

Fisken og Havet, nr. 2 - 1990
ISSN 0071-5638

Victor Øiestad

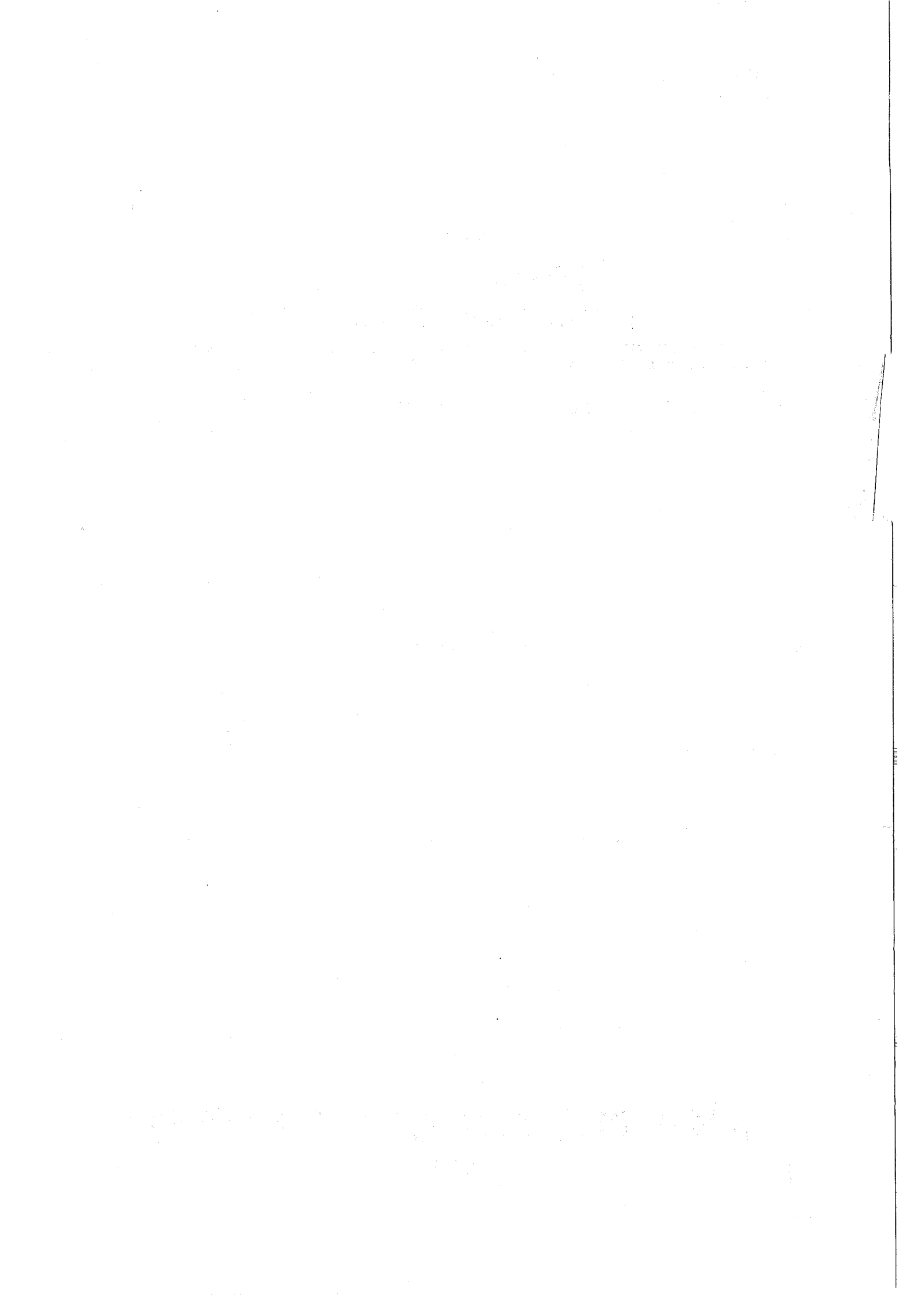
**KONSEKVENSER AV
KLIMAENDRINGER FOR
FISKERI- OG HAVBRUKSNÆRINGEN**

Bidrag til den interdepartementale klimautredningen

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Desember 1990

ke 232



FORORD

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag av Den Interdepartementale Klimagruppen. Sammen med en rekke andre nasjonale og internasjonale utredninger vil rapporten være en del av det faglige grunnlaget for gruppens videre arbeid. Den endelige rapporten fra Den Interdepartementale Klimagruppen vil foreligge våren 1991, og denne utredningen vil da bli et vedlegg til hovedutredningen.

Oppdragsgiver for rapporten er Fiskeridepartementet.

Grunnlaget for utredningen i denne rapporten er det scenariet for klimaet i år 2030 som ble presentert av Det norske meteorologiske institutt på et møte i Miljøverndepartementet 1.februar 1990. Ved en forventet fordobling av CO₂ i atmosfæren ble det i dette scenariet operert med et høyt og et lavt anslag for temperaturstigning i våre områder. Det ble gitt forskjellige anslag for innlandet og kystområdene. For de norske kystområdene er forventet økningen av lufttemperaturen anslått til 3°-3,5°C om vinteren og til 1,5°-2,5°C om sommeren. Som en konsekvens av dette har Havforskningsinstituttet valgt å presentere anslag for temperaturstigning på henholdsvis 1° og 2°C i de øvre 300 m av havet. Disse verdiene som vi betrakter som årsmiddel, ligger noe lavere enn anslagene for atmosfæren. Det skyldes at vi regner med langsommere forandringer i havet enn i atmosfæren, og videre at havet i våre områder får det meste av sin varme tilført med havstrømmene fra lavere breddegrader der temperaturstigningen er forventet å bli mindre. I tillegg har instituttet vurdert et scenario der dypvannsdannelsen i Grønlandshavet forstyrres som følge av klimaendringen.

Havforskningsinstituttet har sammen med tilsvarende institusjoner i andre land rundt Nord-Atlanteren, overvåket havklima og kommersielle fiskebestander siden århundreskiftet. Disse relativt lange tidsseriene som gir data for både kalde og varme perioder, setter instituttet i stand til å foreta en begrunnet evaluering av følgene av en temperaturendring i havet, både for utbredelse av vannmasser, for sirkulasjonsmønstre og for dynamikken i fiskebestandene. Likevel er mye av vår kunnskap mer en registrering av fenomener enn en innsikt i mekanismene bak. Særlig mangelfull blir innsikten når endringene skal formidles oppover i en næringskjede med 3-4 ledd. På hvert nivå i kjeden er det interaksjoner mot konkurrerende organismer, noe som raskt kan gi forskyvninger i energistrømmen i en uventet retning med store konsekvenser for konkurranseforholdet på neste nivå. Det er derfor vanskelig nok å gi gode prognoser selv under "stabile" forhold.

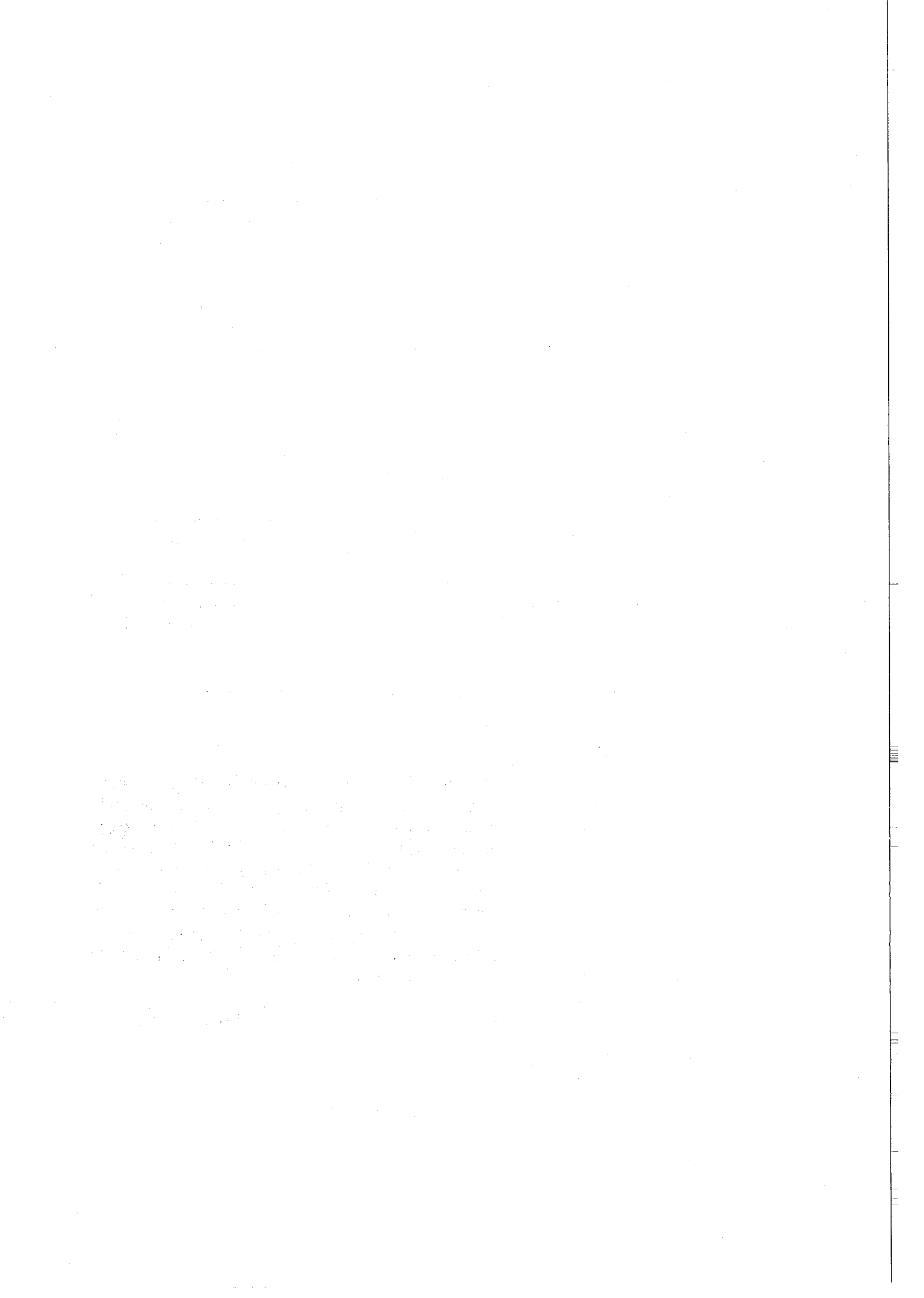
På grunn av dette er det behov for en fortløpende oppdatering av observasjoner etterhvert som klimaendringen skyter fart. Særlig viktig blir det å fange opp

overraskende forskyvninger som kan komme på alle nivåer i næringskjeden og i alle deler av en fisks livssyklus. Dette faller langt på vei sammen med den overvåking av fiskeressursene som Havforskningsinstituttet allerede utfører. Denne utredningen er basert på publikasjoner og data fra Havforskningsinstituttet samt internasjonal litteratur.

Johan Blindheim
September 1990

"Almost all organisms can withstand more heat and cold than they are exposed to within their natural range; the definitive limit to the range of most species, under gradually increasing unfavourable conditions being the presence of other competing forms better adapted to such conditions. As species disappear other closely-allied or representative species, apparently filling nearly the same place in the economy of nature, take their place"

Charles Darwin (1859)



INNHold

SAMMENDRAG.....	1
1. INNLEDNING.....	3
2. NORSKE HAVOMRÅDER GJENNOM TIDENE.....	5
2.1. FRA ISHUS TIL DRIVHUS.....	5
2.2. MARINE RESSURSER I NORSKE FARVANN GJENNOM TIDENE.....	9
2.3. HAVKLIMA - VIKTIGE DRIVKREFTER.....	11
2.4. HAVENE SOM OMKRANSER OSS.....	15
NORDSJØEN NORSKEHAVET OG BARENTSHAVET STRØMFORHOLD	
3. FISKEBESTANDENE I VARMEPERIODEN MELLOM 1920-1960.....	20
3.1. ENDRINGER I NOEN TORSKEBESTANDER	22
3.2. ENDRINGER HOS NOEN BUNNFISKARTER	25
3.3. ENDRINGER I LODDEBESTANDER OG HOS LAKS	25
3.4. ENDRINGER I NOEN SILDEBESTANDER	26
3.5. ENDRINGER HOS VIRVELLØSE DYR.....	28
3.6. HVOR RASKT VIL EN KLIMAENDRING SETTE SPOR ETTER SEG I FISKEBESTANDENE?.....	29
4. DAGENS RESSURSSITUASJON.....	31
4.1. RESSURSENE I NORDSJØEN.....	32
BUNNFISK PELAGISKE BESTANDER	
4.2. RESSURSENE NORD FOR 62°N.....	34
TORSKEFISK PELAGISKE BESTANDER ANDRE RESSURSER I NORD	
4.3. PRIMÆR- OG SEKUNDÆRPRODUKSJONEN	38
PLANTEPLANKTON DYREPLANKTON	
4.4. FISKEPRODUKSJONEN GLOBALT OG I VÅRE FARVANN.....	43
5. BIOLOGISK PRODUKSJON I ET VARMERE HAV.....	43
5.1. PRIMÆRPRODUKSJONEN I ET VARMERE HAV.....	45
5.2. REKRUTTERING HOS FISK I ET VARMERE HAV.....	46
5.3. VEKST HOS FISK I ET VARMERE HAV.....	49
5.4. ARTSDOMINANS KOBLET MOT MILJØEFFEKTER.....	50
5.5. ENDRINGER I NORDSJØEN.....	52
FISKEBESTANDENE I NORDSJØEN	
5.6. ENDRINGER I BARENTSHAVET OG NORSKEHAVET.....	57
TORSKEFISK PELAGISK FISK BUNNFISK OG REKER STYRKING AV ANDRE ARTER FORUTSETNINGER FOR GJENREISNING AV HØSTINGSPOTENSIALET	

6. HAVBRUK - EN NÆRING I STØPEKJEEN.....	68
6.1. "FLERE BEN Å STÅ PÅ".....	68
6.2. NYE ELEMENTER FOR VALG AV ARTER OG DRIFTSFORMER..	69
6.3. HAVBEITE I ET VARMERE HAV.....	71
6.4. PROGNOSE FOR HAVBRUKSNÆRINGEN.....	71
7. EN SÆRLIG ALARMERENDE DRIVHUSEFFEKT-TREDJE SCENARIO.....	72
8. KLIMAOVERVÅKING-NYE KRAV TIL HAVFORSKNING.....	73
9. A CLIMATIC CHANGE-CONSEQUENCES FOR FISHERIES AND AQUACULTURE (ENGLISH SUMMARY).....	75
10. LITTERATURLISTE.....	76
11. APPENDIKSTABELL	
12. APPENDIKSFIGURER	

SAMMENDRAG

De forventinger som knytter seg til en klimaendring i våre områder er nedfelt i to anslag for temperaturstigning, et høyt anslag med stigninger av lufttemperaturen på 3,0-3,5°C om vinteren og 1,5-2,5°C om sommeren og et lavt som ligger på omlag det halve av disse verdiene. Som en følge av dette har en for våre havområder valgt å operere med en lav stigning på 1°C som et snitt for året og et høyt anslag på 2°C. Disse nivåene vil bli nådd over de neste 40 årene og berøre havet ned til 300 m dyp.

I perioden fra 1920 til 1950 opplevde vår region en temperaturoppgang med betydelige effekter for våre fiskebestander. Det er vanskelig å fordele årsaker og virkninger i en periode der fisket to ganger ble stoppet i 4-5 år på grunn av krigshandlinger, der effektiviteten i fisket økte dramatisk og der enkelte bestander nesten ble radert ut og dermed ga vekstmuligheter for andre bestander. En må ha disse forholdene i tankene når en vurderer de biologiske effektene av klimaendringer utfra historiske data. En har også hatt anledning til å studere de problemene som ble skapt for flere av disse bestandene som et resultat av fallet i temperaturen, særlig etter 1960. Noen bestander hadde imidlertid fordel av temperaturnedgangen, særlig i Nordsjøen. Til tross for dette, er de biologiske endringene som fulgte temperaturoppgangen i perioden 1920-1950 det beste utgangspunktet vi har når det gjelder mulighetene for å si noe om den forventete framtidige utvikling.

Generelt kan en si at fiskebestander i et varmere hav vil forflytte seg nordover. Store havområder i nordområdene vil bli mer produktive og koloniseres av fisk som torsk, hyse og sild. Disse viktige bestandene har best rekruttering i varme år eller i perioder med stigning i temperaturen. Dette forholdet sammen med bedret produktivitet kan gi støtet til en videre vekst i flere bestander i området. Særlig epokegjørende blir det om norsk vårgytende sild gjenopptar sin beitevandring til Norskehavet nordøst av Island. Barentshavet og Norskehavet vil derfor kunne få vesentlig økt betydning for norsk fiske ved at en igjen vil kunne høste omlag 3 mill tonn fisk årlig fra dette området mot dagens nivå på 1 mill tonn.

I Nordsjøen vil en del viktige bestander gradvis presses ut av dette viktige beiteområdet og vil måtte nøye seg med langt mindre beiteareal lengre nord. Dette vil i særlig grad ramme Nordsjøsild, torsk, hyse og sei. På sikt venter en at pelagiske fiskearter vil få større betydning representert med et utvalg blant artene sil, brisling, makrell hestemakrell og sardin. Det totale fisket fra Nordsjøen vil fortsatt kunne være på 3 mill tonn, men sammensetningen vil gå mot økt andel av fisk som er uegnet til direkte konsum. Verdien av fisket vil derfor forringes. For Norge som har et svært lite fiske på bunnfisk til konsum i Nordsjøen, kan det tenkes å skje en bedring fordi bunnfiskene i økende grad kan tenkes å ville søke seg mot norske farvann i den varmeste delen av året og dermed bli tilgjengelige for fiske i norsk sone.

Forutsetningene vil gradvis bli lagt for et oppsving i fisket i nordområdene basert på bestander i bedret vekst. Utfordringen vil være å gjenreise vekstpotensialet i bestandene og vedlikeholde dette. Forutsetningene for en slik utvikling vil kunne svekkes om ikke veksten i sjøpattedyrbestandene kommer under kontroll.

Havbruk i ulike former vil kunne nyte godt av bedre vekstbetingelser og økte tilførsler fra våre farvann av fisketyper som nyttes ved produksjon av fiskemel og fiskeolje. Havbeite særlig på laksefisk vil trekke fordel av bedret naturlig smoltproduksjon i elvene og større oppvekstområder i havet. Problemene for havbruksnæringen vil særlig knytte seg til sykdom og giftige alger der begge problemene trolig vil øke i et varmere hav.

I rapporten har en berørt et scenario der økte ferskvannstilførsler til nordlige farvann vil kunne føre til redusert dypvannsdannelse. Får vi oppleve en slik utvikling, kan det også skje en omlegging av strømsystemene i Nord-Atlanteren med betydelig reduksjon i varmetransporten til vår region. Fisket vil svekkes vesentlig under slike betingelser. Denne utviklingen vurderes som den minst sannsynlige av de tre scenariene rapporten inneholder.

Norsk havforskning må styrkes på enkelte områder slik at en kan vedlikeholde tidsseriene og etablere nye med sterk kobling mot klimarelaterte fenomener. Særlig vil spørsmål knyttet til eggproduksjon og yngeloverleving måtte vektlegges sterkere. Arbeidet med utvikling av metoder for å kvantifisere endringer i primær- og sekundærproduksjonen må startes umiddelbart. Likeledes må en få til en utvikling mot robotisering og fjernmåling innen fysisk oseanografi slik at en i mindre grad må basere seg på punktmålinger. Det vil være uråd å forstå de biologiske endringene om en ikke har oversikt over dynamikken i de fysisk-oseanografiske prosessene. Norskehavet med sin sentrale rolle i klimasammenheng, bør vies større forskningsmessig interesse.

Hovedkonklusjoner:

I havområdene nord for 62°N forventes det at et varmere hav vil gi en økt produksjon på alle ledd. Forutsetningene for å gjenreise fiskebestandene bedres slik at en igjen kan bygge opp bestandene til mellom 10-15 mill tonn. En slik fiskebiomasse vil kunne gi et høstingspotensiale på 3 mill tonn. En videre vekst i bestandene av sjøpattedyr kan svekke høstingsgrunnlaget og dermed omfanget av framtidig fiske.

I Nordsjøen og Kattegatt vil det gradvis skje en svekking av de fleste bunnfiskbestandene og av Nordsjøsild og disse vil etterhvert presses nordover i Nordsjøen og delvis ut av dette gunstige beiteområdet. Pelagiske fiskebestander vil gradvis styrkes og i perioder vil én eller noen få av bestandene av sil, brisling, makrell, hestemakrell og sardin være sterke og danner hovedbasis for fisket. Dette vil fortsatt kunne være på 3 mill tonn årlig under forutsetning av at en klarer å gjenreise mengden av fisk til 8-10 mill tonn. Imidlertid vil verdien av fisket reduseres på grunn av redusert andel av konsumfisk.

1. INNLEDNING

I 1975 lanserte National Research Council i USA et handlingsprogram for klimaforskning "Understanding climate change - a program for action" (ANON. 1975). I de 15 årene som har gått siden den gang, har interessen for klimarelaterte spørsmål i økende grad fanget global interesse. Når det gjelder mulige effekter på fisket under et endret klimaregime, har en benyttet strategien "*forecasting by analogy*" (GLANTZ 1990; REGIER et al. 1990; SHARP 1988; SHARP in press). I praksis vil det si at en analyserer de effekter betydelige miljøavvik fra normalen har hatt på en biologisk ressurs. En slik strategi kan få begrenset verdi fordi en vil kunne komme i en situasjon der klimaet går utover selv kjente ekstreme forhold. Likevel vil strategien ha verdi for de neste 10-20 årene med utgangspunkt i data fra dette århundret. Således har en relativt gode data for den lange oppvarmingsperioden i våre nordområder fra rundt 1920 til 1950. Det er riktignok to forhold som vanskeliggjør fortolkningen av disse dataene. For det første det forholdet at parallelt med temperaturstigningen fikk en et kraftig oppsving i fisket basert på forbedret teknologi (BELL and PRUTER 1958). Dernest var store deler av fisket avbrutt i fem år fra 1940-45 med effekter for fisket i flere år etterpå (ANON. 1948a).

Den markerte temperaturoppgangen fra ca. 1920 ble fulgt med økende oppmerksomhet av havforskere og førte til en rekke publikasjoner etter 1930. Det ble holdt flere klimamøter, bl.a. i regi av Det internasjonale råd for havforskning (ICES) (ANON. 1949). I Bergen ble et klimamøte holdt i 1948 på et tidspunkt da en så tegn til en kulminasjon i temperaturoppgangen (ANON 1948b). Direktør Rollesen ved Havforskningsinstituttet uttrykte bekymring for norsk-arktisk torsk som på det tidspunktet hadde en stående biomasse på minst 6 mill tonn mot dagens 0,7 mill tonn (ROLLEFSEN 1948). Det var vanlig å se bestandsoppsvinget hos flere fiskearter i sammenheng med temperatur-oppgangen mens en samtidig var oppmerksom på svekkelsen av noen bestander i kjølvannet av det samme oppsvinget (FRIDRIKSSON 1951; JENSEN 1939; SÆMUNDSSON 1934; TÅNING 1953).

Fallet i temperatur som satte inn etter 1950, flatet ut ved utgangen av 60-årene og en fikk det interessante fenomenet at mens torskefisket ved Vest-Grønland hadde sitt høydepunkt i 1962 for deretter å svekkes sterkt i takt med temperaturfallet, fikk torsk og torskefisk forøvrig et sterkt oppsving i Nordsjøen fra midten av 1960-årene, en forbedring som vedvarte i mer enn 20 år (CUSHING 1982). Russiske, islandske og norske forskere har koblet sammenbruddet for norsk vårgytende sild i 60-årene sammen med temperaturfallet og tilbakevendingen av silden i 80-årene med en begynnende temperaturoppgang (BENKO and SELIVERSTOV 1971; BOGDANOV and FEDOROV 1966; KROVNIN and RODIONOV in press).

Den sterke koblingen av endringer i fiskebestandene til klima ble sterkt imøtegått av BELL and PRUTER (1958). De tok for seg et stort antall fisk-klima-

undersøkelser og mente i de fleste tilfeller å kunne tilbakevise eller svekke betydningen av klimakomponenten i de påviste endringene.

Siden den gang har store mengder nye data kommet til og eldre data har blitt gjennomgått på nytt. Det som på dette grunnlaget synes klart, er at rekrutteringen til fiskebestandene i stor grad er påvirket av det en populært har kalt "physical forcing" eller tilstanden i vannmassene. Det innebærer i praksis at den direkte temperatureffekten ofte blir av underordnet betydning i forhold til *sirkulasjonsmønsteret* en fiskebestand er knyttet til. I denne "pakken" vil det ofte ligge en temperaturkomponent som kan bidra til å styrke eller svekke en bestand (BEAMISH et al. 1989; BOGDANOV and FEDOROV 1965; BULATOV 1989; ELLERTSEN et al. 1989; FRANCIS et al. 1989; HELGASON and SVEINBJØRNSSON 1987; HEMPEL 1963; HOLLOWED and BAILEY 1989; HOLLOWED et al. 1987; JOHANNESSEN and TVEITE 1989; JUNQUERA 1988; KREFFT 1963; LAEVASTU et al. 1988; LARKIN 1989; SÆTERSDAL and LOENG 1987; TAIT and MARTIN 1965).

Sirkulasjonsmønster er et diffust begrep, men meningen kan illustreres med et eksempel fra Nordsjøensild. Rundt 1970 endret sirkulasjonsmønsteret i Nordsjøen karakter på grunn av endrete vindfelt som gav en forsterket innstrømning av atlantisk vann i nordøst langs vestkanten av Norskerennen utenfor Vestlandskysten (DICKSON et al. 1988b). Det gav en sterkt svekket motklokken-rotasjon i Nordsjøen, en rotasjon som normalt bringer høstgytte sildelarver i vestlige Nordsjøen til sine oppvekstområder i de sydlige og østlige deler av Nordsjøen (CORTEN 1986). Resultatet ble sammenbrudd i de tre sildebestandene like til sirkulasjonsmønsteret vendte tilbake til "normalen" i slutten av 70-årene. Da tok bestandene seg opp igjen (BACKHAUS 1989; BAILEY in press; BAILEY and STEELE 1990; BARTSCH et al. 1989). I tillegg til det harde fisket bidro således endringer i den atmosfæriske sirkulasjonen til nedgangen i sildebestandene, men bidro også til å gjenreise dem.

Et annet dramatisk eksempel som viser effekter av endrete sirkulasjonsmønstre er utviklingen i Østersjøen der hyppigere innstrømninger av salt atlantisk vann bedret betingelsene for overleving av torskelarvene (CUSHING 1982; FIG.A1 [Alle figurer med "A" foran tallet, står i appendiks-seksjonen]). Dette skjedde parallelt med en økt tilførsel av næringsalter og i sum gav dette en oppsiktsvekkende økning av den stående biomasse av fisk i Østersjøen fra midten av 50-årene (NEHRING et al. 1989). Dette har gitt grunnlag for et betydelig fiske på torsk og sild/brisling (opp fra 300 000 tonn i 1950 til 800 000 tonn i 1985 (KALEJS and OJAVEER 1989; FIG.A2).

Den klareste demonstrasjonen av sirkulasjonssystemenes betydning finner en i upwellingområder. Til disse er det knyttet en bestemt gruppe fiskearter og alltid én sardinart, én ansjosart, én lysingart; én makrellart og én hestemakrellart (BAKUN 1985). I perioder er sardinen tallrik, i andre perioder ansjosen mens hestemakrellen veksler i sin egen rytme (MUCK et al. 1987). Disse vekslingene har en ved hjelp av fossiler funnet går langt tilbake i tid (SHACKLETON 1988). Overraskende nok er det ofte *koblete* oppsving av sardin i de tre hovedbestandene i Stillehavet, den ved Japan, den utenfor California og den ved Peru-Chile-kysten (CRAWFORD et al. in press; KAWASAKI and OMORI 1988; FIG.A3).

2. NORSKE HAVOMRÅDER GJENNOM TIDENE

2.1. FRA ISHUS TIL DRIVHUS

Liv oppstod på jorden for omlag 500 mill år siden. I tre lange perioder på 10-talls millioner år opplevde jordkloden istid. Den siste av disse tok slutt under perm for omlag 200 mill år siden. Mellom disse istidene var det perioder med sterk drivhuseffekt der den siste perioden tok slutt under kritt for 100 mill år siden (FISHER 1982; FIG.1). I et geologisk perspektiv er vi nå inne i én av disse langvarige istidene av den typen en hadde under perm.

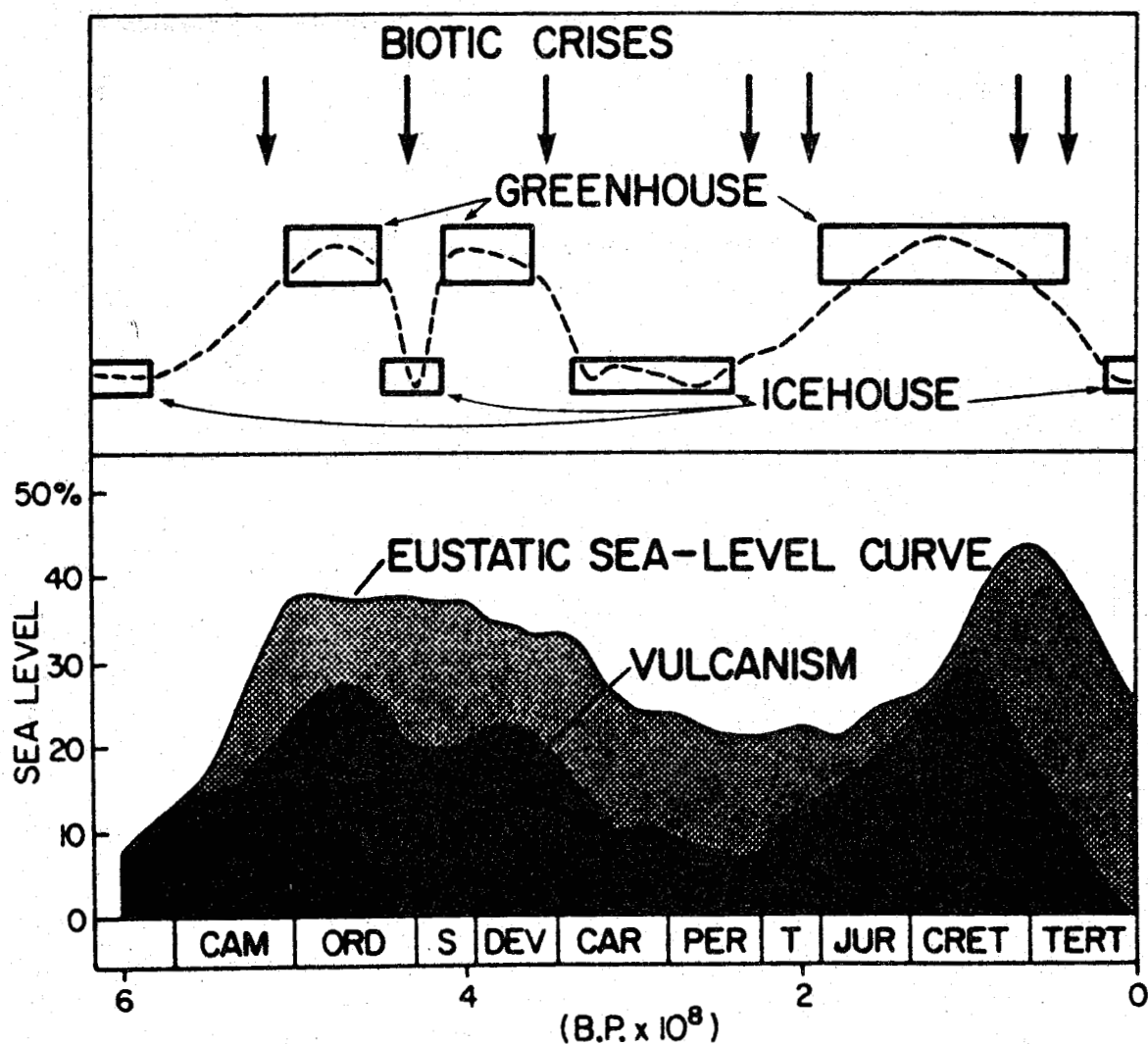


FIG.1. Den øverste figuren gir hovedtrekk i temperaturforløpet på jorden de siste 600 mill år der perioder med istider og med markert drivhuseffekt er angitt. Utfra denne figuren er vi inne i jordens fjerde langvarige kuldeperiode. Videre er epoker med massedød av dyrearter indikert. Nederst er relativ endring i vulkanisme presentert sammen med endringer i havnivå (LONGHURST 1984).

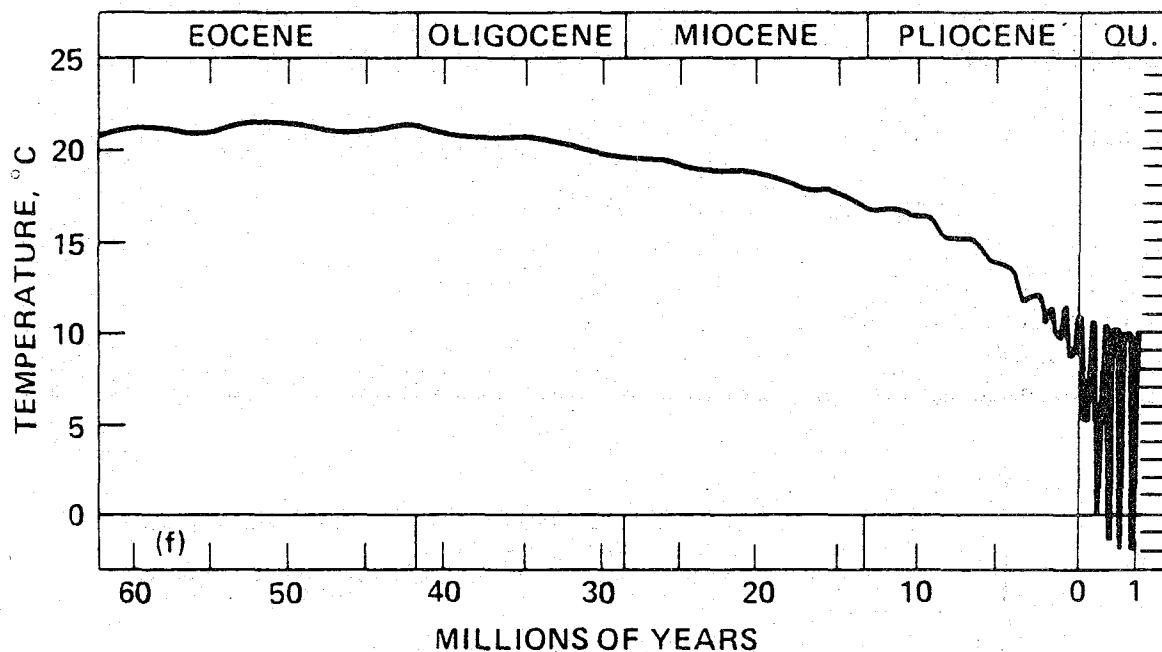


FIG.2. Endring i global middeltemperatur de siste 60 mill år (POLLACK 1982).

Den globale middeltemperaturen har sunket de siste 60 millioner år fra omlag 23°C til dagens nivå på 13°C (FISHER 1982; FIG.2). Temperaturen i dyphavet har i den samme perioden sunket fra 13°C til 2°C i dagens Atlanterhav (BRASS et al. 1982; KENNETT 1977; FIG.A4).

Det globale temperaturmønsteret er i stor grad influert av fordelingen av kontinentene og passasjene mellom dem og av fordelingen av fjellkjeder på kontinentene (RUDDIMAN et al. 1986). Dannelse av sjøis rundt Antarktis startet trolig for omlag 30 mill år siden i forbindelse med en global nedkjøling. Dannelsen av en iskappe på selve kontinentet startet først for omlag 10 mill år siden, og denne nådde sitt maksimale omfang for omlag 5 mill år siden, da iskappen trolig var større enn idag (KENNETT 1977). Forbindelsen mellom Sør-Amerika og Antarktis ble brutt for omlag 20 mill år siden (Drake-sundet) og en fikk etablert en sammenhengende havstrøm rundt Antarktis. Samtidig med den kraftige nedisingen av Antarktis, ble Middelhavet avstengt fra verdenshavene og tørket inn. Avstengningen kom trolig som en følge av redusert havnivå etter den kraftige veksten av iskappen over Antarktis (KENNETT 1977).

Islegging i Polhavet kom først igang for omlag 3 mill år siden, kort tid etter at Beringsstredet ble åpnet og det brede stredet mellom Nord- og Sør-Amerika ble stengt ved Panama for 3,5 mill år siden (HERMAN and HOPKINS 1980). Denne stengningen er trolig den viktigste enkelthendelse i nyere tid da den førte til etableringen av Golfstrømmen og betydelig varmetransport inn i Nord-Atlanteren. Den økte tilførselen av fuktighet var trolig årsaken til at en fikk begynnende islegging i Polhavet (RUDDIMAN et al. 1986). Isleggingen ble ikke helårlig før for omlag 750 000 år siden (HERMAN and HOPKINS 1980). Det var

da istider i vår forstand av begrepet, oppstod for første gang i pleistocene (HERMAN and HOPKINS 1980). I perioden mellom 2,5 mill og 750 000 år før nåtid var det kontinentale isbreer rundt Polhavet med en syklus på 41 000 år (FIG.A5). I alt var det 42 sykluser før mønsteret endret seg og en fikk sykluser på omlag 100 000 år og nå med langt mer omfattende kontinental nedising (RUDDIMAN et al. 1986). Breene bredte seg like ned mot midlere breddegrader, særlig i Europa og Nord-Amerika.

I den forrige interglasialen hadde en 1-2°C høyere maksimumstemperatur enn nå med tilhørende høyere havnivå (omlag 6 m; IMBRIE and IMBRIE 1980, FIG.A6). Ved den siste overgangen fra istid til mellomistid, døde et meget stort antall store landpattedyr ut, arter som hadde overlevd tallrike tidligere istider. En har forklart dette med at det ble større klimatisk kontrast mellom sommer og vinter i overgangen mellom istid og mellomistid (økt "sesonality" og redusert "equality", AXELROD 1967).

Den langvarige trenden mot synkende midlere globaltemperatur som har pågått i 100 mill år, synes å ha vedvart gjennom de siste millioner år. Utfra regelmessigheten i vekslingene mellom istid og mellomistid må en forvente innledningen til en ny istid de nærmeste få tusen år (IMBRIE and IMBRIE 1980; FIG.3).

