

1978

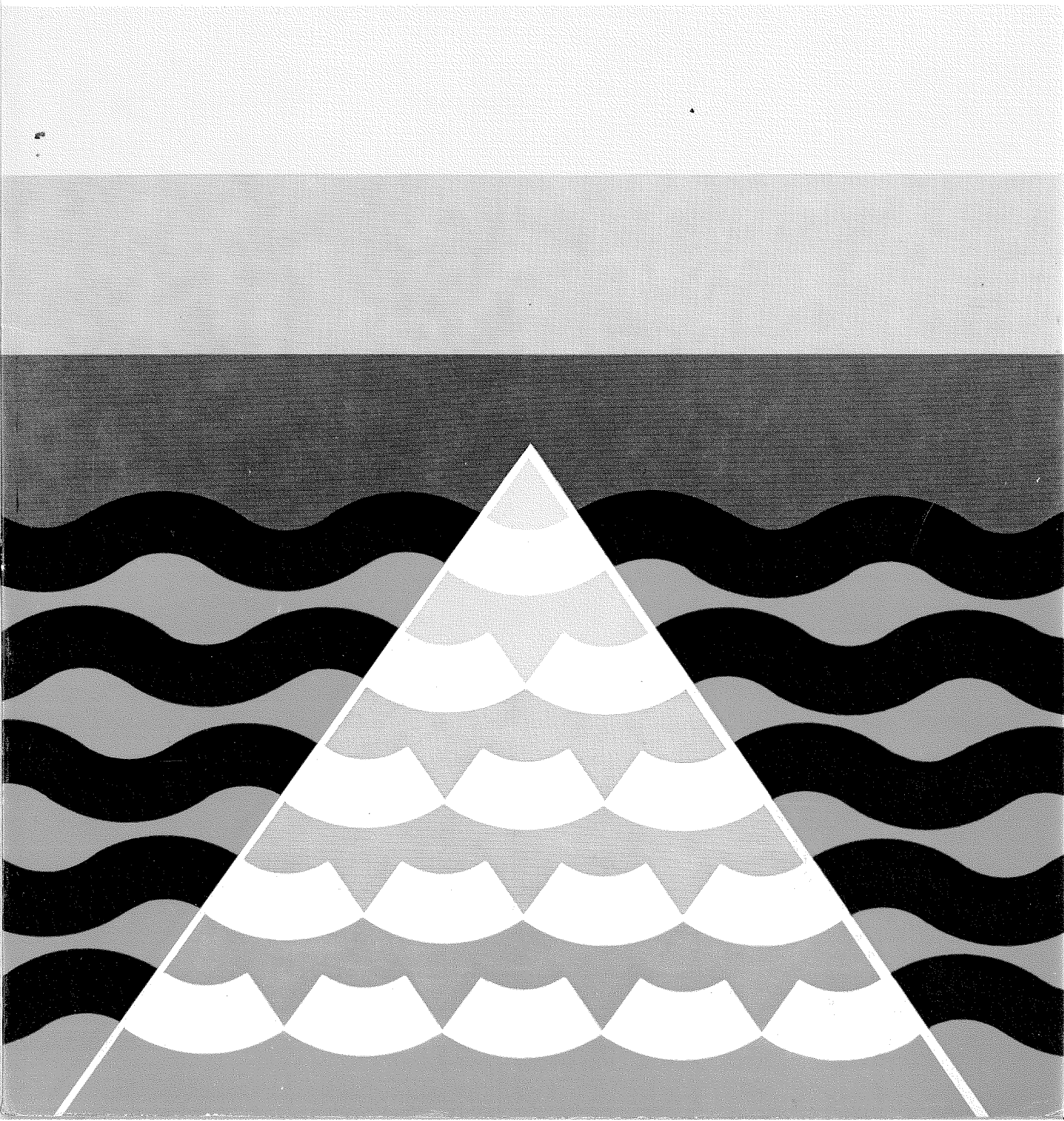
SÆRNUMMER 2

s. 99 - 189

# FISKEN og HAVET

RAPPORTER OG MELDINGER

FRA FISKERIDIREKTORATETS HAVFORSKNINGSINSTITUTT - BERGEN



HAVMILJØET OG HAVMILJØUNDERSØKELSER I  
DE NORSKE FISKERIOMRÅDER



## INNHOLD

	Side
FYSISK OSEANOGRAFI	103
Innledning	103
Skagerrak og Nordsjøen	104
Hydrografiske regioner	104
Vannmasser	107
Strømforhold	107
Noen fysiske prosesser	108
Ti-års middel	111
Forholdene i 1977	113
Norskekysten	117
Midlere oseanografiske forhold	118
Forholdene i 1977	123
Temperatur	123
Saltholdighet	128
Norskehavet	128
Vannmasser	130
Strømforhold	131
Variasjoner	132
Forholdene i 1977	133
Barentshavet	136
Topografi	136
Strømforhold	136
Vannmasser	141
Variasjoner i de hydrografiske forhold og deres årsaker	143

	Side
Isforhold	149
Forholdene i 1977	149
<b>BIOLOGISK OSEANOGRAFI</b>	<b>151</b>
Planteplankton og primærproduksjon	152
Innledning	152
Undersøkelser ved Havforskningsinstituttet	152
Virksomhet for 1978	160
Dyreplankton	160
Fiskeegg og fiskeyngel	167
<b>FORURENSNINGER</b>	<b>168</b>
Oljehydrokarboner	170
PAH	175
Partikulær oljeforurensning	176
Skagerrak	177
Nordsjøen	179
Barentshavet	179
Kommentarer	179
Oljevirkosomhetens forsøpling	180
Pesticider og PCB (polykloreerte bifenyler)	182
Tungmetaller	183
Biotester	184
Internasjonalt samarbeid	186

## Innledning

Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt driver et større program for å holde oppsikt med det fysiske havmiljøet i norske fiskeriområder. Denne overvåkingen er basert på løpende datainnsamling fra en rekke faste stasjoner og snitt som taes regelmessig av våre forskningsfartøyer eller av lokale observatører på kysten. En rekke rutebåter utfører også målinger langs sine ruter.

I tillegg til overvåkningsprogrammet, utføres årlig en rekke forskjellige spesialundersøkelser.

Havforskningsinstituttet har til hensikt å gi en årlig rapport om den aktuelle klimatilstanden i de havområder som er av interesse for våre fiskerier. Årets oversikt, som er den første, er gjort noe omfattende fordi den også inneholder en beskrivelse av viktige generelle trekk i det hydrografiske regime.

Våre fiskeriområder omfatter Nordsjøen, Norskekysten, Norskehavet og Barentshavet. Atlanterhavsstrømmen som kommer inn i Norskehavet fra sør mellom Shetland og Færøyene, spiller en dominerende rolle for de hydrografiske trekk i hele området. Saltholdigheten er mellom 35,3 og 35,4 ‰, men veksler noe fra år til annet, temperaturen er 7-10°C ned til 400 meter. Transporten er beregnet til omkring 3 millioner m<sup>3</sup>/sek. Det er en enorm varmemengde som på denne måte tilføres Nord-Europa, netto varmetilførsel dreier seg om 30 milliarder kilokalorier pr. sekund. Hvis vi tenker oss at denne varmemengde skulle skaffes ved forbrenning av olje som fraktes med supertankere, måtte det komme en hundretusentonner hvert minutt. I nord påvirkes området av kalde strømmer fra Polhavet som resulterer i Polarfronten, som danner grenseområdet mellom de varme atlantiske vannmassene og de kalde arktiske vannmassene. Disse to faktorene er de viktigste når det gjelder påvirkning utenfra. I tillegg til dette, kommer en rekke faktorer som har mer lokal betydning. Ferskvannstilrenningen spiller f.eks. en viktig rolle for de hydrografiske trekk langs kysten.

Atlanterhavsstrømmen med sine forgreninger til de forskjellige havområder har, som en skjønner, stor innflytelse på havklimaet, først og fremst ved at temperaturen i vannmassene holdes på et høyt nivå, den høye geografiske bredde tatt i betraktning. Små forandringer i sirkulasjonsaktiviteten kan få store følger for klimaet i disse farvann. Det er flere krefter som driver strømmene. I et komplisert samspill virker oppvarming, avkjøling, fordampning og fremfor alt, vindaktiviteten. Det er en oppgave å skaffe mer viten om lovmessighetene i maskineriet, overvåke variasjonene og de konsekvenser disse vekslingene fører til i havmiljøet og for de biologiske prosessene i disse viktige farvann.

Sammenhengen mellom de fysiske faktorer og de biologiske prosesser er dog ikke behandlet nærmere i denne rapporten selv om det unntagelsesvis er nevnt noen eksempler på slike forhold.

### Skagerrak og Nordsjøen

Nordsjøen er et typisk randhav og topografisk kan det sammenlignes med en høyslette. I denne skjærer Norskerenna seg inn i form av en dal med størst dyp, over 600 m, inne i Skagerrak. Sadeldypet finnes utenfor Jæren og er omlag 270 m (Fig. 1). I nord-syd retningen er platået delt i tre dybdeområder avgrenset ved ca.  $58^{\circ}$  og  $55^{\circ}$ N. Dybden er overalt på platået mindre enn 200 m og øker fra syd til nord. I nord er det brå overgang til det dype Norskehavet.

### Hydrografiske regioner

Det kommer to tidevannsbølger inn i Nordsjøen: en gjennom den brede åpningen til Norskehavet og en gjennom Den engelske kanalen. Tidevannet er i hovedtrekkene preget av svingningen som påtvinges bassenget nordfra. Jordrotasjonen omformer denne svingningen til tre amfidromiske system hvorav to er vist i Fig. 2. Fra hvert knutepunkt går et sett linjer som markerer for samtidig høyvann. Forskjellen mellom middel høyvann og middel lavvann er også vist på figuren og er størst ved den engelske kysten og ved den sydligste delen av kontinentkysten. Den er minimal i de amfidromiske punktene. Tidevannsstrømmen er sterkest i områder med størst amplitude.

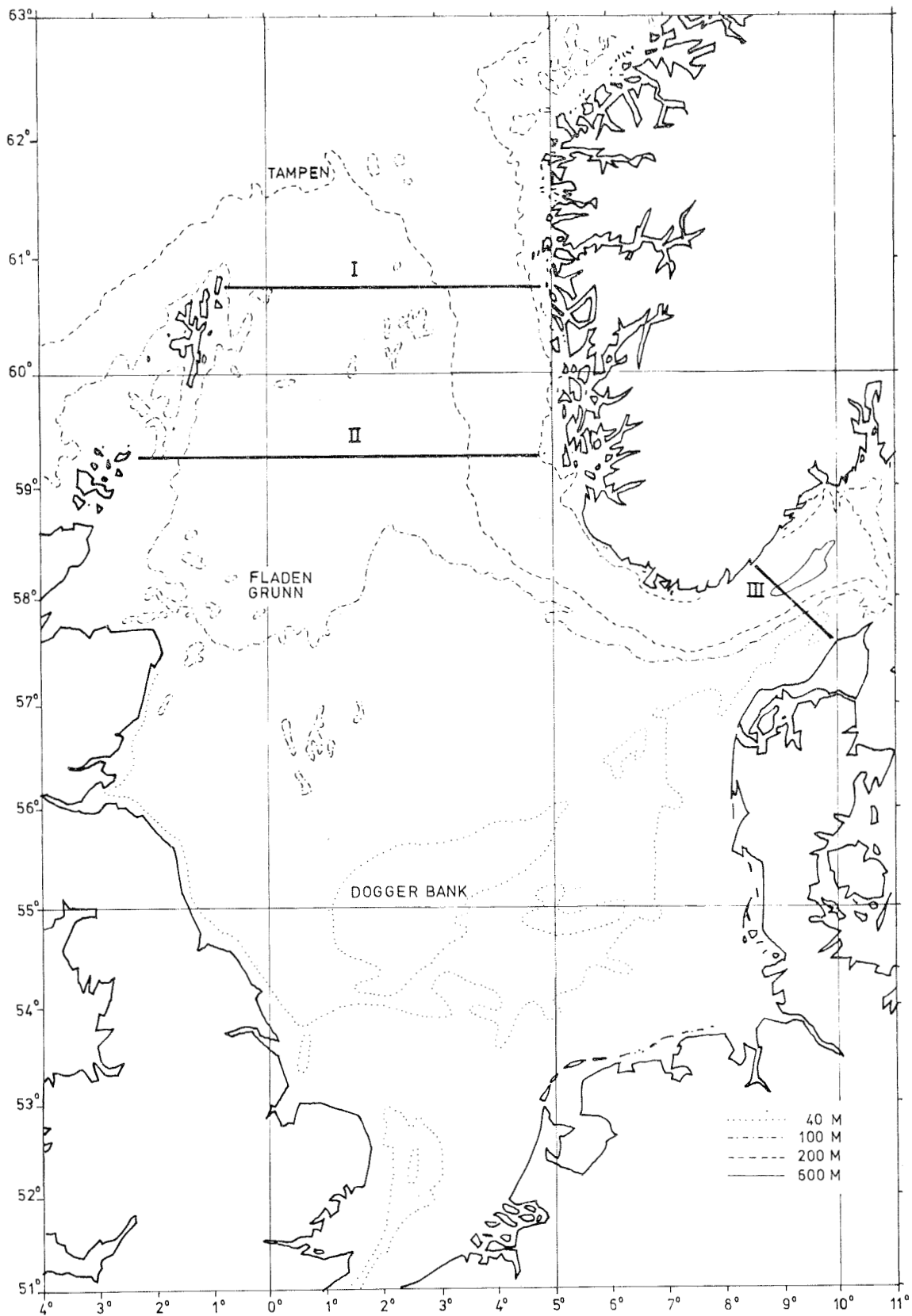


Fig. 1. Dybdeforhold i Nordsjøen og Skagerrak. I) Snitt Feie-Shetland, II) Snitt langs 59°20'N, III) Snitt Torungen-Hirtshals.



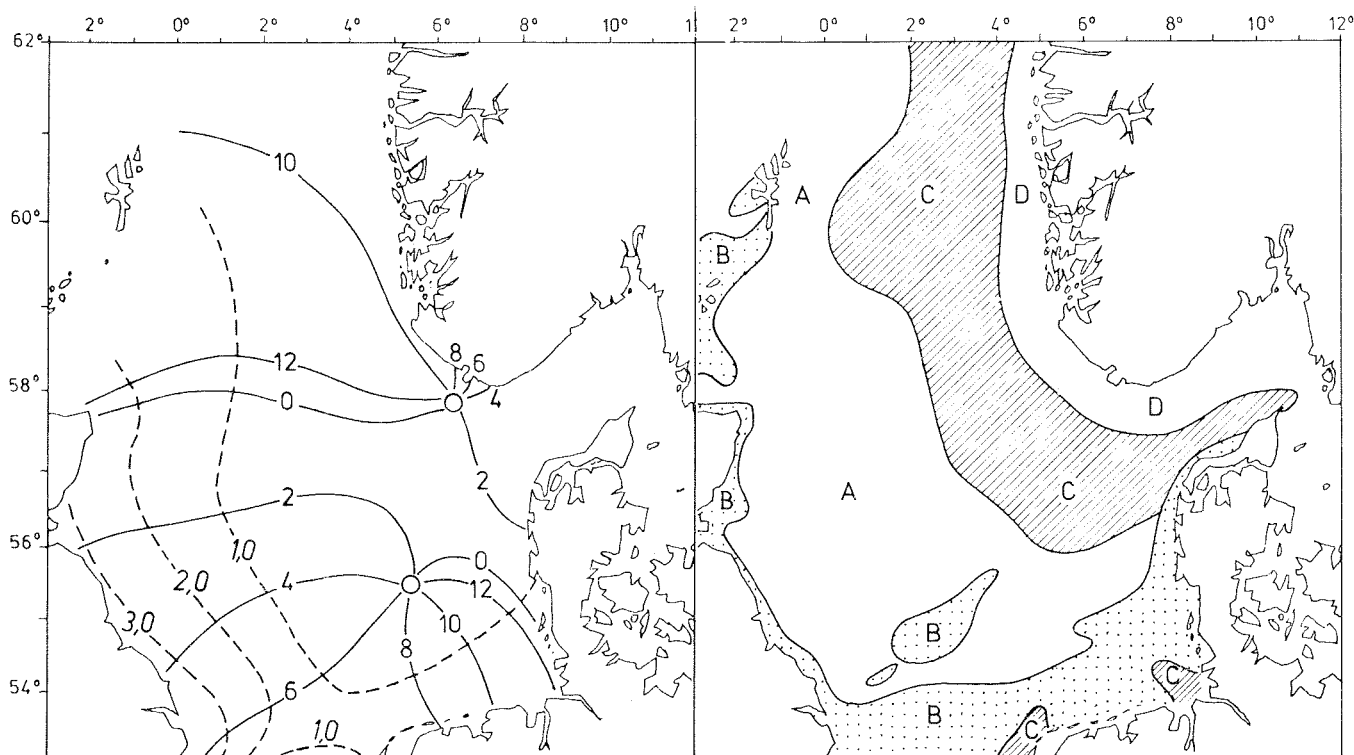


Fig. 2. Til venstre) tidevann, til høyre) hydrografiske soner. (Omarbeidet etter G. Dietrich und K. Kalle 1957).

Størstedelen av vannmassene i Nordsjøen kommer fra Norskehavet og Atlanterhavet gjennom åpningen i nord. Det er særlig fine prosesser som bestemmer de hydrografiske forhold som er spesielle for Nordsjøen. Sammen med de topografiske forhold og atmosfærens avkjøling og oppvarming virker de lokale tidevannsforskjeller og kystvannets laterale bevegelser. Alle faktorene har en sterk innflytelse på den vertikale sjiktning. På dette grunnlag kan Nordsjøen deles i følgende hydrografiske regioner (Fig. 2):

- A : Hele året homohalint, men termisk sjiktet.
- B : Hele året homogene vannmasser.
- C : Sesongmessig eller hele året halint sjiktet.  
Om sommeren termisk sjiktet.
- D : Hele året både halint og termisk sjiktet.

I område A og delvis C finner man om sommeren en meget sterk termoklin i 10-40 m dyp med relativt homogene vannmasser over og under. Denne lagdeling fremkommer ved at vind og bølger blander topplaget mens tidevannsstrømmene og andre bevegelser blander bunnet. Tykkelsen av overflate-

laget er avhengig av vindens styrke og varighet.

Det hydrografiske området B faller sammen med beltet med sterkeste tidevannsstrøm og spesielt grunne farvann. Blandingen er her kraftig nok til å hindre den sjiktning som sommeroppvarming og ferskvannstilførsel ellers måtte fremkalle.

### Vannmasser

Den enkleste inndeling av vannmassene i Skagerrak og Nordsjøen er knyttet til opprinnelsen. Fire hovedkomponenter er vanligvis beskrevet:

1. Baltisk vann har saltholdighet under 32 ‰.
2. Bankvann dannes på bankene utenfor Holland, Tyskland og Danmark og har saltholdighet 32-34 ‰.
3. Vann med saltholdighet 34-35 ‰ benevnes Nordsjøvann fordi denne vannmassen er dominerende over store deler av platået.
4. Oseaniske vannmasser, eller også kalt atlantiske vannmasser, har saltholdighet over 35 ‰.

### Strømforhold

Undersøkelser har vist at strømmene er meget avhengig av lokal vind. Særlig er dette tydelig i områder hvor strømmen ikke er direkte påtvunget utenfra. For den nordlige del av Nordsjøens vedkommende er strømforholdene skjematisk vist i Fig. 3. Hovedtrekkene viser en innstrømning av atlantiske vannmasser over Tampen og langs vestkanten av Norskerenna inn i Skagerrak. I det nordligste området spores denne i overflaten hele året. Kjernen i strømmen dukker etterhvert ned slik at den inne i Skagerrak finnes i 150-350 m. Den avtar i mektighet og saltholdighet på grunn av blanding med tilstøtende vannmasser. Om vinteren, når kystvannet har sin minste utbredelse, kan kjernen spores i overflaten så langt syd som til innløpet til Skagerrak.

En annen strøm som fører atlantisk vann med noe lavere saltholdighet kommer inn i Nordsjøen mellom det skotske fastlandet og Shetland. Vannmassene kommer fra sokkelen utenfor De britiske øyer, og grenen fortsetter

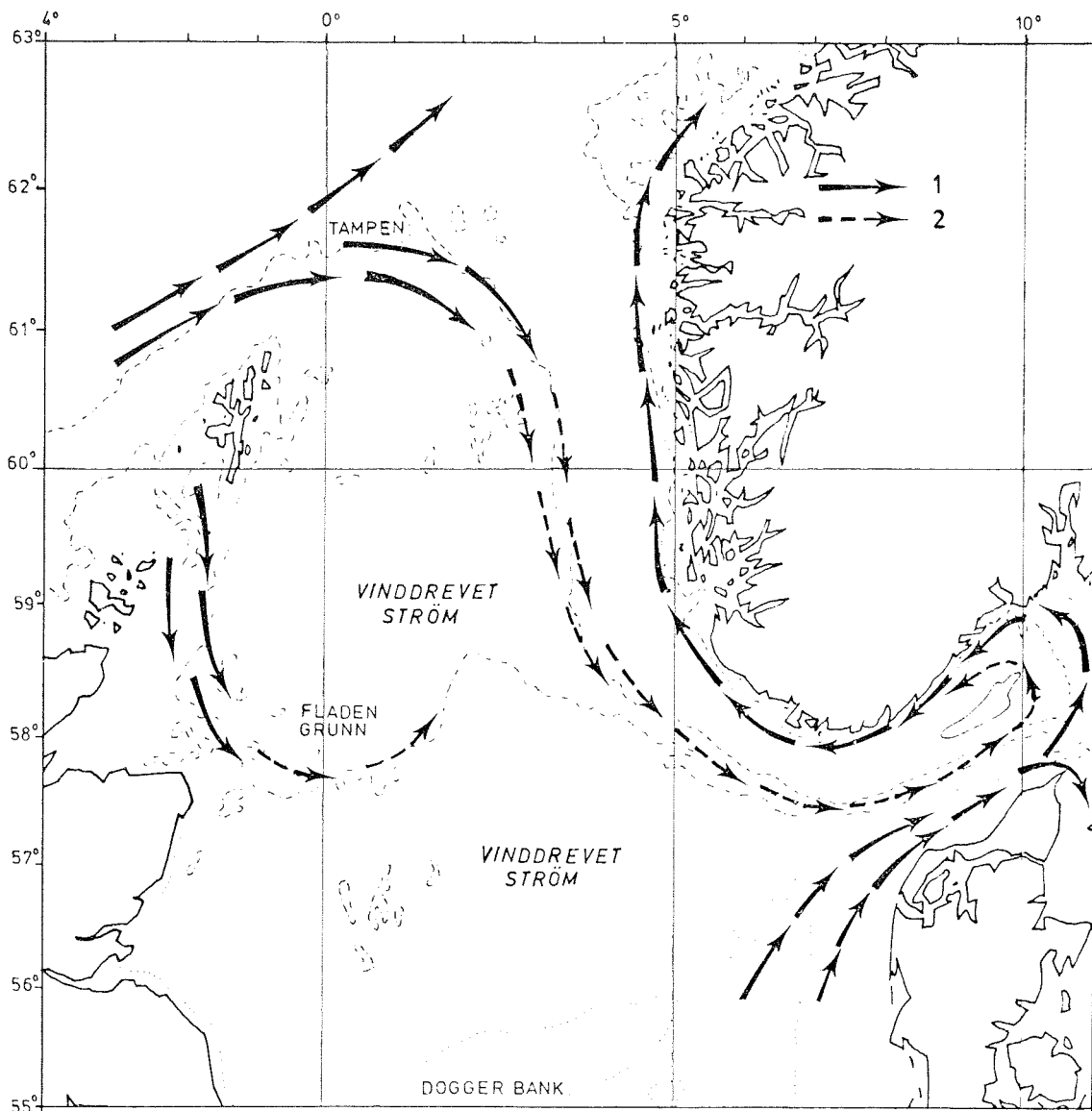


Fig. 3. Strømforhold i den nordlige delen av Nordsjøen (Etter Dooley). 1: Overflatestrøm, 2: Intermedier strøm.

østover i Nordsjøen langs ryggen på ca. 58°N. Denne strømmen er i mektighet atskillig mindre enn den forannevnte, men har en avgjørende betydning for miljøet i den nordlige delen av Nordsjøen. Langs hele kontinentkysten opptrer en kyststrøm. Mellom disse permanente strømmene er bevegelsen på platået hovedsakelig vinddrevet.

#### Noen fysiske prosesser

Om vinteren avkjøles og gjennomblandes vannmassene på mesteparten av platået. Under sommeroppvarmingen blir store deler av Nordsjøen samtidig

tilført saltfattigere vann. Disse to faktorene sammen bevirker at det dannes et lett overflatelag som bremser på transporten av varme til de dypere vannlag, unntatt i området B. For den nordlige delen av Nordsjøens vedkommende er denne prosessen vist ved et snitt langs  $59^{\circ}20'N$  (Fig. 4). Snittet er tatt vinteren, sommeren og senhøsten 1974 og viser temperatur og saltholdighet. Karakteren av vannmassene under termoklinene bevares således hele sommeren og høsten til neste gjennomblending. Den østgående strømmen langs  $58^{\circ}N$ , som fører høyere temperatur enn de vinteravkjølte dypvannsmassene, deler disse i to atskilte kalde kjerner. Disse kjernene er demonstrert i Fig. 5 som viser en nord-syd profil av temperatur i juni-juli 1959. Den sydligste kjernen er splittet over Doggerbank som er en del av regionen B (Fig. 2).

Der er liten netto horisontal transport av vannmasser fra kaldtvannskjernene og de tilgrensende områdene. Dette fører til at egg og yngel og 0-gruppe av noen arter torskefisk som rekrutteres på Fladen-Bresseyfeltene om våren blir stående konsentrert i et begrenset område i lengre tid. Den vertikale fordeling av enkelte 0-grupper synes også å være konsentrert i eller umiddelbart under termoklinen.

Både vinter- og sommertemperaturen i overflaten er mest ekstrem på de grunneste områdene og i områder med sterk sjiktning, f. eks. Skagerrak. I Tyskebukta er gjennomsnittlig forskjell mellom maksimum og minimum på over  $15^{\circ}C$ . Den avtar i retning mot Shetland hvor den er under  $6^{\circ}C$ . Forskjellen i bunntemperaturen blir også størst på de grunne gjennomblandede områdene langs kystene fra Kanalen til Skagerrakområdet (B). Temperaturforskjellen er minst der hvor vannmassene blir konserverte av termoklinen. På Fladengrunn er forskjellen i gjennomsnitt omlag  $2^{\circ}C$ .

I ekstremt kalde vintre kan avkjølingen i grunne områder bli så sterk at temperaturen i vannmassene når tålegrensen til en del av de fiskearter som vanligvis finnes på disse feltene.

De storstilte forandringene i klimaet på den nordlige halvkulen gir hovedtrekkene i langtidsforandringer i det marine miljø også i Nordsjøen. Lokale faktorer, både meteorologiske og akvatiske, innvirker imidlertid til en viss grad på effekten av disse. Følgen er at man ikke uten videre kan ekstrapolere forandringer i tilstanden i det norøstlige Atlanterhav til Nordsjøen.

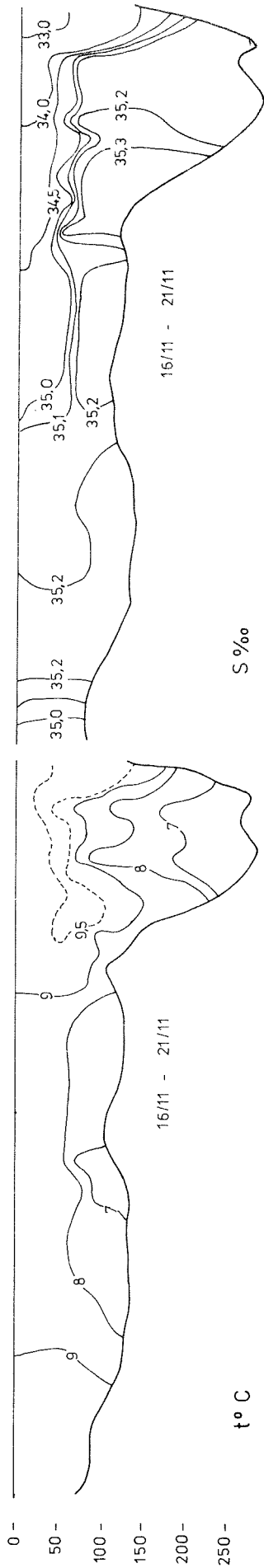
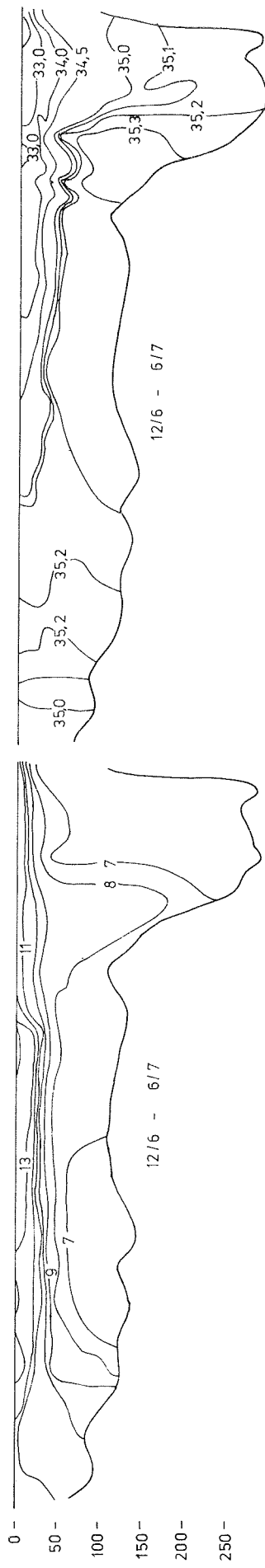
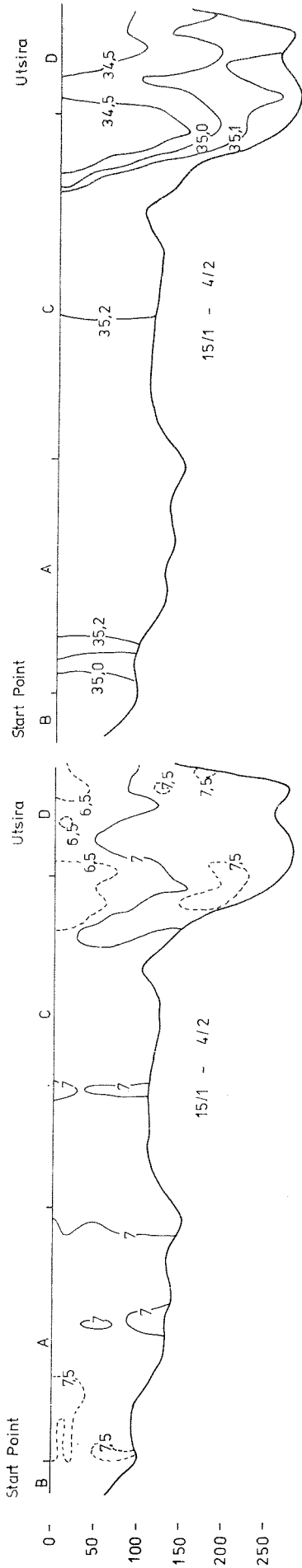


Fig. 4. Temperatur,  $t^{\circ}\text{C}$ , og saltholdighet,  $S^{\circ}/\text{oo}$ , i snittet langs  $59^{\circ}20'$  NB. 15. januar - 4. februar, 12. juni - 6. juli og 16.-21. november 1974.

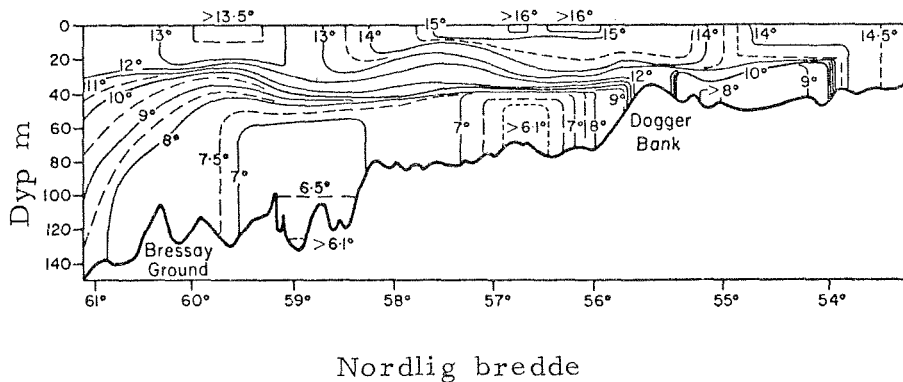


Fig. 5. Temperatur i et nord-syd snitt juni - juli 1959. (Etter F.R. Harden Jones 1968).

Der har vært en generell stigning i den årlige middeltemperatur i overflatelagene den første halvpart av dette århundre. Stigningen har vært størst i den nordlige og østlige delen av Nordsjøen, særlig på ettersommeren.

Minimum opptrådte omkring 1920 og maksimum omkring 1948. I Skagerrak var temperaturforskjellen omkring  $3^{\circ}\text{C}$ . Etter 1950 har det vært liten forandring i middeltemperaturen i den sydlige delen mens den gradvis har avtatt til midten av sekstiårene i de nordlige og sentrale områdene.

#### Ti-års middel

Fig. 6 viser fordeling av temperatur og saltholdighet i tre dyp: overflaten, under termoklinen og ved bunnen. Observasjonene er foretatt i perioden slutten av mai - begynnelsen av juli og figuren representerer gjennomsnittssituasjon i perioden 1967 - 1976.

Fordeling i overflaten viser at baltisk vann, som føres av Den norske kyststrømmen, dekker stort sett hele Norskerenna. Et fremtredende trekk er at strømmen synes å dele seg, eller i alle fall få en komplisert form i området Lindesnes - Karmøy. Temperaturminimumet inne ved land indikerer en oppstrømning utenfor denne kyststrekningen. Dette skyldes trolig nordlig vind om sommeren i dette området. Atlantisk vann finnes bare på den vestlige delen av plataet. Temperaturen er høyest, over  $13^{\circ}\text{C}$ , i det sjiktede Skagerrak og på de grunne bankene utenfor Jylland. Den er lavest, under

11°C, i de gjennomblandede områdene utenfor Storbritannia.

