

O-82061

1761

Overvåking av  
**Groosefjorden/Vikkilen**  
Grimstad kommune

Fremdriftsrapport, 1982 - 84

O-82061

# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning



NIVA

Hovedkontor  
Postboks 333  
0314 Oslo 3  
Telefon (02)23 52 80

Sørlandsavdelingen  
Grooseveien 36  
4890 Grimstad  
Telefon (041)43 033

Østlandsavdelingen  
Rute 866  
2312 Ottestad  
Telefon (065)76 752

Vestlandsavdelingen  
Breiviken 2  
5035 Bergen - Sandviken  
Telefon (05)25 53 20

Prosjektnr.:	O-82061
Undernummer:	
Løpenummer:	1761
Begrenset distribusjon:	Fri

Rapportens tittel:  OVERVÅKING AV GROOSEFJORDEN/VIKKILEN GRIMSTAD KOMMUNE.  FREMDRIFTSRAPPORT, 1982-84.	Dato:  3.10.1985
	Prosjektnummer:  O-82061
Forfatter (e):  WIKANDER, PER BIE	Faggruppe:  HYDROØKOLOGI
	Geografisk område:  Aust-Agder
	Antall sider (inkl. bilag):  62

Oppdragsgiver:  Grimstad kommune, Teknisk etat	Oppdragsg. ref. (evt. NTNF-nr.):
--	----------------------------------

**Ekstrakt:**  
Groosefjorden/Vikkilen mottar urensset kloakk fra Grimstad by. Utslippsdyp er 35 m og grunnere. Gjennombrytende avløpsstråle hele året. Bassenget har dybder på 80 m. Dypere enn 35 m finner det sted en stagnasjon av vekslende varighet. Fullt oksygensvinn er kun målt ved en anledning. Over 35 m er det ingen tegn til eutrofiering eller annen kloakkpåvirkning med unntak av gjennombrytende avløpsstråle og topper m.h.t. colitall i den mørke årstid. Høye overflatetemperaturer sommeren 1982-84 har skapt en sterk lagdeling i vannmassene som kan ha forsterket stagnasjonen i dypet.

4 emneord, norske:
1. kommunalt spillvann
2. hydrografi
3. resipientkapasitet
4.

4 emneord, engelske:
1. municipal sewage
2. hydrography
3. resipient capacity
4.

Prosjektleder:

*Per Bie Wikander*

For administrasjonen:

*R. W. M.*

ISBN 82-577-0954-9

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING  
SØRLANDSAVDELINGEN  
GRIMSTAD

0-82061

OVERVÅKING AV  
GROOSEFJORDEN/VIKKILEN  
GRIMSTAD KOMMUNE

FREMDRIFTSRAPPORT, 1982-84

Grimstad, 3. oktober 1985

Saksbehandler: Per Bie Wikander

## F O R O R D

Med bakgrunn i programforslag for "OVERVÅKNING AV VANNKVALITET I GROOSEFJORDEN - VIKKILEN, GRIMSTAD KOMMUNE" utarbeidet ved Aust-Agder Fylkeskommune, Utbyggingsavdelingen, fikk NIVA, Sørlandsavdelingen i oppdrag fra Grimstad kommune å forestå en slik overvåkning.

Formålet med overvåkingen er å:

1. Evaluere effektene av eksisterende kloakkutslipp og overløp.
2. Vurdere egnetheten av eksisterende beliggenhet av hovedutslipp.
3. Vurdere rensegrad ved fremtidig konsesjonsbehandling.
4. Overvåke den hygieniske vannkvaliteten av hensyn til fri-luftsinteressene.

Overvåkingen omfatter hydrografisk/hydrokjemisk og mikrobiell prøvetaking på til sammen fem stasjoner innenfor bassenget som utgjøres av Vikkilen og Groosefjorden. To stasjoner ligger utenfor bassenget, den ene ved Saltvik (nyetablert utslipp), den andre er referansestasjon.

Prøvetakingsfrekvensen har vært hver 14. dag med hensyn på colitall og hydrografi i sommerhalvåret (ellers månedlig). Vannkjemiske data har vært samlet inn kvartalsvis. Prøvetakingen startet 24.06.82. Kvantitative prøver av bunnfauna har vært samlet inn en gang i året, første gang i 1983. Disse data vil bli rapportert særskilt.

Kjemiske analyser har blitt utført ved Aust-Agder Fylkeslaboratorium for Vannanalyser, mikrobielle analyser ved Næringsmiddelkontrollen i Aust-Agder.

Overvåkningen har hittil blitt rapportert i notat av 27. febr. 1983 (konklusjoner på basis av aktiviteten i 1982).

Foreliggende rapport omfatter en diskusjon av utvalgte data-serier fra start frem til november 1984.

Overvåkningen skal pågå i minst tre år til sammen. Forurensningsmyndigheten i samråd med oppdragsgiver beslutter når overvåkningen skal bringes til opphør, hvoretter sluttrapportering skal finne sted.

INNHOLDSFORTEGNELSE

	SIDE
FORORD	1
SAMMENDRAG	4
KONKLUSJONER	8
INNLEDNING	10
<u>Områdebeskrivelse</u>	12
<u>Bakgrunn for undersøkelsen</u>	13
<u>Formål</u>	14
MATERIALE OG METODER	15
RESULTATER	16
<u>Stasjon 7/referansestasjon ved</u>	
<u>Gråholmen</u>	16
<u>Stasjon 1 Vikkilen</u>	28
<u>Stasjon 2 Kjellviga (Vikkilen)</u>	36
<u>Stasjon 3 Mellom Biodden og Rønnes</u>	36
<u>Stasjon 5 Groosefjorden. Dyprennen</u>	43
<u>Stasjon 6 (Nordenden av Herøysund)</u>	54
<u>Stasjon 8 Saltvik</u>	54
REFERANSER	62

## SAMMENDRAG

Hensikten med overvåkingen er som nevnt å evaluere tilstanden i Groosefjorden og Vikkilen og eventuelt påvise utviklingstendenser sett på bakgrunn av kloakkutslippene og avløpene fra Grimstad by til fjordsystemet.

Undersøkelsen har videre som mål å gi en vurdering av fjordsystemets resipientkapasitet, samt egnethet for eksisterende og alternative utslippslokaliteter.

Siden 24. juni 1982 er det foretatt hydrografisk prøvetaking på fem stasjoner fra overflate til bunn.

Tre av disse stasjonene ligger innenfor skjærgårdsterskelen, i det primære påvirkningsområde for utslippene fra Grimstad by (st. 1, 3 og 5).

En stasjon (st. 7) fungerer som referansestasjon og er lagt til det ytre skjærgårdsområde ved Gråholmen.

En stasjon (st. 8) er blitt opprettet i Saltvik i Bufjorden/-Morvigfjorden for å overvåke effektene av utslipp fra Østerhus. Denne stasjonen ligger også utenfor skjærgårdsterskelen.

I tillegg til stasjonene nevnt, er det opprettet to stasjoner som kun har vært gjenstand for bakteriell prøvetaking (st. 2 og st. 6, h.h.v. i Kjellviga, Vikkilen og N.ende av Herøysund).

De hydrografiske parametre har vært oksygen, total fosfor, total nitrogen, chlorofyll, turbiditet, siktedyp, saltholdighet og temperatur.

I tillegg er det gjennomført et bunnprøvetakingsprogram en gang i 1983 og en gang i 1984 på stasjonene 1, 3, 5 og 7. Resultatene fra denne prøvetakingen vil bli rapportert særskilt, eventuelt inntatt i den avsluttende samlerapport.

Prøvetakingsfrekvensen i overflaten har vært en gang månedlig og i dypet kvartalsvis.

For å imøtekomme friluftsjinteressene har samtlige stasjoner i tillegg vært gjenstand for bakteriell prøvetaking hver fjortende dag i den lyse årstid.

Foreliggende rapport omfatter data innsamlet t.o.m. 6.11.84.

Groosefjorden/Vikkilen mottar all kloakk fra Grimstad by, med unntak av ett utslipp fra Østerhus som går til Saltvik utenfor bassenget.

De viktigste utslippsstedene er Vikkilen indre del, Grimstad havn, Saulebukta (overløp) og Groos (hovedkloakk). Samtlige utslipp består av urensset spillvann. Avløpsstrålen bryter gjennom til overflaten hele året på samtlige lokaliteter. Det gjennombrytende avløpsvannet er sterkt turbid helt til overflaten. Gjennombruddet (i Groosefjorden) utgjør et felt på 10-12 m i diameter. Utenfor denne sonen er de visuelle effekter ubetydelige.

Forholdene på den enkelte stasjon kan oppsummeres som følger:

Stasjon 7, Referansestasjon (sør for Gråholmen):

Dyp: 60 m.

Bunn; Silt.

Sulfider i bunnsediment: Ikke synlig.

Vannmassen hadde et sunt oksygenregime gjennom hele året på alle dyp. Næringssaltinnholdet moderat til lavt og typisk for relativt uforurensede marine vannmasser.

Coliform forurensning ubetydelig. Kun sporadiske registreringer.



Stasjon 1, Vikkilen:

Dyp: 18 m.

Bunn: Silt, fin sand.

Sulfider i bunnsediment: Ikke synlig.

Laveste oksygenmetning i bunnvannet: 53 % (sept 1982).

Fosforinnholdet i dypvannet indikerte ikke noen belastet situasjon. Nitrogeninnholdet relativt sett noe høyere enn fosforinnholdet. Kan ha sammenheng med avrenning fra land.

Coliform forurensning moderat.

Høyeste tall mellom oktober og desember. Lave verdier om sommeren.

Stasjon 2, Kjellviga:

Kun bakterieprøver.

Moderat belastning i den lyse årstid. Høye verdier mellom oktober og desember.

Stasjon 3, mellom Rønnes og Biddan:

Dyp: 35 m.

Bunn: Silt, fin sand, noe sagflis.

Sulfider i bunnsediment: Ikke synlig.

Begynnende oksygensvikt i bunnvann (laveste metningsgrad målt 33 %). Oksygenminima forekom regelmessig sept - okt hvert år, men av kort varighet. M.a.o. en viss stagnasjon i dypvannet.

Fosforinnholdet i dypvannet moderat. Høyest verdier under stagnasjonsperiodene. Nitrogeninnholdet lavt.

Ingen coli-data fra denne stasjonen.

Stasjon 5, Groosefjorden dyprennen:

Dyp: 60 m.

Bunn: Svartgrå silt.

Sulfider i bunnsediment: Ja.

Tilbakevendende oksygensvikt av varierende styrke. Sept - okt 1982 rådet fullstendig oksygensvikt i dypet. Fra 35 m og ned har det funnet sted stagnasjon av varighet 6 mnd eller mer.

Dypvannets fosforinnhold periodevis høyt. Nitrogenregimet mindre markert. Coliform forurensning moderat. Lavt om sommeren.

Stasjon 6, nordre ende av Herøysund:

Kun coliform overvåkning på denne stasjonen.

2 perioder oktober - desember overskred colitallet 50.

Lave verdier i sommersesongen.

Stasjon 8, Saltvik:

Dyp: 35 m.

Bunn: Skjellfragmenter, sand.

Sulfider i bunnsediment: Ikke synlig.

Høyt oksygeninnhold, også i dypvannet gjennom hele året.

Næringssaltregimet viste ingen verdier som indikerte nevneverdig gjødsling.

Mellom oktober og desember hadde stasjonen colitall som langt overskred 50. Moderate til lave verdier i den lyse årstid.

## KONKLUSJONER

Dypvannet i Groosefjorden viste tydelige tegn på stagnasjon. Dette betyr at dypvannet fornyes en viss periode av året og blir deretter stående i dypet og endrer kvalitet som følge av biologiske aktiviteter som nedbryting av dødt organisk materiale og organismers ånding.

Stagnasjonstidens varighet øker med dypet.

Da undersøkelsen startet i juni 1982 var det full stagnasjon i Groosefjordens dypere deler. Denne varte frem til mars - april 1983. Først da fant en vannutskifting sted (ikke som tidligere meddelt av pressen, fra oktober og desember 1983.

Dypvannsutskiftingen i 1983 var av kort varighet og en hurtig stagnasjon satte inn fra primo juni til ultimo juli. En ubetydelig vannfornyelse fant sted i aug 1983. I 1983/84 fant hovedutskiftingen i dypet sted mellom oktober 1983 og januar 1984. Hyppigere observasjonsfrekvens m.h.t. oksygen viser at vannutskiftingen ikke var noen kontinuerlig prosess, men fant sted støtvis med topper i januar, april og juni 1984.

Stagnasjonsperiodene i dypet kunne variere fra 7 til 11 mnd. Høyere oppe i vannsøylen var stagnasjonsperiodene av vesentlig kortere varighet og oksygenverdiene falt unntakelsesvis til kritisk nivå. Over 35 m dyp var det her ingen tegn til overgjødning eller organisk overbelastning med unntak av utslippenes nærsoner.

Stabilt varme somre mens undersøkelsen har foregått har her bidratt til å forsterke lagdelingen av vannmassen og isolere denne. Oksygenvinnet kan da slå sterkere ut og kan derfor til en viss grad være meteorologisk betinget. På den annen side kan det neppe herske tvil om at eksisterende urensede utslipp bidrar med organiske tilførsler til fjordens dybbasseng og dermed til belastningen av dette. Å kvantifisere disse er meget vanskelig. Utslippet i Saltvik var vanskelig å spore på tradisjonelle forurensningsparametre annet enn colitallet.

På samtlige stasjoner med unntak av referansestasjonen ble det målt colitall større enn 50 E. coli/100 ml vann. Colitall 50

er en grense helsemyndighetene har satt for akseptabelt badevann (SIFF 1976). (SIFF mener i denne sammenheng et veid middel mindre enn 50 E. coli av minimum 5 prøver i løpet av en 30 dagers periode i badesesongen). I Groosefjorden dreide det seg i alle tilfeller om sporadiske registreringer i den mørke årstid.

## INNLEDNING

I det følgende skal det gis en kortfattet fremstilling av de utviklingstendenser og den tilstand som datainnsamlingen inntil nå synes å antyde.

Fremstillingen vil basere seg på de hydrografiske parametre alene og disposisjonen er stasjonsvis og parameter for parameter. For å sette utvikling og tilstand på hver stasjon i et perspektiv, sammenlignes hver stasjon med referansestasjonen (stasjon 7) som forutsettes (og med god grunn) å være upåvirket av forurensnings-tilførslene fra Grimstad by og representativ for det relativt uforurensede Skagerrak. Stasjonsnettets er forøvrig vist på fig. 1.

En referansestasjon bør ha representativt dyp og bunnforhold i et farvann utenfor det antatte primære influensområde for utslippene. Referansestasjonen ble etter anbefaling først lagt til dypbassenget mellom Ø. Svertingen og Leiholmen (se fig. 1), men da det viste seg at også dette bassenget representerte en forholdsvis isolert, liten vannmasse, ble stasjonen flyttet til sør for Gråholmen (des 1982) hvor det strekker seg en dyp slette fra Gråholmen mot SV til Leiholmen.

Referansestasjonen er på denne bakgrunn viktig og skal omtales først, når det gjelder måleresultater.

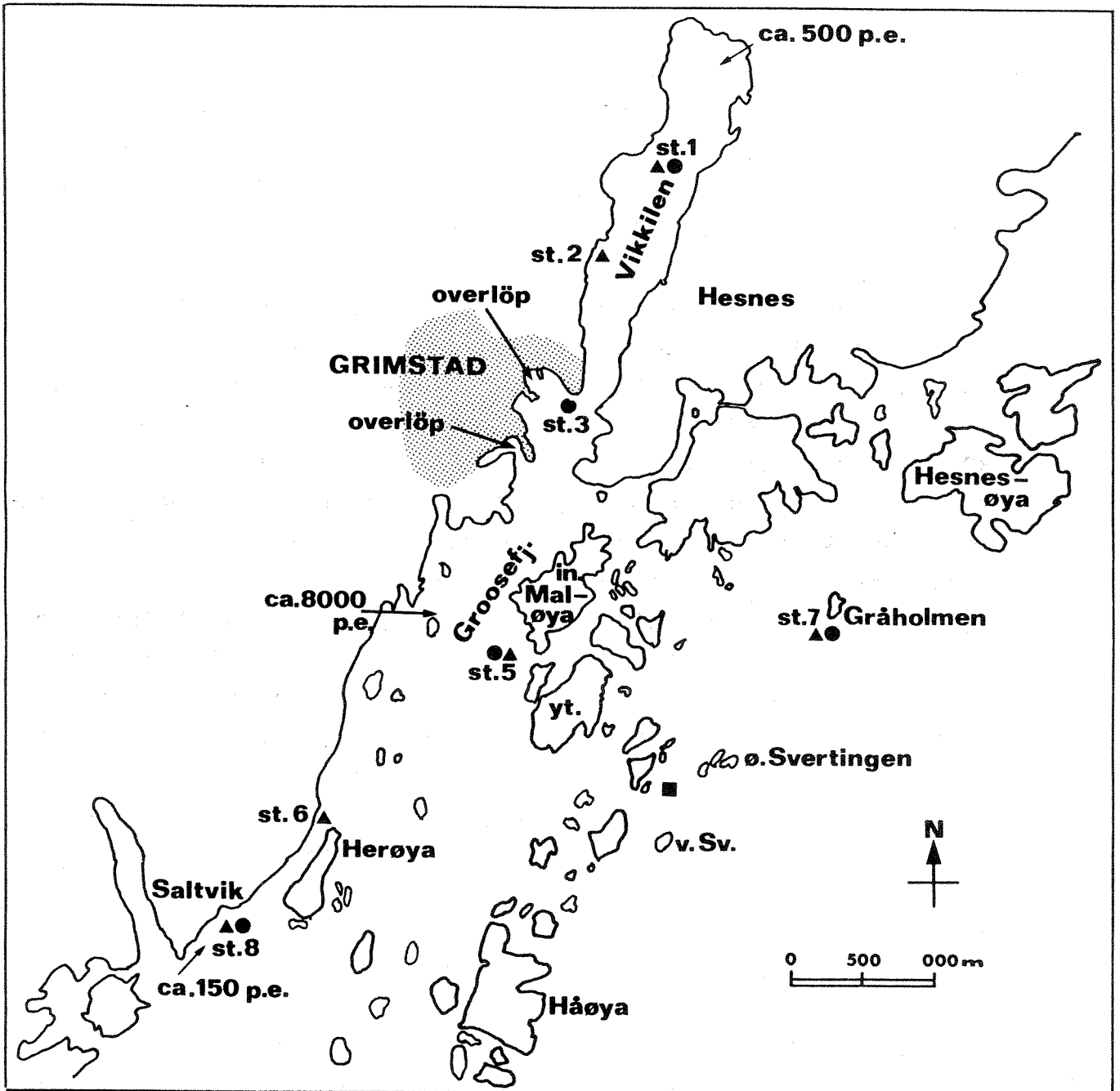


Fig. 1 Prøvetakingssteder

- Kjemi og bunnprøver
- ▲ Bakteriologiske prøver
- Opprinnelig referansestasjon

### Områdebeskrivelse

Vikkilen og Goosefjorden er et sammenhengende fjordsystem som skjærer seg inn i grunnfjellsmassivet langs aksene NØ-SV. Fjordsystemet er ca 7 km langt og avgrenset fra Skagerrak av skjærgårdsbredden mot SV og SØ, som utgjør fjordens egentlige terskel - dvs. en rekke grunne sund. Den dypeste forbindelsen med Skagerrak er Rivingsgapet vest for Håøya - et sund som er utdypet ved sprenging ned til drøyt 20 m dyp.

Et karakteristisk trekk ved fjordtopografien er en dyp renne som går fra Indre Maløya (n. for st. 5) langs Ytre Maløya og sørover til midten av Håøya. Rennen har et dyp på mellom 60 og 70 m. På to steder i fjorden er det loddet dyp på henholdsvis 80 og 82 m (vest for V. Svertingen og nordøst for Herøya). Fjorden er dårlig opploddet, det kan derfor ikke sies med sikkerhet utstrekningen av disse dypbassengene, men de få data som foreligger tyder på at det er tale om meget små bunnarealer. Fjordområdet fra Vikkilens munning til sydspiss av Indre Maløya og Goosefjordens vestlige halvdel utgjør et platå med dybder mellom 30 og 40 m. Vannmassene i Vikkilen kommuniserer med vannmassene i Grimstadvfjorden - Goosefjorden uten å være hemmet av noen egentlig terskel annet enn en fjellrygg som hever seg ca. 3 m over bunnen på tvers av Vikkilens munning. Fra dette punkt blir kilen jevnt grunnere innover.

Fjordsystemets bunnsedimenter består vesentlig av fin sand og silt. Hardbunn fins stort sett bare i skråningene.

Ferskvannstilførslene til fjordsystemet er små og i hovedsak representert ved Sævelibekken som kommer ut innerst i Vikkilen og Goosebekken som renner ut på Groos. Vannføringen i disse bekkene er ikke kjent.

Hovedmassen av bebyggelse ligger langs fjordens vestsida fra Grimstad gamle sentrum (rastert på fig. 1) og sørover til Saltvik. Skjærgården inneholder ubetydelig fritidsbebyggelse.

Til sammen mottar fjordsystemet avløpsvann tilsvarende ca 8 500 pe. Ca 150 pe. ledes ut til Saltvik, utenfor terskel.

Lokaliseringen av utslippene fremgår av fig. 1.: Ca 8 000 pe. går ut i Groosefjordens hovedbasseng på 35 m. dyp. Ett utslipp på ca 500 pe. ledes ut innerst i Vikkilen på ca 12 m dyp. Samtlige utslipp er urensset. På fig. 1 er også inntegnet to overløp, ett til Grimstad havn og ett til Saulebukta. Disse fører periodevis ikke ubetydelige mengder organisk stoff til nærområdene.