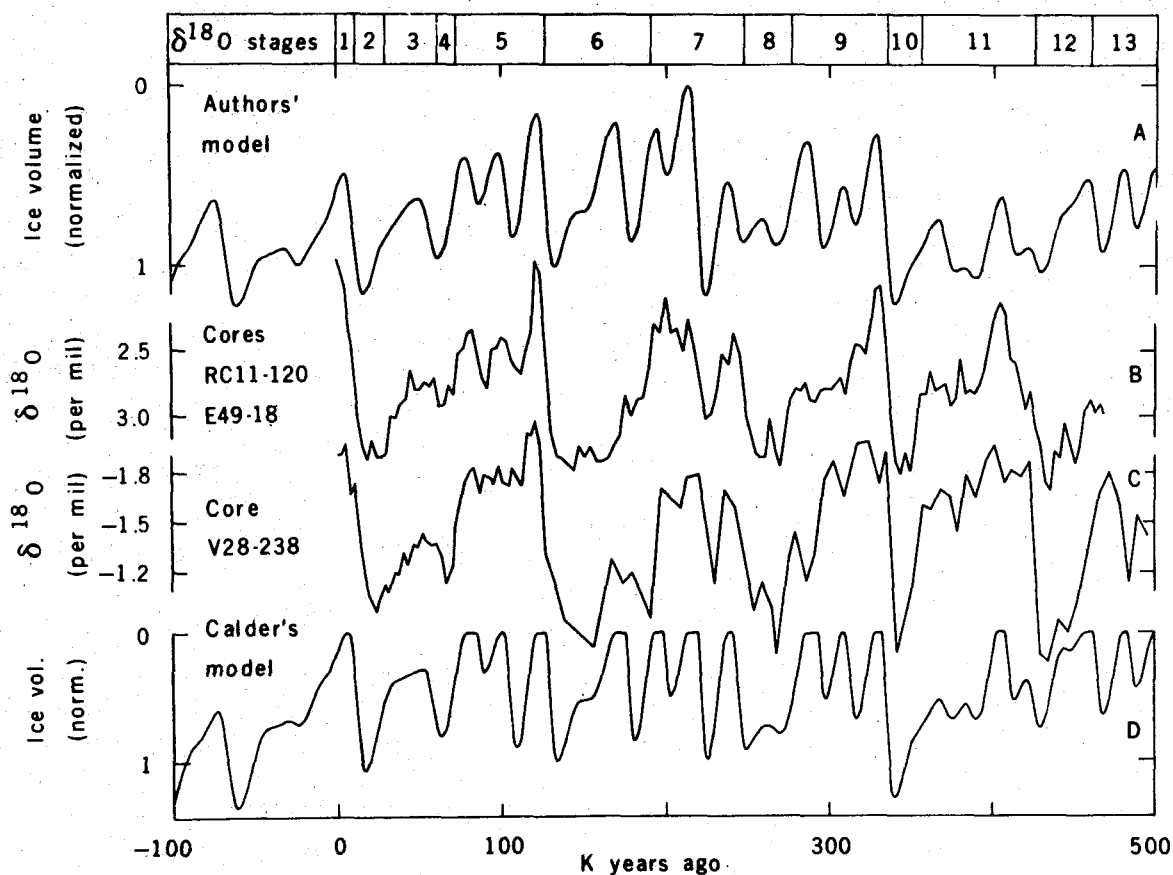


FIG.3. To modeller for global klimarespons på endringene i de orbitale kreftene (Milankovitch) gjennom de siste 500 000 år og prognoser for de neste 100 000 år. En legger merke til at en står foran en rask økning i isvolumet på jorden i begge modellene (IMBRIE AND IMBRIE 1980).

Nye istider kommer gradvis og ofte med gjentatte klimasprang henimot interglasiale forhold (FIG.A7). Mekanismene bak disse svingningene kjenner en bare delvis, men trolig spiller havet en meget sentral rolle (BROECKER and DENTON 1990). Prosesser i havet er langsomme og omlegginger av f.eks. dypvannsdannelsen rundt Antarktis og i Nord-Atlanteren vil kunne sette opp langsomme pulser av den typen en ser under avlesning av paleoklima fra bl.a. iskjerner (BROECKER and DENTON 1990). Også ved avslutningen av en istid har en vekslinger mellom kalde og varme perioder, der periodene kan være ned til noen få hundre år og opptil et par tusen år (VORREN et al. 1988; FIG.A8). En har beregnet at havet brukte omlag 10 000 år på å bevege seg fra forholdene under istiden til interglasiale forhold (LEBEYRIE et al. 1987; FIG.A9).

Den maksimale nedkjøling under siste istid ble nådd umiddelbart før istiden tok slutt for omlag 18 000 år siden. Dette har sitt motstykke i varmeperioden som fulgte etterat landisen var smeltet for omlag 9000 år siden. I begge tilfeller kan en kanskje snakke om en viss klimatisk "overreagering" før reguleringsmekanismene fikk kontroll over situasjonen (BERGER 1982; FIG.A10). På tross av den store forskjellen mellom istid og mellomistid på 8°C, blir en slått av det stive mønsteret som klart viser at det hele er underlagt en stram regi. Dette har vedvart i 3/4 mill år, en kort periode i geologisk sammenheng, men likefullt en unik periode forsåvidt som mange tilknyttete forhold i en viss forstand er nye. Mindre bratt helling av den del av kontinentalsokkelen som tørrelegges når havnivået synker under istidene, har vært trukket fram som en mulig årsak til endring fra 41 000 års- til 100 000 årssykluser (ALTABET and CURRY 1989).

En rekke ytre krefter i samspill med fenomener knyttet til det en kan kalle global logistikk, styrer vårt klima. De ytre kreftene er i hovedsak beskrevet av Milankovitch (en populærvitenskapelig presentasjon av hans idéer er gitt av GRIBBIN (1989)) og periodisiteten i klimaet han postulerte utfra jordens rytmisk endrete plassering i forhold til solen, er påvist å være statistisk signifikant både for den første perioden fra 2,5 mill til 0,75 mill år før nåtid (ÅFN) med perioder på 41 000 år og i den siste med hovedperioder på 100 000 år og med finjusteringer innen enkeltperioder på 21 000 og 41 000 år (HAYS et al. 1976; RUDDIMAN et al. 1986). I tillegg spiller variasjoner i innstråling knyttet til solen en viss rolle ved å modulere det klimaet som er styrt av de planetariske forholdene (MUIR 1977; NEWELL et al. 1989; REID and GAGE 1988; STEPHENSON 1988).

Vi har allerede nevnt at klimaet i Holocen ble innledet med en varmeperiode, og varmeperioder har kommet med omlag 2500 års mellomrom selvom ingen har vært så varm som den første fra 9000 til 6000 ÅFN (WIGLEY 1988; FIG.A11 og FIG.A12). Varmeperiodene etterfølges av en kjølig periode, den siste vi hadde ble kalt "Den lille istid" og varte et stykke inn i den tidsepoken en har kalt "Den industrielle revolusjon" (FIG.A13 og A14). Jakten på fenomener som kan forklare slike større mønstre med periodiske rytmer har pågått lenge (BRIFFA et al. 1990; OTTESTAD 1960; WYATT and VAZQUEZ 1988). Bedret metodikk i undersøkelsene av lagret biologisk og geologisk materiale gjør at en stadig får økt innsikt i både tidligere tiders klima og mulige

klimapåvirkningsfaktorer. En blir også klar over at perioder med "unormalt" vær har forekommet ofte (LAMB 1977).

2.2. MARINE RESSURSER I NORSKE FARVANN GJENNOM TIDENE

De fauna- og florakomponentene vi kjenner fra norske farvann, har endret seg lite gjennom de siste 2-3 mill år. Imidlertid har den *geografiske* fordelingen av artene endret seg dramatisk i takt med istidenes rytme. Som tidligere nevnt har det vært 42 perioder av 41 000 års varighet og 7 perioder av 100 000 års varighet. Bare i en svært liten del av de siste 3/4 mill år har en hatt interglasiale forhold tilsvarende dagens situasjon. Storparten av tiden har en hatt full eller delvis istid med svekkelse eller opphør av dypvannsdannelsen i Norskehavet-Grønlandshavet (STREETER and SHACKLETON 1979). Rundt 18 000 ÅFN var således havområdet mellom sydspissen av Grønland og Island-Færøyene-Irland og videre mot Syd-England-Bretagne isdekt hele året og

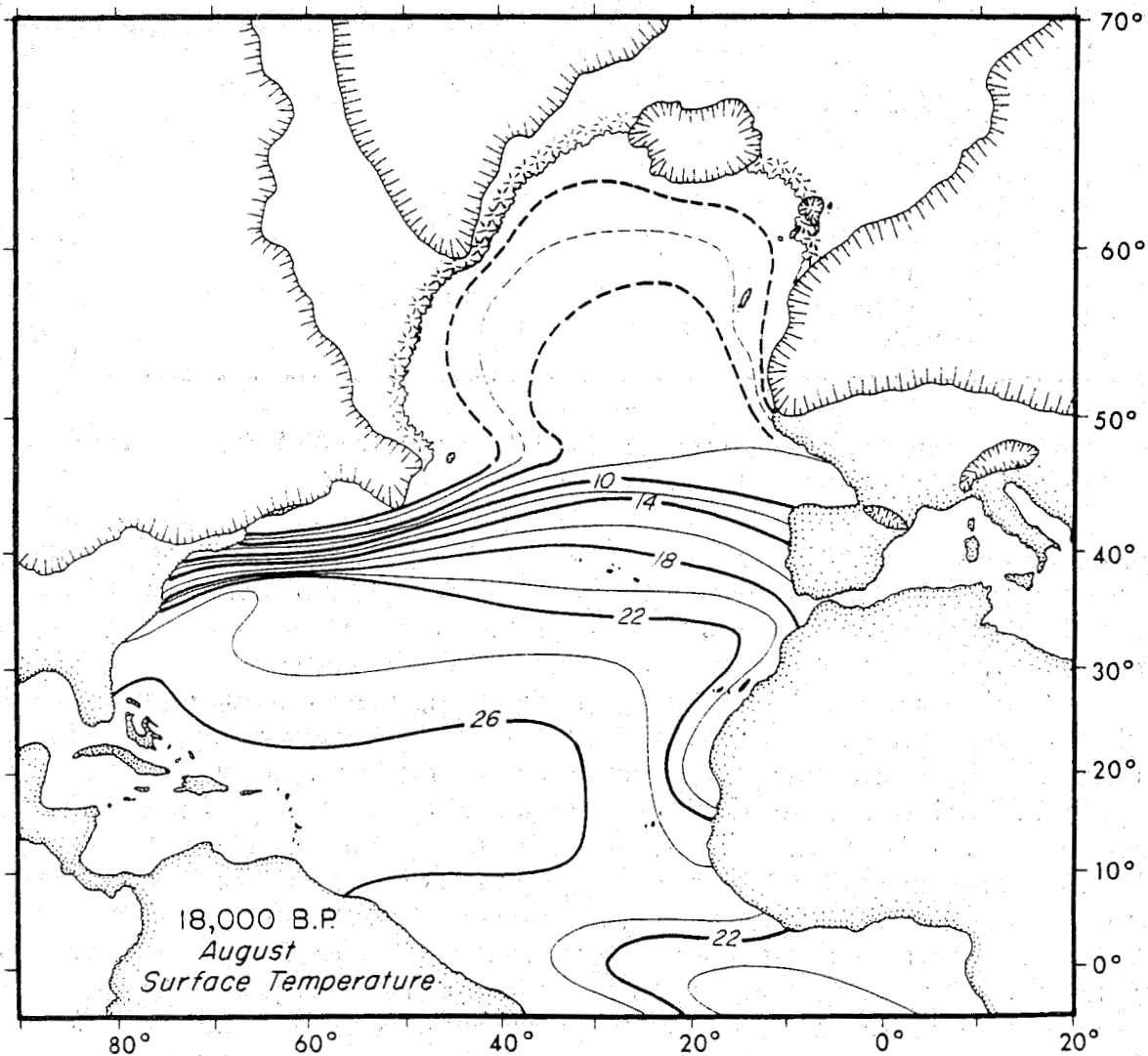


FIG.4. Overflatetemperaturen i august i Nord-Atlanteren 18 000 år før nåtid da istiden hadde sitt maksimale omfang (MCINTYRE ET AL. 1976).

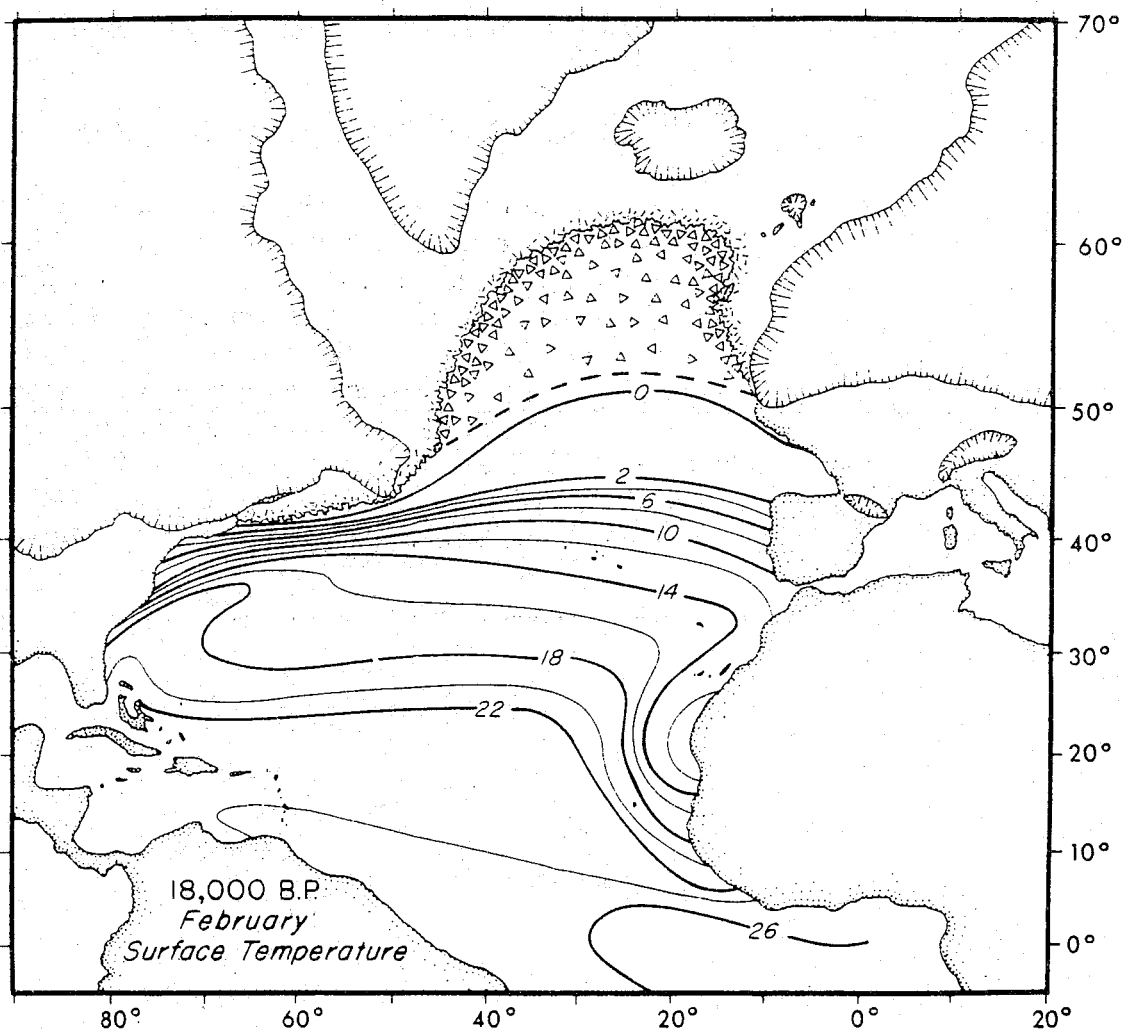


FIG.5. Overflatetemperaturen i februar i Nord-Atlanteren 18 000 år før nåtid da istiden hadde sitt maksimale omfang (MCINTYRE ET AL. 1976).

området ned til 40-45°N var dekket av drivis om vinteren (FIG.4 og FIG.5). Polarfronten gikk fra kysten av Portugal og krysset over til kysten av USA ved Maryland (FIG.A15). Avstanden fra iskanten til varmt vann var kort, og en regner med at den subtropiske virvel lå som nå sør for 40°N.

Det havområdet den arktiske, subarktiske og boreale fauna og flora hadde til rådighet var meget smalt rundt 18 000 ÅFN. I perioder må det riktignok ha vært vesentlig større, men nådde da sitt antatte minimum på et areal som bare var en brøkdel av det arealet disse artene fordeler seg på idag (KELLOGG 1975; FIG.A16). I tillegg til fisk og virvelløse dyr både fritt svømmende og bunnlevende, måtte også mange av sjøpattedyrene klare seg innenfor dette trange området. Fiskearter som idag har bestander på mer enn 1 mill tonn, talte trolig bare noen få titusen tonn eller mindre. Til tross for at havnivået var redusert med opptil 130 m, var det ingen grunnhav i østlige Atlanterhavet som kunne sammenlignes med dagens Barentshav eller med Nordsjøen. Sjøpattedyrarter med en sirkumpolar utbredelse, må ha blitt isolert i separate bestander for Stillehavet og Atlanterhavet, og for de fleste artene må tallrikheten

ha vært sterkt redusert. Det forhold at de fleste artene har deltatt med hell i disse enorme vekslingsene i tallrikhet og utbredelsesområde der det siste innebar å skifte gytefelt i takt med endrete klimatiske forhold, signaliserer en meget høy grad av plastisitet og tilpasningsevne. Disse egenskapene vil komme til nytte når de samme artene nå trolig møter utfordringen fra et varmere hav. I parentes kan bemerkes at laksefiskene må ha rekolonisert norske elver syv ganger de siste 3/4 millioner år (GAEMERS and VORREN 1985; Ø.FRØYLAND, Fiskerimuséet, Bergen og P.PETHON, Zoologisk muséum, Oslo, pers. medd.).

De korte mellomistidene er således blomstringsperioder for de norske faunakomponentene. Men selv innenfor en interglasial periode skjer det betydelige endringer, noe som bl.a. illustreres ved utdødde blåskjellsamfunn på Svalbard og Øst-Grønland fra perioden rundt 9000 ÅFN. Kolonisering i 1930-årene av arktiske havbunnområder av tempererte arter, viser det samme forhold, nemlig at mange marine organismer reagerer spontant på en temperaturendring ved å ekspandere eller trekke seg tilbake (BLACKER 1965).

Norske farvann har således i hovedsak vært ikke-produktive og dekket av is, og bare i relativt korte interglasiale perioder gitt grunnlag for et betydelig fiske.

Hvordan vil så forutsetningene for fisket endre seg i et enda varmere hav?

2.3. HAVKLIMA - VIKTIGE DRIVKREFTER

Varmeutvekslingen mellom hav og atmosfære har stor betydning for klimaet i våre områder. Atlanterhavsstrømmen fører enorme varmemengder inn i Norskehavet og nordområdene forøvrig, ca. 260 terrawatt (STOMMEL 1979). Om vinteren representerer således Norskehavet en varmekilde på 100-200 W/m² i gjennomsnitt. Dette medfører at vi har langt mildere vinterklima enn normalt for den geografiske bredden. Til tross for det store varmetapet til atmosfæren, beholder vannmassene i det atlantiske regimet relativt høye temperaturer. Dette gjør at Norskehavet nordover mot Svalbard og det sørlige Barentshavet er isfrie til alle årstider.

Gjennom sommerhalvåret mottar havet en del varme også i våre områder, men denne prosessen er langt mer beskjeden og bare de øverste 20-50 m blir oppvarmet (HÄKKINEN and CAVALIERI 1989). For den biologiske produksjonen i havet har dette oppvarmete overflatelaget med et stabilt overgangslag, likevel stor betydning.

Når sjøvannet avkjøles, blir det tyngre og synker ned gjennom vannmassene mens varmere vann kommer opp til overflaten (vinterkonveksjonen). Dette gjør at varmeinnholdet i relativt dype vannmasser kan utveksles og store vannmasser kan omdannes. Det er også denne prosessen som fører til fornying av bunnvannet i enkelte områder. Sjøvannet fryser ved ca. -1,9°C og når isen legger seg, reduseres varmetransporten hav->atmosfære vesentlig. Når isen dannes, skilles det ut salt idet nydannet sjøis inneholder 10-15 promille salt mot godt over 30 i sjøvannet som fryser. Det kalde vannet under isen blir dermed saltere og tyngre og kan synke helt til bunns. Slikt bunnvann med høy saltholdighet dannes spesielt i det nordøstlige Barentshavet om

vinteren. Normalt vil dypvannet som dannes i Grønlandshavet, ikke ha så lav temperatur, noe som står i forbindelse med den store dybden av bassenget.

Sirkulasjonen i havet drives av energien som mottas fra solen. De store strømsystemene er til en viss grad vinddrevne, men den termohaline sirkulasjonen er også viktig. Denne drives av tetthetsforskjeller som oppstår ved oppvarming på lave breddegrader og avkjøling på høye. Deres oppførsel er også i stor grad påvirket av tiltrekningen (gravitasjonskraften) fra sol og måne som skaper tidevannssvingninger. Videre er jordrotasjonens avbøyende kraft avgjørende for strømsystemenes sirkulasjonsbaner i forhold til havbassengenes utforming og deres topografiske trekk.

Vestenvindmønsteret på den nordlige halvkule varierer i sin breddeplassing og i styrke. Vestenvinden økte i hyppighet ved De britiske øyer fra 1890 til 1930 og sank kraftig fra rundt 1960 (DICKSON and LEE 1972; FIG.6).

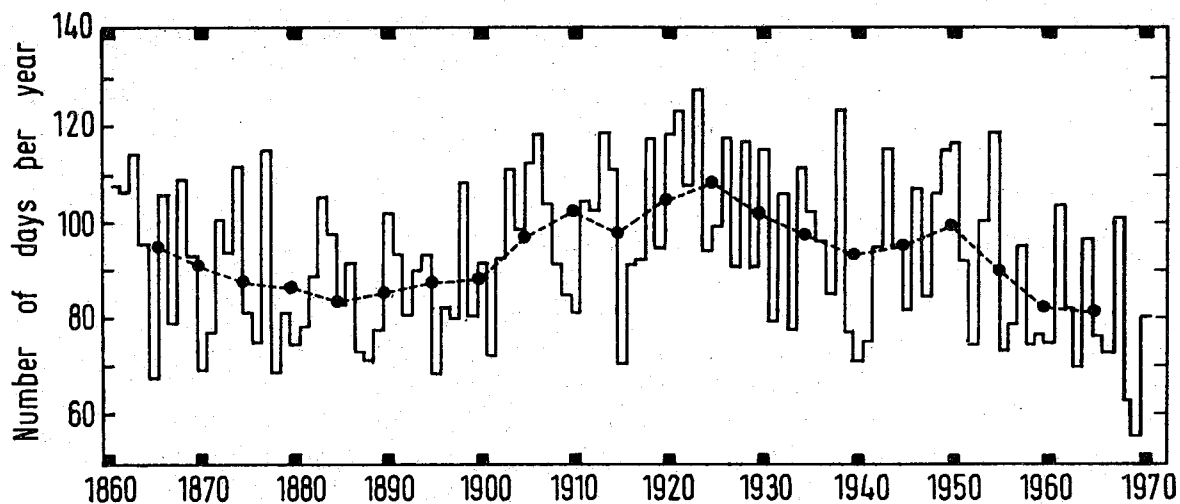


FIG.6. Antall dager med vestlig værtype over De britiske øyer fra 1861 til 1968. Tiårsmiddel er vist som en heltrukken linje med maksimumsverdi på rundt 110 og minimumsverdi på rundt 80 dager (LAMB 1969).

Det kan være illustrerende å se i detalj på det videre hendelsesforløpet, da det viser hvorledes fenomener er koblet. Svekkelsen av vestenvinden falt sammen med intensiveringen av høytrykket over Grønland fra slutten av 1950-årene (FIG.A17). I neste omgang medførte dette at nordlig vind ble mer framherskende i havområdet langs Øst-Grønland, noe som resulterte i at Øst-Grønlandsstrømmen transporterte unormalt store mengder av kaldt, ferskt overflatevann og drivis sørover fra Polhavet. Denne anomalien forårsaket at temperaturen sank betraktelig i områder som ble berørt. Ved Island kulminerte mengdene av drivis i 1968 da utbredelsen var den største i dette århundret (MALMBERG 1988). Da isen smeltet, bygget det seg opp et kaldt og stabilt ferskvannsskikt med en saltmanko på 72 mld tonn. Denne vannmassen la ut på en lang vandring via hele det strømsystemet som opererer i disse farvannene: Øst- Grønlandsstrømmen->Vest-Grønlandstrømmen->Labradorstrømmen-

>Atlantehavsstrømmen ("Den subpolare gyren"; DICKSON et al. 1988a; FIG. 7). Vannmassen passerte Færøy-Shetlandrennen i 1976 med en saltmanko på 47 mld tonn og trengte inn i Barentshavet i 1978-79. Vannmassen hadde beholdt sin negative temperatur- og saltanomali, og den gav Barentshavet de laveste temperaturene i dette århundret (FIG.29). Denne begivenheten satte opp en

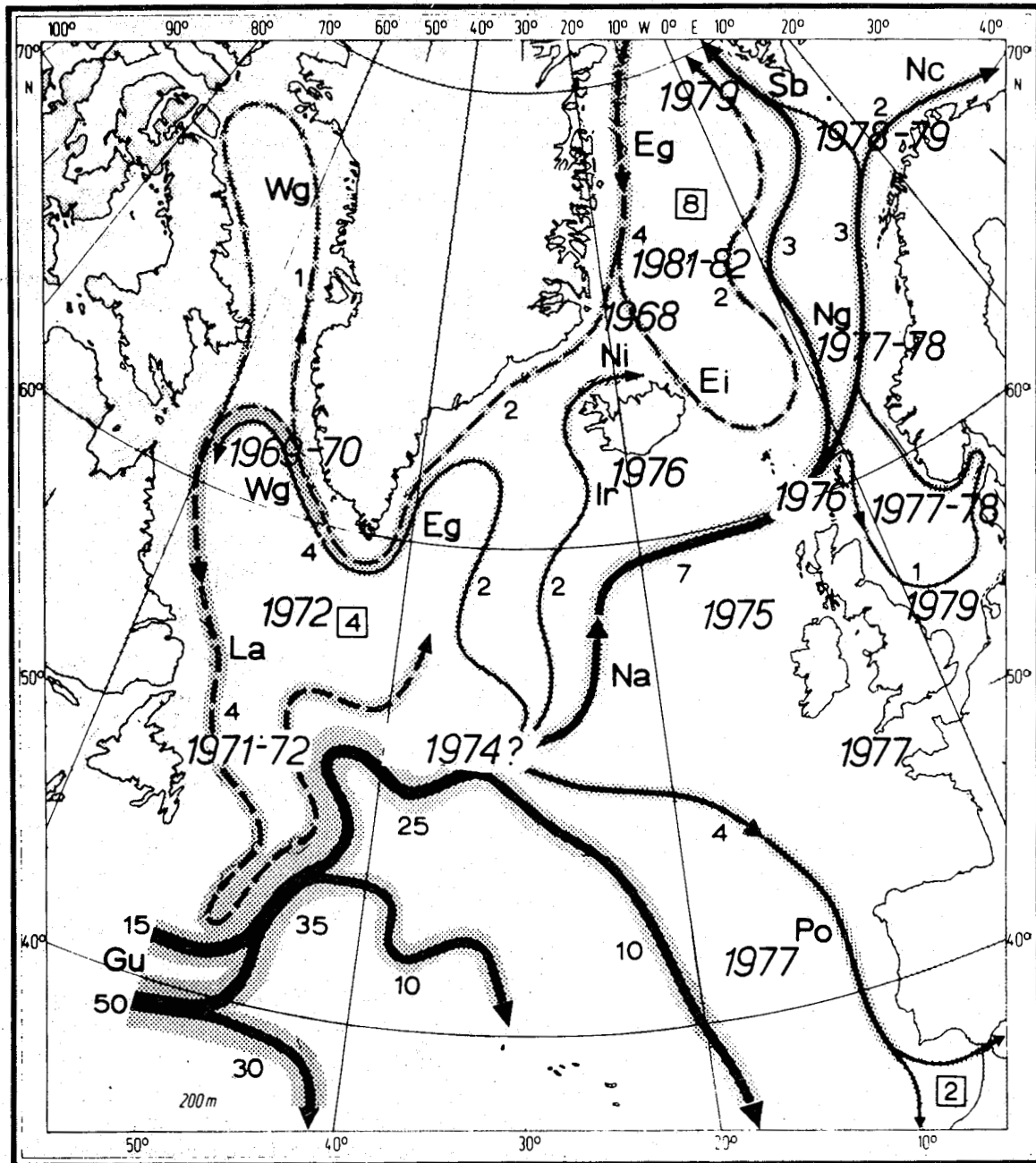


FIG.7. En pinsjpskisse for vannttransport ned til 1000 m dyp og med angivelse av hvor saltanomali befant seg i perioden 1968 til 1982 like fra den oppstod nord for Island. En legger merke til at den passerte Færøy-Shetlansrennen i 1976 og trengte inn i Barentshavet 1978-79 (DICKSON ET AL. 1988a).

kjedereaksjon med vidtrekkende konsekvenser for norsk fiske. Beiteforholdene nordøst av Island brøt sammen i midten av 60-årene og silden måtte ty til beiteområder i det nordlige Norskehavet. Når en vet at mange nordlige fiskearter har best rekruttering ved positive temperaturanomalier, fikk en i Barentshavet i perioden rundt 1980 ingen sterke årsklasser av noen art bortsett fra for lodde (SÆTERSDAL and LOENG 1987).

Lavtrykksplasseringen ved Island i perioden 1900-1979 varierte i takt med klimaendringene i Vest-Europa. Fra 1900-25 lå lavtrykket rett vest av Island og dette gav milde vintre i Vest-Europa, men kalde vintre på Grønland. Fra 1925-44 forskjøv lavtrykket seg ned mot sydspissen av Grønland samtidig med at det ble forsterket og en fikk milde vintre både i Vest-Europa og på Grønland. Etter 1944 trakk lavtrykksenteret seg lengre øst (ROGERS 1985).

Endringer i lufttrykk fortsatte utover i 70-årene og gav økt intensitet til vind fra nord, et mønster som kulminerte rundt 1980 (DICKSON et al. 1988b).

En analyse av klimaet i Arktis synes å indikere at en hadde et *klimasprang* rundt 1920 med reversering i 1950 (YAMAMOTO et al. 1987). Dette spranget gav seg mange uttrykk som temperaturstigning og økt nedbør i mange områder. Årsaken var trolig en omlegging i den generelle atmosfæriske sirkulasjonen over store områder ved en styrking av høytrykket over Sibir og en forsterkning av lavtrykket over Aleutene (YAMAMOTO et al. 1987). Det kan foreligge en kobling mot solinnstråling, men den markerte overgangen indikerer at noe må ha aktivert en flipmekanisme. Med utgangspunkt i solinnstråling og forsterkningsmekanismer i atmosfæren og Quasi-biennial-oscillation (QBO; en stratosfærisk vind over ekvator) er en nå igang med å se nærmere på hvordan små energiforskjeller kan utløse dramatiske omlegginger i atmosfærisk sirkulasjon (TINSLEY 1988).

Drivismengden i Barentshavet, ved Island og Newfoundland reflekterer i stor grad endringer i havklimaet og i sirkulasjonsmønsteret som igjen er styrt av lufttrykksentra (se isindeks hos SÆTERSDAL and LOENG 1987). Nye undersøkelser synes å tyde på en sammenheng mellom solinnstråling uttrykt som antall solflekker og plassering av høytrykkssentre over Grønland, en konstellasjon som gir lite is ved Newfoundland og mye ved Island (HILL and JONES 1990; FIG. A18). De kompliserte sammenhenger der QBO også spiller inn, er i ferd med å avdekkes og dette vil etterhvert setter oss bedre i stand til å forutsi endringer i nordområdene (HILL and JONES 1990; IKEDA 1990; FIG. A19 og A20).

En har i lang tid vært opptatt av den rolle *solen* spiller for klimamodulering og en har derfor laget oversikter over solflekkaktiviteten langt tilbake i tid (FEYNMAN 1988; FIG. A21). Det er foretatt et utall av korrelasjoner med solflekkaktivitet mot ulike fenomener og i FIG.A22 og A23 har en funnet sammenhenger mot havtemperaturer og i FIG.A24 mot svingninger i fisket (MOURA and SANTOS 1984; MUIR 1977; SOUTHWARD and BOALCH 1988). Det som kanskje trer fram som det mest interessante, er den oppstillingen som er gitt av REID and GAGE (1988) som viser en sammenstilling av 11-års løpende middel for solflekker og anomalier i overflatetemperatur utfra globalt veide verdier (FIG.8). Den sammenhengen signaliserer at det kan være verd å følge opp videre denne type koblinger.

Atlantehavsstrømmen varierer i mengde og hastighet. Er den sterk, så forsterkes den subtropiske virvel og relativt sett mindre vann går videre mot nord-øst og inn til vårt område. Dette gir gjerne lavere temperaturer i våre farvann. Denne situasjonen oppstår når vestenvinddriften er sterk. Det er den når trykkforskjellen er stor mellom høytrykket ved Azorene og lavtrykket ved Island. Svekket den subtropiske virvel så passerer relativt mer vann inn over Færøy-Shetlandrennen og en får gjerne høyere temperatur i våre farvann.

Plasseringen av Atlantehavsstrømmen kan også variere (TAYLOR and STEPHENS 1980; FIG.A25). Disse forskyvningene kjenner en ikke årsakene til, men de har betydelige følger for vannmengden i de ulike forgreningene av Atlantehavsstrømmen, for dynamikken til dyreplankton særlig ved å påvirke overvintrende bestander og for inntransporterte mengde av dyr i de før nevnte grenene (FIG.A26).

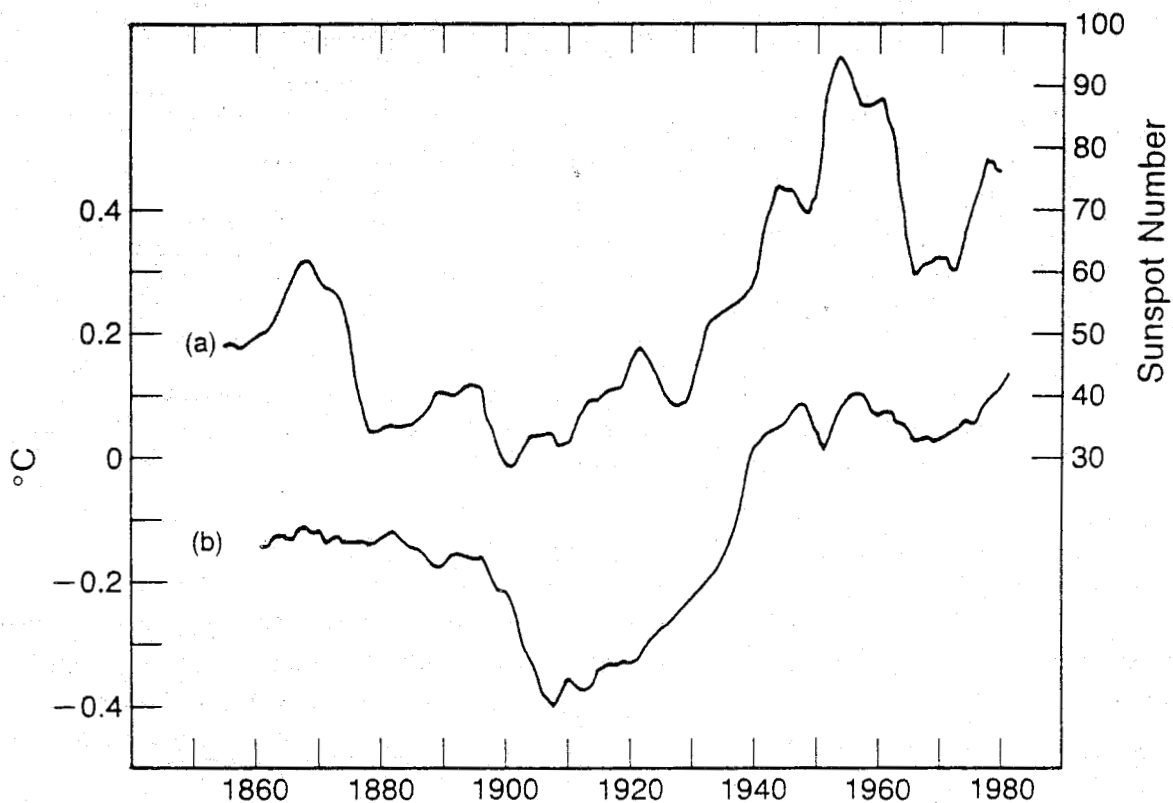


FIG.8. Solflekkantall gitt som løpende 11-års gjennomsnitt (a) og globalt gjennomsnittlig avvik i havets overflatetemperatur (b) fra 1860 til 1980 (REID AND GAGE 1988).

2.4. HAVENE SOM OMKRANSER OSS

Vi kan dele våre havområder inn i tre hovedområder (FIG.9):

- Nordsjøen fra grensen mot Sverige til Stad
- Norskehavet fra Stad til Nordkapp

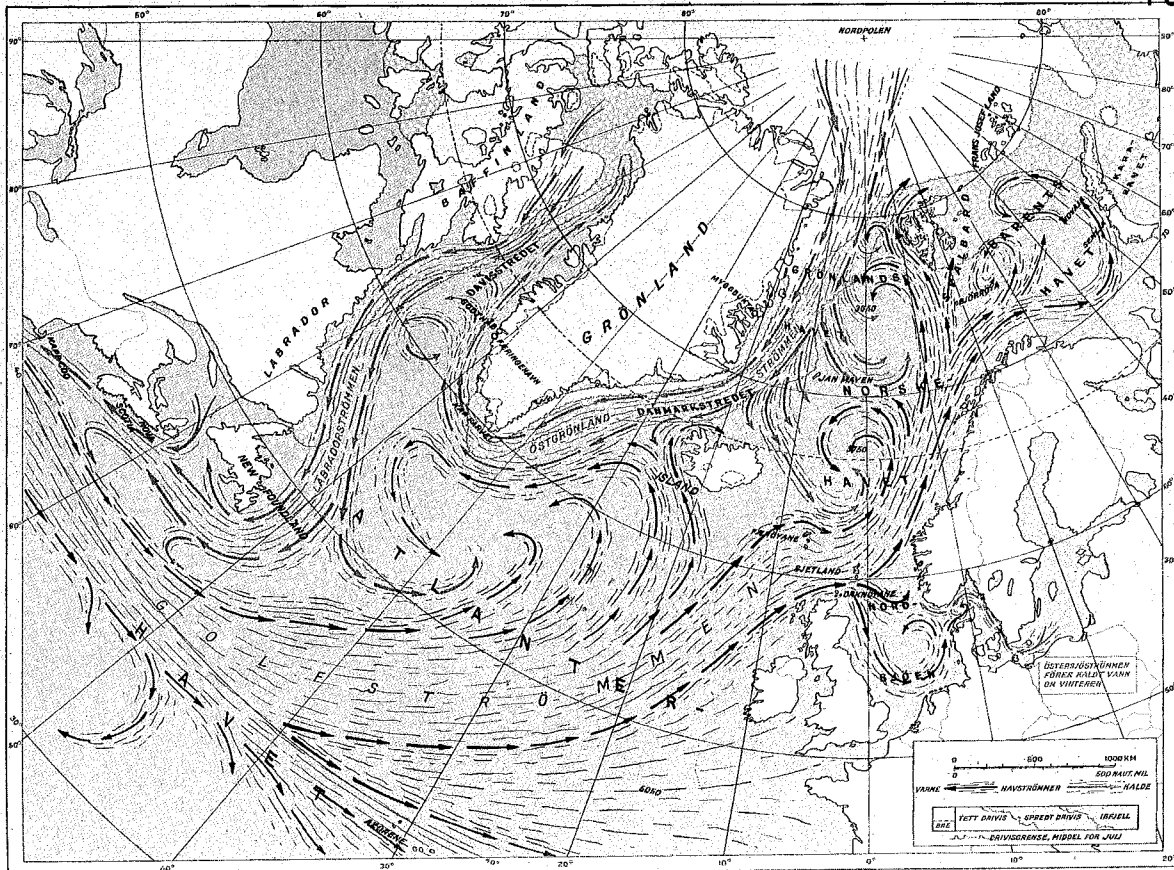


FIG.9. En oversikt over strømsystemene i Nord-Atlanteren og i norske og tilgrensende farvann der strømretningen er vist med røde og blå piler der atlantisk vann er vist med rødfarge og arktisk vann med blåfarge (MOSBY 1960).

- Barentshavet fra Nordkapp til grensen mot Sovjetsamveldet
I tillegg grenser Svalbard mot Polhavet i nord.