I 50 m er baltisk vann ikke tilstede. Hele den nordlige delen av Nordsjøen er dekket av atlantisk vann. Der er høyest saltholdighet i den nordlige

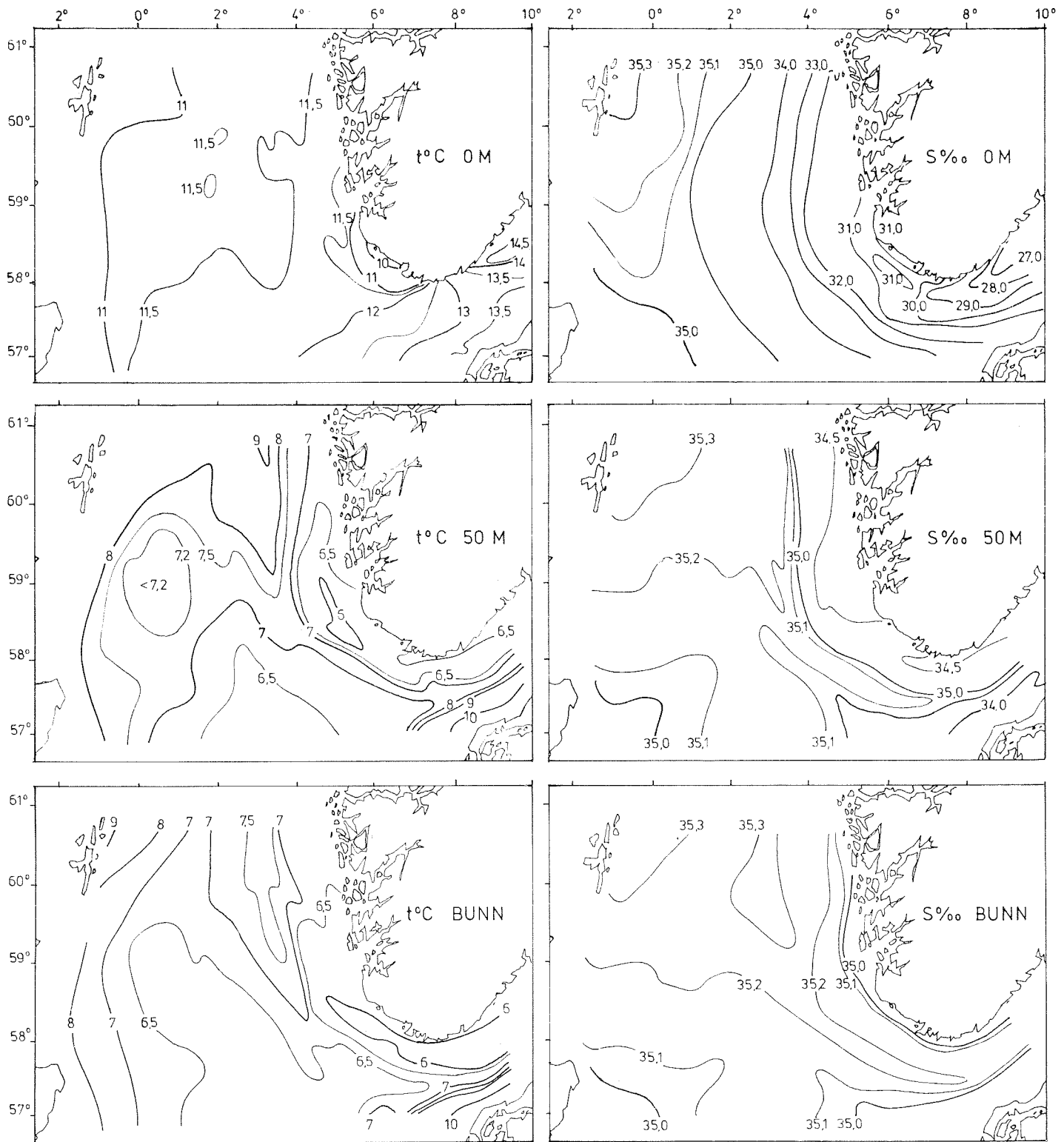


Fig. 6. Ti-års middel for temperatur og saltholdighet om sommeren i 0 m, 50 m og ved bunn.

delen og langs vest- og sydkanten av Norskerenna hvor det også er relativt høy temperatur, 7-8°C. Denne fordelingen av atlantiske vannmasser viser innstrømning langs vestkanten av Norskerenna mot Skagerrak. Effekten av den østgående strøm langs 58°N kommer også fram i kartene. Den relativt lave temperaturen over Norskerenna skyldes vinteravkjølingen i kystvannet og viskes ut i løpet av sommeren.

Ved bunnen viser temperatur- og saltholdighetsfordelingen at innstrømningen av atlantisk vann med høy temperatur er signifikant også her. Det samme gjelder strømmen nær 58°N. Den laveste temperaturen, under 6°C, finnes ved bunnen av Norskerenna.

De siste års undersøkelser har vist at 0-gruppe kolmule føres inn i den nordlige delen av Nordsjøen og Skagerrak fra gytefeltene vest av Irland med strømmen langs eggakanten. Voksen kolmule finnes hovedsakelig i det beskrevne bunnmiljøet i Norskerenna med størst konsentrasjon mot den vestlige bakkekanten umiddelbart under kjernen i strømmen.

Forholdene i 1977

En oppsummering av variasjoner i varmeinnholdet fra henholdsvis overflate- og bunnlaget de enkelte somrene på begge sider av den østgående strømmen langs 58°N er demonstrert i Fig. 7.

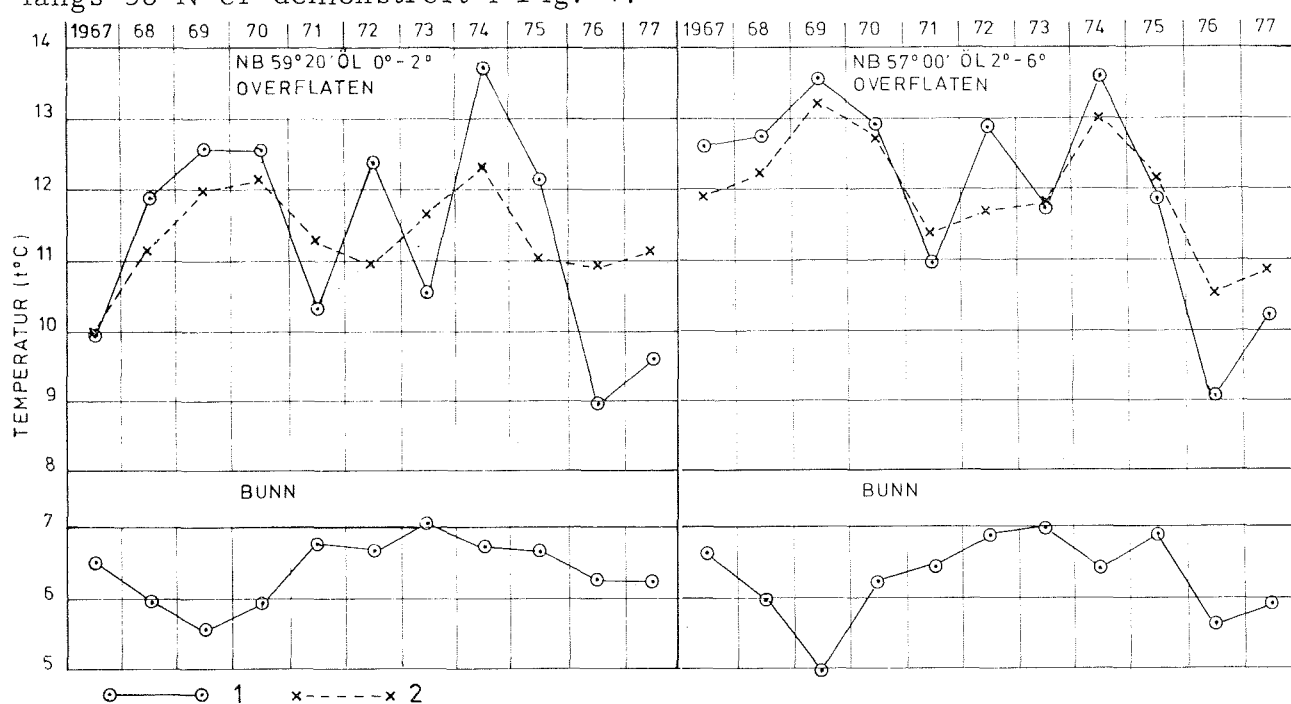


Fig. 7. Sommertemperatur ved overflaten og bunnen på 59°20'NB og 57°NB.



En normal bygget på observasjoner fra 4 meters dyp over 34 år viser at temperaturen gjennomsnittlig stiger  $2,7^{\circ}\text{C}$  pr. måned i disse lokalitetene i den perioden de aktuelle observasjonene er foretatt. Overflatetemperaturen, som er lik den i 4m, er derfor justert til verdien den ville hatt den 20. juni. Både den justerte og den observerte temperaturen er vist i Fig. 8.

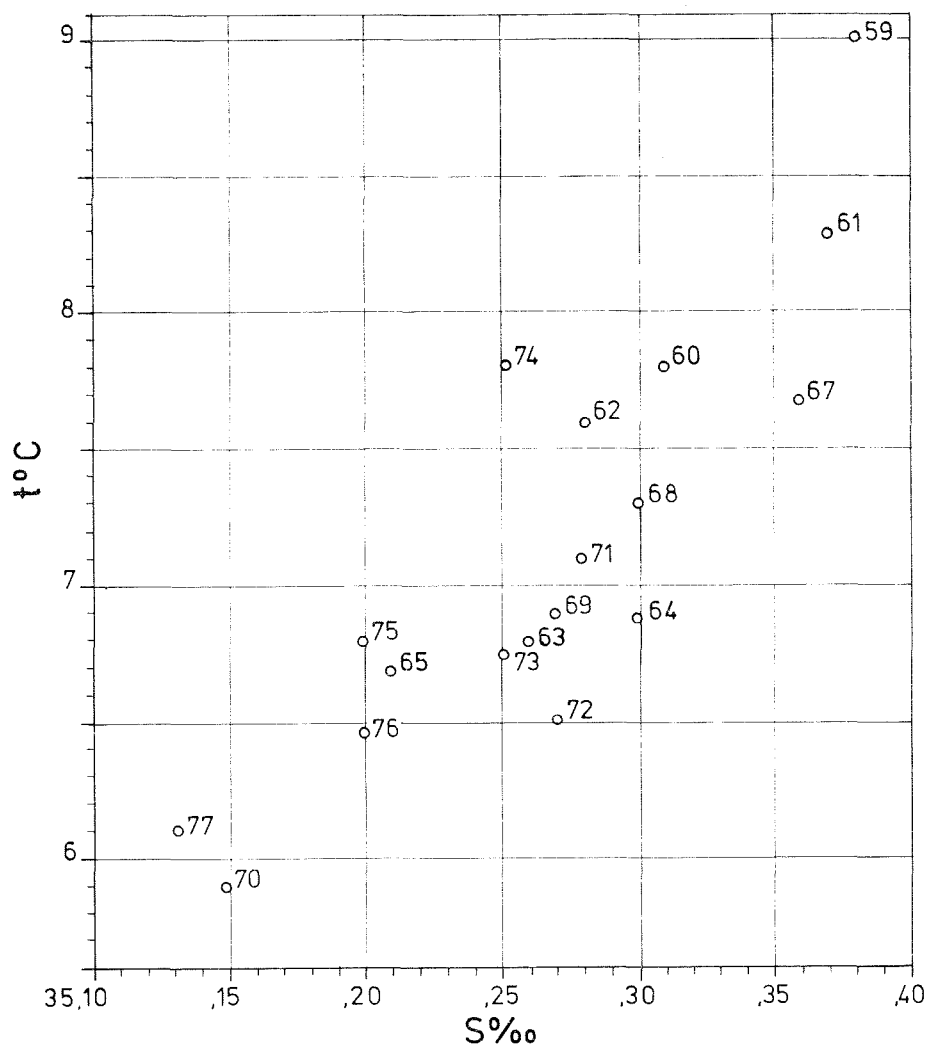


Fig. 8. t-S relasjon i kjernen av atlantisk vann syd-vest av Egerøy.

Der er ikke nok materiale tilgjengelig for en tilsvarende justering av temperaturen ved bunnen. En serie observasjoner, som ble foretatt i forbindelse med "Bravo-utblåsningen" i 1977, antyder imidlertid en stigning på omkring  $0,2^{\circ}\text{C}$  pr. måned i den aktuelle observasjonsperioden. Denne endringen vil ikke forandre hovedtrekkene av variasjonen i bunnvannets varmeinnhold.

På  $59^{\circ}20'N$  og  $57^{\circ}00'N$  er de justerte middeltemperaturene for perioden

1967-1976 i overflaten henholdsvis 11,25<sup>o</sup> og 12,09<sup>o</sup>C. De tilsvarende temperaturene i bunnsjiktet er 6,37<sup>o</sup> og 6,29<sup>o</sup>C. Undersøkelser har vist at temperaturforskjellen fra en sommer til en annen i bunnvannet hovedsakelig skyldes forskjeller i avkjølingen.

Tabell 1 viser temperaturforholdene i 1977 i relasjon til det nevnte 10 års middel og til de to årene med ekstrem temperatur i bunnlaget, 1969 og 1973, i de to lokalitetene. I overflaten var temperaturen lavere i 1977 enn gjennomsnittet og i forhold til 1969 og 1973. Det samme er tilfelle for bunnsjiktet unntatt i forhold til 1969 da temperaturen var tildels meget lavere enn i 1977. Temperatur og saltholdighet i kjernen av det innstrømmende atlantiske vann er vist i et t-S diagram fra en stasjon sydvest av Egerøy (Fig. 8).

Tabell 1. Differansen mellom temperatur i 1977 og henholdsvis ti-års middel, temperatur i 1969 og i 1973.

Lokalitet	1977 - ti-års middel	1977 - 1969	1977 - 1973
BN 59 <sup>o</sup> 20', overflaten	- 0,2	- 0,9	- 0,5
bunnen	- 0,19	+ 0,67	- 0,82
BN 57 <sup>o</sup> 00', overflaten	- 0,4	- 1,2	- 0,8
bunnen	- 0,39	+ 0,95	- 1,06

Det er stor forskjell i varme- og saltinnhold fra en sommer til neste, men det er en positiv korrelasjon mellom disse parametrene. Hovedårsaken til denne variasjonen er forskjell i aktiviteten av innstrømningen.

Somrene 1970 og 1977 skiller seg klart ut med lavest temperatur og saltholdighet, 5,9 - 6,1<sup>o</sup>C og 35,10 - 35,15<sup>o</sup>/oo. Til sammenligning var verdiene av de tilsvarende parametre i 1959 9,0<sup>o</sup>C og 35,38<sup>o</sup>/oo.

Prosessene, som forårsaker variasjon i varmeinnholdet av dypvannet i Skagerrak, er andre enn de som gir tilsvarende effekt på plataet og i kyststrømmen. Forløpet og frekvensen av temperatursvingningene er derfor også annerledes.

Under særlig strenge vintre avkjøles vannmassene på Jydske Rev, Store og Lille fiskebank og omkring EKOFISK så meget at de blir tyngre enn vannet under 300 m i Norskerenna. De førstnevnte vannmassene renner derfor ned i Skagerrak-dypet og forårsaker drastisk temperaturfall her. Et fall på 2<sup>o</sup>C

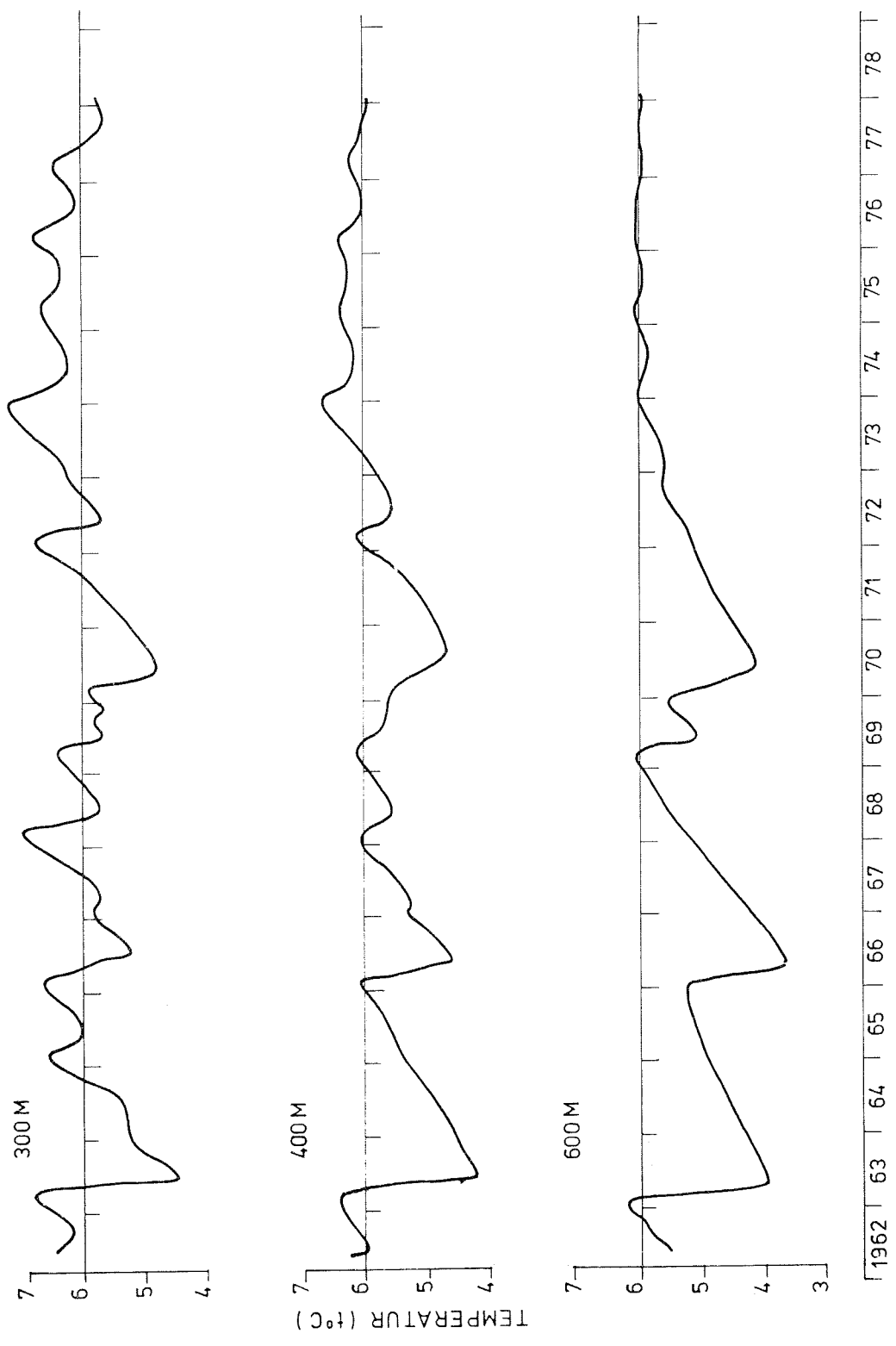


Fig. 9. Temperaturvariasjon i Skagerrakdyppet.

kan skje i løpet av noen få uker mens oppvarming til høyeste temperatur, omlag 6°C, krever 2-3 år. Oppvarming skjer ved turbulent tilførsel av varme fra de innstrømmende atlantiske vannmassene.

Etter at de systematiske undersøkelsene i snittet Torungen-Hirtshals begynte i 1958 har det vært slike drastiske temperaturfall i 1963, 1966 og 1970 (Fig. 9). En tilsvarende situasjon opptrådte i 1946, og lignende forhold er sporadisk observert fra siste århundreskifte.

Etter utskiftningen i 1970 steg temperaturen til 6,0 - 6,5°C i skiktet mellom 400 m og bunn i 1973. Dette temperatur maksimumet har vært uendret de siste fire årene og har gitt den lengste perioden med relativt høyt varmeinnhold i Skagerrak dypet siden 1946.

Det er vist at disse temperaturfallene kan flytte de beste rekeforekomstene ut av Skagerrak samtidig som utbyttet reduseres i området. Det er også antatt at kjønnsmodningen forskyves og at veksthastigheten minskes. Hvorvidt disse drastiske temperaturendringene i et avgrenset basseng har synbar effekt på andre deler av bunnfaunaen er ikke undersøkt.

### Norskekysten

Kystfarvannene spiller en avgjørende rolle når det gjelder rekrutteringen til våre viktigste fiskebestander. Utnyttelse av naturressursene på kontinentalsokkelen krever grundig kjennskap til de fysiske forhold langs kysten. Den norske kyststrøm virker videre som en spredningsvei for forurensningen. Likeledes er man i de siste år blitt klar over de store muligheter våre kystfarvann har når det gjelder kultur og oppdrett av marine organismer.

Siden midten av tredveårene er det regelmessig observert temperatur og saltholdighet langs norskekysten. Fig. 10 gir en oversikt over de lokaliteter hvor slike observasjoner taes. I en rekke faste punkter på kysten tar kyst-rutebåtene målinger for bestemmelse av overflatetemperatur og -saltholdighet. I tillegg til disse tar lokale observatører i seks posisjoner målinger i hele vannsøylen fra overflate til bunn. Stasjonen Ona på kartet i Fig. 10 ble i 1971 erstattet av stasjonen Bud i omtrent samme posisjon. Overflatemålinger får en også langs endel skipsruter i Nordsjøen. Havforskningsinstituttet har dessuten en del faste hydrografiske snitt hvor temperatur og salt-

holdighet måles fra overflate til bunn. Disse taes 4 - 10 ganger pr. år.

### Midlere oseanografiske forhold

Langs norskekysten er det to vannmasser som dominerer, nemlig atlantisk vann og kystvann. Som tidligere definert er vann med saltholdighet høyere enn 35 ‰ atlantisk vann. Vann med saltholdighet lavere enn dette er kyst-

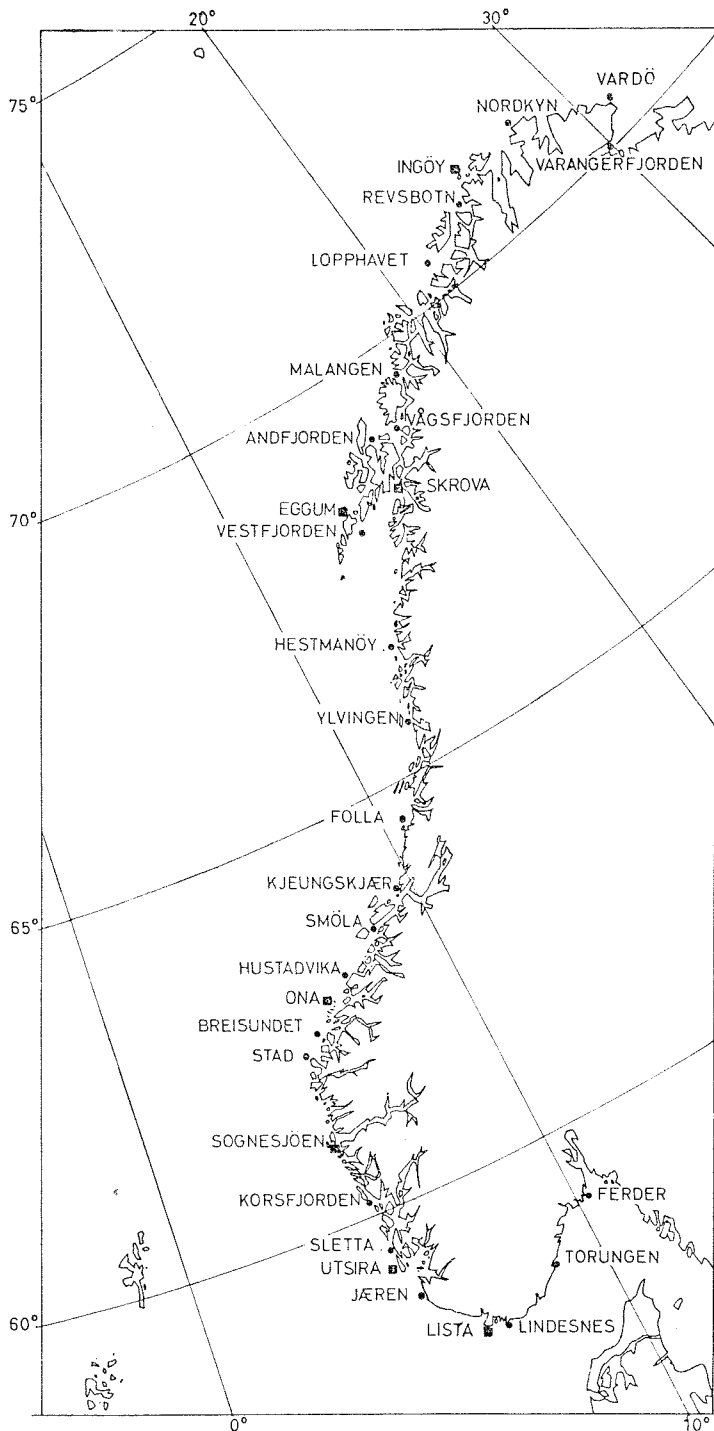


Fig. 10. Kart over kyststasjonene.

vann. Fig. 11 viser de strømsystemer som har betydning langs vår kyst. De kraftigste pilene indikerer kystvann og de svakere atlantisk vann. Vi ser at hovedmengden av atlantisk vann kommer inn i Norskehavet mellom Færøyene og Shetland. Noe av dette varme og salte vannet går inn i Nordsjøen, men største delen fortsetter nordover utenfor norskekysten. Ut fra Østersjøen føres i middel et overskudd av ferskvann på omkring  $500 \text{ km}^3$  pr. år. Dette vannet blander seg med sjøvann og føres ut gjennom Beltene som Den baltiske strøm. Deretter fortsetter denne langs norskekysten og får da navnet Den norske kyststrøm eller bare Kyststrømmen. Innerst i Skagerrak mottar strømmen tilskudd fra Jyllandsstrømmen som kommer opp fra Nordsjøen langs vestkysten av Jylland. Kyststrømmen får også tilført omkring  $400 \text{ km}^3$  ferskvann pr. år fra Norge.

På veien nordover vil kystvannet

blande seg med det saltere atlantiske vann som ligger utenfor og under Kyststrømmen. Saltholdigheten i Kyststrømmen vil derfor stige jo lengre nord vi kommer. Blandingen resulterer også i at forskjellen i temperatur og saltholdighet mellom overflatelaget og de dypere lag blir mindre jo lengre nord en kommer. Denne reduksjon i stabiliteten av vannmassene redu-

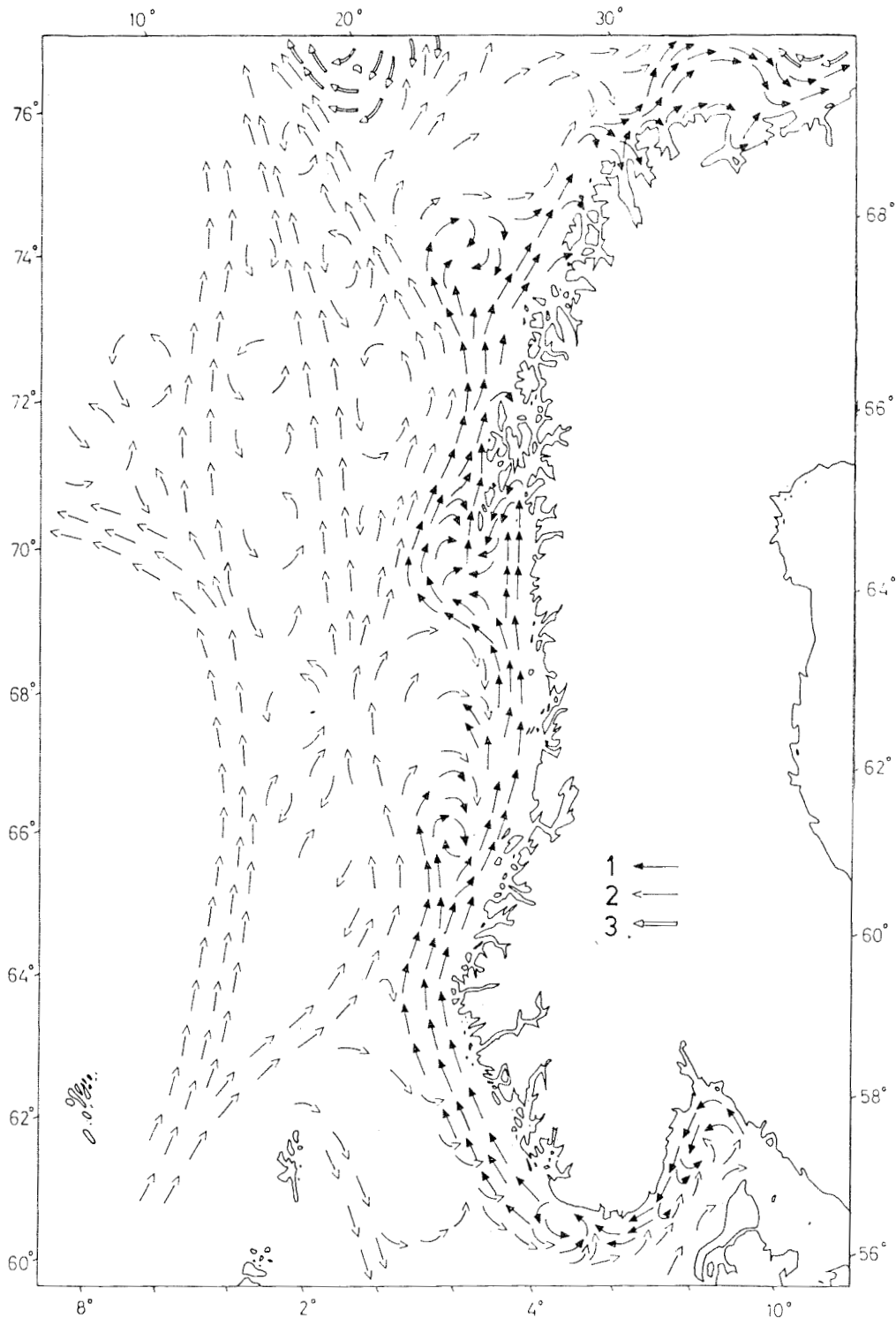


Fig. 11. Strømkart. 1) Kystvann. 2) Atlantisk vann. 3) Polarvann.

serer muligheten for isdannelse i Nord-Norge.

Strømhastighetene utenfor kysten kan bli ganske stor. Hastigheter over 100 cm/s eller ca. 2 knop observeres hyppig. Den midlere strøm eller reststrømmen varierer mellom 15 cm/s og 40 cm/s. De største strømhastighetene finnes vanligvis i overflaten. Strømmen er som regel sterkest et stykke fra land, gjerne like over eggakanten.

De hydrografiske forhold i Kyststrømmen er gjenstand for variasjoner. Disse kan vi dele i to hovedtyper

1. Geografiske variasjoner
2. Tidsvariasjoner

Tidsvariasjonene kan igjen deles opp i

- a) Korttidsvariasjoner (Innenfor ca. 1 måned)
- b) Årlige variasjoner
- c) Langtidsvariasjoner (Over flere år)

Den geografiske variasjon er illustrert i Fig. 12 som viser hvorledes de midlere årlige maksimums- og minimumsverdier i temperatur og saltholdighet varierer i overflatelaget langs kysten. Maksimumstemperaturen avtar jo lenger nord vi kommer. Minimumsverdien, eller vintertemperaturen, har sin største verdi mellom Stad og Folla. Dette skyldes den første kontakt mellom Kyststrømmen og Den norske atlantehavsstrøm. Maksimum saltholdighet øker mot nord. Når det gjelder saltholdighetsminimum, er det store geografiske forskjeller. Dette minimum inntreffer om sommeren, en tid med stor ferskvannstilførsel til våre fjorder. Stasjoner som ligger skjernet til eller i fjordmunninger, vil derfor få vesentlig lavere saltholdighet enn stasjoner i åpne farvann.

Korttidsvariasjonene gir seg utslag i raske og store endringer i temperatur og saltholdighet, i strømhastighet og -retning og i den horisontale og vertikale utbredelse av kystvannet. Den viktigste årsaken til disse variasjonene er meteorologiske faktorer, først og fremst vind.

Kystvannet ligger som en kile over det saltene og tyngre atlantiske vann.

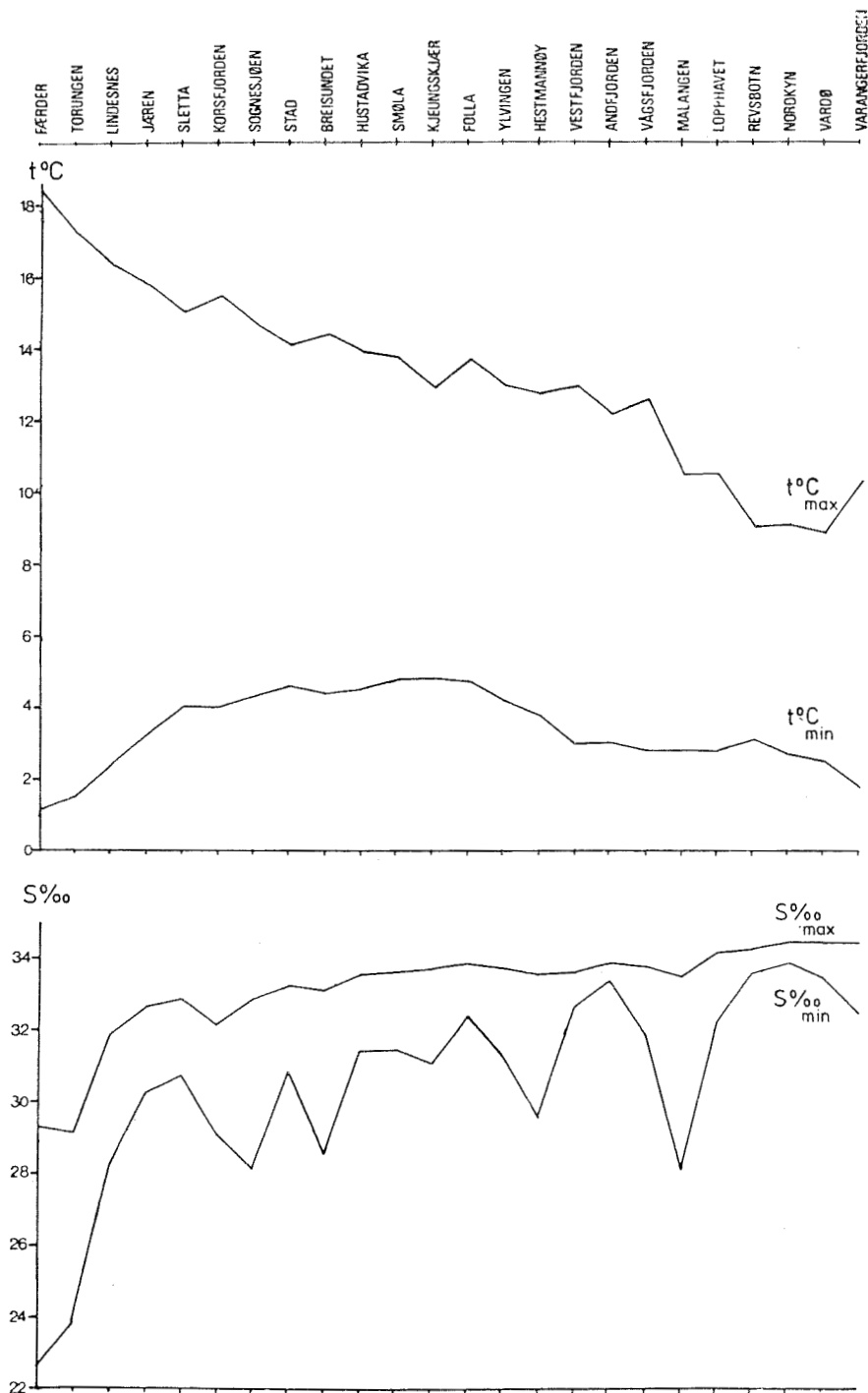


Fig. 12. Geografisk variasjon i midlere maksimum- og minimumsverdier av temperatur og saltholdighet i overflaten.

Dette er vist på Fig. 13. Om sommeren vil Kystvannet bli oppvarmet. Der- ved blir det lettere og flyter lengre utover. De dominerende vindretninger vil også bidra til denne prosessen. Således danner kystvannet om sommeren



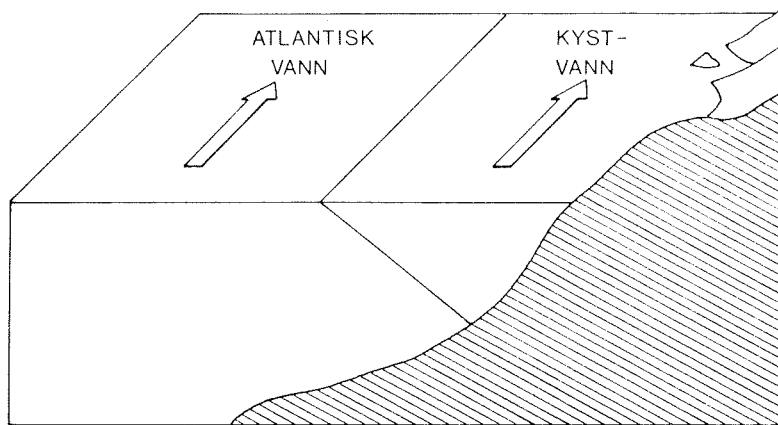


Fig. 13. "Kystvannskilen".

en bred og grunn kile, om vinteren en smal og dyp. Høyeste temperatur i overflatelaget langs kysten inntreer normalt i perioden 25. juli til 5. september. Laveste temperatur faller innenfor perioden 15. februar til 5. april.