### Bakgrunn for undersøkelsen

Undersøkelsens design og igangsettelse tok utgangspunkt i "PROGRAMFORSLAG, OVERVÅKNING AV VANNKVALITET I GROOSEFJORDEN - VIKKILEN, GRIMSTAD KOMMUNE" utarbeidet av Aust-Agder fylkeskommune, Utbyggingsavdelingen, september 1981. Dette programforslaget ble utarbeidet med utgangspunkt i kommunenes kloakk-saneringsplan og utslippstillatelse av 15. august 1977.

Fra nevnte programforslag skal siteres:

" På bakgrunn av den økonomiske situasjonen de senere år er utbyggingen av sentralrenseanlegget noe tidsforskjøvet. Dette medfører at dårlig rensset avløpsvann føres ut i sjøen i lengre tid enn opprinnelig forutsatt. Videre vil "tyngdepunktet" av kloakkutslipp forskyves til Grooseområdet etter hvert som avløpsnettutbyggingen i henhold til avløpsplanen. Dette gjør det ønskelig å følge vannkvalitetsutviklingen i området.

Statens biologiske stasjon foretok en undersøkelse av Groosefjorden - Vikkilen (Dannevig, 6., 1970).

Som et ledd i å fremskaffe bedre grunnlagsdata for beregning av utslippsdyp, avløpsvannets innlagring m.v. utførte Utbyggingsavdelingen i samarbeid med Grimstad kommune hydrografiske og hydrokjemiske målinger. Resultatene av disse undersøkelser ble rapportert den 15.3.1980.



Grimstad kommune har i brev av 21.5.1980 anmodet Utbyggingsavdelingen om å utarbeide programforslag for oppfølgende undersøkelser i området.

Ved utarbeidelsen av programforslaget til overvåkingsundersøkelsen er det tatt hensyn til resultatene fra forannevnte undersøkelser."

### Formål

Datainnsamlingen har som målsetting å kunne dokumentere eventuelle endringer i økologiske forhold som kan relateres til de nevnte utslipp av kommunalt avløpsvann.

To nye problemstillinger er dukket opp i den senere tids debatt vedrørende fremtidige avløpsarrangement. Det ene er samling av alt spillvann og utledning ved Saltvik. Det andre går ut på utslipp utenfor skjærgårdsterskelen til kyststrømmen. Det pågående fortolkning av data fra Groosefjorden vil også bidra til å avklare hvilke av de tre alternativer som bør realiseres, eventuelt hvilke tiltak som bør iverksettes ved opprettholdelse av utslippet til Groosefjorden.

## MATERIALE OG METODER

Foreliggende rapport baserer seg på hydrografiske/hydrokjemiske data samlet inn i tidsperioden juni 1982 frem til november 1984. Hovedskjemaet for prøvetaking har vært månedlig, men hver 14. dag i sommerhalvåret av hensyn til behovet for en nøyere overvåkning i turistsesongen. I den utstrekning dette skjema har blitt fraveket, har dette vært forårsaket av forhold utenfor vår kontroll som f.eks. islegging, dårlig vær etc.

Det har blitt samlet inn data fra til sammen 7 stasjoner hvorav 5 har vært gjenstand for full hydrografisk prøvetaking og to utelukkende for bakteriologi.

Det er tatt vannprøver fra følgende dyp: 0-2 m, 15, 20 og 35 m, samt like over bunn på stasjoner med større dyp enn 35 m (St. 5 og 7).

I 0-2 m sjiktet er det målt siktedyp, turbiditet, klorofyll, tot P og tot N månedlig. På større dyp er det tatt kvartalsvise analyser. Det samme gjelder oksygen på samtlige dyp. Saltholdighet og temperatur er registrert gjennom hele vannsøylen på hver prøvetakingsrunde.

Salt og temperatur ble målt med sonde (Salinoterm). Siktedypet ble målt med Secchiskive som ble senket til den ikke kunne sees og så hevet til den atter kom til syne. Dette dypet ble registrert som siktedyp. Vannkikkert ble ikke brukt. Samtlige øvrige parametre er analysert i overensstemmelse med Norsk Standard. Fosfor og nitrogen er analysert på ufiltrerte prøver.

## RESULTATER

### Stasjon 7 (referansestasjonen ved Gråholmen)

#### Oksygen

Resultatene er vist på fig. 2.

Dypvannet inneholdt et minimum av  $O_2$  i september 1982 (3,3 mg/l). Dette var overraskende lavt, men skyldtes at stasjonen ikke var representativ som referansestasjon fordi den utgjorde et meget lite basseng avstengt av grunnere partier mot farvannet rundt. Dypvannet på stasjonen har utgjort en liten stagnerende vannmasse. Fra og med desember 1982 ble stasjonen flyttet til Gråholmen (se fig. 1) og fra og med denne måned viser fig. 2 situasjonen der. Kurvene fra 20 og 50 m følger hverandre forholdsvis godt. Variasjonene er sesongbetingede og styrt av temperatur og produksjonen av planteplankton.

Når vannmassen nedkjøles om høsten er den i stand til å løse mer oksygen enn når varmen setter inn om sommeren. Som nevnt produserer planteplanktonet  $O_2$ . Planktonet har sin sterkeste vekstperiode i mars-april-mai. Dette bidrar til å danne toppene på kurven.

Bortsett fra det spesielle tilfellet i sept 82 ligger oksygenverdiene gjennom hele perioden på et tilfredsstillende nivå.

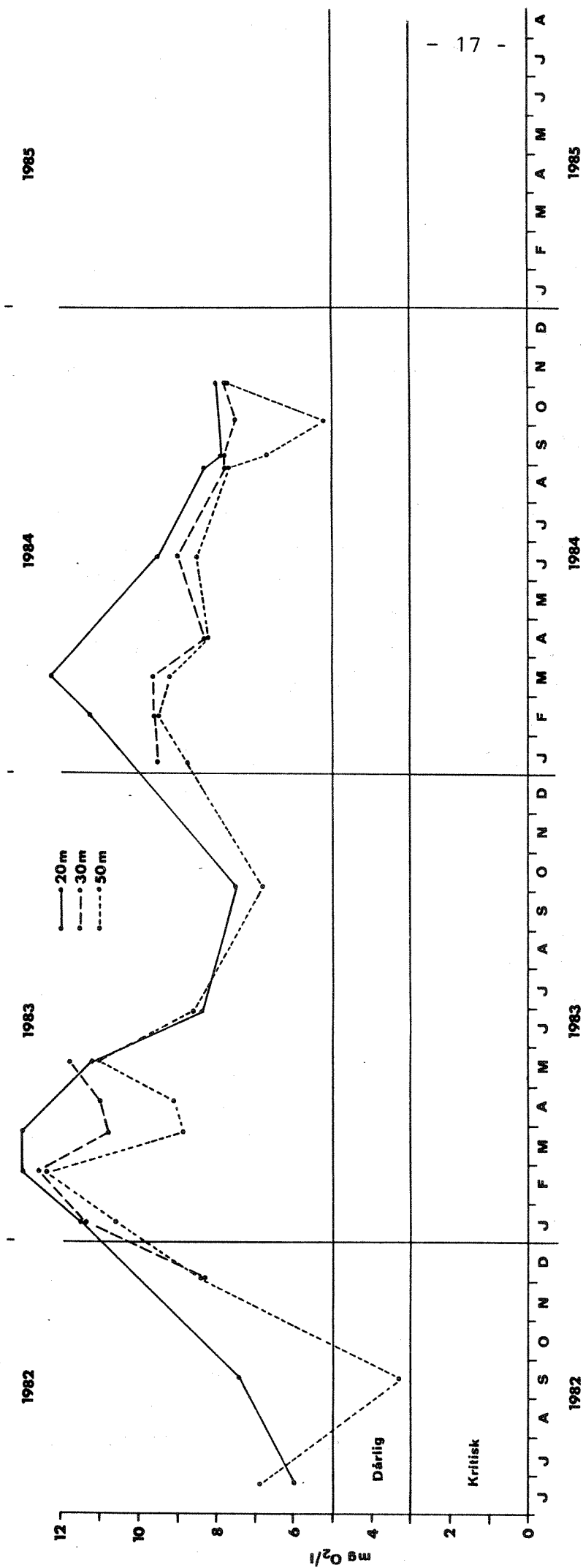


Fig. 2. Oksygenregimet på referansestasjonen fra undersøkelsens start. Obs at referansestasjonen ble flyttet i november 1982.

### Næringssalter

Resultatene for fosfor er fremstilt på fig. 3.

På grunn av nedsynking og mineralisering av organisk stoff var innholdet av fosfor høyest på 50 m dyp, men en viss sesongvariasjon forekom. På 0-2 meter var de sesongbetingede variasjoner noe mer markerte og reflekterte produksjonen av planteplankton i det øvre vannlag.

Verdiene var moderate og karakteristiske for hva man må betegne som uforurenset kystvann.

Andre undersøkelser viser at Skagerraks overflatevann gjennomsnittlig gjennom året har et tot-P-innhold på ca 15  $\mu\text{g P/l}$ , og har 30  $\mu\text{g/l}$  i dypvannet (DANIELSSON 1975). Dette stemmer ganske godt med foreliggende data: Gjennomsnittsverdien i overflaten var 17,3  $\mu\text{g}$  med ekstremverdier på 7 og 38  $\mu\text{g}$ . På 50 m dyp var gjennomsnittsverdien 27,9 med ytterverdier på 19 og 39  $\mu\text{g}$ .

Fra september til oktober 1984 fant det sted en meget markert stigning i fosforinnholdet i overflatelaget. Dette kan bety turbulent blanding av dypvann med overflatevann.

Nitrogenregimet er vist på fig. 4.

Variasjonene i N-innholdet over tid falt i grove trekk sammen med variasjonene for fosfor med maksima om vinteren og minima i aug-sept og mars-april, korresponderende til h.h.v. høst- og vår-oppblomstringen.

Grovt sett lå verdiene mellom 200 og 400  $\mu\text{g N/l}$  gjennom hele året. Gjennomsnittsverdien i overflaten var 292.0  $\mu\text{g N/l}$  med ekstremer fra 180 til 505. Tilsvarende for 50 m dyp var 351.9 i snitt og 215 og 680 som ytterverdier. I likhet med for tot-P, steg verdiene sterkt fra september til oktober 1984.

### Temperatur

Temperaturprofiler for juli og august 1982 er vist på fig. 5 A, for september og oktober 1982, samt for januar og februar 1983 på fig. 5 B. Fig. 5 C viser profilene for april, mai, juni og juli 1983 og for oktober, november og desember på fig. 5 D.

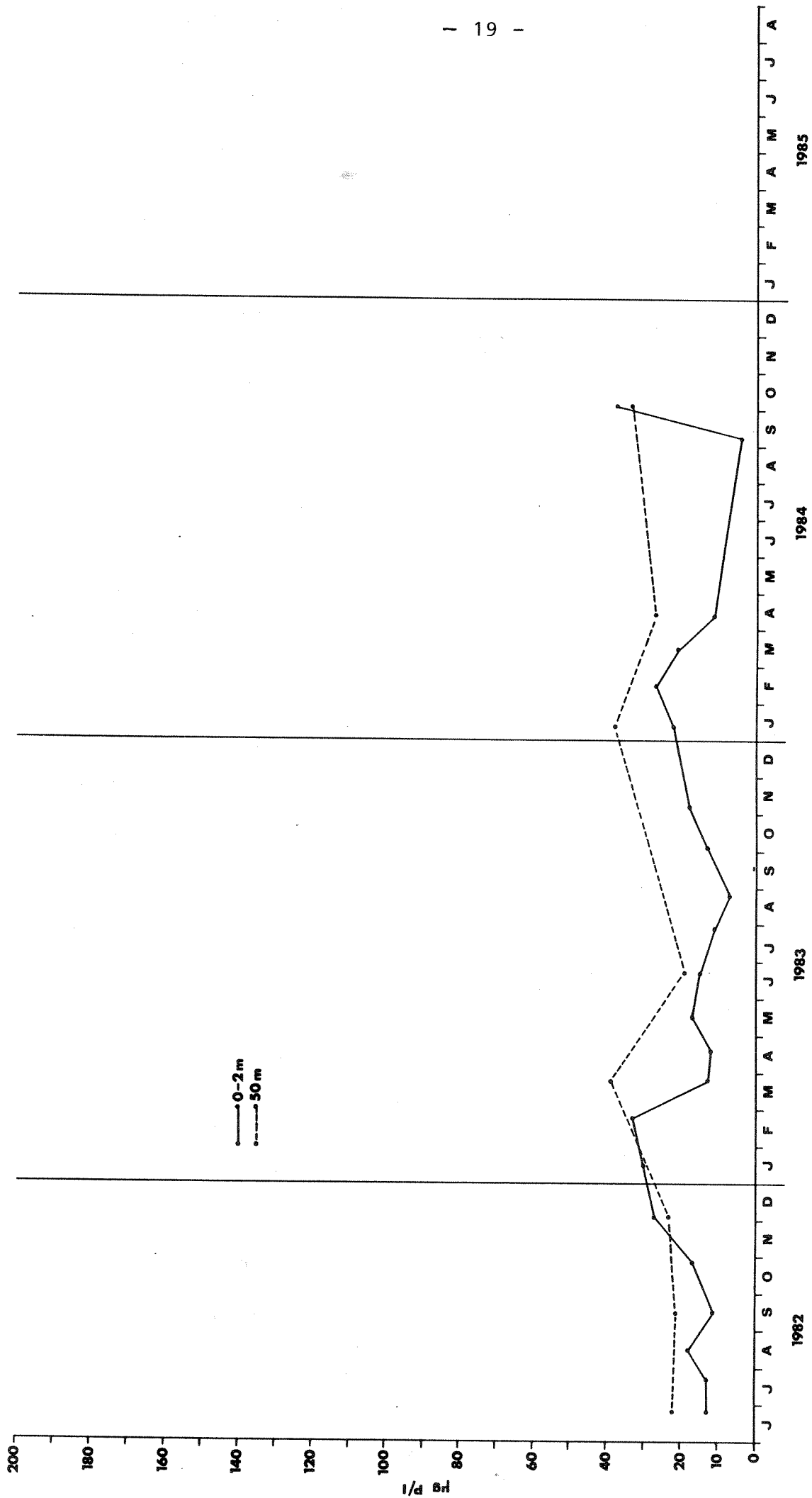


Fig. 3. Tot-P-regimet på referansestasjonen fra undersøkelsens start.

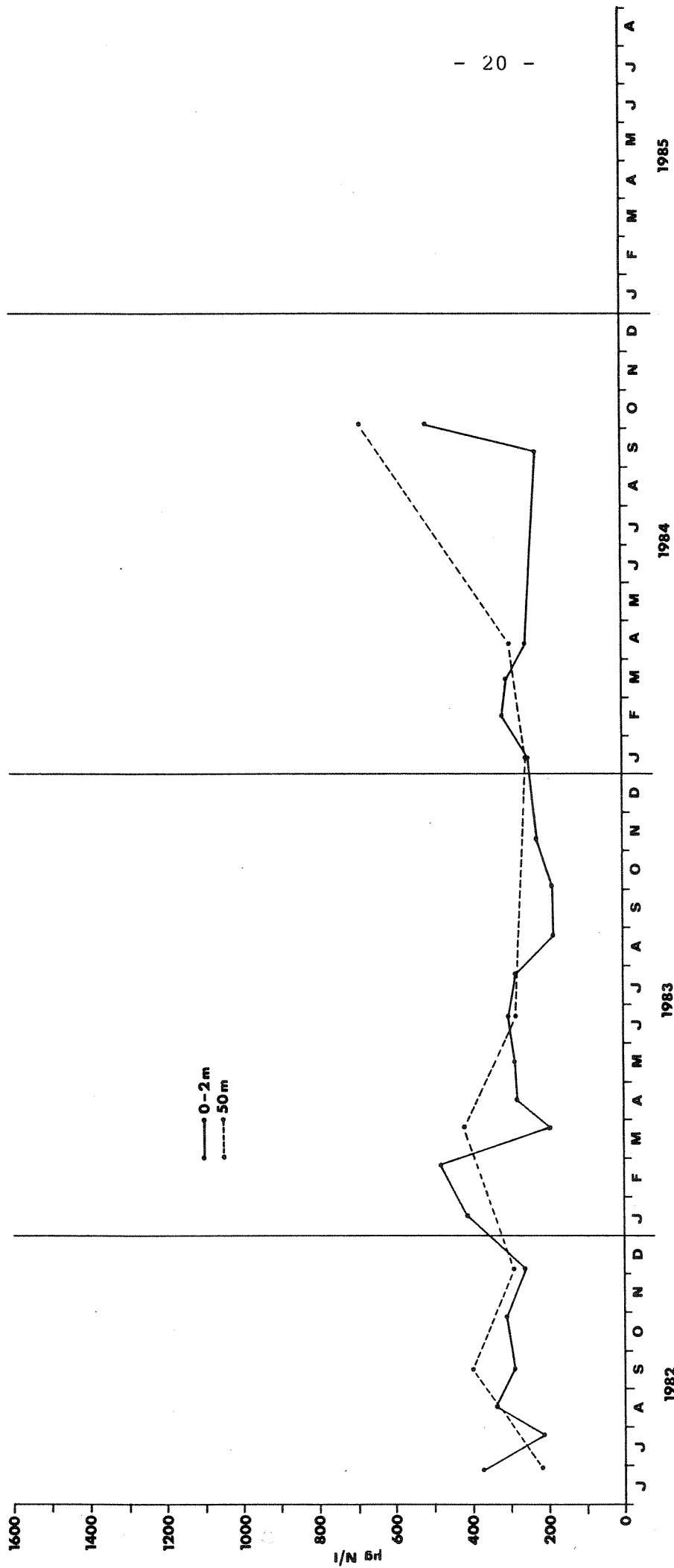


Fig. 4. Tot-N-regimet på referansestasjonen fra undersøkelsens start.