Store helårige fiskerier pågår i Nordsjøen og Barentshavet mens fisket langs den del av kysten som grenser mot Norskehavet, i hovedsak er preget av sesongfiske på gytefisk (sild, torsk, sei og hyse). I selve Norskehavet pågår særlig fiske etter uer, blåkveite og kolmule mens loddefiske foregår i Grønlandshavet vest av Jan Mayen.

NORDSJØEN

Nordsjøen er et meget produktivt område med et areal på 600 000 km² og et volum på 40 000 km³. Til sammenligning er Østersjøen 375 000 km². Vannutskiftingsraten er på 3-5 år med unntak av de dypeste områdene i Skagerrak, og hovedtilførselen av atlantisk vann kommer inn fra nord langs vestskråningen av Norskerenna. Betydelige mengder atlantisk vann kommer også inn fra nord like øst for Shetland, og mellom Shetland og Okenøyene strømmer det inn en blanding av skotsk kystvann og atlantisk vann (Fair Islestrømmen) (BACKHAUS 1989). Innstrømning fra syd gjennom Den engelske kanal spiller mindre rolle for den totale vannutskiftningen i Nordsjøen, men dette vannet er karakteristisk spesielt med hensyn på næringssalter for et område i den sydøstlige del av Nordsjøen. Det er betydelige tilførsler av ferskvann fra det

europiske kontinentet til Nordsjøen (5400 m³/s). Alle disse tilførslene kompenseres av en utstrømning i nord langs norskekysten.

Sirkulasjonen i Nordsjøen er i stor grad styrt av bunntopografien og drevet av vinden, tetthetsfordelingen i vannet og mektigheten av de innstrømmende vannmassene. Grovt sett er sirkulasjonen syklonisk (mot urviseren) med sørovergående strøm langs Storbritannia. Denne brer seg i syd østover mot Jylland og Norge (REID et al. 1988). Innstrømningen av atlantisk vann langs vestskråningen av Norskerenna følger i stor utstrekning bunntopografien helt inn i Skagerrak. En del av Fair Isle-strømmen styres av bunntopografien tvers over Nordsjøen fra Skottland mot Jæren. Dette skaper et markert skille både fysisk, kjemisk og biologisk, mellom vannmassene i nord og sør. All transport av vann ut av Nordsjøen skjer langs norskekysten i Kyststrømmen og de underliggende vannmasser. Tilførsler av bl.a. næringsalter fra norsk territorium og norske farvann (oppdrett) tilføres således ikke de belastete sørlige deler av Nordsjøen, ettersom alle tilførslene bringes med Kyststrømmen nordover. Europeisk forurensing som i liten grad sedimenteres, og inkludert den som tilføres Østersjøen, vil således i siste omgang i det alt vesentlige ende opp i norske farvann.

Nordsjøen har store områder som er grunnere enn 100 m med tildels kraftige tidevannsstrømmer og stor vertikal vannblanding. I disse områdene er det liten forskjell på egenskaper i overflatevann og bunnvann (BACKHAUS 1989). Overflatevannet har omlag samme temperatur som midlere lufttemperatur, men med en tidsforsinkelse på 1-2 mnd. I de dypere deler av Nordsjøen vil det være markerte forskjeller med dypet. Om sommeren bygges det opp et varmt overflatelag av 30-50 meters tykkelse, som brytes ned igjen om vinteren grunnet sterk avkjøling og kraftige vinder. I disse sentrale nordlige og nordøstlige områder som sammenfaller i hovedsak med norsk sone i Nordsjøen, vil temperaturen i dypet være nokså stabil over hele året og ligger mellom 6-8°C. Langs norskekysten har man også store vertikale og variable forskjeller i saltinnhold i forbindelse med det ferskere vannet i Kyststrømmen, mens det i dypet vil være nokså stabilt.

NORSKEHAVET OG BARENTSHAVET

Dyphavet mellom Norge-Svalbard og Grønland består av Grønlandshavet, Islandshavet og Norskehavet (De nordiske hav). Her blir området på østsiden av en linje Øst-Island-Jan Mayen-Sørkapp på Svalbard regnet som Norskehavet mens området på vestsiden er delt i Grønlandshavet, nord for Jan Mayen, og Islandshavet mellom Jan Mayen og Island. I sør går grensen mot Atlanterhavet langs den undersjøiske ryggen fra Skottland over Færøyene og Island til Grønland. Hele området har et areal på 2,6 mill km² med et middeldyp på 1600 m. De største dypene i Norskehavet, vel 3900 m, finnes ca. 280 km nord for Færøyene. De store bassengene i Grønlandshavet er nesten like dype, mens Islandshavet er adskillig grunnere med dybder for det aller meste mindre enn 2000 m.

Skottland-Grønlandsryggen som Færøyene og Island er en del av, er få steder mer enn 500 m dyp. De dypeste passasjene finnes i Færøybankrennen, sørvest av Færøyene, som er 850 m dyp, og i Danmarksstredet der sadeldypet er

vel 600 m. Denne ryggen har stor betydning for oseanografien i de dype bassengene i Grønlandshavet og Norskehavet. Dypvannet i disse bassengene er isolert fra Atlanterhavet og er derfor arktiske med temperaturer nær -1°C . Det aller meste av utstrømningen av bunnvann til Atlanterhavet går gjennom de dype passasjene i Færøybankrennen og i Danmarksstredet.

Innstrømningen av vann fra Atlanterhavet skjer hovedsakelig mellom Shetland og Færøyene, delvis også vest og nord av Færøyene og i meget liten grad på østsiden av Danmarksstredet. Det varmeste og salteste vannet i regionen finnes derfor i de øvre lagene av Norskehavet. Strømmen som fører dette vannet, Den norske Atlanterhavsstrømmen, er en fortsettelse av det nordøst-atlantiske strømsystemet. Ved innløpet går hovedstrømmen mellom Shetland og Færøyene og denne fortsetter nordover langs norskekysten ved eggakanten. Nord for Stad blir strømmen mer forgrenet og den vestlige grenen går mot nordvest mot Jan Mayen, der den bøyer mot nordøst (FIG.9). Ved Tromsøflaket går en gren inn i Barentshavet mens resten fortsetter mot nord mot Vest-Spitsbergen og Polhavet der de siste rester går under det lette polarvannet. På samme måte bøyer en del mot sør langs kysten av Øst-Grønland under det kalde vannet i Øst-Grønlandsstrømmen.

Grovt kan det sies at det aller meste av det innstrømmende atlantiske vannet blir omdannet til dypvann i nordområdene. Volumestimatene av den atlantiske innstrømningen ved Shetland-Færøyene varierer mellom 4 og 14 mill $\text{m}^3 \text{sek}^{-1}$ (4-14 Sv).

Når det utstrømmende dypvannet synker mot store dyp i Atlanterhavet, innleder det en lang oppholdstid i dyphavet. Sirkulasjonen til overflaten er meget langsom og skjer diffust over store områder, delvis i Stillehavet mer enn 1000 år senere. I gjennomsnitt regnes oppholdstiden til omlag 500 år (FIG.A27).

Dypvannsdannelsen er en av kreftene som driver strømsystemene. Balansen i denne sirkulasjonen kan forstyrres av klimaendringer dersom de forandrer fordelingen av ferskvann. Således vil et ferskere overflatelag i Grønlandshavet føre til hurtigere dannelse av is og bunnvannsdannelsen vil bli redusert vesentlig.

Norskehavet og Grønlandshavet har fått økt oppmerksomhet i forbindelse med klimaforskningen. Det er det viktigste området for dypvannsdannelse på den nordlige halvkule; på den sydlige har dypvannsdannelsen et betydelig større omfang og tilsammen sørger disse prosessene for justering av oseanisk vannkjemi, for oksygenering av dypvannet, for justering av atmosfærens gassinhold karbondioksyd inkludert og for formidling av klimapulser ned i dypvannet.

Barentshavet er et grunnhav med et middeldyp på 230 m og et areal på 1 400 000 km^2 . Det er avgrenset av øyer i nord (Svalbard-øyriket og Frans Josef Land) og i øst (Novaja Zemlja; FIG.A28). I vest avgrenses det av kontinentalskråningen mot Norskehavet som stort sett følger en linje mellom Nordkapp og sydpunktet på Svalbard. Sydøst for Svalbard ligger Bjørnøya og Hopen. Det er en rekke bankområder i Barentshavet, og i tillegg til de to som nevnes senere, er særlig Svalbardbanken i nordvest og Storbanken i nord viktige (FIG.A28). Et dypt dalføre på 500 m dyp går inn i Barentshavet fra Norskehavet fram mot Sentralbanken som ligger i sentrum av bassenget. Det er

tre store fordypninger i Barentshavet, én ved Varangerhalvøya, én mellom Sentralbanken og Gåsebanken (Sydøstbassenget) og én rett vest av Novaja Zemlja-banken (Nordøstbassenget). Disse er viktige for oppstuing av nedkjølt saltvann som skapes om vinteren. I kalde perioder fylles det østlige Barentshavet opp med kaldt, tungt bunnvann som er kaldere enn $-1,7^{\circ}\text{C}$ (MIDTTUN 1985).

Tre ulike strømsystemer med ulike vannmasser setter sitt preg på Barentshavet: Kyststrømmen som følger kysten av Finnmark østover; Atlanterhavsstrømmen med atlantisk vann som trenger inn fra sørvest og det arktiske strømsystemet som kommer nordøst fra med vann som er kaldere enn 0°C .

Klimavariasjonene i Barentshavet avhenger hovedsakelig av egenskapene ved og intensiteten av den atlantiske innstrømningen (MIDTTUN and LOENG 1987). Markert lave temperaturer ble observert like etter århundreskiftet og rundt 1980 mens hyppige varmeperioder dominerte bildet fra rundt 1930 til rundt 1960 (SÆTERS DAL and LOENG 1987). Ismengdene avtar også i perioder med økt innstrømning og varmere vann (LOENG 1989).

STRØMFORHOLD

Norskekysten er omkranset av et sammenhengende strømsystem, Kyststrømmen, som har flere kilder. Den viktigste kilden er relativt ferskt vann fra Østersjøen som innblandes underveis med atlantisk vann. Et betydelig bidrag er vann fra de sentrale og sørlige deler av Nordsjøen som tilføres i hovedsak langs Jylland (FIG.9). Begge bidrag varierer mye i mengde gjennom året og fra år til år. Ferskvannsavrenning fra Norge gir også et tilskudd underveis, i hovedsak som utstrømning av brakt vann fra fjordene. Kyststrømmen følger kysten, og fordi den har lavt saltinnhold, flyter den over det saltre Atlanterhavsvannet som dessuten også ligger på utsiden av Kyststrømmen langs hele kysten. Atlanterhavsstrømmen vil nord for Stad gå parallelt med Kyststrømmen nordover og gradvis vil de to vanntypene blandes, men de kan likevel påvises langt inn i Barentshavet (FIG.9 og FIG.A29).

Vest for Stad går en gren av atlantisk vann sydover ved bunnen rundt Tampen og følger vestsiden av Norskerennen helt inn i Skagerrak. Noe av vannet blandes inn i Kyststrømmen underveis, men det meste forlater området via det nordgående dypvannet i Norskerennen.

Kyststrømmen vil ofte bre seg mer ut fra land om sommeren både fordi den er blitt varmet opp og derfor flyter lettere, og fordi den framherskende vindretningen fra nord bidrar til å trekke vannet fra land. Om vinteren er Kyststrømmen typisk mer som en dyp og smal kile mot land, og atlantisk vann kan komme nokså nær innpå kysten også i overflaten. Sydlig vind som dominerer den årstiden, bidrar til å forsterke kileformen.

På høyde med Nordkapp løper fortsatt en grein av Atlanterhavsstrømmen på utsiden av Kyststrømmen og dekker sørlige og midtre del av innløpet til Barentshavet (FIG.A29). Innstrømningen mellom norskekysten og Bjørnøya er i middel anslått til 3 Sv mens utstrømningen er rundt 1,2 Sv (BLINDHEIM 1989). Bunnformasjonene gjør at det atlantiske vannet trenger lettest fram i det dype partiet i det sentrale Barentshavet (FIG.A29). Det møter over en bred front arktisk vann som kommer fra nordøst og som utgjør den tredje vanntypen i

Barentshavet. Grensen mellom atlantisk og arktisk vann gir det vi kaller *polarfronten*. I dette frontområdet synker atlantisk vann inn under det lettere arktiske vannet og strømmer nå sakte nord og nordøst ut av Barentshavet og inn i Polbassenget mens det stadig blandes og kjøles og mister sin atlantiske karakter. En del av vannet kjøles så sterkt ned ved dannelsen av drivis at det gir opphavet til det meget salte bunnvannet i Barentshavet. Denne prosessen skjer særlig over Sentralbanken og på Novaja Zemlia-banken (FIG.A28). Den kan ha stor betydning som drivmekanisme for tilførslene av atlantisk vann til norske havområder (MIDTTUN 1989).

En annen grein av den atlantiske strømmen fortsetter nordover fra Tromsøflaket og gir Vest-Spitsbergenstrømmen (FIG.A29). Da dette vannet er relativt varmt, gir det isfrie forhold vest av Svalbard og bidrar til å holde fjordene på Vest-Spitsbergen isfrie store deler av året. Helt inne mot kysten går en kald grein av arktisk vann som gjør at fjordene fryser til om vinteren. Ved 80°N synker det atlantiske vannet ned under det arktiske vannet, delvis dreier det mot vest for å returnere i Øst-Grønlandsstrømmen, en strøm med karakter av arktisk vann, og delvis trenger det inn i Polhavet.

3. FISKEBESTANDENE I VARMEPERIODEN MELLOM 1920-1960

Ved avslutningen av "Den lille istid" hadde en flere korte varme perioder i nordområdene fra 1820-1830, 1840-50 og 1870-1880 fulgt av en lengre periode fra 1920-1960 (AHLMANN 1949; TÅNING 1953; FIG.10). Etter 1950 satte det inn en relativt kraftig nedkjøling av nordområdene (FIG.A30a og FIG.A30b).

Varmeperioden fra 1920-60 har en særlig interesse fordi den kan gi signaler om hva en kan forvente av biologiske endringer om en igjen går inn i en lengre varmeperiode. Det skjedde dengang dramatiske endringer særlig av lufttemperaturen om vinteren med økninger på opptil 9°C, bl.a. på Svalbard og Vest-Grønland (TÅNING 1953). SCHERHAG (1937) uttalte bl.a. "Such a change of temperature as we have experienced at Spitzbergen must be counted among the greatest known climatic changes!" Store områder hadde økning i lufttemperaturens årsmiddel på mer enn 3°C (AHLMANN 1949; FIG.A31). Det var også påfallende å legge merke til hvor *raskt* disse endringene skjedde (BUCH and HANSEN 1988; FIG.A32). Isdekket i nordområdene ble redusert med 1 mill km² fra 1924 til 1944 (AHLMANN 1949; JENSEN 1939).

Når det gjelder årsakene til disse endringene ble det anført av AHLMANN (1949, s.12): "Vedrørende den meteorologiske årsaken til disse meget betydelige klimaendringene i arktiske og subarktiske strøk, synes de å være forårsaket av en økt atmosfærisk sirkulasjon eller økt inntransportering av varme fra lavere til høyere breddegrader. Den direkte årsaken er således en forsterkning av den atmosfæriske trykkforskjellen, noe som gir økte tilførsler av varm luft. Lavtrykkområdet i Nordatlanten har beveget seg unormalt langt nord og sluppet til økte mengder varm luft fra sør. Dette har også gitt reduserte mengder av pakkis i de berørte havområdene." I store deler av verden observerte en samtidig redusert nedbør og inntørking av innsjøer uten avløp, mens en i nordområdene opplevde økt nedbør (SEAR 1987; FIG.A33). Parallelt skrumpet isbreene inn i alle verdensdeler, en prosess som i Norge startet rundt 1750, men

som nå ble forsterket, mens iskappene i Antarktis og på Grønland forble tilsynelatende uendrete (FÆGRI 1948; AHLMANN 1949). Havnivået steg trolig med 1 mm/år (AHLMANN 1949). Drivisen i Polhavet fikk redusert sin tykkelse fra 3,7 m i 1890-årene til 2,2 m i 1930-årene og fjordene på Svalbard var åpne i 7 mnd mot normalt 3 (AHLMANN 1949; JENSEN 1939).

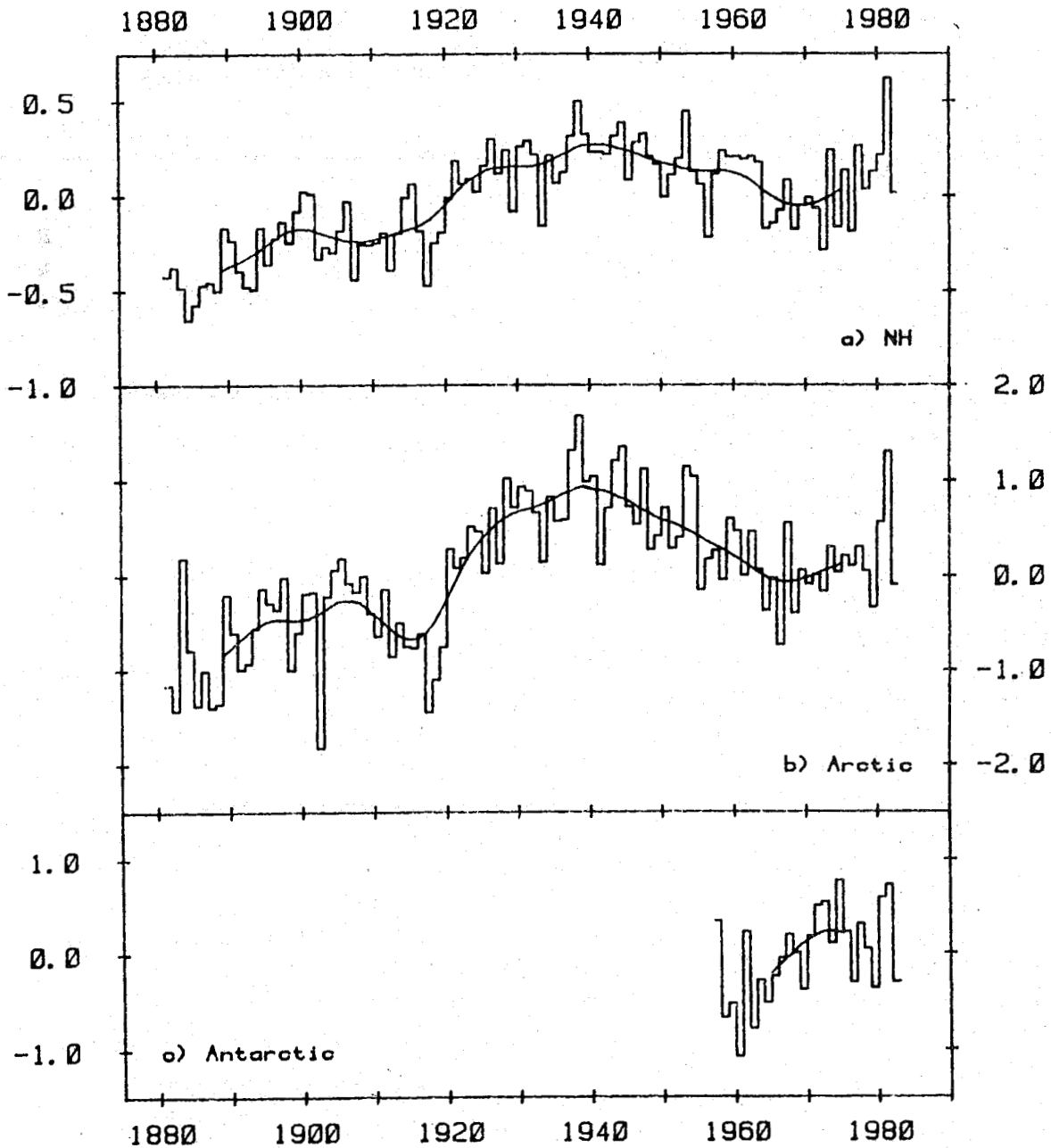


FIG.10. Avvik i lufttemperaturens årsmiddel for (a) den nordlige halvkule (0° - 85° N); for (b) den arktiske region (65° - 85° N) og for (c) Antarktis (65° - 90° S). Oppmerksomheten henledes på det bratte temperaturspranget i Arktis rundt 1920 (b). Avviket er gitt i forhold til perioden 1961-1975 (KELLY 1984).

Det mildere klimaet influerte særlig på overflatetemperaturen som steg i gjennomsnitt med rundt 1°C i store deler av Nordatlanten og i farvannene rundt Nord-Norge. I Sør-Norge var stigningen noe under 0,5°C og tilsvarte stigningen i det meste av Nordsjøen. Variasjonene mellom år kunne være 5-6°C (SMED 1949).

Endringene ved innløpet til Godthåpfjorden på Vest-Grønland fra 1908 til 1935 kan illustrere den endrete situasjonen for det området (JENSEN 1939):

DATO/DYP	0m	25m	50m	100m	200m	385m
JUNI 1908	0,8°	0,6°	0,6°	0,6°	0,6°	0,5°
JUNI 1935	4,4°	2,7°	2,0°	1,3°	1,1	1,1°
ENDRING	+3,6°	+2,1°	+1,4°	+0,7°	+0,5	+0,6

Også dypere vannmasser ned til 800 m, viste mange steder økninger på 1°C eller mer. Dette hadde trolig sin viktigste årsak i økte vannmengder i Atlanterhavsstrømmen, noe som var en naturlig konsekvens av en intensivert atmosfærisk sirkulasjon.

Tallrike endringer i fordeling og mengde av fisk i *nordområdene* fulgte i kjølvannet av temperaturstigningen og noen av disse vil her bli omtalt da de kan gi signaler om hvilke endringer en kan forvente i et varmere hav.

3.1. ENDRINGER I NOEN TORSKEBESTANDER

Torskefisket i norske farvann tok seg opp utover i 1920-årene etter svært dårlig fiske siden århundreskiftet (BERGSTAD et al. 1987; LEE 1949; ROLLEFSEN 1954; SÆTERSDAL and HYLEN 1964; FIG.11). Store nye beiteområder for torsk i Barentshavet ble åpnet av det varmere vannet, særlig rundt Bjørnøya og ved Svalbardbanken. Disse områdene hadde ikke vært kolonisert av torsk siden 1882 (TÅNING 1953). Også helt øst ved Novaja Zemlia ble det i 30-årene påvist store mengder torsk der den tidligere bare opptrådte sporadisk. Den trengte også like inn i Karasjøen sørøst av Novaja Zemlia (JENSEN 1939).

Mot slutten av varmeperioden, i 1947, ble bestanden av norsk-arktisk torsk beregnet til minst 6 mill tonn, noe som trolig var det høyeste nivået på denne bestanden i dette århundret (ROLLEFSEN 1948).

Ved *Vest-Grønland* steg temperaturen i vannmassene med flere grader i løpet av få år rundt 1920 (JENSEN 1939; FIG.A34). Dette førte til etablering av torsk, i første omgang basert på larveimport fra Island. Gradvis ble den voksne torsken værende igjen og gytte i Davisstredet samtidig med at voksen torsk vandret fram og tilbake mellom Island og Vest-Grønland i den varme vannmassen fra en forsterket Irmingerstrøm¹ (JENSEN 1939). Et fiske på denne torsken tok seg gradvis opp, og etter en rekke rike årsklasser i 1920- og 30-årene, ble det et fiske opp imot 100 000 tonn før 2. verdenskrig (BUCH and HANSEN

¹ Irmingerstrømmen er en gren av Atlanterhavsstrømmen som treffer sørkysten av Island for deretter å dreie i vestlig retning med én forgrening mot sydspissen av Grønland og én opp langs vestkysten av Island som går med urviseren rundt øyen.

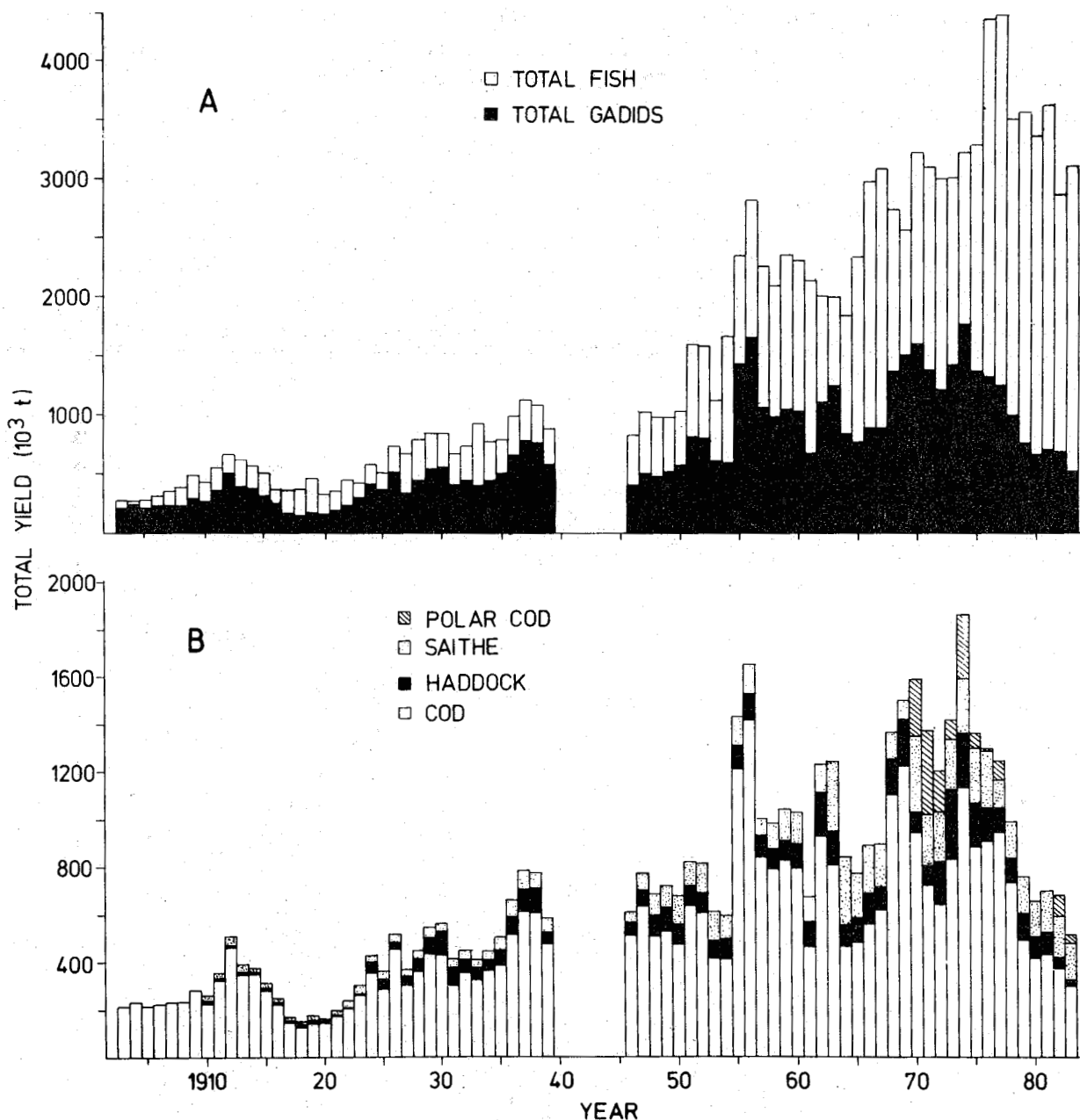


FIG.11. Totalfangst av fisk nord for 62°N i Norskehavet og Barentshavet fra 1903 til 1983. Andelen av torskefisk er markert med svart (A) mens (B) viser fangst av torskefisk fordelt på de enkelte artene; en vil legge merke til den klare dominans av norsk-arktisk torsk i hele perioden med et høyeste landet kvantum i 1956 på 1,4 mill tonn (BERGSTAD ET AL. 1987).

1988; FIG.A35). De høye temperaturene holdt seg på relativt dypt vann også etterat nedkjølingen satte inn rundt 1950 og fisket økte i omfang like fram til 1962 da det ble tatt 420 000 tonn (FIG.A35). Nærmest total svikt i rekrutteringen i de kalde 1960-årene svekket raskt bestanden og først i midten av 1980-årene har det igjen kommet en sterk årsklasse (HANSEN and BUCH 1986).

På *Island* tok torskbestanden seg sterkt opp fra 1920 og utover, delvis gjennom samspillet med Vest-Grønland som ble et viktig beite- og rekrutteringsområde (FIG.12). I første halvdel av 30-årene utgjorde fisket i islandske farvann 39% av alt torskfiske i Nordatlanten mens fisket i norske farvann utgjorde 40% (JONSSON 1954). Nordsjøen bidrog bare med 6% i denne perioden. Gytefeltene i det varme vannet sydvest av *Island* fikk gradvis mindre betydning fra rundt 1925 og gyting foregikk rundt hele *Island*. Dette ble fulgt av forstyrrelser i rekrutteringen, kanskje fordi mye av eggene og larvene havnet i vannmasser som ikke førte yngelen til egnede oppvekstområder (SÆMUNDSSON 1934). Utbyttet av fisket ved *Island* falt derfor i årene straks før 2. verdenskrig (FIG.12). Gradvis ble det reetablert et gytemønster som gav ny vekst i torskbestanden.

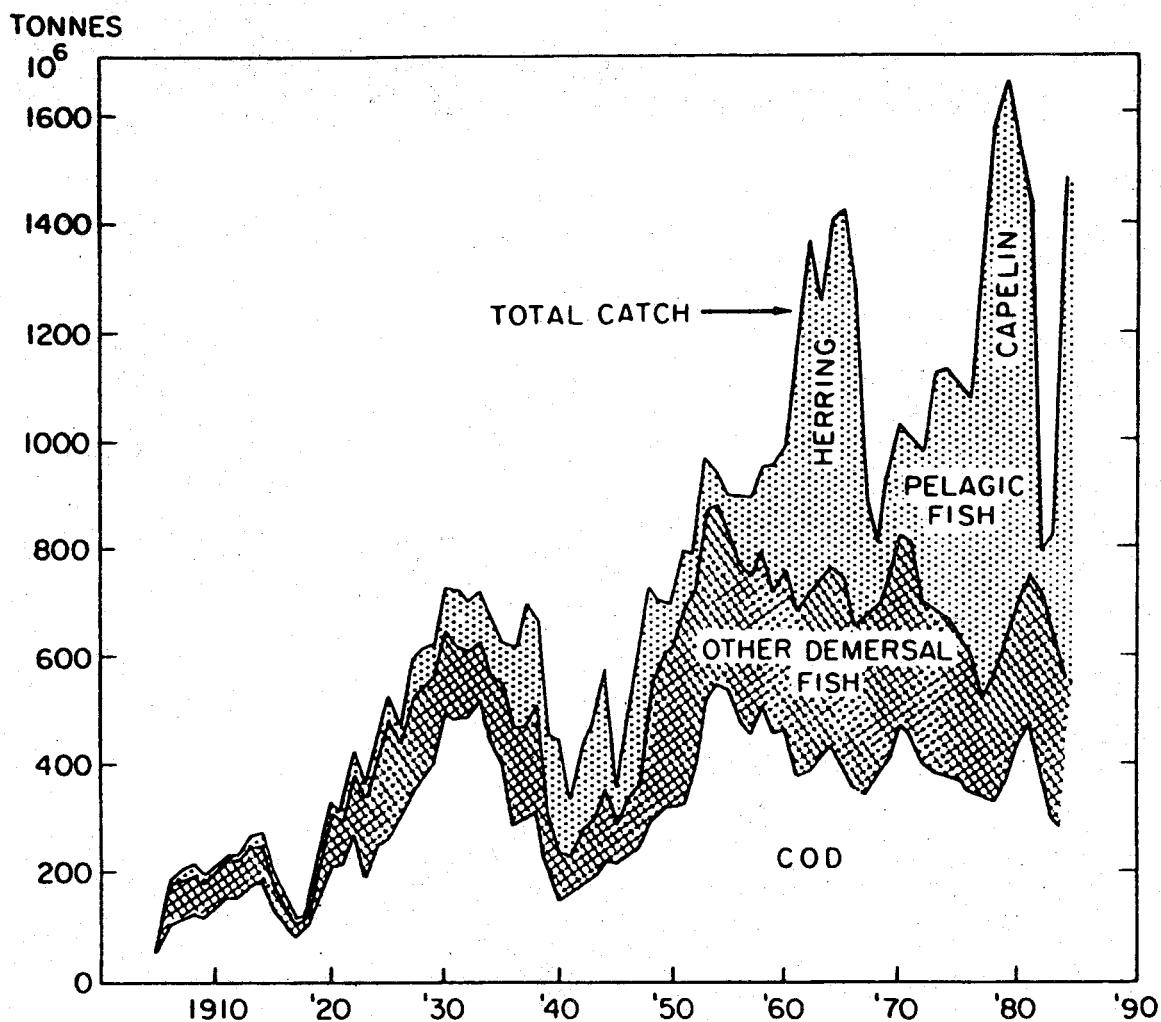


FIG.12. Totalfangster i islandske farvann fra 1905-1983 der fangst av torsk er angitt separat og perioder dominert av henholdsvis sild og lodde er markert (MALMBERG 1988).

Torsk kan altså etablere helt nye gytefelt og kolonisere helt nye områder når temperaturforholdene er gunstige og dermed gi grunnlag for et betydelig fiske, for Vest-Grønlands vedkommende med mer enn 400 000 tonn i det beste året. På den annen side kan nye gytefelt som tilfellet var ved Island, være uegnete og føre til bestandsnedgang før en ny tilpasning finner sted.

3.2. ENDRINGER HOS NOEN BUNNFISKARTER

I Barentshavet trakk sei og hyse østover og ble tatt i Kvitsjøen der en ikke hadde sett sei siden midten av forrige århundre. De trengte også fram til vestkysten av Novaja Zemlia. Hysen trakk sammen med torsken også opp på bankene vest av Svalbard og rundt Bjørnøya der den ikke normalt forekommer i mengder (JENSEN 1939).

Sei og hyse ble påvist ved Vest-Grønland i perioden og sei formerte seg trolig enkelte år der. Uvak, en arktisk torskeart i området, forlot sydlige områder og trakk nordover i Baffinbukta like til 74°N. Brosme og lange ble også tatt i Davidsstredet der den aldri tidligere var fisket (JENSEN 1939).

Blåkveitefisket på Vest-Grønland ble svekket på gamle fiskefelt, trolig fordi fisken fulgte det arktiske vannet nordover. Til gjengjeld tok kveitefisket seg kraftig opp og ble drevet på nordlige bankområder der fisken tidligere ikke var tatt. Et betydelig internasjonalt kveitefisket med sterk norsk deltagelse utviklet seg (JENSEN 1939).

Også steinbit trakk nordover, og for første gang ble det påvist at uer formerte seg i Davidsstredet (JENSEN 1939)

3.3. ENDRINGER I LODDEBESTANDER OG HOS LAKS

Ved vestkysten av Grønland lever en loddebestand som har spilt en viktig rolle i eskimoenes liv gjennom lange tider. Denne bestanden flyttet sitt gyteområde stadig lengre nordover langs kysten i takt med oppvarmingen. Like nord til Thule (76°30'N) ble lodde påvist. Samtidig ble sydligere gytefelt oppgitt. Også på Øst-Grønland trakk lodden lengre nord enn tidligere (JENSEN 1939).

Ved Island skjedde det viktige endringer i den samme perioden da loddebestanden som gytte på den relativt varme sørkysten forsvant mens bestanden på den normalt kaldere nordkysten økte og begynte å gyte tidligere på året. Generelt avtok mengden av lodde i islandske farvann (JENSEN 1939; SÆMUNDSSON 1934; VILHJALMSSON 1968).

Loddebestanden i Barentshavet ble ikke utnyttet kommersielt før i 1960-årene, og en har derfor liten kunnskap om eventuelle bestandsendringer i perioden 1920-1960.

Atlantisk laks trakk nordover langs Vest-Grønland til 70°N mens den tidligere bare var påvist til 67°N. I øst trengte den inn i Karahavet og gikk opp i Karaelven. Laksen foretok aktiv kolonisering i områder den tidligere hadde funnet uegnete (JENSEN 1939).

3.4. ENDRINGER I NOEN SILDEBESTANDER

Fisket på voksen norsk vårgytende sild opphørte nesten helt fra 1876, men i 1899 kom det brått en god årsklasse og fisket tok seg opp igjen. Bestanden fikk en eksplosiv tilvekst fra den ekstremt sterke årsklassen i 1904 (HJORT 1914; FIG.13a). Det er overraskende at denne årsklassen med sitt enorme gytepotensiale ikke gav opphav til nye sterke årsklasser. Ved inngangen til varmeperioden i 1920 var 1904-årsklassen utfisket. Det skjedde imidlertid en oppbygging av sildestammen basert på den sterke 1918-årsklassen og flere moderat sterke årsklasser og fisket fikk et stadig større omfang utover mot 2. verdenskrig (FIG.13b). En rekke sterke årsklasser under og etter krigen der særlig 1950-årsklassen merket seg ut, gav bestanden en kraftig vekstpuls og utover i 50-årene fisket en internasjonal flåte årlig mer enn 1 mill tonn uten å redusere bestanden.

Nøkkelen til suksessen for bestanden lå i beitevandringen til de meget produktive havområdene nord-øst av Island om sommeren og høsten. Her fulgte den oppblomstringen av plankton (BOGDANOV and FEDOROV 1966; PAVSHTIKS and TIMOKHINA 1972). En mangler informasjon om *når* dette vandringsmønsteret ble etablert, men trolig skjedde det etter 1920 ettersom høstfisket etter storsild opphørte på norskekysten i 1920-årene (DEVOLD 1959).

Oppbyggingen av bestanden er ikke bevist å henge sammen med temperaturoppgangen. Imidlertid er det overveiende sannsynlig at gode produksjonsforhold og gunstige temperaturforhold i beiteområdene nordøst av Island var og vil være en nødvendig forutsetning for å opprettholde en fiskebestand på opp imot 10 mill tonn (FIG.13c). Fra 1965 forverret forholdene seg dramatisk ved at sommerbeiteområdet ble delvis islagt og forøvrig overskyldt av arktisk vann som silden skyr under beite (DEVOLD 1952; DEVOLD 1968). Primærproduksjonen i området avtok katastrofalt og raudåtebestanden klappet sammen (JAKOBSSON 1980a; FIG.A36). Dette førte til at sildestammen endret hele sitt vandringsmønster utover i 1960-årene (HAMRE 1988; HAMRE in press; FIG.A37). Parallelt med denne begivenheten, fortsatte et intensivt fiske og få år senere forsvant den voksne sildebestanden helt (DRAGESUND et al. 1980; FIG.A38). Fisket må ta hovedskylden for denne katastrofen, men det samtidige temperaturfallet svekket trolig rekrutteringspotensialet (BOGDANOV and FEDOROV 1966). I sum førte dette til sammenbrudd i det som hadde vært én av verdens største fiskebestander.

Det har vært mange spekulasjoner knyttet til de brå endringene i sildefisket de siste fem hundre år (DEVOLD 1959; FIG.13d). Endringene har trolig sin primære årsak i endrete sirkulasjonsforhold (CUSHING 1982). Det foreligger ingen enighet om hva disse endringene består i.

På Vest-Grønland ble det påvist gyting av sommergytende sild nord til 65°N (Sukkertoppen) rundt 1940 mens en tidligere sjelden så sild nord for 60°N. Voksen sild ble tatt nord til 71°N (JENSEN 1939).

På Island bygget det seg gradvis opp et betydelig fiske basert på lokale sildebestander. Den ene bestanden bestod av sommergytere, den andre av vårgytere. I slutten av 1940-årene og på hele 50-tallet ble disse to sildebestandene

en viktig del av sildefisket på Island (FRIDRIKSSON 1963; FIG.A39). Disse bestandene ble gradvis svekket da klimaet ble vesentlig kaldere etter 1960 og vårgyterne forsvant. I løpet av 70-årene tok den fredete sommergytende bestanden seg opp og danner nå grunnlag for fiske (JAKOBSSON 1980a and 1980b).