Høyeste saltholdighet finnes om vinteren i tiden fra desember til april og laveste i tiden mai til oktober. Dette henger sammen med variasjoner i ferskvannstilførselen til Kyststrømmen. På steder hvor forbindelsen med det åpne hav er god, vil maksimums- og minimumsverdiene opptre senere enn der hvor forbindelsen er mere lukket. Likeledes er det en tendens til at maksimums- og minimumsverdiene kommer senere jo lengre nord en kommer.

På samme måte som i atmosfæren er det også i havet utpregete kalde eller varme år. Fig. 14 viser langtidsvariasjoner i overflatelaget observert ved Stad.

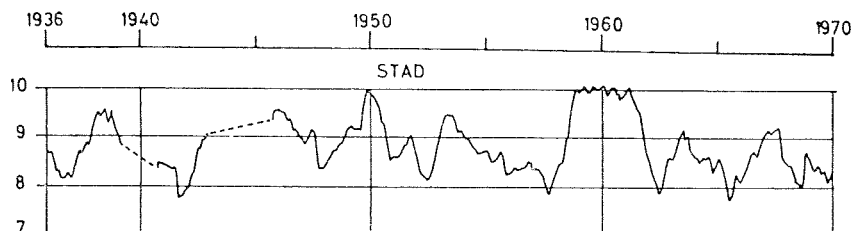


Fig. 14. Midlere årstemperatur ved Stad 1936 - 1970.

## Forholdene i 1977

Som grunnlag for beskrivelsen av de "klimatiske" forholdene langs kysten i 1977 er det valgt ut enkelte termografstasjoner (FÆRDER, JÆREN, STAD, FOLLA, VESTFJORDEN, LOPPHAVET og VARDØ). Fig. 15 viser avviket fra normalen 1936 - 1970 for temperatur og saltholdighet i 4 m dyp. I tillegg til disse termografstasjonene er også valgt ut de faste hydrografiske stasjonene (LISTA, YTRE UTSIRA, SOGNE-SJØEN, SKROVA og EGGUM). Fig. 16a, b og c viser således avviket fra normalen 1957 - 1966 for temperatur og saltholdighet i 0-50 m dyp, 50 - 100 m dyp og 100 - 200 m.

Før disse resultatene kommenteres, er det på sin plass å si litt om hvilke områder de enkelte stasjonene er representative for. Kystvannet er jo ingen enhetlig vannmasse, men er påvirket av både tilrenningen fra land og bevegelsene i havområdene utenfor. Således kan variasjonene i saltholdighet og temperatur på stasjonene FÆRDER og LISTA gjenspeile forhold i Skagerrak. JÆREN og YTRE UTSIRA er påvirket av Nordsjøbassenget. SOGNE-SJØEN er representativ for forholdene i ytre Sognefjorden. Stasjonene STAD, FOLLA, VESTFJORDEN, SKROVA og EGGUM er mer preget av kystvannets kontakt med Atlanterhavsstrømmen mens LOPPA og VARDØ gjenspeiler forhold som er mer karakteristisk for Barentshavet.

## Temperatur

Ser en bort i fra den sørligste stasjonen, LISTA, og de to nordligste stasjonene, LOPPHAVET og VARDØ, er utviklingen i temperatur forholdsvis ens i 1977: I de første kvartal er temperaturen omtrent som normalt eller noe over (opptil 1°C). Fram til desember er temperaturen langt under det normale, fra ca. 0,5 til 3,0°C. I desember er igjen temperaturen omtrent som normalt eller noe over. Året sett under ett er altså kaldere enn det normale, både i overflatelagene fra 0 - 50 m og ned mot de atlantiske vannmassene fra 100 - 200 m.

Når det gjelder Skagerrakkysten, er temperaturforholdene mere variable i overflatelagene (0-50m), men i dypet fra 50 til 200 m, viser temperaturen den samme tendensen som for området beskrevet i avsnittet over.

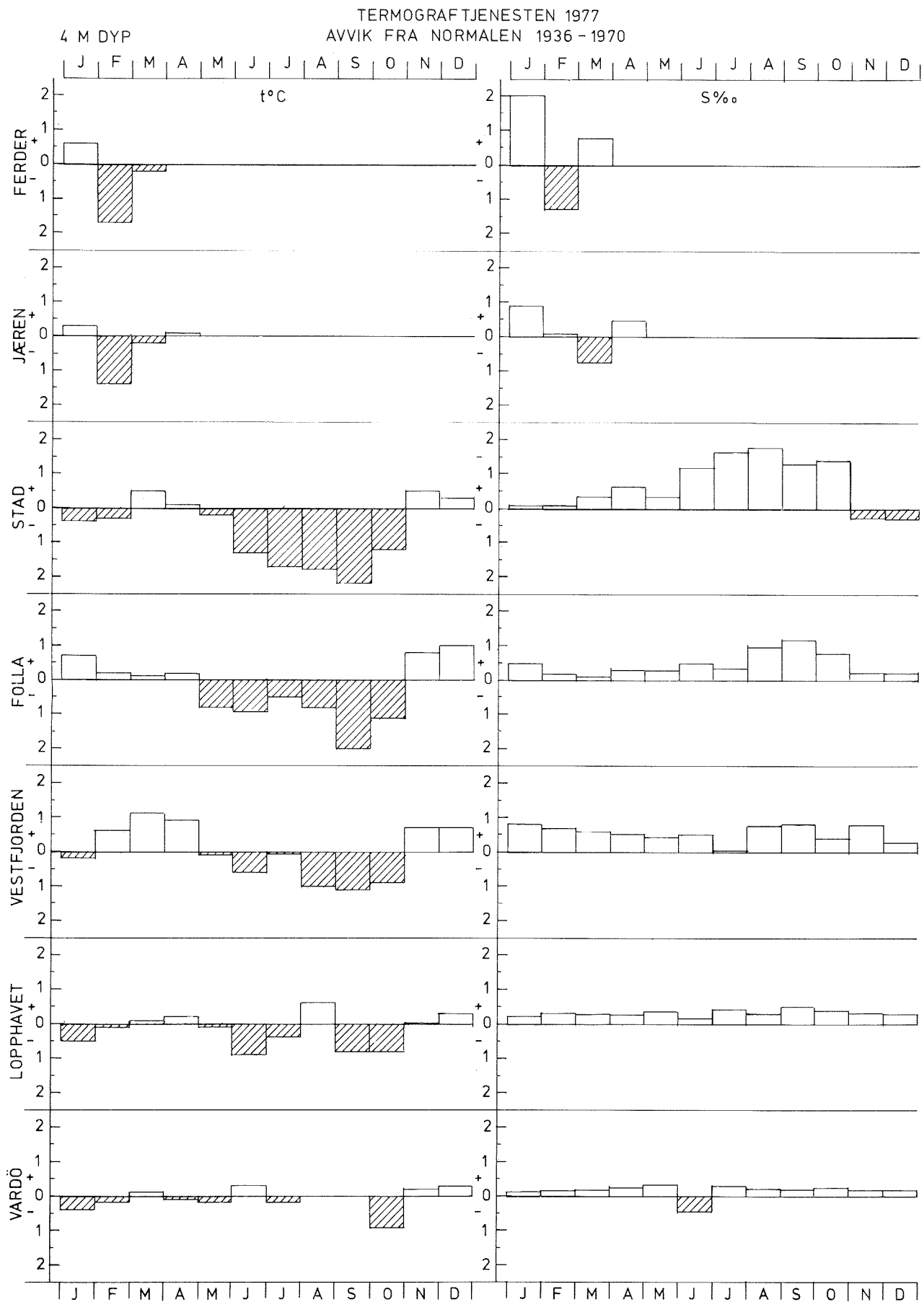


Fig. 15. Avvik fra normalen 1936-1970 for året 1977. Temperatur og salt- holdighet 4 m dyp.

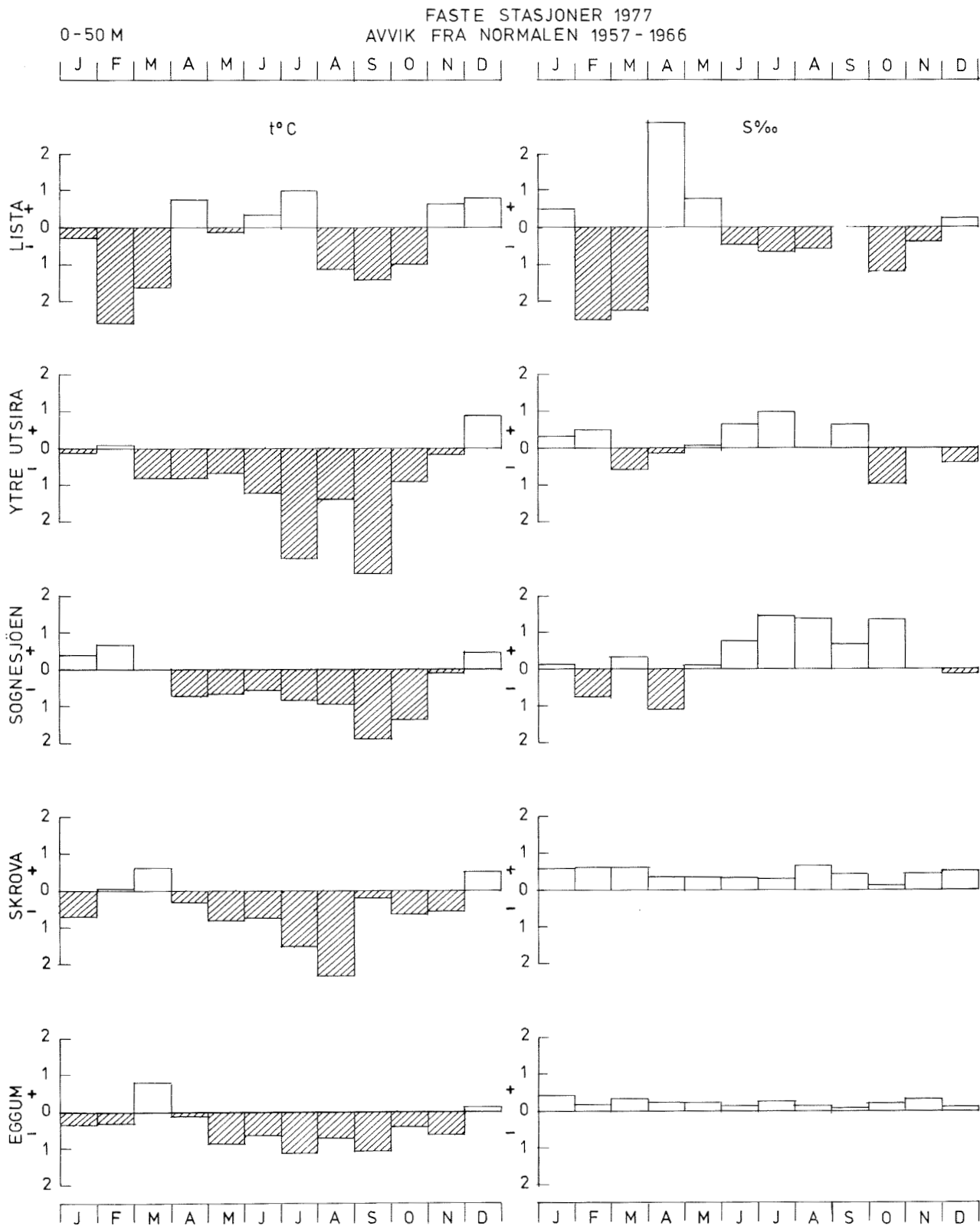


Fig. 16a. Avvik fra normalen 1957 - 1966 for året 1977. Temperatur og saltholdighet. Midlere verdi 0 - 50m.

50 - 100 M

FASTE STASJONER 1977  
 AVVIK FRA NORMALEN 1957-1966

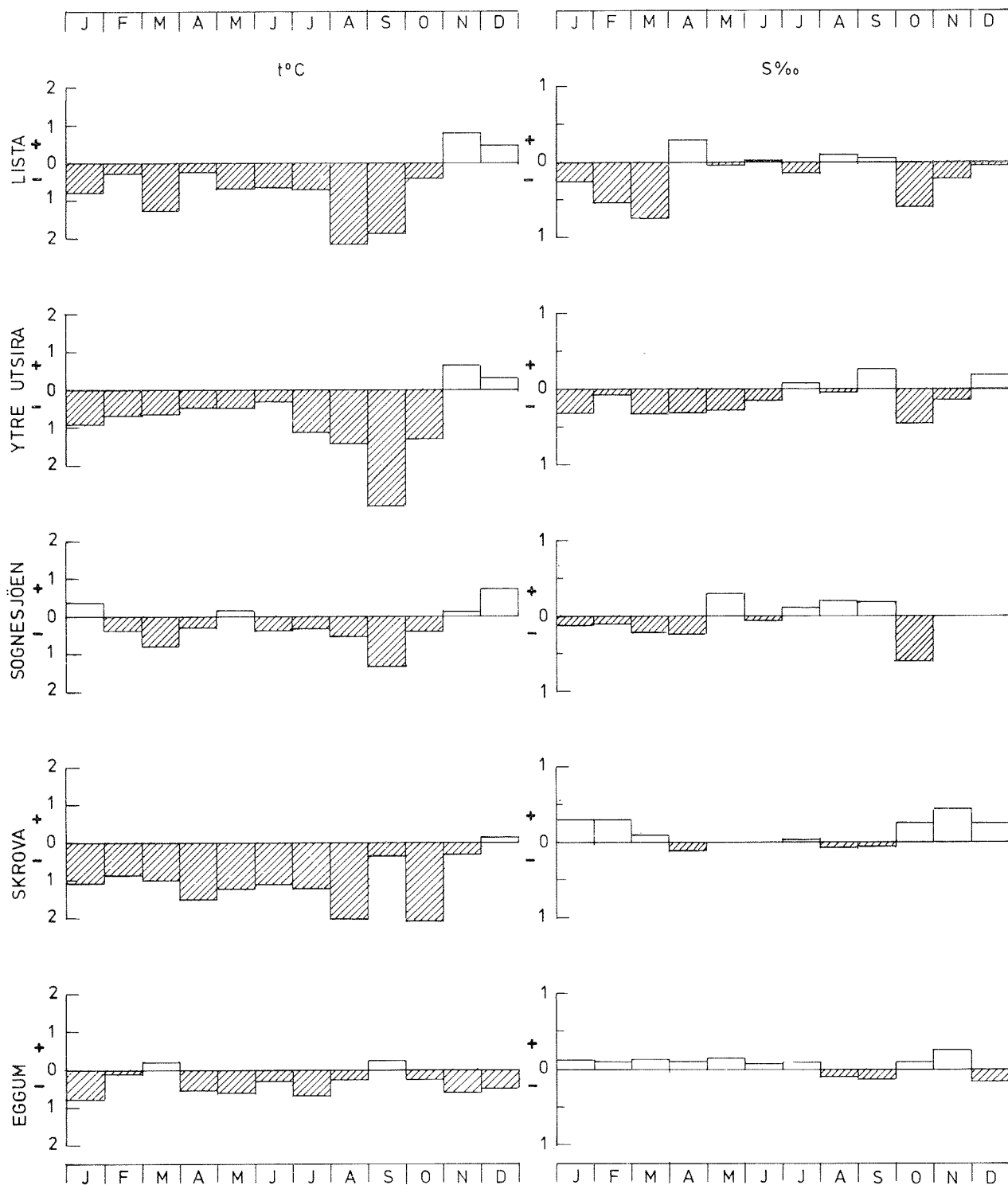


Fig. 116b. Avvik fra normalen 1957-1966 for året 1977. Temperatur og saltholdighet. Midlere verdi 50 - 100 m.

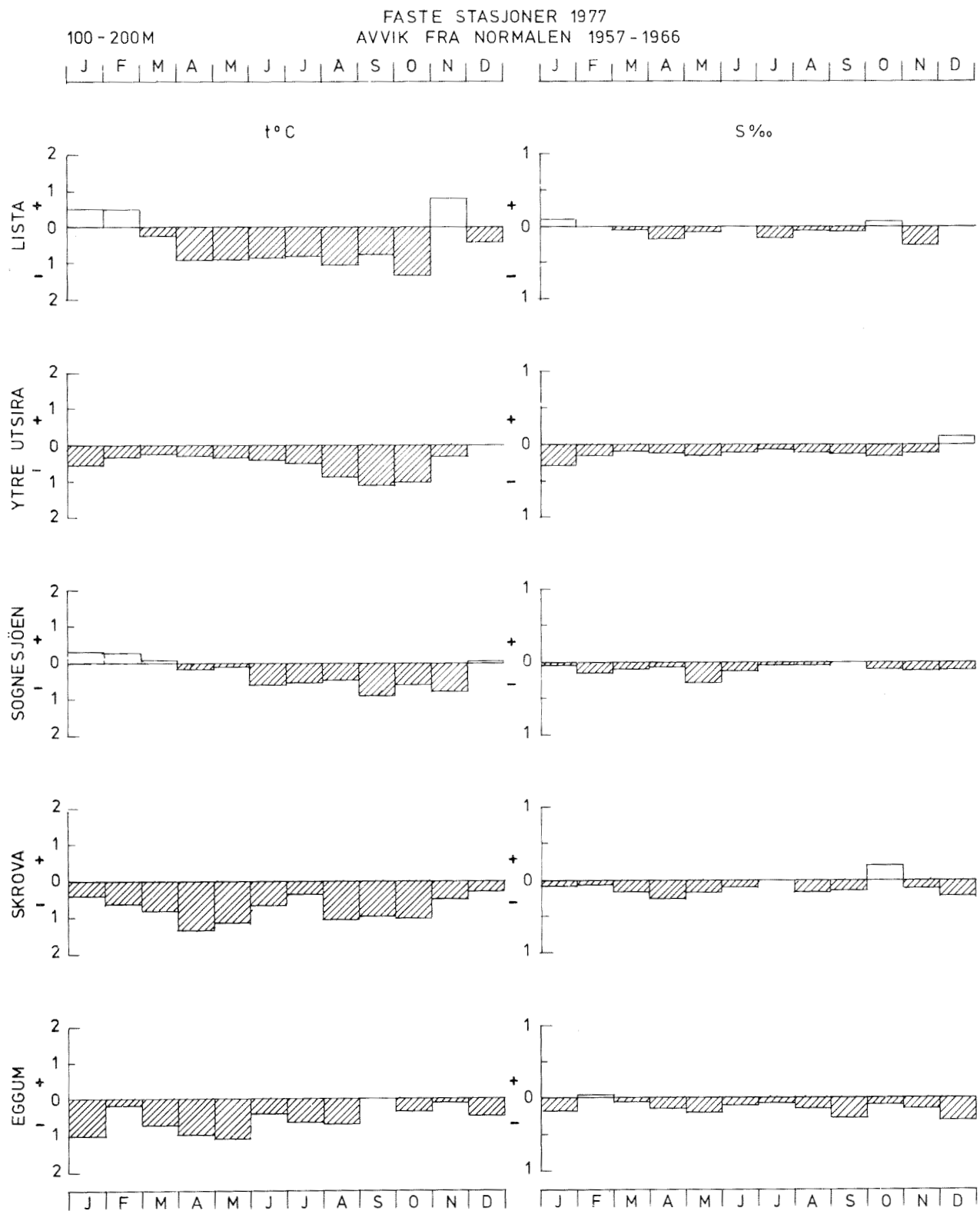


Fig. 116c. Avvik fra normalen 1957-1966 for året 1977. Temperatur og saltholdighet. Midlere verdi 100 - 200 m.

Lengst i nord fra LOPPHAVET til VARDØ er temperaturutviklingen gjennom året noe forskjellig fra kysten ellers. Som vanlig er avvikene fra normalen mindre i nord, men også her er temperaturen under det normale.

### Saltholdighet

Saltholdigheten har vært fra 0,2 til 1,0 ‰ over det normale i de øvre lag (0-50 m) mens den i de dypere lag (100-200 m) har vært 0,1 - 0,3 ‰ under det normale. Unntak er igjen Skagerrakkysten representert ved stasjon LISTA. Her er det store variasjoner i avviket fra normalen i de øvre lag (0-50 m), men i dypet fra 100-200 m er saltholdigheten som for kysten forøvrig, under det normale.

Fordelingen av saltholdighet og temperatur med gjennomgående kaldere og saltere vann i det øvre lag og ferskere vann enn normalt i dypet, har bevirket at lagdelingen eller tetthetssjiktningen i kystvannet har vært lav. Dette betyr igjen at energiutvekslingen mellom atmosfære og hav når dypere ned i vannmassene.

I neste kapittel blir det vist at den lave temperatur og saltholdighet i de dypere vannlag skyldes svak innstrømning av atlantisk vann til de nordlige havområder. Samtidig betyr den høye saltholdighet i overflatelagene at ferskvannstilførselen fra land har vært lav i 1977.

### Norskehavet

Fig. 17 viser i grove trekk dybdeforholdene i havområdet mellom Grønland og Norge. Mot sør er området avgrenset av Skottland-Grønlandsryggen. Denne ryggen danner sokkel for Færøyene og Island, og mellom disse landområdene er der for det meste mindre enn 500 m dyp. Større dyp er det bare i en renne i Danmarksstredet, og en ved Færøybanken der det er dyp rundt henholdsvis 600 og 800 m.

En rygg strekker seg fra Øst-Island mot Jan Mayen. Derfra fortsetter den under navnet Mohns rygg mot nordøst og nord. På begge sider av ryggen er det dype bassenger med dyp på nesten 4000 m. Disse bassengene benevnes Grønlandbassenget, som ligger vest av ryggen, og Det norske bassenget mellom Mohns rygg og Norge. Området mellom Island, Jan Mayen og Grøn-

land har navnet Islandhavet. I dette området er det et lite basseng sør for Jan Mayen som er over 2000 m dyp.

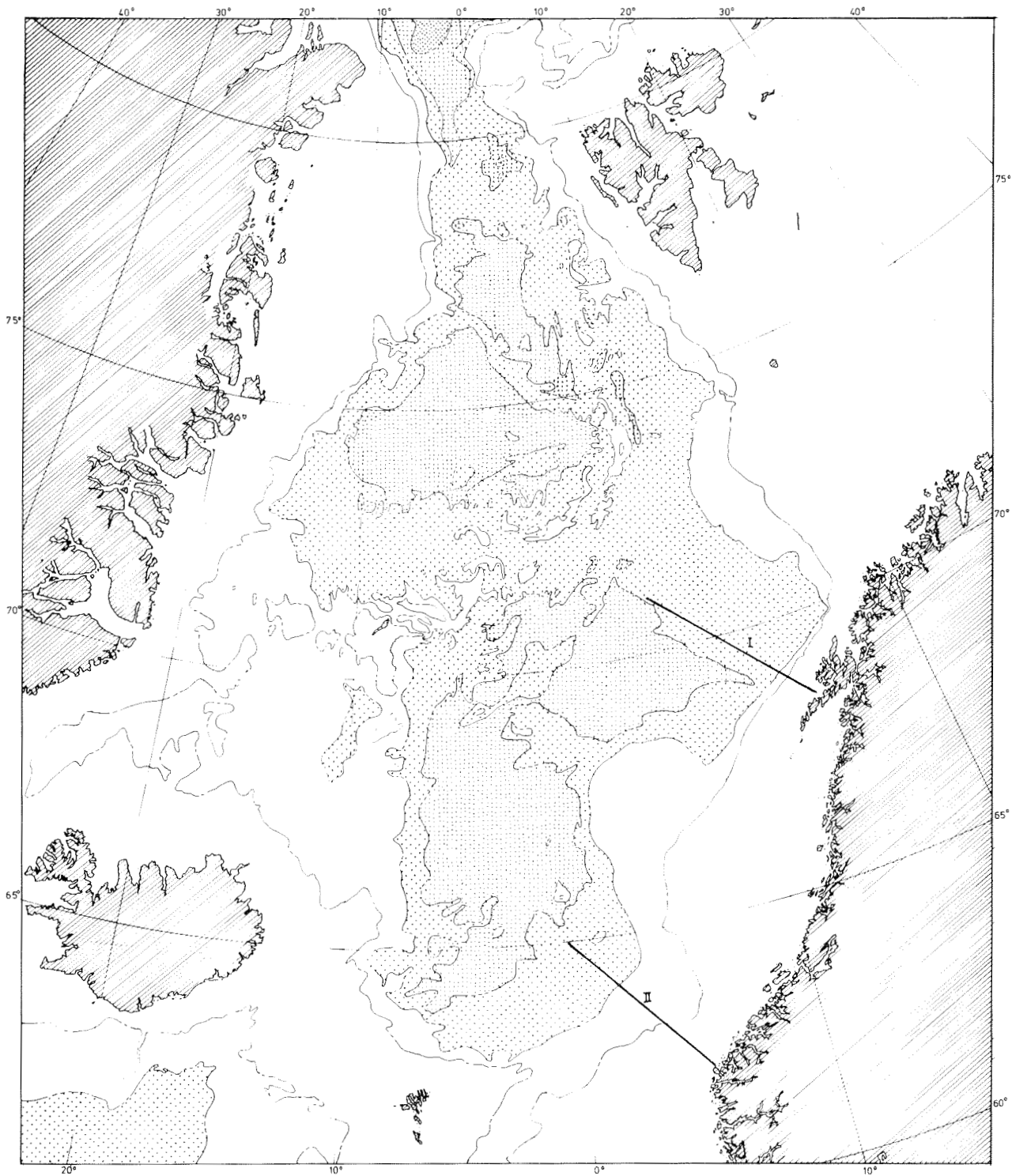


Fig. 17. Dybdeforhold i Norskehavet og tilgrensende områder. (Forenklet etter Eggvin, Kismul og Lygren 1963). I) Snitt Svinøy-NV, II) Snitt Gimsøy-NV.



## Vannmasser

De viktigste vannmassene i de øvre lag har forbindelse med de viktigste strømsystemene, Atlanterhavsstrømmen og Øst-Grønlandstrømmen, og kommer inn i Norskehavet fra andre havområder.

Vann med saltholdighet over 35 ‰ er som kjent definert som atlantisk vann uansett temperatur. Denne vannmassen er dominerende i de øvre lag av Det norske bassenget.

Arktisk vann dannes i Øst-Grønlandstrømmen og forgreningene av denne. Det er en blanding av polarvann, som Øst-Grønlandstrømmen transporterer fra Polhavet, og de andre vannmassene i Norskehavet. Opprinnelig har dette vannet temperatur under 0°C og lav saltholdighet. Temperaturen varierer med årstid og utbredelse, og ved Øst-Island er den mellom 2 og 3°C. Saltholdigheten er lavere enn i atlantehavsvannet, mellom 34,8 og 35,0 ‰.

Den tredje viktige vannmassen i Norskehavet, Norskehavets dypvann, dannes hovedsakelig i Grønlandbassenget mellom 72° og 75°N, nord og nordøst av Jan Mayen. Her blandes atlantisk og arktisk vann, og når dette utsettes for kraftig vinteravkjøling til temperaturer nær frysepunktet (-1,7° til -1,8°C), blir det så tungt at det synker til store dyp. Produktet blir en karakteristisk vannmasse med konstant saltholdighet på 34,9 ‰ og temperatur mellom -1,0 og -1,3°C. Fra dette området sprer dypvannet seg utover og fyller alle dypere lag i hele området mellom Norge og Grønland. Forbindelsen til Det norske bassenget går gjennom de dypeste passene i Mohns rygg som for det meste er grunnere enn 2500 m. Dette gjør at temperaturen i Det Norske bassenget er litt høyere enn i Grønlandsbassenget og kommer ikke under -1,0°C.

Dypvannet utgjør ca. 2/3 av det totale vannvolumet i havområdet. Den øvre grensen av dypvannet ligger dypest i Det norske bassenget under Atlanterhavsstrømmen, og utenfor Lofoten finnes den på 900 til 1000 m dyp. Mot sør og vest ligger overgangslaget mot dypvannet grunnere, mellom 600 og 800 m dyp utenfor Møre og mellom 400 og 600 m øst av Island og Jan Mayen. I Grønlandbassenget nærmer overgangslaget seg overflaten, spesielt sen-vinters og om våren da bunnvannet dannes.

Dypvannet isoleres fra Atlanterhavet av Skottland-Grønlandryggen. Bare over de dypeste passasjene gjennom ryggen er det overstrømming, mest i den dypeste delen av Danmarkstredet og i den ca. 800 m dype renna ved Færøybanken.

### Strømforhold

Fig. 18 gir et bilde av strømforholdene i Norskehavet og de tilgrensede områdene. De to viktigste strømsystemene, Atlanterhavsstrømmen og Øst-Grønlandstrømmen fører begge vannmasser fra andre havområder inn i Norskehavet.

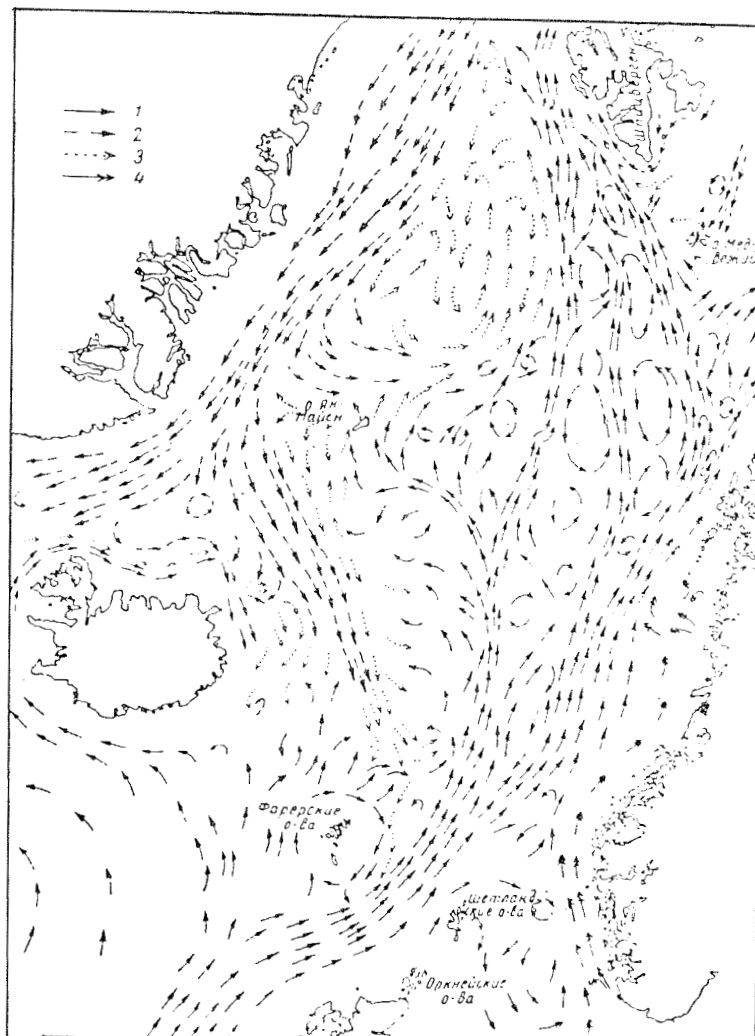


Fig. 18. Overflatestrømmer i Norskehavet og tilgrensede områder. 1) Varmt vann, 2) Kaldt vann, 3) Blandingsvann, 4) Kystvann (Etter Alekseev og Istoshin 1956).

Atlanterhavsstrømmen kommer inn i Norskehavet hovedsakelig gjennom Færøy-Shetlandrenna og transporterer varmt atlantisk vann nordover. Som vist i Fig. 18 er denne strømmen dominerende i Det norske bassenget. Nordøst av Færøy-Shetlandrenna sprer strømmen seg utover og danner flere grener og hvirvelområder. I vest går en gren nordvestover til området ved Jan Mayen der den bøyer av og følger Mohns rygg mot Bjørnøya og Vest-Spitsbergen. Hovedgrenen, Den norske atlanterhavsstrømmen, går langs egga fra Mørekysten og nordover forbi Vest-Spitsbergen. Ved Tromsøflaket går en gren inn i Barentshavet og er av stor betydning for de oseanografiske forholdene der.

Øst-Grønlandstrømmen fører kalde vannmasser fra Polhavet sørover langs østkysten av Grønland. Vest av Jan Mayen bøyer en gren, Øst-Islandstrømmen, mot sørøst og fører arktisk vann inn i de sørlige delene av Norskehavet. Nord av Færøyene synker det arktiske vannet under det atlantiske vannet, men mellom dette og dypvannet kan det spores som et mellomliggende lag helt inn mot egga langs kysten nordover fra Møre.

Vann fra Øst-Grønlandsstrømmen/Øst-Islandstrømmen bøyer også av mot nordøst og danner en strømgren på vestsiden av Jan Mayen og videre langs Mohns rygg. Denne er av betydning for dannelsen av isodden i Vesterisen.

#### Variasjoner

Innstrømningen av vannmasser fra de omliggende havområdene kan variere mye med tiden. Dette skaper tilsvarende variasjoner i utbredelse og mektighet av vannmassene i Norskehavet. Videre kan svingninger i de meteorologiske forholdene påvirke temperaturfordelingen. Her er de sesongmessige endringene mest fremtredende, men svingninger med annen varighet forekommer også. For fiskeriene er det svingninger som strekker seg over et år og mer, som har størst betydning.

I Norskehavet er variasjonene i mektigheten av Atlanterhavsstrømmen og Øst-Islandstrømmen av størst betydning. Variasjoner i Øst-Islandstrømmen virker på utbredelsen av området med arktisk vann øst av Island og nord av Færøyene. Beliggenheten og skarpheten av fronten (mellom arktisk og atlantisk vann) på sør og østsiden av dette området varierer tilsvarende. Dette forholdet har betydning for utbredelsen av fiskeforekomstene i området.

Nå har det betydning for utbredelsen av kolmule. Spesielt i mai-juni, mens kolmulen er på vandring nordover etter gytesesongen, opptrer den ofte i konsentrasjoner i dette frontområdet. Tidligere var det også et viktig beiteområde for den Atlanto-skandiske sildestammen. Etter at sildefisket ved Nordøst-Island tok slutt, har den norske forskningsvirksomheten i området vært liten, og undersøkelser av de oseanografiske forholdene foretas nå for det meste av islandske og russiske fartøyer.

Observasjoner i Den norske atlantehavsstrømmen foretas oftest i snitt nordvestover fra Svinøy ved Stad og fra Gimsøy i Lofoten. Det har også her vært vanskelig å kombinere regelmessig observering med programmet for instituttets øvrige toktvirksomhet. Derfor mangler lange serier av observasjoner tatt på samme årstid. Siden forholdene i Barentshavet er best beskrevet i august-september, beskrives her situasjonen i Gimsøysnittet for samme årstiden.

#### Forholdene i 1977

Fig. 19 viser et snitt fra Gimsøy mot nordvest tatt i september 1973. Dette representerer et år med forholdsvis stor atlantisk innstrømning. Saltholdigheten i kjernen av det atlantiske vannet lå over 35,2 ‰ og den tilhørende temperaturen mellom 7,5 og 8°C.

Fig. 20 viser et tilsvarende snitt tatt i august 1977. Kjernen av det atlantiske vannet var da adskillig mindre markert, og saltholdigheter over 35,1 ‰ var bare observert rundt 100 m dyp på en stasjon like utenfor egga. Den tilhørende temperaturen var 6,5°C. Dette snittet viser således betraktelig mindre atlantisk karakter i Den norske atlantehavsstrømmen enn snittet fra 1973. Snitt som er tatt på andre tider av året viser den samme tendensen.