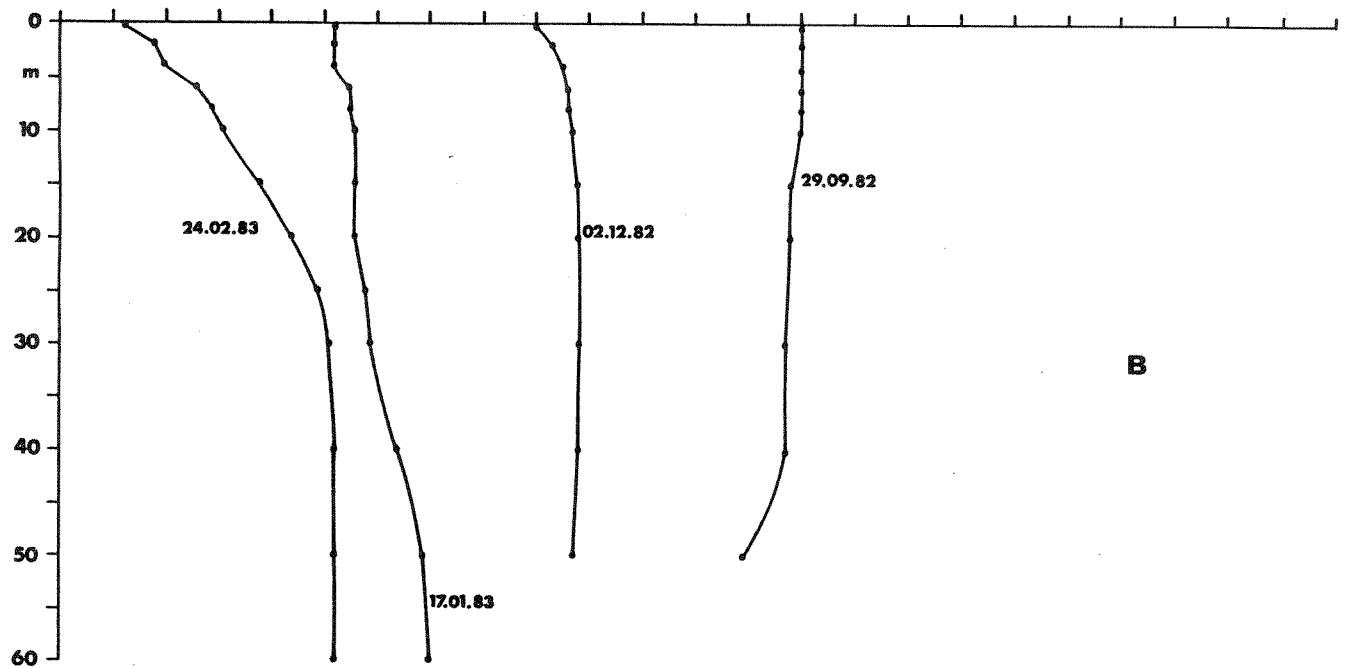
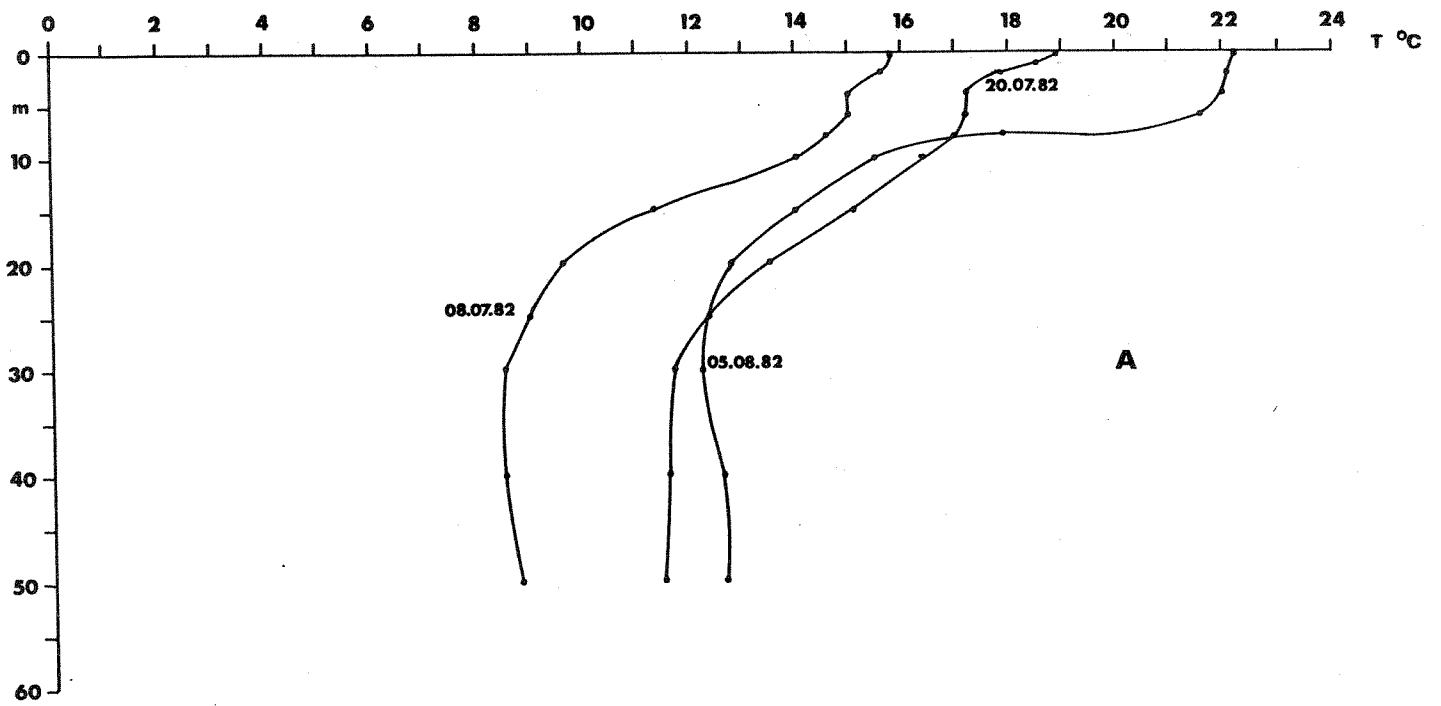
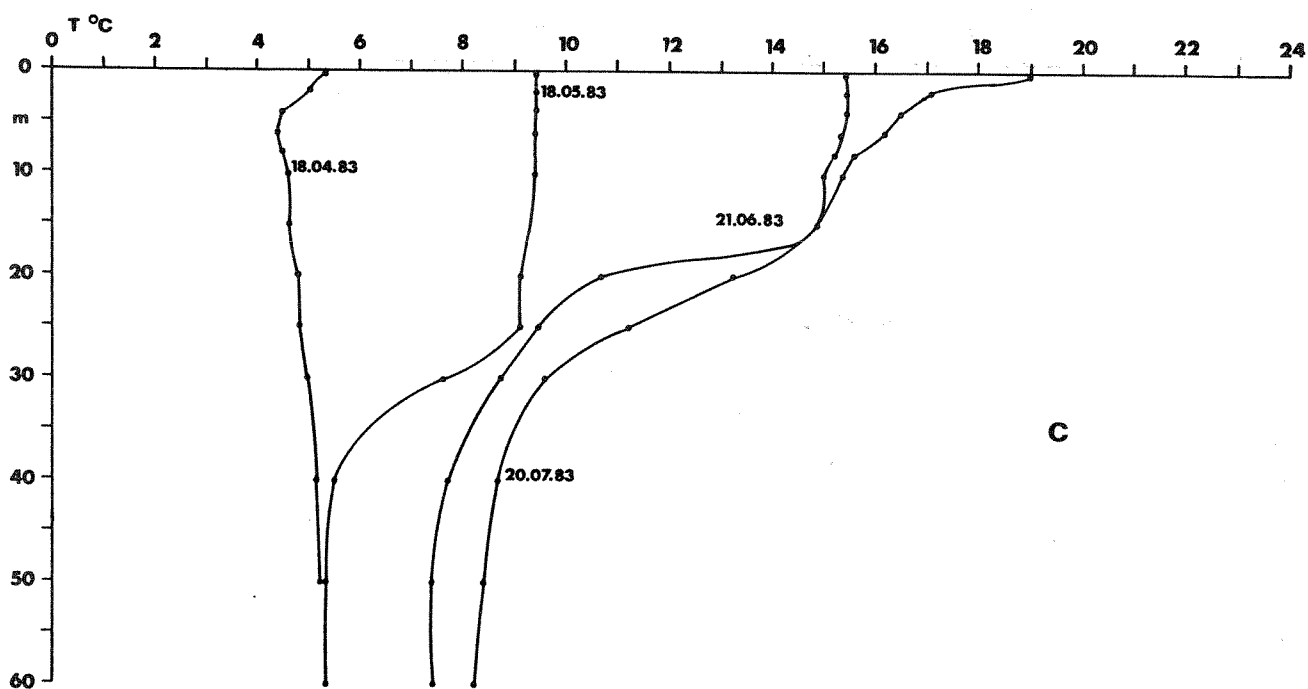
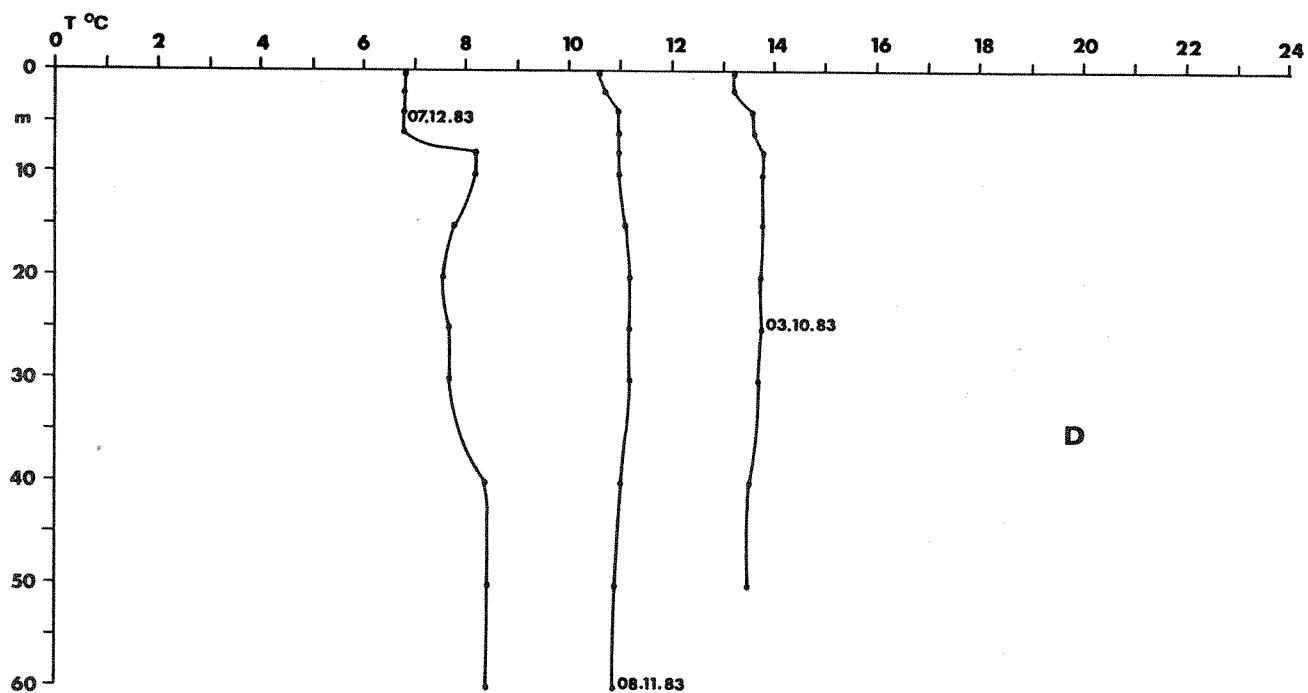


Fig. 5 A, B. Temperaturregimet på referansestasjonen.  
A: Juli og aug. 1982. B: sept - des. 1982, samt jan.  
og febr. 1983.





C



D

Fig. 5 C, D. Temperaturregimet på referansestasjonen.  
C: apr, mai-juni og juli 1983. D: okt, nov. og des. 1983.

Fig. 5 A viser at det sommeren 1982 var et sterkt termisk sprangsjikt.

Først dypere enn 30 m var vannmassen homogen m.h.t. temperatur. Fig. 5 B viser at nedkjølingen av overflatelaget i slutten av september var kommet så langt at det var liten forskjell i temperatur mellom overflate og bunn. Bunntemperaturen ligger på  $12,9^{\circ}$  og må ansees som en meget høy temperatur som skyldes den ekstremt varme sommeren. Mot slutten av året og i begynnelsen av 1983 fortsatte nedkjølingen av overflatelaget samtidig som temperaturen i dypvannet også sank.

Mellom april og mai 1983 hadde oppvarmingen av overflatelaget kommet godt igang og sterke sprangsjikt hadde dannet seg i juli og august (fig. 5 C).

Fra oktober til desember 1983 var vannmassen igjen tilnærmet homogen

### Saltholdighet

Saltholdighetsprofiler for juli og august 1982 er vist på fig. 6 A, for september og oktober 1982, samt for januar og februar på fig. 6 B. Fig. 6 C viser profilene for april, mai, juni og juli 1983 og for oktober, november og desember på fig. 6 D.

Sammenlignet med fig. 5 påviser fig. 6 A og C at det var om sommeren de sterkeste sprangsjikt forekom også for saltholdighet, mens det om vinteren var mer homogene vannmasser.

Dette betyr at det om sommeren opptrer langt mer stabil lagdeling fordi det er stor forskjell på vannets spesifikke vekt mellom overflate og dyp. Forholdene er annerledes om vinteren (fig. 6 B og C). Saltholdigheten er mer ensartet mellom overflate og dyp.

Denne årstidsforskjell innebærer at en organisk belastning i en fjord vil være mest problematisk om sommeren fordi mineraliseringen som finner sted i dypet finner sted i en vannmasse som ikke er gjenstand for turbulent, eller annen blanding. Høye konsentrasjoner om næringssalter og lave verdier for oksygen vil derfor lettest oppstå om sommeren og høsten. I fjorder er terskeldypet dessuten en viktig parameter.

Termostabile\_coliforme\_bakterier

Data er vist på fig. 7.

Det sees klart at den coliforme forurensning var helt ubetydelig. De fleste målinger var null-registreringer.

I den følgende fremstilling omtales stasjonene som mer eller mindre direkte er påvirket av utslipp av kommunalt spillvann. Behandlingen av disse vil gå ut på å karakterisere avvik fra tilstanden på referansestasjonen og trekke konklusjonene på dette grunnlag.

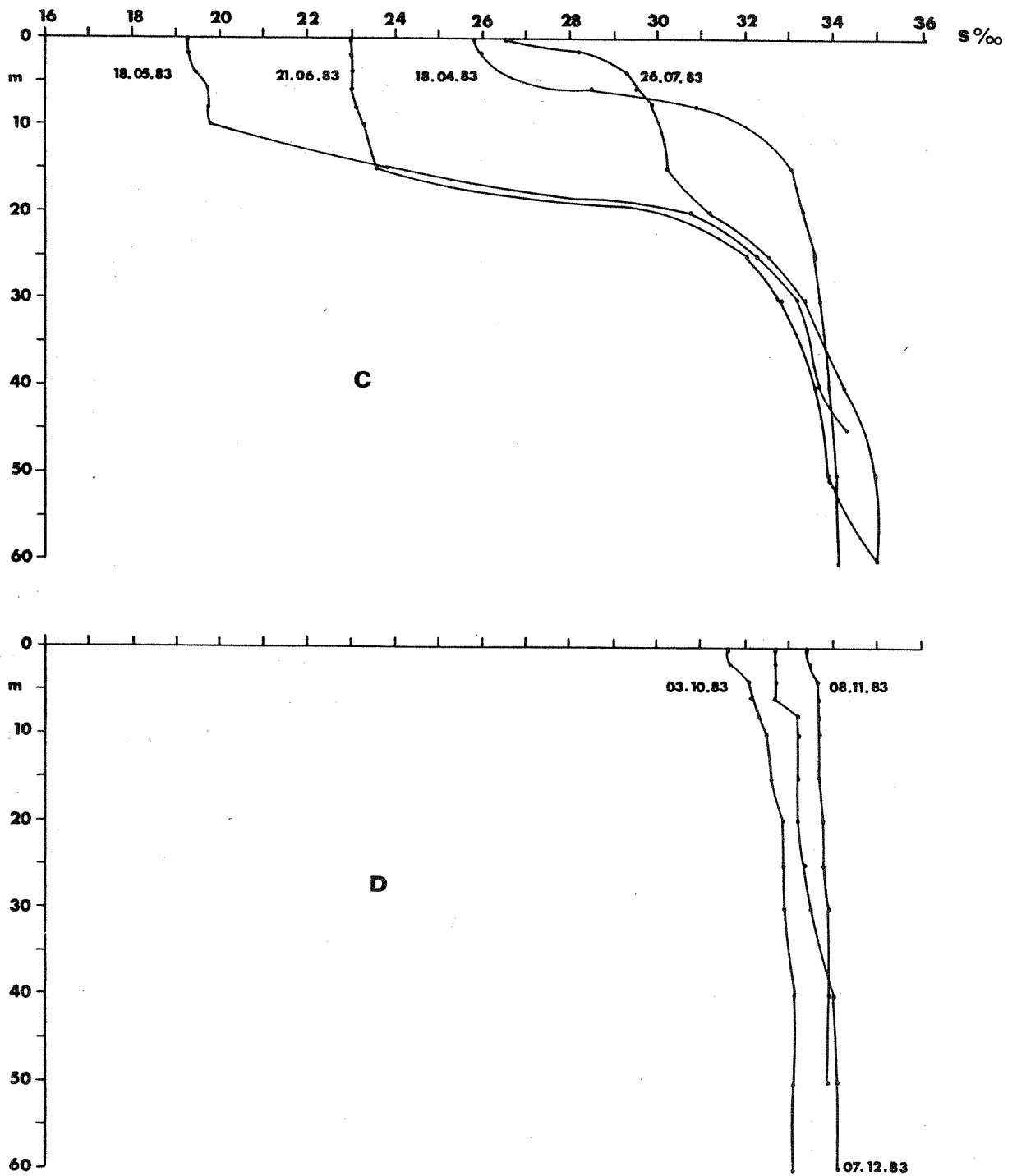


Fig. .6 C, D. Saltholdighetsregimet på referansestasjonen.  
C: April, mai, juni og juli 1983. D: okt, nov og des.  
1983.

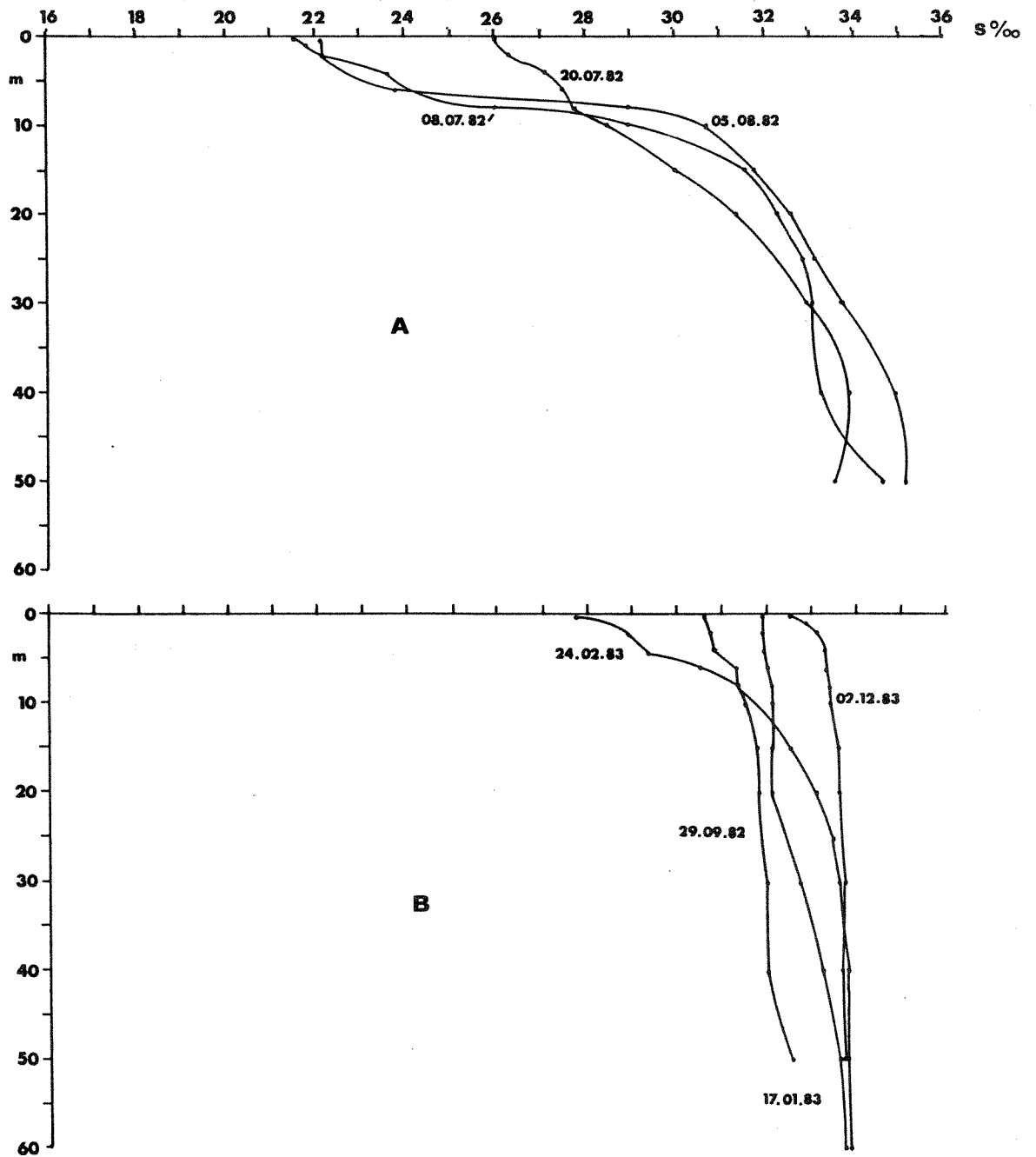


Fig. 6 A, B. Saltholdighetsregimet på referansestasjonen.  
A: juli og aug. 1982. B: sept. og des. 1982, samt jan. og febr. 1983.

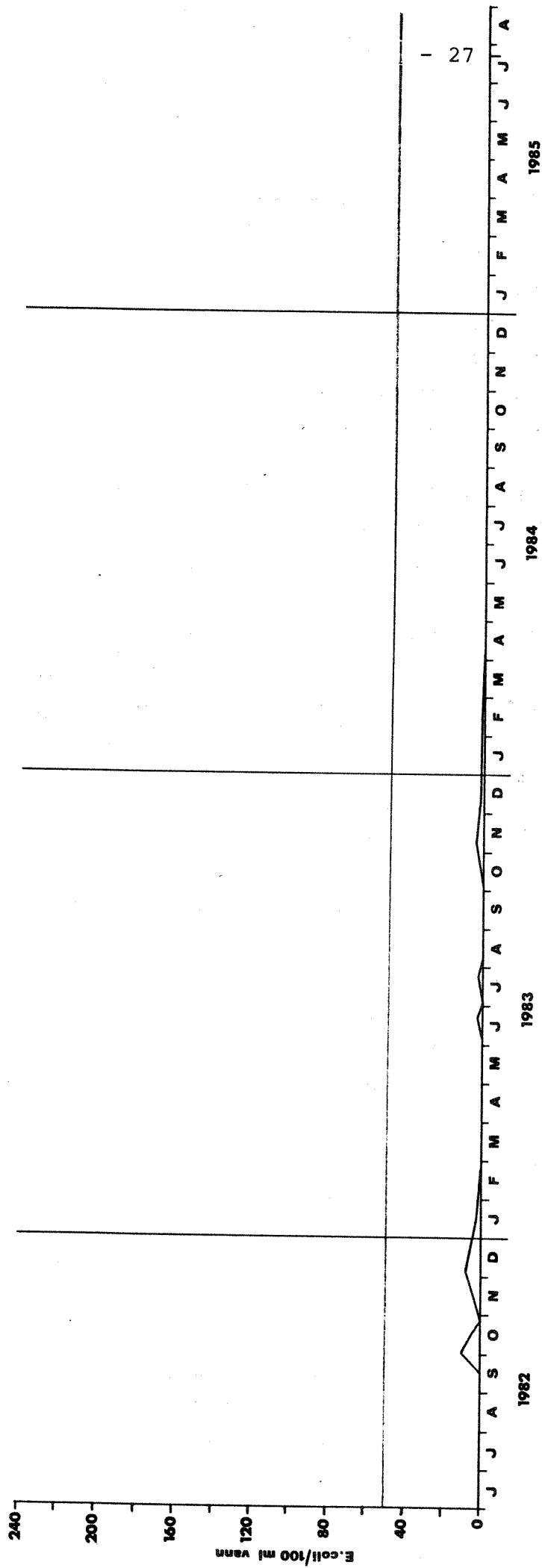


Fig. 7. Forurensningen av termotabile coliforme bakterier på referansestasjonen. Horizontal linje angir grensen på 50 E. coli/100 ml vann som av helsemyndigheten er grensen for anbefalt badevann.