I 30-årene trengte silden også langt øst i Barentshavet, forbi øya Kolgujev til Novaja Zemlia. Også gytende sild ble observert. Dette var neppe sild fra Kvitsjøen, som har to egne stammer, men trolig medlemmer av den oseaniske Atlanto-skandiske sildestammen (JENSEN 1939).

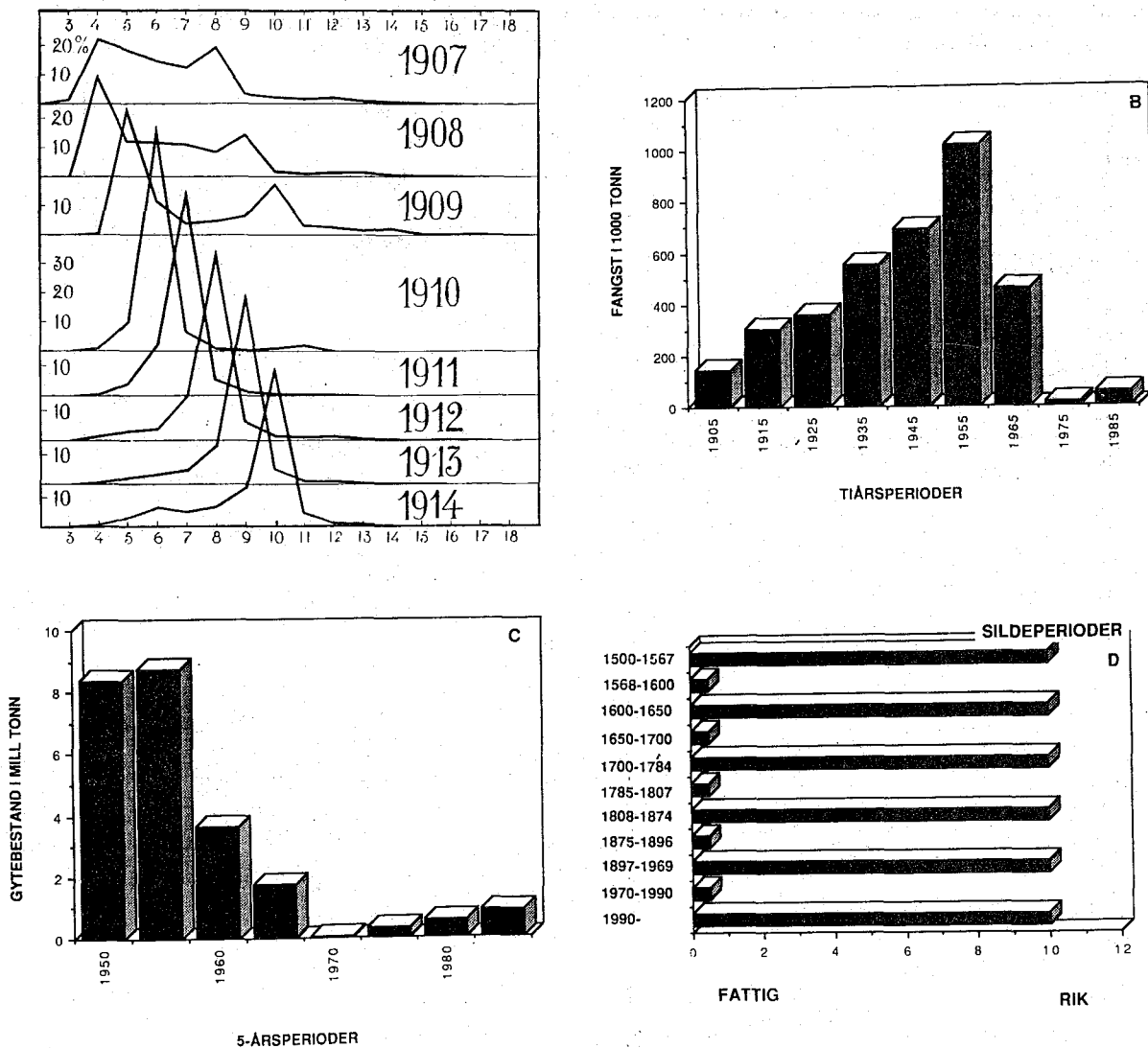


FIG.13. Figurene omhandler norsk vårgytende sild. (A) er fra arbeidet til Johan Hjort der han viser hvorledes den sterke 1904-årsklassen dominerte fisket fra 1908 inntil 1914 da rapporten ble skrevet (HJORT 1914); (B) viser gjennomsnittlig fangst pr. år i tiårsperioder fra århundreskiftet til siste tiår; (C) viser endring i gytebestand som årsmiddel innenfor femårsperioder fra 1950 til 1990; (D) angir sildeperioder fra 1500 og fram til 1990 der tiden imellom periodene er angitt som korte søyler (DEVOLD 1959; ROLLEFSEN 1948).

3.5. ENDRINGER HOS VIRVELLØSE DYR

I tillegg til betydelige endringer i utbredelsen av fisk, fant en store forskyvninger hos mange virvelløse dyr. Dette ble lettest påvist for bunnlevende organismer og mer iøynefallende pelagiske organismer. En undersøkelse rundt Svalbard og Bjørnøya i 1949 og i 50-årene viste at mange bunnlevende arktiske dyreformer var forsvunnet over store bankområder og erstattet av mer varmekjære arter (BLACKER 1965; FIG.14). Slike arter vil kunne være

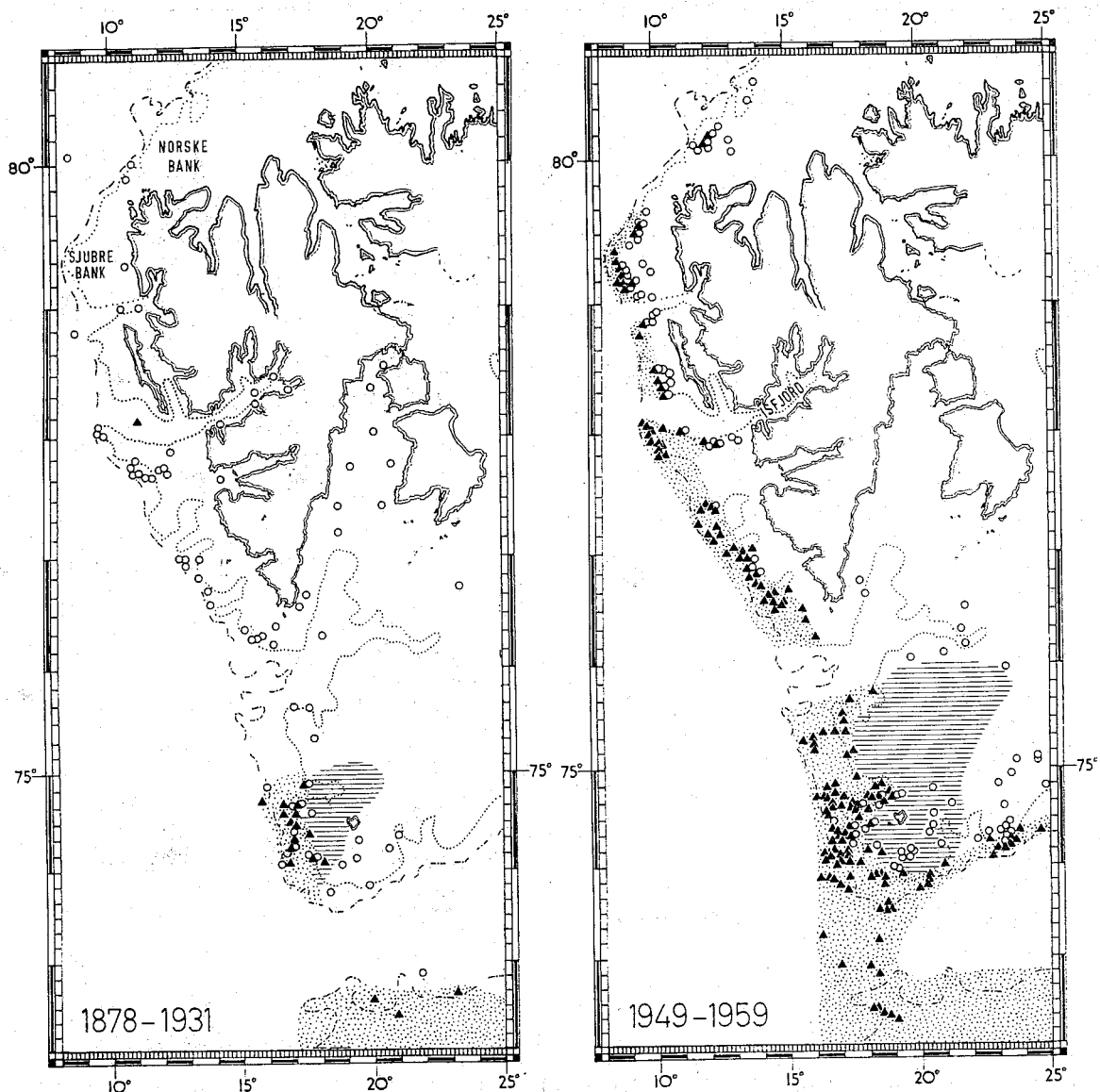


FIG.14. Innvandring til arktiske strøk av arter knyttet til atlantisk vann etter 1931 der atlantiske arter er markert med svart trekant og arktiske arter med blank ring. Områder dominert av atlantiske arter er svartprikket og en legger merke til at arealet har økt fra perioden 1878-1931 til 1949-1959 (BLACKER 1965).

indikatorarter som varsler at områder er overskyttet av vannmasser med et endret temperaturregime. Blir endringene vedvarende, vil en få populasjoner med mange aldersgrupper.

Det er grunn til å tro at også viktige pelagiske byttedyr for fisk endret sin fordeling og tallrikhet (JENSEN 1939; TÅNING 1953). Særlig rettes oppmerksomheten mot raudåtearter og krillararter. Den enorme oppbyggingen av sild som er beskrevet, kan tyde på at raudåte hadde gode betingelser i varmeperioden og at da denne opphørte, så førte det til sterk svekkelse av raudåta over store områder fra midt i 1960-årene (JAKOBSSON 1980a). Generelt er datagrunnlaget langt svakere for påvisning av endringer hos disse artene enn tilfellet er for fisk.

Europeisk hummer og østers har grensen for sin nordlige utbredelse på norskekysten. Hummerbestanden har gått sterkt tilbake etter et kraftig oppsving rundt 1930. Fisket var da oppe i nesten 3000 tonn mens fisket nå er nede i under 50 tonn (DANNEVIG 1951; RØRVIK og TVEITE 1982; S.TVEITE, Forskningsstasjonen Flødevigen, pers.medd.; FIG.A40). Oppsvinget kan ha vært forårsaket av klimatiske endringer (DOW 1977).

Det var knyttet store forventninger til østersnæringen tidlig i dette århundret, forventninger som trolig var skapt av bedre forhold for produksjon av østersyngel og for påvekst i varmeperioden (BØHLE 1984).

Begge disse dyrene vil kunne utvide sin geografiske fordeling og bedre yngeloverlevingen slik at en kan få en vekst i bestandene. Utsettingsprogram med hummer vil profittere på bedre vekstbetingelser.

3.5. HVOR RASKT VIL EN KLIMAENDRING SETTE SPOR ETTER SEG I FISKEBESTANDENE?

Vi har sett på tilfeller der fiskebestander har økt som følge av klimaendringen fra 1920-1960. Noen økninger har skjedd ved ren nykolonisering som med torsken ved Vest-Grønland; i andre tilfeller er det snakk om en styrking av en bestand innenfor sitt basisområde, men ofte med en komponent av kolonisering.

Torskens kolonisering av Vest-Grønland hadde sin spede begynnelse trolig straks før 1920. Oppbyggingen var meget gradvis de neste 30 årene og skjøt virkelig fart etter 1950 basert på sterke årsklasser i 40-årene og delvis i 50-årene. Når det tok mer enn 40 år å nå maksimal styrke, var det særlig fordi det tok tid å bygge opp en gytebestand. I tillegg måtte det øvrige økosystemet bygge seg opp for å gi vekstgrunnlag for torsken. Det var også tilbakeslag i perioden. Pulser av arktisk vann drepte ned store mengder torsk, bl.a. ved Sukkertoppen på 65°N i 1937-1938 (JENSEN 1939).

Det tok langt kortere tid for torskestammen ved Island og i norske farvann å utnytte de bedre forholdene. Allerede rundt 1930 hadde fisket begge steder bedret seg vesentlig sammenlignet med de meget dårlige forholdene begge steder fra 1900-1925 (FIG.11 og 12). Den bedre yngeloverleving førte således raskt til en bestandsoppbygging og et bedret fiske (SÆTERS DAL and LOENG 1987). Ved Island klarte ikke torsken å tilpasse seg de endrete forholdene og en nedgang fulgte utover i 30-årene. Norsk-arktisk torsk bygget seg imidlertid opp og først

rundt 1960 begynte bestanden å svekkes etter å ha vært på mer enn 4 mill tonn fra trolig engang i 1930-årene og til 1956 (FIG.15).

Norsk vårgytende sild hadde en betydelig bestandsoppbygging fra rundt 1920. Oppbyggingen pågikk like til slutten av 1950-årene og sild eldre enn 3 år hadde da en biomasse på opp imot 10 mill tonn. Meget sterke årsklasser på nivå med den fra 1904, kom inn i bestanden mot slutten av varmeperioden, én i 1950

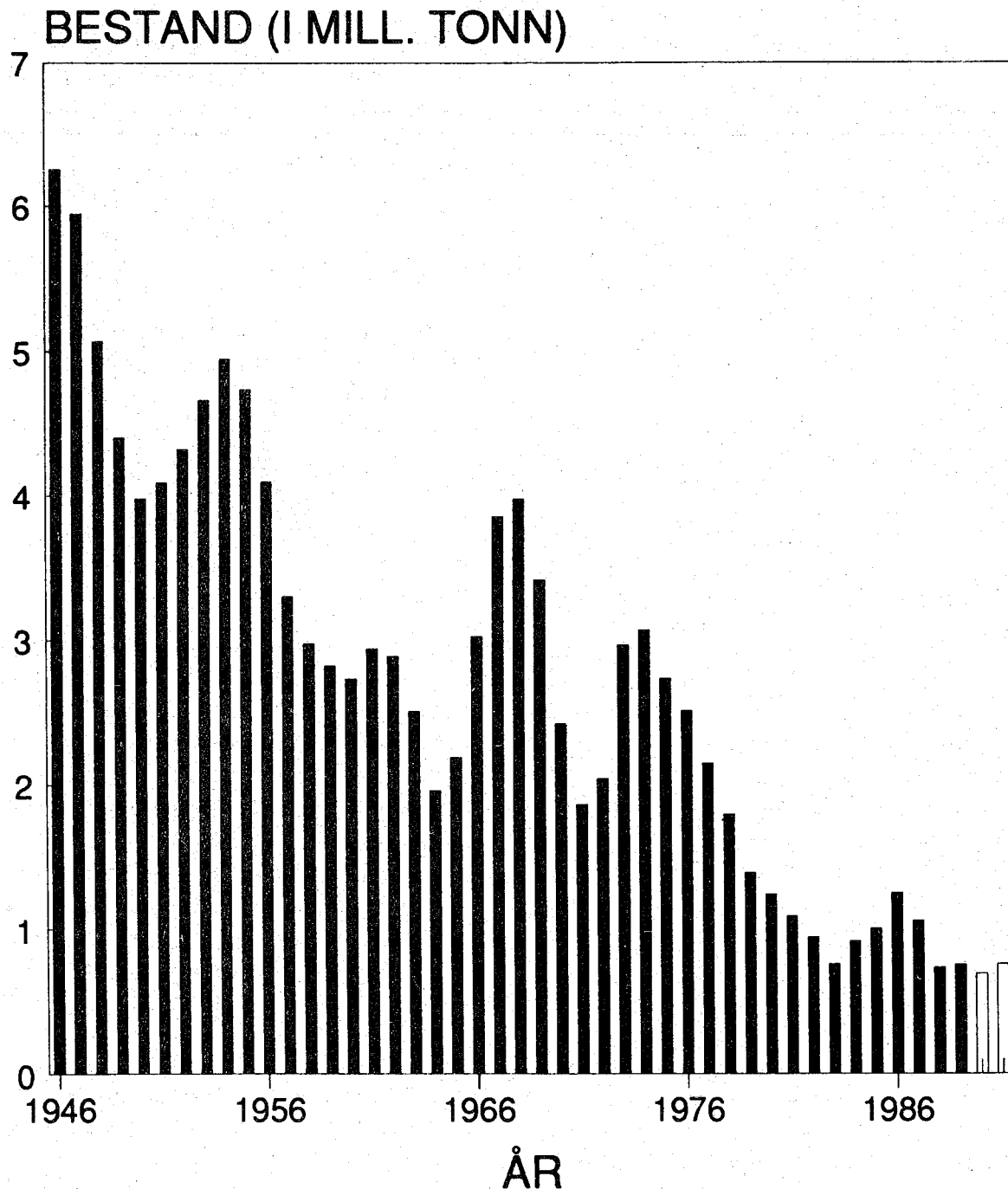


FIG.15. Endringer i totalbestanden av norsk-arktisk torsk (3-åringer og eldre fisk) fra 1946 til 1991. En legger merke til at 1968 var det siste året bestanden var større enn 4 mill tonn (ANON. 1990a).

og én i 1959. Men bare den førstnevnte satte markerte spor etter seg i bestanden. Det hang sammen med et hardt fiske på yngel og umoden sild i 60-årene, noe som rammet 1959-årsklassen særlig hardt. Fra 1966-1969 var fiskedødeligheten årlig på 90% (HAMRE in press).

Oppbyggingen av sildestammen tok således 30 år og skjedde parallelt med et økende fiske.

Oppbyggingen av de lokale sildestammene på Island startet i midten av 1920-årene, men først i 40-årene ble bestandene merkbare i fisket. I 1950- og 60-årene fikk de økende betydning og overtok etterhvert for norsk vårgytende sild som sviktet islandske farvann i stigende grad for til sist å forsvinne. Det tok således 25-30 år for å få en sildebestand som gav grunnlag for et betydelig fiske. Det kan nevnes at disse lokale sildestammene også tidligere har økt i mengde under påtrykket fra endrete klimatiske forhold (FRIDRIKSSON 1951).

4. DAGENS RESSURSSITUASJON

Våre fiskebestander har tilhold i ulike klimasoner og de grupperes derfor etter sitt tilhold i arktiske, subarktiske og boreale arter (DRAGESUND AND GJØSÆTER 1987).

De boreale artene sild, uer, torsk, sei og hyse er de viktigste artene i vårt fiske. Blant subarktiske arter er bare lodde viktig. Blåkveite spiller en viss rolle blant de arktiske artene mens polartorsk ikke fiskes.

Samtlige kommersielle fiskebestander har siden krigen vært utsatt for et sterkt økende fiskepress. For de fleste bestandene har en i perioder måttet gripe inn med reguleringer i fisket for å hindre totalt bestandssammenbrudd. I mange tilfeller har fisket fortsatt også etterat rekrutteringen har sviktet og reguleringene har ikke kunnet hindre bestandssammenbrudd (SÆTERS DAL 1980). Det ferskeste eksemplet er loddefisket i 1985-86 i Barentshavet på en bestand som av naturgitte grunner ikke hadde produsert rekrutter i 1984 og 1985 (HAMRE 1988 og in press).

I tillegg til det press fisket utøver på bestandene, så gjennomløper disse naturlige svingninger i sin rekruttering (GARROD 1983; URSIN 1982; TAB.A1). For enkelte arter kan disse svingningene være svært store og i perioder føre til at en art opphører å være en fiskbar ressurs. Norsk vårgytende sild kan være et eksempel der en kjenner til gjentagne pauser i fisket etter gytefisk tilbake til 1500-tallet avbrutt av rike sildeperioder (ROLLEFSEN 1948; FIG.13d). Vi synes nå å være ved starten til en ny sildeperiode (HAMRE in press). Andre bestander har mer beskjedne svingninger knyttet i mange tilfeller til fysisk-oseanografiske forhold der temperatur vil spille en viktig rolle. Et eksempel kan være norsk-arktisk torsk som i den relativt varme perioden i Barentshavet fra 1920-60 var oppe i en bestand på minst 6 mill tonn (i 1947) mens dagens nivå er på under 1 mill tonn. Den lave bestanden er således ikke alene et resultat av fiskepresset.

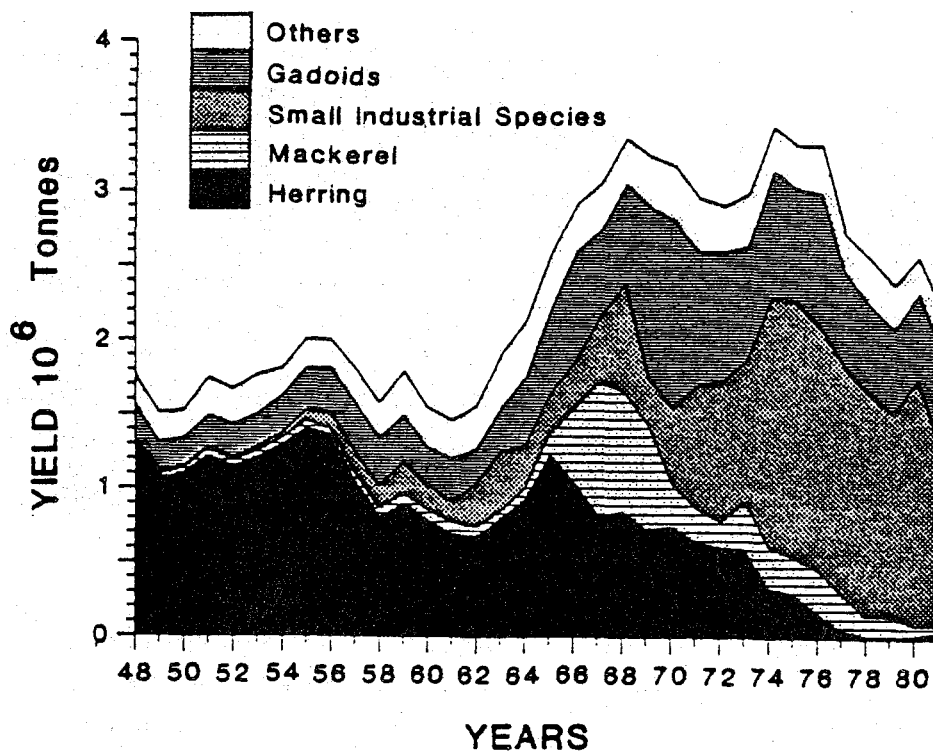


FIG.16. Fangst av en del viktige arter eller grupper av arter i Nordsjøen fra 1948 til 1981 der en vil legge merke til reduksjonen i fangstene av sild og makrell fra slutten av 60-årene og økningen i fangstene av torskfisk fra samme periode og den kraftige veksten i fisket på "industrifisk" fra tidlig i 70-årene (brisling og tobis). Høyest uttak av fisk var rundt 1970 med knapt 3,5 mill tonn (REID 1984).

4.1. RESSURSENE I NORDSJØEN

BUNNFISK

Oppsvinget i torskfisket fra midten av 1960-årene kom som resultat av en rekke gode årsklasser for de fleste torskfiskartene i Nordsjøen. I løpet av få år ble landet kvantum tredoblet (CUSHING 1984; FIG.16). Oppsvinget vedvarte til inn i 80-årene, men en er nå tilbake til det lave fangstkvantumet fra før oppsvinget (DAAN 1989). Alle bestandene har vært utsatt for et meget hardt fiskepress fra EF-landene, noe som gjør det vanskelig å vurdere om oppsvinget av torskfisk har kuliminert i Nordsjøen (DAAN 1989).

Torsk er den viktigste bunnfisken i Nordsjøen med et fiske på 127 000 tonn i 1988. Norsk fiske er helt ubetydelig (ANON. 1990a). Det samme kan sies om *hyse* og *hvitting* der fisket totalt var i overkant av henholdsvis 105 000 tonn og 63 000 tonn. Fisket etter sei spiller en større rolle der norsk fiske i 1990 vil være på 50 000 tonn av en samlet fangst på 120 000 tonn (ANON. 1990a).

Det markerte oppsvinget for torskfisk i Nordsjøen kan tyde på at de vil være sensitive for klimaendringer (CUSHING 1982).

Norge har et helt ubetydelig fiske etter *flatfisk* i Nordsjøen der det totalt ble ilandført 113 000 tonn *rødspette* og 22 000 tonn *tunge*, men bare 4500 tonn

piggvar (MCINTYRE 1988; tall fra 1982). Sterke årsklasser av rødspette og tunge kommer særlig i kalde år i Nordsjøen (DAAN 1989).

Fiske etter industrifisk som *øyepål* (samlet fangst 100 000 tonn i 1988) og kolmule og etter de dyptlevende artene *lange*, *blålange* og *brosme* (samlet fangst for disse tre artene 100 000 tonn i 1988 hvorav Norge tok 50%) pågår delvis i Nordsjøens dypere deler (ANON. 1990a). Rekrutteringsmekanismene hos de tre sistnevnte torskfiskartene er mindre kjente. Artene er i stor grad knyttet til de mer stabile forhold i dypvannet, og de kan tenkes å ville berøres mindre av et endret klima, i alle fall i en tidlig fase.

PELAGISKE BESTANDER

Nordsjøild hadde en meget sterk bestandsnedgang fra 2,3 mill tonn i midten av 1960-årene til rundt 0,1 mill tonn da fisket ble stoppet i 1977. Først i begynnelsen av 80-årene begynte en sterk gjenoppbygging slik at gytebestanden nå er på mer enn 1 mill tonn (CORTEN 1986; FIG.16). Norsk fiske utgjør omlag 30% av en årlig fangst på 5-700 000 tonn (ANON.1990a).

Endrete sirkulasjonsmønstre i Nordsjøen bidro i vesentlig grad til den svekkelsen av bestanden som ble påvist over en 15-årsperiode. Dette tyder på at bestanden vil være følsom overfor de endrete miljøforhold som vil følge med en klimaendring (BAILEY in press; CORTEN 1986).

Brislingbestanden i Nordsjøen har opplevd et mott satt forløp til det en har sett for sild. Parallelt med tilbakegang for sild, økte brislingbestanden sterkt og ved inngangen til 80-årene var fisket på omlag 300 000 tonn. I 80-årene har bestanden skrumpet inn og det taes nå noen få 10-talls tusen tonn av danske fiskere. Rekrutteringen hos brisling synes å være koblet til de fenomener som forårsaket tilbakegangen for silden (ANON. 1988).

Sil eller tobis danner grunnlag for et betydelig industrifiske i Nordsjøen med fangster på over 800 000 tonn siden 1986 (ANON. 1990a). Silbestanden tok seg opp parallelt med brisling i 70-årene, men har i motsetning til den, tålt gjenoppbyggingen av sildebestanden. Svake årsklasser de siste årene vil føre til nedgang i gytebestanden og i fisket.

Veksten i silbestanden i 70-årene falt sammen med en tilsvarende vekst i bestanden ved østkysten av USA, og det kan indikere klimarelaterte mekanismer bak oppsvinget (SHERMAN et al. 1981).

Makrell dannet grunnlaget for et betydelig fiske i Nordsjøen i en hektisk 5-årsperiode fra 1965 med toppfangst i 1967 da 910 000 tonn ble tatt, i hovedsak av norske fiskere (HAMRE 1980; FIG.16). Siden begynnelsen av 70-årene har fisket pågått i hovedsak på den *vestlige* makrellbestanden som har sitt gyteområde sør og vest av Irland. I dette området fiskes nå ca. 30% av makrellen (omlag 200 000 tonn i 1988). Norge har dominert fisket i Nordsjøen og i Norskehavet (totalt 430 000 tonn i 1988, hvorav Norge tok 145 000 tonn), også det helt basert på den *vestlige* bestanden som er på næringsøk i nordlige Nordsjøen (ANON. 1990a).

Årsakene til rekrutteringsproblemer i den vesle Nordsjøbestanden som bare har en gytebestand på 35 000 tonn, er foreløpig ukjente.

4.2. RESSURSENE NORD FOR 62°N

Biomassen av fisk i dette store havområdet har blitt redusert fra rundt 20 mill tonn til knapt 4 mill tonn fra 50-årene fram til idag. Høstingspotensialet er redusert nesten tilsvarende fra 3-4 mill tonn til knapt 1 mill tonn.

Utviklingen i de nordlige farvannene er en kombinert effekt av overfiske og klimabetingete forstyrrelser i bestandene. Den meget store fiskebiomassen i 1950-årene da effekten av klimaoppgangen siden 1920 nådde sitt maksimum, ville trolig måtte reguleres ned til systemenes bæreevne som et resultat av at store områder fikk redusert sin produktivitet. SÆTERSDAL and LOENG (1987) spekulerer rundt muligheten av at det finnes mekanismer som hindrer sterke årsklasser av bl.a. torsk å bli født i perioder med ugunstige beiteforhold i Barentshavet. Det er ellers påfallende at det aldri er født en sterk årsklasse når det er unormalt kaldt i Lofoten-Barentshavet (ELLERTSEN et al. 1989; SÆTERSDAL and LOENG 1987).

Det tiåret vi har bak oss har vært fylt av sterke og brå endringer både med hensyn på klima og i utviklingen til flere fiskebestander. Loddebestanden var meget høy i 1980 med 5 mill tonn, men var likevel redusert siden 1977 med 2 mill tonn. Det skulle vise seg at nedgangen fortsatte i et stadig brattere forløp og etter 1984 raste det raskt mot utslettelse av bestanden. Det ble beregnet å være 20 000 tonn lodde eldre enn 2 år i 1987, en utrolig kontrast til situasjonen 10 år tidligere (ANON. 1990a).

Det er klare indikasjoner på at dette ikke var en enestående hendelse. Selv om datagrunnlaget ikke er så godt som etter 1970, mener en å ha sett tilsvarende fenomener i 1939-41, i 1952-54 og i 1962-64, alle gangene som resultat av at svært sterke årsklasser av sild fylte Barentshavet (HAMRE in press).

På mange måter synes krisen paradoksalt nok å være skapt av den sterke rekrutteringen til en rekke fiskebestander i det varme året 1983. For første gang på omlag 20 år forekom det igjen sildeyngel over store deler av Barentshavet (FIG.17). Med utgangspunkt i en relativt liten gytebestand sild fødtes den sterkeste årsklassen siden 1964. Hovedmengden av ungsild samlet seg i det østlige Barentshavet og holdt seg der de neste årene fram til forsommeren 1986 (RØTTINGEN 1989). Da trakk den vestover og begynte å delta i gyteinnsiget til Møre i 1987. Før det, mens den vokste opp i russisk sone, lå den i transportrutene for loddelarver og -yngel. En vet fra Øst-Island at sommerfiske på sild ofte var vanskelig fordi den stod så spredt og beitet på loddelarver (MAGNUSSON 1968). En tilsvarende nedbeiting av loddelarver har trolig funnet sted øst i Barentshavet i et omfang som i praksis utslettet årsklassene av lodde fra 1984 og 1985 allerede samme året de var født (HAMRE 1988). Lodde hadde siden tidlig i 70-årene erstattet sild som byttedyr bl.a. for torsk (MEHL 1989). Uten disse to årsklassene av lodde, begynte derfor mengden av egnet mat for torsken å svekkes allerede i 1985. Dette var særlig kritisk fordi også den norsk-arktiske torsken hadde en uvanlig sterk årsklasse i 1983 og sterke årsklasser i 1984 og 1985.

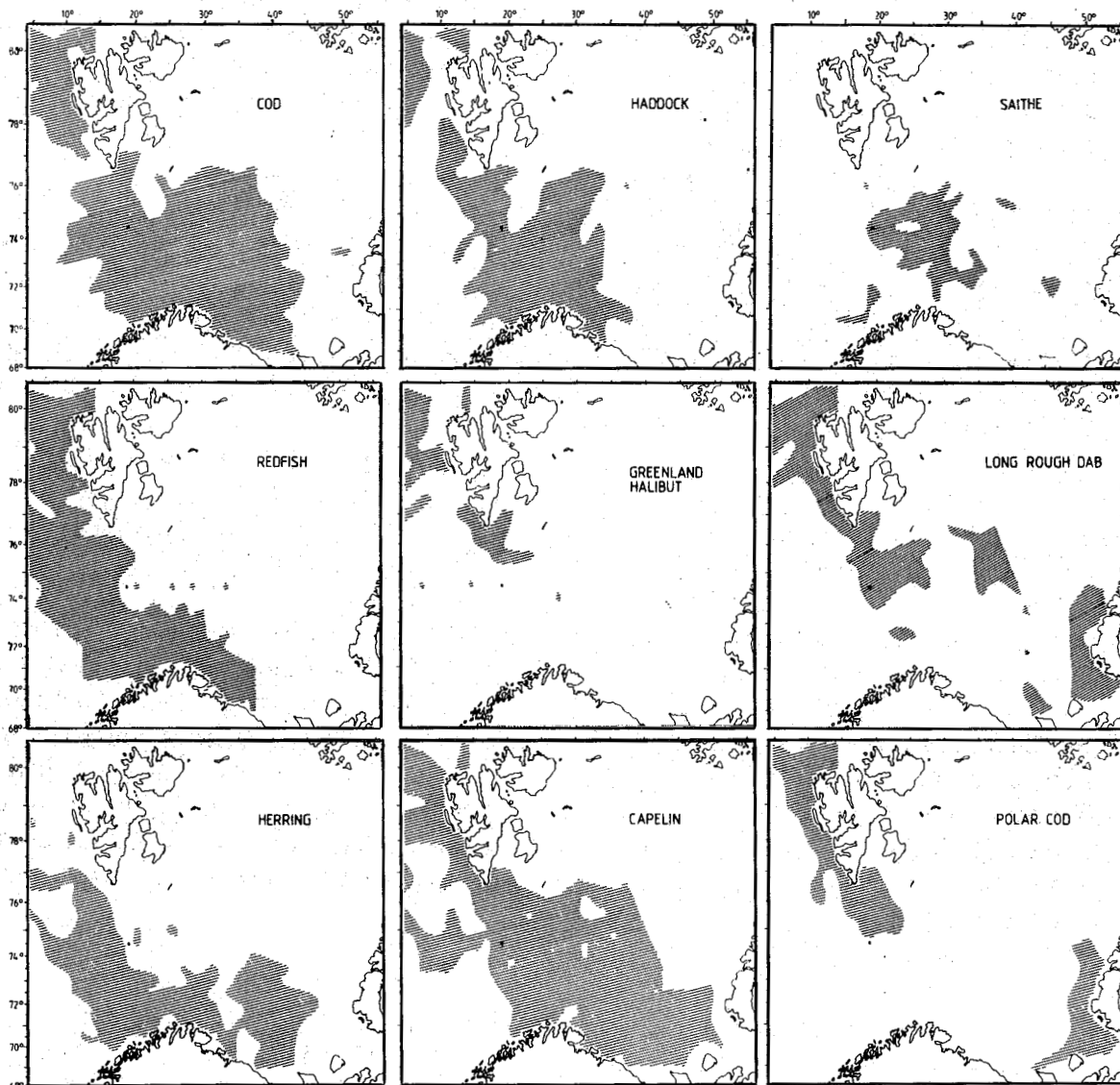


FIG.17. Fordeling av 0-gruppefisk av viktige kommersielle arter i Barentshavet i 1983. Dette året gav sterke årsklasser for torsk, hyse og sild. En vil legge merke til at lodde (capelin), gapeflyndre (long rough dab), blåkveite (Greenland halibut) og polartorsk (polar cod) er de artene som i størst utstrekning trenger inn i det kaldere vannet i Barentshavet (LOENG 1989).

Matbehovet vokste derfor sterkt. I noen grad ble dette erstattet av ungsilden i øst, men da den trakk seg ut av Barentshavet sommeren 1986, var det også slutt på denne matkilden for torsk.

Det var også en positiv følge av at silden forsvant. De relativt få loddelarvene fra 1986-årsklassen fikk en sjanse til å vokse opp. Det er den årsklassen som har gjort det mulig å få til en så rask oppbygging av loddestammen som det en nå observerer. Denne arten har vanligvis som én av

få marine arter, en tett kobling mellom størrelsen på gytebestanden og antallet rekrutter (HAMRE in press; FIG.A41). Unntaksårene er 1984 og 1985 da relativt store gytebestander (2,4 og 0,7 mill tonn 2 år og eldre) skulle gitt meget god rekruttering ettersom mengden av larver langs Finnmarkskysten var god begge årene (ANON. 1990b).

Sultsituasjonen som oppstod for alvor fra høsten 1986 rammet trolig mange fiskearter foruten selen. Den førte til uvanlig dårlig tilvekst hos torsk og denne skiftet over til byttedyr som tradisjonelt spiller liten rolle i dietten. Særlig gikk det utover små individer i egne rekker og de relativt sterke årsklassene av torsk fra 1984 og 1985 ble sterkt svekket. Reke og uer fikk også et sterkt økt beitepress med følger for senere rekruttering til fisket (MEHL 1989). Silden hadde ved brått å dukke opp i økosystemet, satt opp en kjedereaksjon som vi ennå ser virkningene av.

Det knytter seg også mange spørsmål til konsekvensene av at den voksne silden har ligget i transportrutene for sildelarver og delvis for sei- og torskelarver på deres drift mot Barentshavet (H.BJØRKE, Havforskningsinstituttet, Bergen, pers.medd.). Fungerer den voksne silden på samme måten som ungsilden i Barentshavet ved å beite ned larver og yngel som passerer? Biomassen av voksen sild er 1,5 mill tonn så det er enorme matmengder de spiser på beiteområdene vest av Lofoten om sommeren (RØTTINGEN 1989). Det er ellers verd å merke seg at de meget store mengdene av sildelarver som nå produseres av 1983-årsklassen og som har hatt høy overlevning til langt ut i mai i flere år på rad, har blitt sterkt redusert i antall før de på nytt antallsmåles i juli på Tromsøflaket (BJØRKE et al. 1990; NEDREAAS et al. 1990). I skyggen av den sterke 1983-årsklassen har det således ikke vokst opp en ny sterk årsklasse som kan ta over når 1983-årsklassen gradvis forsvinner i midten av 90-årene (RØTTINGEN 1989).

TORSKEFISK

Langtidsutbyttet av *norsk-arktisk torsk* er vurdert til noe i underkant av 1 mill tonn hvorav Norge vil kunne fiske omlag 50% (ULLTANG 1982). I kontrast til dette, vil fisket i 1990 totalt være på 200 000 tonn inkludert 40 000 tonn kysttorsk (ANON. 1990a). Det vil ta lang tid å bygge opp bestanden til et nivå som muliggjør et fiske på nivå med det potensielle langtidsutbyttet og det vil være behov for en rekke sterke årsklasser.

Gytebestanden er på knapt 200 000 tonn og består hovedsakelig av unge individer (ANON. 1990a). Den sterke årsklassen fra 1983 vil bidra noe til å øke gjennomsnittsalderen gjennom å øke andelen av fleregangsgytere i bestanden når den danner hovedstammen i gytebestanden fra tidlig i 1990-årene. Imidlertid er denne årsklassen allerede sterkt redusert før den har nådd kjønnsmoden alder (1 mld 3-åringer er blitt til 80 mill 6-åringer ved inngangen til 1990). Moderat sterke årsklasser synes å avtegne seg i 1989 og 1990 (ANON. 1990b). De vil komme inn i fisket rundt 1995.

Gytingen hos torsk har i hovedsak funnet sted på strekningen fra Vestfjorden og Røst (40% i 1984 og 1985) og nordover til Sørøya (SUNDBY og BRATLAND 1987; FIG.A42a). Historisk har omlag 10% av gytetorsken vandret til Mørkekysten. I perioder har andelen vært høyere (opptil 25%) eller lavere, og det

siste tiåret har vi vært inne i en periode med lav andel (GODØ 1983; GODØ 1984; SÆTERS DAL and HYLEN 1964).

