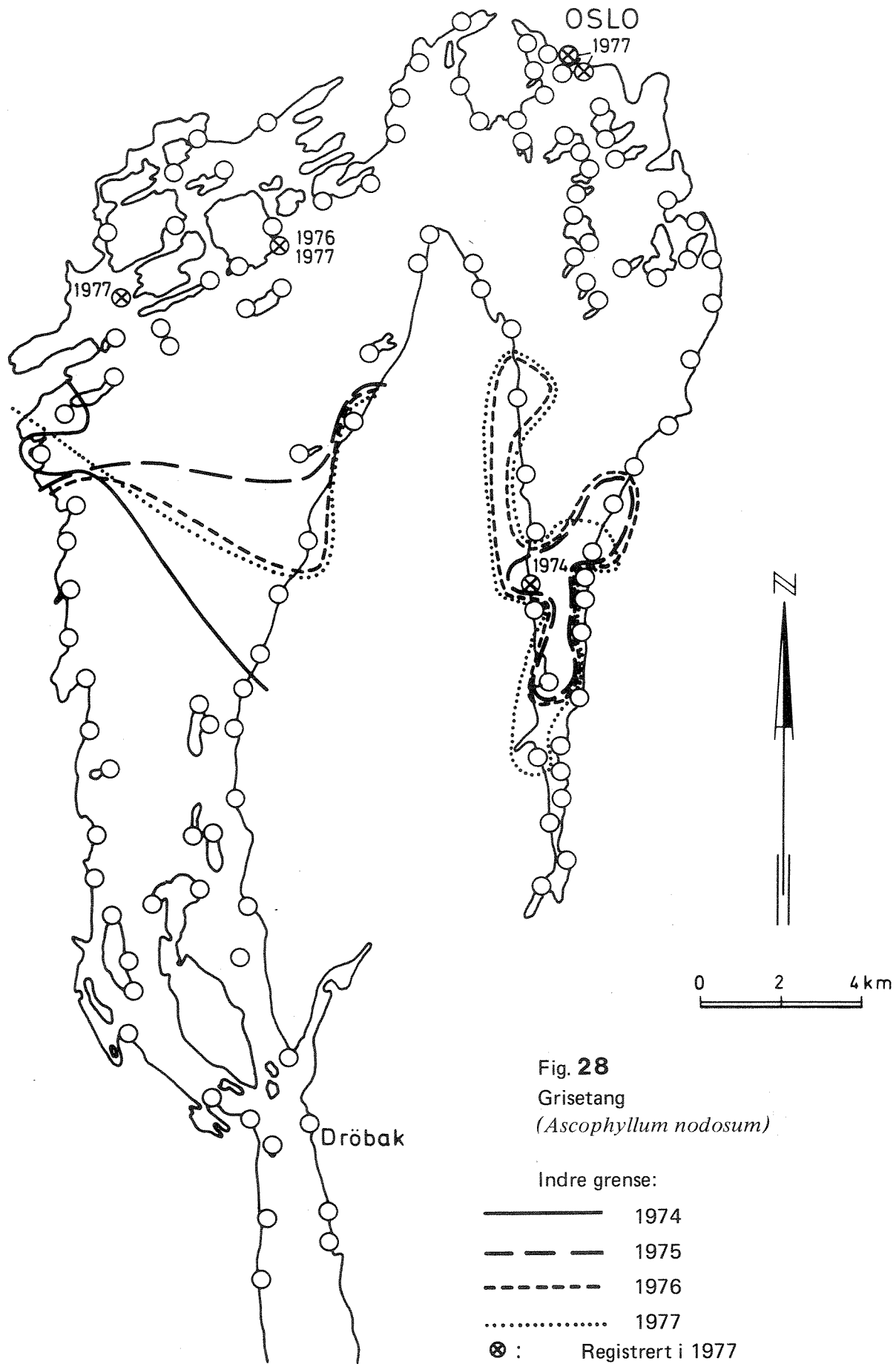


Fig. 27
Blæretang
(*Fucus vesiculosus*)

Indre grense:

- 1974
- - - 1975
- - - - 1976
- 1977

⊗ : Registrert i 1974



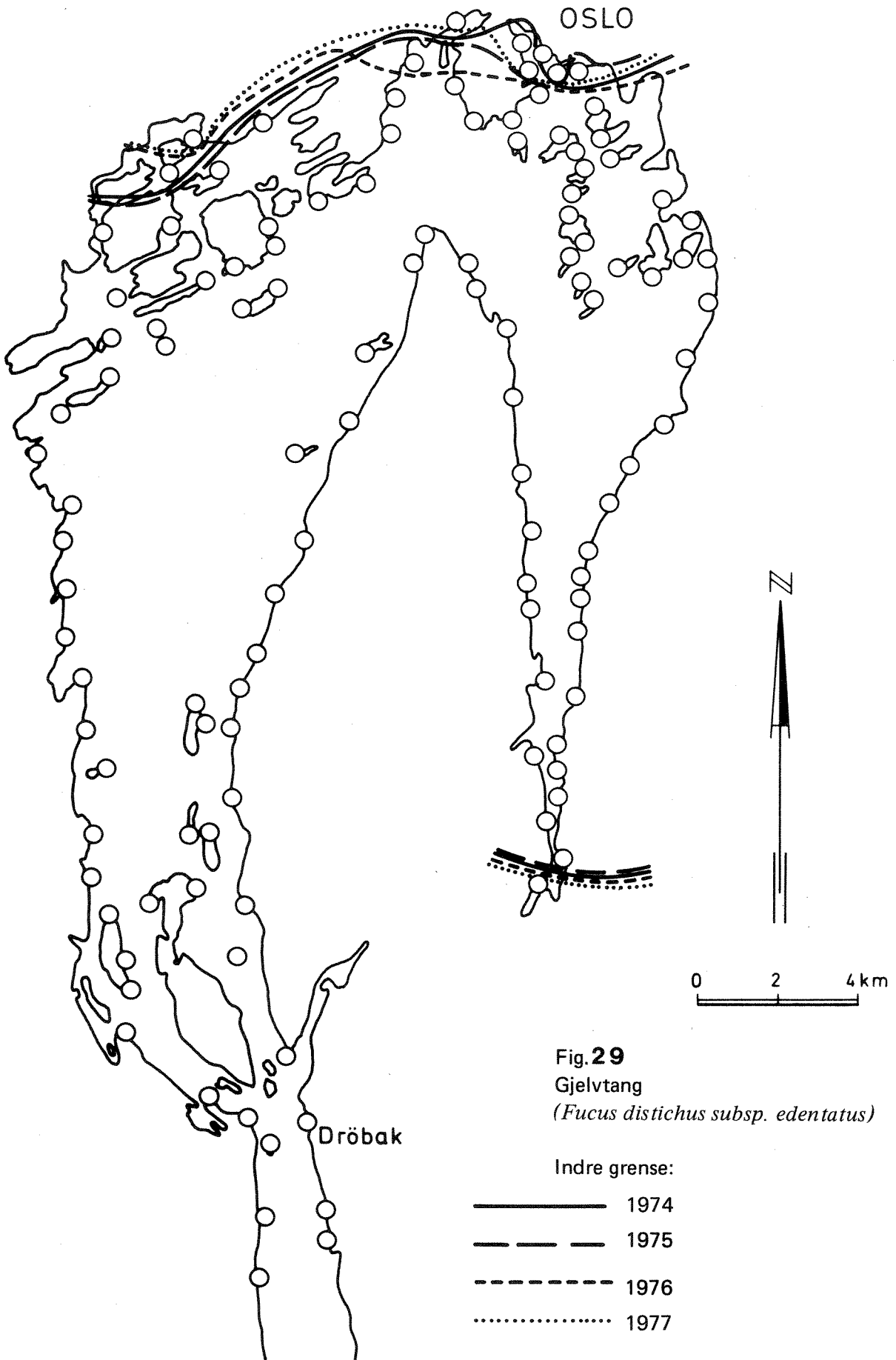


Fig. 29
Gjelvtang
(*Fucus distichus subsp. edentatus*)

4.1.1 Spiraltang (*Fucus spiralis*)

Med små variasjoner har utbredelsen vært den samme i de fire årene 1974-77 (fig.26). På en del av stasjonene kan man imidlertid spore tilbakegang i den mengdemessige forekomst, og til dels fravær på enkelte lokaliteter fra 1974. I 1977 har innergrensen blitt svært forandret på vestsiden av Bunnefjorden ved en forflytning mot nord. Dette antas å være en isskurings-effekt. For øvrig er det ingen markert forandring fra tidligere observa-sjoner, kun mindre fluktuasjoner i grensene.