### Stasjon 1. Vikkilen

Data fra stasjonen er presentert på følgende figurer:

- Fig. 8: Oksygenregimet
- " 9: Tot-P-regimet
- " 10: Tot-N-regimet
- " 11: Temperaturregimet
- " 12: Saltholdighetsregimet
- " 13: Coli-forurensningen.

Gjennomgående var oksygeninnholdet på 18 m dyp på stasjonen (ved bunn) noe lavere enn på referansestasjonen (fig. 2 og 8). Dette kan til en viss grad ha vært temperaturstyrt.

Vi ser at det forekom minimumsverdier i sept-okt både i 1982, 83 og 84. Dette er et tidspunkt da minimumsverdier i mer eller mindre avstegnte vannmasser er ventet, bl.a. fordi dette er tidspunktet for de høyeste temperaturer i vannet på dette dypet (oppvarmet vann inneholder mindre oksygen enn kaldt vann). I tillegg kommer den organiske belastning representert ved dødt planteplankton.

Basert på oksygendata alene er det ikke grunnlag for å hevde at disse indikerte noen betydelig organisk belastning på stasjonen. M.h.p. total fosfor var det svært god overensstemmelse mellom Vikkilen og referansestasjonen både m.h.p. konsentrasjoner og variasjoner. Fosfornivået i dypet i Vikkilen lå gjennomgående noe lavere enn på referansestasjonen, men da må man huske at målingene på referansestasjonen kom fra 50 m dyp (tendens til høyere verdier med dypet). Fra september til oktober 1984 fant det sted en dramatisk økning i P-innholdet i overflaten. Denne økningen om enn mindre sterk finner vi igjen på referansestasjonen. Også m.h.p. fosforbelastning må stasjon 1 karakteriseres som uforurenset.

Nitrogenregimet (fig. 4 og 10) viser også god overensstemmelse mellom de to stasjonene, selv om nivået på 0-2 m i Vikkilen ligger noe høyere enn på referansestasjonen.

I april 83 og 84 viser kurven fra 0-2 m topper som umiddelbart er vanskelige å forklare. Fosforkurven viser ikke tilsvarende topper (fig. 9). Det er derfor, relativt sett, mye nitrogen i sjøen på disse prøvetakingstidspunktene. Det er vanlig å karakterisere vannmasser ved å angi atomvektforholdet mellom N og P. På de aktuelle tidspunkt var N/P-forholdet henholdsvis 120 og 75 i Vikkilen, mens verdiene på referansestasjonen var h.h.v. 51,6 og 50,2. Dette kan tyde på at det i bynære områder finnes en kilde til nitrogenforurensning. Det er ikke sannsynlig at denne tilførslen skyldes kloakkvann som inneholder en relativt liten andel nitrogen, men desto mer fosfor. I september 1984 har det funnet sted en dramatisk stigning i N-innholdet som gir et N/P-forhold på hele 409 mens det samtidig på referansestasjonen var 121,6. Denne økningen i N-innhold kan ha samme årsak som økningen i fosforinnhold omtrent samtidig, både på referansestasjonen og i Vikkilen. Videre prøvetaking og analyse vil kunne bringe klarhet i hva denne sterke stigningen skyldes.

Fig. 11 som viser temperaturprofiler fra en serie datoer i prøvetakingsserien viser mer eller mindre sterke termokliner med unntak for sept 82, mars og desember 83.

Saltholdighetsprofilene er vist på fig. 12. Det meste av året er haloklinen ganske markert. Tilnærmet homogene vannmasser forekommer senhøsten (okt-des) på begge stasjoner. Gjennomgående var overflatesaltholdigheten i Vikkilen noe lavere enn på referansestasjonen. Dette var ventet fordi det relativt lille arealet i Vikkilen er sterkere påvirket av avrenning fra land.

Den coliforme forurensningen fremgår av fig. 13. Lokaliteten var forholdsvis svakt påvirket. Mer enn 50 E.coli/100 ml forekom høst og vinter, ikke i den varme årstid. Dog var situasjonen ganske forskjellig fra referansestasjonen og kan ikke tolkes på annen måte enn at situasjonen i Vikkilen skyldes kloakkpåvirkning.



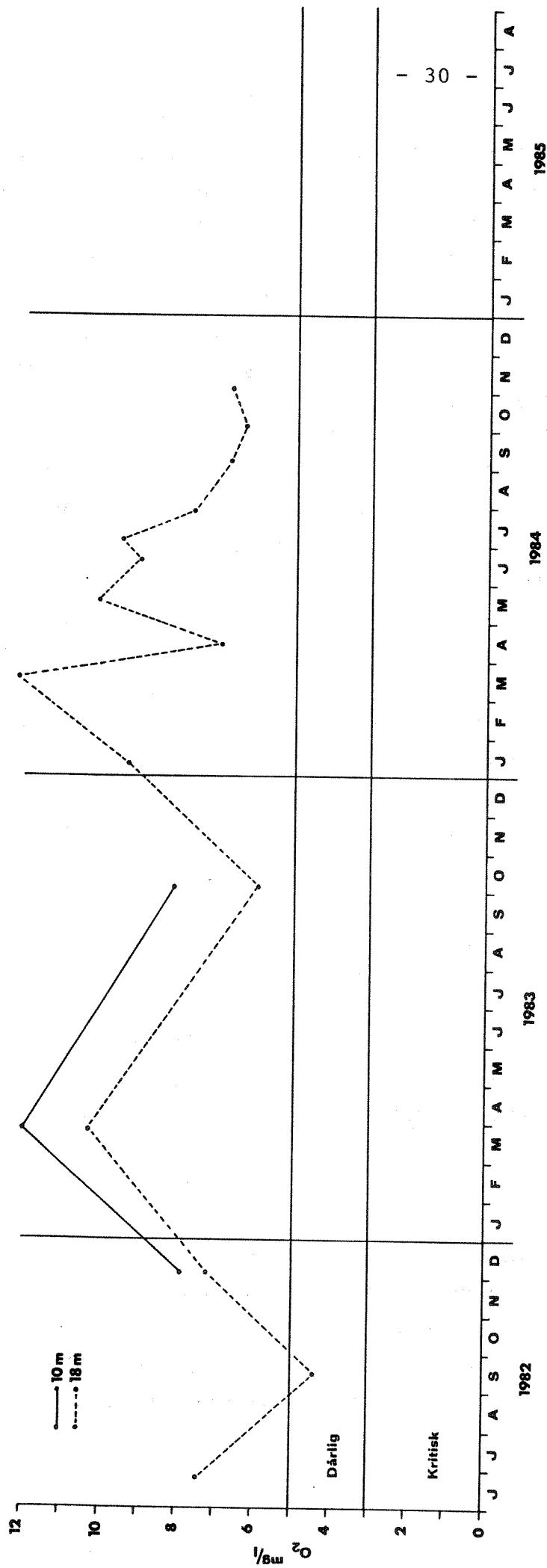


Fig. 8. Oksygenregimet på stasjon 1 (Vikkilen) fra undersøkelsens start.

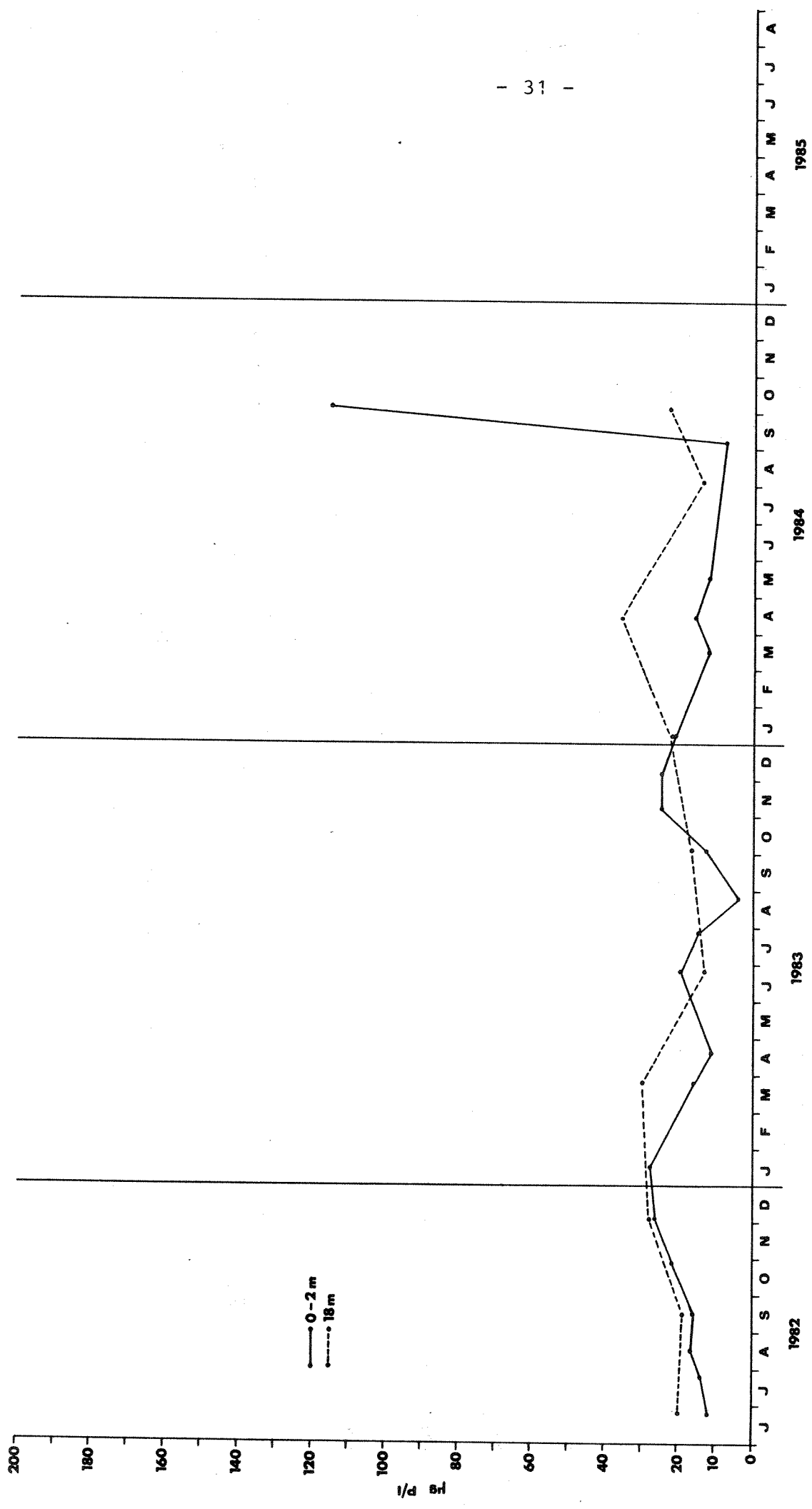


Fig. 9. Tot-P-regimet på stasjon 1 (Vikkilen) fra undersøkelsens start.

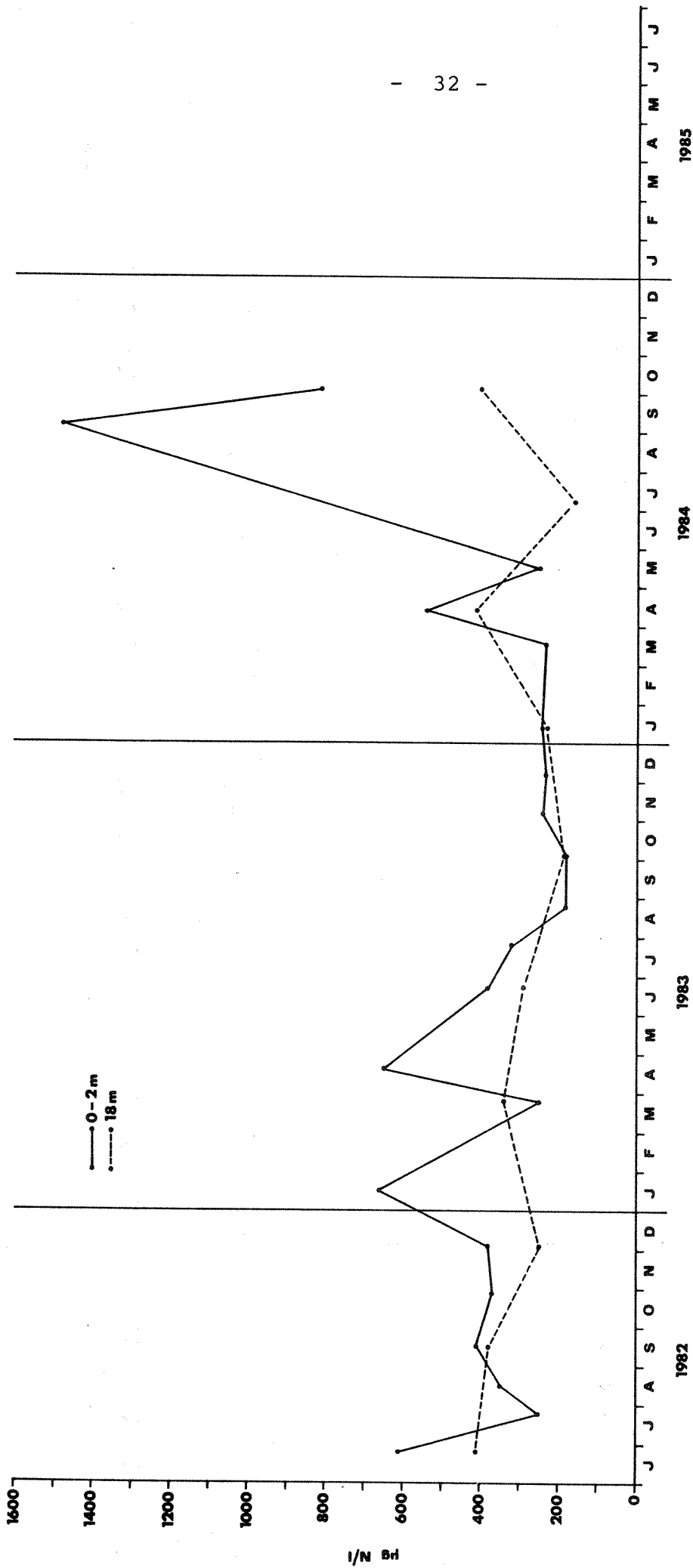


Fig. 10. Tot-N-regimet på stasjon 1 (Vikkilen) fra undersøkelsens start.

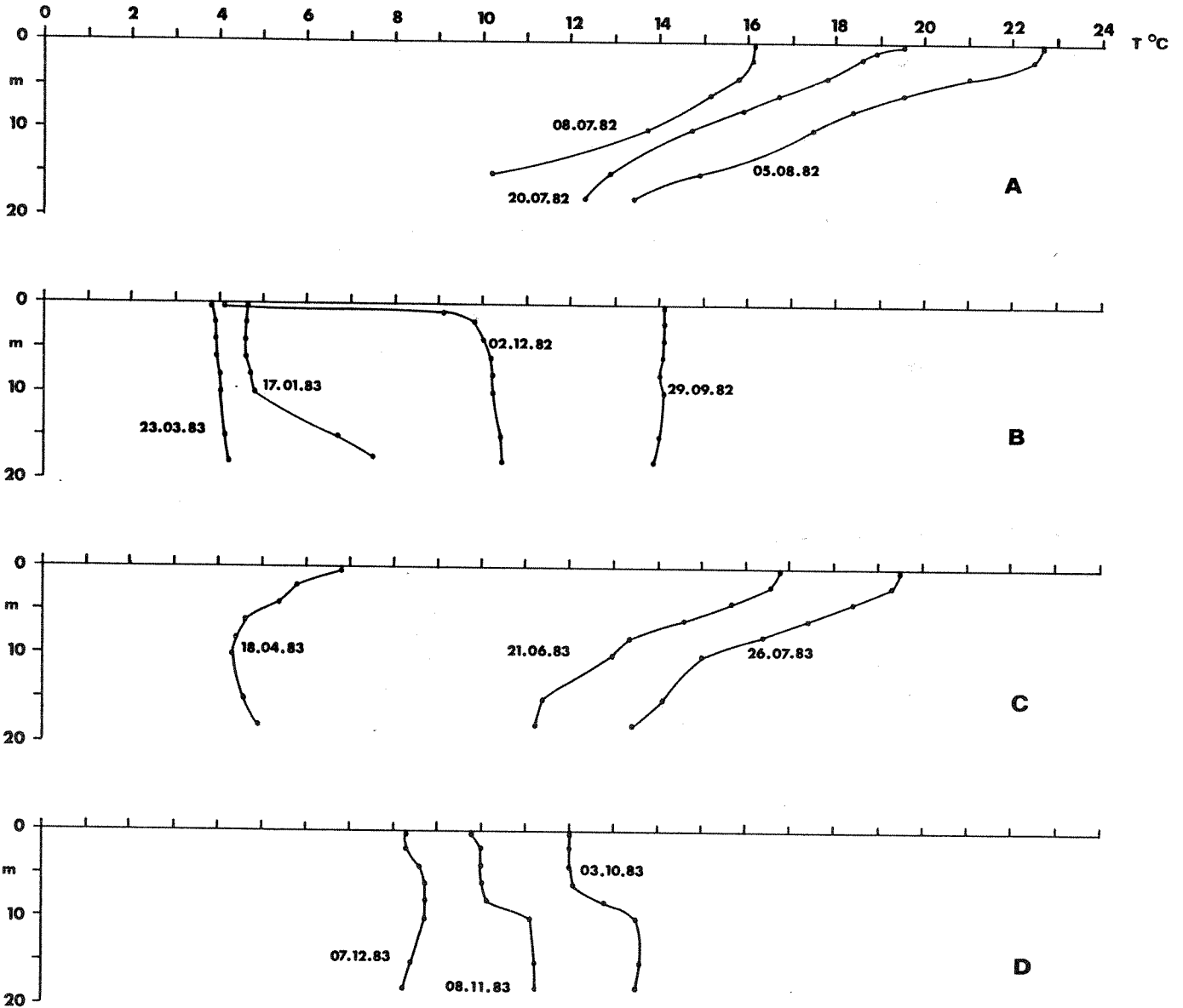


Fig. 11. Temperaturregimet på stasjon 1 (Vikkilen).  
A: juli og aug. 1982. B: sept, des 1982, samt jan og febr 1983. C: april, mai, juni og juli 1983.  
D: okt, nov og des 1983.

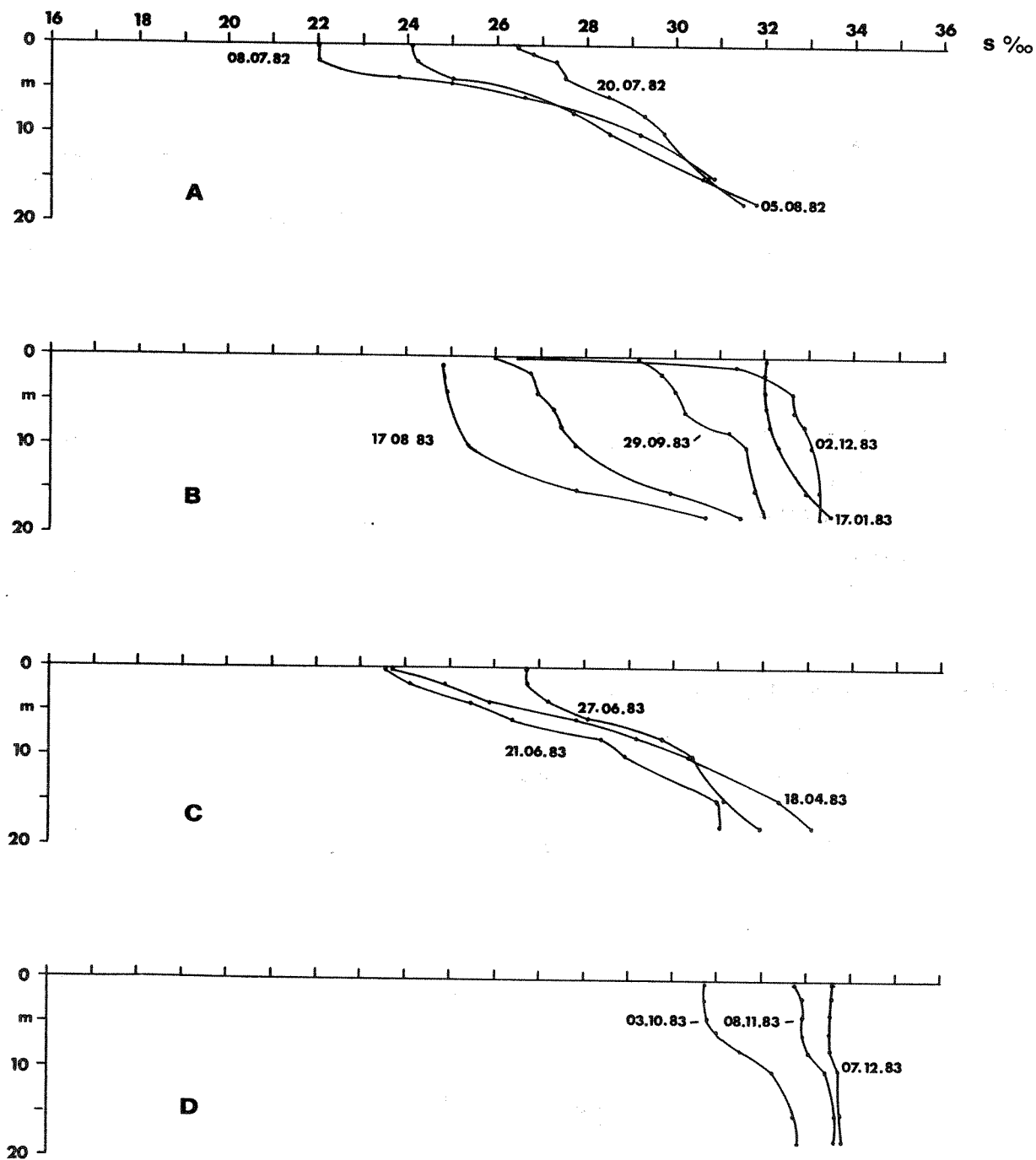


Fig. 12. Saltholdighetsregimet på stasjon 1 (Vikkilen).  
A: juli og aug 1982. B: sept, des 1982, samt jan og febr 1983. C: april, mai, juni og juli 1983.  
D: okt, nov og des 1983.