Norsk-arktisk hyse har et forventet fiske for 1990 på 40 000 tonn. Bestanden er inne i en langvarig nedadgående trend og er nå på vel 100 000 tonn (ANON. 1990a). På samme måte som for torsk, vandrer gytefisken som for 1990 er beregnet til 84 000 tonn, ut av Barentshavet, men bare en mindre del går syd for Tromsø-flaket (SOLEMDAL et al. 1989; FIG.A42b).

Hysen gyter hovedsakelig på meget dypt vann ved en temperatur på 4-6°C langs kontinentalskråningen fra vest av Røst (67°N) og nordover (FIG.A42b). Langt mindre gyting foregår syd for dette området, og da hovedsakelig av lokale bestander (SOLEMDAL et al. 1989). Gytingen har sin hovedtyngde i månedsskiftet april-mai, altså omlag én måned senere enn torsken i tilsvarende områder. Tette konsentrasjoner av egg og larver finner en ikke i norske farvann slik som tilfellet er for torsk (SOLEMDAL et al. 1989).

På samme måte som for torsk og hyse så forlater gytemoden *sei* Barentshavet mot slutten av året for å gyte på Møre og langs Helgelandskysten i februar-mars (BERGSTAD et al. 1987; FIG.A43a). Bestanden har holdt seg stabilt mellom 4-500 000 tonn i 80-årene (JAKOBSEN 1987). Gytebestanden er på rundt 200 000 tonn og når gytingen er avsluttet, returnerer den til Barentshavet mens den beiter (ANON. 1990a).

Seien rekrutteres trolig i liten grad fra egg gytt på Helgelandskysten og i Vestfjorden i månedsskiftet februar-mars (BJØRKE et al. 1988). De store mengdene sei yngel i hele området i mai, skriver seg fra gyting lengre syd og vest i sydkanten av Norskehavet (BJØRKE og SÆTRE 1990; NEDREAAS et al. 1989). Yngelen kommer inn til kysten der den vokser opp og holder seg inntil den på nytt gir seg ut på lange vandringer som 2-3-åringer (BJØRKE et al. 1989).

PELAGISKE BESTANDER

Gytebestanden av *norsk vårgytende sild* består for 90%’s vedkommende av den sterke 1983-årsklassen. Bestanden som for tiden er på omlag 1,5 mill tonn, har de siste tre årene oppholdt seg langs Nordlandskysten. Etter avsluttet gyting i februar-mars, svømmer den til havstrekningen mellom 66° og 70°N der den står og beiter fra april til september (RØTTINGEN 1989). Om høsten og vinteren trekker silden inn i Vestfjorden og tilgrensende fjorder før den så på nytt gir seg på gytevandring til sokkelen utenfor Møre (FIG.A43b). I 1989 og 1990 gytte silden også på strekningen Haltenbanken-Vikna, utenfor Karmøya og på Seiegrunnen ved Egersund (RØTTINGEN 1989). Utvidelsen av gytefeltene mot sør gjør stammen mindre avhengig av resultatene fra gyting i ett enkelt område.

Det har forekommet gyting tidligere år i Lofotenområdet, bl.a. i 1964 og 1965 ved avslutningen av den siste sildeperioden (DRAGESUND 1970).

Mengden av sildelarver på de tradisjonelle gytefeltene har vært betydelig de senere årene og særlig i 1989 og 1990 kunne mengdene sammenlignes med de årene da silden hadde en "normal" bestandsstørrelse (BJØRKE et al. 1990). I juli finner en yngelen igjen over Tromsøflaket der de da går sammen med larver og yngel av en rekke andre arter, særlig av torsk, hyse, uer og enkelte år av lodde (BJØRKE et al. 1989).

Mengden av *lodde* i Barentshavet er raskt økende på grunn av sterke årsklasser i 1989 og trolig også i 1990 (ANON. 1990b). Bestanden er derfor på vei opp fra nærmest å være utradert i 1987 (20 000 tonn eldre enn 2 år; i 1989 var mengden økt til 200 000 tonn). De sterke årsklassene vil, når de vokser til, bedre beitegrunnlaget for torsk parallelt med at de vil forsterke gytebestanden vesentlig. I og med den nære koblingen mellom foreldrebestand og rekrutter som en i særlig grad finner hos *lodde*, er det viktig å opprettholde en rimelig stor gytebestand.

ANDRE RESSURSER I NORD

Det er to arter av *uer* i norske farvann, vanlig *uer* og *snabeluer* der den sistnevnte dominerer i mengde med en bestand på 250 000 tonn i 1990. Til tross for meget store yngelmengder i 1980-årene, har rekrutteringen vært for svak til å opprettholde bestanden som har falt fra 600 000 tonn i 1979. Et sterkt beitepress fra torsk og hyse på den sentvoksende ungfisken er hovedårsaken til problemene i bestanden. Fisket har falt fra 100 000 tonn i 1980 til knapt 40 000 tonn i 1988 (ANON. 1990a).

Fisket etter *blåkveite*, *kveite*, *gapeflyndre* og *rødspette* er relativt beskjedent og for de to førstnevnte i nedgang (ANON. 1990a).

Bestanden av *dypvannsreker* i Barentshavet ble beregnet til 220 000 tonn i 1990, noe som er en halvering av bestanden fra 1984 da den var på sitt høyeste de siste ti år (ANON. 1990a).

Reken er utsatt for et stort beitepress fra torsk og *uer* og når torsken har sterke årsklasser eller relativt lite mat slik situasjonen var i 1986-1988, vil det ramme reken særlig hardt (MEHL and SUNNANÅ 1990). Rekrutteringen vil også være av avgjørende betydning, og den varierer bl.a. med styrken på innstrømning av atlantisk vann og med temperaturforholdene i bunnvannet. Store deler av rekebestanden i nord og øst baserer seg på tilførsler av yngel fra sør og vest fordi den i hovedsak formerer seg i områder med relativt høye temperaturer (1°-5°C). Reken unngår vann som er kaldere enn -0,5°C og derfor er en stor del av Barentshavet tomt for reker (BERENBOIM and LYSY 1987; NEDREAAS and ØYNES 1987).

4.3. PRIMÆR- OG SEKUNDÆRPRODUKSJONEN

Produksjonen på primær- og sekundærleddet er bestemmende for produksjonen av fiskebiomasse. Nye beregninger for Barentshavet gir en årlig planteplanktonproduksjon av rundt 70 gram karbon (C)/m² (noe som tilsvarer 700 gram levende vekt) eller totalt 50 mill tonn C for hele området. Utnyttes 50% av dette av dyreplanktonet, vil det gi en produksjon på 1 mill tonn C bundet i fisk om utnyttningen er 20% på hvert ledd i næringskjeden. Det tilsvarer 10 mill tonn fisk produsert pr. år (SKJOLDAL and REY 1989).

I den perioden norsk vårgytende sild hadde en biomasse på 8-10 mill tonn på sommerbeite i Norskehavet, må produksjonen i dette området ha vært på nivå med den i Barentshavet. Denne produksjonen har senere delvis vært utnyttet av andre fisk, da særlig av *kolmule* på sommerbeite, en bestand som i

perioder har hatt en biomasse på 9 mill tonn (MONSTAD and BLINDHEIM 1986).

Produksjonsberegninger for Nordsjøen har gitt en årlig dyreplanktonproduksjon på 10-20 gram C/m² og med 20% utnyttning til neste ledd gir det 2-4 gram C/m² fisk eller 12-24 mill tonn fisk/år. Det er sannsynlig at det laveste tallet er nærmest den reelle situasjonen (DE WOLF and ZIJLSTRA 1988). De betydelige tilførselene av næringsalter synes ikke å ha økt produksjonen i Nordsjøen i særlig grad (URSIN and ANDERSEN 1978). I Østersjøen mener en imidlertid å kunne se en klar effekt av gjødslingen i form av økt fiskeproduksjon (NEHRING et al. 1989; WULFF and RAHM 1988).

Enkelte viktige arter av plante- og dyreplankton som inngår i næringskjeden til fisk, er spredt over enorme havområder og i mange tilfeller over vide temperaturintervaller (CUSHING 1982). En finner således *Calanus finmarchicus* eller raudåte i Nordsjøen ved 20°C og i Barentshavet ved 2°C. Tilsvarende sprang tåler phytoplanktonartene *Phaeocystis* spp., *Skeletonema costratum* og mange andre arter (OWENS et al. 1989). Imidlertid vil formeringsraten ofte være proporsjonal med temperaturen; raudåten har tre generasjoner i Nordsjøen mot bare én i Barentshavet.

Variasjonene fra år til år i primærproduksjon (algeproduksjon) og i sekundærproduksjon (dyreplankton) er betydelig. Det er antatt at dette vil ha effekter for tertiærproduksjonen (fiskebiomasse). Eksempelvis kan nevnes at i en periode fra 1979-84 ble mengden av dyreplankton i det sentrale Barentshavet beregnet til å variere mellom år med en faktor på 10, noe som vil ha betydelige følger for beiterne på tertiærleddet såsom ungfisk av flere arter, sild og lodde (SKJOLDAL et al. 1987; SKJOLDAL and REY 1989).

PLANTEPLANKTON

Variasjonene oppover i næringskjeden springer i stor grad ut fra forholdene under våroppblomstringen. I våre sydlige farvann starter denne i februar mens den først kommer igang i mai/juni i Barentshavet. Algeproduksjonen er sterkt avhengig av stabile vannmasser i det dybdeintervallet der produksjonen skjer. Dette dypet kalles kritisk dyp og er så lang ned som lyset gir en netto tilvekst av planteplankton (NIEBAUER and SMITH 1989). Er denne betingelsen ikke oppfylt, vil produksjonen hemmes ved at algene synker ned i mørket og dør av mangel på lys til fotosyntesen. Stabiliteten skapes enten ved avtakende saltholdighet mot overflaten, ved oppvarming av overflaten eller ved en kombinasjon av de to fenomenene, noe som gir størst stabilitet (SVERDRUP 1953; FIG.A44). Vedvarende sterk vind i den perioden stabiliseringen skal finne sted, hemmer dannelsen av et effektivt produktivt lag og våroppblomstringen forsinkes, ofte med én måned.

En slik situasjon med svekket produksjon hadde en fra 1950-80 med særlig markerte utslag for vestlige Nordsjøen (DICKSON et al. 1988b; FIG.18). Årsaken var trolig vedvarende nordlig vind. Den stadig fallende produksjonen gav grunnlag for bekymring da en fryktet for at Nordsjøen var i ferd med å svekkes generelt som produksjonssystem. Bestandene synes nå å være på vei tilbake til det nivået de hadde i 1950-årene før nedgangen begynte (COLEBROOK et al.

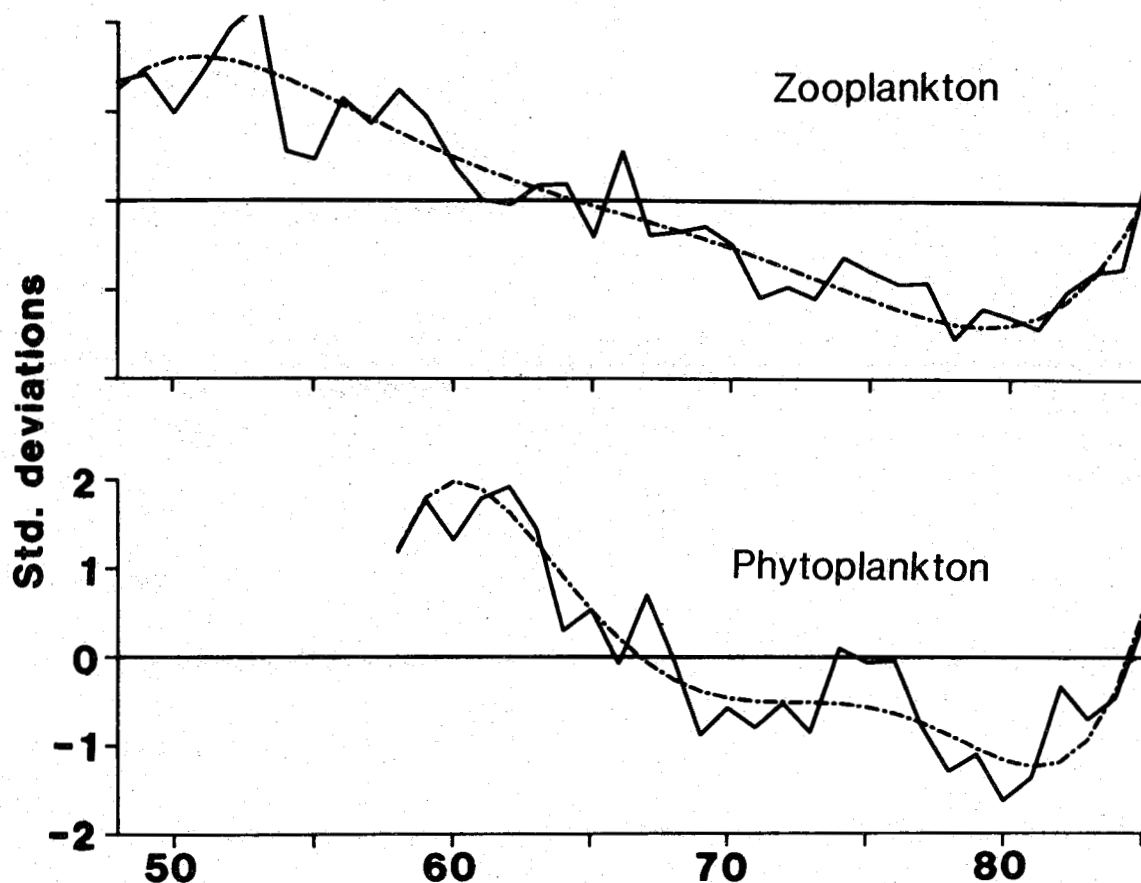


FIG.18. Endringer i mengden av dyreplankton i Nordsjøen fra 1948 til 1985 og for planteplankton fra samme område siden 1958. En legger merke til nedgangen som vedvarte like fram til rundt 1980 fulgt av en oppgang (DICKSON ET AL. 1988b).

1984). Dette illustrerer effekten av storskala omlegginger av sirkulasjonssystemer.

Endringer i planteplanktonproduksjon og artssammensetning er således knyttet til vedvarende endringer i klima der særlig vindmønster og tilhørende vannmassebevegelser synes viktige (MADDOCK et al. 1989; NORDBERG 1989). Imidlertid er sammenhengene kompliserte og en vet ikke eksakt hva den utslagsgivende drivkraften er. Dette gjør det også vanskelig å forutsi sammensetningen av planteplanktonsamfunn i et varmere hav (COLEBROOK and ROBINSON 1986).

Produksjonen er også regulert av tilgangen på næringsalter (WROBLEWSKI et al. 1988; FIG.A45). Under våroppblomstringen bruker plantene raskt opp den tilgjengelige næringen og bare i områder med oppstrømning (upwelling) av nytt dypvann, kan det skje en stadig ny produksjon. I områder uten en slik mulighet, må næringsaltene resirkuleres i næringskjeden. Norske farvann har generelt lave næringssaltverdier og bare lokalt skjer det oppstrømning av dypvann som kan gi grunnlag for ny

produksjon. Produksjonen i norske farvann er således i stor grad *næringssaltbegrenset*, et forhold som lett glemmes i all diskusjonen om rensing av næringssalter i tilførselene fra land. Disse tilførselene er så beskjedne at de bare utgjør 0,1% av de næringssaltene som bindes i levende marint vev i våre farvann. Til tross for at strømsystemene ved norskekysten representerer de eneste utløpene fra den sterkt belastete Nordsjøen, så endrer ikke dette bildet (AURE og STIGEBRANDT 1989).

De fleste planteplanktonarter har få eller ingen skadelige effekter for annet marint liv eller for bruken av sjøen. Imidlertid synes det å være en økt hyppighet i oppblomstring av skadelige alger i visse regioner. Mange alger forekommer i en ikke-giftig og en giftig utgave. For noen arter synes den giftige formen å opptre når det er ubalanse i tilgangen på næringssalter. Mangel på fosfat i områder med god tilgang på nitrat synes å være årsaken til giftigheten hos *Chrysochromulina polylepis* og *Prymnesium parvum* (AMBJØRN et al. 1989; SKJOLDAL and DUNDAS 1989).

Kommersiell skjellproduksjon har vært sterkt hemmet av giftige alger, bl.a. *Gonyaulax tamarensis*, der giften lagres i skjellkjøttet uten at skjellet selv tar skade av giften (PSP) (AYRES et al. 1982; BOALCH 1984).

Problemene med *Gyrodinium aureolum* er av ny dato i europeiske farvann (BOALCH 1987). Arten, som i tette konsentrasjoner gir fiskedød, kom til nordeuropeiske farvann trolig i slutten av 60-årene fra østkysten av USA, og enkelte år er den meget tallrik fra juli til september i Den engelske kanal. Utbrudd langs norskekysten har forårsaket fiskedød, senest sommeren 1990.

Kolonidannelser hos *Phaeocystis* spp. forringer den utnyttbare produksjonen i store områder og når koloniene dør og ofte skylles på land, gir det sterk luktplage. En annen slimdannende alge som kan opptre i store mengder, er *Coscinodiscus wailesii*, men den er et langt mindre problem enn *Phaeocystis* spp. med dennes enorme geografiske utbredelse (BOALCH 1984).

En del algearter opptrer i svært høye tettheter eller utstøter et kjemikalie som får fisk til å trekke ut av de områdene algen har sin utbredelse. Slike områder kan til tider være betydelige, bl.a. i forbindelse med "red tide". *Noctiluca scintillans*, en algespisende dinoflagellat, kan gi slike forhold (BOALCH 1984).

DYREPLANKTON

I den næringskjeden som leder fram mot våre kommersielle fisker spiller to grupper dyreplankton en helt overskyggende rolle: *raudåte* og *krill*. Tilsammen utgjør de 75% av biomassen av dyreplankton i norske farvann (LONGHURST 1985).

Raudåten, *Calanus finmarchicus*, er dominerende i alle norske farvann selv om navnet kunne tyde på at den er knyttet til Finnmark (FIG.A46). Arten overvintrer på dypt vann og gyter i de øvre vannlag om våren eller forsommeren. Den utnytter således vår oppblomstringen av algene, men når denne skjer eksplosjonsartet, er den ikke på langt nær i stand til å høste den daglige algeproduksjonen og betydelige mengder alger faller til bunns og utnyttes av bunndyr eller sedimenteres. Denne prosessen er av stor betydning for transport av karbon fra overflaten for innlagring på store dyp eller i bunnsedimentet. Skjer vår oppblomstringen mer gradvis, vil en større del av

produksjonen kunne utnyttes (REY et al. 1987). I Barentshavet der disse prosessene kommer senere igang, starter den først i de nordlige områder der drivisen nettopp har smeltet og smeltevannet gir et stabilt overflatelag. Oppblomstringen kan da komme brått og være meget intens (FIG.A47a og 47b). I den sydlige delen av Barentshavet vil stabiliteten normalt komme senere og oftest som et resultat av oppvarming. Oppblomstringen blir da her gjerne mer gradvis (FIG.A48). Disse forholdene innvirker på dyreplanktonet både gjennom starttidspunktet for oppblomstringen og om denne er gradvis eller mer som en intens puls (REY et al. 1987).

De store variasjonene i planteplanktonproduksjonen, som ofte er av størrelseorden 1:3 mellom ulike år, brer seg i næringskjeden til dyreplanktonet (MALMBERG 1988; ROFF et al. 1988). Dette kan i tillegg ha variasjoner som ikke springer ut fra planteplanktonproduksjonen. Variasjonene har som nevnt blitt målt til 1:10 i de fem årene undersøkelsen pågikk i Barentshavet (SKJOLDAL and REY 1989), men er ofte 1:4 i andre undersøkelser (MALMBERG 1988; ROFF et al. 1988). Koblingen er således nokså komplisert og forhold som spiller inn på mengden av raudåte vil bl.a. være foregående års mengde av ungdyr som går ned i dypet om høsten; dernest overvintringsforholdene for disse dyrene og storskala vannmassebevegelser (FIG.A49). Det siste er særlig kritisk for Barentshavet som er nesten helt avhengig av inntransportering av voksen raudåte for ny produksjon (SKJOLDAL and REY 1989). Svak innstrømning av atlantisk vann til Barentshavet kan gi liten ny produksjon av raudåte, noe som kan resultere i dårlige ernæringsforhold for planktonpisere som lodde og sild.

Langtidstrender for tallrikheten av raudåtearter kjenner en for noen områder (FIG.A50). Som nevnt ble en langvarig nedadgående trend rundt De britiske øyer brutt rundt 1980 (COLEBROOK in press; FIG.18). I begynnelsen av 50-årene endret dyreplanktonet i Nordsjøen karakter fra kystnære arter til mer oseaniske arter (CUSHING 1982; FIG.A51). Slike forhold viser hvor avhengig mengden og sammensetningen av dyreplankton er av de store sirkulasjonssystemene selvom en ikke kjenner fullt ut mekanismene som ligger bak (RADACH 1984; SIMPSON 1987).

Store variasjoner har en også for krill, men for begge gruppene gjelder det at en har dårlige tidsserier fra norske farvann. Pålitelige tidsserier forutsetter et langt mer omfattende prøvetakingsprogram både i tid og rom enn det vi har hatt anledning til å gjennomføre. Likevel synes det klart at variasjonene for krill er betydelige og trolig også knyttet til den relative styrken av de store strømsystemene som omkranser norskekysten (BOYTSOV and DROBYSHEVA 1987). Dette kan illustreres ved et eksempel. Om innstrømningen av atlantisk vann til Nordsjøen i større grad forekommer som dypvann langs norskekysten enn via Shetland-Orkenøyrennen, så vil det stues opp økte mengder krill i Norskerennen, et fenomen som ble observert i 70-årene.

Den store krillen *Meganyctiphanes norvegica* gyter om sommeren i Norskehavet til 70°N og har sin hovedutbredelse i atlantisk vann med relativ høy temperatur. Voksne dyr av denne arten er omlag dobbelt så tunge som av de mindre krillartene *Thysanoessa longicaudata* og *T. inermis* som begge gyter i Barentshavet i mai-juni i forbindelse med våroppblomstringen der (DALPADADO and IKEDA 1989; DALPADADO and SKJOLDAL in press). Det er

disse to artene som dominerer i Barentshavet selv om det kan skje en betydelig inndrift av *M.norvegica*-yngel om sommeren (WIBORG 1955). Samlet produksjon av krill i Barentshavet har blitt beregnet til 50-70 mill tonn/år (DROBYSHEVA and PANASENKO 1984). Krillartene lever normalt bare to år og beites av sild og lodde. De er også viktige i dietten til sei og ungtorsk (PONOMARENKO 1973). Sjøpattedyr og sjøfugl baserer mye av sin diett på krill (SAKSHAUG and SKJOLDAL 1989).

4.4. FISKEPRODUKSJONEN GLOBALT OG I VÅRE FARVANN

Produksjonen av fisk varierer sterkt med hvor en befinner seg. Oseanisk produksjon fra 90% av havoverflaten, er beregnet til 1,6 mill tonn. Den i grunnhavene og på kontinentalsoklene, med areal som utgjør 9,9% av havoverflaten, er beregnet til 120 mill tonn. Produksjonen er like stor som dette også i upwellingområder til tross for at de bare utgjør 0,1% av havoverflaten. Produksjonsfaktoren mellom dem blir således 1:660:66 000 (THOMPSON 1981).

Langs Stillehavskysten av Nord-Amerika er avkastningen pr. km² beregnet til 3,3 tonn i upwellingområder utfra en biomasse på 13,7 tonn/km². Dette gir en avkastning på 24% av biomassen. I downwellingområder er tilsvarende tall 1,4 tonn/km² fra en fiskebiomasse på 10,4 tonn/km² noe som gir 13% avkastning. I subarktiske strøk er biomassen bare 0,15 tonn/km² med en beskjeden fangst av 0,05 tonn/km² noe som gir 33% avkastning (WARE and MCFARLANE 1989).

Beregninger gjort for Barentshavet har gitt 2,1 tonn/km² omtrent likt fordelt mellom pelagisk fisk og bunnfisk (tall fra 1968). I Nordsjøen er tallet 5,6 tonn/km² med overvekt av pelagisk fisk (3,3 tonn mot 2,3 tonn bunnfisk; DICKIE 1972). I 1977 med en biomasse på 9,7 mill tonn i Nordsjøen og et fiske på 2,65 mill tonn, var avkastningen på 28% (URSIN 1982; YANG 1982).

For en rekke kystområder i vestlige Stillehavet var snittverdien 2,9 tonn/km² (DICKIE 1972).

Med utgangspunkt i disse tallene skulle en forvente å kunne høste ca 3 mill tonn fisk fra Barentshavet og litt i overkant av 3 mill tonn fra Nordsjøen. Når disse fangstene nå er langt lavere, henger dette sammen med at biomassen av fisk i de to områdene har blitt så sterkt redusert (FIG.19). Nedgangen i mengden av dyreplankton har også blitt brukt som forklaring på de reduserte fiskebestander i Nordsjøen (REID 1984).

5. BIOLOGISK PRODUKSJON I ET VARMERE HAV

Prognosene for temperaturøkningen i norske kyststrøk er 3-3,5°C om vinteren og 1,5-2,5°C om sommeren. Det er også foreslått et scenario med omlag halvparten så høy økning. Etterhvert som den globale oppvarmingen skyter fart, vil også havene gradvis bli varmere, men denne prosessen vil ligge etter og ikke få tilsvarende utslag (FIG.A52). For vår region har vi satt stigningen til 2°C (høyt anslag) som et årsmiddel ved utløpet av 40-års-perioden. En viktig årsak til at havtemperaturen ikke vil nå samme nivå i stigning som lufttemperaturen, er at Atlanterhavsstrømmen, som dominerer vannmassene i norske farvann,

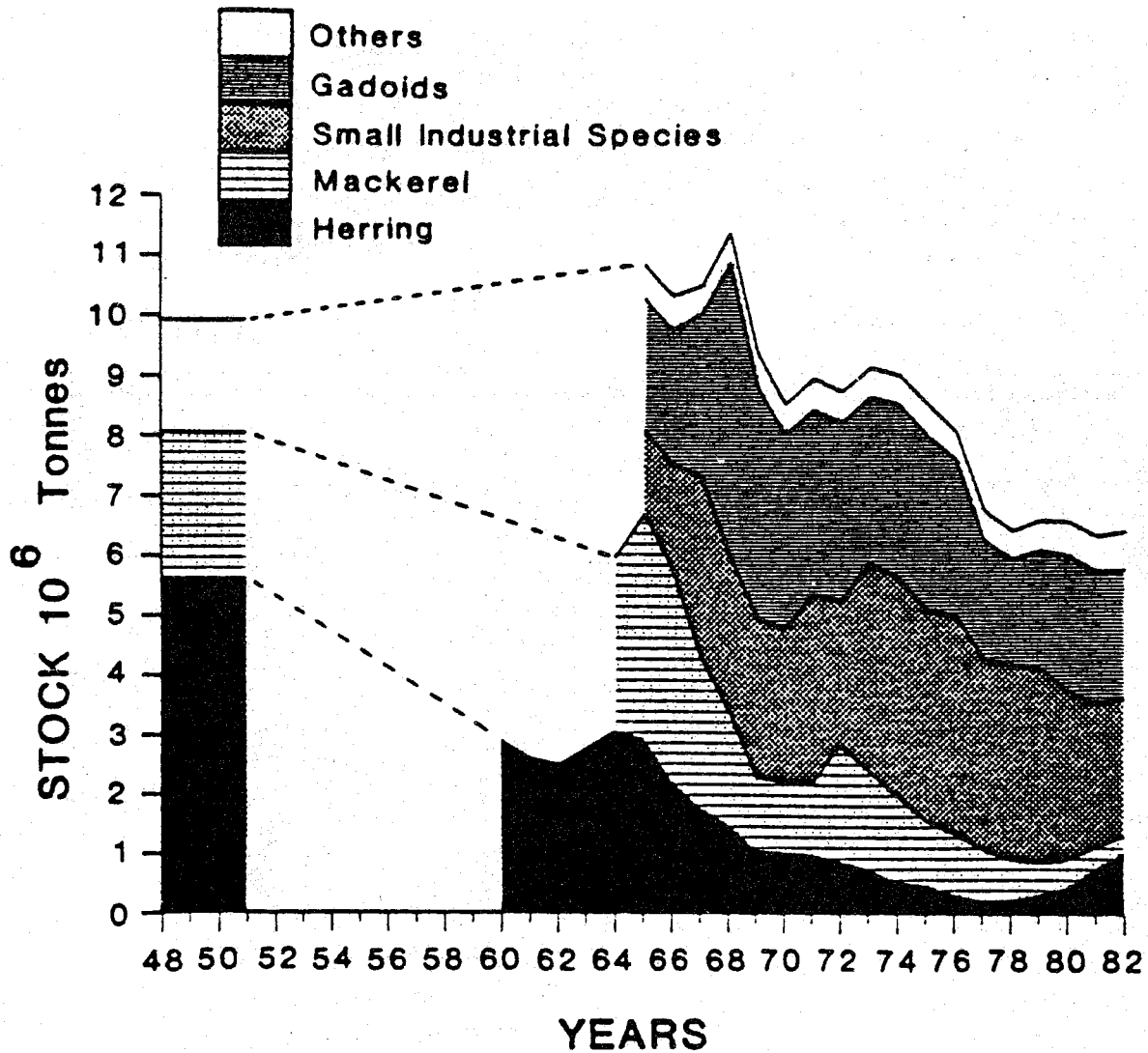


FIG.19. Den totale fiskebestanden i Nordsjøen fordelt på arter eller grupper av arter fra 1948 til 1982. Total biomasse falt fra rundt 10 mill tonn fram til rundt 1970 til 6-7 mill tonn rundt 1980 (REID 1984).

kommer fra tropiske strøk. Disse vil oppleve *lavere* temperaturstigning enn tempererte strøk. Atlantisk vann vil i det alt vesentlige bestemme nivået på stigningen i våre farvann med unntak av enkelte området syd i Nordsjøen som i neste omgang innvirker på Kyststrømmen. Denne vil også påvirkes noe av vann fra Østersjøen og av lufttemperaturen i Kyst-Norge.

For å gjøre prognosene mer oversiktlige, har vi valgt å vurdere effektene av *to* scenarier basert på en lav og en høy temperaturnivåendring:

- en gradvis økning av årsmiddeltemperaturen med 1°C ved utløpet av 40-årsperioden (år 2030) sammenlignet med langtidsmiddelet fra 1900-1990 (FØRSTE SCENARIO)

- en gradvis økning av årsmiddeltemperaturen med 2°C ved utløpet av 40-årsperioden (ANDRE SCENARIO)

Andre forutsetninger i vår analyse vil være:

- endringene går ned til minst 300 m dyp
- størrelsen på avvikene fra normaltemperaturen gjennom sesongen og mellom årene er som før
- en har opprettholdt hovedtrekkene i nåværende sirkulasjonsmønstre i våre havområder

Det vil avslutningsvis bli omtalt et tredje scenario der dypvannsdannelsen i Norskehavet og Grønlandshavet stopper opp helt eller delvis. En slik utvikling vil medføre *temperaturfall* i vår region.

En forventer således at den gradvise oppvarmingen bare vil føre med seg *modifiseringer* av dagens atmosfæriske sirkulasjonsmønstre, og at en vil opprettholde Atlanterhavsstrømmen og den nordlige subtropiske virvelen i Atlanterhavet (FIG.A53). Plasseringen av det nærmest permanente lufttrykkmønsteret med et høytrykksområde ved Azorene og et lavtrykksområde ved Island, er forutsatt å ville endre seg lite (KELLY 1984; FIG.A54). En må likevel regne med stadige periodiske forskyvninger av trykksentre der styringen ikke nødvendigvis vil ligge i vår region, men i stor grad i Stillehavet (GLANTZ 1984; TANNEHILL 1947). Bakenforliggende årsaker til endringene i Stillehavet er i sin tur de krefter som forutgående klima har satt i sving modulert av variasjoner i solens innstråling. Med ujevne mellomrom settes det i Stillehavet opp klimatiske "vulkanutbrudd" gjennom fenomenet El Niño, et oseanisk drama som utspiller seg ved vestkysten av Sør-Amerika på begge sider av ekvator, men som har vidtrekkende konsekvenser for klimaet globalt (BAILEY and INCZE 1985; GLANTZ 1984; FIG.A55).

5.1. PRIMÆRPRODUKSJONEN I ET VARMERE HAV

Ved overgangen fra istid til mellomistid for 18 000 år siden falt produktiviteten i havene betydelig og det ble årlig bundet 2-4 mld tonn karbon (C) mindre enn tidligere (SARNTHEIN and WINN 1988; FIG.A56). Dette førte til en opphoping av karbon i atmosfæren og ialt ble det luftet ut 650 mld tonn C fra dypvannet i havene i løpet av de neste 5000 år. Dette gav en oppgang på omlag 60 ppm i atmosfærisk konsentrasjon av CO₂.

Det var særlig den *oseaniske* upwelling som ble redusert i denne perioden trolig i tilknytning til redusert vindstress. De nye havområdene som ble produktive og de store landområdene som ble kledd med vegetasjon var ikke i stand til å kompensere for den reduserte produksjonen i de tidligere så høyproduktive upwellingområdene.

Havet har en enorm ledig lagerkapasitet for karbon, men en kan ikke peke ut noen prosesser i tilknytning til et varmere hav som skulle tilsi at en vil få reversert prosessen og ført karbon tilbake til dyphavet (GOREAU 1990). Det har blitt fremmet forslag om en massiv tilførsel av jernpulver til oseaniske havområder der en mener å ha påvist mangel på dette sporstoffet for planteplanktonproduksjon (MARTIN and FITZWATER 1988). En mente dette ville kunne føre til vesentlig økning av planteproduksjonen og binding av atmosfærisk CO₂. Betydningen av et slikt tiltak er omdiskutert (BANSE 1990). Heller ikke den økte upwelling som en venter i kystområder som et resultat

av økt vindstress, vil kunne endre situasjonen i særlig grad (BAKUN 1990). Selvom havet idag tar unna mye av det ekstra tilførte karbonet fra fossilt brensel, noe en har sluttet seg til fra det forhold at atmosfærisk CO₂ ikke øker med mer enn halvparten av det ekstra tilførte karbonet fra fossilt brensel, så vil en reversering måtte innebære at en reduserer mengden i atmosfæren (BROECKER et al. 1979; SOLOMON et al. 1985).

Den økte oppvarmingen kan føre til endringer i hyppigheten og styrken av El Niño i Stillehavet. En har beregnet at disse prosessene gir store endringer i CO₂-omsetningen i størrelsesorden rundt 1 mld tonn C da et utbrudd blokkerer for upwellingen av dypvann over store deler av Stillehavet (SIEGENTHALER 1990; THOMPSON et al. 1986).

SKJOLDAL and REY (1989) hevder at en i varme år i Barentshavet vil få en bedre utnytting av primærproduksjonen. Årsaken til det er at primærproduksjonen i mindre grad vil være knyttet til områder med smeltet is og mer til områder som må vente på oppvarming fra solen for å få nødvendig stabilitet. Denne produksjonen kommer senere igang og i et roligere tempo. Dyreplanktonet vil starte sin produksjon tidligere enn i kalde år og straks være klare til å utnytte planteplanktonet etterhvert som dette produseres. Etterhvert som denne situasjonen får gyldighet for større deler av Barentshavet, vil det kunne gi grunnlag for større produksjon.

I Nordsjøen hevdes det å være en negativ sammenheng mellom temperatur og dyreplankton (BOGDANOV and FEDOROV 1966; COLEBROOK 1985; HEMPEL 1978). Nå er disse observasjonene gjort i en periode med sterkt fallende produksjon knyttet til endrete sirkulasjonsmønstre der særlig langvarig nordavind kan ha gitt forsinket våroppblomstring og kortere vekstsesong for dyreplankton. Generelt sett er målingene gjort i en periode med lavere temperatur enn i den varme perioden fra 1920-1960. De høyeste verdiene for både plante- og dyreplankton hadde en fra de startet i 1947 og mot slutten av varmeperioden med stadig fall i 50-årene og med det første oppsvinget ved inngangen til 80-årene, en periode med tiltagende temperatur. Det kan derfor være grunn til å forvente oppsving igjen i dyreplanktonproduksjonen når en får sirkulasjonsmønstre mer like dem en hadde under forrige varmeperiode (COLEBROOK in press).

Det har vært lansert en modell som gir betydelige endringer i sirkulasjonsmønsteret i Norskehavet som et resultat av økte tilførsler av ferskvann. Ferskvannet kommer fra økt nedbør og økt issmelting som er mulige drivhuseffekter (BROECKER and DENTON 1990; STEIN 1990). Disse tilførslene vil kunne redusere saltholdigheten i overflaten over store havområder og vil kunne blokkere for dypvannsdannelsen. Den økte stabiliteten vil også hindre tilførsler av nye næringsalter og primærproduksjonen står i fare for å falle dramatisk (STEIN 1990).

5.2. REKRUTTERING HOS FISK I ET VARMERE HAV

Mange fiskebestander i våre farvann foretar lange vandringer i forbindelse med gytingen. Disse meget krevende vandringene som kan pågå i uker og måneder over distanser på flere tusen kilometer, forteller hvor høy prioritet

bestandene har gitt rekrutteringsspørsmålet. Det som karakteriserer rammebetingelsene for en enkelt art er valg av *vannmasseegenskaper* på gytefeltet, valg av *tidspunktet* for gytingen og dernest valg av *gytefelt*. Denne rekkefølgen reflekterer samtidig en prioritering. Den viktigste egenskapen ved vannet er trolig temperaturen. Dette er for noen arter et tilsynelatende paradoks for de gyter på stort dyp i atlantisk vann som har helt andre temperaturforhold enn det kystvannet eggene møter når de stiger til overflaten. Et godt eksempel på dette er skreien (norsk-arktisk torsk).

Ser en mer i deltalj på skrei, sild og lodde, så er skreien mest nøye med valg av gytetidspunkt med gytemaksimum rundt 1.april. Dette har endret seg lite over en lang årrekke (PEDERSEN 1984). Hovedgytingen hos sild har i perioder vært før årsskiftet (BOECK 1871) med gradvise forflytninger til ut i april, ofte koblet opp mot endringer i gytefelt (BOECK 1871; DEVOLD 1959; DRAGESUND 1970; WYATT 1983). Innsiget av lodde har også vekslet sterkt fra tidlig i februar til langt ut i mai (ANON. 1890; TJELMELAND 1987).

For de tre artene der gytefeltene er godt undersøkt, skrei, norsk vårgytende sild og lodde, er det for alle artene store endringer over tid i valg av gytefelt. Skreien kommer inn med ulik tyngde til Lofoten og feltene nord for Lofoten og andelen av torsk som går sørover like til Møre, veksler i perioder (SUNDBY og BRATLAND 1987; SÆTERSDAL and HYLEN 1964; WYATT 1983). Silden har nå gytefelt fra ved Egersund til Vikna og har tidligere også gytt i Lofoten, men tyngdepunktet har ofte vært på Møre eller i Rogaland (DRAGESUND 1970). Lodden har også gytt like ned til Lofoten, men mer normalt er det at tyngdepunktet veksler mellom et østlig innsig (Varangerfjorden og østover) eller et vestlig innsig (vest av Nordkapp) (SÆTRE and GJØSÆTER 1975).

Den store grad av fleksibilitet er trolig et svar på de stadig skiftende forholdene disse bestandene har opplevd gjennom millioner av år. De har ikke hatt råd til å knytte seg til et spesielt gytefelt eller til et spesielt gytetidspunkt. Det de synes i minst grad å gå på akkord med er kravet til det vannet de skal gyte i, et krav som trolig særlig går på temperaturforholdene. I dette ligger en sterk føring både med hensyn på stedsvalg og årtidsvalg for gytingen.