Middelverdier for temperatur og saltholdighet mellom 50 og 100 m og mellom 100 og 200 m dyp i området utenfor egga er for de to snittene:

	August 1973		August 1977	
50 - 100 m	7,77°C	35,169 ‰	6,64°C	35,073 ‰
100 - 200 m	7,10°C	35,181 ‰	5,73°C	35,069 ‰

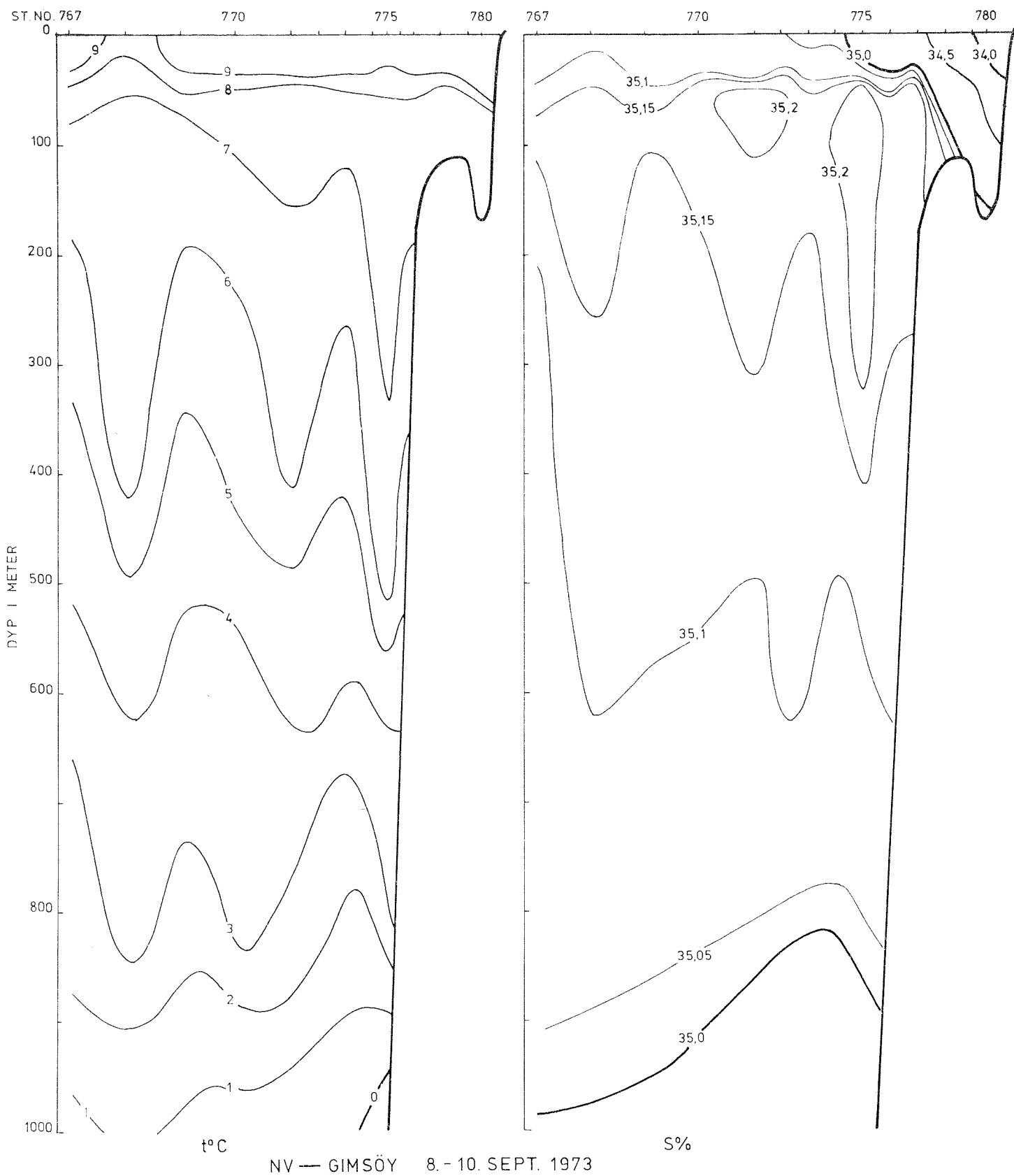
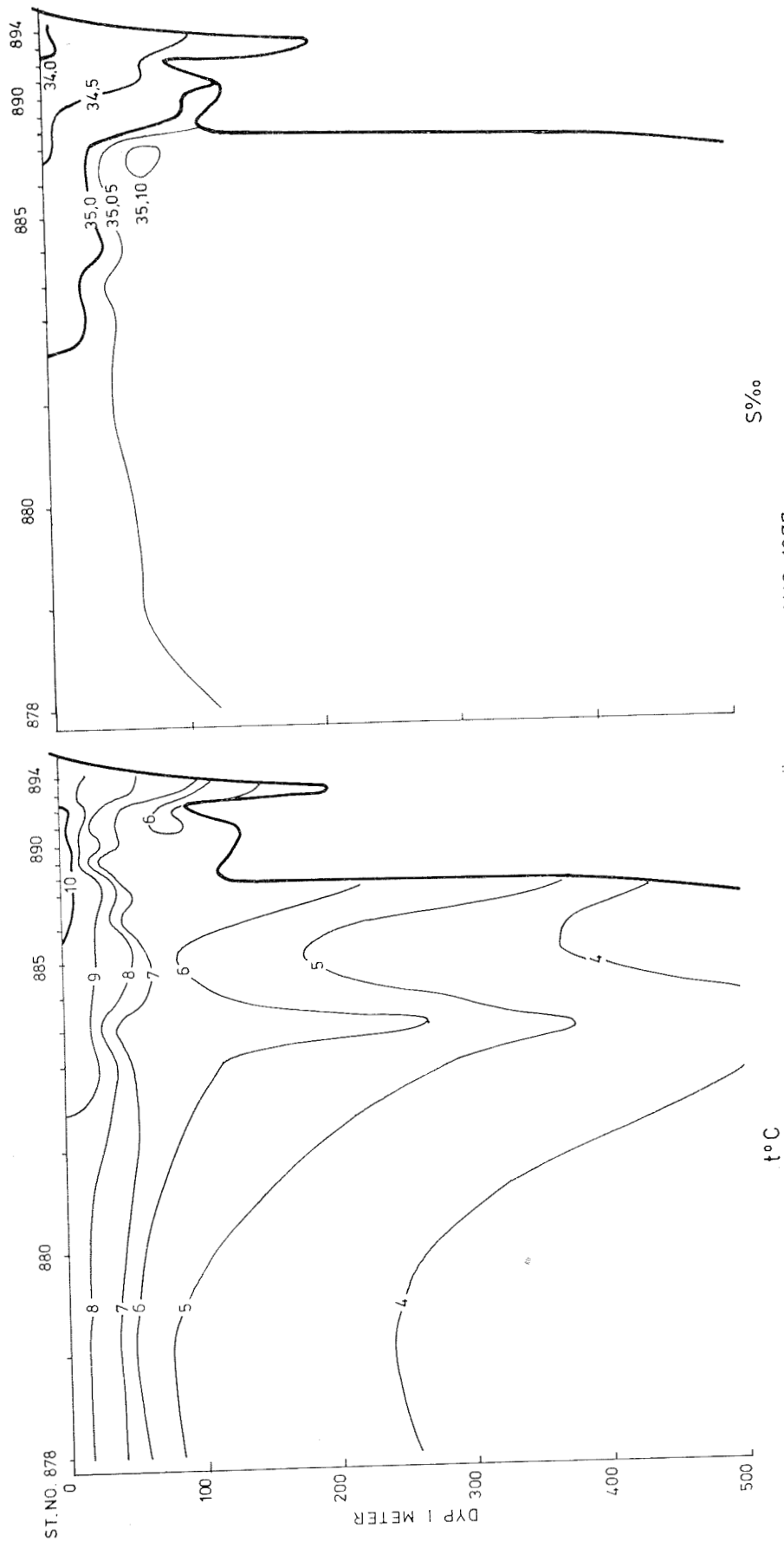


Fig. 19. Temperatur og saltholdighet i snitt fra Gimsøy mot nordvest, september 1973.



NV — GIMSÖY 21.-22. AUG. 1977

Fig. 20. Temperatur og saltholdighet i snitt fra Gimsøy mot nordvest, august 1977.

Dette viser en klar nedgang i temperatur og saltholdighet fra 1973 til 1977, noe som stemmer godt overens med variasjonene som er observert i Barentshavet.

Variasjonene som er observert i Svinøysnittet (Fig. 21 og 22), viser i store trekk samme tendens som Gimsøysnittet. Snitt som er tatt i 1977, viser liten atlantisk karakter. Maksimalverdiene i saltholdigheten ligger rundt 35,10 ‰ med tilsvarende temperatur nær 8,5°C. I år med stor atlantisk aktivitet, som f.eks. 1971, kan saltholdigheten overskride 35,35 ‰ med temperaturer godt over 9°C.

Observasjonene i Den norske atlanterhavsstrømmen tyder derfor på at intensiteten av den atlantiske innstrømningen nå er lav.

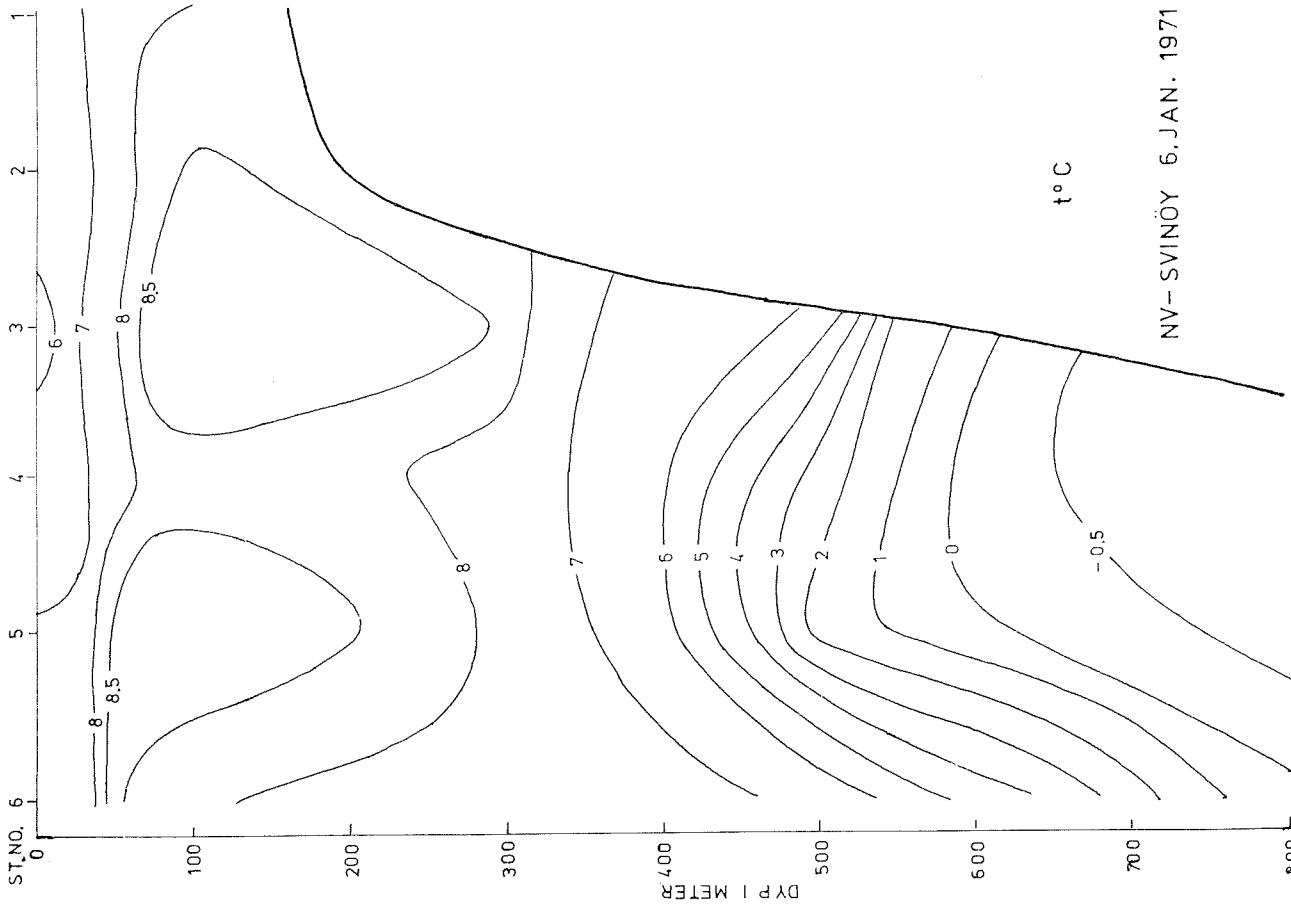
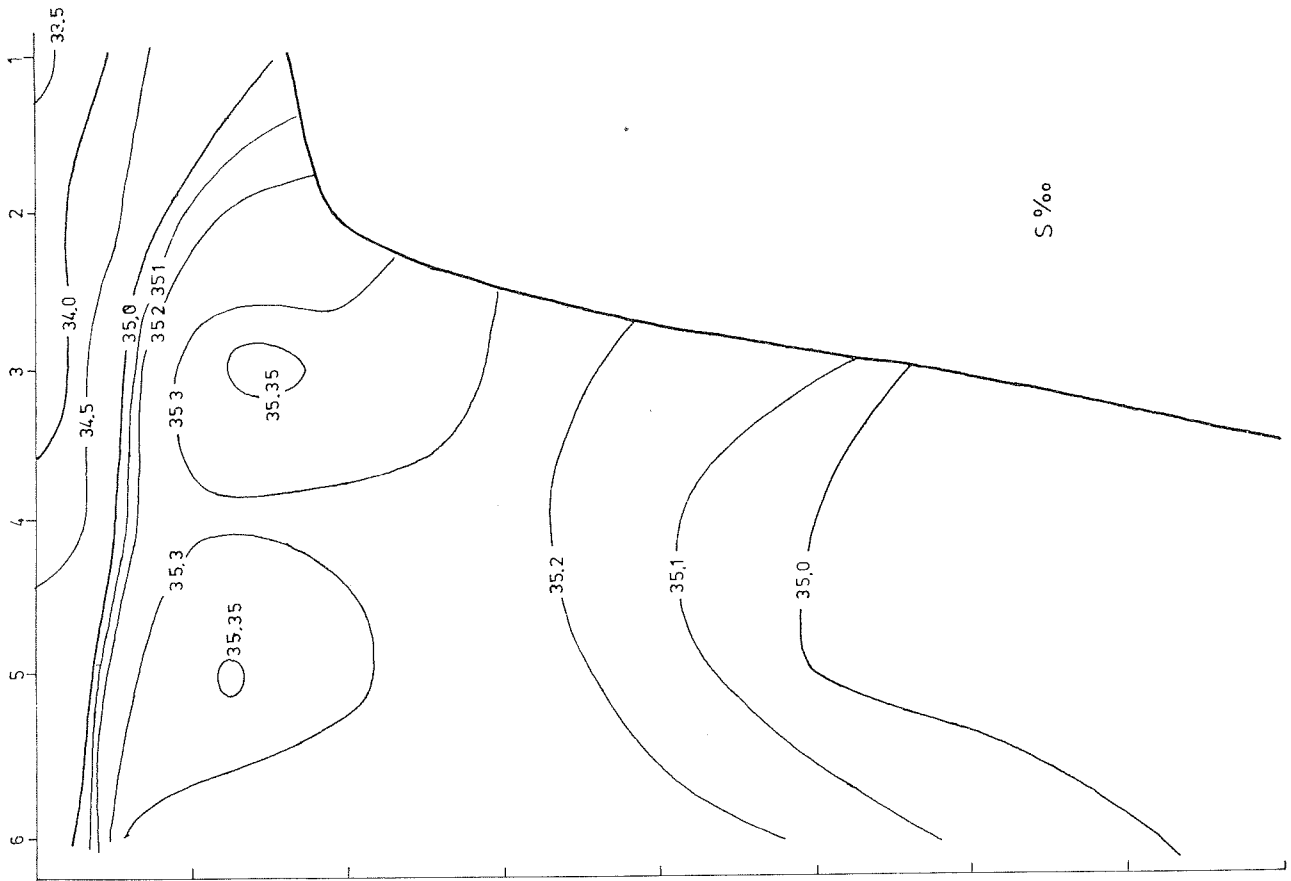
## Barentshavet

### Topografi

I Barentshavet har topografien stor innflytelse på de fysiske oseanografiske forhold. Dette skyldes at Barentshavet er et grunt hav med flere markerte trekk i bunntopografien (Fig. 23). Havet ligger i sin helhet på kontinentalsokkelen og har et middeldyp som er mindre enn 300 m. De største dypene (500 m) finner man vest i Bjørnøyrenna som strekker seg fra Norskehavet til ca. 30°Ø. Dyp over 300 m finner man også i Storfjordrenna mellom Bjørnøya og Vest-Spitsbergen og i en nordgående renne øst for Sentralbanken. De grunneste områdene med dyp under 100 m finner man i området rundt Svalbard og sørover forbi Hopen til Bjørnøya. Dessuten er dypet mindre enn 200 m på en del større banker som Storbanken, Sentralbanken, Skolpenbanken, Gåsebanken, i området langs vestkysten av Novaja Zemlja og området rundt Franz Josefs Land.

### Strømforhold

Fig. 24 viser hovedtrekkene i strømforholdene i Barentshavet. Utenfor kysten av Troms splittes Den norske atlanterhavsstrøm i to (se avsnittet om Norskehavet). En gren fortsetter videre nordover langs egga forbi vestsiden av Bjørnøya og Vest-Spitsbergen som Vest-Spitsbergenstrømmen. En liten del av denne strømmen trenger seg inn langs sørskråningen av Stor-



NV-SVINÖY 6.JAN. 1971

Fig. 21. Temperatur og saltholdighet i snitt fra Svinøy mot nordvest, januar 1971.



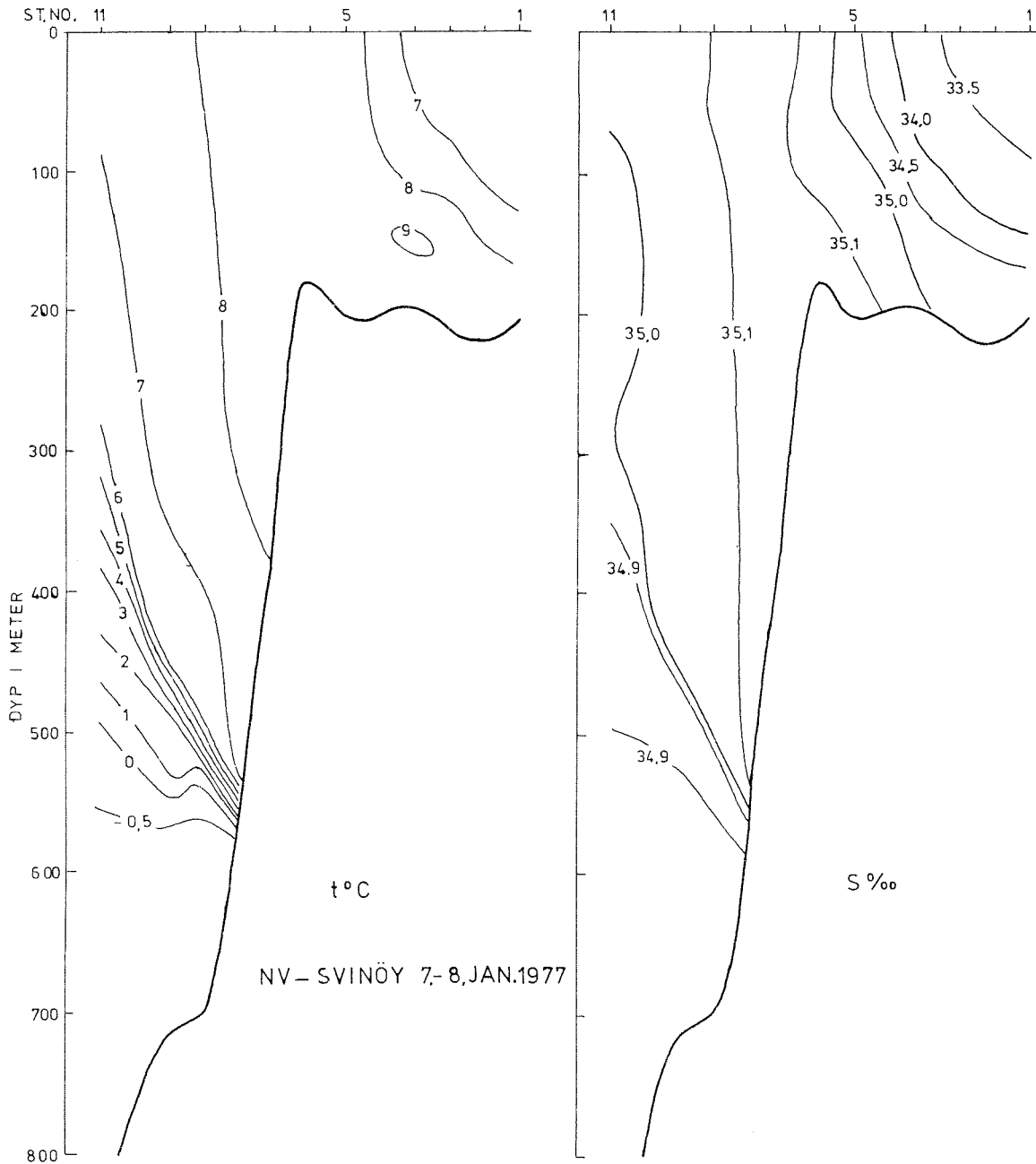


Fig. 22. Temperatur og saltholdighet i snitt fra Svinøy mot nordvest, januar 1977.

fjordrenna fram til de grunne områdene ved Hopen under navnet Syd-Spitsbergenstrømmen. Den andre grenen av Den norske atlantehavsstrøm dreier rundt Tromsøflaket og følger Bjørnøyrenna inn i Barentshavet og kalles her for Nordkappstrømmen. Den utgjør en bred og mektig strøm som har høyere saltholdighet og temperatur enn de omliggende vannmasser. Strømhastighetene vet man lite om, men de målingene man har fra Bjørnøyrenna gir en middelhastighet mellom 10 - 20 cm/s i 30 m og 10 - 15 cm/s 10 m over

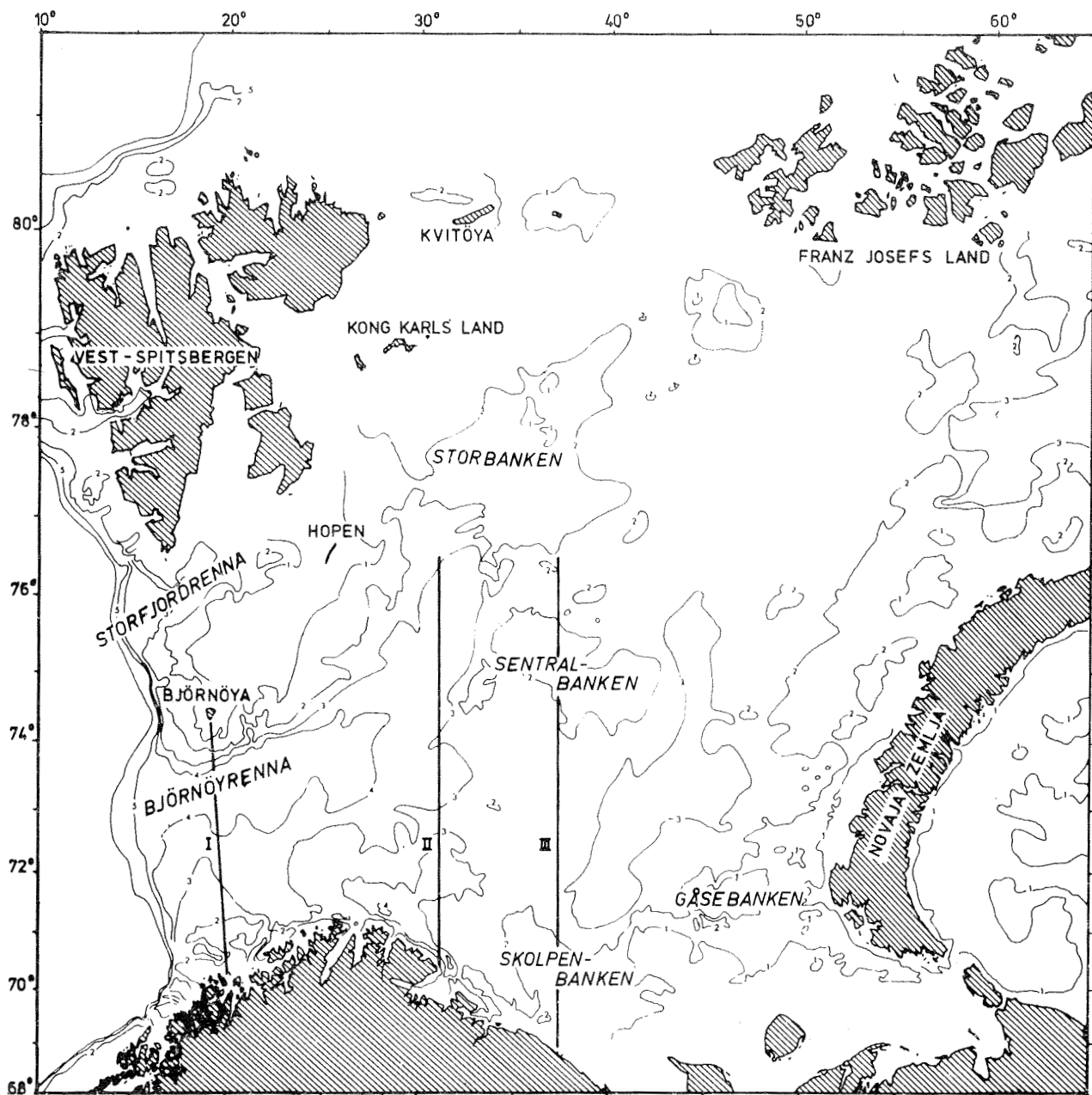


Fig. 23. Dybdekart og faste snitt i Barentshavet.

I: Fugløya-Bjørnøya, II: Vardø-N, III: Semøyene-N.

bunnen. Observerte maksimumshastigheter var henholdsvis 60 cm/s og 40 cm/s. I overflaten er middelhastighetene neppe særlig større mens maksimumshastigheten vil kunne være over 100 cm/s.

Ved ca. 30°Ø splittes Nordkappstrømmen i flere grener, og strømbildet blir mindre klart. En gren følger den del av Bjørnøyrenna som går nordover vest for Sentralbanken. Her dukker strømmen under det lettere polar-

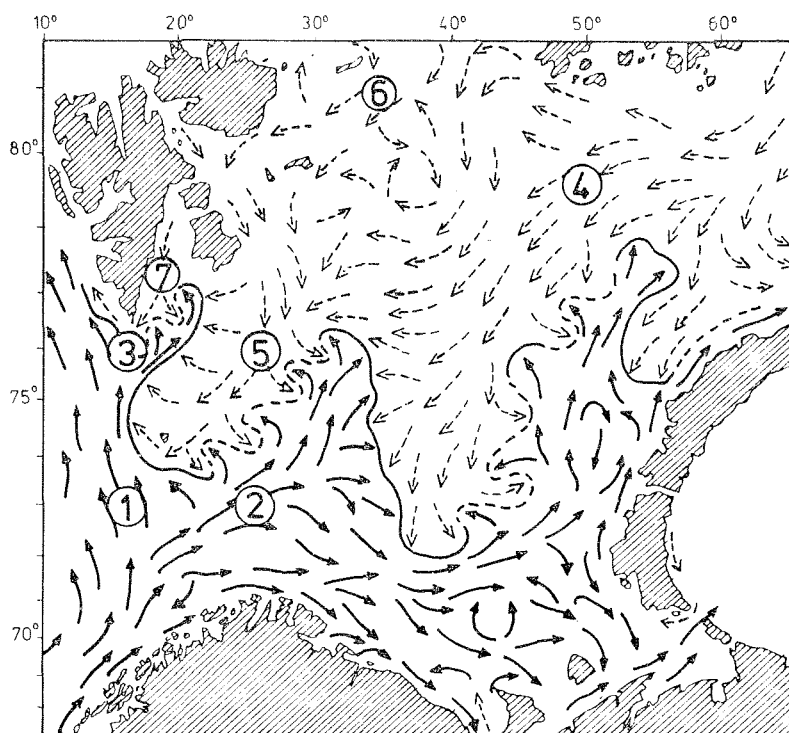


Fig. 24. Strømmer og fronter i Barentshavet (Etter Tantsiura 1973).

vannet og blir vanskelig å følge. En del fortsetter nordøstover i intermedieære dyp mellom Sentralbanken og Storbanken mens en annen del kan spores ved bunnen vest av Storbanken, i enkelte år helt nord til Kong Karls Land.

Den største delen av Nordkappstrømmen fortsetter imidlertid østover syd for Sentralbanken i en sørlig og en nordlig gren. Den sørlige delen går sammen med Kyststrømmen (eget avsnitt) østover langs Murmanskysten. Den nordlige grenen går i retning mot Gåsebanken hvor en del fortsetter langs kysten av Novaja Zemlja mens størstedelen følger renna som går nordover ved  $45^{\circ}\text{Ø}$ . I år med sterk atlantisk innstrømning kan denne grenen spores helt nord til Franz Josefs Land.

Den kalde Perseystrømmen starter i den nordøstlige del av havet, ved sørkysten av Franz Josefs Land og er et resultat av blanding mellom atlantehavsvann og polarvann fra Karahavet. På sin vei mot Hopen sender den ut flere grener med kaldt vann. Ved  $25\text{-}30^{\circ}\text{Ø}$  støter hovedgrenen sammen med kalde vannmasser fra østsiden av Hopen og trenger videre sydvestover mot Bjørnøya under navnet Bjørnøystrømmen.

Øst-Spitsbergenstrømmen kommer inn i Barentshavet fra nord langs østkysten av Kvitøya. Den sprer seg sørover forbi Kong Karls Land og ned mot Hopen. En del går inn i Bjørnøystrømmen mens resten runder sydspissen av Vest-Spitsbergen under navnet Sørkappstrømmen og fortsetter mot nord som en kyststrøm innenfor Vest-Spitsbergenstrømmen. Hastighetene i disse polarstrømmene kjenner man svært lite til.

Drivkreftene bak strømmene er flere. Den viktigste er forskjellig tetthet (egenvekt) på vannmassene i de ulike deler av havet. Denne tetthetssirkulasjonen fungerer hele året, men er svakest om vinteren når forholdene er mest homogene. Kyststrømmen er en annen faktor som bidrar til å holde sirkulasjonen igang hele året. Mer variabel og sesongbetong er strøm som skyldes omlegging i den atmosfæriske sirkulasjon. Herunder kommer også vinddriften som har størst betydning i de øverste 50 m. Tidevannet som teoretisk ikke gir noen netto transport av vannmassene, bidrar til å høyne maksimumshastighetene.

#### Vannmasser

Hovedtrekkene i strømforholdene gjenspeiles i alle dyp i den horisontale fordeling av temperatur og saltholdighet. Dette sees tydelig av Fig. 25 og 26 som viser henholdsvis temperatur og saltholdighetsfordeling i 100 m høsten 1977. Vannmassene i de sørlige deler av Barentshavet er dominert av innstrømningen av atlantisk vann og av kystvann (se eget avsnitt). Atlantisk vann, som har saltholdighet høyere enn 35,0 ‰, fyller hele året mesteparten av Bjørnøyrenna. Om vinteren når det ofte helt opp til overflaten mens det om sommeren finnes under 50 m som vist i middelsnittet Fugløya - Bjørnøya (Fig. 27).

Temperaturen i innstrømningsområdet varierer mye med årstidene, men selv vinterstid er den sjelden mye under 4°C.

Under stadig blanding med omliggende vannmasser trenger det atlantiske vannet videre inn i Barentshavet med de ulike forgreninger av Nordkappstrømmen. Sin identitet bevarer det lengst i dyp mellom 100 - 200 m. og temperaturen er fortsatt over 0°C. Ved bunnen i de østlige deler av Barentshavet finner man imidlertid av og til vann med saltholdighet over 35,0 ‰ og temperaturer helt ned i -1,9°C. Dette er atlantisk vann som

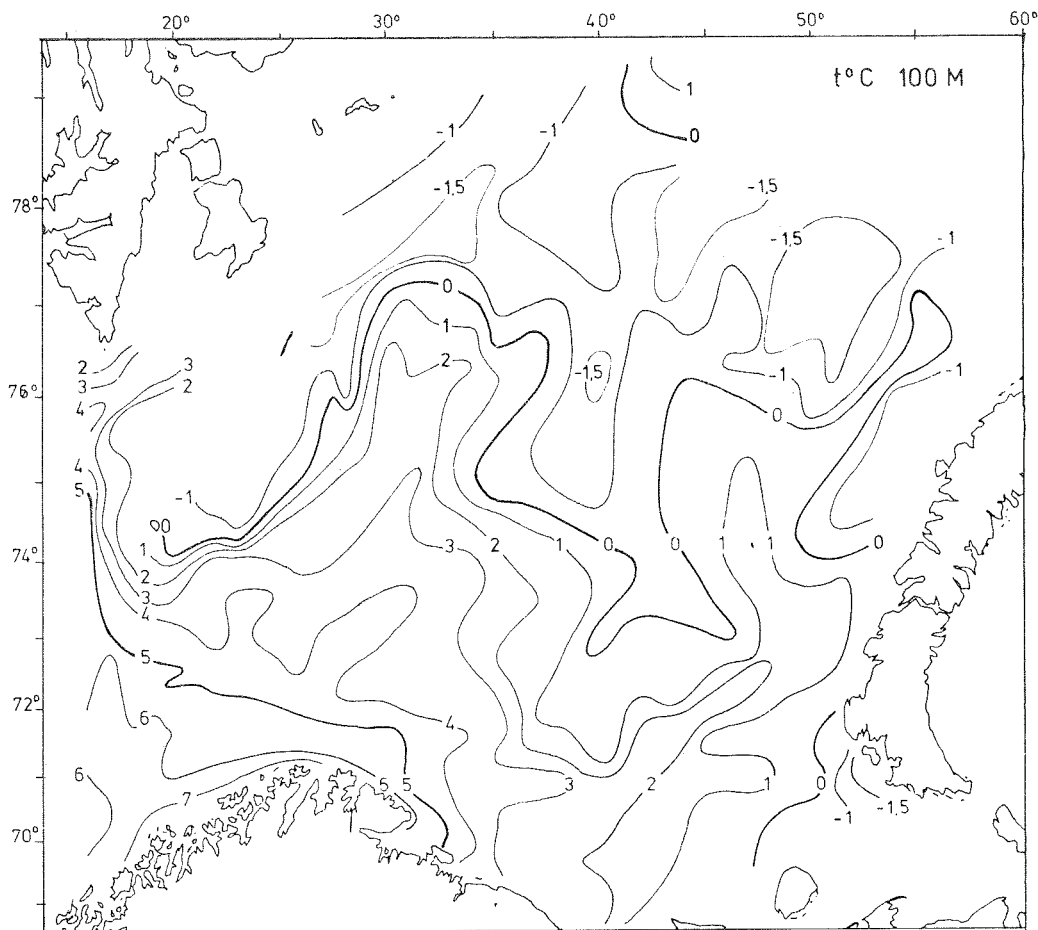


Fig. 25. Temperaturfordeling i 100 m, 1977.

om vinteren har befunnet seg i de mer permanente hvirvelsystemene over de grunne bankområdene og således har blitt avkjølt til frysepunktet. Alt bunnvannet i den østlige delen blir dannet på denne måten, men vanligvis er saltholdigheten noe lavere, mellom 34,9 - 35,0 ‰. Temperaturen er under  $-1^{\circ}\text{C}$ .

De nordlige deler av Barentshavet er dekket av polare vannmasser. Med unntak for de øverste 50 m om sommeren ligger saltholdigheten mellom 34,5 - 34,8 ‰, og temperaturen er under  $0^{\circ}\text{C}$ . Issmelting i området om sommeren gjør at saltholdigheten avtar i de øvre vannlag, og saltholdigheter under 33,5 ‰ er vanlig i overflaten. Dette smeltevannet kan sees i den nordlige delen av snittene Vardø-Nord og Semøyene-Nord (Fig. 28 og 29). I de år isen forsvinner tidlig, kan de øvre vannlag bli oppvarmet slik at temperaturen kommer over  $0^{\circ}\text{C}$ .