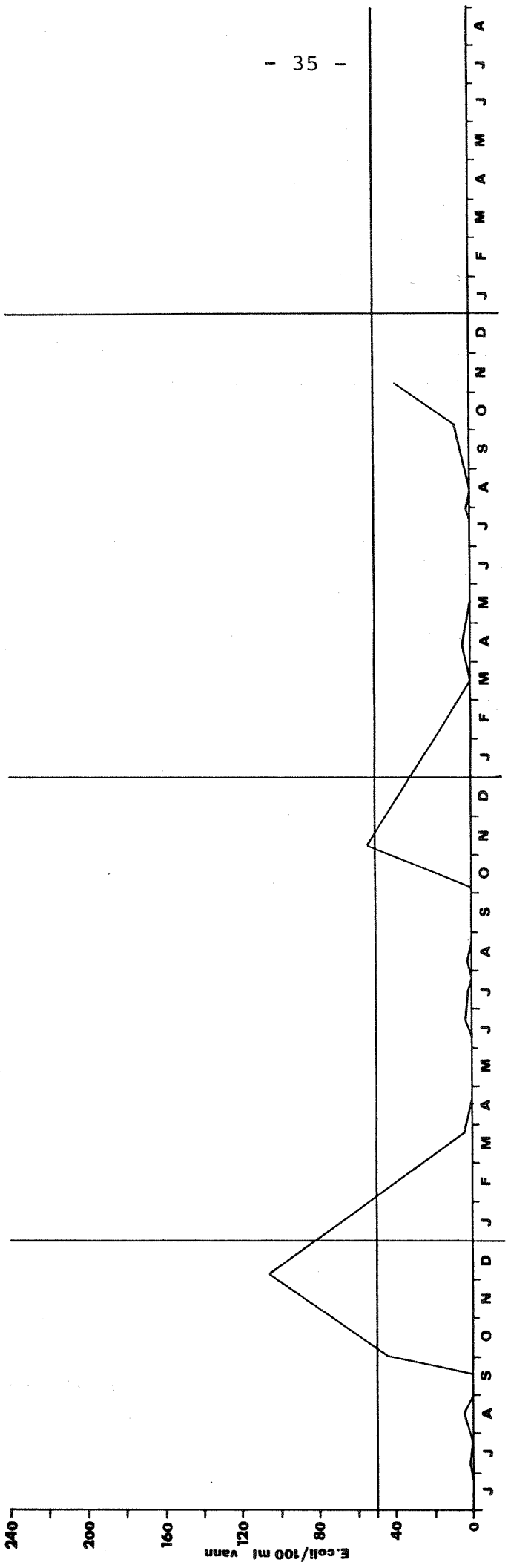


Fig. 13. Forurensningen av termotabile coliforme bakterier på stasjon 1 (Vikkilien).  
Horisontal linje angir grensen på 50 E.coli/100 ml vann som av helsemyndig-  
hetene er grensen for anbefalt badevann.

### Stasjon 2. Kjellviga (Vikkilen)

Denne stasjonen har kun vært gjenstand for bakteriell overvåkning. Fig. 14 viser resultatet. Toppene på kurven falt sammen i tid med stasjon 1, men toppverdiene var høyere her med unntak av senhøsten 1983. Forskjellen mellom stasjonene er rimelig, ettersom st. 2 ligger nær land og vil av denne grunn vise sterkere utslag ved utslipp fra, eller lekkasje på nettet. Gjennom året må stasjonen karakteriseres som svakt belastet.

### Stasjon 3. Mellom Biødden og Rønnes

Data fra stasjonen er presentert på følgende figurer:

- Fig. 15. Oksygenregimet
- " 16: Tot-P-regimet
- " 17: Tot-N-regimet
- " 18: Temperaturregimet
- " 19: Saltholdighetsregimet
- " 20: Coli-forurensningen.

Figur 15 viser at det i sept - okt - både i 1982, 83 og 84 opptrådte en antydning til oksygensvikt på 35 m dyp, metningsgraden h.h.v. 33, 47 og 36 %. Dette kan tyde på en stagnasjon i vannmassen dypere enn 30 m og er ikke bare en temperatureffekt. Mot slutten av hvert år tilføres dypvannet nytt oksygen og det opprettholdes et høyt oksygennivå frem til juni, hvoretter stagnasjonen setter inn.

De to kurvene (fra 20 og 35 m) følger hverandre til en viss grad, men på 20 m dyp var oksygeninnholdet gjennomgående høyere. Fosforinnholdet i dypvannet (fig. 16) er gjennomgående høyere enn på referansestasjonen. Det samme var ikke tilfellet for N-innholdet som lå på samme nivå som på referansestasjonen (fig. 17). Her sees ingen tegn til overgjødning.

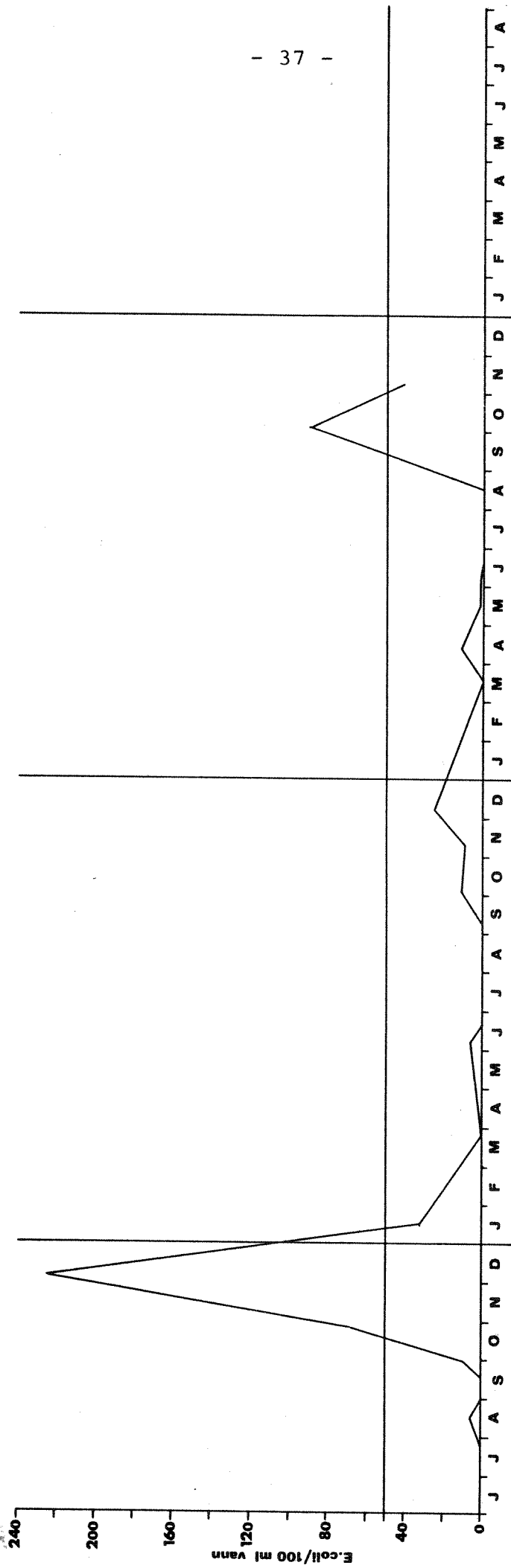


Fig. 14. Forurensningen av termotabile coliforme bakterier på st. 2 (Kjellviga i Vikkilen).

Horisontal linje angir grensen på 50 E.coli/100 ml vann som av helsemyndighetene er grensen for anbefalt badevann.





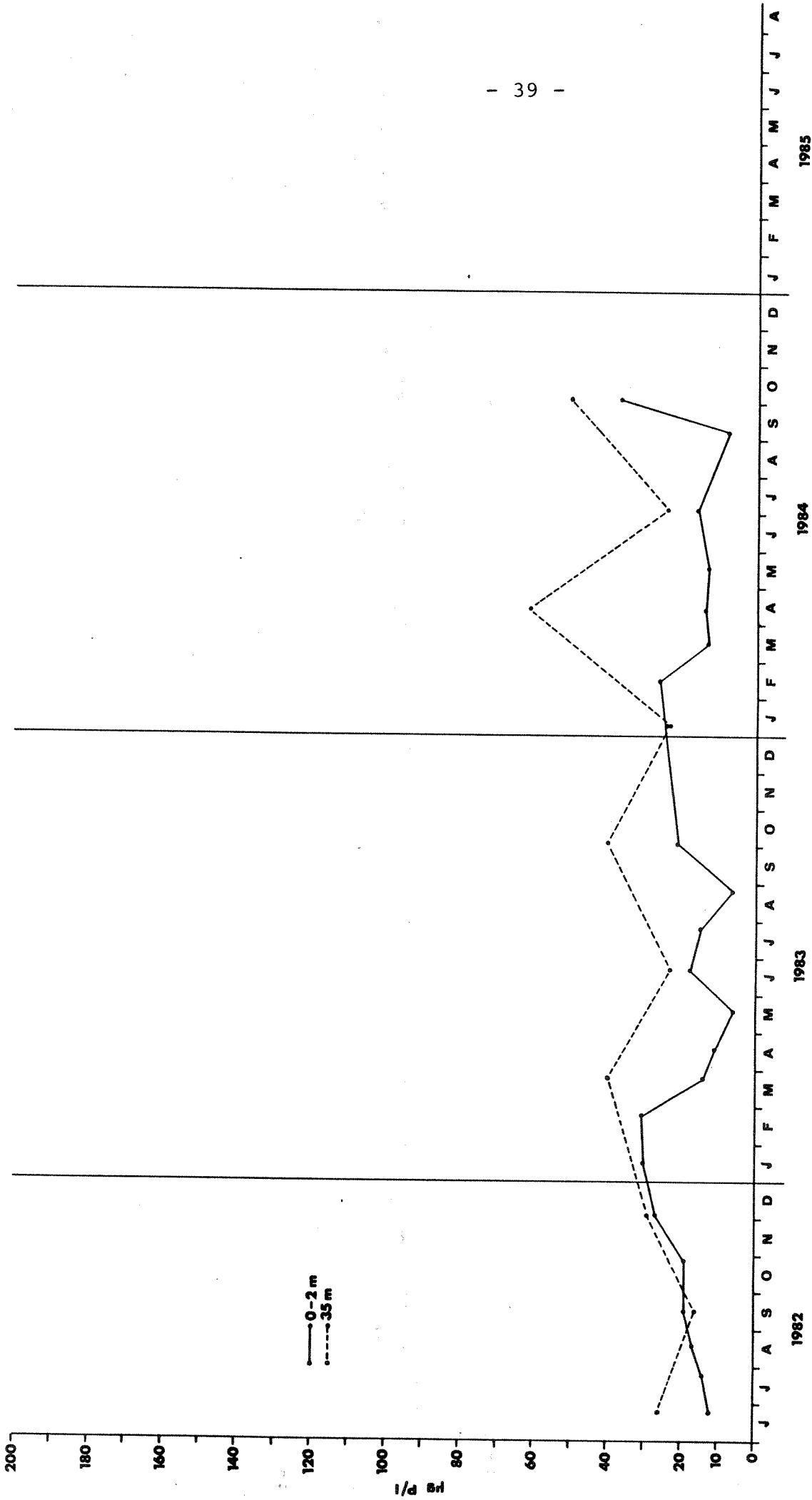


Fig. 16. Tot-P-regimet på stasjon 3 (mellom Biødden og Rønnes) fra undersøkelsens start.

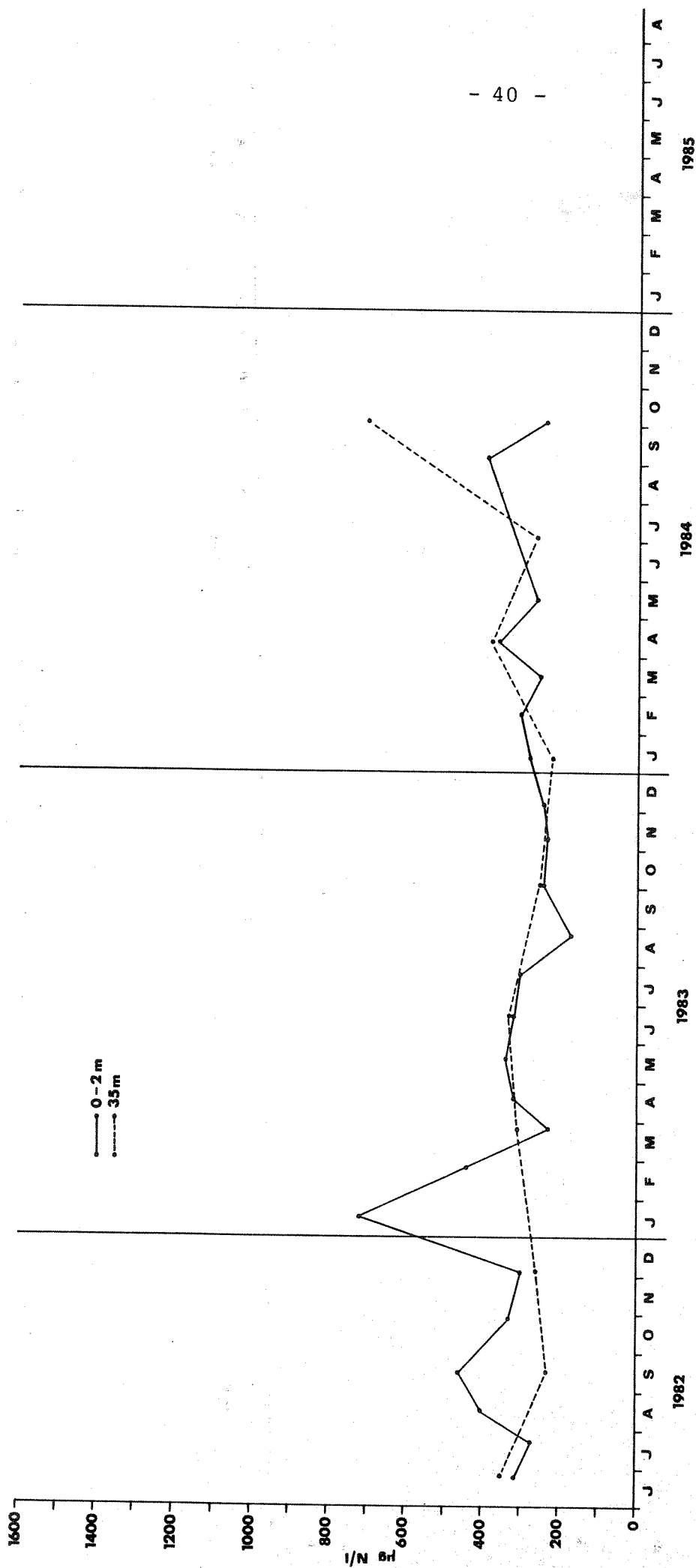


Fig. 17. Tot-N-regimet på stasjon 3 (mellom Biødden og Rønnes) fra undersøkelsens start.

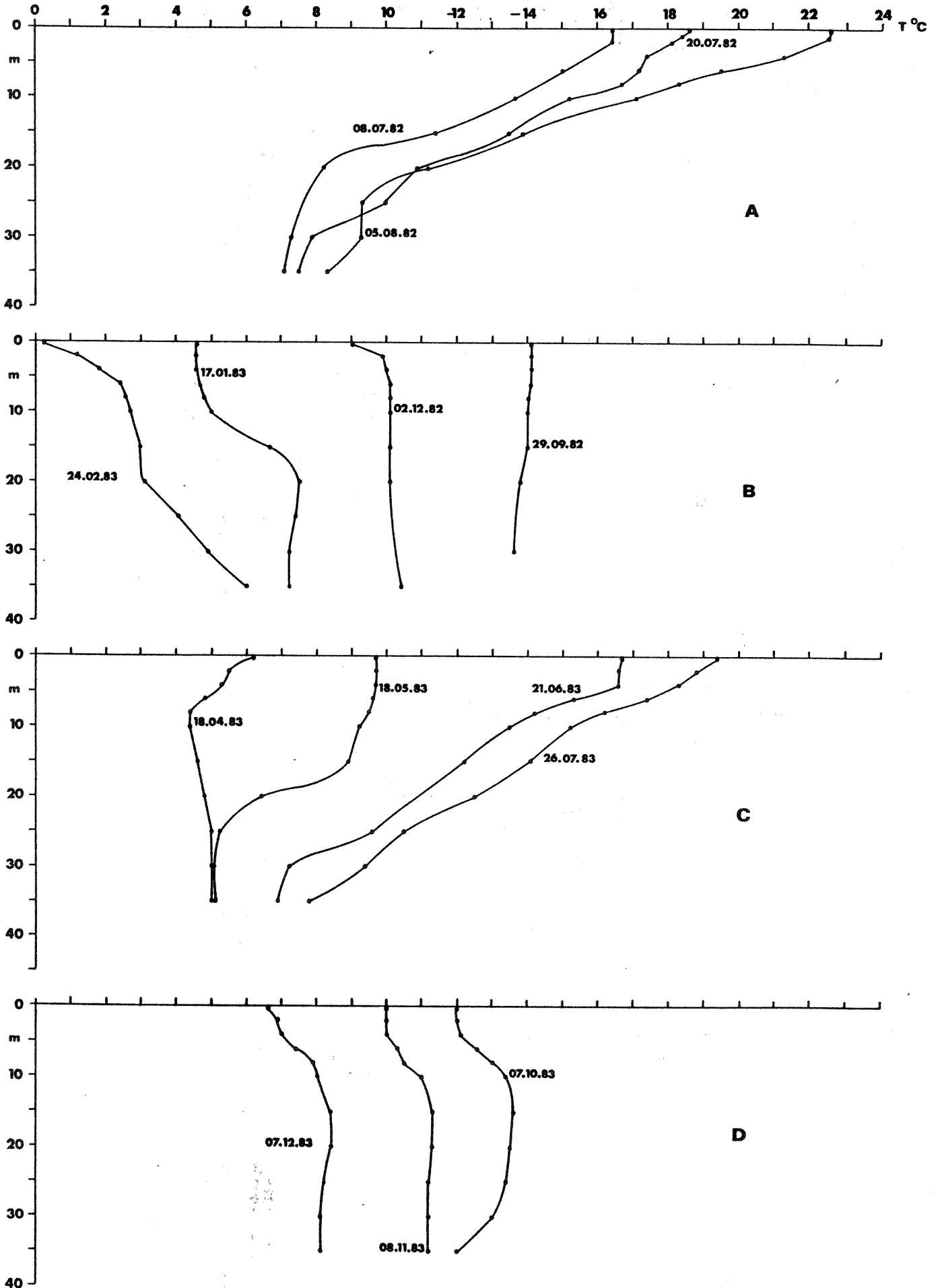


Fig. 18. Temperaturregimet utvalgte datoer på st. 3.

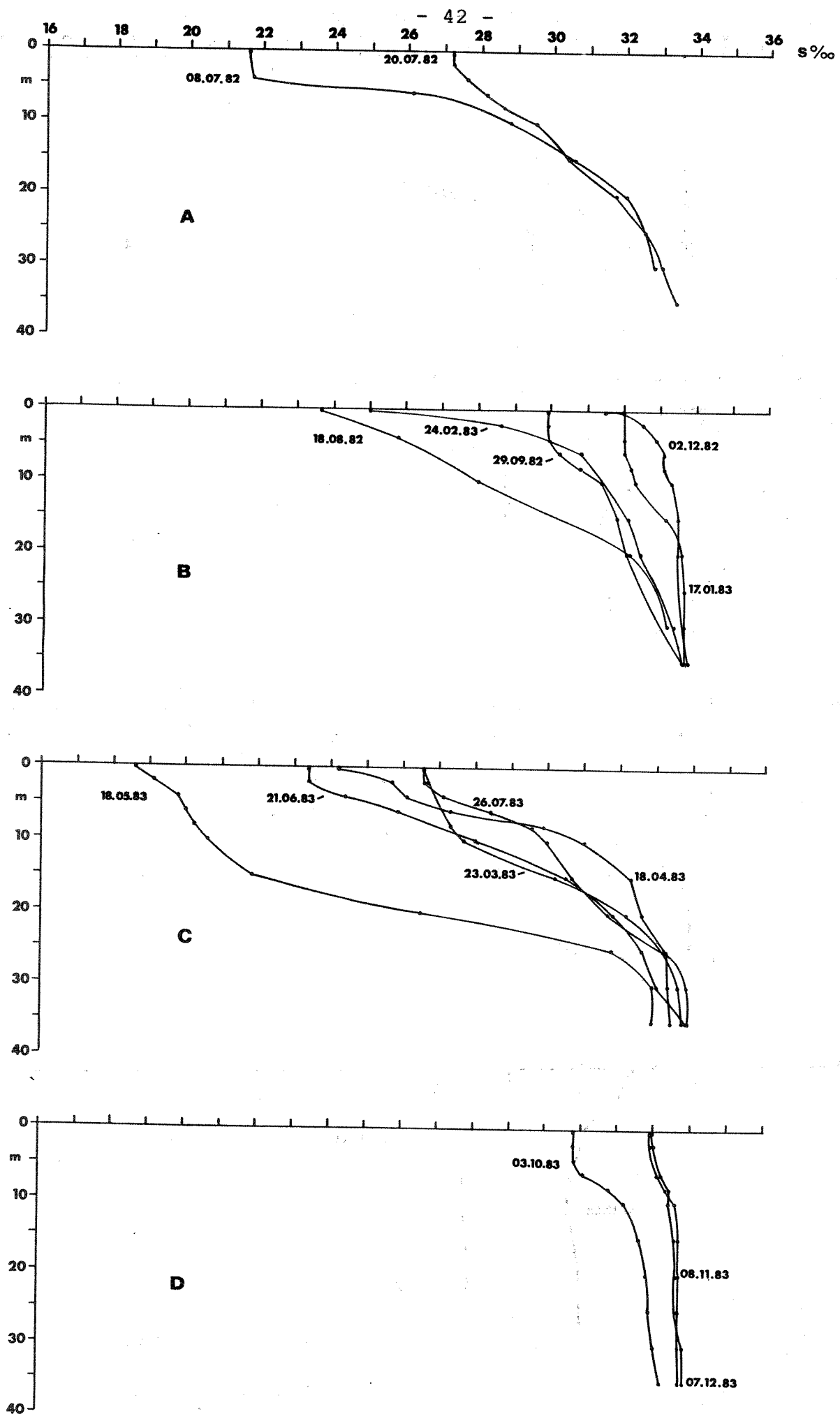


Fig. 19. Saltholdighetsregimet utvalgte datoer på st. 3.