4.1.2 Blåretang (*Fucus vesiculosus*)

Fig. 27 viser noe fluktuasjoner for innergrensen til blåretang i årene 1974-77. Fra 1976 til 1977 har algen trengt lenger inn i Havneområdet og på øyene utenfor Bekkelagsbassenget. Flere faktorer kan være årsak til dette. Dels kan lengre perioder med lavvann, høy temperatur og et høyt antall sol-timer tørke algen ut. Andre årsaker kan være isskurings-effekt, naturlig skifte av årsklasser og/eller øket stress i form av forurensninger og øket konkur-ranse om voksestedet med hurtigvoksende, næringssaltkrevende arter.

4.1.3 Grisetang (*Ascophyllum nodosum*)

Grisetangen (fig.28) opptrer i hovedsak i midtre og søndre Vestfjorden og i midtre delen av Bunnefjorden. I 1977 var utbredelsen omtrent den samme som i 1976. Imidlertid ble det registrert 2 enkeltfunn med nye skudd på to av lokalitetene i havnebassenget, den ene på et av de mest trafikkerte kai-anleggene. Algenes basisdeler antas å være svært gamle.

4.1.4 Gjelvtang - flattang - (*Fucus distichus* subsp. *edentatus*)

Gjelvtang har alle fire år opptrådt i store mengder både i Vestfjorden og Bunnefjorden, og er den av fucacéene som finnes lengst inn i de utslipps-belastede områdene (fig.29). Registreringen 1977 viser omtrent samme innergrense som i 1976. Et utslipp av 60 tonn saltsyre høsten 1975 (NIVA 1977) drepte all algevegetasjon på stasjonen ved Lysakerelva. I 1977 ble det funnet at gjelvtang hadde hatt vansker med å etablere seg på ny. Bare få og små individer ble funnet.