Mellom de to hovedvannmassene er det et grenseområde som kalles Polar-

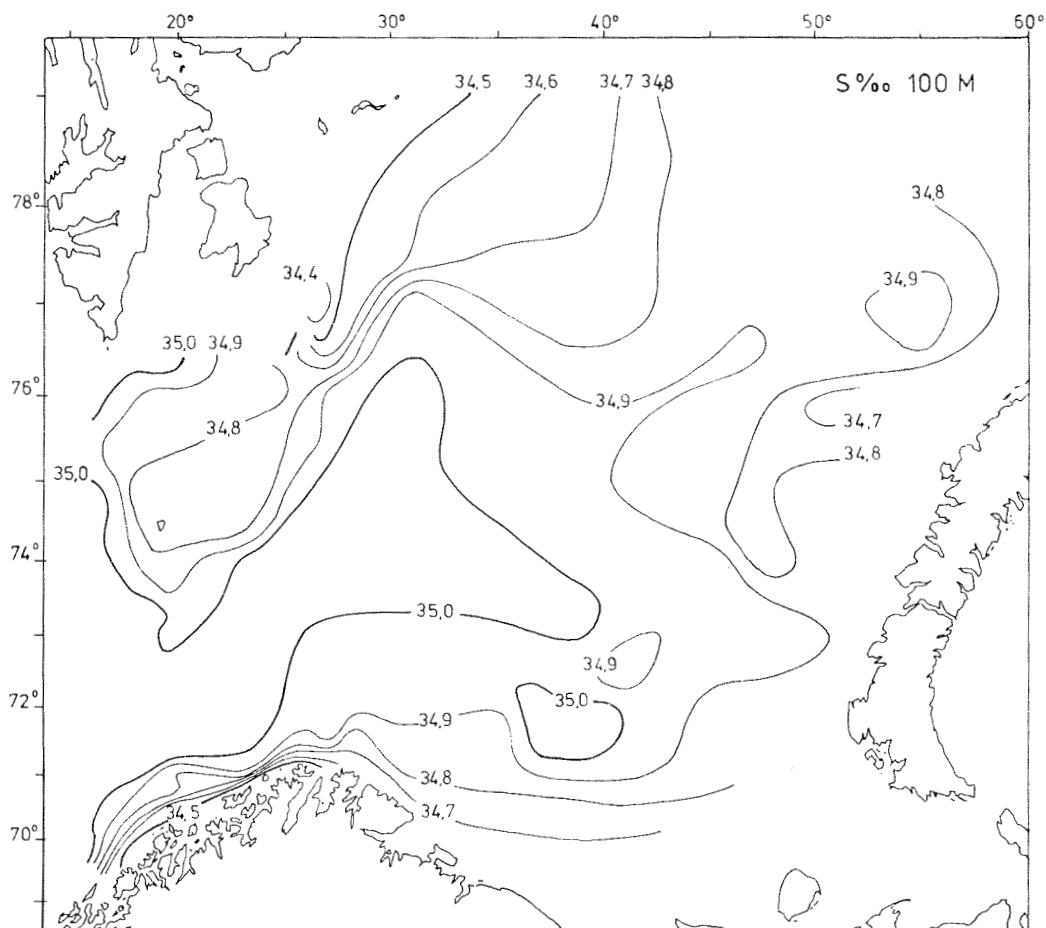


Fig. 26. Saltholdighetsfordeling i 100 m, 1977.

fronten hvor det foregår en utstrakt blandingsprosess. Polarfrontens beliggenhet kan variere fra måned til måned og fra år til år, men i store trekk følger den karakteristiske trekk i bunntopografien. Fra Vest-Spitsbergen følger den det grunne området ned til Bjørnøya og videre mot nordøst mot Hopen. Det er i dette området den er skarpest og minst bevegelig. Fra Hopen går Polarfronten i en bue rundt Sentralbanken og østover mot Novaja Zemlja, men den er her mindre skarp og forskyvningen mellom de to hovedvannmassene er større enn i de vestlige områder.

Variasjoner i de hydrografiske forhold og deres årsaker

Variasjoner i de hydrografiske forhold i Barentshavet skyldes hovedsakelig to faktorer:

1. Varierende intensitet og egenskaper i innstrømmende atlantisk vann. Disse hører gjerne sammen ved at stor mektighet gir høye

verdier både for temperatur og saltholdighet mens liten mektighet gir lave verdier. Dette har størst betydning for variasjoner på et år eller mer.

2. Variasjoner i de meteorologiske forhold. Disse innvirker først og fremst på de sesongmessige variasjoner i de øvre vannlag. Størstilte omlegginger i den atmosfæriske sirkulasjon vil imidlertid bidra til mer langperiodiske variasjoner.

Som nevnt, er sesongmessige variasjoner størst i de øvre vannlag. Om vinteren er forholdene meget nær vertikalt homogene både i temperatur og saltholdighet i området nord for Kyststrømmen. Når forholdene er så homogene som vist på Fig. 30, vil fortsatt avkjøling av overflaten forårsake en vertikal sirkulasjon i vannmassene ved at det kalde overflatevannet synker og blir erstattet av varmere vann nedenfra. Det er dette som gir grunnlaget for den tidligere omtalte bunnvannsdannelsen over de grunne bankområdene.

Om sommeren er forholdene mer stabile. Oppvarming fra atmosfæren fører til økt temperatur i de øvre vannlag. Issmelting i nord gir, som tidligere nevnt, et tykt lag med lavere saltholdighet, og dette brer seg sørover i overflaten samtidig med at ferskere vann fra Kyststrømmen brer seg nordover. Dette medfører at det atlantiske vannet i hele Barentshavet blir dekket av et lag med lavere saltholdighet. Den vertikale fordeling i temperatur og saltholdighet kan da være som vist på Fig. 30.

De variasjoner som imidlertid har størst betydning for miljøet, er de langperiodiske som vesentlig bestemmes av endringer i den atlantiske innstrømming. Disse endringene kan man følge ved å se på variasjoner i de ulike grener av Nordkappstrømmen. Kjernen i en del av disse grener finner man igjen i de snittene som er vist i Fig. 27, 28 og 29.

Tabell 2 og 3 viser henholdsvis saltholdighet- og temperaturvariasjoner i månedsskiftet august/september for tre dybdesoner i snittet Fugløya-Bjørnøya for perioden 1966-77. De største variasjonene fra år til år finner man i tidsrommet 1966-70 og fra 1976 til -77. Mellom 100-200 m er det temperaturvariasjoner på  $1^{\circ}\text{C}$  og endringer i saltholdigheten på  $0,05^{\circ}/\text{oo}$ . For perioden 1970-76 var variasjonene betydelig mindre.

Variasjonene i området 0-50 m er vanligvis større enn mellom 100-200 m,

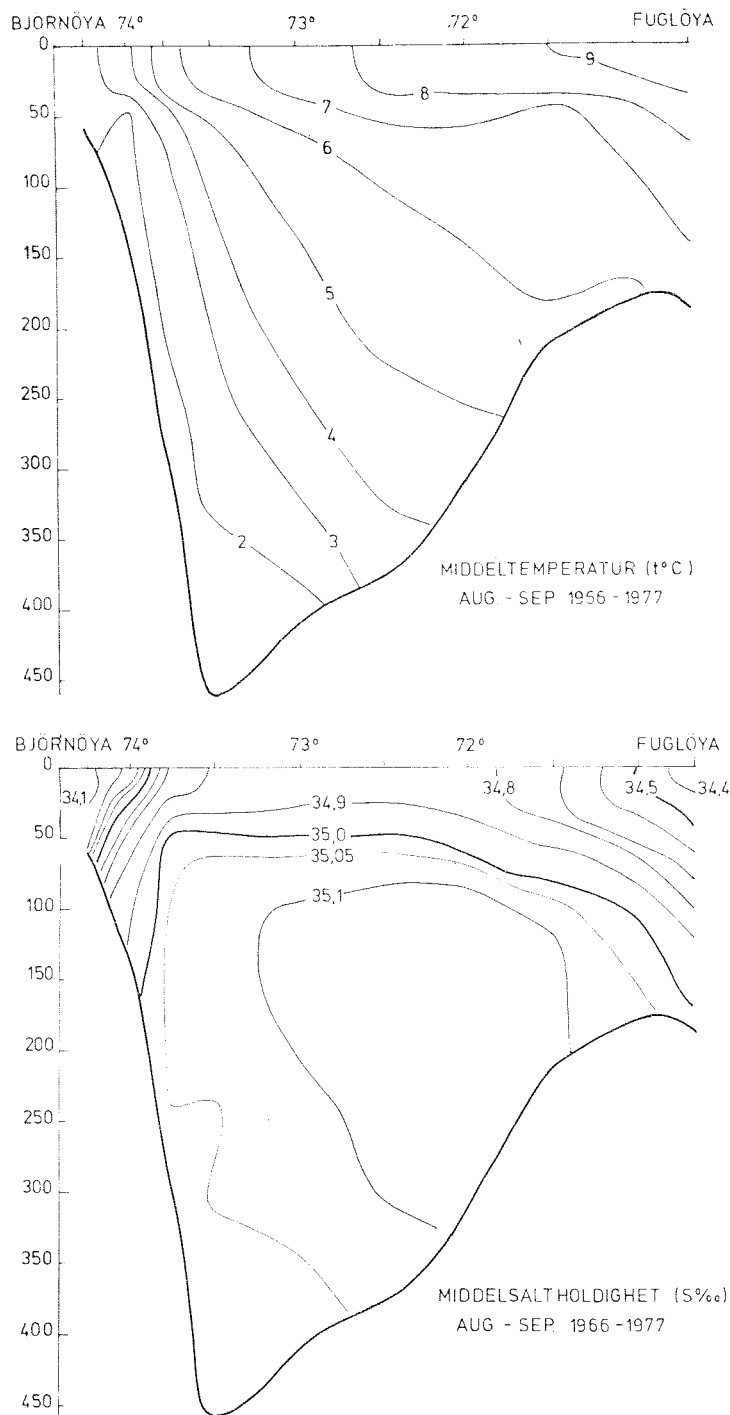


Fig. 27. Midlere temperatur og salt-  
holdighet i snitt Fugløya-Bjørnøya.

og variasjonsmønsteret behøver heller ikke være det samme fra år til år. Det skyldes at sonen 0-50 m påvirkes av ytre forhold som f. eks. meteorologiske forhold og forholdene i Kyststrømmen.



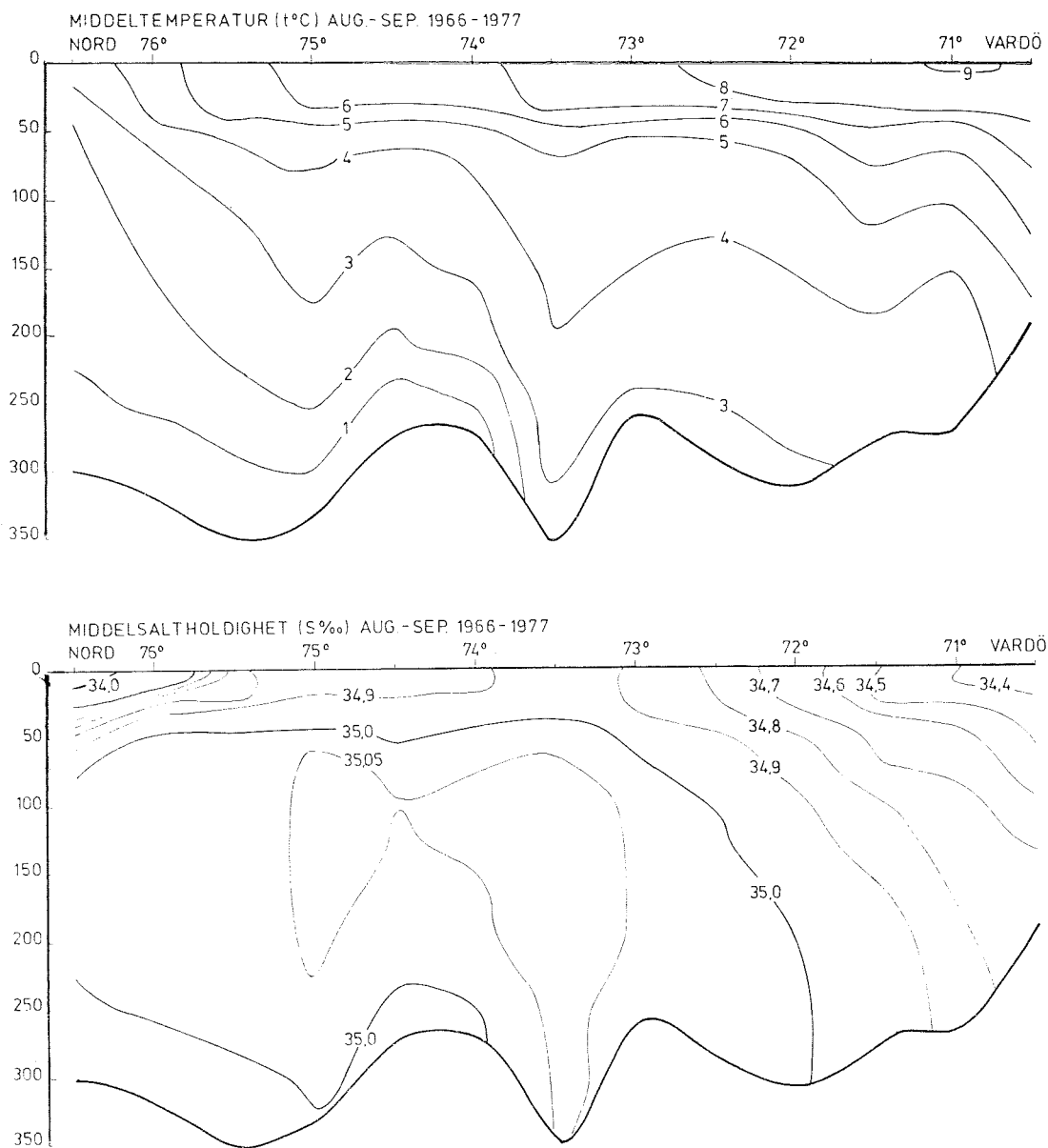


Fig. 28. Midlere temperatur og saltholdighet i snitt Vardø-N.

Tabell 4 og 5 viser temperatur og saltholdighetsvariasjoner for tilsvarende dyp og periode i en del av snittet Semøyene-Nord. Langtidstrenden er den samme som i snittet Fugløya-Bjørnøya. I temperaturen har det vært en økning fram til 1972-74 da det var et maksimum. Maksimum saltholdighet finner man i samme tidsrom, dvs. noe senere enn lenger vest i Barentshavet. De siste årene har både saltholdighet og temperatur avtatt.

Forskjellig variasjon i enkelte år i de to snittene kan skyldes flere ting. I

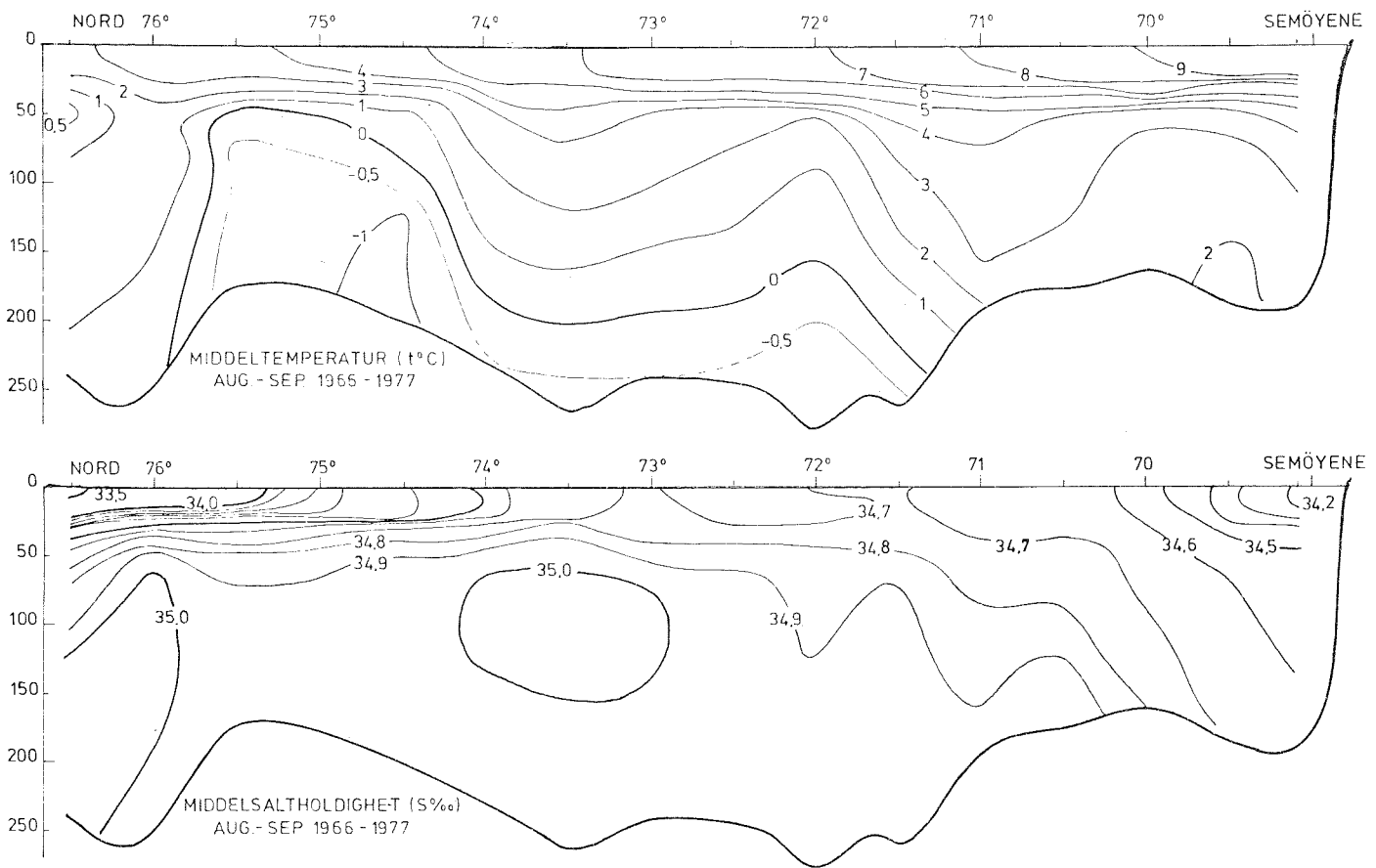


Fig. 29. Midlere temperatur og saltholdighet i snitt Semøyene-N.

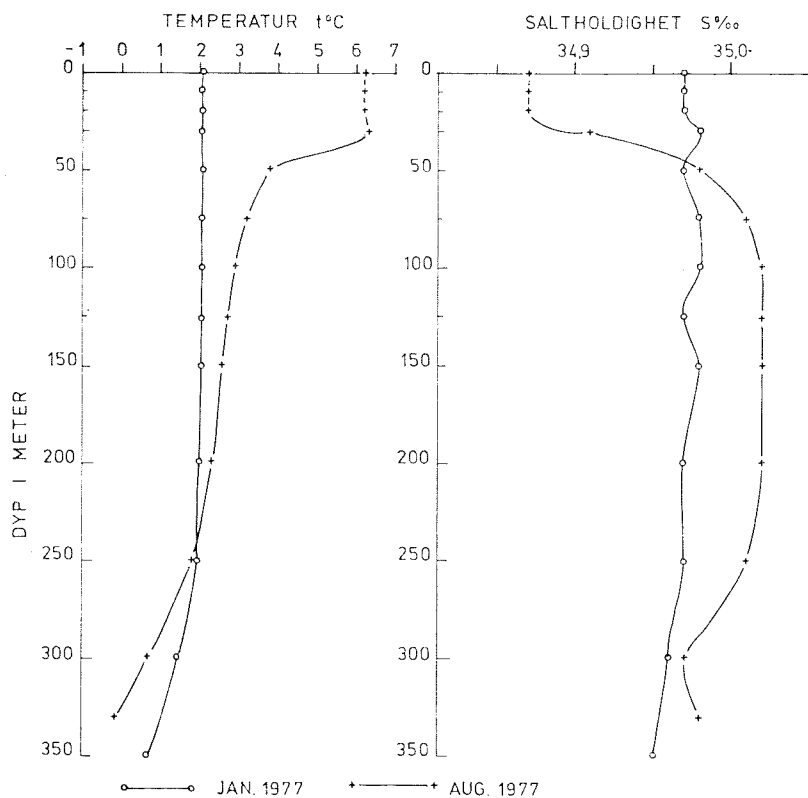


Fig. 30. Vertikalkurver fra posisjonen 75°00'N, 31°12'Ø.

Tabell 2. Midlere temperatur mellom 71°30' - 73°30'N i snittet Fugløy-Bjørnøya.

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Middel
0 - 50 m	7.6	8.3	6.4	9.1	7.6	7.7	8.5	7.6	8.4	7.1	7.3	7.0	7.7
50 -100 m	6.0	6.7	5.7	6.8	6.1	6.2	6.9	6.2	6.3	6.1	6.3	5.4	6.7
100 -200 m	5.0	6.1	4.7	6.0	5.4	5.3	5.7	5.5	5.5	5.5	5.5	4.6	5.4

Tabell 3. Midlere saltholdighet mellom 71°30' - 73°30'N i snittet Fugløy-Bjørnøya.

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Middel
0 - 50 m	34.92	34.79	34.88	35.00	34.96	34.89	34.92	34.95	34.83	34.80	34.91	34.77	34.88
50 -100 m	35.07	35.05	35.07	35.17	35.10	35.12	35.05	35.07	35.09	35.00	35.00	34.95	35.06
100 -200 m	35.09	35.16	35.12	35.20	35.15	35.15	35.12	35.12	35.13	35.08	35.06	35.00	35.11

Tabell 4. Midlere temperatur mellom 72°45' - 74°15'N i snittet Semøyene Nord (langs 37°20'Ø).

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Middel
0 - 50 m	4.7	5.1	3.5	3.0	5.9	4.7	6.3	6.3	6.1	5.1	5.9	4.3	5.8
50 -100 m	1.7	2.6	2.0	0.9	3.0	2.1	3.0	4.3	3.4	2.8	2.7	1.9	2.6
100 -200 m	0.5	1.2	1.1	0.0	1.5	0.6	1.4	1.8	1.7	0.8	0.5	1.0	1.0

Tabell 5. Midlere saltholdighet mellom 72°45' - 74°15' N i snittet Semøyene-Nord (langs 37°20'Ø).

	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	Middel
0 - 50 m	34.60	34.80	34.33	34.21	34.99	34.85	-	35.06	34.94	34.95	34.94	34.57	34.66
50 -100 m	34.91	35.01	34.99	34.91	35.05	35.02	-	35.08	35.01	35.02	35.00	35.00	35.00
100 -200 m	34.98	35.00	34.96	34.94	35.03	35.02	-	35.05	34.99	35.00	34.97	35.01	35.00

laget 0 - 50 m vil snittet Fugløy-Bjørnøya være påvirket av Kyststrømmen, mens tilsvarende lag i snittet Semøyene-Nord kan påvirkes av overflatevann fra nord. I laget 100 - 200 m er det i snittet Fugløy-Bjørnøya bare atlantisk vann mens det i Semøyene -snittet kommer en del bunnvann som er dannet vinteren før inn i dette laget.

Avtakende temperatur og saltholdighet i begge snittene de siste 4-5 årene indikerer lavere intensitet på den atlantiske innstrømning, noe som stemmer godt med observasjoner i de atlantiske vannmasser i Norskehavet. Spesielt har avtagningen vært stor fra 1976 - 77. En slik variasjon vil bety at styrkeforholdet mellom varme og kalde vannmasser forskyves slik at Polarvannet vil trenge lenger sør enn normalt. Samtidig avtar også både temperatur og saltholdighet i det atlantiske vannet i Barentshavet. Slike langtids-

variasjoner er helt vanlig slik at man om en tid må forvente at den atlantiske innstrømning igjen vil øke.

### Isforhold

Det årlige variasjonsmønster i havisens utbredelse i Barentshavet er i store trekk likt fra år til år. Størst utbredelse har isen vanligvis i mars eller april. Smeltingen utover sommeren fører til at store ismengder forsvinner, og månedene juli, august og september har klart de gunstigste isforholdene. Tilfrysingen begynner gjerne igjen i løpet av september, men tidspunktet avhenger mye av lufttemperaturen.

Isgrensens beliggenhet innenfor den enkelte måned kan variere mye fra år til år. Dette går tydelig fram av Fig. 31 som viser maksimums- og minimumsutbredelsen av havisen i slutten av månedene mars og august basert på data 1966-75. Variasjonene i isforholdene i de sentrale deler av Barentshavet for perioden juni 1970 - mai 1978 fremgår av Tabell 6. Bortsett fra 1970 og 72, som hadde stor avsmelting, er det liten variasjon mellom avsmeltingen de øvrige år. I tilfrysingen er det større variasjon. Etter mye is vintrene 1971 og 72 var det i perioden 1973-75 relativt lite is. Fra 1976 har det vært en gradvis forverring av isforholdene.

På samme måte som for de hydrografiske forhold er det langperiodiske variasjoner i isforholdene. Undersøkelser tyder på at isgrensen om vinteren har en sammenheng med innstrømningsaktiviteten av atlantisk vann ved at stor innstrømning gir lite is og omvendt. Avsmeltingen om sommeren synes å være mest avhengig av meteorologiske forhold, og dette kan forklare at det ikke synes å være noen sammenheng mellom tilfrysing og avsmelting.

### Forholdene i 1977

Både temperatur og saltholdighet i 1977 ligger i nesten hele Barentshavet under midlet for perioden 1966-1977. I snittet Fugløya-Bjørnøya fremgår det av Tabell 2 at temperaturen ligger  $1^{\circ}\text{C}$  under midlet, og at 1968 var det siste året med tilsvarende lave temperaturer. Saltholdigheten ligger  $0,1 \text{ ‰}$  under midlet og er den laveste i perioden 1966-77 (Tabell 3).

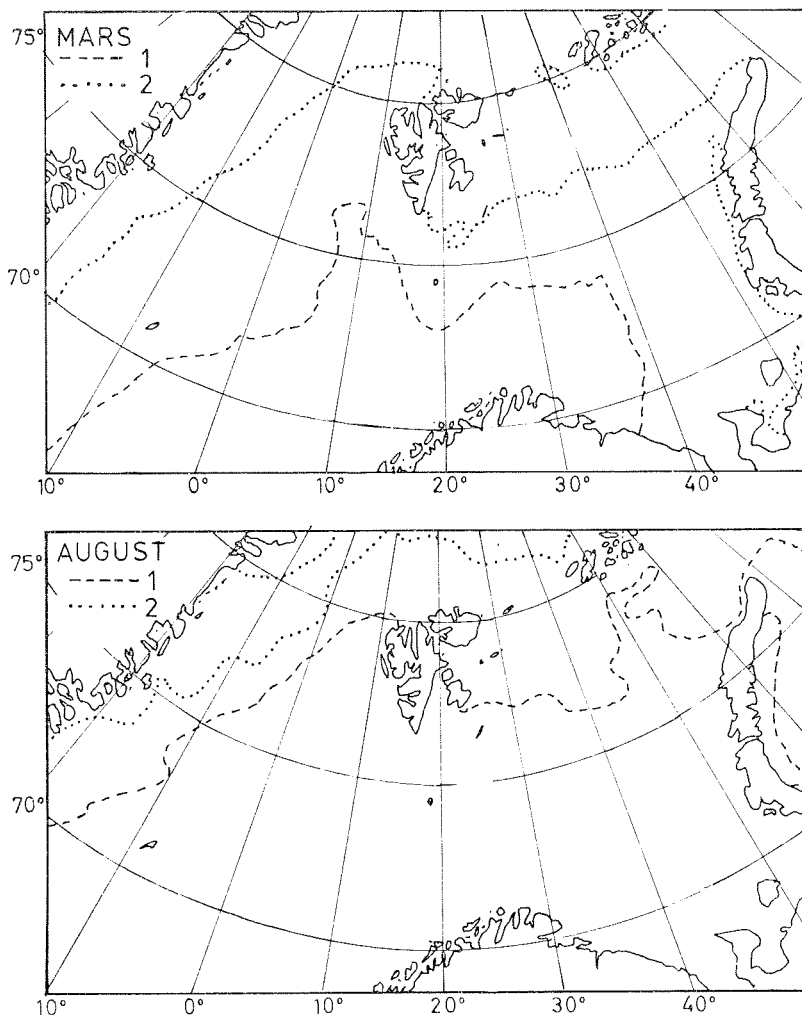


Fig. 31. Isgrenser i mars og august.  
 1) Største observerte utbredelse, 2) minste  
 observerte utbredelse (Etter Vinje 1977).

Lenger øst i Barentshavet avtar avvikene fra midlet, og i dypvannet ligger både temperatur og saltholdighet på middelveidene. Dette fremgår av Tabell 4 og 5 som viser temperatur- og saltholdighetsvariasjonene i snittet Semøyene-Nord. Mellom 0-50 m og 50-100 m ligger temperaturen under midlet mens temperaturen mellom 100-200 m er den samme. Temperaturen ligger  $1^{\circ}\text{C}$  over minimumsveridene fra 1969. Bare mellom 0-50 m er saltholdigheten under midlet mens saltholdigheten i de øvrige dyp ligger på dette midlet.

Av observasjoner fra Barentshavet synes det forøvrig at Polarfronten ligger lenger sør enn det som er vanlig. Dette gjenspeiles i isforholdene våren 1977 og hele vinteren 1978 som har hatt forholdsvis mye is, uten at forholdene kan sies å være unormale.

Tabell 6. Isindeks for perioden juni 1970 - mai 1978 for området mellom 25°-45°Ø.

Positive tall gir uttrykk for isfritt område nord for 79°N. Negative tall uttrykker isdekket område sør for 76°N. 0 betyr at isgrensen ligger mellom 76°-79°N.

MND	ÅR								
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
Jan		-101	-151	0	-95	-8	-163	-3	-206
Feb		-62	-171	-3	-9	-66	-26	0	-334
Mar		-29	-172	-17	0	-57	-83	-17	-350
Apr		-128	-254	0	-16	-52	-1	-248	-265
Mai		-206	-331	0	-82	0	0	-232	-300
Jun	5	-209	-21	0	-3	0	0	-54	
Jul	111	-6	19	60	1	3	0	20	
Aug	379	163	347	241	18	145	186	83	
Sep	231	167	580	80	173	183	213	136	
Okt	143	17	444	21	12	83	17	38	
Nov	-9	-24	32	-15	0	-1	0	10	
Des	-53	-96	0	-9	0	-48	-12	-7	

## BIOLOGISK OSEANOGRAFI

Et karakteristisk trekk ved det marine miljø er dets stabilitet. På grunn av vannets høye varmekapasitet og det store volum blir de termiske forandringene relativt små og langsomme. Biologisk sett er havets organismer en naturlig avgrenset del av biosfæren, grunnlagt på havets egen planteverden som primærprodusenter i en organisk syklus hvor de enkelte organismer både er rovdyr og bytte på sine bestemte plasser i de forskjellige næringskjeder. I en nøye balansert konkurranse har et stort tall av arter sin bestemte plass, betinget av sin evne til tilpasning under de varierte krav. Naturlige forandringer i det fysiske og kjemiske miljø kan få store følger for det biologiske konkurranseforholdet og for formering og vekst av de matnyttige ressurser. Likedan kan også menneskelige aktiviteter som fangst, fiske og forurensninger gripe forstyrrende inn.

Den biologiske oseanografi behandler de fundamentale prosesser i havets biosfære og dens avhengighet til det fysiske og kjemiske miljøet på den ene side og dens virkning på organismene høyere i næringskjeden på den andre side. Forurensninger inngår som en faktor i dette kompliserte samspill av virkende krefter - og må fortolkes på bakgrunn av eksperimentelle forsøk om virkninger og deres forekomst og tilgjengelighet i miljøet.

## Planteplankton og primærproduksjon

### Innledning

Planteplanktonet (groen) består av mikroskopiske encellede planter som driver passivt med sjøen. De er primærprodusentene i havets næringskjeder og derfor grunnleggende for den marine animalske produksjon. Planteplanktonet produserer organisk materiale ut fra enkle uorganiske forbindelser med sollyset som energikilde. Produksjonen foregår bare i planter som inneholder fargestoffet klorofyll og er begrenset til de øvre lag av sjøen hvor lyset gir tilstrekkelig energi.

Det primærproduserte organiske materialet overføres til fisk gjennom næringskjedene, og vårt utbytte av et havområde vil derfor være avhengig av planteplanktonets produktivitet og de fremherskende næringskjeder.

### Undersøkelser ved Havforskningsinstituttet

Instituttets undersøkelser av havets primærproduksjon og planteplanktonbestanden tok til sommeren 1954. En kartlegging av produksjonssituasjonen ble da gjennomført i Norskehavet og dekket området mellom Færøyene i syd og Spitsbergen i nord.

Målingene var et ledd i et undersøkelsesprogram om naturgrunnlaget for den Atlanto-skandiske sildestammen og ble fulgt opp med gjentatte undersøkelser i perioden fram til 1966. Undersøkelsen ble etter hvert utvidet til andre områder som Vest-Grønland, Barentshavet og de norske kystbankene.

Resultatene fra disse undersøkelsene ga ny viten om primærproduksjonens størrelse og fordeling i våre tilgrensende hav - og en geografisk sammenheng mellom produksjonsområdene og fordelingen av beitende plankton og fisk ble påvist (Fig. 1).

Produksjonsmålingene og bestandsmålingene fikk et rutinemessig preg fra 1968 under det Internasjonale Biologiske Program (IBP) hvor Havforskningsinstituttet deltok med et prosjekt om rekrutteringsmekanismene hos sild og torsk. Dette prosjektet dekket gyte- og larveperiodene for disse

fiskeslag gjennom de følgende 4 år og inkluderte, utenom produksjonsmålingene, larvenes ernæringsforhold og miljø i området Stad til Vesterålen. Dette viktige fiskeområde hadde bare i liten grad tidligere vært gjenstand for kvantitative planteplanktonstudier. Etter IBP-programmets avslutning har Havforskningsinstituttet fortsatt undersøkelsene på kystbankene som en del av et langsiktig overvåkningsprogram av miljøforholdene for dyreplankton og fiskelarver.