Fig. 18 A og D viser at sommeroppvarmingen forplantet seg helt ned til i hvertfall 30 m sommeren 82 og 83, omtrent som på referansestasjonen. Tilnærmet termisk homogene vannmasser opptrådte fra sept. til des 1982 og 83. Det samme gjelder for referansestasjonen. Den tilsvarende lagdeling for saltholdighet er vist på fig. 19.

Det ble ikke tatt bakterieanalyser på denne stasjonen.

#### Stasjon 5. Groosefjorden. Dyprennen.

Data fra stasjonen er presentert på følgende figurer:

- Fig. 20 Oksygenregimet
- " 21 Tot-P-regimet
- " 22 Tot-N-regimet
- " 23 Temperaturregimet
- " 24 Saltholdighetsregimet
- " 25 Coli-forurensningen

Oksygenforholdene på dypet (60 m, fig. 20) var drastisk forskjellig fra referansestasjonen. Inne i Groosefjorden opptrådte markert oksygensvikt fra undersøkelsens begynnelse frem til mars - april 1983, først da fant det sted en markert vannutskifting. I september 1982 ble oksygen ikke påvist - altså full oksygen- svikt. Dette har ikke gjentatt seg siden i undersøkelsen, men i sept - okt. forekom de laveste verdiene både i 1983 og 84. Vannutskiftingen i mars - april - mai 1983 synes ikke å ha vært fullstendig etter som oksygeninnholdet ikke ble høyere enn litt over 6 mg O<sub>2</sub>/l. Etter at stagnasjon startet i juni 1983 sank oksygeninnholdet meget hurtig og kom i juli ned i det kritiske område.

I august 1983 skjedde det en noe kortvarig terskeloverskylling med en etterfølgende sterk stagnasjon som varte i hvertfall frem til oktober 1983.

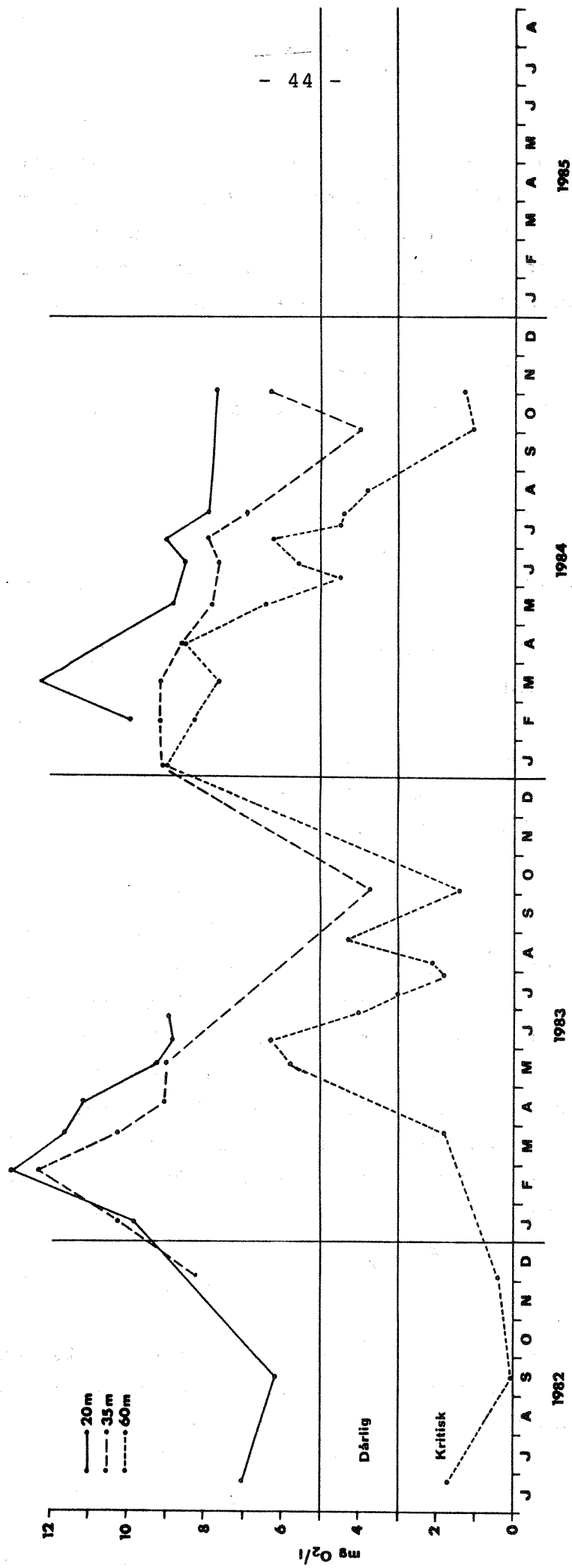


Fig. 20. Oksygenregimet på stasjon 5 (Goosefjorden - dyprennen).

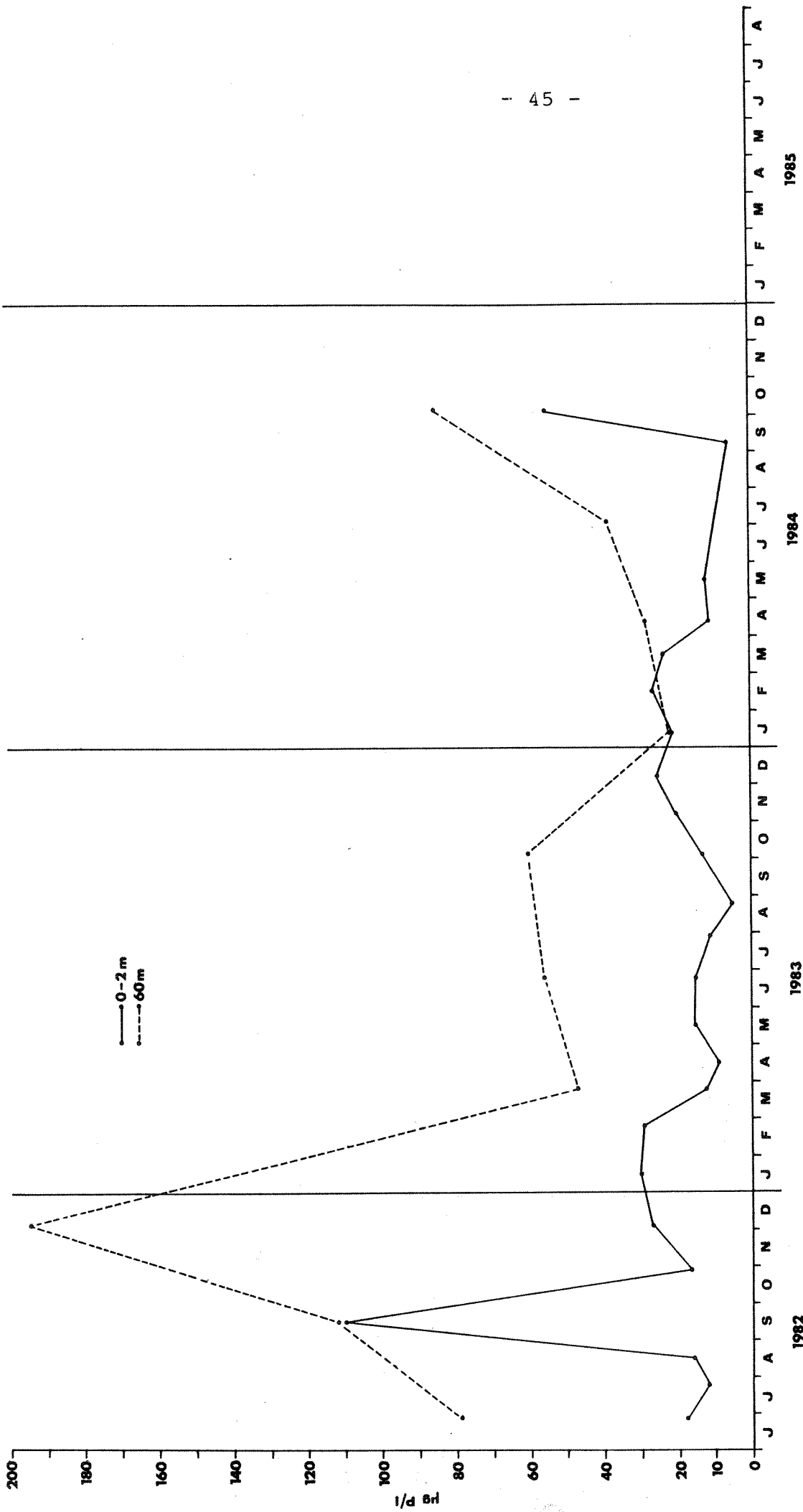


Fig. 21. Tot-P-regimet på st. 5 (Goosefjorden, Dypriennen).



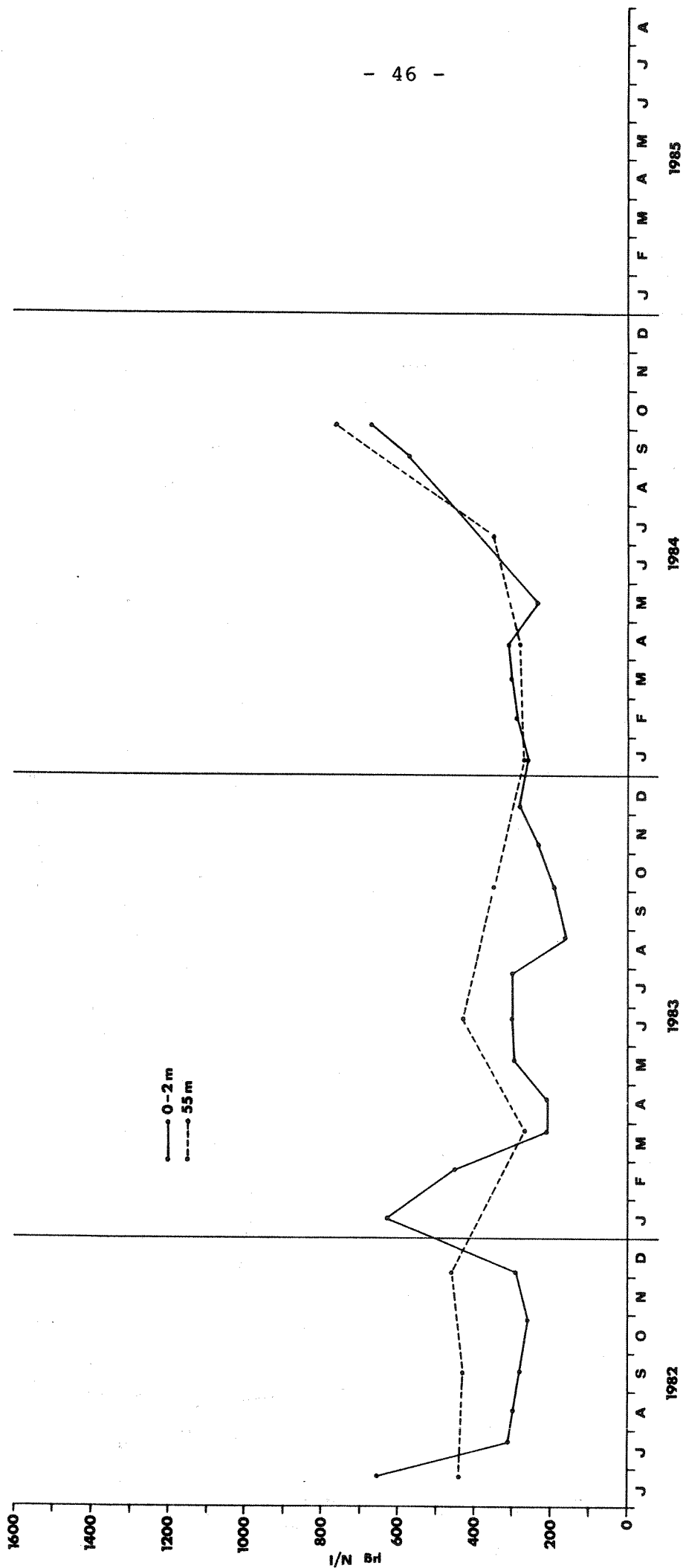


Fig. 22. Tot-N-regimet på stasjon 5 (Groosefjorden, Dyprennen).

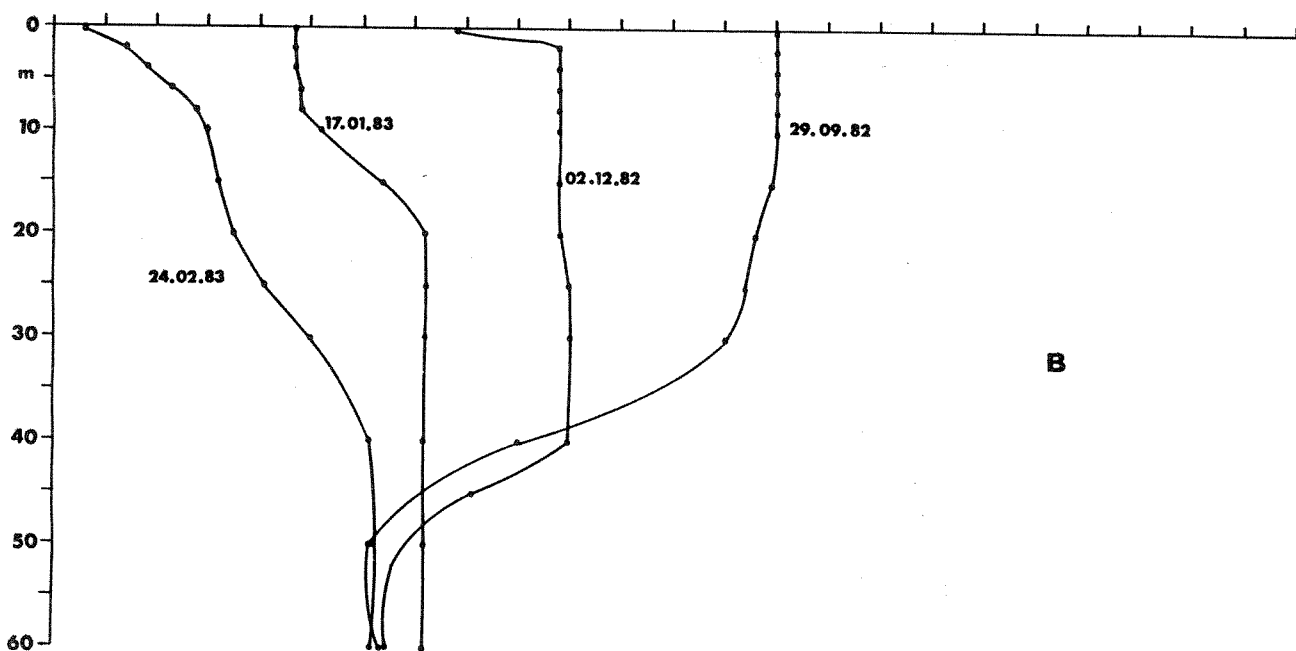
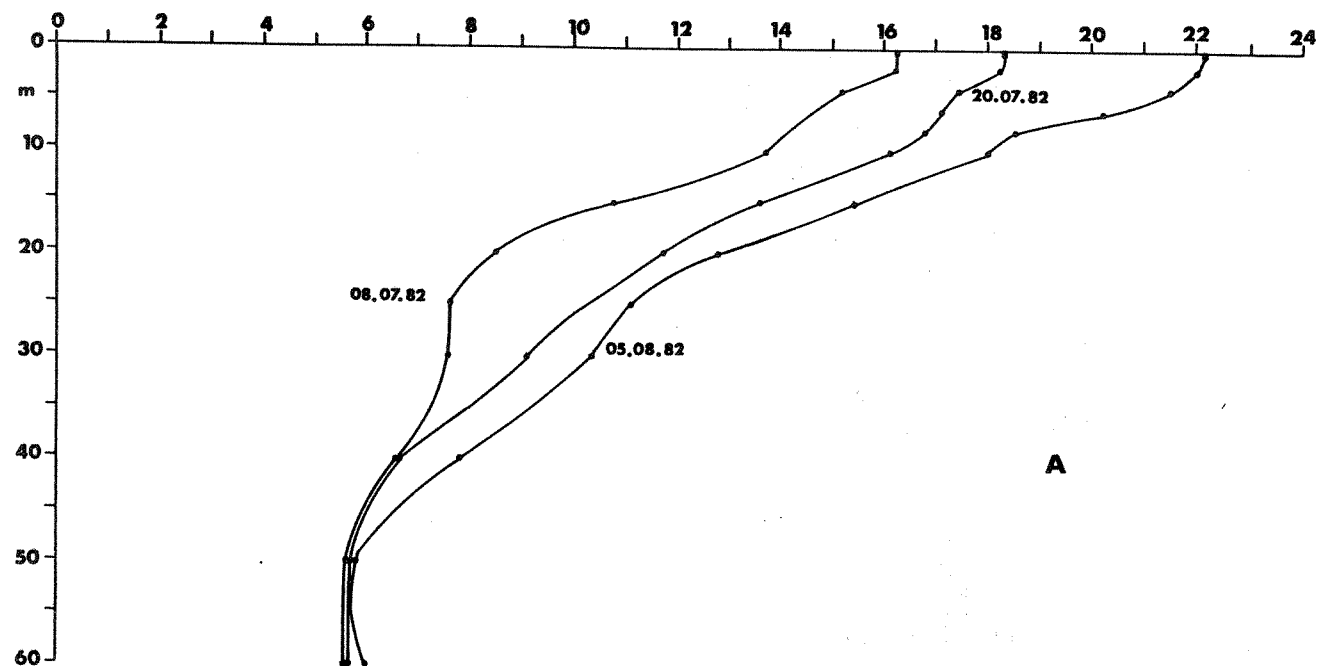


Fig. 23 A, B. Temperaturregimet på stasjon 5 (Groosefjorden, Dyprennen), utvalgte datoer 1982 og 1983.

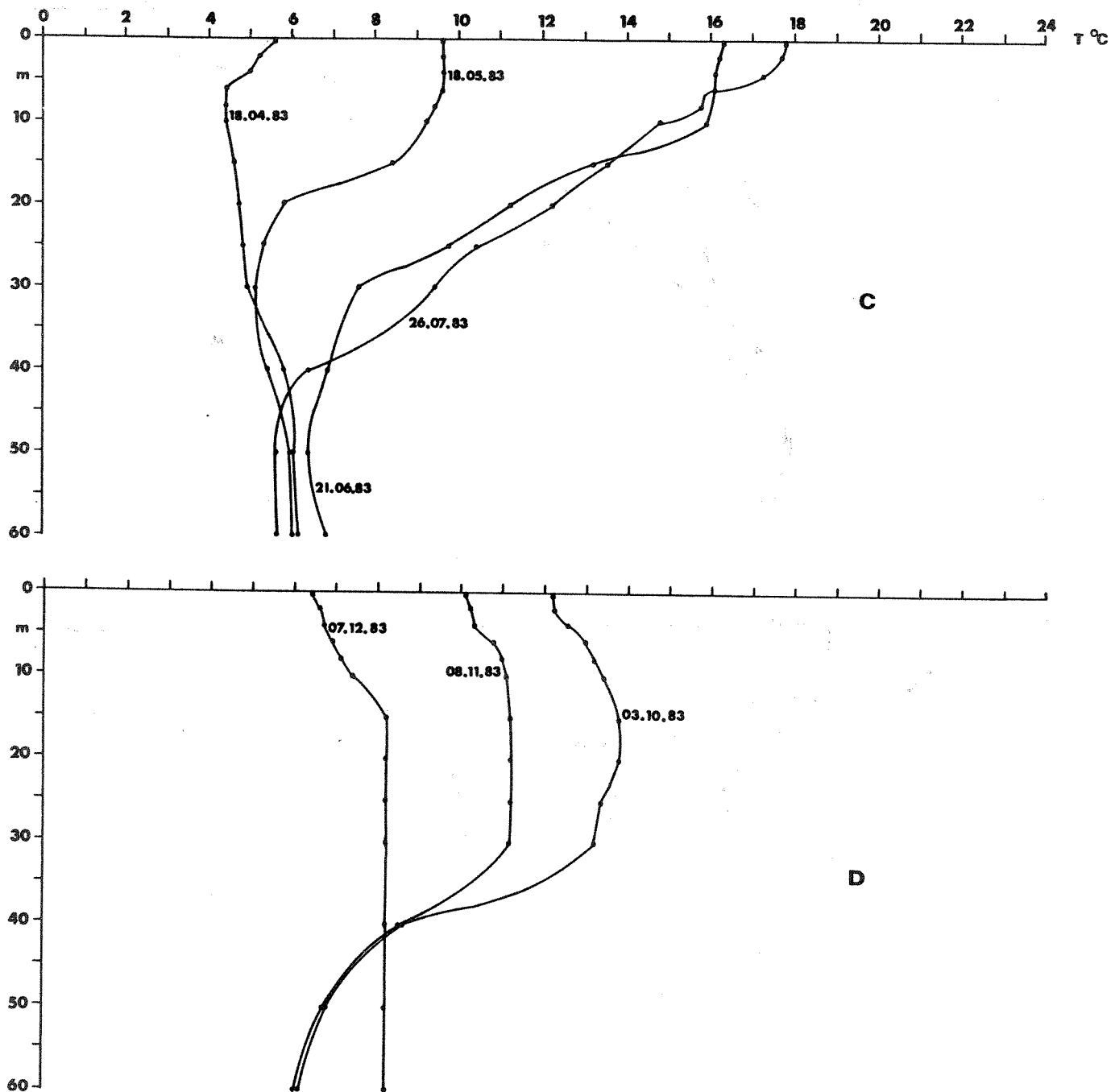


Fig. 23 C, D. Temperaturregimet på stasjon 5 (Groosefjorden, Dyprennen) utvalgte datoer 1983.