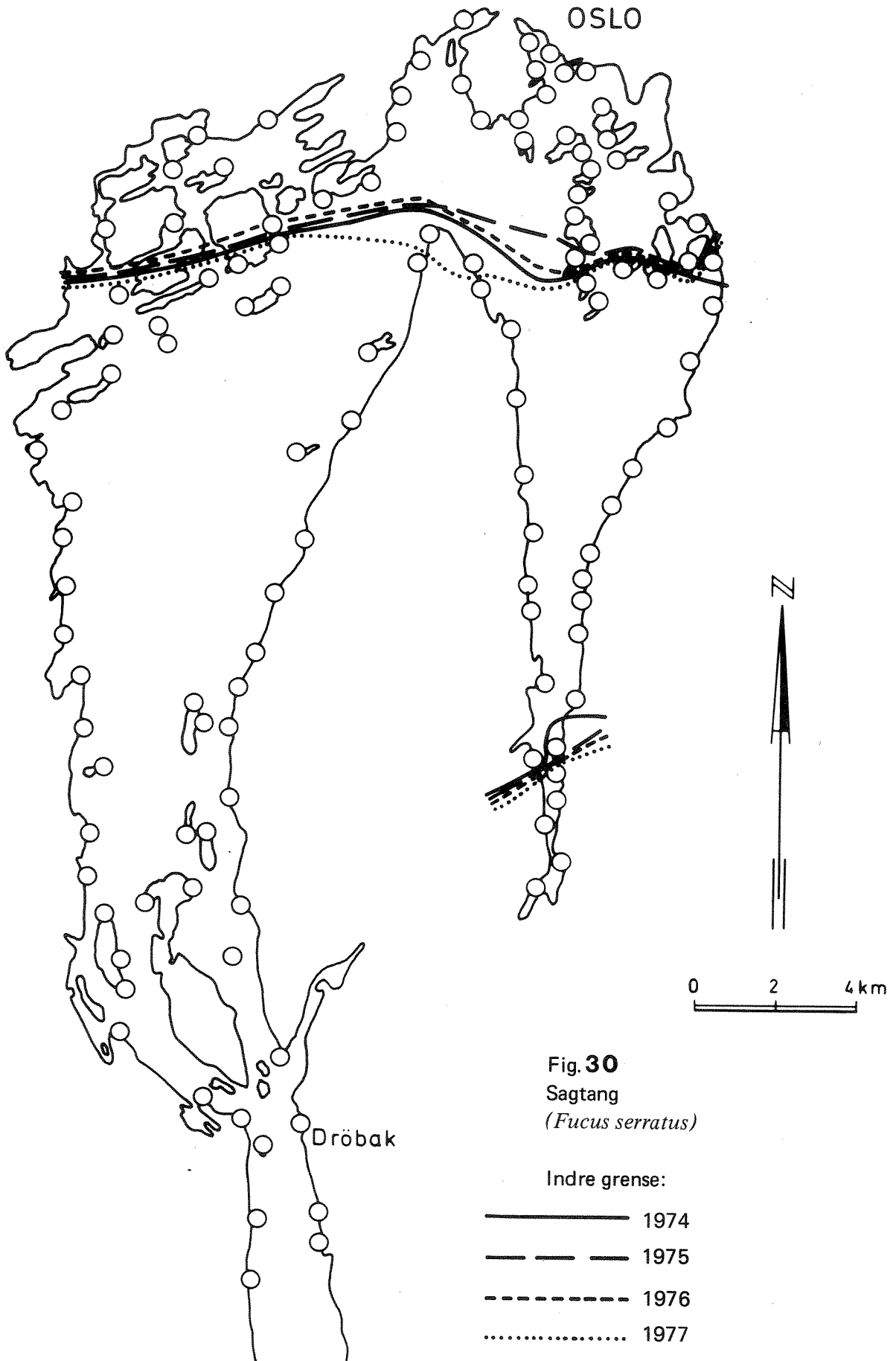


Fig. 30
Sagtang
(*Fucus serratus*)

4.1.5 Sagtang (*Fucus serratus*)

Innergrensen for sagtangen (fig.30) viser i 1977 kun en avvikelse fra tidligere observasjoner, nemlig ved nordspissen av Nesoddtangen. Denne endringen kan delvis ha sin forklaring i en driftsstopp i et renseanlegg ved Nesodden i deler av 1976 og hele 1977, hvorved urensset kloakk ble sluppet ut i det omtalte området. (Pers.medd. Teknisk sjef Bjelland, Nesodden kommune).

Øket turbiditet i sjøvannet og direkte effekter av kloakkvannet kan ha vært en medvirkende årsak til at sagtangvegetasjonen ble borte eller sterkt redusert.

4.2 Sammendrag

Observasjonene fra 1977 har ikke skilt seg markert ut fra observasjonene 1976. Kun i et par områder har mindre forandringer kunnet iakttas, nemlig en reetablering av gjelvtang etter saltsyreutslipp i Lysakerfjorden samt en forskyvelse av den indre grensen for sagtang syd for Nesoddtangen. En mulig forklaring til en del av denne utvikling kan være øket turbiditet i sjøvannet etter stans av det primitive biologiske anlegget ved Burestua i 1977 og deler av 1976.

Hovedkonklusjonen fra resultatene fra 1977 er en støtte til den tendens som ble påvist i 1974, at viktige nøkkelarter i strandfloraen i de indre bassenger er forsvunnet og nye arter er kommet til siden århundreskiftet. I tillegg har de næringskrevende og hurtigvoksende grønnalger en bedre konkurranseevne i forurenset vann. Imidlertid er det ikke påvist noen større endringer i algevegetasjonen i strandsonen i løpet av 1974-1977.

5. FISKE

Opplysningene om fiske i 1977 er innhentet fra fisker O. Johansen i indre Oslofjord, fra undersøkelser utført av Statens biologiske stasjon, Flødevigen og egne obserbasjoner.

Reker

Vår kontaktmann tok fangster vesentlig i de midtre og søndre deler av Vestfjorden i 1977. I begynnelsen av året ble det vesentlig tatt stor reke mens en utover sommeren tok enkelte fangster med blandingsreke. Rekrutteringen var dårlig. Utover høsten (september - oktober) gikk fangstene ned uten at reka ble helt borte. Senhøstes ble det også tatt reke på relativt grunt vann ved Langåra (60 - 90 m), noe som tyder på at rekebestanden har spredd seg over et større dypintervall. Rekefisket i fjorden må betraktes som relativt dårlig i 1977.

Bunnfisk

Det ble hele året tatt fangster av den fisk som vanligvis følger med i rekestrålen. Fisken ble ikke helt borte fra trålfangstene om høsten slik som foregående år.