Hva er det så som i neste omgang bestemmer skjebnen til larvene når disse må klare seg på egen hånd som jegere, bare 4-10 mm lange? Parallelt med fiskens gyting har andre biologiske prosesser kommet igang. Planteplanktonet får sine signaler fra lyset og oppblomstringen kan skyte fart såsnart det øvre vannlaget blir stabilisert. Tidlig stabilisering vil gi tidlig og brå oppblomstring; sen stabilisering, noe som gjerne er knyttet til mye og sterk vind, vil gi sen og roligere oppblomstring. Gytetidspunktet for dyreplanktonet er i stor grad styrt av temperaturen og i kalde år vil den forsinkes, i varme år framskyndes (ELLERTSEN et al. 1989). Vi ser at disse tre leddene i noen grad har sine egne rytmer og uavhengige signaler. Dette skjønte Johan Hjort (1914) og lanserte det som en sulthypotese. Det har gjort ham til én av de mest siterte forskere innen internasjonal fiskeriforskning. Hypotesen har fått navnet "match-mismatch" og er illustrert på FIG.20 (CUSHING 1982). Godt sammenfall mellom tidspunktet for larvenes første matopptak og den maksimale produksjonen av denne maten, skulle gi grunnlag for sterke årsklasser. Denne hypotesen har blitt studert i Lofoten hos skreilarver i mange år, og en erkjenner at det er mange faktorer som

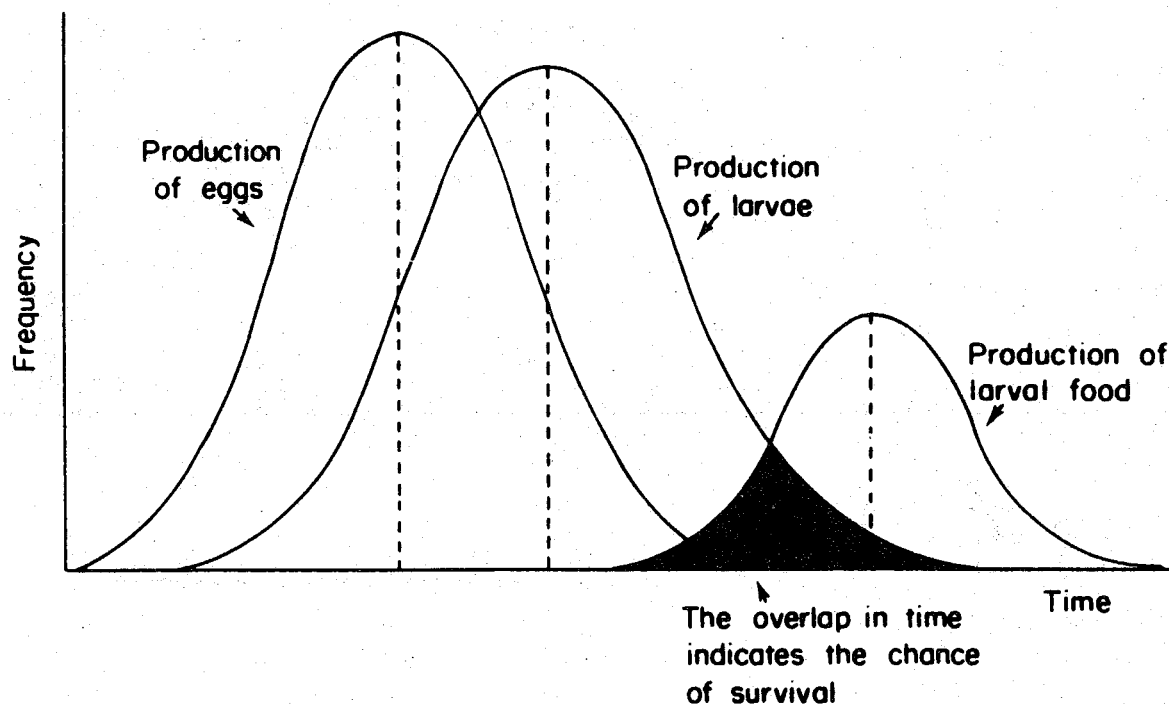


FIG.20. En prinsippskisse for "match-mismatch"-hypotesen. Produksjonen av fiskeegg er fulgt av en produksjon av larver etter klekking. Disse larvene vil være avhengige av produksjonen av mat i form av byttedyr. Overlappet i tid mellom disse to siste kurvene blir avgjørende for hvor vellykket en årsklasse vil bli (CUSHING 1982).

gjør forholdet mer fasettert enn denne relativt enkle hypotesen (BAILEY and HOUDE 1989; ELLERTSEN et al. 1989; SOLEMDAL 1989; SUNDBY et al. 1989; SUNDBY and FOSSUM 1990; THOMPSON and HILDEN 1987).

De mønstre som avtegner seg på dette området i et varmere hav vil i stor grad avgjøre bestandsutviklingen hos marine fisk. All erfaring tilsier at fiskebestandene gradvis vil endre sine vandringsmønstre i sin jakt på den rette vanntypen. De enkelte fiskeartene med sine særtrekk vil ikke forandre seg nevneverdig selv om det må forventes en viss genetisk drift. Med et varmere hav vil dyreplanktonet dukke opp tidligere mens våroppblomstringen som er styrt av lyset, ikke kan foreta en tilsvarende forflytning. Dette vil kunne gi bedre overlapp og bedre utnytting av planteplanktonet noe som fiskelarver i neste omgang vil kunne trekke fordel av. Gytefeltene vil fortsatt være knyttet til overgangen mellom atlantisk vann og kystvann, noe som kan føre til at gytefeltene holdes omtrent der de er. Kystvannet vil relativt sett kunne varmes mer opp enn det atlantiske, slik at dyreplanktonet i kystvannet vil starte sin produksjon tidligere. Med et slikt utfall, vil larvene kunne finne bedret tilgang på mat og oppnå høyere overleving. Men også naturlige fiender til fiskelarvene kan trekke de samme fordelene (SHEPHERD et al. 1984; WARE in press). Kunnskapen om disse organismene og deres innvirkning på larvenes overleving er foreløpig meget mangelfull.

5.3. VEKST HOS FISK I ET VARMERE HAV

De viktige kommersielle fiskeartene i Barentshavet, som torsk, hyse, sei, sild og lodde, vil alle kunne vokse raskere ved temperaturer som er høyere enn under rådende forhold. Dette er vist for torsk og lodde i Barentshavet (GJØSÆTER and LOENG 1987; NAKKEN and RAKNES 1987; FIG.21, FIG.22 og FIG.23). Tilsvarende observasjoner er gjort i mange andre områder der disse artene lever i grenseområdet for sin utbredelse (BUCH and HANSEN 1988).

Dersom temperaturen alene avgjorde vekstraten, ville effekten være omlag 10% raskere tilvekst for hver grad (BOGSTAD and MEHL 1990). Det viser seg imidlertid at *tilgangen* på mat og *typen* mat svært ofte overskygger temperatureffekten (MALMBERG 1988; WAIWOOD 1988).

For torsk er det gunstig å beite på fet fisk, og svikt i tilgangen på sild og lodde kan gi betydelige utslag i tilveksten. Når en svikt i tilgangen på lodde kommer samtidig med en generell svikt i tilgangen på mat, vil effekten bli meget merkbar, ja, anta dramatiske former slik som påvist hos torsk i Barentshavet i 1987 og 1988. Mens en 6 år gammel torsk veide 3 kg i 1984, hadde en torsk av samme alder bare nådd en vekt på vel 1,5 kg i 1988 (50% nedgang); for 5-åringene var utslaget enda større (60% nedgang i forhold til 1984). Temperaturen var generelt lav i perioden etter 1984, noe som i en matmangelsituasjon vil forsterke problemet (MEHL and SUNNANÅ 1990; PEDERSEN et al.1989; PEDERSEN and JOBLING 1989; FIG.A57).

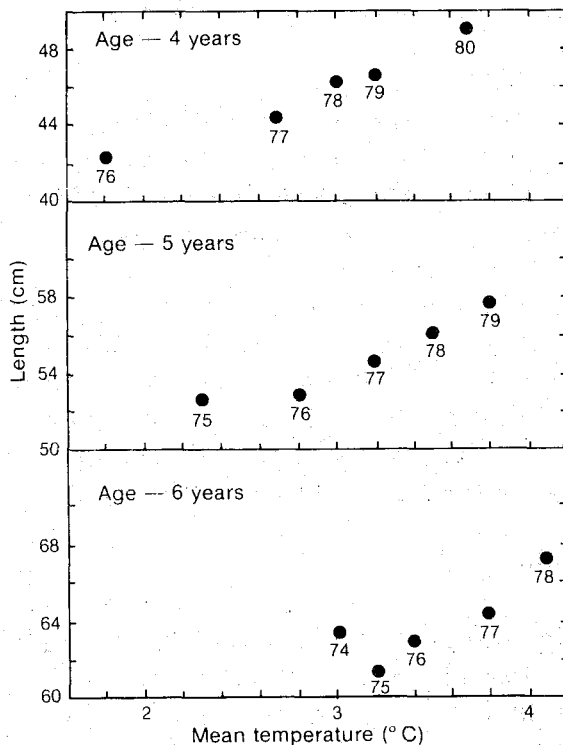


FIG.21. Middellengden av aldersgrupper av norsk-arktisk torsk som har vokst opp ved ulike temperaturforhold. En legger merke til at torsk som har hatt den høyeste temperaturen i sine omgivelser (middel for tre foregående år), har hatt en raskere tilvekst (NAKKEN AND RAKNES 1987).

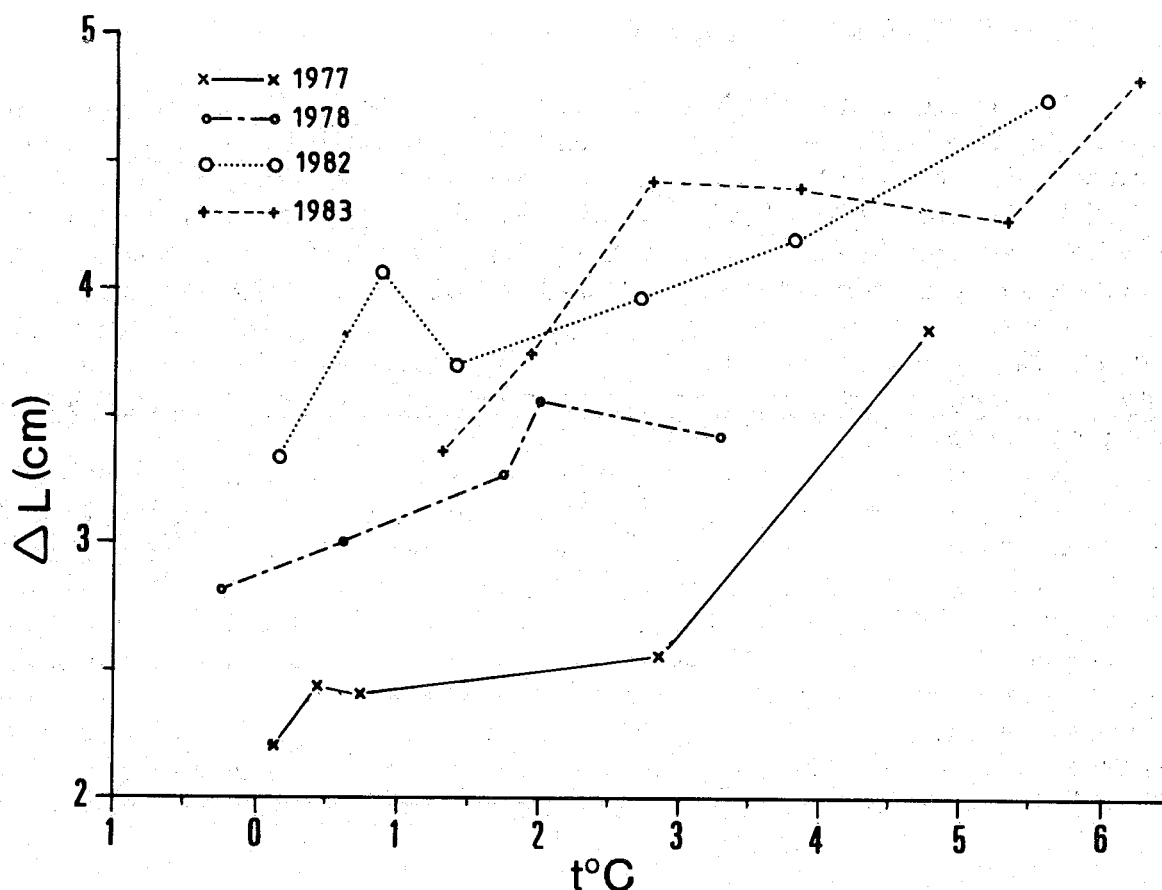


FIG.22. Lengdeøkning hos to år gammel lodde fra områder i Barentshavet med forskjellige temperaturforhold. En legger merke til at vekstraten øker med temperaturen (GJØSÆTER AND LOENG 1987).

Torsk har sin høyeste vekstrate ved rundt 13°C og sin beste forutnyttning ved 12°C (JOBILING 1988). Likevel lever de største torskebestandene i områder med vesentlig lavere temperaturer. Denne type paradokser er det mange av, og i vekstforsøk med loddelarver hadde disse best tilvekst rundt 15°C (MOKSNESS and ØIESTAD 1987). Dette forteller at temperaturen er bare én av mange faktorer som bestemmer en fisks utbredelse. Når vi forventer forflytninger av fiskebestander i et varmere hav er det således ikke nødvendigvis som et direkte resultat av temperaturen. Denne vil etter endringen fortsatt i de fleste tilfeller være godt innenfor toleransegrensen. Den kan enda til bli mer optimal for vekst. Men i et samspill med andre arter der reproduksjon er et nøkkelord og i kampen om tilgangen på mat, vil fiskebestandene måtte oppvise høy grad av plastisitet, og en bestands reaksjon vil ofte stå i motsats til temperaturoptimalisering.

5.4. ARTSDOMINANS KOBLET MOT MILJØEFFEKTER

Det synes å være en sammenheng mellom temperaturnivået og styrkeforholdet mellom bunnfisk og pelagisk fisk (JONES and MARTIN 1981; FIG.A58). I et varmere hav vil lengden av pelagisk fisk øke på bekostning av bunnfisk. Særlig for Nordsjøen vil en måtte regne med relativ nedgang i

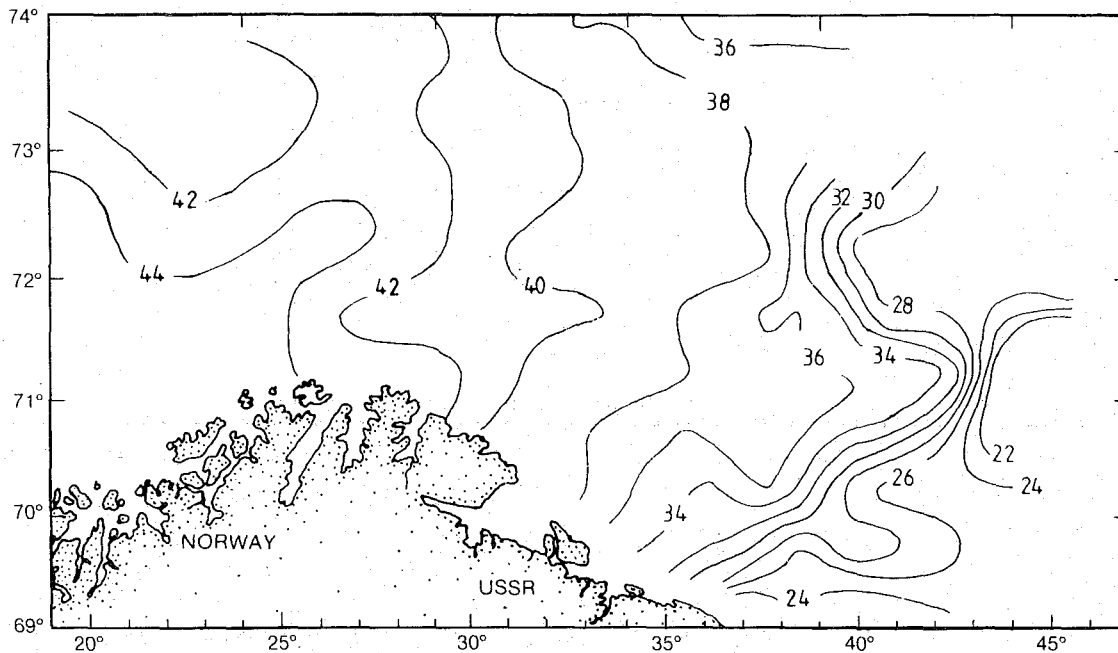


FIG.23. Tre år gammel torsk i det sørlige Barentshavet har vist seg å ha langt bedre tilvekst i den varme vestlige delen (opptil 44 cm lengde) enn i den kalde østlige delen (ned til 22 cm ved samme alder); data fra februar 1984 (LOENG 1990).

bunnfisk og økning i mengden av pelagisk fisk etterhvert som temperaturen stiger. Verdien av pelagisk fisk er gjennomgående lavere enn for bunnfisk og således vil verdien av fisket i Nordsjøen kunne svekkes. I Norskehavet og Barentshavet vil effekten bli langt mindre og overskygges av effekten av de store områdene som åpnes for kolonisering av bunnfisk.

En fiskeart i den nordlige del av sitt utbredelsesområde vil reagere positivt på en temperaturøkning, dersom denne arten er *dominerende* i forholdet til sin nærmeste konkurrent i økosystemet. En slik mekanisme er påvist for sild og makrell i Nordvest-atlanteren fra 1820 til 1971 (SKUD 1982). Makrellen hadde dominans fram til 1880 og etter 1960 mens silden dominerte i tiden imellom. I en periode rundt 1970 var begge relativt svake og sil hadde et meget kraftig oppsving, noe som kan tyde på at disse tre pelagiske artene samspiller, men at sil normalt er sterkest undertrykt (SHERMAN et al. 1981). Den *underordnede* arten vil i en periode med gunstige temperaturforhold for den dominerende arten, svekkes ytterligere. Årsakene til at dominansen brått kan skifte som mellom sild og makrell etter 80 år, er ikke klarlagt, men er trolig knyttet til en markert endring i sirkulasjonsforholdene (TONN 1990). Slike endringer kan være så sammensatte at det kan være vanskelig å identifisere dem som en markert endring (SHUTER and POST 1990; SKUD 1982).

Det er ikke avdekket tilsvarende klare mekanismer i norske farvann mellom artspar, men trolig kan det tenkes å være en lignende mekanisme mellom sild og makrell i Nordsjøen med brisling og sil som opportuniste i periferien klare til å ta over når de får en sjanse. Etterhvert som temperaturen øker, kan en forvente nye forskyvninger i styrkeforholdet mellom disse artene.

Eksempel på en lignende omlegging hadde en i Den engelske kanalen fra 1930-1965 da det skjedde en drastisk reduksjon av de fleste fiskebestander og et

brått oppsving i sardin parallelt med en markert endring av dyreplanktonsamfunnet (WYATT 1983; FIG.A59). Like brått vendte en tilbake til situasjonen fra før 1930, men makrell hadde nå erstattet silden i systemet. Dette skjedde samtidig med at det atmosfæriske sirkulasjonssystemet fikk sin tidligere karakter ("Russell cycle"). Reaksjonstiden for enkeltarter tilbake til tidligere nivå var omlag 10 år, mens silden ennå ikke har kommet tilbake til området (BINET 1988; SOUTHWARD 1984; SOUTHWARD and BOALCH 1988).

5.5. ENDRINGER I NORDSJØEN

En økning av temperaturen med 1°C i hele vannmassen vil føre til at så godt som hele Norsjøen vil ha en *overflatetemperatur* på over 15°C på sensommeren, mens en om vinteren vil ha 6°C eller varmere overalt bortsett fra helt i øst mot Jylland (DE WOLF and ZIJLSTRA 1988; FIG.24). Endringer av *bunntemperaturen* om sommeren vil særlig være merkbare i norsk sone der områder med 7°C eller lavere vil bli sterkt redusert. Om vinteren vil bunnvannet i hele Norsjøen bli 6°C eller varmere bortsett fra ved danskekysten der det vil være 2-3°C (FIG.25).

En økning på 2°C vil forsterke de nevnte trender og så godt som helt fjerne områder med under 15°C i overflaten om sommeren der unntaket vil være kystnære farvann ved Skottland. Bunntemperaturene om sommeren vil være over 12°C langs hele kysten av Storbritannia og områder med under 7°C i nordøstlige Norsjøen i norsk sone, vil reduseres vesentlig og i stor grad vil bare Norskerenna beholde kjølig vann. Tilsvarende vil en om vinteren ha 7-8° i hele Norsjøen bortsett fra et kaldere område ved Jylland-kysten.

FISKEBESTANDENE I NORDSJØEN

En rekke viktige kommersielle fiskebestander har grensen for sin sydlige hovedutbredelse i Norsjøen. Dette gjelder for de fleste torskefiskene og for sild. En temperaturøkning vil kunne føre til at de om sommeren vil måtte beite over stadig mindre områder og disse vil i hovedsak ligge i norsk sone. Senvinters vil de kunne spre seg ut over vesentlig større deler av Norsjøen.

Torskefiskene i Norsjøen hadde et brått oppsving fra midt i 1960-årene. Dette har av mange vært tolket som en kombinert effekt av endrete sirkulasjonsmønstre som gav noe nedkjøling og redusert beiting på egg, larver og yngel fra pelagisk fisk som på denne tiden ble sterkt nedfisket (CUSHING 1982). Torskefiskene har i 80-årene opplevd en gradvis svekkelse i området, delvis fordi en har fått en reversering av de forholdene som trolig skapte oppsvinget, og fordi fiskepresset er meget sterkt (DAAN 1989). Det kan tenkes at fiskemønsteret i Norsjøen vil legges om i 90-årene mot en mer ressursbevarende forvaltning, men likevel vil en ikke kunne hindre at torskefiskene gradvis svekkes mens pelagisk fisk styrker sin posisjon (HEALEY 1990). I 90-årene vil effekten av temperaturstigningen fortsatt være så moderat at trenden ikke klart kan avleses.

Det som vil være mest avgjørende for den videre utvikling er hvorledes det vil gå med artenes *rekruttering*.

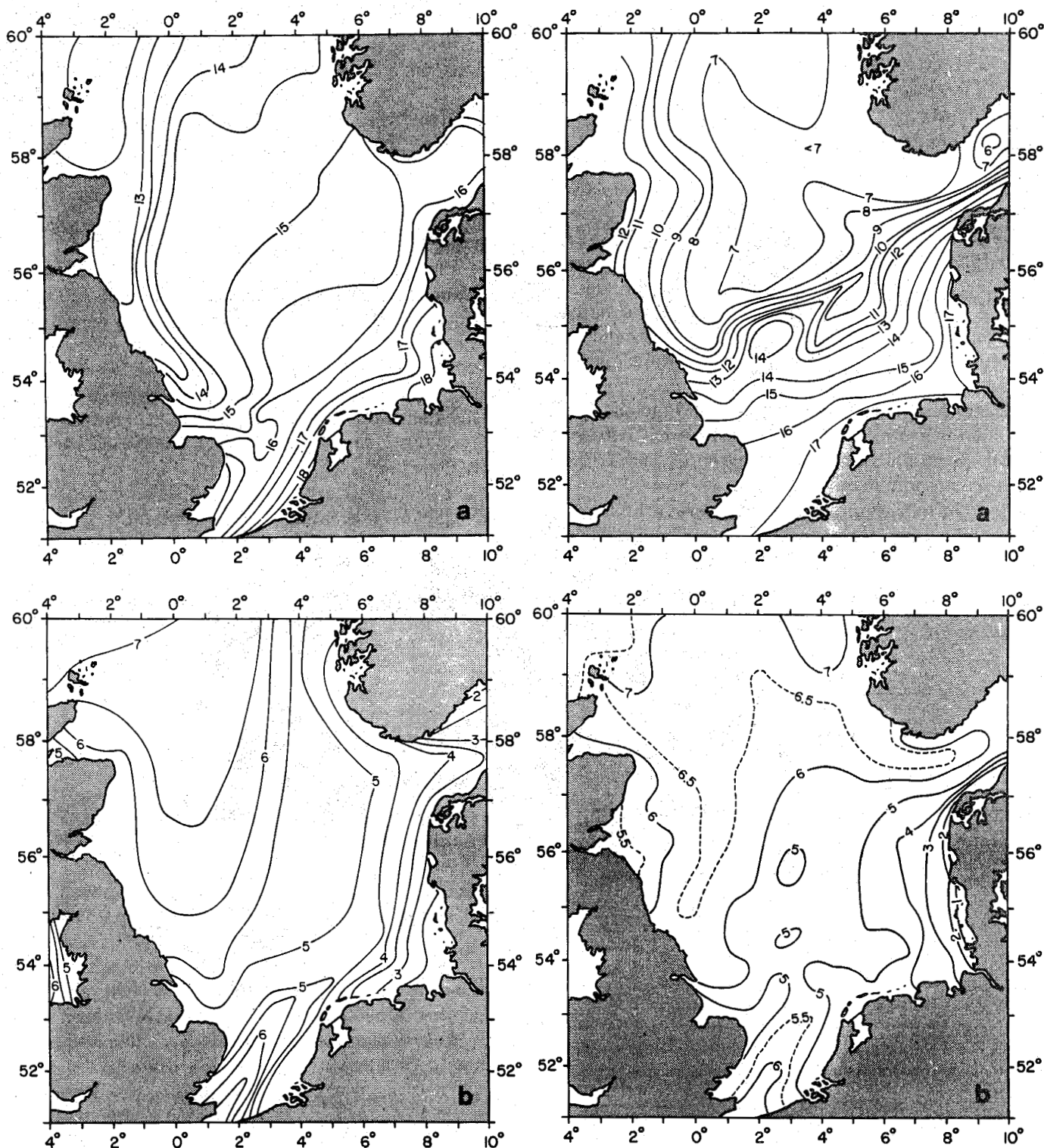


FIG.24. Overflatetemperaturen i Nordsjøen om sommeren (a) og om vinteren (b) (DE WOLF AND ZIJLSTRA 1988).

FIG.25. Bunntemperaturen i Nordsjøen om sommeren (a) og om vinteren (b) (DE WOLF AND ZIJLSTRA 1988).

Torsken i Nordsjøen har en gytebestand på mer enn 250 000 tonn (ANON. 1990a). En temperaturstigning vil føre til at bestanden gradvis vil trekke nordover og bruke norsk sone som rettetområde. Dette vil være særlig markert om sommeren. Om vinteren vil den kunne fordeles over hele bassenget og vil ha bedre beiteforhold i sør og øst der temperaturen nå er relativt lav. Hovedgytingen vil fortsatt skje i Nordsjøen, og trolig konsentreres i de mer sentrale områdene som idag har de laveste temperaturene. Disse områdene kan få økt betydning også som beiteområder om våren og forsommeren.

Det har vært indikasjoner på en kobling mellom høyere overleving og temperatur i Nordsjøen (DICKSON and LEE 1972; TEMPLEMAN 1972), men det er ingen konsensus på dette punktet (DAAN 1989). Fiske i kanalen har også vist seg i en periode å være bedre i kalde enn i varme år (DICKSON and LAMB 1972; FIG.A60).

Det er særlig interaksjoner med andre arter som vil kunne føre til svekking av rekrutteringen hos torsk og da særlig om gytingen skjer på et mer avgrenset område som samtidig er beiteområde for sild eller annen pelagisk fisk (CUSHING 1984). Det er derfor sannsynlig at torsken vil fortsette å svekkes i Nordsjøen. Norsk fiske på denne arten som kun var 4 000 tonn i 1988, vil imidlertid kunne øke vesentlig fordi fisken i økende grad vil være i våre farvann, særlig om sommeren og høsten.

Hysen synes å være mindre temperaturløstolerant enn torsk og vil i økende grad trekke inn i norsk sone om sommeren. Om vinteren og våren vil den imidlertid kunne trekke sør og østover i Nordsjøen der det idag er relativt kaldt for den. En vil således kunne få økt vandring også for denne arten. Gytingen er konsentrert i nord og yngelen er fordelt over store deler av den nordvestlige Nordsjøen. En del driver også ut av bassenget mot norskekysten. Dette synes særlig å være tilfelle med vind fra sydvest (CARRUTHERS et al. 1951). Temperaturen kan tenkes å bli kritisk høy på de tradisjonelle gytefeltene, og en kan forvente en gradvis flytting av disse enten mot sør inn i Nordsjøen, mot Norskerenna, men mest sannsynlig nordover langs kontinentalskråningen. I så fall vil en få reduserte tilførsler av yngel til Nordsjøbassenget. Det er derfor trolig at bestanden gradvis vil svekkes i Nordsjøen selvom beiteforholdene om vinteren og våren bedres (TEMPLEMAN 1972). Norsk fiske, som i 1988 var på 2000 tonn, vil likevel kunne økes på denne arten på grunn av en mer nordøstlig fordeling i deler av året.

Hvitting er av ingen betydning i norsk fiske. Den er en sydlig art med en trangere temperaturpreferanse enn torsk og vil kunne styrke sin posisjon i Nordsjøen etterhvert som denne blir varmere (DAAN 1989). Den vil følge torskens mønster med gyting lengre sør og søke mot samme vinterbeiteområde. Hvitting er en meget viktig predator på larver og yngel av andre fiskearter, og en økning av bestanden vil derfor kunne få følger for rekrutteringen til annen fisk i området. På den annen side kan hvittingen møte et tilsvarende problem fra pelagisk fisk som vil beite på egg og larver av hvitting. Denne beitingen kan bli så alvorlig at arten i det lange løp likevel svekkes. Imidlertid vil arten etterhvert bli vanligere i atlantisk vann nord for Nordsjøen selvom den skulle svekkes i Nordsjøen.

Sei er i motsetning til hyse og torsk en stimfisk. Den holder seg i de nordlige og sentrale deler av Nordsjøen og vil også gradvis måtte trekke nordover og inn mot norskekysten, særlig om sommeren og høsten. Gytefeltene i nord vil gradvis følge trenden til hysen og trekke nordøstover langs kontinentalskråningen der det allerede er viktige gytefelt for sei. I så fall vil viktige oppvekstområder i Nordsjøen få svekket tilgang på yngel mens norskekysten nord for Møre vil få økt tilgang.

Flatfiskarter er en annen viktig fiskegruppe i Nordsjøen der særlig tre arter har økonomisk interesse: rødspette, piggvar og tunge. Alle tre artene vil nyte godt av bedre vintertemperaturer og piggvar og tunge som befinner seg i artenes nordlig temperaturgrenseområde, vil nyte særlig godt av temperaturoppgangen.

Tunge med en bestand i Nordsjøen på 50 000 tonn og *rødspette* med en bestand på 500 000 tonn, benytter estuarine områder langs kysten fra Belgia til Danmark som yngeloppvekstområder (BERGHAHN 1983). Rødspetten gyter i hovedsak i sørvestlige Nordsjøen, et område som vil få økte temperaturer. Dette kan føre til at rødspetten trekker lengre nord for å gyte. Den risikerer da å miste kontakten med den vannmassen som bringer larvene inn i de estuarine kystområdene. I så fall vil arten kunne svekkes. Imidlertid må en forvente at denne forflytningen først vil inntreffe når temperaturene blir merkbart høyere. En større trussel vil det være at tallrikheten av pelagisk fisk vil øke og at disse vil øve et sterkt beitepress på larvene om våren før de når oppvekstområdene. Dette vil kunne gi varig svekket rekruttering hos rødspette.

De bedre vintertemperaturene gjør at også de sentrale deler av Nordsjøen vil gi vintervekst til begge artene. Massedød på grunn av ekstremt lave bunntemperaturer som særlig rammer tunge, vil trolig opphøre å være et problem for denne og andre arter (ZIJLSTRA and DE WOLF 1988; FIG.A61). Derimot vil strandrekefisket fortsette å svekke tungebestanden med mindre dette fisket reguleres ytterligere (SAFRAN 1987). Utsetting av tungeyngel på engelsk side i Irskesjøen er under oppstarting for å avdekke effekten av kunstig rekruttering til denne arten.

Yngeloppvekstområdene i de estuarine områdene langs sør-østkysten av Nordsjøen er truet av flere typer aktivitet. En må regne med svekket rekruttering av begge artene om brakkvannsområdene fylles opp for å gi nytt land og om en fortsetter å tilføre elvene økende mengder organisk materiale (kloakk).

Piggvarbestanden er på omlag 20 000 tonn i Nordsjøen. Larvene er spesielle ved at de holder seg meget nær overflaten og yngelen bunnsår seg på meget grunt vann på sand- og grusbund. Piggvaren utnytter således den vannmassen som er varmest om sommeren og vokser relativt raskt (RILEY et al. 1981). Den eldre fisken vil vokse raskere når bunnvannet i Nordsjøen får høyere temperatur, og bestanden vil også kunne styrkes i norske farvann. Bestanden vil imidlertid totalt sett ikke bli særlig mye større, trolig fordi yngelmengden er kontrollert av predasjon, særlig fra fugl.

Silden er delt i tre bestander i Nordsjøen med en gytebestand på 1,2 mill tonn (1990). Bestandene gyter fra sensommeren og fram mot årsskiftet, langs østkysten av Storbritannia. En økning i temperaturen vil gradvis føre til at en del

gytefelt blir overstrømmet av for varmt vann under inkuberingen, der 12°C er sett på som kritisk verdi (POSTUMA 1971; FIG.A62). En må derfor forvente at gytefeltene gradvis trekkes mot nord og at gytingen starter senere. Denne utviklingen vil ta tid og én eller flere av bestandene vil svekkes varig eller for en periode før nye mønstre er etablert.

Tar en hensyn til interaksjoner med andre arter, må en forvente at Nordsjøsilten gradvis presses ut av Nordsjøen. En har en parallell til dette i Den engelske kanal og ved den franske atlantehavskysten der silden i perioder med varmere vann, har måttet vike plassen for makrell og sardin (SOUTHWARD et al. 1988; FIG.A59). Sist dette skjedde var fra 1930-1965. Silden i Nordsjøen vil dermed bidra lite til framtidig fiskebiomasse i dette randhavet, en situasjon en også hadde rundt 1970, men da av andre grunner enn temperaturøkning (BAILEY in press). Den høstgytende silden vil kunne etablere seg i kjøligere vann nord for Nordsjøen og da delvis i norske farvann. Forholdene der vil også gradvis endres slik at en kan få bedre betingelser for høstgytende sild. I dagens situasjon forekommer det betydelig innvandring av yngel av Nordsjøsilte til norskekysten, og en kan tenke seg at silden vil begynne å gyte i norske farvann i stedet for å vende tilbake slik den trolig gjør idag (BJØRKE og SÆTRE 1990). En nordlig etablering vil trolig gi en langt mindre bestand på grunn av begrensede oppvekstområder (SINCLAIR and ILES 1988).

Det mest sannsynlige utfallet av oppvarmingen vil for Nordsjøsilten være at den gradvis forsvinner. Det er særlig presset fra annen pelagisk fisk i kombinasjon med endrete sirkulasjonsmønstre som svekker den. Den vil som genetisk egenart kunne overleve nord for Nordsjøen delvis blandet opp med annen sild som holder til i disse områdene idag. I perioder med kaldere klima (nåforhold), vil den kunne ta seg opp igjen i Nordsjøen.

Brisling er en nær slektning av sild, men har pelagiske egg. Den finnes noe overraskende ikke i Nordvest-Atlanten, men går inn i Østersjøen. Den gyter på forsommeren og i perioden med lite Nordsjøsilte, var brislingbestanden stor med en biomasse på omlag 1 mill tonn.

Arten er en opportunist og vil raskt kunne utnytte endringer i økosystemet (ANON. 1988). På den annen side kan den svekkes raskt uavhengig av fiskepresset. De omlegginger en forventer der både sirkulasjonsmønstre og sjøtemperaturen vil være under stadig justering, vil medføre at brislingbestanden pulser i takt med justeringene og en vil oppleve perioder med rask vekst og perioder med raske fall i bestanden. Den korte livslengden (3-4 år) forsterker fenomenet. En gradvis svekkelse av sild og annen kaldtvannsfisk vil trolig utnyttes av brislingen, og den vil kunne bli en viktig planktonbeiter både i Nordsjøen og i sørnorske fjorder, særlig om en får en moderat temperaturstigning.

Sil er en annen opportunistart i Nordsjøen med kort livslengde og med muligheter for rask bestandsoppbygging. En slik oppbygging skjedde på begge sider av Atlanterhavet i 1970-årene da silden begge steder ble svekket (SHERMAN et al. 1981). På samme måte som for brisling og lodde, vil et hardt fiske å ungfisk kunne gi svekket rekruttering fordi gytefisken normalt bare gyter én eller i høyden to ganger før den dør. Mens en rekke arter som beiter på sil,

trekker seg ut av sydlige Nordsjøen, vil silbestanden kunne bygge seg opp og i økende grad gjøre seg gjeldende i hele Nordsjøen.

Makrellbestanden i Nordsjøen er fortsatt meget svak i motsetning til den vestlige bestanden. Makrell unngår temperaturer over 15°C når den skal gyte, og gytefeltet kan tenkes å ville flytte seg gradvis nordvestover inn i britisk sone (JACOBSEN 1925). Egg og larver vil i så fall komme inn i et annet sirkulasjonsmønster som kan vise seg å være gunstigere for overleving og gi bedret rekruttering. I så fall kan en forvente at makrellen gradvis vil styrke sin stilling i Nordsjøen. Først tidlig i neste århundre vil effekten kunne gjøre seg merkbart gjeldende.

Hestemakrell er en sydlig art som vil trekke inn i Nordsjøen på beitevandring. Den vil trolig fortsette å ha sitt hovedgyteområde utenfor Nordsjøen selv om en med det høyeste scenariet kan forvente økt gyting i selve Nordsjøen. En tilsvarende utvikling vil komme om bestanden av *makrellstørje* i Middelhavet kan bygges opp igjen.

Sardin forekommer sporadisk i sydlige deler av Nordsjøen. Ved starten av neste århundre vil bestanden av sardin øke, først i Den engelske kanal, deretter langs kysten av kontinentet opp mot Kattegat. Den vil sannsynligvis bre seg til en grense fra Hirtshals mot Grimsby. Gyting vil være begrenset til det sydøstlige Nordsjøbassenget. Om vinteren vil det være lite sardin inne i bassenget idet den vil trekke ut kanalen på senhøsten.

5.6. ENDRINGER I BARENTSHAVET OG NORSKEHAVET

Fordelingen av fisk i Barentshavet er i det vesentligste styrt av temperaturforholdene (LOENG 1989; FIG.26). Torsk, hyse, sei og sild foretrekker vann med høyere temperatur enn 2°C. Bare vel 20% av arealet i Barentshavet har en bunntemperatur på 2°C eller mer på senhøsten. Det er således bare en liten del av Barentshavet som kan utnyttes av disse artene.

Etterhvert som temperaturoppgangen gjør seg gjeldende, vil arealet med gunstige temperaturforhold øke og i scenariet med 1°C økning vil vel 30% av Barentshavet ha bunntemperatur over 2°C mens det med 2°C økning vil utgjøre nesten 40% eller 540 000 km² av de ialt 1 400 000 km². I forhold til dagens arealutnytting er det snakk om en økning på henholdsvis 37% og 74%. To-tredel av økningen vil skje i norsk sone (TAB.1).