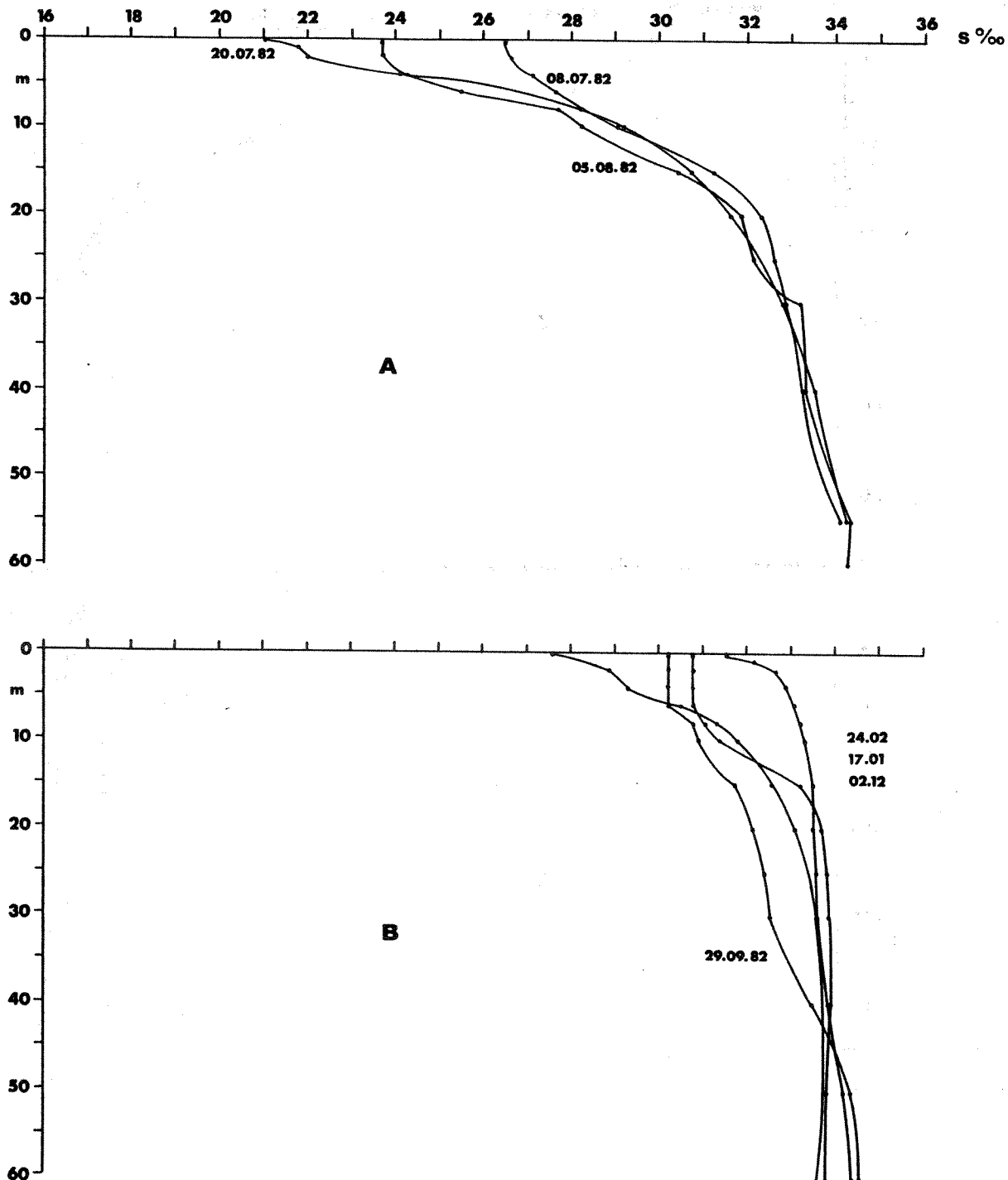


Fig. 24 A, B. Saltholdighetsregimet på stasjon 5 (Groosefjorden, Dyprennen) utvalgte datoer i 1982 og 1983.

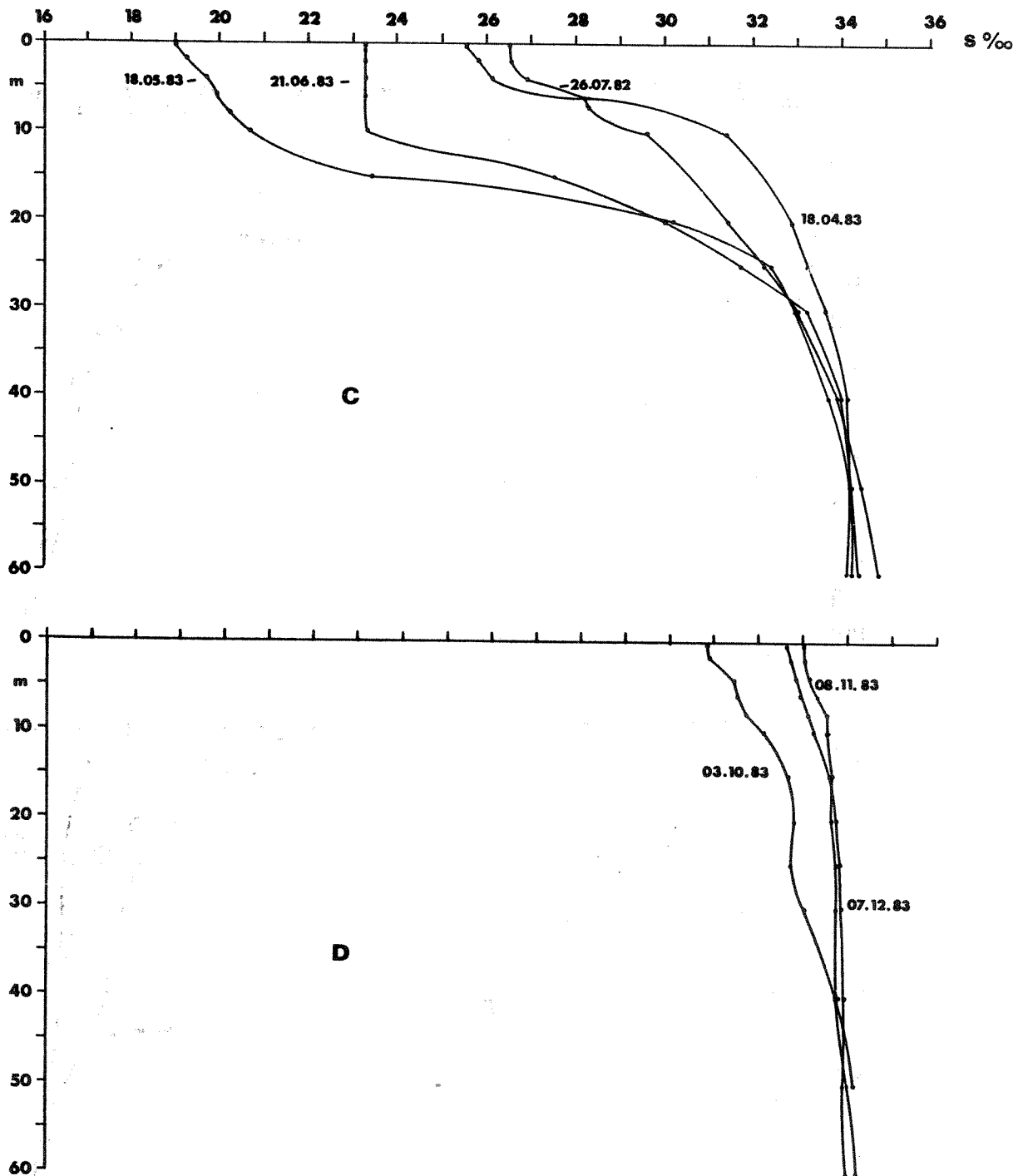


Fig. 24 C, D. Saltholdighetsregimet på stasjon 5 (Groosefjorden, Dyprennen) utvalgte datoer 1983.

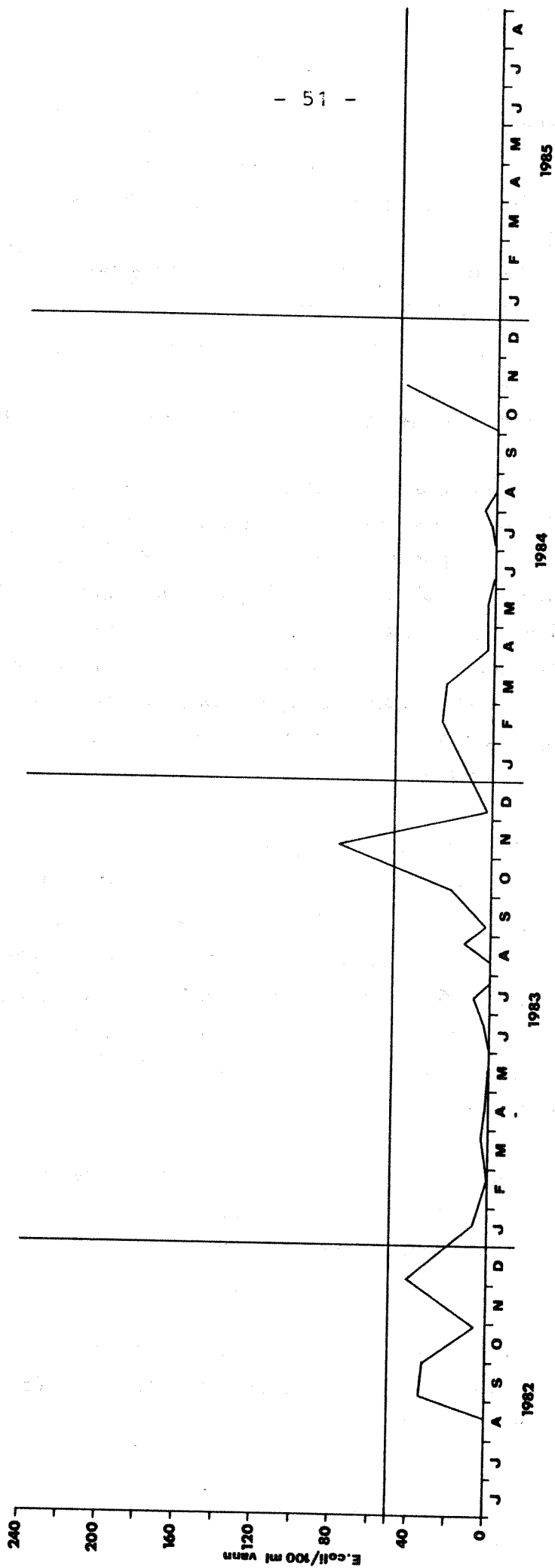


Fig. 25. Forurensninger av termostabile coliforme bakterier på stasjon 5 (Groosefjorden, Dypprennen). Horisontal linje angir grensen på 50 E. coli/100 ml vann som av helsemyndighetene er grensen for anbefalt badevann.

I 1983/84 startet dypvannsutskiftningen en gang mellom oktober 1983 og januar 1984. Siden det var kvartalsvis intervall mellom oksygenmålingene er det ikke mulig å angi mer nøyaktig tidspunkt for vannutskiftning.

Fra og med årsskiftet 1983/84 ble oksygenprøver tatt månedlig. Dermed fremkom flere detaljer m.h.p. oksygenregimet, og en ser av fig. 20 at kurven for dypvannet har flere toppe: januar, april og juli 1984. Disse toppene representerer mer eller mindre omfattende vannutskiftninger med etterfølgende stagnasjonsperioder.

Fra og med juni måned satte hovedstagnasjonen inn (i hvert fall for 1983 og -84, men tidligere i 1982), og synes å ha 6-7 mnd varighet. Oksygenregimet på 35 m dyp hadde i grove trekk de samme svigninger som på 60 m, men gjennomgående med høyere verdier. På 20 m dyp fluktuerte oksygeninnholdet forholdsvis sterkt, men verdiene ble aldri målt lavere enn 6 mg O<sub>2</sub>/l. Variasjonene på dette dypet stemte svært godt overens med de som ble målt på referansestasjonen. Det er m.a.o. fremfor alt dypvannet i Groosefjorden som har et belastet oksygenregime.

Næringssaltregimet er vist på fig. 21 og 22. De mest markerte toppene for fosfor-verdiene på fig. 21 kan være tilfeldig, men det sees at dypvannet hadde et markert høyere fosforinnhold enn referansestasjonen. Som ventet viser diagrammene en negativ korrelasjon mellom oksygensvikt og toppene på fosfor-kurven. Når det gjelder tot-N var innholdet moderat, selv i dypet av Groosefjorden, og verdiene avvek ikke sterkt fra dem som ble målt på referansestasjonen.

Av fig. 23 fremgår det at temperaturen i dyprennen viste meget liten temperaturvariasjon med ekstremer på 5,5 og 8,2°C, mens det på referansestasjonen varierte mellom 5,2 og 13,5 i det samme tidsrom.

Variasjonsbredden i saltholdighet var vesentlig mindre: ca 1 o/oo fra 33,8 til 34,8 (fig. 24) mens den var fra 32,6 til 35,0 på referansestasjonen.

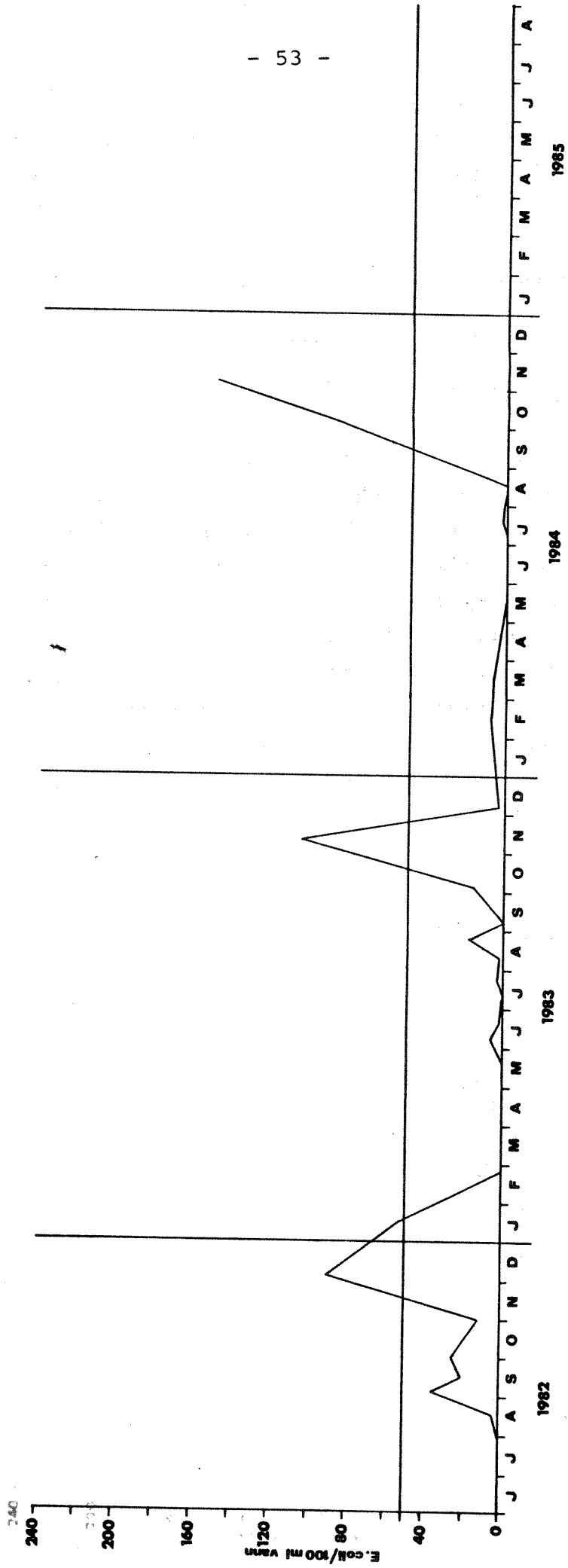


Fig. 26. Forurensingen av termostabile coliforme bakterier på stasjon 6 (N. ende av Herøysund). Horisontal linje angir grensen på 50 E. coli/100 ml vann som av helsemyndighetene er grensen for anbefalt badevann.



Fig. 25 viser at tilstedeværelsen av coliforme bakterier er markert sterkere i Groosefjorden sammenlignet med referansestasjonen. Så langt i undersøkelsen var det kun i november 1983 at coli-tallet overskred 50. Dette var litt overraskende tatt i betraktning at stasjonen ikke ligger mer enn ca 500 m fra det gjennombrytende hovedutslippet til fjorden.

#### Stasjon 6. (Nordende av Herøysund).

Det er ikke tatt ordinær hydrografi på denne stasjonen, bare bakterieprøver. Resultatene er vist på fig. 26. Stasjonen viser en sterkere coliform belastning enn f.eks. st. 5. Registreringene av de høyeste tallene faller som ventet i den mørke årstid. Det er en del fritidsbebyggelse nær stasjonen, men det er lite sannsynlig at denne er årsak til toppene i kurven etter- som disse boligene knapt er i bruk på den årstid det gjelder. Mer sannsynlig er at påvirkningen skyldes fugleekskremitter eller fjern påvirkning fra stasjon 8 som ligger i den andre enden av sundet. Vinden fra S og SV vil på kort tid transportere overflatevann fra st. 8 til st. 6.

#### Stasjon 8 (Saltvik).

Data fra stasjonen er presentert på følgende figurer:

- Fig. 27 Oksygenregimet
- " 28 Tot-P-regimet
- " 29 Tot-N-regimet
- " 30 Temperatur-regimet
- " 31 Saltholdighets-regimet
- " 32 Coli-forurensningen

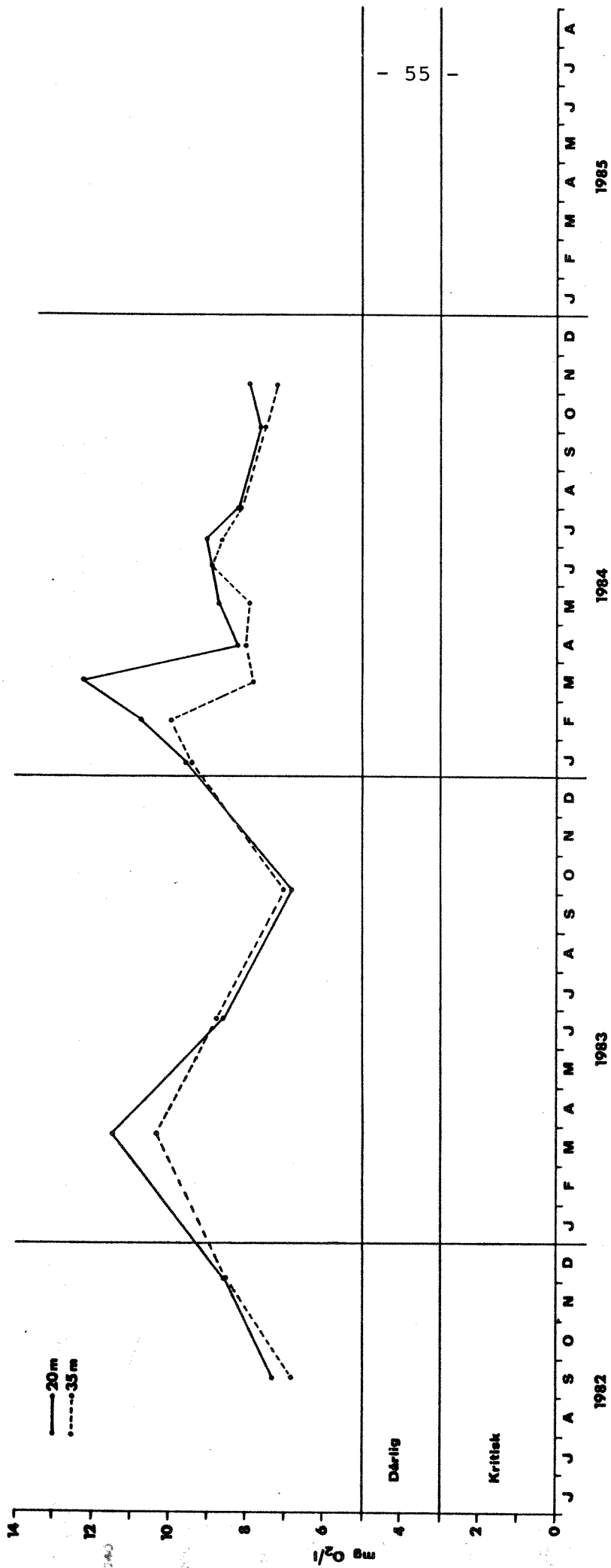


Fig. 27. Oksygenregimet på st. 8 (Saltvik).