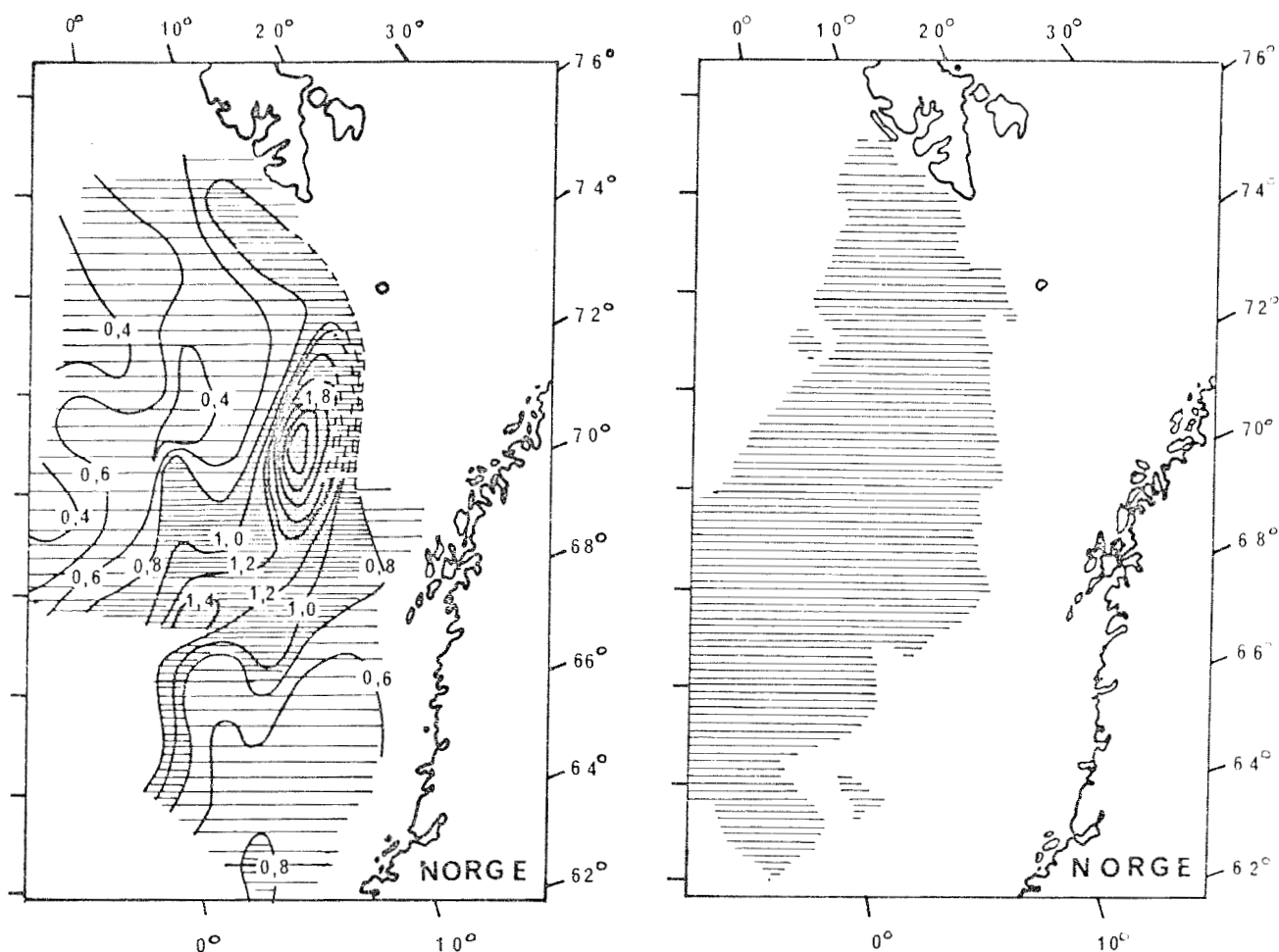


Fig. 1. Fordeling av primærproduksjonen i gC/m<sup>2</sup>/dag i perioden 21/4 - 1/8 1954 (til venstre). Beiteområde for atlanto-skandisk sild (til høyre).

Etter anmodning fra myndighetene ble det i 1975 skissert et program for de undersøkelser som Havforskningsinstituttet anså nødvendig som basisstudium før områdene utenfor Troms og Finnmark ble åpnet for prøveboring etter olje. Programmet var delt i tre hovedpunkter:



1. Basis-studier av det eksisterende naturgrunnlag for fiskeproduksjonen av de aktuelle fiskerier i området.
2. Registrering av det eksisterende nivå av oljehydrokarboner i sedimenter, sjøvann og organismer.
3. Feltundersøkelser og eksperimentelle undersøkelser i laboratoriet m.h.p. oljens virkning på miljø og organismer og vice-versa.

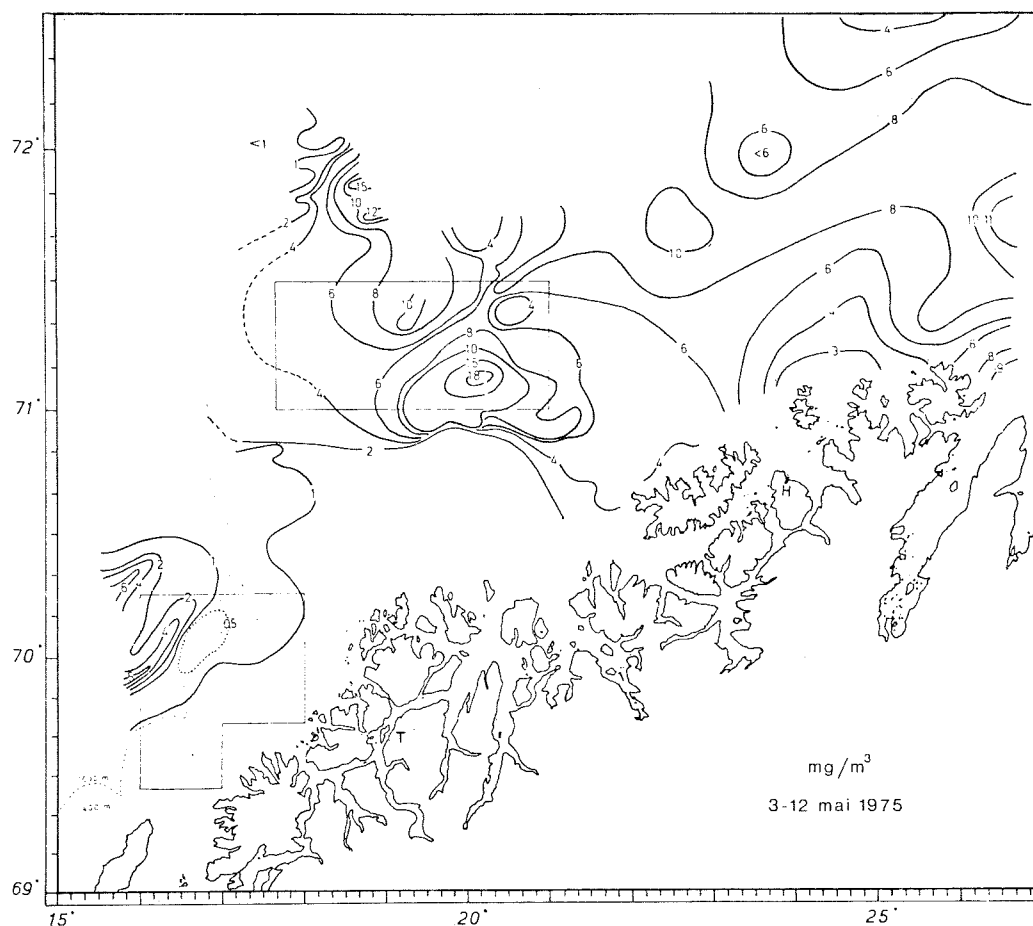


Fig. 2a. Horisontalfordeling av klorofyll a i  $\text{mg/m}^3$  i 5 m dyp i området Troms-Finnmark.

Basis-studiene ble basert på et intensivert feltprogram for 1975 og på de tidligere observasjoner fra samme området. En samlet rapport over disse studier ble publisert som vedlegg til Industridepartementets Stortingsmelding Nr. 91, Petroleumsundersøkelser nord for 62° N. Fig. 2a og b viser fordeling av planteplankton biomasse uttrykt som klorofyll a

og primærproduksjonen under våroppblomstringssesongen.

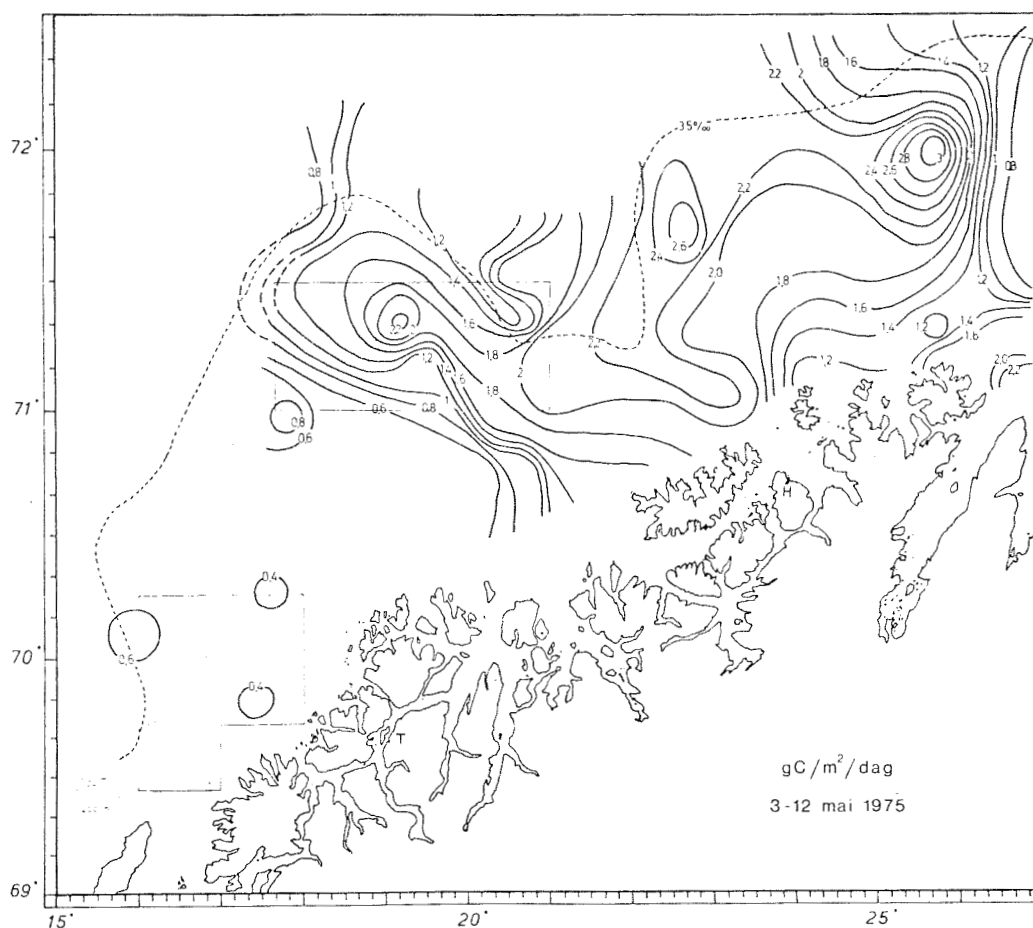


Fig. 2b. Horisontalfordelingen av primærproduksjonshastighetene i området Troms-Finnmark.

Siden 1975 har instituttet fortsatt undersøkelsene over produksjonsforholdene i disse områder for å skaffe fylligere materiale tilveie for beskrivelse av de naturlige årlige variasjoner i produksjonsprosessene. Basis-studiene er grunnlaget for det overvåkningsprogram som fortsetter når oljevirkomheten kommer igang i området, og som vil ha til hensikt å påvise eventuelle effekter av denne virksomheten på ressursproduksjonen og -forekomst. Etter anmodning fra myndighetene ble undersøkelsene i 1976 utvidet til å dekke områdene videre sydover til 62° N. Resultatene fra disse undersøkelser ble slutført i 1977 og er publisert i Fisken og Havet Serie B Nr. 6, 1977. Fig. 3a og b viser primærproduksjonsforhold og fordeling av det fotosyntetiserende planteplankton, som klorofyll, i en av de undersøkte perioder. En fortsettelse av undersøkelsene om

produksjonsforholdene er også igang for dette området med samme hensikt som nevnt ovenfor.

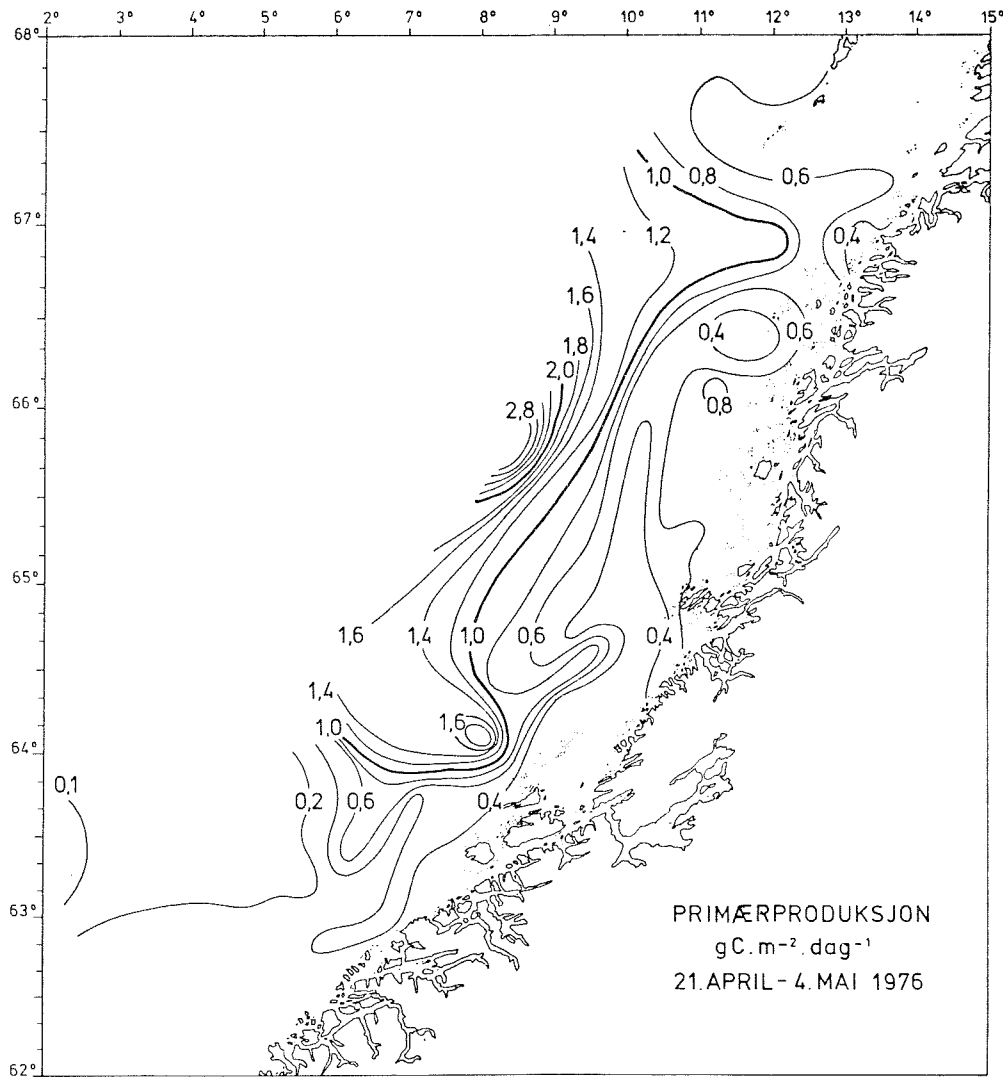


Fig. 3a. Horisontalfordelingen av primærproduksjonshastighetene uttrykt som fiksert karbon i gram pr. m<sup>2</sup> og dag.

Siden 1970 har Havforskningsinstituttet også gjennomført planteplanktonundersøkelser i en rekke norske fjorder. Dette programmet er blitt utvidet i de siste årene og omfatter i dag også regelmessige undersøkelser i Fensfjorden med hensikt å bruke den som referansefjord. Denne fjorden har hittil vært lite utsatt for industriell og urban forurensning, og de økende aktiviteter i forbindelse med utviklingen av industrisenteret Mongstad og eventuelle virkninger på fjordmiljøet vil være av særlig interesse å få fastlagt.

Havforskningsinstituttet har også drevet planteplanktonundersøkelser i tilfeldige programmer, som for eksempel i forbindelse med Ekofisk Bravo "blow-out" i april - mai 1977.

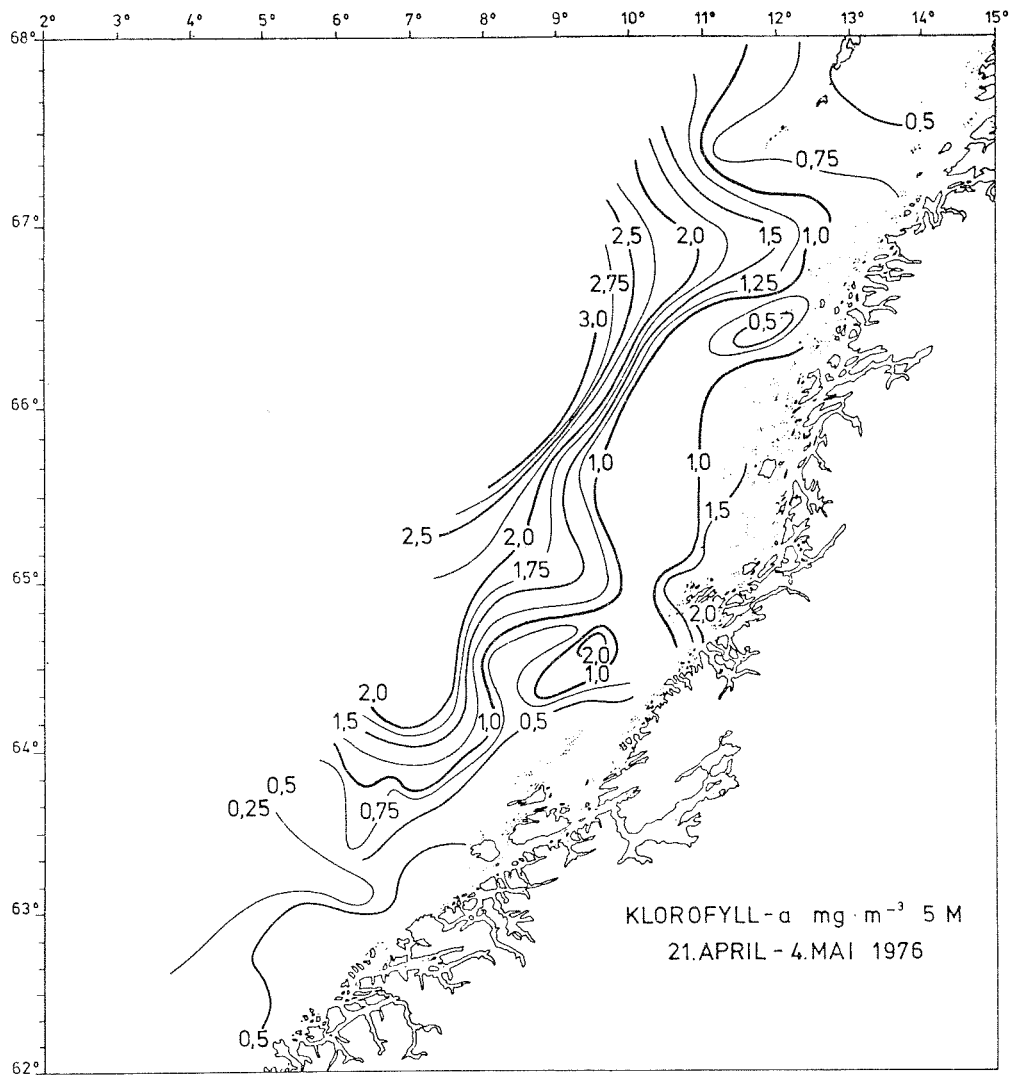


Fig. 3b. Horisontalfordelingen av klorofyll a i  $\text{mg pr. m}^3$  i 5 m dyp.

Alle de nevnte undersøkelser har vært basert på en metodikk som ble tilrettelagt i 1954 og de nærmest følgende år, og selv om den i prinsippet har vært den samme, har det i den tid som har gått blitt gjennomført forbedringer og modifiseringer.

Bestandsmålingene gjennomføres i dag som kontinuerlige registreringer av

klorofyll i ett bestemt dyp (ca. 5 m) og i vertikale profiler på utvalgte stasjoner, ved hjelp av fluorescensmålinger. Også total partikkelvolum registreres, kontinuerlig på samme vis, og den kombinerte bruk av disse målinger gjør det mulig å indikere forhold mellom total partikkelmasse og produserende plankton. Dette indeks har funnet anvendelse bl. a. i lokale forurensningsstudier, og spesielt i fjordundersøkelsene og de kystnære farvann kan forskjeller i indekser gi verdifull informasjon om tilførsler - fordeling og skjebne av partikulære stoffer i sjøen.

Primærproduksjonen angis som mengde organisk bundet karbon (C) pr. tidsenhet (dag, år) og pr. volumenhet eller pr. flateenhet av sjøen. Målingene baseres på eksperimenter i inkubatorer som etterlikner forholdene i sjøen og hvor fotosynteseaktiviteten registreres ved hjelp av radioaktivt merket karbon. Resultatene presenteres som fordeling av primærproduksjonen i et bestemt område i en bestemt kortere tidsperiode (Fig. 3) eller for hele året (Fig. 4). Variasjoner geografisk såvel som over tid har sine naturbetingete årsaker - som f. eks. variasjoner i tilgangen på næringssalter (fosfor - nitrogen - silisium-forbindelser) og fluktuasjoner i de fysiske faktorer som saltholdighet, temperatur og lys. Men også menneskelige aktiviteter, som resulterer i forurensning av det marine miljø, vil reflekteres i plantenes trivsel og produksjon. Samtidige observasjoner over disse forhold er derfor nødvendige bidrag til fortolkningen av variasjonene i primærproduksjonen eller sagt på en annen måte, er planteplanktonets produksjon en kvalitativ indikasjon på miljøet. I forurensningsstudiene er derfor produksjonsmålingene et viktig ledd for å avsløre eventuelle forurensningsproblemer med betydning for den marine biologiske produksjon.

Ved Havforskningsinstituttet bruker man produksjonsindeksen, som indikator for planteplanktonets tilstand. Beregnet som produksjonshastighet pr. enhet klorofyll og lysmengde, vil produksjonsindeksen være en faktor uavhengig av bestandens størrelse og variasjoner i lysenergi. Den kan i videste forstand reflektere et områdes miljøkvalitet. Denne faktor kan imidlertid påvirkes av andre naturlige parametre som beiting på planteplanktonet av dyreplankton og tilgangen av næringssalter. Det er derfor nødvendig å etablere område- og årstidsnormaler (Tabell 1 og 2).

Tabell 1. Gjennomsnittlige verdier av produksjonsindeks (P.I.) for endel snitt i området Møre-Helgeland fordelt på forskjellige tidsperioder. (P.I. uttrykkes som  $10^{-3}$  mgC/mg klor- $\frac{a}{10^{17}}$  kvanter/cm<sup>2</sup>/time).

SNITT							
Tidsrom	☆	Svinøy	Bua- djupet	Frøya- banken	Halten- banken	Sklinna	Ytter- holmen
21. april-4. mai	$\bar{x}$	13,2	36,7	10,2	10,6	7,1	6,7
	n	40	38	33	40	47	39
	s	4,4	17,6	5,1	5,8	2,4	2,2
	C. V. %	33,5	47,9	50,0	54,6	34,1	32,2
25. mai-2. juni	$\bar{x}$	6,0	7,9	10,1	8,1	6,7	8,7
	n	34	41	29	36	38	39
	s	1,4	2,2	2,3	3,5	1,9	2,2
	C. V. %	23,4	27,3	23,1	42,8	28,0	28,2
16. -22. august	$\bar{x}$	21,8	17,9	16,6	9,3	22,5	19,8
	n	34	28	31	33	39	27
	s	11,4	7,7	5,8	4,3	11,6	9
	C. V. %	52,1	43,1	35	46,5	51,6	45,6
5. -13. oktober	$\bar{x}$	34,6	33,4	53,2	53,1	-	46,7
	n	24	27	17	12	-	10
	s	6,4	11,8	12,9	6,5	-	10,9
	C. V. %	18,4	35,4	24,2	12,3	-	23,3

☆  $\bar{x}$  = gjennomsnitt av P.I.  
n = antall verdier  
s = standard avvik  
C. V. % = variasjon koefisient i prosent

Tabell 2. Gjennomsnitt av produksjonsindeks (P.I.) i april måned i området Møre - Helgeland for årene 1968-1976. (P.I. i  $10^{-3}$  mgC/mg klor  $\frac{a}{10^{17}}$  kvanter/cm<sup>2</sup>/time).

År	Produksjon indeks
1968	15,2
1969	10,0
1970	11,2
1971	12,7
1972	14,0
1973	5,6
1974	9,7
1975	10,9
1976	13,8

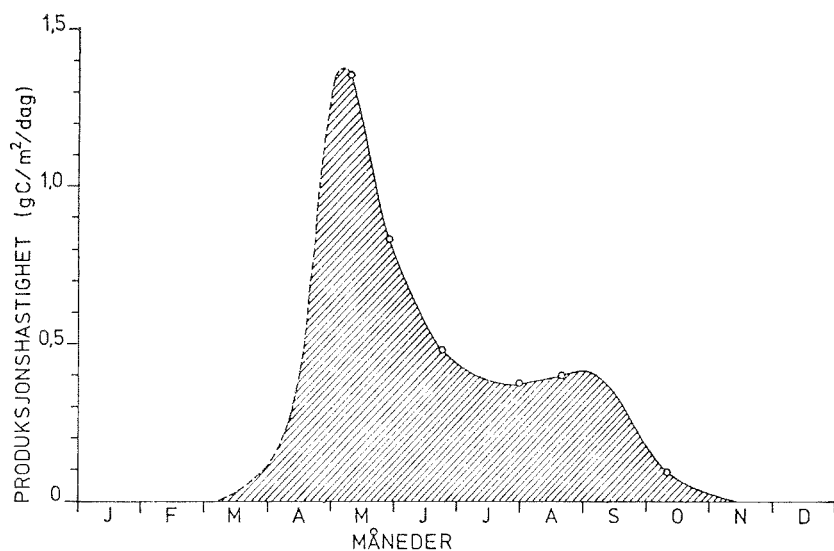


Fig. 4. Fordelingen av gjennomsnittlige produksjonshastigheter gjennom året, Troms- og Finnmarksbankene (1975). (Årsproduksjon: ca. 70 gC/m<sup>2</sup>/år.)

Virksomhet for 1978

Undersøkelsene i 1978 vil hovedsakelig konsentrere seg om fortsettelse av overvåkningsprogrammet for området Møre-Finnmark og behandling av dette og tidligere innsamlet materiale i det samme området.

Foruten å registrere produksjonsindeksen for perioden omkring våroppblomstringen vil tidspunktet for begynnende våroppblomstring og produksjonens maksimum bli registrert, og basert på gjentatte målinger gjennom sesongene vil den årlige produksjon for regionen bli bereknet.

Størrelsessammensetningen av planteplanktonet vil bli analysert, og studert i relasjon til de fremherskende næringskjeder, først og fremst ved fordeling og forekomst av dominerende plantebeitende dyreplankton.

### Dyreplankton

Dyreplanktonet er en viktig faktor i det marine miljø. Det danner næringsgrunnlaget for de fleste fisk og andre dyr av kommersiell betydning i havet, ikke minst er det av betydning for oppveksten av yngel av fisk.

Ved Havforskningsinstituttet har en flere forskningsprosjekter på dyreplankton:

1. Innsamling av planktonprøver fra faste oseanografiske stasjoner langs kysten, fra en fast posisjon i Norskehavet og en på Tromsøflaket. Innsamlingen har gått mer eller mindre kontinuerlig siden 1949.
2. Kyststrømprosjektet, hvor planktonprøver samles inn på en rekke stasjoner i snitt på tvers av kyststrømmen langs norskekysten flere ganger i året. Programmet har gått siden sommeren 1975 og vil etter en 5-årsperiode gå inn som et fast rutineprogram.
3. Undersøkelser i forbindelse med kommersiell utnyttelse av raudåte og i tilknytning til oppdrettsanlegg for laksefisk. Prosjektet har gått siden 1968.

1. En rekke stasjoner langs norskekysten opereres av lokale folk som disponerer båt. Det tas observasjoner av temperatur, saltholdighet, samt planktonprøver med Judayhåv J. 36 i vertikaltrekk fra bunn til overflate og 50 m til overflaten med vekslende hyppighet, fra en gang pr. uke til hver måned eller sjeldnere. På posisjonene i Norskehavet og på Tromsøflaket blir håvtrekkene tatt fra værskip. Planktonprøvene blir sendt til Havforskningsinstituttet for analyse.

I årenes løp har det blitt laget en rekke rapporter, og en har også studert langtidsvariasjoner i planktonet og sammenliknet dem med variasjoner innen fiskebestander og med fysiske parametre. Fig. 5 viser beliggenheten av de faste stasjoner, Fig. 6 den gjennomsnittlige årlige variasjon i planktonmengde 1963-1972 på forskjellige stasjoner. Minst plankton finner en i tiden september-oktober til mars-april, maksimum i mai-juli. Økningen om våren begynner litt senere utfor Nord-Norge enn lengre sør og i Norskehavet.

Planktonmengden i de øvre 50 m er gjennomsnittlig vel halvdelen av den totale planktonmengde i sommertiden, unntatt for Sognesjøen. Middelvolumet av plankton i tiden mai-august, målt ved vannfortrengning, varierer mellom ca. 20 ml pr. m<sup>2</sup> sjøflate ved Sognesjøen til ca. 60 ml ved Eggum og på st. M i Norskehavet.



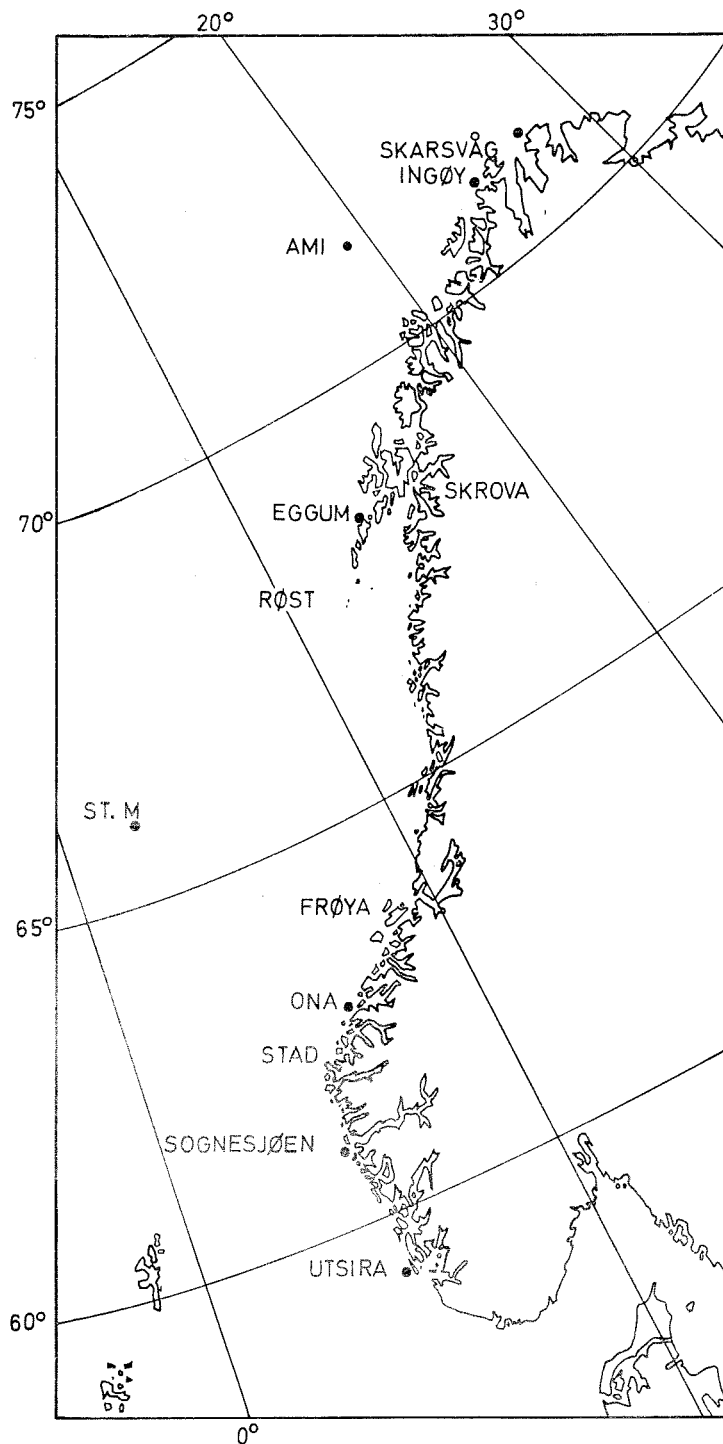


Fig. 5. Faste stasjoner for innsamling av dyreplankton 1949-1972.

Et eksempel på langtidsvariasjon for perioden april-august er vist for stasjonen ved Skråva på Fig. 7. Det er større positive avvik fra middelvolumet i 1953-1954, 1965 og 1971-1972, negative avvik i andre år. Tilsvarende figurer er utarbeidet for andre stasjoner.

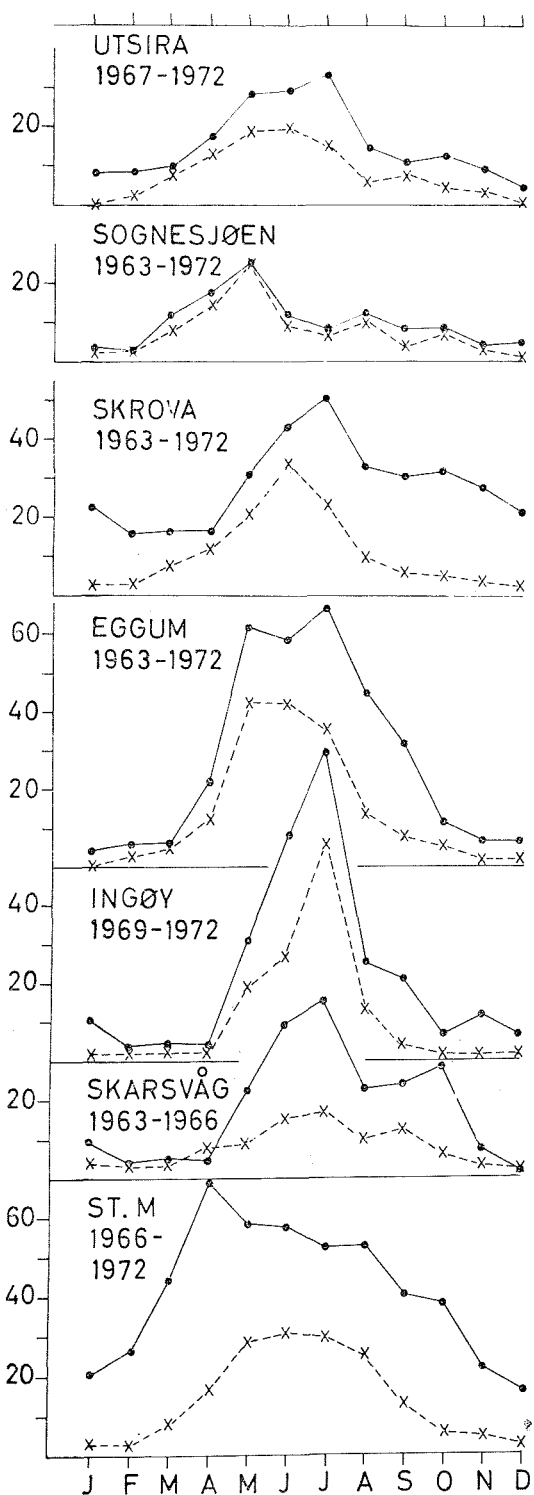


Fig. 6. Gjennomsnittlige årsvariasjoner i mengden av dyreplankton langs kysten av Norge og på St. M 1963-1972. Streket) 50-0 m, opptrukket) bunn-0 m (St. M 100-0 m og 600-0 m).

En har forsøkt å sammenlikne variasjonene med de hydrografiske forhold og med størrelsen av årsklassene av torsk, men resultatene er noe usikre.

En detaljert analyse av planktonet på stasjonen på Tromsøflaket i løpet av 1977 er vist på Fig. 8. Planktonmengden varierer noe uregelmessig, den er størst fra slutten av mai til begynnelsen av juli, men det er også topper i april, august og september.

Blant småkrepsene dominerer raudåten og et par andre mindre arter mens kruttåten er ganske tallrik om høsten og vinteren. Raudåten har sin hovedgyting i mars-april, en gyting i mai-juni og litt gyting i august.

2. Under kyststrømprosjektet er det foretatt tilsvarende analyser av planktonet. I 1975 ble det foretatt detaljerte undersøkelser på kystbankene utfor Nord-Norge flere ganger i året i det området hvor det var prosjektert oljeboring. Fig. 9 viser fordelingen av dyreplankton i juli-august og sydgrense med planteplankton. Fordelingen var i godt samsvar med de oseanografiske forhold med utbredelse av forskjellige vanntyper og temperaturer.