Havområdets produktivitet vil være avhengig av andre forhold enn endringer i temperaturen. Isgrensen vil stadig flytte seg lengre nord og vesentlig større deler av havet vil være isfritt hele året (VINJE 1983; FIG.27). Primærproduksjonen vil i større grad skje som et resultat av stabilisering gjennom oppvarming. Det vil gi en mer gradvis våroppblomstring, noe som vil favorisere bedre fórutnytting fra dyreplanktonet. En vil etterhvert få flyttet grensen for produksjon av to generasjoner raudåte nordover og den store krillarten *M. norvegica* vil kunne reprodusere lengre nord og i økende grad i selve Barentshavet. Samlet sett vil disse endringene kunne bedre beitegrunnlaget for fisk. Usikkerheten vil i særlig grad knytte seg til om en får en tilstrekkelig tilgang på næringssalter for å opprettholde en høy produksjon gjennom hele sommeren. Svikter denne forutsetningen, kan det svekke samlet

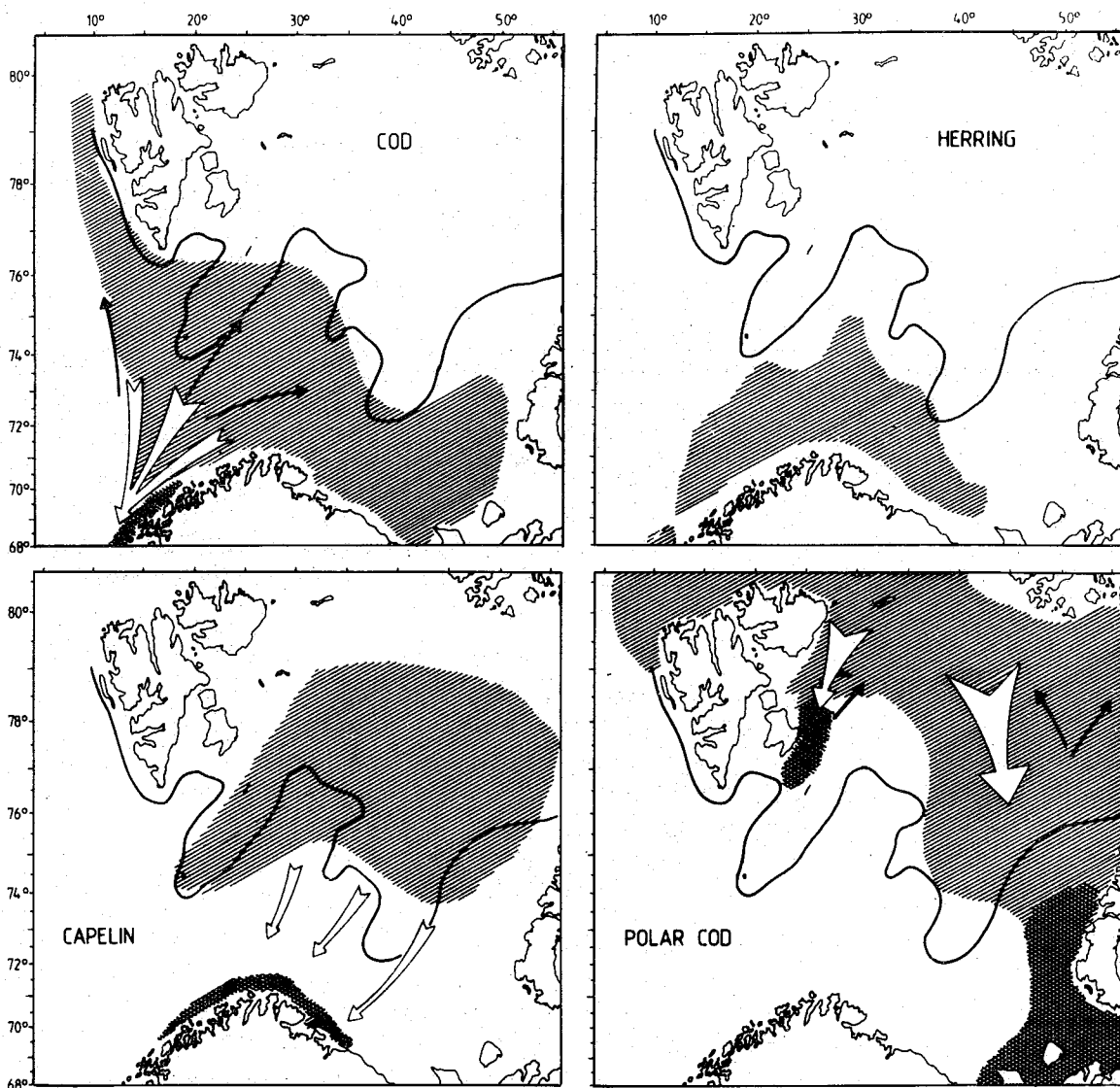


FIG.26. Beiteområdet for fire arter i Barentshavet er skravert og gyteområder dobbeltskravert. Gytevandring er angitt med hvite piler mens svarte piler angir beitevandring. Silden opptrer kun som ungsild i Barentshavet og gytevandring kan derfor ikke vises innenfor kartrammen. Polarfronten er den heltrukne kurven i Barentshavet (LOENG 1989).

produksjon, men erfaringene fra forrige varmeperiode synes å tyde på at dette ikke skjedde den gangen.

Sjøpattedyrene er en viktig del av økosystemet i nordområdene. Biomassen av hval er på minst 250 000 tonn og av sel på minst 100 000 tonn. Det er beregnet at disse bestandene utøver et beitepress på økosystemet på rundt 4 mill tonn (BAX et al. 1989; FIG.A63). Den videre utviklingen for disse bestandene kan bli av betydning for veksten i fiskebestandene.

TAB.1. Samlet areal i Barentshavet med bunntemperatur lik eller høyere enn 2°C og prosentvis økning i forhold til nåsituasjonen. Arealøkningen ved de to temperaturnivåene er fordelt på norsk og russisk sone. En vil legge merke til at 2/3 av økningen skjer i norsk sone.

SCENARIO	AREAL MED $T_{\text{BUNN}} \geq 2^{\circ}\text{C}$	PROSENT AV BARENTSHAVET
NÅSITUASJON	312 000 KM ²	22%
1°C ØKNING	427 000 KM ²	31%
2°C ØKNING	543 000 KM ²	39%
NORSK SONE		
1°C	75 000 KM ²	
2°C	150 000 KM ²	
RUSSISK SONE		
1°C	40 000 KM ²	
2°C	80 000 KM ²	

I FORHOLD TIL FØRSTE SCENARIO

Vi har tidligere fortolket oppsvinget i en rekke fiskebestander som et resultat av temperaturoppgangen i nordområdene fra 1920 til 1950. Denne oppgangen kan sammenlignes med den som forventes under det første scenariet. Med dette utgangspunktet har en vurdert det som sannsynlig at en ny temperaturoppgang på rundt 1°C vil kunne gi grunnlag for minst tilsvarende

TAB.2. Tilstanden i fem fiskebestander nord for 62°N og forventete endringer i bestandene i løpet av de kommende 40 år med en økning av havtemperaturen med 1°C (første scenario) og med 2°C (andre scenario). Økning i prosent fra første til andre scenario er angitt.

ARTER	BESTANDENE	1. SCENARIO	2. SCENARIO	
	I 1989 MILL TONN	BESTAND+ MILL TONN	BESTAND	(ENDR. I MILL TONN %)
NA TORSK	0,8	4,8	5,8	(20)
NA HYSE	0,2	0,8	0,9	(10)
NA SEI	0,5	1,0	1,1	(10)
N V SILD	2,0	8,0	9,6	(20)
LODDE	0,5	4,5	5,4	(20)
SUM	4,0	14,6 (+4,5)#	17,4 (+5,4)#	

+ Verdiene oppgitt for første scenario, tilsvarer tidligere observerte gjennomsnittsverdier for det tiåret bestanden hadde sitt maksimum; for norsk-arktisk torsk perioden 1946-1955; for hyse 1950-59; for norsk arktisk sei 1965-74; for norsk vårgytende sild 1950-59 og for lodde 1973-82.

Loddebestanden er ikke summert sammen med de andre da det er knyttet stor usikkerhet til om denne bestanden kan opprettholdes parallelt med en stor sildebestand.

økninger i en del fiskebestander som en dengang hadde. Med en ytterligere oppgang slik som forutsatt i det andre scenariet, vil bestandene kunne oppnå enda større biomasse med utgangspunkt i de økte arealene som blir tilgjengelige (TAB.1 OG TAB.2). Bestandsestimatene er ikke maksimumsverdier for enkeltår, men gjennomsnitt over en periode på 5-10 år. Maksimumsverdier vil kunne være vesentlig høyere.

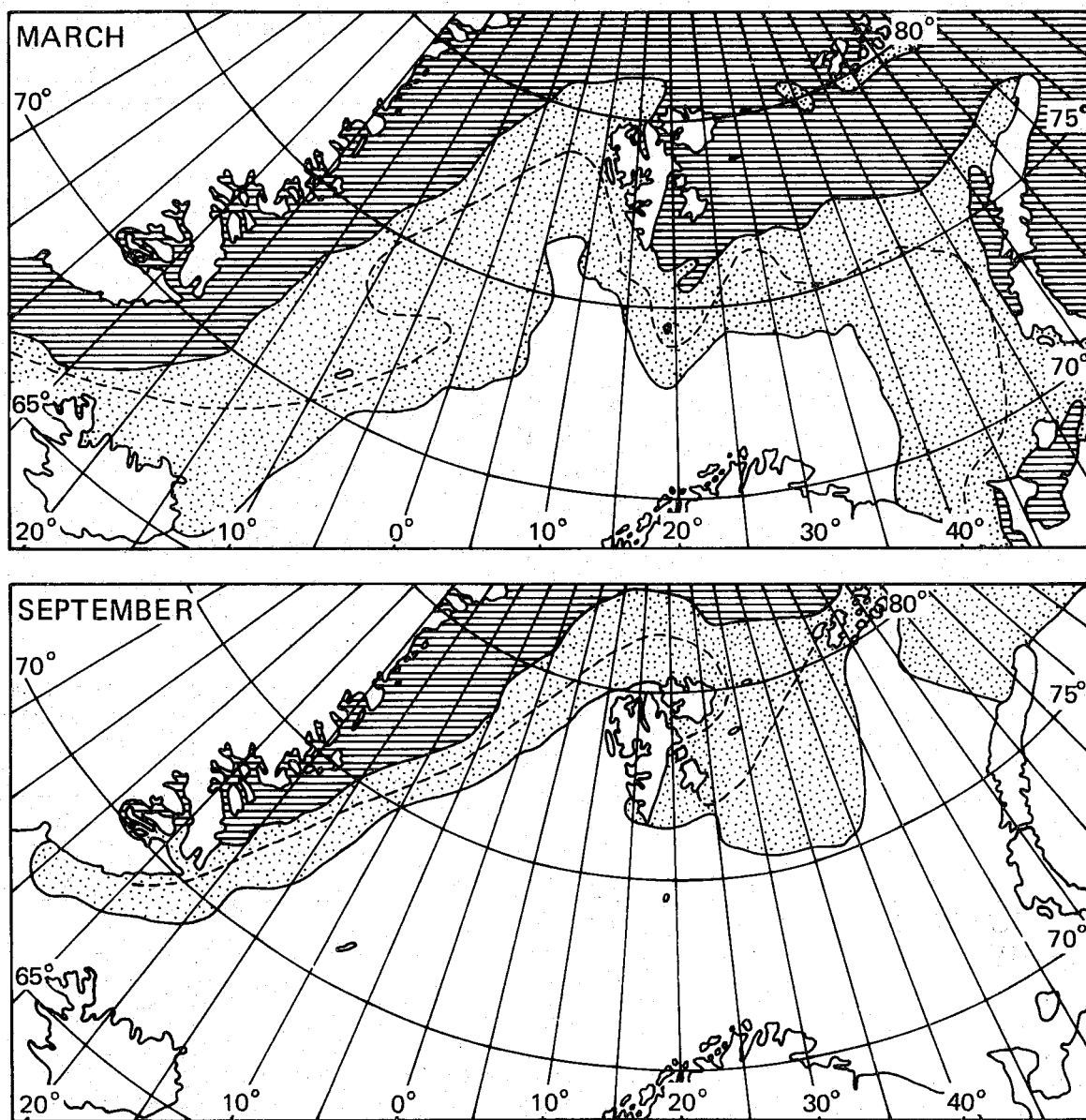


FIG.27. Drivis i nordområdene i mars (øverst) og i september (nederst). Maksimalutbredelse for perioden 1966-75 er vist med det prikkete området for hver av månedene; tilsvarende for minimumsutbredelsen som er skravert. En legger merke til at hele Barentshavet kan være helt isfritt om høsten. Midlere utbredelse er representert med den stiplede linjen (VINJE 1983).

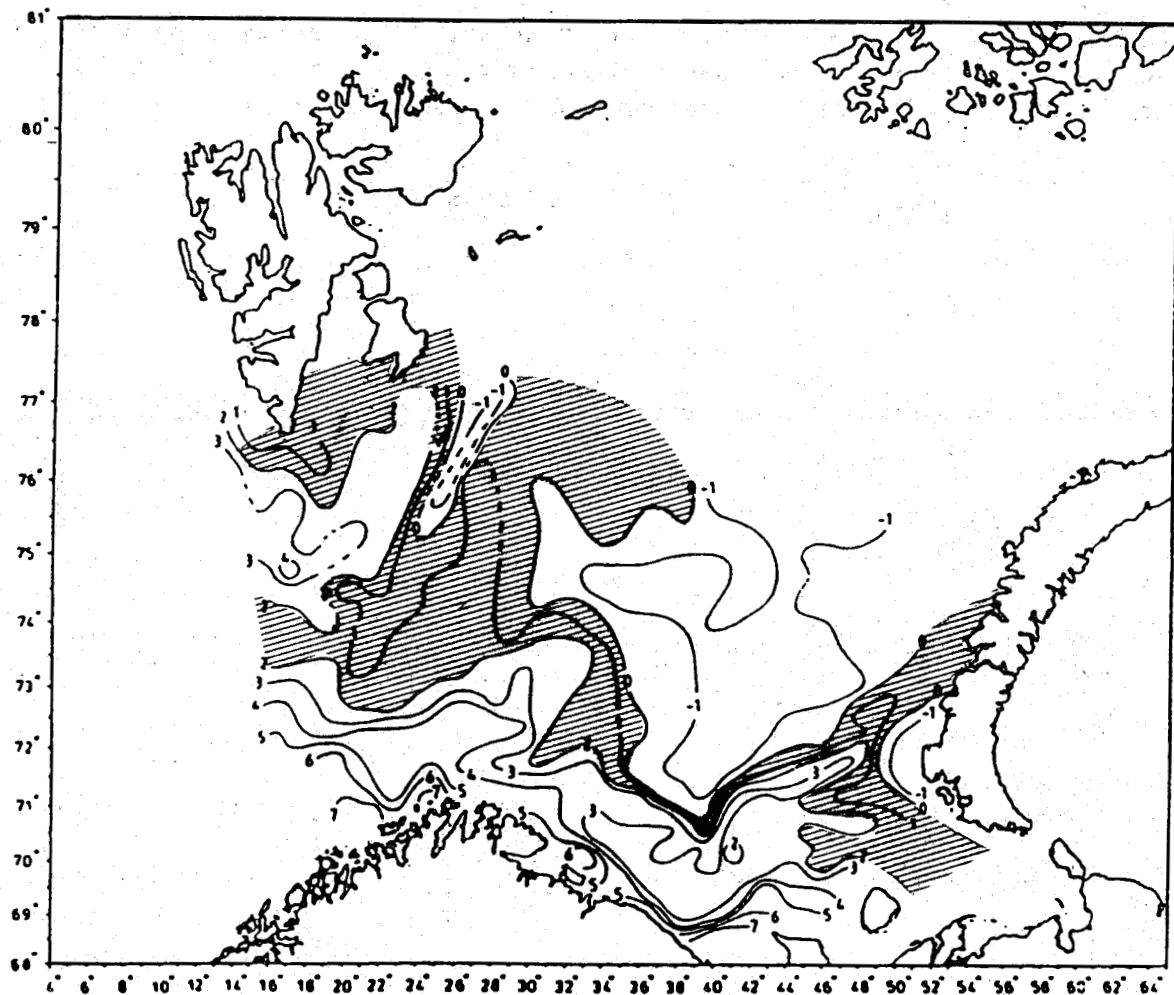


FIG.28. Barentshavet høsten 1989 med bunnisotermene inntegnet. Det skarverte området er arealet mellom 2°C og 0°C. Med en økning på 2°C i Barentshavet vil 2°C-isoterme skyves fram til det som idag er 0°C-isoterme. En legger merke til at arealøkningen er mest markert i norsk sone (modifisert etter GODØ ET AL. 1989).

TORSKEFISK

Den økte temperaturen og den økte varmemengden i innstrømmende vann fører med seg at alle fiskebestandene utvider sine områder mot nord og mot øst inn i russisk sone (FIG.28). I norsk sone er de største endringene rundt Bjørnøya og Svalbardbanken som vil være overskyttet av så varmt vann at *hyse* og *torsk* kan oppholde seg der.

Seien vil trekke lengre øst langs Finnmarkskysten og inn i russisk sone der den tidligere har spilt liten rolle i fisket.

De tre artene vil kunne opprettholde sine tradisjonelle gytefelt. Særlig *torsk* og *hyse* vil kunne få hyppigere middels sterke og sterke årsklasser (SÆTERS DAL and LOENG 1987). Det har vist seg at disse to artene vanligvis har sterke årsklasser samtidig og at disse kommer i varme år eller ved inngangen til en varm periode i Barentshavet, perioder som vanligvis har 3-4 års varighet

(FIG.29). Det er således en klar sammenheng mellom temperaturen på gytefeltene og årsklassestyrke hos torsk på den måten at høyere temperatur enn normalt, er en nødvendig forutsetning for en sterk årsklasse, men ikke en

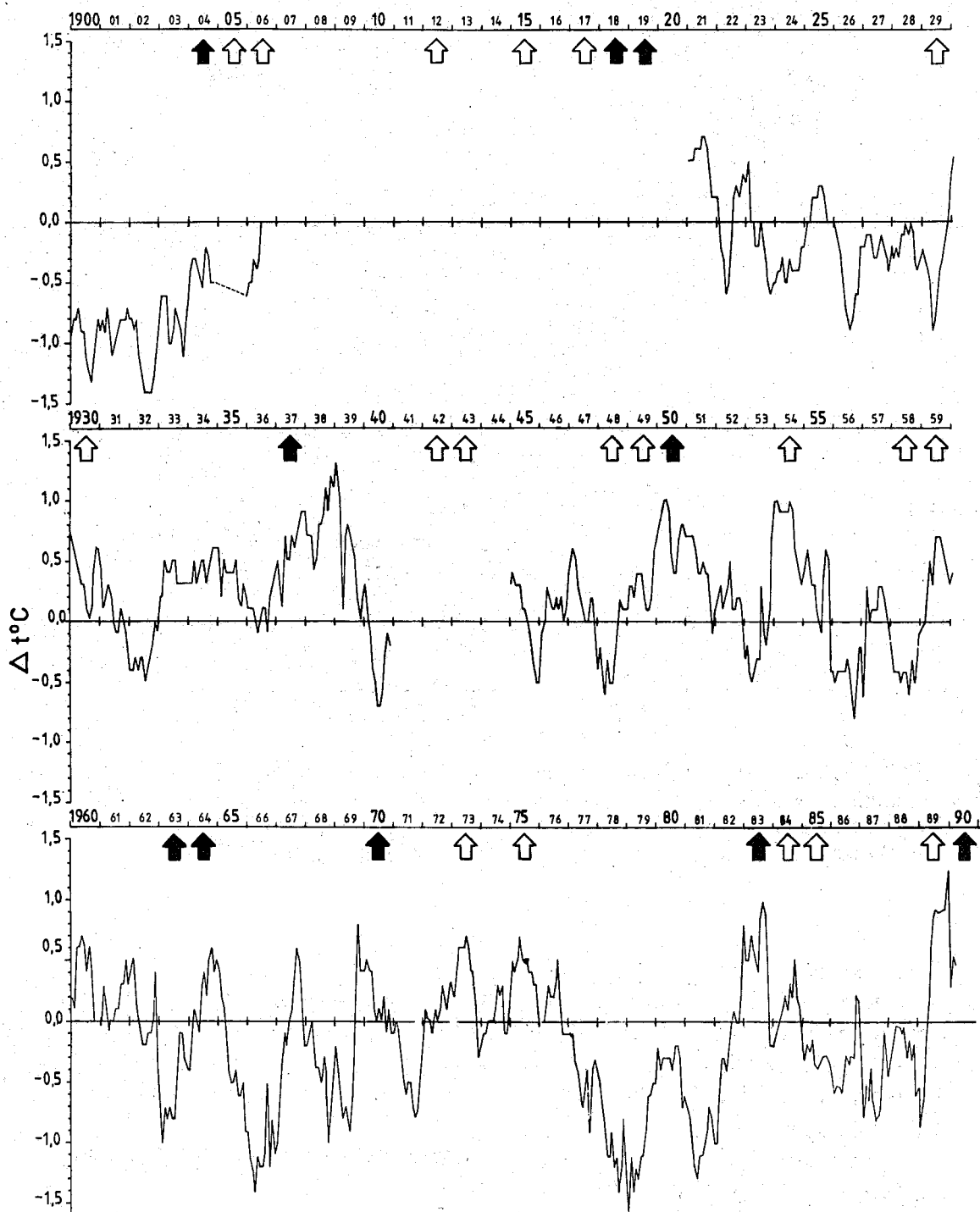


FIG.29. Temperaturavvik fra normalen på Kolasnittet (33°30'N) i perioden 1900-1990; en vil legge merke til at det gjennomgående var hyppigere positive avvik før 1950 enn etter 1950. År med sterke årsklasser av norsk-arktisk torsk er angitt med svarte piler, mens åpne piler er år med middels sterke årsklasser (LOENG 1990).

tilstrekkelig forutsetning. Dette er tilfelle både i Lofoten og ved Vest-Grønland (ELLERTSEN et al. 1989; HANSEN and BUCH 1986; FIG.30 og FIG.31). Ingen sterk årsklasse er kommet til ved temperaturer under 2°C på gytefeltet noen av stedene (MALMBERG 1988).

Parallelt med at store områder åpnes for torskefisk vil alle artene kunne vokse hurtigere og trenge mer mat for vekst og reproduksjon. Resultatet av økningen i tilgjengelig areal og av økt tilvekst er vist i TAB.1. I det andre scenariet skjer det en ytterligere økning for torsk på 20% og for hyse og sei på 10% i forhold til det første scenariet.

Som en vil se av TAB.2 vil forventet bestandsstørrelse etter 1°C økning for torsk være 4,8 mill tonn og 0,8 og 1,0 mill tonn for hyse og sei. Med 2°C vil bestandene kunne bygge seg opp mot henholdsvis 5,8 mill tonn, 0,9 og 1,1 mill tonn. Langtidsutbyttet for torsk vil være på mer enn 1 mill tonn, mens det for både hyse og sei vil være på rundt 0,3 mill tonn.

Polartorsk med gytefelt ved østkysten av Svalbard og Novaja Zemlia, vil trekke nordover og opp mot yttergrenen av Barentshavet (PONOMARENKO 1968). Trolig vil den fortsette å gyte i Barentshavet. Bestanden vil fortsette å spille liten rolle i fisket. En nordlig forflytning av gytefeltene vil gi en kortere dagslenslengde, noe som kan gi vansker for larvene i første næringsopptak.

Den kraftige økningen i stående biomasse av fisk vil føre til at torsk og hyse presses sammen på reduserte områder, i de årene da en får nedgang i

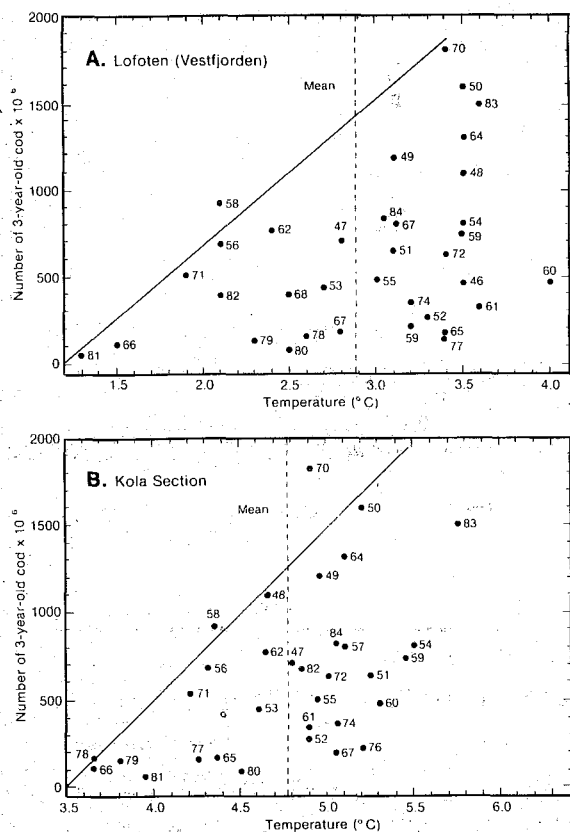


FIG.30. Styrken av årsklasser av norsk-arktisk torsk sett i forhold til temperaturen samme år på gytefeltet i Lofoten (A) og i Barentshavet uttrykt med temperaturen på Kolasnittet (langs 33°30'N; B). En vil legge merke til at alle sterke årsklasser er født i varme år (LOENG 1989).

temperaturen som et resultat av fortsatte skiftninger rundt en gradvis økende middeltemperatur. Dette vil for disse årene kunne føre til sterkt økt kannibalisme, særlig blant torsk. Sterke yngelårsklasser av torsk vil da raskt kunne beites ned og ikke gi opphav til nye sterke årsklasser på et eldre stadium.

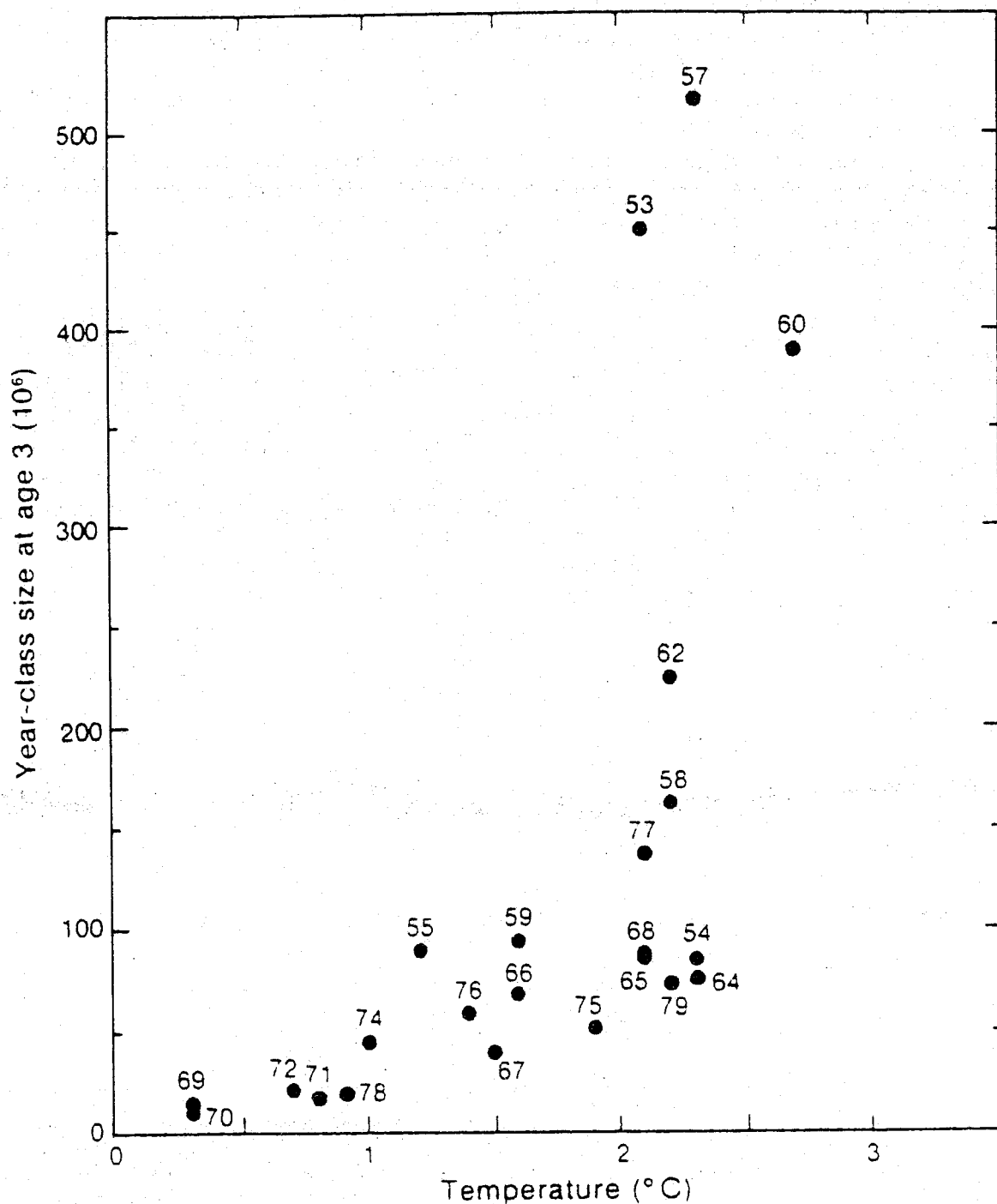


FIG.31. Antall tre år gammel torsk sett i relasjon til temperaturforholdene om våren det året de ble født. En legger merke til at det ikke er født sterke årsklasser ved temperaturer lavere enn 2°C (HANSEN AND BUCH 1986).

En kraftig økning av kannibalismen under slike forhold har vært observert hos torsk i Barentshavet rundt 1986-88 (MEHL 1989).

PELAGISK FISK

Lodden vil fortsette å være en nøkkelart som byttedyr for torsk og delvis for hyse særlig under vestlige gyteinnsig av lodde. *Lodden* vil få til rådighet sterkt utvidete beiteområder mot nord og øst, men vil trolig trekke seg ut av de sørvestlige deler av Barentshavet der den de fleste år har kommet for å gyte (LOENG 1989; FIG.32). Overvintringen hos umoden lodde vil kunne bli mer nordlig og østlig enn tidligere og gyteinnsigene vil trolig komme lengre øst og kanskje i økende omfang i russisk sone (TJELMELAND 1987). I det andre scenariet kan det tenkes at gyting delvis pågår ved Novaja Zemlia. En vil trolig beholde den sommergytende lodden i russisk sone. Vårtorskefisket vil derfor gradvis kunne bli et rent russisk fiske. Når en må ta såpass mange forbehold er

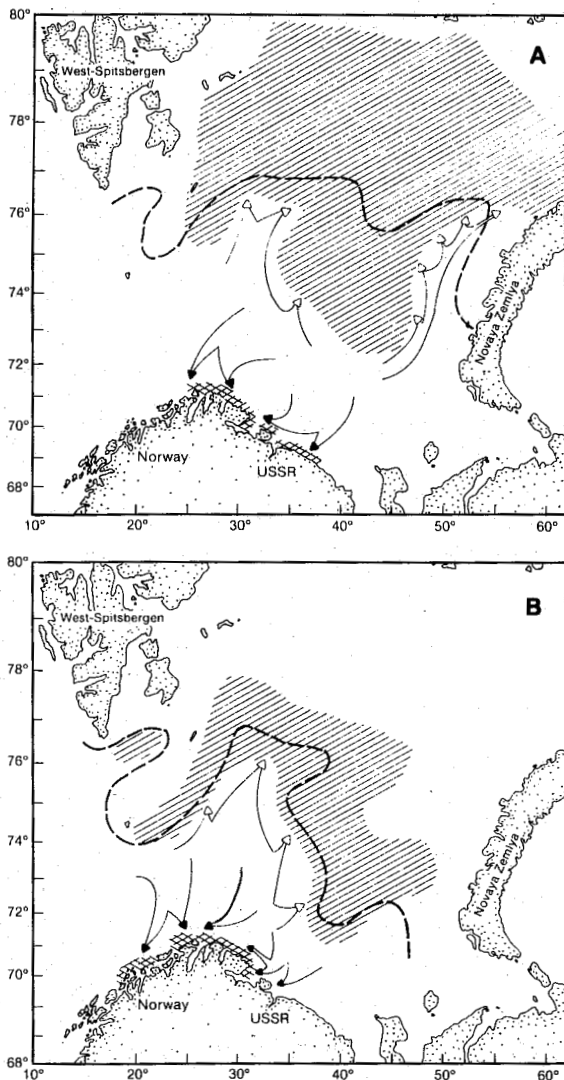


FIG.32. Beiteområdene til lodde i et varmt år (A) og i et kaldt år (B). Legg også merke til forskyvningen i 0°C-isotermen på 100 m dyp (stiplet linje). Hvite piler viser retningen på beitevandringen og svarte piler på gytevandringen (LOENG 1989).

det fordi det ikke synes å være en klar sammenheng mellom sted for gyteinnsig og sjøtemperatur selvom en har sett tegn til et mønster med vestlig gyting i kalde vintre (CORLETT 1968; OLSEN 1968; PROKHOROV 1968; TJELMELAND 1987).

En mer østlig utbredelse vil føre til at lodden lettere vil kunne opprettholde en stabilt sterk bestand parallelt med at silden kommer tilbake til Barentshavet. Hovedgevinsten for systemet vil nettopp ligge i en slik utvikling fordi en da *samtidig* får plass til to store pelagiske bestander i Barentshavet. En kan da tenke seg at loddebestanden vi kunne vokse tilk gjennomsnittsnivået for perioden 1973-1982 som var på 4,5 mill tonn med en ytterligere økning på 20% i det andre scenariet til 5,4 mill tonn (TAB.2).

Dersom en får den høyeste økningen, kan det også tenkes at lodden i perioder om sommeren vil trekke ut av Barentshavet nord for Frans Josefsland og øst av Novaja Zemlia.

Maten til lodden er i hovedsak raudåtearter og krill. Noen av artene tilføres Barentshavet gjennom transport utenfra, noe som særlig gjelder for *C.finmarchicus* og *M.norvegica*. Næringsgrunnlaget for lodden kan dermed svekkes ved den økte transportstrekningen, særlig dersom en får en sterk sildebestand i vestlige Barentshavet. Dette kan i noen grad kompenseres ved at den økte temperaturen vil gjøre at de to nevnte dyreplanktonartene i økende grad vil formere seg i selve Barentshavet.

Norsk vårgytende sild gyter for tiden på en strekning fra sør for Stavanger til nord for Haltenbanken og trolig vil den fortsette å benytte denne kyststrekningen og kanskje også området opp til Lofoten. Yngelen vil sammen med yngel av torsk, hyse, sei og uer transporteres inn i store deler av Barentshavet og til området vest av Svalbard (FIG.17). Den kanskje viktigste enkelthendelse blir det om den voksne silden igjen opptar vandringsen til området nordøst av Island. I dette området vil en trolig få stadig mer gunstige beiteforhold for sild etterhvert som temperaturen stiger. En slik forventning er i samsvar med det som trolig skjedde i forrige varmeperiode. Oppfylles denne forutsetningen, kan en forvente en økning av sildebestanden til 8,0 mill tonn (1°C økning) eller 9,6 mill tonn (2°C økning) under forutsetning av optimal forvaltning av ressursen.

Den sildeperioden vi nå er inne i og som startet med den sterke 1983-årsklassen, vil kunne vare i hele 40-årsperioden. Store forekomster av umoden sild i Barentshavet i hele perioden, vil bety mye for oppbyggingen av bestandene av torskefisk. Konkurransforholdet til lodden vil være til stede, men kan dempes ved at store områder blir åpnet for lodden i nordøst og også ved at lodden vil kunne gyte lengre øst.

Et helt sentralt spørsmål blir hvorledes sild og lodde vil komme til å innrette seg i forhold til hverandre. Gjenopptar silden vandringsen til beiteområdene ved Island, så vil forutsetningene være til stede for en massiv oppbygging av sildestammen. Mer usikkert blir det med lodden. Den vil være avhengig av at yngelen får være i fred for store mengder beitende ungsild. Problemet vil være at gytende lodde oppsøker områder med vanntemperatur på mellom 2-6°C for å gyte, og da vil den ikke kunne unngå å oppsøke områder der silden vil kunne holde seg. Det er mulig at silden ikke vil trekke så langt øst i

Barentshavet, særlig dersom hovedgytefeltet etterhvert skulle bli ved Karmøy. Prognosene for loddebestanden vil således måtte bli svært usikre.

BUNNFISK OG REKER

Blåkveiten er knyttet til arktisk vann og vil derfor måtte trekke seg noe tilbake både i Barentshavet og i Norskehavet. Nedgangen i bestanden kan derfor tenkes å fortsette.

Vanlig *kveite* vil kunne få til rådighet økte beiteområder de samme stedene som torsken. Imidlertid vil trålfisket der kveiten i stor utstrekning taes som bifangst lenge før den har utnyttet sitt vekstpotensiale, fortsatt hindre denne arten og andre flatfiskarter i å trekke fordel av de økte beiteområdene. En kan derfor i beste fall bare forvente at tilbakegangen i bestandene stopper opp. Et endret fiskemønster der trålfisket reduseres, vil derimot kunne føre til økning i bestanden med 10-20% i forhold til bestandene i 1950-årene.

Steinbitartene vil også kunne trekke fordel av økte beiteområder, men veksten i bestandene vil trolig bare være mellom 10-20% i forhold til bestandene i 1950-årene.

Uerbestandene vil også kunne styrkes ved at beiteforholdene i Norskehavet bedres. Imidlertid vil beitepresset fra økte bestander av torsk og hyse tilta i Barentshavet og veksten vil derfor høyden være 10-20% i forhold til bestandene i 1950-årene.

Reken vil øke sin utbredelse vesentlig i takt med at bunnvannet blir varmere og mot slutten av perioden vil bare mindre områder i Barentshavet ha lavere temperatur enn $-0,5^{\circ}\text{C}$ i det andre scenariet. Viktig blir det også at reken vil kunne reprodusere over langt større deler av Barentshavet enn tilfellet er i dag. De økte bestandene av torsk og hyse vil imidlertid dempe veksten i bestanden, en vekst som potensielt er satt til 25% og 40% ved henholdsvis 1°C og 2°C økning noe som vil gi en bestand på 0,8 mill tonn og 0,9 mill tonn.

STYRKING AV ANDRE ARTER

En del arter vil i økende grad trenge inn i Norskehavet og Barentshavet og en vil kunne få opp nye fiskerier basert på disse artene. *Lysing*, en dypvannstorskefisk, vil bli hyppigere parallelt med at andre dypvannstorsk som *lange*, *blålange* og *brosme* vil kunne styrke sine bestander gradvis. Det vil også bli påvist økte mengder *hvitting*, *kolmule* og *øyepål* (BARANENKOVA and KHOKHLINA 1968; RAITT 1968). Kolmulen hadde tidlig i 80-årene en meget stor bestand i dette området på sommerbeite (MONSTAD and BLINDHEIM 1986). *Makrellen* vil også trekke nordover på beitevandring.

FORUTSETNINGER FOR GJENREISNING AV HØSTINGSPOTENSIALET

Mot slutten av forrige varmeperiode høstet en 3 mill tonn fisk i nordområdene uten å svekke fiskebestandene. Fiskebiomassen er nå redusert til omlag 20% av nivået i 1950-60. Den bedrete rekruttering en forventer legger *forutsetninger* for vekst i bestandene. Flerbestandsarbeidet blir her særlig viktig for å gi grunnlag for forvaltning utfra biologisk innsikt (HEALEY 1990). Et element i bildet utgjøres av sjøpattedyrene. Bestanden av *vågehval* kontrollerer sammen med selbestanden en viktig del av ressursflyten i nordområdene med et

beitepress på mer enn 4 mill tonn (BAX et al. 1989; FIG.A63). Sammensetningen av dietten til vågehval og grønlandssel undersøkes nå nærmere innenfor "Sjøpattedyrprogrammet". Dersom fisk utgjør hoveddelen av dietten slik som FIG.A64 antyder, synes konklusjonen å være at de tar unna en betydelig del av fiskeproduksjonen i området. Skal fiskebestandene bygges opp igjen til det nivået som er skissert i dette notatet, må trolig veksten i sjøpattedyrbestandene kontrolleres. Det vil bidra til å gi rom for vekst i fiskebestandene *samtidig* med at vi opprettholder fisket i området. Nødvendigheten av innsikt i den rolle sjøpattedyrene spiller, viser hvor viktig det blir å få skikkelige data fra "Sjøpattedyrprogrammet". Et stykke ut i neste tiår vil vi om forutsetningene kan oppfylles, igjen ha mulighet for å høste oppimot 3 mill tonn fisk fra Norskehavet og Barentshavet mot dagens 1 mill tonn.