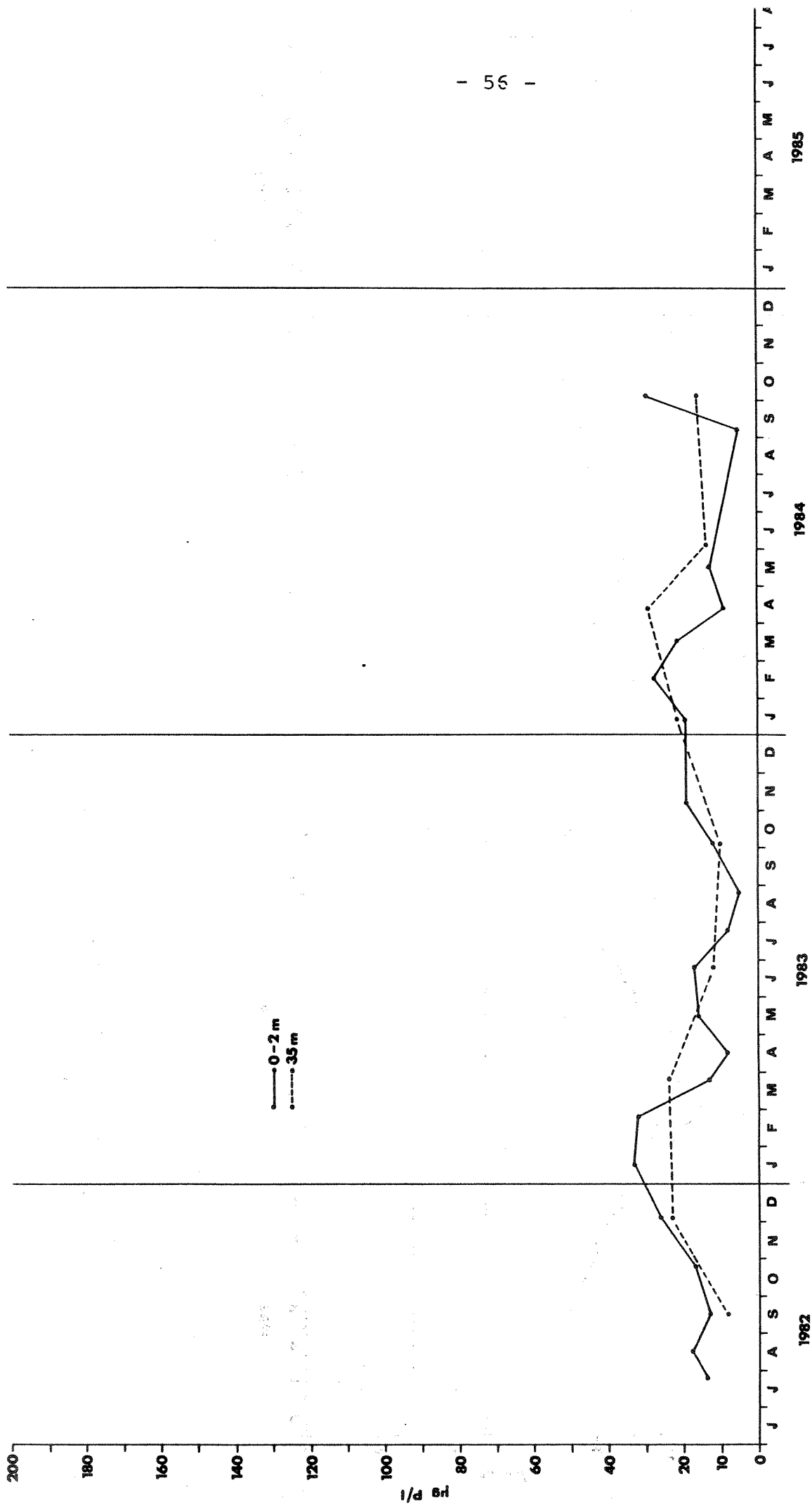


Fig. 28. Tot-P-regimet på st. 8 (Saltvik).

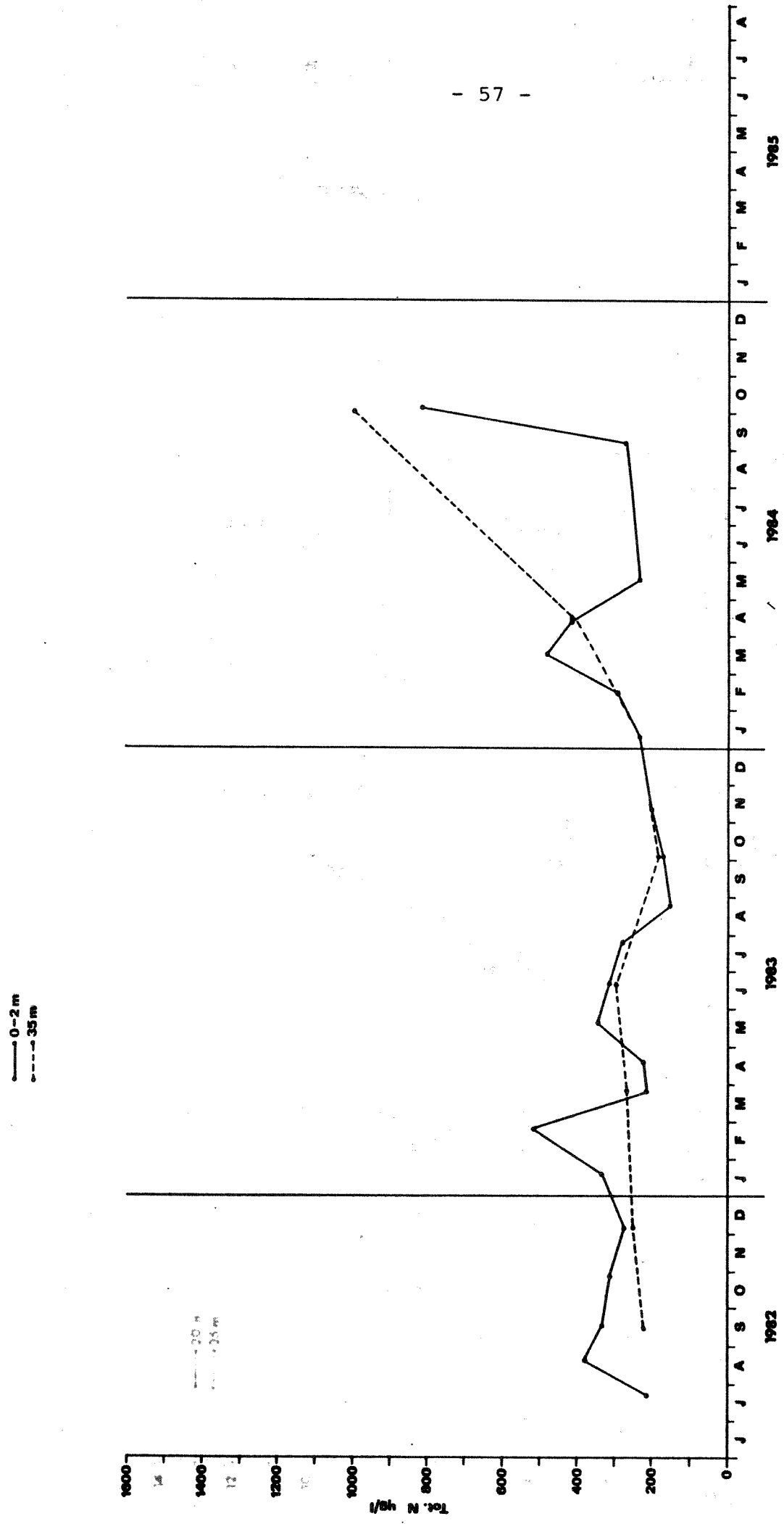


Fig. 29. Tot-N-regimet på st. 8 (Saltvik).

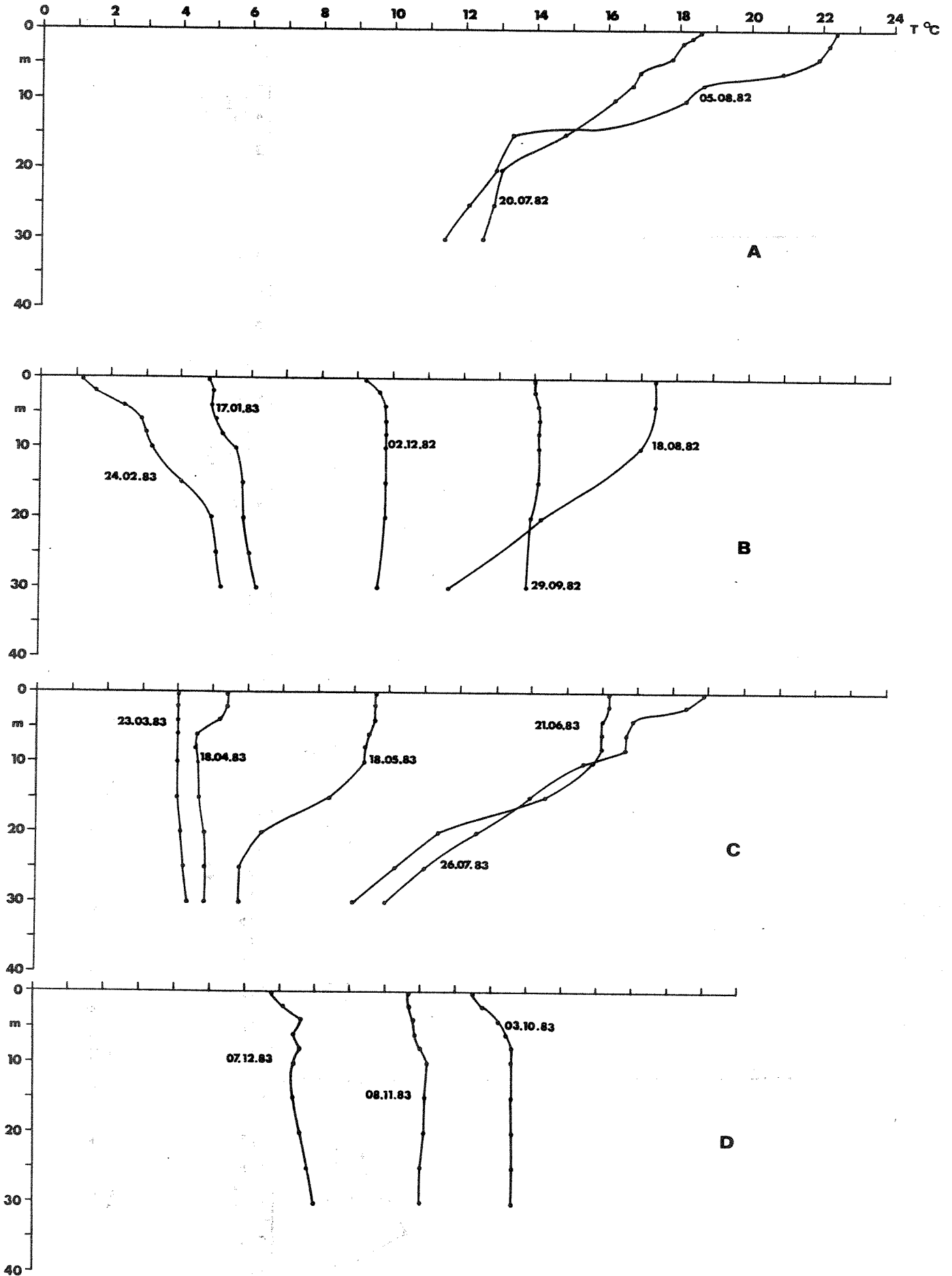


Fig. 30. Temperaturregimet på st. 8 (Saltivk) utvalgte datoer 1982 og 1983.

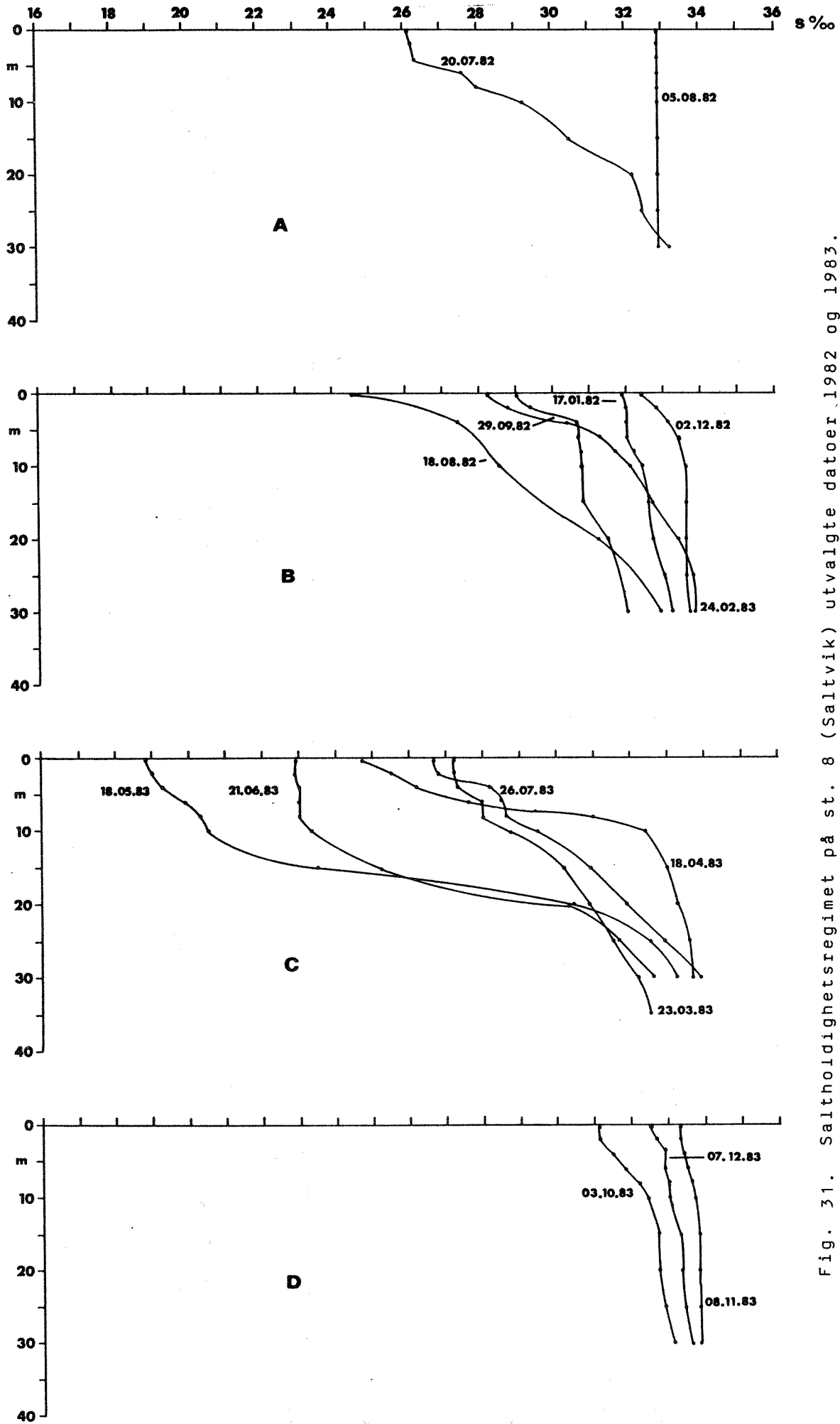


Fig. 31. Saltholdighedsregimet på st. 8 (Saltvik) utvalgte datoer 1982 og 1983.

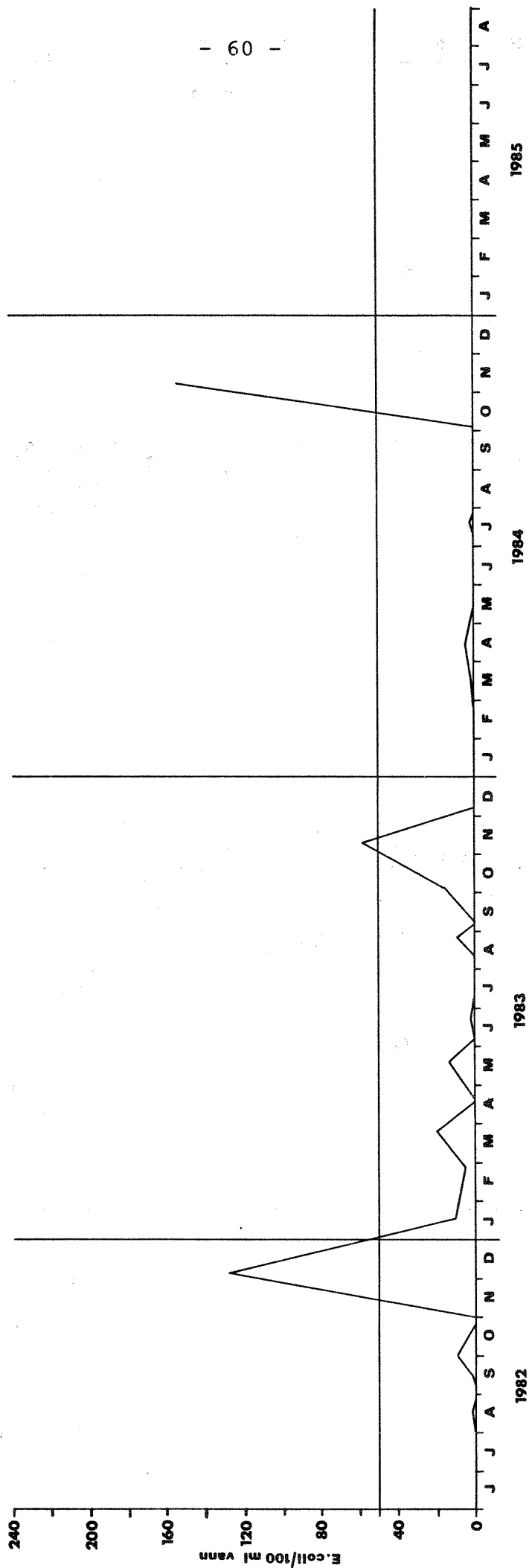


Fig. 32. Forurensningen av termostabile coliforme bakterier på st. 8 (Saltvik).  
Horisontal linje angir grensen på 50 E. coli/100 ml vann som av helse-  
myndighetene er grensen for anbefalt badevann.

Fig. 27 viser et gunstig oksygenregime som ikke på noe tidspunkt antyder svikt i dypvannet.

Stasjonen ligger utenfor skjærgårdsterskelen og kan sammenlignes med referansestasjonen, bortsett fra at det på st. 8 munner ut et spillvannsutslipp fra Østerhus. Dette spillvannsutslippet påvirket ikke oksygenregimet på stasjonen. M.h.t. dybdeforhold kan st. 8 sammenlignes med st. 3 (fig. 15). Oksygenkurven for 35 m, viser at st. 8 har en vesentlig bedre vannutskiftning enn st. 3.

M.h.t. totalt fosforinnhold viser kurven for 0-2 m en nøye overensstemmelse med referansestasjonen, mens dypvannet på st. 3 hadde et høyere P-innhold enn st. 8. Noe som igjen reflekterer en god vannutskiftning på sistnevnte stasjon. Tot-P-data fra referansestasjonen er fra 50 m dyp og er således ikke direkte sammenlignbare med dypvannet på st. 8.

M.h.p. nitrogeninnhold (fig. 29) var forskjellen mellom referansestasjonen og st. 8 så ubetydelige at en ikke kan tale om noen avvik de to stasjonene i mellom. Dette gjelder også st. 3.

Hverken m.h.t. temperatur eller saltholdighet fantes det nevneverdig avvik mellom st. 8 og referansestasjonen (fig. 30, 31, 5 og 6).

Når det gjelder coliform forurensning er situasjonen noe annerledes. På st. 8 forekom markerte høst/vintertopper som både i 1982 og 1984 langt overskred grensen for badevann (fig. 32). Om sommeren, imidlertid, ligger verdiene langt under grensen på 50.

Det kan neppe herske tvil om at det er kloakkutslippet på st. 8 som skaper denne situasjonen. Gjennombrytende avløpsstråle er imidlertid aldri iaktatt på denne stasjonen.



REFERANSER

BOMAN, E. & E. ANDREASSEN 1980.

*Hydrografiske undersøkelser i Groosefjorden  
1978 - 79. Grimstad kommune.*

Rapport - Fylkesrådmannen i Aust-Agder,  
Utbyggingsavdelingen. 16 pp pluss vedlegg.

DANIELSSON; L.G. & al. 1975.

*Byfjorden: kemiska undersökningar.*

Statens Naturvårdsverk. 85 pp.

STATENS INSTITUTT FOR FOLKEHELSE 1976.

*Kvalitetskrav til Vann.*

Ny rev. utg. 52 pp.