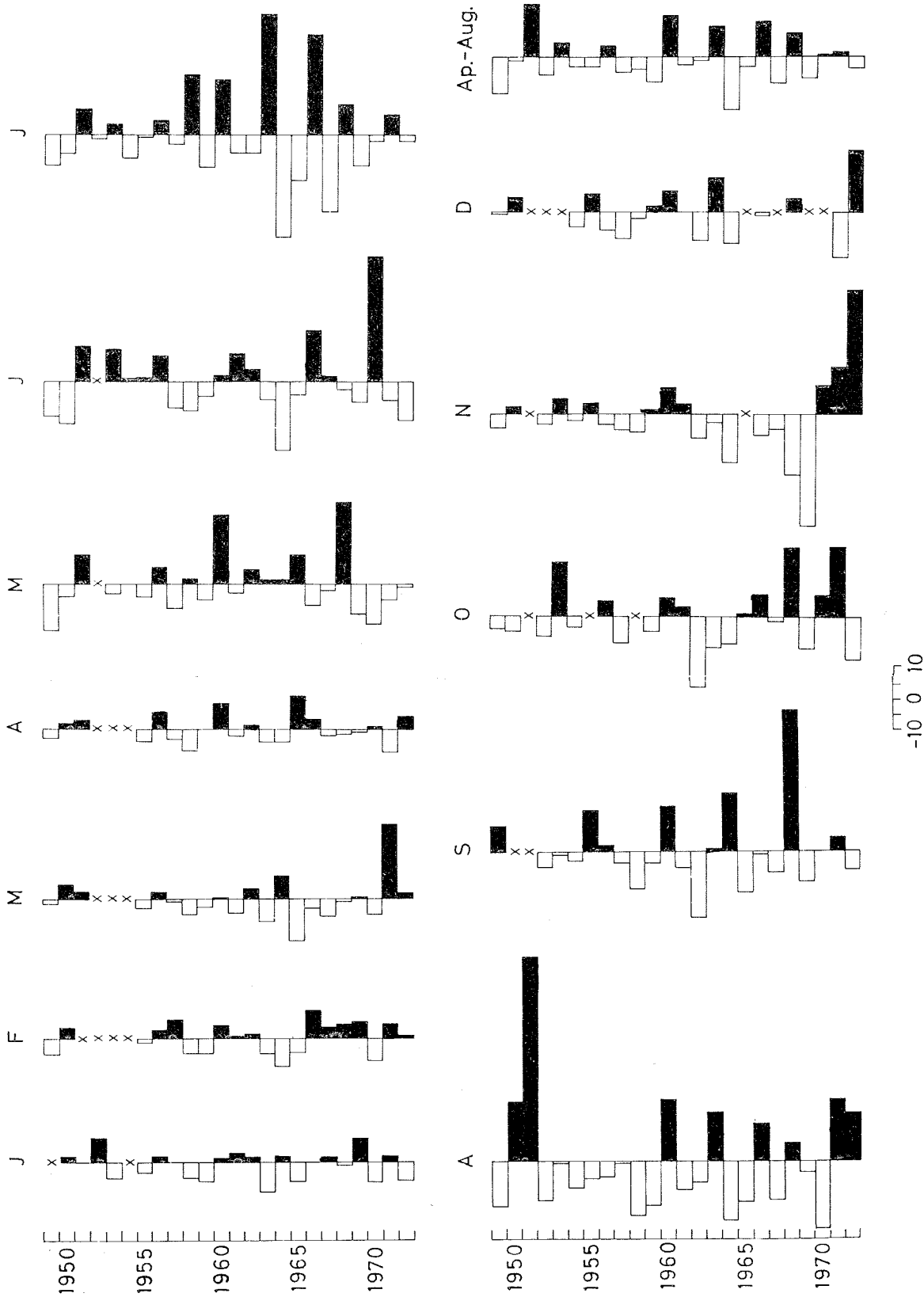


Fig. 7. Skrova. Avvik fra midlere planktonmengde for hver måned og for tidsrommet april-august 1949-1972. x) ingen observasjon.

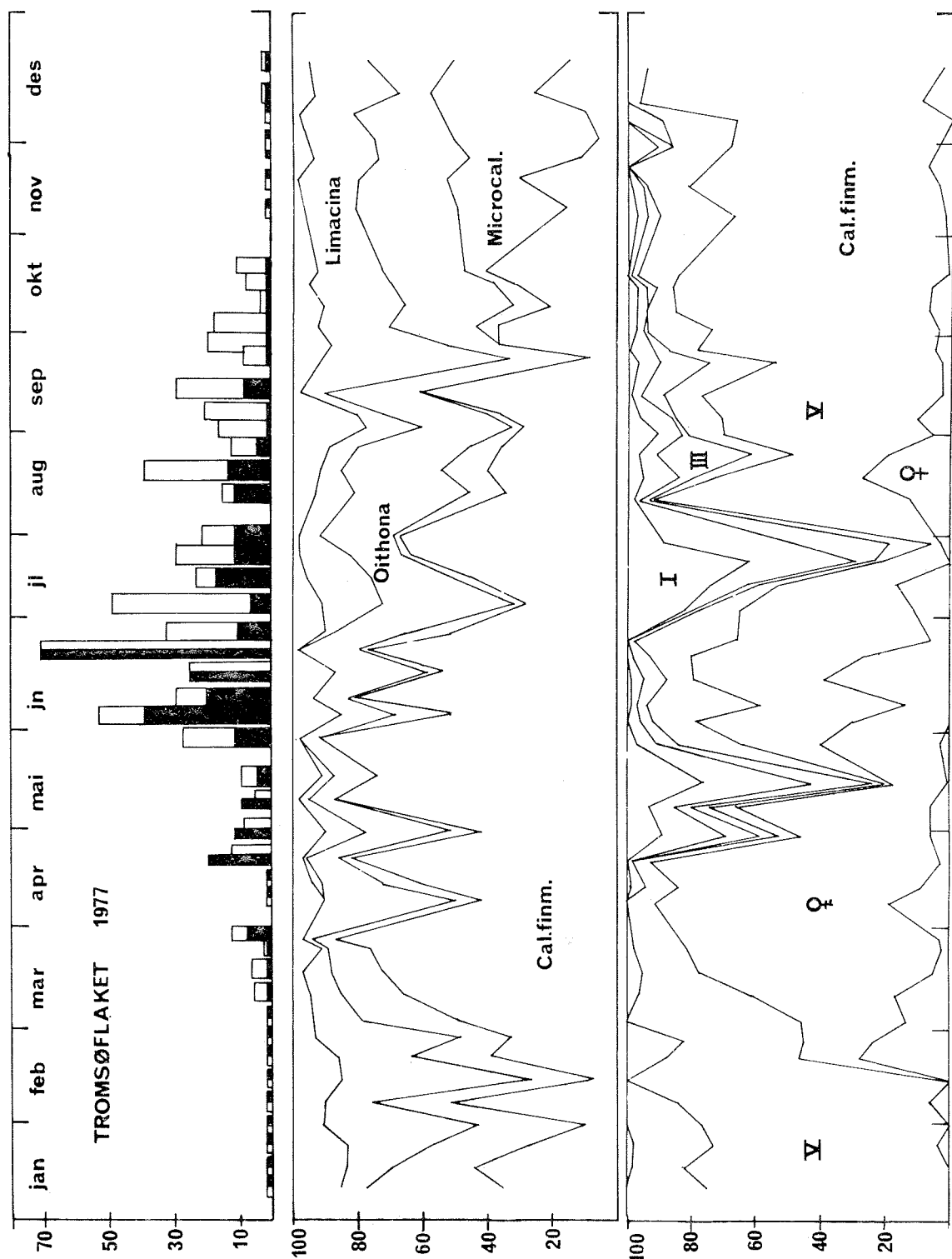


Fig. 8. Planktonmengder (øverste), artssammensetning (midten) og stadiefordeling av raudåte (nederst) på Tromsøflaket ("F/F Ami") 1977.

3. I forbindelse med kommersielt fiske av dyreplankton (raudåte) er mengdene av dyreplankton blitt kartlagt i detalj i begynnelsen av mai utfor Vestlandet mellom Marsteinen og Utvær og litt senere utfor Møre og i Lofoten. I de siste årene har en også undersøkt forskjellige fjorder i forbindelse med anlegg for fiskeoppdrett, særlig Masfjorden nord for Bergen. Ved stasjonen for fiskeoppdrett ved Matredal innerst i fjorden får en om sommeren til dels meget store mengder med raudåte i vannet fra pumpeinntaket for sjøvann. Åtemengden i vannet er blitt målt hver dag i den aktuelle tiden, og prøver av planktonet er hver uke sendt til instituttet for analyse. Resultatet for 1976 og 1977 er vist på Fig. 10. Fra slutten av april til utgangen av mai fant en planktonmengder på 10-50 g(ml) pr. 1000 l sjøvann. Resten av året var det ubetydelig med plankton.

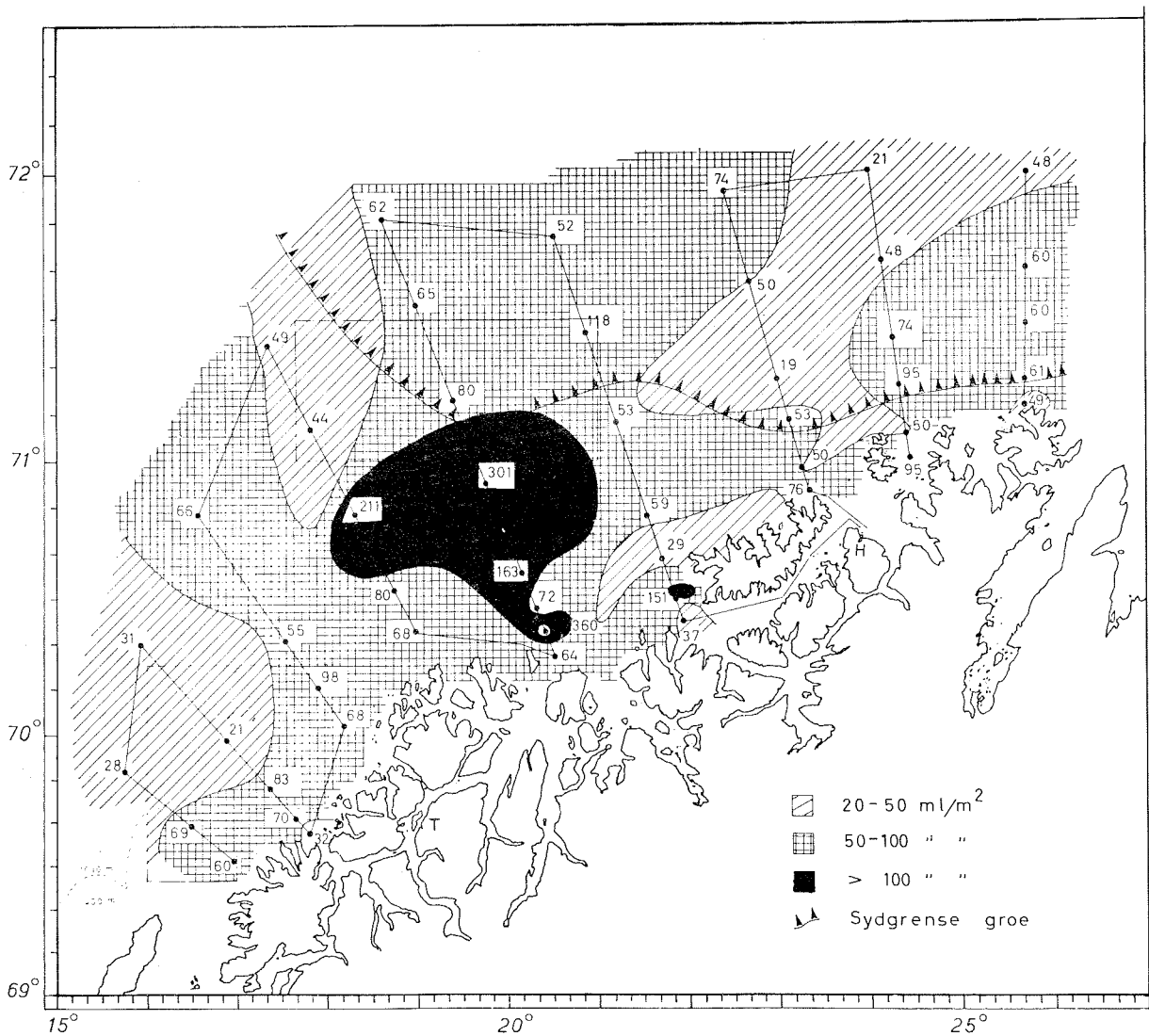


Fig. 9. Mengder av dyreplankton i ml/m<sup>2</sup> på Tromsøflaket 28. juli - 5. august 1975. Tallene angir enkeltverdier.

Forordelingen av dyreplankton i Masfjorden om sommeren avviker fra forholdene i de fleste andre fjorder ved at mengden øker sterkt helt innerst. Dette skyldes indirekte de store mengder av ferskvann som kommer ut fra kraftstasjonen innerst i fjorden, samt bunnforholdene. Fersk- og brakkvann går ut fjorden i en relativt sterk overflatestrøm. Et stykke under overflaten (i ca. 5-20 m) går det en kompensasjonsstrøm med saltare vann innover i fjorden. Om sommeren fører den med seg dyreplankton som konsentreres i det grunne området innerst i fjorden. Slike konsentrasjoner skaper gunstige næringsforhold for fisk som lever av plankton og også for oppdrettsfisk som holdes i mærer. Liknende forhold med konsentrasjoner av åte er påvist i bunnen av et par fjorder til og dessuten i sund og bukter med bakevjer. Dette er blitt utnyttet av profesjonelle raudåtefiskere.

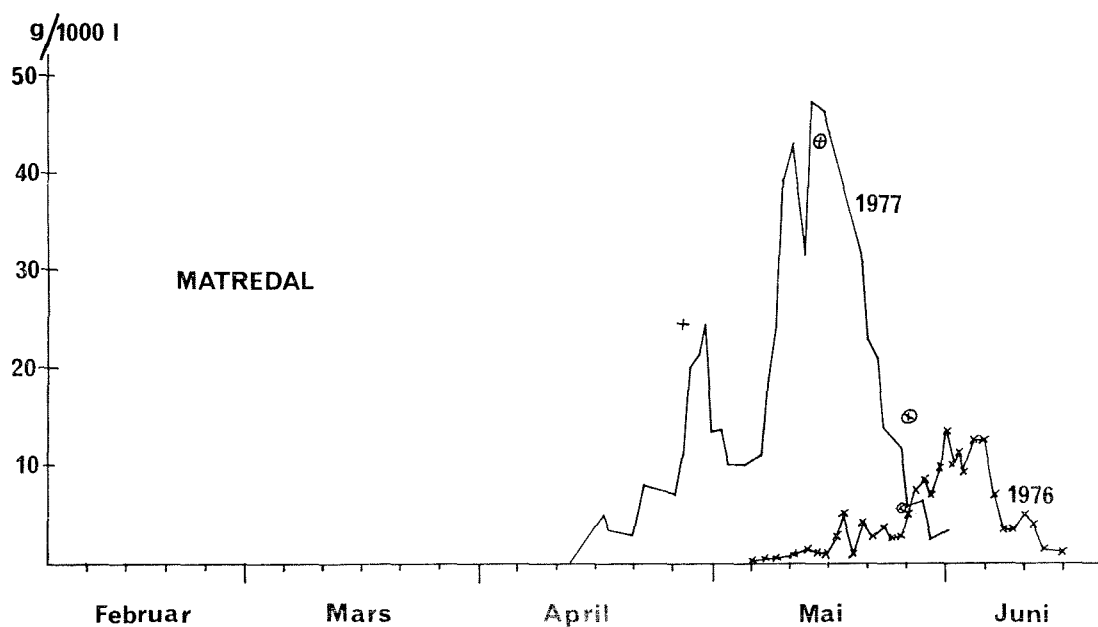


Fig. 10. Planktonmengder i g(ml) pr. 1000 l vann fra pumpeinntaket for sjøvann ved Matredal innerst i Masfjorden sommeren 1976 og 1977. Kryss og ringer viser planktonmengder i håvtrekk 1977.

#### Fiskeegg- og fiskeyngelundersøkelser

Oljevernberedskapen aktualiserte økt kunnskap om fiskeegg og fiskeyngel da disse fasene synes å være de mest sårbare i en fisks liv. Spørsmål

som dukket opp var: Hvilke larver finnes hvor til de forskjellige tider, hvilke dyp finnes de i, og hvor langt i utvikling er de kommet.

Det viste seg at en hadde lite detaljert kunnskap om de larvene som finnes i norske farvann til tross for relativt omfattende egg- og yngelundersøkelser på spesielle arter som sild, lodde og makrell.

Fra 1976 av ble derfor alle funn av egg og yngel registrert uansett art, og dataene er gjort lett tilgjengelig via datamaskin. I løpet av 1976 og -77 er det registrert ca. 4 000 prøver, vesentlig spesielle yngelprøver, men også planktonprøver fra faste stasjoner og snitt. Disse egg- og yngeldata blir innarbeidet i ressursoversikten. Dessuten gjennomføres en spesiell undersøkelse om torskelarvenes atferd og næringsaktivitet, samt næringstilbud i den kritiske periode omkring absorpsjon av plummesekken i Lofoten-Vesterålen samt ved laboratorieundersøkelser. Hensikten med prosjektet er å analysere betydningen av de nevnte faktorer for årsklassenes styrke. Disse observasjoner og resultater er likeledes innarbeidet i ressursrapporten.

#### FORURENSNINGER

Forurensningsundersøkelser ble påbegynt allerede i 1958 og konsentrerte seg i de følgende ti år om radioaktiv forurensning fra atombombetester såvel som fra en tiltakende radioaktiv industri. Spesiell oppmerksomhet ble viet fiskeressursene i Barentshavet hvor utstrakte bombetester ble utført. Mot slutten av 60-årene kom kvikksølvforurensningen i fokus og etter hvert de forskjellige avfallsprodukter fra industri og husholdning som viste seg å være giftige, eller på annen måte virket belastende på det marine miljø. Som eksempel på dette kan nevnes de problemer som oppsto i 1970 ved dumping av avfall fra vinylkloridproduksjon som besto av klorerte alifatiske og aromatiske hydrokarboner (Fig. 1). I samme tidsrom ble det rapportert at fiskere fikk tønner (containere) med industriavfall i trålen (Fig. 2).

Dette økende behov for engasjement både på forskningssiden og i bestrebelsen på å etablere adekvate reguleringer nasjonalt og internasjonalt resulterte i 1970 i etableringen av en ekspertgruppe innen instituttet til å ta seg av denne virksomheten. I de siste årene har aktiviteten i betydelig

grad vært konsentrert om oljevirkksomheten i Nordsjøen og andre områder hvor det er planlagt å begynne oljeletingen i den nærmeste fremtid. Forskningsinnsatsen er hovedsaklig fokusert på virkninger av forurensninger på de levende ressurser i havet, men inkluderer også kjemiske og fysiske aspekter som f. eks. drift og skjebne av olje i miljøet.

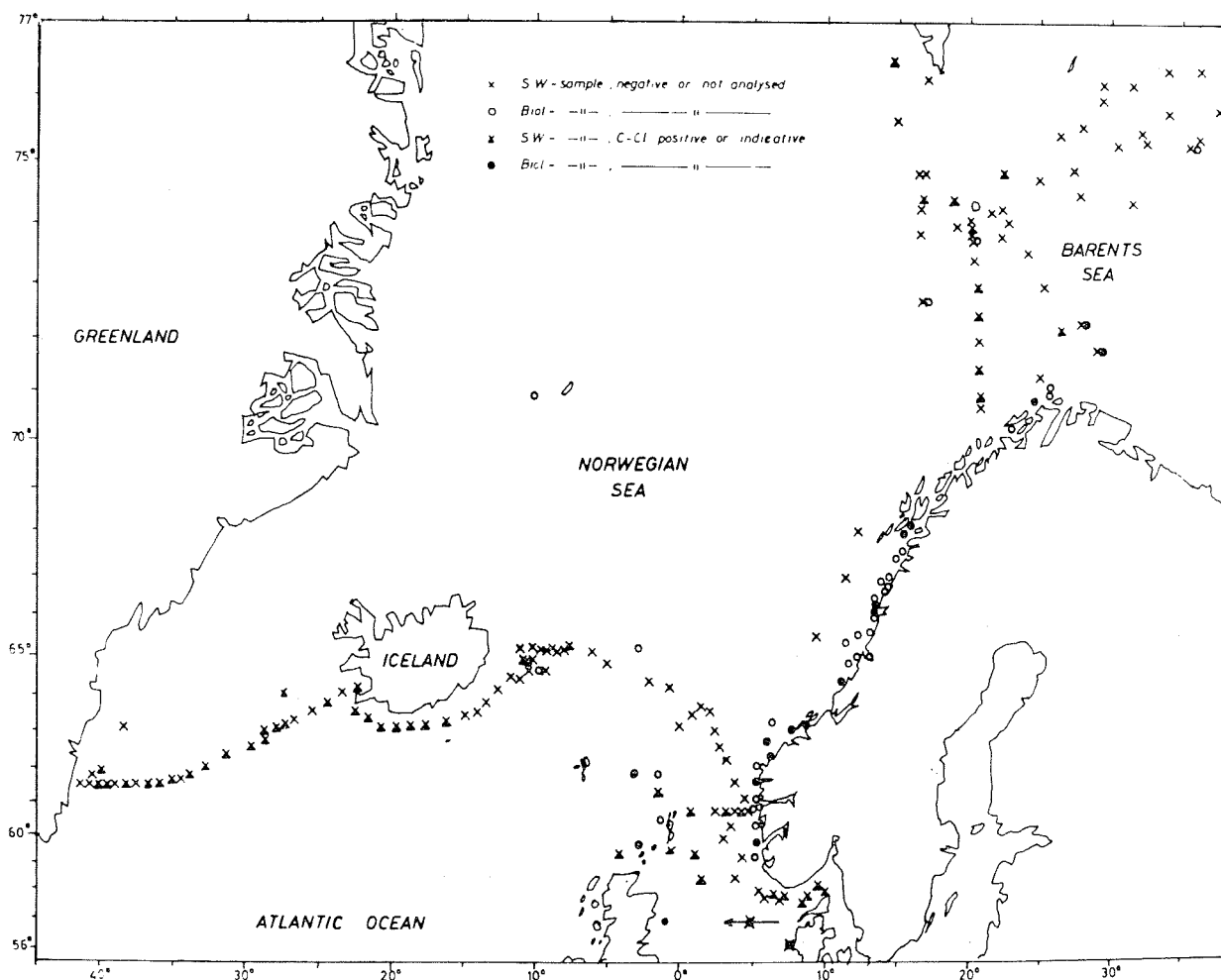


Fig. 1. Oversikt over utbredelse av klorerte alifatiske hydrokarboner. Jensen, Jernlov, Lange og Palmork (1970).

Forskningsengasjementene har internasjonalt blitt koordinert gjennom ICES (International Council for the Exploration of the Sea) og ved aktiv deltagelse i GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution) og arbeidsgrupper under disse.

På reguleringssiden har representanter av ekspertgruppen vært med i arbeidet, knyttet til etableringene av:



Convention for the prevention of marine pollution by dumping from ships and aircraft

Oslokonvensjonen

Convention for the prevention of marine pollution from land-based sources

Pariskonvensjonen

Convention on the prevention of marine pollution by dumping of wastes and other matter

Londonkonvensjonen

International Convention for the prevention of pollution from ships, IMCO 1973

IMCO-konvensjonen

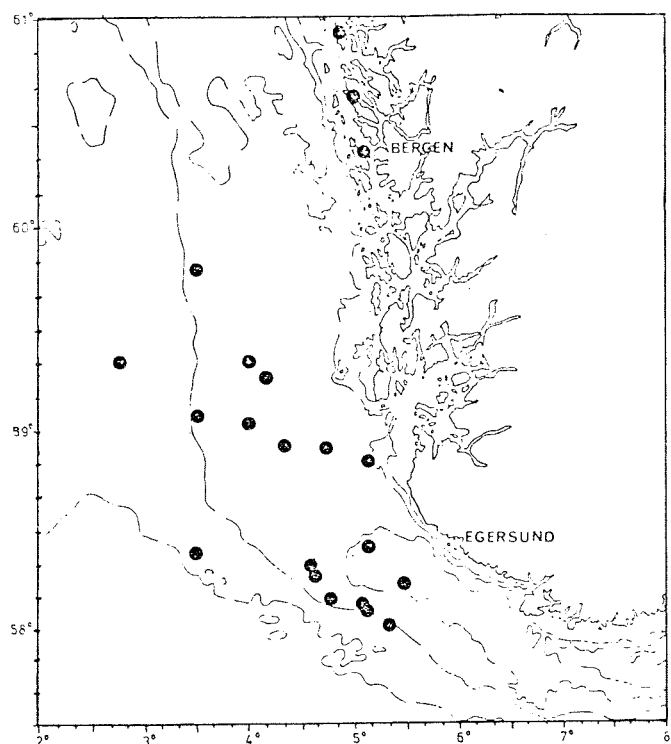


Fig. 2. Området hvor de fleste tønnene er funnet.

### Oljehydrokarboner

Hvert år tilføres anslagsvis 600 000 tonn olje til verdenshavene ved lekkasjer fra oljeleier under kontinentalsoklene og ved utvasking av oljeholdige bergarter. Menneskets aktiviteter forårsaker spill av langt større mengder olje slik at den totale mengde olje som hvert år tilføres havet, er i størrelsesorden 6 millioner tonn. Til norske og tilgrensende farvann, hovedsakelig Nordsjøen, er mengden tilført olje løselig anslått til 0,1 - 0,3 millioner tonn årlig. De tilsvarende anslag for Middelhavet er 0,5 - 1 million tonn.

Det tillatte, såkalte kontrollerte, og uunngåelige utslipp forbundet med utvinning av olje på norske oljefelt i Nordsjøen er:

Ekofisk 110 tonn/år, Statfjord 540 tonn/år og Frigg 8 tonn/år.

Estimat for tilsvarende utslipp på britisk side er 2000 tonn/år.

De undersøkelser som hittil er foretatt ved Havforskningsinstituttet vedrørende utslippene på Ekofisk-feltet, tyder på at utslippsvannet inneholder betydelige mengder av oljehydrokarboner hvorav endel aromatiske hydrokarboner er spesielt påvist. I sjøen fortynnes disse sterkt og de flyktigste fordampes slik at forurensningshydrokarboner ikke kunne påvises i noen hundre meters avstand fra installasjonene.

De kontrollerte utslippene fra Ekofisk, Statfjord og Frigg blir overvåket av Havforskningsinstituttet. (Fig. 3). Overvåkingen består i analyser av utslippsvannet for å identifisere enkeltkomponenter og bestemme totalmengder. Spredningen av hydrokarbonene i sjøen vil også bli undersøkt ved hjelp av farging av utslippsvannet. Undersøkelsene vil senere også omfatte organismer, naturlig forekommende og utplasserte, og avsetninger på bunnen i nærheten av installasjonene. Grunnen er at hydrokarboner konsentreres i organismer og bunnavsetninger, og undersøkelser av disse vil følgelig gi et mere fullstendig bilde av forurensningssituasjonen.

Som nevnt, vil de flyktigste stoffene i olje fordampe forholdsvis raskt fra oljen på vannet. Flyktige stoffer som er løst i vannet vil også fordampe direkte fra dette. I løpet av de første få dagene vil opptil 50% av en vanlig råolje være forsvunnet. Av den oljen som transporteres ned i vannet, enten i løst form, bundet til partikler eller som små oljedråper (emulsjon), vil noe avsettes på bunnen og det øvrige brytes ned av mikroorganismer eller ved påvirkning av lys. (Fig. 4).

For å lære mer om oljens skjebne i vannet er det ved Havforskningsinstituttet foretatt laboratorieforsøk med olje i innendørs og utendørs akvarier og basseng. Oljespillet fra tankbåten "Drupa" i Rogaland i februar 1976 og utblåsningen fra Bravo-plattformen på Ekofiskfeltet i april 1977 ble undersøkt ved kjemiske analyser av oljen og vannet. Dessuten er både Nordsjøen og Fensfjorden overvåket ved prøvetaking annenhver måned. (Det oljeholdige avløpsvannet fra raffineriet på Mongstad ledes ut i Fensfjorden). Prøver

tatt på de områder som er utpekt for oljeleting nord for  $62^{\circ}\text{N}$ , er også analysert. Sammenligning av analysemetoder og resultater er foretatt med Fisheries Laboratory, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, England og Sentralinstituttet for industriell forskning, Oslo og Institutt for Kontinentalsokkelundersøkelser, Trondheim.

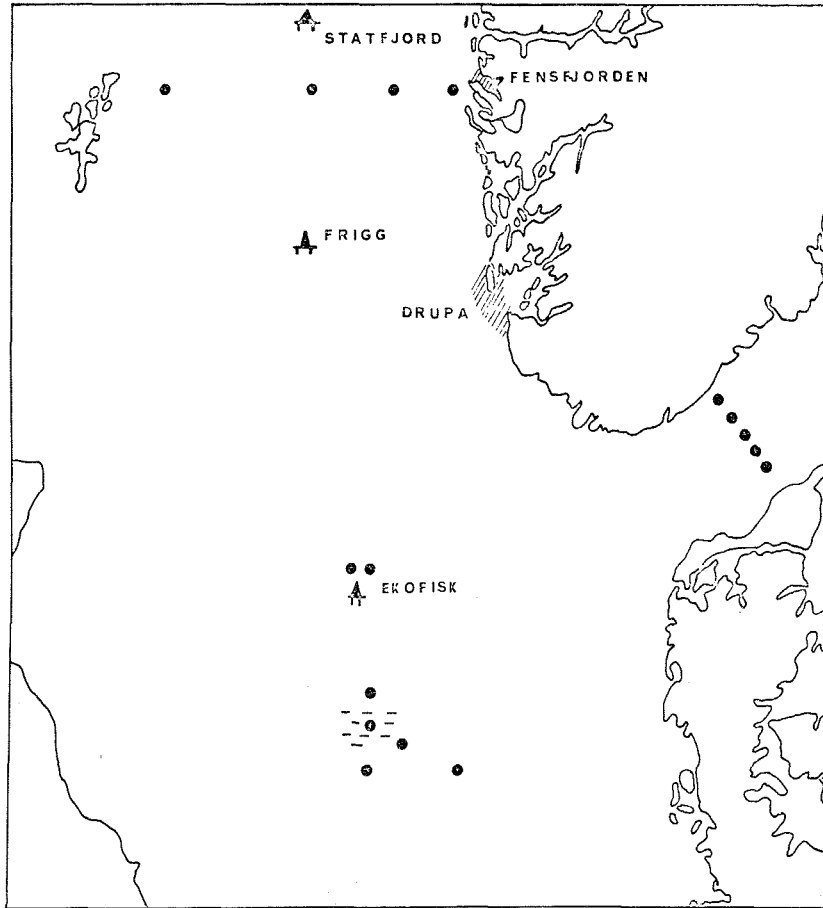


Fig. 3. Området for overvåkning av oljehydrokarboner.

Når olje på havflaten påvirkes av vind og bølger vil små oljedråper føres ned i vannet som en olje-i-vann emulsjon. Oljen i disse dråpene har den samme sammensetning som den på overflaten. En slik emulsjon vil bare finnes i nærheten av synlig olje på overflaten, og forurensningen kan bestemmes som total oljemengde som kan komme opp i flere hundre mikrogram pr. liter.

Oppløste stoffer fra oljen kan spres over et større område enn en emul-

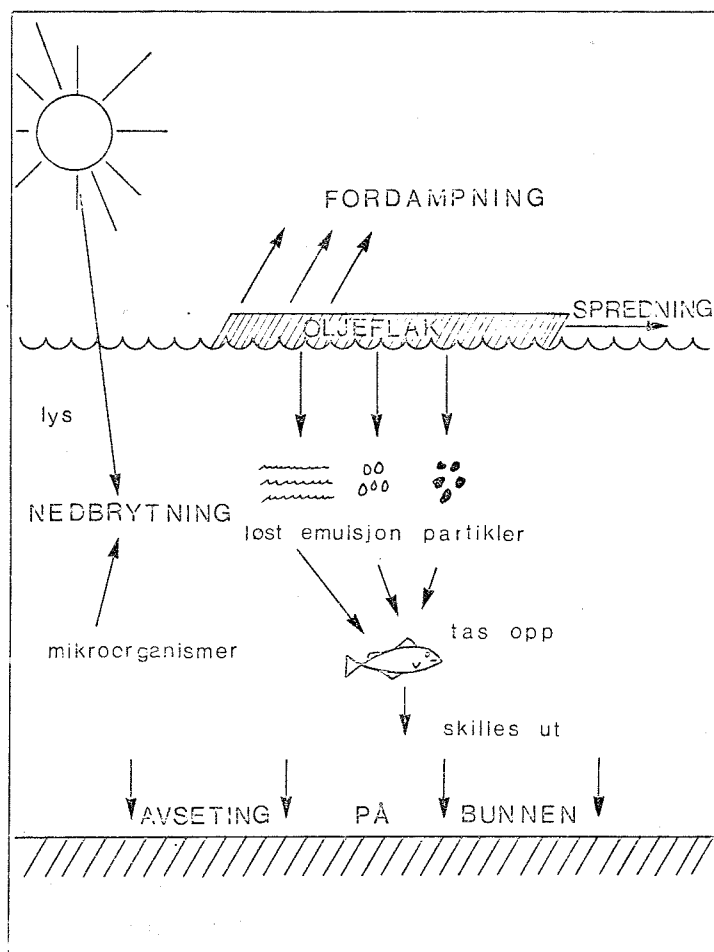


Fig. 4. Oljens skjebne i havet.

sjon av oljen. I en slik løsning vil de mest vannløselige stoffene i oljen finnes i størst mengde. Sammensetningen av stoffene i vannet vil følgelig bli helt forskjellig fra den som finnes i oljen. Det er da umulig å analysere forurensningene som "total olje". Istedenfor må de aktuelle stoffene, i første rekke aromatiske hydrokarboner, identifiseres før mengden bestemmes.

Selv med de beste analysemetoder var det umulig å påvise hydrokarboner etter Bravo-utblåsningen i en avstand av noen titall nautiske mil og etter at noen uker var gått. Også de øvrige undersøkelser som er foretatt, tyder på at effektiv fortynning og hurtig nedbrytning av forurensningshydrokarbonene i løpet av noen uker bringer mengden av disse ned på et meget lavt nivå, lavere enn det som er mulig å detektere med det best tilgjengelige utstyr. En overvåking av oljeforurensninger av norske farvann må derfor foregå like i nærheten av utslippene.

Ved siden av den omtalte overvåkning av oljevirkosomheten på kontinental-sokkelen, vil prøvetaking av bunnavsetninger eventuelt fra avsetningsfeller i Norskehavet og Barentshavet fortsette for å fastslå om det finnes et bakgrunnsnivå av forurensningshydrokarboner i disse områdene hvor det ennå ikke foregår noen oljeaktiviteter. Undersøkelser av avsetninger i strandområdene som ble forurenset av T/T "Drupa" i februar 1976, vil bli fulgt opp med årlige prøvetakinger for å finne ut hvor lenge de kan påvises. Dessuten vil det bli foretatt en undersøkelse av sammensetning, mengde og holdbarhet av oljehydrokarboner i vann som følge av bruk av kjemiske dispergeringsmidler.

Organismer tar opp hydrokarboner gjennom hud, gjeller og føde og akkumulerer dem, fortrinnsvis i fettholdige organer og vev. Konsentrering til opp i tusen ganger i forhold til de tilgjengelige mengdene i vannet kan forekomme. Men organismene vil også skille hydrokarbonene ut igjen. Hos laverestående dyr skjer dette hovedsakelig som en utvasking, hos høyerestående dyr, krepsdyr - fisk, skjer dette hovedsakelig enzymatisk og mer effektivt enn hos laverestående. Den forholdsvis raske utskilling av forurensningshydrokarbonene gjør at en oppkonsentrering av disse gjennom næringskjeden ikke ansees for å være et alvorlig problem.