Pelagisk fisk

Det var store forekomster av brisling i fjorden utover ettersommeren og høsten 1977, men fisken vokste dårlig og hadde lite fettinnhold. Ved en egen undersøkelse ved instituttet ble brislingens vertikalfordeling i relasjon til vannlag med lavt oksygeninnhold observert.

Ekko- og oksygenregistrering 14.11.1977 viste at største tetthet av brisling i Bunnefjorden forekom ved en oksygenkonsentrasjon på 1.5 - 1,7 ml O₂/l mens den avtok sterkt mellom 0.9 og 1.4 ml O₂/l, (fig. 31). Ytterst i Bekkelagsbassenget ble største tetthet av brisling registrert ved 1.0 - 1.2 ml O₂/l, mens brislingen ikke forekom når oksygenivået var lavere enn 0.4 - 1.0 ml O₂/l. Innerst i Bekkelagsbassenget ble den tettteste forekomst av brisling funnet ved 0.5 - 1.1 ml O₂/l, mens fisk ikke ble registrert ved 0.3 - 0.5 ml O₂/l.

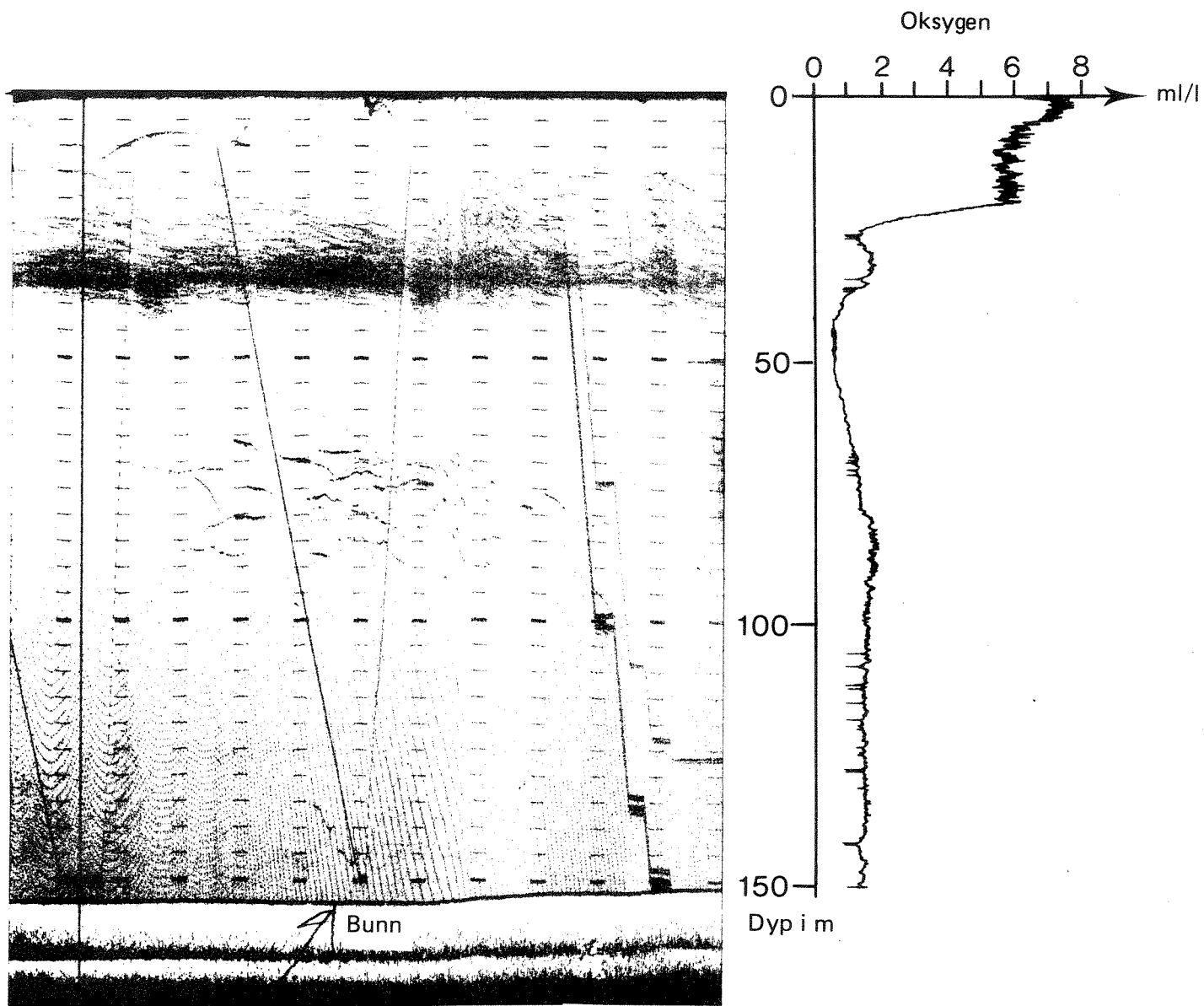


Fig. 31. Ekkoregistrering av fisk i Bunnefjorden samt kontinuerlig oksygenregistrering med Føyns oksymeter

Selv om brislingen ved langsom tilvenning kan greie seg med svært lavt oksygeninnhold, i hvert fall for kortere tid, indikerer resultatene foreløpig en nedre grense på ca. 1.0 ml O₂/l for hoveddelen av brislingbestanden i indre Oslofjord.

Foruten brislingens vertikalfordeling, kan oksygeninnholdet også påvirke veksthastighet og tilgang på åte. Raudåta overvintrer normalt i fjord-dypet. Dersom vannkvaliteten her er dårlig vil dette kunne gi redusert gytebestand av raudåte den påfølgende vår og lite mat for den oppvoksende brisling. Dette kan ha gitt redusert fettinnhold og vekst.

Det er også vist for andre fiskearter at redusert oksygeninnhold under en viss terskel fører til redusert oksygenopptak og dermed redusert stoffomsetning og fysisk aktivitet. Dette kan ha gitt redusert vekst. Selv om brislingen kan forekomme i vannmasser med 1.0 ml O₂/l eller mindre, er det tvilsomt om dette oksygeninnhold er tilstrekkelig til å sikre normal vekst og utvikling.

Selv om fangstene av reke og bunnfisk i Vestfjorden ikke gikk helt tilbake høsten 1977, bestyrker de dårlige fangstresultatene konklusjonen fra forrige års rapport om at dette fisket er svært utsatt. På den annen side tyder undersøkelsen på at brislingen er mer tolerant overfor lave oksygenverdier enn tidligere antatt.