Ved Havforskningsinstituttet er det utarbeidet en analysemetode for aromatiske hydrokarboner som er effektive indikatorer på om organismer er forurenset av olje. I fisk fanget nord for  $62^{\circ}\text{N}$  kunne disse ikke påvises. I laboratorieforsøk ble det påvist at fisk meget raskt tok opp disse stoffene. Også i forbindelse med oljeuhell er de aromatiske hydrokarbonene påvist i fisk. Sammenhengen mellom oljesmak på fisk og sammensetning og mengde av akkumulerte hydrokarboner er undersøkt ved hjelp av smaksprøver og samtidige kjemiske analyser. Det er mulig ved kjemisk analyse å angi terskelverdier for kvaliteten av fisken med hensyn på oljesmak.

Blåskjell er innsamlet fra 24 lokaliteter rundt Byfjorden i Bergen for å kartlegge forurensningssituasjonen. Erfaringer fra dette prosjekt vil bli benyttet ved utplassering av organismer på oljeinstallasjonene på kontinental-sokkelen for å benytte dem som indikatorer for forurensningen. I et planlagt eksperiment vil det bli undersøkt effekter på klekking og oppvekst

av larver etter at gyteferdig torsk er blitt eksponert for olje.

## PAH

Av de mange komponentene som finnes i olje er det de aromatiske og polysykliske hydrokarboner som har den største virkning på de marine organismer. Tilførsel av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) til det marine miljø skjer også fra andre kilder enn olje og forbrenning, nemlig fra forskjellige industrier som benytter Søderberg-elektroder.

Antracenolje som inneholder de fleste polysykliske aromatiske hydrokarboner, benyttes sammen med bl. a. petrolkoks til fremstilling av Søderberg-elektroder til aluminium og smelteverkindustrien. Ved produksjon av aluminium, ferrosilicium, rujern, calciumcarbid o. s. v. forbrukes eller forbrennes elektrodene. De høyt kokende PAH, hvorav noen er sublimerbare, går uforandret opp med røykgassene. Det er to muligheter for spredning til omgivelsene, den ene er til nedslagsfeltet for røykgassene og den andre via røykgassvaskeprosessen, som for eksempel i noen bedrifter foregår ved direkte vasking med sjøvann, for andre bedrifter ved lukkede systemer, nøytralisering med kalk og utspyling av kalkslammet til sjøen.

Det våre undersøkelser viser er at PAH blir tilført det marine miljø fra aluminiumsindustri, ferrosiliciumsindustri, jernverk og koksverksindustri i tillegg til det som kommer fra råolje, raffineringindustrien, petrokjemisk industri og fra urbane områder. For å få en hurtig oversikt over dette problemet har vi gjort kvantitative studier og forsøkt å demonstrere hvilken utbredning disse stoffene har i fjordsystemet d. v. s. gradientstudier. Fig. 5 viser et eksempel på disse gradientstudier, nemlig fra Vefsenfjorden med aluminiumsindustri.

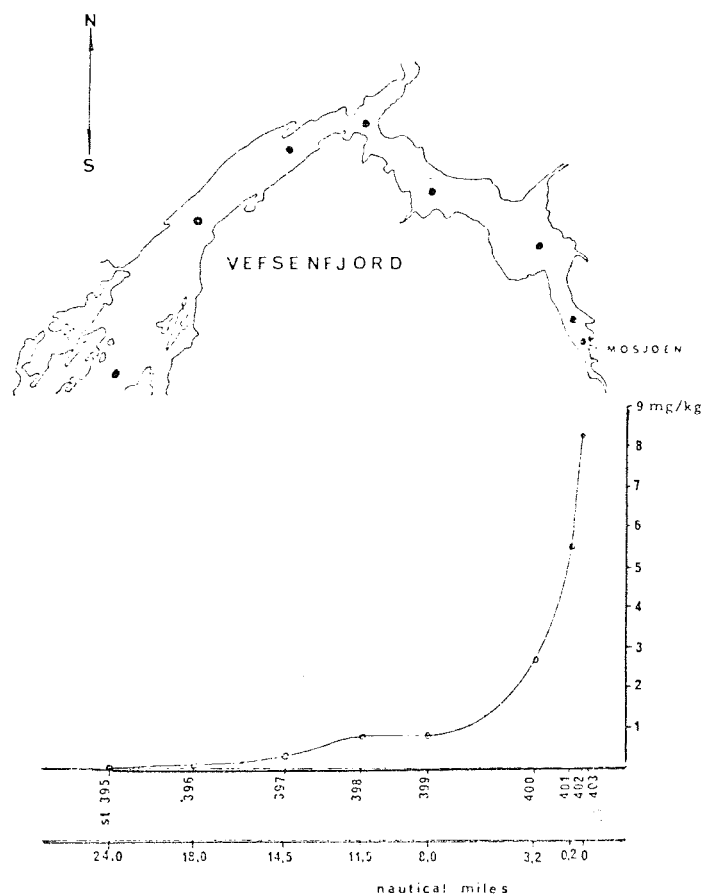


Fig. 5. Posisjoner til sedimentprøver og gradienten av PAH i Vefsenfjorden (Aluminiumindustri ved Mosjøen).

### Partikulær oljeforurensning

Det er alminnelig erkjent at skipsfart og utslipp fra land er de to vesentligste kildene til oljeforurensning på havet, hver med en snau halvpart av tilførslene. Resten fordeler seg på oljeutvinning til sjøs, lekkasjer i havbunnen og nedfall av luftbåren forurensning. Utslipp fra land er det som minst sannsynlig klumper seg til tjæreaktige partikler. Transport av råolje er derfor opprinnelsen til det meste av oljeklumpene til havs. Mengden av oljeklumper i et område antas å utgjøre omlag 35% av den tilførte oljen.

Prøvetakning og registrering av oljeklumper er en viktig del av et internasjonalt undersøkelsesprogram som kalles Marine Pollution (Petroleum) Monitoring Pilot Project. Det er organisert av The Intergovernmental

Oceanographic Commission og World Meteorological Organization gjennom det såkalte Integrated Global Ocean Station System (IGOSS) og støttes av flere FN-organisasjoner og har deltagelse av mange medlemsland.

Oljeklumpene innsamles med en hov som går i havflaten når den taues og siler partikler fra denne. Mengden av partikulær olje, eller oljeklumper, blir oppgitt i milligram olje per kvadratmeter havflate. Som verbal beskrivelse av disse data, kan brukes nedenstående amerikanske karakteristikk:

Spor av olje (Trace)	:	under 0,1 mg/m <sup>2</sup>
Middels forurenset (Medium)	:	0,1 - 0,9 "
Meget " (Heavy)	:	1 - 5 "
Svært " (Extra heavy)	:	over 5 "

Det er samlet inn data fra havområdene utenfor norskekysten, fra Skagerrak til Barentshavet, over en 3-års periode. Observasjonene er for en stor del foretatt som regelmessige overvåkninger i de samme posisjonene langs faste hydrografiske snitt. Hyppigst dekket er snittet Torungen - Hirtshals i Skagerrak (Tabell 1) og dernest Feie (ved Bergen) - Shetland langs 60°45'N (Tabell 2). Observasjoner er også gjort mer tilfeldig eller i forbindelse med spesielle begivenheter, som f.eks. under prosjektet The Trans Atlantic Pollution Survey 1976 og utblåsningen på Ekofisk-feltet, og er da publisert særskilt.

### Skagerrak

Observasjonene fra overvåkingen i Skagerrak er ført opp i Tabell 1. Det fremgår av denne at de observerte verdier er noenlunde jevnt fordelt i tid såvel som over areal. Det er ikke mulig å spore noen utvikling eller tendens i løpet av den observerte 3-års periode. Det synes heller ikke å være noen permanent regional forskjell i oljemengdene i sjøen, hverken utenfor de respektive norske og danske Skagerrak-kyster eller i den mellomliggende åpne havstrekning.

Tabell 3 viser at over halvparten (57,5%) av prøvene inneholder olje, og at gjennomsnittsverdien for hele materialet er 0,2 mg/m<sup>2</sup>, hvilket kan betegnes som middels forurenset i henhold til den tidligere refererte karakteristikk.



Tabell 1. Oljeklumpkonsentrasjoner ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) i Skagerrak.

Dato	Posisjon						
	N 5823 E 0849	N 5820 E 0854	N 5812 E 0905	N 5800 E 0922	N 5751 E 0934	N 5746 E 0942	N 5742 E 0945
27.5.75	< 0.1	< 0.1	-	< 0.1	< 0.1	0.1	< 0.1
13.1.76	0	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0	0.5
23.2.76	0	0	0	-	-	-	-
15.3.76	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.6	0	0	0
26.4.76	0	1.1	< 0.1	< 0.1	-	0.1	0
24.5.76	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0	< 0.1	< 0.1	< 0.1
25.8.76	< 0.1	0	0	0	0	< 0.1	0
13.9.76	< 0.1	1.7	0.3	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1
16.11.76	0	0	< 0.1	0	0	< 0.1	0
4.1.77	0	< 0.1	0	0	< 0.1	0.1	< 0.1
22.3.77	< 0.1	< 0.1	3.0	0.1	2.2	0.6	< 0.1
21.4.77	< 0.1	0	< 0.1	0	< 0.1	0	0
10.6.77	0	0	< 0.1	0	< 0.1	< 0.1	-
4.8.77	0	< 0.1	< 0.1	-	-	-	-
10.10.77	0	< 0.1	< 0.1	0	0	0	< 0.1
24.11.77	< 0.1	0	2.4	0.2	< 0.1	-	0.5
5.12.77	0	0	0	0.9	1.6	< 0.1	< 0.1
10.1.78	0	0	0	< 0.1	0	< 0.1	2.4
21.2.78	0	-	< 0.1	0	< 0.1	0	0
9.3.78	0	< 0.1	< 0.1	0	0	< 0.1	0
6.4.78	0	0.9	< 0.1	0	0	0	0

 Tabell 2. Oljeklumpkonsentrasjoner ( $\text{mg}/\text{m}^2$ ) på strekningen Feie - Shetland.

Dato	Posisjon										
	N 6045 E 0437	N 6045 E 0417	N 6045 E 0357	N 6045 E 0337	N 6045 E 0317	N 6045 E 0257	N 6045 E 0237	N 6045 E 0155	N 6045 E 0055	N 6045 E 0015	N 6045 W 0016
1-2.6.75	-	-	-	-	-	< 0.1	-	< 0.1	0.1	< 0.1	-
6.1.76	0	< 0.1	0	0	< 0.1	< 0.1	0	0	-	-	-
10.4.76	< 0.1	-	-	-	-	0	-	-	-	0	0
26.5.76	-	-	0.4	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-	-	-	-	-
18-19.6.76	< 0.1	0.9	< 0.1	0.2	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0
17-18.11.76	-	0	< 0.1	0	1.4	< 0.1	0.4	< 0.1	< 0.1	< 0.1	-
1.6.77	0	0	0	0	< 0.1	0	0	0.1	0.5	0	< 0.1
12.7.77	-	0	< 0.1	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0.1	0.4	< 0.1	0	< 0.1
23-24.10.77	-	-	1.2	0.2	0.6	0.3	< 0.1	0	0	< 0.1	0
15.12.77	0.7	0	0.2	< 0.1	-	0.7	0.3	< 0.1	-	< 0.1	-
30-31.3.78	-	0	0	0	-	< 0.1	0.6	2.4	0.1	1.3	< 0.1

## Nordsjøen

Observasjonene fra overvåkingen i Feie - Shetlandssnittet er ført opp i Tabell 2. Det fremgår også av denne at de observerte verdier er jevnt fordelt i tid såvel som over areal, tilsynelatende uavhengig av havstrømmene i området. Tabell 3 viser at to tredjedeler (67,8%) av prøvene inneholder olje og at gjennomsnittsverdien også for dette materialet er  $0,2 \text{ mg/m}^2$ , altså middels forurenset.

## Barentshavet

Observasjonene nord for  $62^{\circ}\text{N}$ , som stort sett er gjort i Barentshavet i løpet av et år, viser at en tredjedel (32,4%) av prøvene inneholder olje, og at gjennomsnittsverdien for disse prøvene er under  $0,1 \text{ mg/m}^2$ , altså bare spor av olje (Tabell 3).

## Kommentarer

Selv om den gjennomsnittlige oljekonsentrasjonen er den samme i Skagerrak og Nordsjøen, er det færre rene prøver og større andel av høye konsentrasjoner i Nordsjøen enn i Skagerrak (Tabell 3). Dette faller sammen med at de enkelte oljeklumpene overveiende er størst i Nordsjøen, noe som kan indikere at man der er nærmere de områder hvor utslippene skjer. Etterhvert som oljeklumpene driver med havstrømmene inn i og ut fra Skagerrak, vil de brytes ned til mindre enheter, en prosess som fortsetter i kyststrømmen nordover til Barentshavet hvor både størrelse og mengde er betydelig redusert.

Resultatene fra basis-undersøkelsene i 1975 og den oppfølgende overvåkingen i årene etterpå er sammenstilt og ført opp i Tabell 4.

I Skagerrak er andelen av prøver med olje gått ned mens den gjennomsnittlige konsentrasjon svært nær er den samme. I Nordsjøen derimot er andelen av prøver med olje øket, noe den gjennomsnittlige konsentrasjon i betydelig grad også har gjort. Dette kan indikere at oljetilførslene har forskjøvet seg fra kystvannet til åpent hav, noe som igjen kan ha sammenheng med at utslippsrestriksjonene begynner å gjøre seg gjeldende nær

Tabell 3. Frekvensfordeling og gjennomsnitt av oljeklumpkonsentrasjonene utenfor Norskekysten.

Område	Prosentvis fordeling av konsentrasjonene i mg/m <sup>2</sup> .					Gj.sn. kons. (mg/m <sup>2</sup> )	Antall obs.
	0	<0,1	0.1-0.9	1.0-5.0	< 5		
Skagerrak	42.5	43.3	9.0	5.2	0	0.2	134
Nordsjøen <sup>1)</sup>	33.2	39.9	19.7	5.3	1.9	0.2 <sup>2)</sup>	208
Barentshavet	67.6	29.4	0	0	2.9	<0.1 <sup>3)</sup>	34
Møre/Lofoten	68.8	31.2	0	0	0	<0.1	16

1) Inklusive Feie-Shetland-snittet

2) Basert på " " "

3) Eksklusive en enkelt høy verdi (denne medregnet: 0.5)

Tabell 4. Sammenstilling av resultatene fra basis-undersøkelsene i 1975 og overvåkingen 1975-78.

Område	Undersøkelse	Prøver m/olje (%)	Gj. sn. kons. (mg/m <sup>2</sup> )	Antall prøver
Skagerrak	Basis	78.0	0.3	41
	Overvåkning	57.5	0.2	134
Nordsjøen	Basis	47.4	< 0.1	76
	Overvåkning	67.8	0.2	208
Barentshavet	Basis	37.0	0.2	54
	Overvåkning	32.4	< 0.1	34

land. Øket aktivitet i Nordsjøen kan også spille inn. Bravo-utblåsningen har trolig hatt liten betydning ettersom bare omlag 150 tonn av oljen derfra forelå som oljeklumper snaut 3 måneder etter utslippet, og den er holdt utenfor konsentrasjonsberegningene som her er basert på observasjonene i Feie - Shetland-snittet.

I Barentshavet er andelen av prøver med olje stort sett den samme.

### Oljevirkosomhetens forsøpling

Nordsjøplatået med fiskebankene mellom 54de og 62de breddegrad og øst for Greenwich-meridianen dekker et område på 32 000 kvadrantnautiske

mil. Omtrent en fjerdedel av dette område har i løpet av de siste 10 år gradvis blitt et utrygt område for trålerflåten på grunn av skader på fiskeredskapene forårsaket av forsøpling fra oljeindustrien.

Ved utgangen av 1977 var over 1000 hull boret i den engelske sektor, 187 + produksjonsbrønner i den norske og omlag 100 i de øvrige. De rapporterte posisjonene viser et fordelingsmønster som er påfallende i forhold til oljevirkosomheten på fiskebankene, for såvidt som de tetteste konsentrasjonene er samlet omkring boreområdene, langs rørlednings-traséene og i rutene til forsyningsskipene.

De første 500 og de derpå følgende 666 rapporterte skadetilfellene kan grupperes hver for seg for å vise fiskernes tendens til å unngå områder som i økende utstrekning er blitt kjent for å medføre risiko for tap og skader (setabellen). Hvilke økonomiske følger denne oppgivelse av fiskefelter har for fiskerne, er et spørsmål som kunne trenge sin egen utredning.

Tallene i tabellen nedenfor viser hvordan fiskerne er fordrevet til andre fiskefelter.

Område	Prosent av de første 500 skade- tilfellene	Prosent av de neste 666 skade- tilfellene
Fladen grunn	24,4	13,2
Bressay Shoal	18,2	8,1
Bressay East Ground	4,4	7,5
Patchbanken	13,6	7,5
Revkanten	13,8	18,3
Andre fiskefelter	25,6	45,4

At forsøplingen i Nordsjøen også har fordrevet fiskerne fra engelsk til norsk sektor viser følgende tabell over rapporterte skader:

	1972-76	1977
Skader i norsk sektor	46%	76%
Skader i engelsk sektor	54%	24%

De aller fleste skadekravene stammer altså fra den norske og den britiske sektor mens under en prosent kommer fra den danske.

Inntil 17. april 1978 er 1394 erstatningskrav innvilget av Fiskeridirektoratet og i alt 10,7 mill. kroner utbetalt.

### Pesticider og PCB (polyklorerte bifenyler)

Den første "baseline" undersøkelsen i ICES's regi ble rapportert i mai 1974. En arbeidsgruppe ble enig om å undersøke fiskeslagene sild, torsk og flyndre samt blåskjell og reker med hensyn på DDT, dets metabolitter og PCB (polyklorerte bifenyler) etter at analysemetodene hadde vært interkalibrert. Den utvidete "baseline" undersøkelsen omfattet hele det nordøstatlantiske fiskeriområdet (Fig. 5) og ble rapportert i 1977.

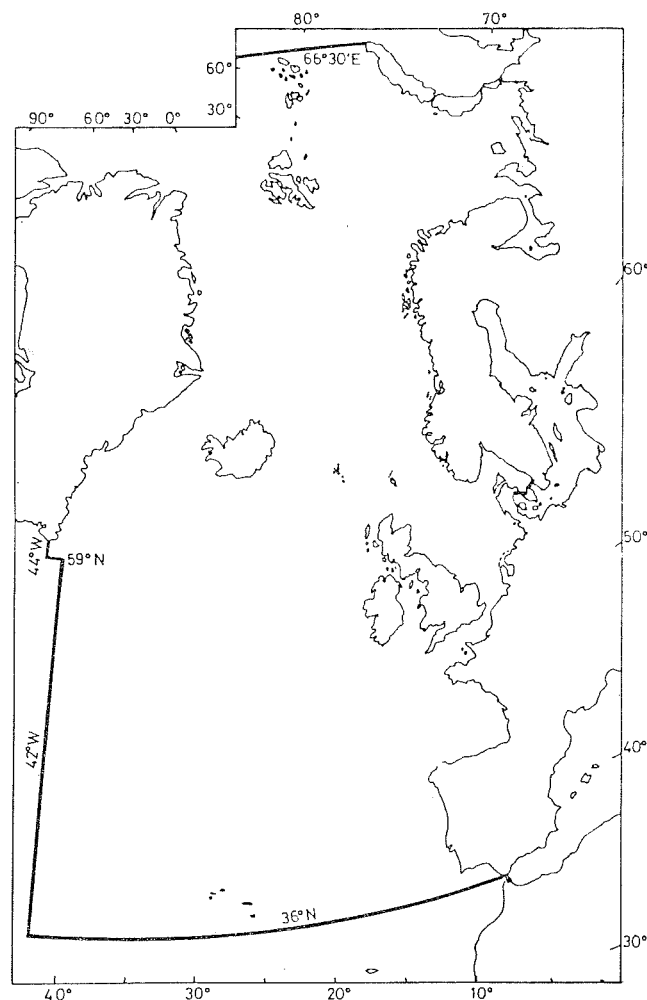


Fig. 5. Det nordøstatlantiske fiskeriområdet.

Havforskningsinstituttet samlet inn materialet, analyserte og rapporterte den norske delen av disse programmer. Fig. 6 viser et eksempel på fordeling av pesticider og PCB i torskemuskel fra den første "baseline". I den utvidete "baseline" undersøkelsen ble det fra norsk side bare analysert torsk og lodde.

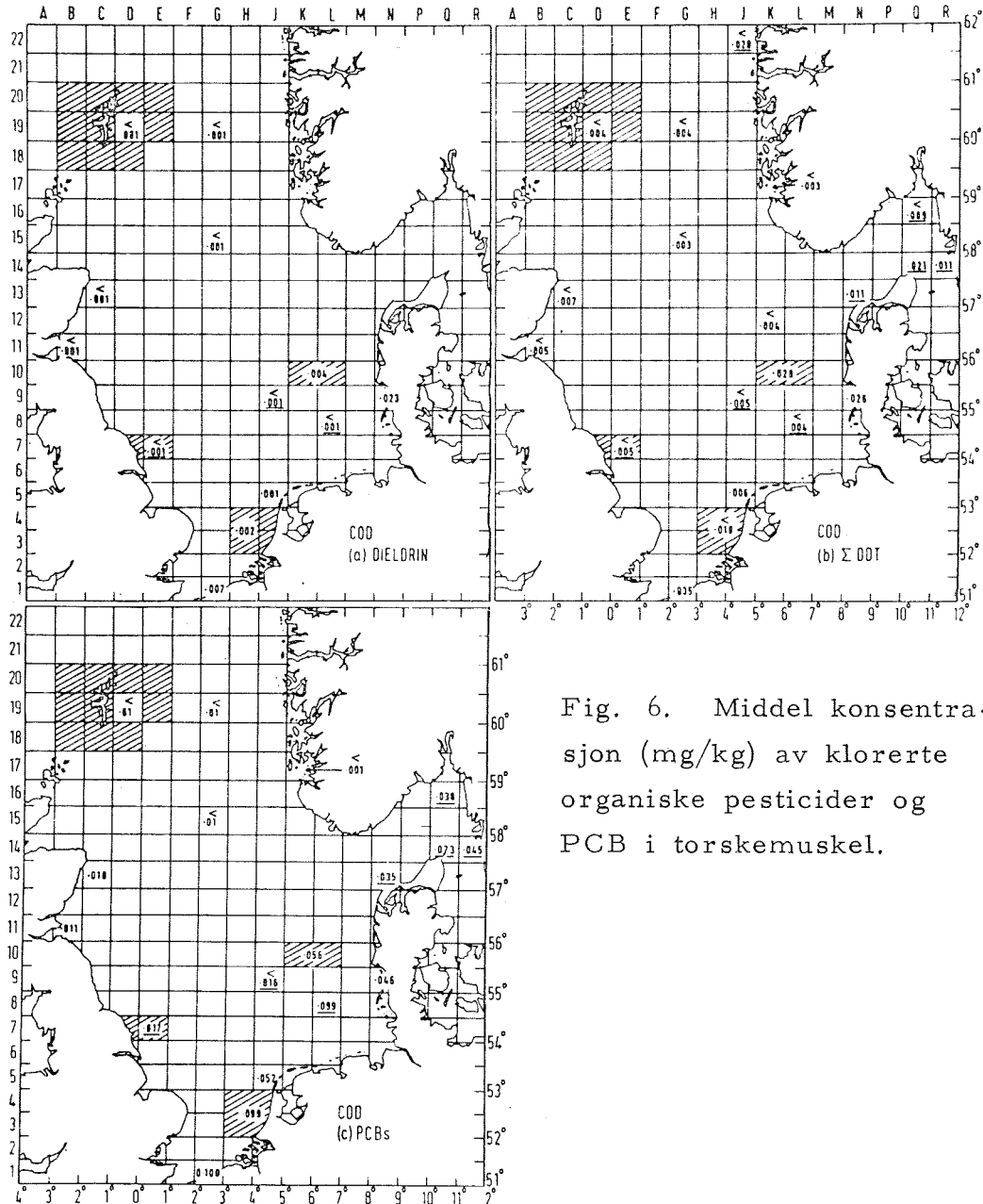


Fig. 6. Middell konsentrasjon (mg/kg) av klorerte organiske pesticider og PCB i torskemuskel.

### Tungmetaller

Undersøkelsene av tungmetaller omfattet kvikksølv, kadmium, bly, kobber og sink i de samme fiskeslag som for henholdsvis første og andre "base-

line" undersøkelse. Havforskningsinstituttet samlet inn og preparerte prøvene mens selve analysene ble utført av Veterinærhøgskolen (kvikksølv) og Hermetikkfabrikkenes Kontrollaboratorium (alle) for den første "baseline" og Fiskeridirektoratets Vitamininstitutt for alle metallene for den utvidete "baseline"

Som en konklusjon kan det sies at nivåene av metaller og de klorerte organiske forbindelsene i nordatlantisk fisk er lik eller lavere enn de som er funnet i den midtre og nordlige del av Nordsjøen og meget lavere enn i visse områder i den sydlige del av Nordsjøen og dens kystområder. I møtet som ICES arbeidsgruppe hadde i 1977 hvor resultatene ble diskutert, ble det gitt uttrykk for at det ikke var nødvendig med noen ny "baseline" undersøkelse i de første 5 årene, men basere videre arbeid på nasjonale overvåkningsprogrammer.

I områder som Irskesjøen og St. Lawrencebukten ser det imidlertid ut til at fisken har et høyere innhold av klorerte organiske pesticider, det samme gjelder "The Southern Bight" i Nordsjøen, og for disse områdene ble det foreslått å følge opp nøyere med årlige undersøkelser, og ellers å fylle ut mangler i det eksisterende "baseline" med undersøkelser i Biscaya og områdene utenfor Spania og Portugal.

For 1978 har instituttet samlet inn ca. 60 torsk i Barentshavet, fordelt på lengder fra 15 cm til 75 cm, for å foreta en statistisk evaluering av innholdet av klorerte organiske pesticider og tungmetaller i forhold til lengde og vekt. Disse undersøkelser er ventet å gi viktige informasjoner om hvordan innsamling av analysemateriale kan forbedres.

### Biotester

Forurensningsstoffers virkning på marine organismer varierer ikke bare fra art til art, men også innenfor den enkelte art har ulike stadier i livssyklusen ulik toleranse overfor miljøpåvirkninger. Man anser fremfor alt at tidlige stadier som eggdeling og klekking, er spesielt sårbare for forurensning.

I en serie laboratorieeksperimenter ved Havforskningsinstituttet har egg og larver av lodde blitt eksponert til vannløselige oljehydrokarboner i konsen-

trasjoner fra 10 til 2000  $\mu\text{g}/\text{l}$  d. v. s. mengder som både tilsvarer og spenner ut over de konsentrasjoner man finner ved oljespill i åpen sjø. Eksponeringen varte 9 uker og omfattet de siste to tredjedeler av eggutviklingen samt hele klekkingsperioden.

Resultatene viste en signifikant minkende klekkesuksess med økende hydrokarbonkonsentrasjon, en effekt som kunne påvises ved nivåer helt ned til 10-25  $\mu\text{g}/\text{l}$  (Tabell 5). Redusert klekkesuksess skyldtes i liten grad direkte giftvirkning av oljehydrokarbonene; imidlertid førte den lange eksponeringstiden til sterk vekst av oljenedbrytende mikroorganismer, og begroing av disse på eggene hindret klekkeprosessen. Hydrokarbonene virket derved indirekte negativt ved stimulering av den mikrobielle aktivitet i eggens miljø.

Tabell 5. Klekkesuksess - gjennomstrømning akvarier.

Hydrokarbon kons. $\mu\text{g}/\text{l}$		0	10	25	50	100
Total	I	83,0	82,6	82,6	72,7	56,4
prosent klekking	II	76,6	67,5	58,5	68,0	53,8

Det er også foretatt innledende metodeforsøk for å utvikle et eksperiment-system tilsvarende det man har i laboratoriet til bruk ombord i fartøyer. Dette er bl. a. gjort for å kunne studere påvirkning på eggstadiene umiddelbart etter befruktningen, og generelt for å redusere den stressfaktor en lang transport til laboratoriet representerer.

Ved et tokt utenfor Finnmark har man således tilført oljehydrokarboner til sjøvann i et kontinuerlig system. Vannet har med mellomrom blitt introdusert i statiske akvarier med nylig befruktete egg av lodde, skaffet til veie ved stryking av gytemoden fisk. Man har operert med hydrokarbonkonsentrasjoner tilsvarende de som er benyttet i laboratoriet. Resultatene av disse forsøkene er fortsatt under bearbeidelse.

I 1977 ble det satt igang et prosjekt som gikk ut på å se hva som hender med fenantren (PAH-forbindelse) når den blir tatt opp i fisk (sei) via mage-tarmkanalsystemet. Forsøkene ble utført v. h. a.  $^{14}\text{C}$  (radioaktivt



karbon) merket fenantren. Resultatene viser hvor hurtig forbindelsene tas opp i organismen og hvor hurtig den utskilles og i hvilke organer den opptas. Flere av omdanningsproduktene (metabolitter) er isolert og identifisert.

### Internasjonalt samarbeid

På grunn av de marine forurensningsproblemenes internasjonale karakter, har instituttet lagt vekt på å koordinere sin virksomhet både på forsknings- og reguleringssiden med andre tilsvarende aktiviteter regionalt og internasjonalt.

Forskningssinnsatsen har først og fremst vært kanalisert gjennom Det internasjonale råd for havforskning (ICES). Innenfor dette organ er det en permanent komité for forurensningsspørsmål hvor vitenskapelige bidrag fra forskerne i de 17 medlemsland diskuteres i årlige møter. ICES nedsatte i 1971 også en permanent arbeidsgruppe, Working Group on Pollution Baseline and Monitoring Studies in the North Atlantic, til å formulere et rammeprogram og koordinere medlemsstatenes forskningssinnsats innenfor dette, med spesiell sikte på forholdene i Nordsjøen og senere i større deler av det nordlige Atlanterhav. Undersøkelsene omfatter tilførsler av forurensende stoffer, "baseline"-studier av nivåer av skadelige organiske og uorganiske stoffer i utvalgte organismer, og oppfølgende studier (monitoringer) i de sterkere belastede områder. Også forekomsten av utvalgte komponenter i sjøvann og i sedimenter inngår i programmet - såvel som biologiske effektstudier. Programmet er harmonisert med Oslokommisjonens behov med sikte på å gi den faglige service som kommisjonen trenger i sin forpliktende overvåking av forurensningen i det nordatlantiske konvensjonsområde, og kommuniserer med denne og andre interessenter gjennom en bredt sammensatt rådgivende komité (Advisory Committee on Marine Pollution).

ICES regionale forurensningsstudier faller naturlig inn som et bidrag til IOC-GIPME (Intergovernmental Oceanographic Commission - Global Investigation of Pollution in the Marine Environment). GIPME er et globalt program som tar sikte på å koordinere nasjonale og regionale undersøkelser til et verdensbilde av havets helsetilstand. En omfattende plan er laget for dette arbeidet, og en internasjonal arbeidskomité (Working

Committee of GIPME) står for gjennomføringen. Som et ledd i denne planen er et verdensomspennende prøveprosjekt under gjennomføring i regi av InterGlobal Ocean Station System (IGOSS) vedrørende oljehydrokarboner i sjøvann, drivende oljeklumper, oljeflak og strandet olje. Havforskningsinstituttet deltar aktivt i GIPME og dets arbeidsgrupper og har delprosjekter i prøveprosjektet vedrørende oljehydrokarboner i sjøvann og drivende oljeklumper i norske farvann.

De regionale og globale interesser og aspekter i instituttets forureningsforskning synes stort sett å være dekket gjennom de nevnte organer, men spesielle teknisk-vitenskapelige grupperinger under f.eks. de forskjellige antiforureningskonvensjoner har periodevis kalt på instituttets deltakelse.

I mer prinsipielle vitenskapelige spørsmål har imidlertid koordineringen internasjonalt vært dekket gjennom FN's ekspertorgan på marine forureningsprosjekt - GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). GESAMP er sammensatt av vel 20 eksperter oppnevnt av FN selv og av de faglige organer UNESCO, WHO, WMO, FAO, IMCO og IAEA. Det har en spesiell plass som faglig utredningsorgan og rådgiver for FN's forskjellige spesialorganer, såvel som for de enkelte medlemsstater i marine forureningsproblemer. Instituttets eksperter har deltatt aktivt i dette arbeidet, både i GESAMP selv såvel som i aktuelle arbeidsgrupper som dette organ har nedsatt.

Instituttets engasjement i ICES, IOC og GESAMP vil fortsette.

Reguleringen av marin forurensning er både et nasjonalt såvel som regionalt og til dels globalt spørsmål. En viktig del av instituttets aktivitet har derfor vært den faglige rådgivning som bakgrunn for adekvate tiltak for å begrense og kontrollere forurensninger. Nasjonalt skjer dette gjennom den nære kontakt med den departementale forvaltning og lovgivningen - regionalt og globalt ved å bidra med faglig ekspertise ved etablering og gjennomføring av antiforureningskonvensjoner. De konvensjoner som har særlig interesse for instituttets virksomhet er følgende:

Oslokonvensjonen: Denne regulerer tilførsler til sjøen ved dumping fra skip og fly og dekker det nordøstlige Atlanterhav (NEAFC-området).

Konvensjonen trådte i kraft i 1974, og 13 europeiske stater har signert den. Den forplikter seg til vitenskapelig overvåkning av forurensninger i denne regionen med spesifikke observasjoner rundt de enkelte dumpeposisjoner såvel som generelt for hele området. ICES er vitenskapelig rådgiver i spørsmål vedrørende havets ressurser og utfører et nærmere spesifisert "baseline"- og monitoringprogram.

Pariskonvensjonen dekker det samme geografiske område som Oslokonvensjonen og regulerer forurensningstilførsler til sjøen fra landbaserte kilder. Konvensjonen er undertegnet av de samme stater, men er enda ikke trådt i kraft. Også denne konvensjonen medfører forpliktelser til overvåkning av forurensninger som det er enighet om, må sees komplementært til Oslokonvensjonen. Det er foreslått at disse konvensjoner skal operere i sammenheng, og det er derfor naturlig at ICES vil komme inn som et rådgivende vitenskapelig organ også for Pariskonvensjonen.

Oslokommisjonen og interim Pariskommisjonen har felles sekretariat i London. Til tross for at den sistnevnte ikke er trådt i kraft enda, praktiseres også denne så langt som mulig av signaturstatene. Spesielle problemer, knyttet til f.eks. oljevirkksomheten på kontinentalsokkelen, er tatt inn som egen protokoll hvor Oslokonvensjonen dekker forsøplingsproblemene og Pariskonvensjonen utslipp fra plattformene og foreskriver tiltak og reguleringer. Likeledes har Oslokonvensjonen gjennomført bestemmelser og reguleringer av forbrenning av avfall til sjøs.

Londonkonvensjonen er en konvensjon om dumping til sjøs, men dekker i motsetning til Oslokonvensjonen alle hav- og sjøområder. Den er enda ikke trådt i kraft. GESAMP er faglig vitenskapelig rådgiver. Konvensjonens globale karakter gjør at den mer må betraktes som en mønster- eller paraplykonvensjon hvor regionale konvensjoner som f.eks. Oslokonvensjonen, Middelhavskonvensjonen, Helsinkikonvensjonen etc. skal være operative brikker innenfor rammen av dens bestemmelser. Londonkonvensjonen har sitt sekretariat i IMCO (Intergovernmental Maritime Consultative Organization) i London.

IMCO-konvensjonen er også en global konvensjon som tar sikte på regulering av alle forurensninger som ikke er dumping fra skip. Den omfatter således regulerende bestemmelser for oljetransport såvel som for

kjemikalier av enhver art, og omfatter skipets konstruksjon og utstyr, behandling av lasten, rengjøring og utslipp. Konvensjonen er enda ikke trådt i kraft. Sekretariatet ligger i London.

Konvensjonene har behov for vitenskapelig-teknisk bistand og har hver sine vitenskapelig-tekniske arbeidsgrupper. Havforskningsinstituttets eksperter deltar i stor grad direkte i det arbeid som utføres i arbeidsgruppene og indirekte ved sin aktive deltakelse i de faglige rådgivningsorganer ICES og GESAMP.