6. LITTERATUR

Beyer, F. 1967:

Bunnsedimenter og bunnfauna i indre og midtre Oslofjord i 1938 og 1962-1966: Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. Delrapport 6. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.

Beyer, F. 1967:

Representativiteten av undersøkelsesperioden 1962-66: Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.

Beyer, F. & Føyn, E., 1951:

Surstoffmangel i Oslofjorden. En kritisk situasjon for fjordens dyrebestand. *Naturen* 75 (10): 289-306.

Braarud, T. & Ruud, J. T., 1937:

The hydrographic conditions and aeration of the Oslo Fjord 1933-1934. *Hvalråd. Skr.*, 15: 1-56.

Dannevig, A., 1945:

Undersøkelser i Oslofjorden 1936-50. *Fiskeridirektoratets skrifter s. havundersøkelser. Vol. VIII. No. 4.*

Føyn, E., 1967:

Vurdering av næringssaltene kjemi: Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. Delrapport 8. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.

Gade, H. G., 1967:

Hydrografi: Oslofjorden og dens forurensningsproblemer. Delrapport 12. Norsk institutt for vannforskning, Oslo.

Gade, H. G., 1970:

Hydrografic investigations in the Oslofjord, a study of Water Circulation and Exchange Processes. Geophys. inst. DIV.H. Physical Oceanography. Report 24.

Linde, E., 1970:

Hydrography of the Byfjord. Geophys. inst. Report 20.

NIVA-rapporter:

1974 O-160/71. Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i indre Oslofjord. Overvåkingsprogram. Årsrapport 1973.

Källqvist, T. & Magnusson, J.

1976 O-160/71. Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i indre Oslofjord. Overvåkingsprogram. Årsrapport 1974.

Bokn, T., Källqvist, T. og Magnusson, J.

1977 O-160/71. Undersøkelse av hydrografiske og biologiske forhold i indre Oslofjord. Overvåkingsprogram. Årsrapport 1975-76.

Bokn, T., Kirkerud, L., Krogh, T., Magnusson, J., Nilsen, G.

Statens Biologiske Stasjon, Flødevigen

Toktrapper 1977. (PTK 1-7/1977)

Tveite, S., Dahl, E. og Ellingsen, E.