6. HAVBRUK - EN NÆRING I STØPESKJEEN

Norsk havbruksnæring har vokst fra 8000 tonn i 1980 til 140 000 tonn i 1990 (prognose). Veksten faller i hovedsak på atlantisk laks, mens regnbueørret er den eneste andre arten som foreløpig bidrar med mer enn 100 mill kr i omsetning/år. Omsetningsverdien av laks vil i 1990 være på omlag 4,5 mld kr.

Det synes å være en økende erkjennelse hos myndighetene for at næringer knyttet til havet vil få økt betydning i neste århundre. En er derfor sterkt opptatt av å bygge opp nedfiskete fiskebestander, få til en rasjonell utnyttning av sjøpattedyr, prøve ut mulighetene i havbeite, foreløpig for fire marine/anadrome organismer, få til en differensiert havbruksnæring basert på et spekter av arter og øke bearbeidingsgraden av havprodukter generelt.

Havbruksnæringen vil også internasjonalt vokse raskt mens tradisjonelt fiske ikke forventes å kunne øke sine leveranser vesentlig (REINERTSEN et al. 1990; FIG.33).

6.1. "FLERE BEN Å STÅ PÅ"

I midten av 1970-årene ble det startet et arbeid ved Havforskningsinstituttet for å utvikle metoder for produksjon av marin yngel til oppdrett (ØIESTAD et al. 1976). I løpet av 15 år har en kommet godt igang med dette arbeidet og begynnende produksjon av piggvar og torsk har kommet igang. Den største veksten vil trolig komme når kveiteyngel blir tilgjengelig i store mengder. I 1990 har en passert 50 000 yngel. Den betydelige framgangen fra 1989 (en 10-dobling) henger i særlig grad sammen med en konsolidering av stamfiskarbeidet som har gitt sterkt økt tilgang på egg av god kvalitet (K.E.NAAS, Havforskningsinstituttet, Bergen, pers.medd.).

En forventer også å kunne nytte piggvar ved norske spillvarmekilder. Foreløpig blir yngelen av denne arten eksportert til Spania (T.KLEPPE, Statoil, pers.medd.).

Oppdrett av torsk har ennå ikke fått en form som gir mulighet for fortjeneste til oppdretter. Imidlertid pågår et intensivt arbeid med effektivisering av yngelproduksjonen, og en kan forvente at en kan nå fram til et totalkonsept

som gir en rimelig avkastning på kapitalen på linje med landbasert industri (HOLM et al. 1990).

Helt nye resultater fra forskningen på steinbit i oppdrett gir grunn til å tro at denne arten vil kunne kommersialiseres fra midten av 90-årene. Særlig gjelder dette flekksteinbit som vokser langt raskere enn gråsteinbit i fangenskap og ved lave temperaturer (MOKSNESS 1990).

I løpet av 90-årene vil en kunne komme igang med dressurbasert oppdrett i forsøksskala, i første rekke av torsk, og dette kan vise seg å være et rimeligere produksjonsalternativ enn mæroppdrett, men med mange av det tradisjonelle oppdrettets fordeler.

En vil også trolig åpne for produksjon av ikke-norske arter som egner seg i vårt temperaturregime dersom de er etterspurt på spesielle markeder. Viktig blir det også at norske selskaper allerede er igang med produksjon, særlig i Spania, av marine varmtvannsarter. Norsk virksomheten i utlandet vil skyte fart i 90-årene og gi arbeidet med rent marine arter et mer internasjonalt preg med følger også for virksomheten i Norge (T.KLEPPE, Statoil, pers.medd.).

6.2. NYE ELEMENTER FOR VALG AV ARTER OG DRIFTSFORMER

Et gradvis endret klimaregime vil måtte sette spor etter seg også i havbruksnæringen. Nå er dette en næring i stadig omstilling og for mange aktuelle arters vedkommende, har en ennå ikke kommet igang med fullskala produksjonsanlegg. Mulighetene for tilpasning er derfor i høy grad til stede.

Sykdom og utbrudd av giftige alger har gitt laksenæringen tap. Økte temperaturer vil øke risikoen for visse sykdommer hos laks som vibriose og

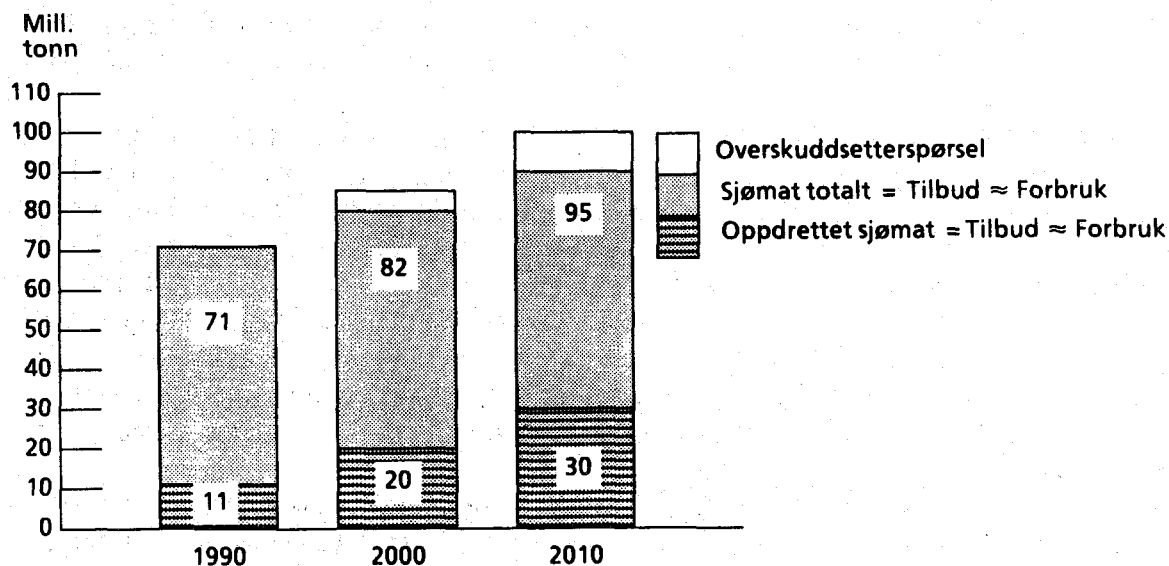


FIG.33. Beregnet global etterspørsel etter sjømat fra 1990 til 2010 og den andel som vil komme fra havbruk (REINERTSEN ET AL. 1990).

furunkulose. Hyppigheten av svært kalde år, vil reduseres og bevirke at Kaldtvannsvibriose ("Hitrasyen") vil kunne spille en mindre rolle. Parallelt arbeides det med nye vaksiner og en dypere sykdomsinnsikt hos vannlevende organismer. Ikke minst det siste vil kunne bidra vesentlig til det forebyggende helsearbeid på anleggene. En vil etterhvert få økt erfaring med oppdrett av laks i varmt vann fra Frankrike, Spania og Portugal og dette sammen med andre tiltak som bl.a. bruk av genteknologi, gjør at en heller vil kunne fokusere på gevinstene ved en økt temperatur. Disse har blitt kvantifisert i utredningen til NIVA (GULBRANDSEN 1990).

Vi har tidligere tatt opp spørsmålet med skadelige algeoppblomstringer. Det kan synes som noen av disse knytter seg til ubalanse i sammensetningen av næringsalter, en ubalanse som i hovedsak er bevirket av avrenning fra land. Det er mangel ofte på både fosfat og silikat relativt til nitrat (SKJOLDAL and DUNDAS 1989). Nå er disse ubalansene knyttet til lommer av sjøvann som opprettholder sin egenart bl.a. på grunn av lav salinitet. Blandes disse vannmassene med omkringliggende vannmasser vil ubalansen kunne oppheves og risikoen for skadelige algeoppblomstringer reduseres drastisk. Normalt vil vind besørge nedblandingen. Fenomenet har blitt nærmere studert gjennom SKAGEX 1990 i Skagerrak-området. Blandes næringssaltene inn i større vannmasser, er de i seg selv ikke skadelige, men helt naturlige byggesteiner for produksjon av ny biomasse i sjøen.

Det har vært ivret for bygging av lukkede anlegg for lakseoppdrett. Slike anlegg vil sikre anleggene mot smitte fra andre, mot algeoppblomstringer og ekstreme temperaturutslag. Det kan synes å være en riktig strategi vurdert på bakgrunn av de endringer en kan vente i et varmere hav. Imidlertid vil produksjonskostnadene sette skranker for vilke løsninger en kan velge.

Mildere vintre vil gi økt tilvekst med særlige utslag i de to nordligste fylkene. Dette vil kunne forsterkes gjennom videre genetisk foredling. Selv om begge prosesser vil være langsomme, trekker de i positiv retning for regionen. En økning av årssnitt-temperaturen på 1°C, vil gi en tilvekstsgevinst på 20% mens 2°C vil gi 40%.

Oppdrett av kveite og flekksteinbit vil trolig skje i lukkede anlegg. Best tilvekst for kveite skjer ved temperaturer rundt 8°C mens flekksteinbit har best vekst ved 5°C (MOKSNESS 1990). Innpumpet dypvann fra norske fjorder egner seg derfor for begge artene opp til rundt Vest-Troms mens de åpne og kalde fjordene i de to nordligste fylkene mangler en egnet type vann. Denne finner en først når en kommer ytterst på kysten. En gradvis oppvarming vil trekke med seg også dypvannet, men bildet vil endre seg relativt lite fra det generelle mønsteret. De to artene vil kunne drettes opp langs hele kysten og i mindre grad enn laksen, hemmes av fallet i overflatetemperaturen om vinteren nord for Vesterålen.

Det vil ikke bli så varmt at piggvar og tunge eller typiske varmtvannsarter vil kunne nytte sjøvannet direkte i oppdrett. En vil derfor fortsatt være avhengig av spillvarme eller resirkulasjonsteknologi og varmeveksling for slike arter.

6.3. HAVBEITE I ET VARMERE HAV

Det nordlige Stillehavet gir oppvekstvilkår for enorme mengder laks med en fangst på rundt 6-800 000 tonn laks hvert år fordelt på fire nasjoner (REINERTSEN et al. 1990). I Nord-Atlanteren finnes bare én lakseart og samlet fiske er på noen få tusen tonn. Dette forteller mer om mangel på rekrutter enn om kapasiteten til havområdet.

En vil uten tvil kunne øke fisket på laks om tilgangen på rekrutter økte drastisk og om en fant fram til egnede strategier for utsetting og fiske. En kan på den ene side tilrettelegge for yngelproduksjon i elvene og på den annen side kunstig styrke elvepopulasjoner. Den gradvise oppvarmingen vil også føre til at oppholdstiden for smolt i elvene reduseres ved at den vokser raskere. Flommønsteret vil endres mange steder ved at nedbøren i økende grad kommer som regn som gir god vannføring hele eller store deler av året; andre steder vil snømengdene øke og gi økt vårflo.

Viktig for et havbeiteprogram vil det være at store nye havområder åpnes for biologisk produksjon i nord. Selv om matmangel ikke har vært en begrensning for den vesle stammen av laks i Norskehavet, så vil kombinasjonen økt temperatur og større biologisk produksjon kunne gi raskere vekst og høyere overleving. I det østlige Barentshavet vil polarfrontområdet gradvis komme lengre nord og det kan om vinteren gi kortere daglengde for beiting. Den vil også få lengre vei tilbake til elven enn tidligere om den velger å holde seg i polarfronten. Imidlertid kan en forvente at mye laks vil velge å beite vest av Lofoten gjennom hele sommeren der det idag står nesten 2 mill tonn sild (RØTTINGEN 1989).

Laksen vil også trekke inn i russisk sone i tillegg til at russiske elver vil få økte stammer av laks og delvis nye stammer i nedslagsfeltet rundt Karahavet slik en observerte i 1930-årene (JENSEN 1939).

Havbeite på torsk vil mer utnytte de lokale forholdene da programmet trolig vil konsentrere seg om kysttorsk. En tiltagende gyting av sild ved Karmøy, vil kunne øke tilgangen på småsild langs store deler av kysten, i alle fall i en periode.

6.4. PROGNOSE FOR HAVBRUKSNÆRINGEN

Det har blitt lansert en rekke prognoser for den videre veksten av havbruksnæringen. Mest oppmerksomhet er blitt gitt til dem fra NTN (REINERTSEN et al. 1990; FIG.33). Disse varsler en betydelig vekst innen alle deler av denne næringen. Tilgangen på egnet fôr lanseres imidlertid som en mulig flaskehals. Med dagens ressursituasjon er dette problemet allerede reelt. En forventer at problemet vil bli mindre i et varmere hav fordi en i Nordsjøen vil få økte mengder fisk som vil egne seg til mel- og oljeproduksjon. En gjenoppbygget sildestamme i nord vil også kunne bidra betydelig med råvarer. Tilsvarende vil være tilfelle for lodde, selvom en for denne arten kanskje vil være mer restriktiv enn tidligere med å åpne for et stortilt industrifiske.

Skal vekstmålene nåes, så vil likevel oppdrettsnæringen i økende grad bli avhengig av import av fiskemel. Melet produseres i hovedsak i tilknytning til upwellingområder der særlig det ved Peru-Chile har vist seg produktivt med nesten 2,5 mill tonn mel produsert i 1989. Økt upwelling slik en forventer i tilknytning til drivhuseffekten, vil kunne svekke rekrutteringen til pelagisk fisk i disse områdene og dermed skape mangel på egnet fôr (BAKUN 1990; DICKSON et al. 1988b). Dette vil i så fall kunne dempe veksten innen havbruket globalt og nasjonalt.

Større vektlegging på ressursforvaltning og tilpasning til ulike former for havbeite kan gjøre behovet for intensivt oppdrett mindre uten å svekke vekstmålene for næringen. En temperaturoppgang i våre farvann vil i hovedsak bidra til den positive veksttrenden.

Den betydelige satsingen innen FoU på felt som helse og bioteknologi vil også redusere mange av de problemene næringen har nå og som har gitt mange i og utenfor næringen en følelse av at vekstperioden er over. Epoken da havbruk vil bli en industri ligger foran oss og ikke bak oss. Det vil en måtte disponere ut fra også i en klimasammenheng.

7. EN SÆRLIG ALARMERENDE DRIVHUSEFFEKT - TREDJE SCENARIO

Globalt klima veksler mellom klart adskilte tilstander (IMBRIE and IMBRIE 1980). De seneste 30 år har en satt mye inn på å klarlegge betydningen av de faktorer som fører til at klimaet veksler fra én tilstand til en ny. Den mellomstiden vi nå befinner oss i skal utfra det mønster en kjenner, gå mot en slutt og en ny istiden skal innen få tusen år innledes.

Noen av de mest anerkjente klimaforskere i moderne tid har satt drivhuseffekten inn i en noe uventet sammenheng (BROECKER and DENTON 1990). De lanserer idéen om at det økte CO₂-innholdet kan aktivere den mekanismen som bringer oss ut av mellomstiden utfra den hypotesen at klimaet har definerte tilstander det beveger seg mellom. Det konkrete ytre forholdet som skulle sette opp denne bevegelsen, lanseres av dem som avbrudd i dypvannsdannelsen i Norskehavet. Blokkeres denne av unormale mengder ferskvann, slik en mener å ha påvist skjedde under Yngre Dryas for 10 000 år siden, vil Atlanterhavsstrømmen inn i Norskehavet bremses opp og på meget kort tid vil en få en vekst i islegging av havet og isbrevekst på land fordi varmetilførslene fra havet faller bort. Tilførsler av nedbør vil være rikelige fra den varme del av Atlanterhavet for en rask oppbygging av isdekket. En vet at klimaskiftet under Yngre Dryas bare tok 25 år (DANSGAARD et al. 1989) og gav et temperatursprang på 7°C.

Et lignende scenario er lansert av STEIN (1990). Han åpner også for den mulighet at dypvannsdannelsen svekkes i Norskehavet og at en får redusert tilførslene av næringssalter til det øvre vannlaget. Dette vil gi på den ene side temperaturfall i disse havområdene på grunn av reduserte tilførsler fra Atlanterhavsstrømmen og på den annen side redusert produksjon i havene med nedgang i fiske som en sideeffekt.

Det er foreløpig ingen tegn til en utvikling i retning av det tredje scenariet. Men det er viktig å være oppmerksom på at de prosessene som settes opp

gjennom et endret klimaregime, kan gi uventete resultater fordi flipmekanismer synes å ligge inne i klimasystemet (BROECKER and DENTON 1990). Endringene har ofte en brå karakter mer enn en lineær karakter (YAMAMOTO et al. 1987).

8. KLIMAOVERVÅKING - NYE KRAV TIL HAVFORSKNING

Norsk forskningsinnsats med relevans til havklima er allerede betydelig. Særlig verdifulle er de lange tidsseriene en har for en rekke biologiske og kjemiske parametre og for fysisk-oseanografiske parametre. En må også forvente at det ligger mye kunnskap om de effekter klima har på fisk og på selve fisket skjult i de informasjon en har lagret. Denne kunnskap kan og bør hentes fram nå da dette kan settes inn i en ny ramme. Havforskningsinstituttet er opptatt av å utnytte denne type muligheter og har kommet igang med deler av en slik registrering, men det vil kreve økte ressurser å tilrettelegge dette verdifulle materialet for databehandling

Det dynamiske spillet mellom fiskebestandene får inn en ny dimensjon i og med klimaendringen. Det blir viktig å avdekke de mekanismene som råder i dagens situasjon for å kunne kvantifisere effektene av endringene. Flerbestandsforskningen har kommet lengst i Nordsjøen, men økosystemet der er vanskeligere enn i nordområdene. En parallell satsing for nordområdene er igang gjennom "Flerbestandsprogrammet" som i særlig grad søker å beskrive og modellere utviklingen i Barentshavet. Den økende rollen til sjøpattedyrene i dette havområdet søkes kvantifisert gjennom innsatsen til "Sjøpattedyrprogrammet".

En av de viktigste brikker i dette puslespillet, rekrutteringsmekanismene hos fisk, har hittil vært dekket inn gjennom "Havforskningsinstituttets egg- og larveprogram" (HELP). Dette programmet vil måtte få økt betydning og må ta på seg nye oppgaver. Det er pekt på flere i denne rapporten: den rolle naturlige fiender spiller for overleving hos fiskelarvene og den rolle de vil spille i et framtidig varmere hav; "match-mismatch"-problematikken i et system hvor gyttetidspunkt endres, hvor dyreplanktonet klekkes tidligere, hvor nye gytefelt må taes i bruk. *Det er liten tvil om at det er på rekrutteringsmekanismene klimaendringen først vil komme til syne enten formidlet via næringskjeden eller som en direktevirkende effekt på stamfisk, egg, larver og yngel.* Det gjør at en også må tilføre økte ressurser til dette feltet.

Hittil har HELP vært knyttet til de nordlige bestandene og der vil hovedinnsatsen måtte ligge, men det kan bli viktig også å følge utviklingen i Nordsjøen for artene som gradvis vil svekkes: torskefisk og Nordsjøsild.

I ICES-regi startes det opp et større forskningsprogram med tittelen "Cod and Climate" (ANON 1990c). Norge tar mål av seg til å spille en nøkkelrolle innen dette programmet. Vi er den nasjonen som har den bredeste satsningen på denne arten. Programmet ønsker å klarlegge forutsetningene for den fordelingen en har av torsk i Nord-Atlanteren der en har bestander som lever like fra Biskaya til de ekstreme forholdene i Kvitsjøen. Med en slik innsikt vil en bedre kunne forstå de endringene som vil skje med torskebestandene i ulike deler av utbredelsesområdet under påtrykk fra et endret klima (DEANGELIS and CUSHMAN 1990).

Dramatiske endringer i fiskebestander kommer ofte uventet fordi en ikke har vært i stand til å påvise de endringene som ofte kommer i forkant av en forskyvning. I mange tilfeller er endringene så sammensatte at det er vanskelig å avlese og tolke signalene. Men den samlede internasjonale innsatsen på området har resultert i stadig bedret innsikt selvom det ennå er et stykke igjen til en kan sies å sitte inne med prognostisk kapasitet. Som viktige verktøy for å oppnå en slik kapasitet, kan det pekes på minst tre i tillegg til det som er nevnt om fisk og rekrutteringsmekanismer:

- bedret innsikt i den fysiske oseanografien
- bedret innsikt i primærproduksjonsleddet
- bedret innsikt i sekundærproduksjonsleddet med hovedvekt på raudåtearter og krillararter.

De fysiske oseanografene vil være dem som på en særlig måte vil kunne kartlegge endringene i havklima og denne innsikt vil være helt avgjørende for å forstå de effektene en senere måler på ulike ledd i næringskjeden. Utviklingen innen denne fagdisiplinen må gå i retning av robotisering og anvendelse av registreringskjeder slik at en får en fortløpende regional monitoring med mindre vekt på punktmålinger. Dette forutsetter bruk av ny instrumentering og tredimensjonal presentasjon av fysisk-oseaniske prosesser basert på sterkt økte mengder med data. Kjeder med rigger og av bøyer med nødvendig instrumentering vil være stikkord i denne sammenhengen. Mye av denne innsatsen vil på grunn av kostnadene, måtte skje i internasjonal regi og flere programmer er under utforming og delvis under utførelse i slik regi.

En særlig utfordring knytter seg til Norskehavet-Grønlandshavet. Disse havene med sin dypvannsdannelse er vurdert som viktige klimamaskiner i en global sammenheng. I tillegg fungerer de som et CO₂-sluk på nivå med bare noen få andre områder i verdenshavene. Det er også verd å understreke betydningen av Norskehavet som et beiteområde for norsk vårgytende sild. Det gjør det særlig viktig å studere nærmere om de biologiske forutsetningene er tilstede for igjen å kunne gi fødegrunnlag for opptil 10 mill tonn sild.

Primærproduksjonen og endringer i den i et varmere hav vil være bestemmende for den totale produksjonen av fiskebiomasse. Fokusering på giftige alger er interessant, men langt viktigere blir det å forstå mønsteret i den omleggingen som vil komme i planteproduksjonen. Det må utformes et forskningsprogram som gir en mulighet til å beskrive bedre prosessene og samlet produksjon i våre havområder.

Helt tilsvarende gjelder for *dyreplankton* med hovedvekt på raudåte og krill. En må mer spesifikt bruke innsats på å utnytte den betydelige surveyvirksomheten til å hente inn informasjon om mengder av disse to viktige dyregruppene. Utvikling av egnet instrumentering vil være en utfordring og dette arbeidet er kommet igang.

9. A CLIMATIC CHANGE - CONSEQUENCES FOR FISHERIES AND AQUACULTURE

The Ministry of Fishery has asked the Institute of Marine Research to evaluate the consequences for fisheries and aquaculture of a steady increase in temperature during a period of 40 years. The evaluation should be based on two suggested scenarios: one giving an increase of mean yearly sea temperature of 1°C and one giving 2°C.

The effects of an increase in the mean seawater temperature on the fish populations, will be different north and south of 62°N, the point where the Gulf Stream hits the Norwegian coast from west and divides into two branches, one heading north. North of 62°N most fish populations have their distribution restricted by low-temperature water and as a result of increased temperature, huge new areas will be colonized. The main area will be the eastern and north-eastern part of the Barents Sea which at present is influenced by arctic water with negative temperature and which is normally covered with ice for 6-8 months. The area influenced by bottom water with temp. $\geq 2^{\circ}\text{C}$ might increase from present 300 000 km² to 400-600 km². Capelin and polar cod will go mainly north and Arcto-Norwegian cod going east and north. There will also be a significant colonization of an area from the Bear Island along the west coast of Spitzbergen, particularly by cod, haddock, catfish and halibut. The saithe and haddock will also penetrate to the White Sea along the Murmansk coast. Young herring will potentially colonize large areas in the eastern part of the Barents Sea and might reach the Kara Sea east of Novaya Zemlya together with cod.

Some species like cod, herring and capelin might increase their population to a level similar to historic maximum values.

South of 62°N herring might experience a decline as they gradually have to reject the North Sea as a spawning ground. The mackerel stock in the North Sea might temporarily be strengthened. Horse mackerel and sardin will invade the area and sprat and sand lance might recover. In general gadoids will suffer a decline, cod and haddock in particular, while hake and whiting might profit from a temperature increase. Sole and turbot might experience some strengthening. On the other hand, plaice might have to leave the important spawning ground in the Southern Bight and will most likely decline. In general the North Sea will gradually have a more Mediterranean-like composition of fish populations.

Aquaculture in Norway is concentrated on salmon, and this activity will mainly profit from a temperature increase, particularly in the north and the south-east along the Skagerrak coast, an area influenced by Baltic water. Problems with toxic algae and new fish diseases might cause increasing problems in a warmer ocean as will occasional extremely high surface temperatures.

New species might profit from a diversified rearing strategy as most of those species will need more controlled rearing systems. Some of them will still need artificially warmed water, as even the highest expectations of temperature increase only represents an additional 2-3°C as a mean for the year.

Ocean ranching on salmon will profit from the increased production in the Barents Sea and wild salmon populations will experience improved feeding conditions in rivers with longer stretches of spawning grounds. Even cod and some other species might be considered for ocean ranching as their supplies from the North Sea might decline.

More stormy weather will create construction challenges to fish farmers and reduce the fishing season and the recreational use of the sea, game fishing included. New circulation patterns in the atmosphere might cause changes of the current systems, and regionally this might result in a negative trend in temperature change. Both situations might cause unexpected collapses in fish populations.

LITTERATURHENVISNINGER

- AHLMANN, H. W., 1949. Introductory address. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 125:9-16.
- ALTABET M.A. AND CURRY W.B., 1989. Testing models of past ocean chemistry using foraminifera 15N/14N. *Global biogeochemical cycles*, 3:107-119.
- AMBJØRN, C., BECKER, B., BISTHER, A., CARLBERG, S., DAHLIN, H., EDLER, L., LINDAHL, O., ROSENBERG, R. AND SUNDSTRØM, B., 1989. Algblomningen av *Chrysochromulina polylepsis* vid svenska västkusten 1988. I: Lindahl, O. and Rosenberg, R. (eds.), *Fysisk-kemiska, biologiska och effektrelaterade studier*. Modin-Tryck, Stockholm, 1-71.
- ANON., 1890. Forslag til lov om hvalfangsten i Finmarkens og Tromsø amt. Indstilling fra den af den kongelige Regjerings Departement for det Indre under 30te Januar 1890 nedsatte Komite til Undersøgelse betræffende Spørgsmaalet om nye Lovbestemmelser angaaende Hvalfangsten i Finmarkens og Tromsø Amter samt under Sildefiske. W.C. Fabritius & Sønner, Kristiania, 1-109.
- ANON., 1948a. "The effect of the War on the stocks of commercial fish stocks". Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 122:1-54.
- ANON., 1948b. "Vekslingene i de norske fiskerier og deres årsaker". *Naturen*, 7-8: 193-254.
- ANON., 1949. Problem of climatic and ecological changes in northern waters (Contributions to special scientific meetings 1948). Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 125:1-41.
- ANON., 1975. Understanding climatic change - A program for action. National Academy of Sciences, Washington, D.C., U.S.A., 239 pp.
- ANON., 1988. Report of the sprat biology workshop. *Int. Coun. Explor. Sea, C.M.1988/H:4:1-52 + 38 fig.* (Mimeo).
- ANON., 1990a. Ressursoversikt 1990. Fisken og Havet, Særnummer 1:1-80.
- ANON., 1990b. Preliminary report of the international 0-group fish survey in the Barents Sea and adjacent waters in August-September 1990. *Int. Coun. Explor. Sea, C.M. 1990/G:46:1-36* (Mimeo).
- ANON., 1990c. Report of the ICES study group on cod stock fluctuations. *Int. Coun. Explor. Sea, C.M. 1990/G:50:1-29* (Mimeo).
- AURE, J. OG STIGEBRANDT, A., 1989. Fiskeoppdrett og fjorder. En konsekvensanalyse av miljøbelastning for 30 fjorder i Møre og Romsdal. Havforskningsinstituttet Rapport FO 8803, 1-106.

- AXELROD, D. I., 1967. Quaternar extinctions of large mammals. Univ. Cal. Publ. Geol. Sc., 74:1-42.
- AYRES, P. A., SEATON, D.D. AND TETT, P.B., 1982. Plankton blooms of economic importance to fisheries in UK waters 1968-1982. Int. Coun. Explor. Sea., C.M. 1982/L:38:1-9 (Mimeo).
- BACKHAUS, J. O., 1989. The North Sea and the climate. Dana, 8:69-82.
- BAILEY, K. M. AND HOUDE, E.D., 1989. Predation on eggs and larvae of marine fishes and the recruitment problem. Adv. Mar. Biol., 25:1-83.
- BAILEY, K. M. AND INCZE, L.S., 1985. El Niño and the early life history and recruitment of fishes in temperate marine waters. In: Wooster, W. S. and Fluharty, D.L. (eds.), "El Niño North", Wash. Sea Grant, Univ. of Wash., Seattle, WA., 143-165.
- BAILEY, R. S., in press. Changes in the North Sea herring population over cycle of collapse and recovery. In: "Long-term variability of pelagic fish populations and their environment", Japan, 14-17 Nov 1989.
- BAILEY, R. S. AND STEELE, J.H., 1990. North Sea herring fluctuations. Manus:1-14.
- BAKUN, A., 1985. Comparative studies and the recruitment problem: Searching for generalizations. CalCOFI, Rep., 26:30-40.
- BAKUN, A., 1990. Global climate change and intensification of coastal ocean upwelling. Science, 247:198-201.
- BANSE, K., 1990. Does iron really limit phytoplankton production in the offshore Subarctic Pacific? Limnol. Oceanogr., 35:772-775.
- BARANENKOVA, A. S. AND KHOKHLINA, N.S., 1968. Distribution of eggs, larvae and adults of the Norway pout off North-Western Norway and in the Barents Sea. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 158:90-108.
- BARTSCH, J., BRANDER, K., HEATH, M., MUNK, P., RICHARDSON, K. AND SVENDSEN, E., 1989. Modelling the advection of herring larvae in the North Sea. Nature, 340: 632-636.
- BAX, N. J., MEHL, S., GODØ, O.R. AND SUNNANÁ, K., 1989. Transparent multispecies analysis. An exploration of fisheries and survey data off the Norwegian coast and Barents Sea. Int. Coun. Explor. Sea, C.M., MSM/Poster No.18:1-43 (Mimeo).
- BEAMISH, R. J., MCFARLANE, G.A. AND WOOSTER, W.S., 1989. The need for interdisciplinary research in fisheries and oceans sciences. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat., 108:1-3.
- BELL, F. H. AND PRUTER, A.T., 1958. Climatic temperature changes and commercial yields of some marine fisheries. J. Fish. Res. Bd. Canada, 15(4):625-683.

- BENKO, YU K. AND SELIVERSTOV, A.S., 1971. Influence of some Factors on the Abundance of Atlanto-Scandian Herring Year-Classes. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 160:153-157.
- BERENBOIM, B. I. AND LYSY, A.YU., 1987. Effects of oceanographic factors on populational structure of shrimp (*Pandalus borealis* Krøyer) in the Barents Sea and Spitsbergen area. In: H. Loeng (ed.), "The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea". Proceedings of the third Soviet-Norwegian Symposium, Murmansk, 26-28 May 1986. Institute of Marine Research, Bergen, 243-250. 250 pp.
- BERGER, W. H., 1982. Climate Steps in Ocean History - Lessons from the Pleistocene. In: "Studies in Geophysics: Climate in Earth History". National Academy Press, Washington, D.C., 43-54.
- BERGHAIN, R., 1983. Studies of flatfish and brown shrimp (*Crangon crangon*) from tidal flats of the Wadden Sea following their transition to a bottom-dwelling mode of life. Int. Coun. Explor. Sea, 36:163-181.
- BERGSTAD, O. A., JØRGENSEN, T. AND DRAGESUND, O., 1987. Life history and ecology of the gadoid resources of the Barents Sea. Fish. Res., 5:119-161.
- BINET, D., 1988. French sardine and herring fisheries: a tentative description of their fluctuations since the eighteenth century. In: Wyatt, T. and Larraneta, M.G. (eds.), "Long term changes in marine fish populations", Vigo, Spain, Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo, 254-272. 554 pp.
- BJØRKE, H., BAKKEPLASS, K. OG HANSEN, K., 1988. Forekomsten av fiskeegg fra Stad til Gimsøy i februar-april 1987. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram), 16:1-44.
- BJØRKE, H., ELLERTSEN, B., HANSEN, K. OG BAKKEPLASS, K., 1989. Yngelundersøkelser i juli-august i 1988 og 1989 utenfor norskekysten. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram), 28:1-79.
- BJØRKE, H., ELLERTSEN, B., FOSSUM, P. OG SÆTRE, R., 1990. Sildelarveundersøkelsene 1988. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram), 32:1-12.
- BJØRKE, H. OG SÆTRE, R., 1990. "Import" av fiskeyngel til norske farvann. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram), 35:1-27.
- BLACKER, R. W., 1965. Recent changes in the benthos of the West Spitsbergen fishing grounds. ICNAF Spec. Publ., 6:791-794.
- BLINDHEIM, J., 1987. The seas of Norden. In: Varjo, U. and Tietze, W. (eds.), "Norden - Man and Environment", Berlin, 20-32. 534 pp.
- BLINDHEIM, J., 1989. Cascading of Barents Sea bottom water into the Norwegian Sea. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 188:49-58.

- BOALCH, G. T., 1984. Algal blooms and their effects on fishing in the English Channel. *Hydrobiologia*, 116/117:449-452.
- BOALCH, G. T., 1987. Changes in the phytoplankton of the Western English Channel in recent years. *Br. Phycological J.*, 22:225-235.
- BOECK, A., 1871. *Det norske Vaarsildfiske. Silden og sildefiskerierne.* Det Kgl. Departement for det Indre, Christiania, 136s.
- BOGDANOV, G. A. AND FEDOROV, S.S., 1966. On the effect of the water temperature and the abundance of the Norwegian and North Sea herring on the dynamics of their growth. *Int. Coun. Explor. Sea, C.M. 1966/H:15:1-4* (Mimeo).
- BOGDANOV, M. A. AND FEDOROV, S.S., 1965. Some trends in the fluctuations in the Atlanto-Scandian herring stock with reference to hydrologic and atmospheric processes. *Int. Coun. Explor. Sea, C.M.1965.Herring Committee.No.49:1-3* (Mimeo).
- BOGSTAD, B. AND MEHL, S., 1990. The consumption rate of Northeast Arctic cod - a comparison of gastric evacuation models. *Int. Coun. Explor. Sea, C.M. 1990/G: 22:1-12* (Mimeo).
- BOYTSOV, V. D. AND DROBYSHEVA, S.S., 1987. Effect of hydrometeorological factors on the regularity of the long-term variations in Euphausiid (Crustacea, Euphausiacea) abundance in the southern Barents Sea. In: Loeng, H. (ed.), "The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea", Murmansk, 26-28 May 1986. Institute of Marine Research, Bergen, 91-100. 250 pp.
- BRASS, G. W. , SALTZMAN, E., SLOAN, J.L., SOUTHAM, J.R., HAY, W.W., HOLSER, W.T. AND PETERSON, W.H., 1982. Ocean circulation, plate tectonics, and climate. In: Berger, W. H. and Crowell, J.C. (eds.), "Climate in Earth history," Toronto, May 1980. National Academy Press, Washington, D.C., Studies in geophysics, 83-89. 198 pp.
- BRIFFA, K. R. , BARTHOLIN, T.S., ECKSTEIN, D., JONES, P.D., KARLEN, W., SCHWEINGRUBER, F.H. AND ZETTERBERG, P., 1990. A 1,400-year tree-ring record of summer temperatures in Fennoscandia. *Nature*, 346:434-439.
- BROECKER, W. S. AND DENTON, G.H., 1990. What drives glacial cycles? *Scient. Am.*, 262: 43-50.
- BROECKER, W. S. , ANDREE, M., WOLFLI, W., OESCHGER, H., BONANI, G., KENNETT, J. AND PETEET, D., 1988. The chronology of the last deglaciation: implications to the cause of the younger dryas event. *Paleoceanography*, 3:1-19.
- BROECKER, W. S. , TAKAHASHI, T., SIMPSON, H.J. AND PENG, T.H., 1979. Fate of fossil fuel carbon dioxide and the global carbon budget. *Science*, 206:409-418.
- BRYSON, R. A., 1974. A perspective on climatic change. *Science*, 184:753-760.

- BUCH, E. AND HANSEN, H.H., 1988. Climate and cod fishery at West Greenland. In: Wyatt, T. and Larraneta, M.G. (eds.), "Long term changes in marine fish populations", Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo, Vigo, Spain, 345-364.
- BULATOV, O. A., 1989. The role of environmental factors in fluctuations of stocks of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Eastern Bering Sea. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat., 108:353-357.
- BØHLE, B., 1984. Østers og østerskultur i Norge. Utnytting av østerspoller på Skagerrakkysten. Flødevigen meld. 1984 nr. 6, 1-21.
- CARRUTHERS, J. N. , LAWFORD, R.N. AND VELEY, V.F.C., 1951. Variation in broodstrength in the North Sea haddock, in the light of relevant wind conditions. Nature, 168:317-319.
- COLEBROOK, J. M., in press. Continuous plankton records: From seasons to decades in the plankton of the North-East Atlantic. In: "Long-term variability of pelagic fish populations and their environment", Japan, 14-17 Nov 1989.
- COLEBROOK, J. M., 1985. Sea surface temperature and zooplankton, North Sea, 1948 to 1983. J. Cons. int. Explor. Mer, 42:179-185.
- COLEBROOK, J. M. AND ROBINSON, G.A., 1986. The continuous plankton recorder survey. Tech. Ser. Intergov. Ocean. Comm., 3:33-42.
- COLEBROOK, J. M. , ROBINSON, G.A., HUNT, H.G., ROSKELL, J., JOHN, A.W.G., BOTTRELL, H.H., LINDLEY, J.A., COLLINS, N.R. AND HALLIDAY, N.C., 1984. Continuous plankton records: a possible reversal in the downward trend in the abundance of the plankton of the North Sea and the Northeast Atlantic. J. Cons. int. Explor. Mer, 41:304-306.
- CORLETT, J., 1968. Capelin in the North-Western Barents Sea. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 158:11-18.
- CORTEN, A., 1986. On the causes of the recruitment failure of herring in the central and northern North Sea in the years 1972-1978. J. Cons. int. Explor. Mer, 42: 281-294.
- CRAWFORD, R. J. M., UNDERHILL, L.G., SHANNON, L.V., LLUCHBELDA, D., SIEGFRIED, W.R. AND VILLAGASTIN-HERRERO, C.A., in press. An empirical investigation of trans-oceanic linkages between areas of high abundance of sardine. In: "Long-term variability of pelagic fish populations and their environment", Japan, 14-17 Nov 1989.
- CUSHING, D. H., 1982. Climate and Fisheries. Academic Press, London, 373 pp.
- CUSHING, D. H., 1984. The gadoid outburst in the North Sea. J. Cons. int. Explor. Mer, 41:159-166.

- DAAN, N., 1989. The ecological setting of North Sea fisheries. *Dana*, 8:17-31.
- DALPADADO, P. AND IKEDA, T., 1989. Some observations on moulting, growth and maturation of krill (*Thysanoessa inermis*) from the Barents Sea. *J. Plankton Res.*, 11:133-139.
- DALPADADO, P. AND SKJOLDAL, H.R., in press. Distribution and life history of krill from the Barents Sea. 1-12.
- DANNEVIG, A., 1951. Lobster and Oyster in Norway. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 128(2):92-96.
- DANSGAARD, W. WHITE, J.W.C. AND JOHNSEN, S.J., 1989. The abrupt termination of the Younger Dryas climate event. *Nature*, 339:532-533.
- DARWIN, C., 1859. The origin of species: by means of natural selection or the preservation of favoured races in the struggles for life. London.,
- DE WOLF, P. AND ZIJLSTRA, J.J., 1988. The Ecosystem. In: Salomons, W. Duursma, E.K., Bayne, B.L. and Forster, U. (eds.), "Pollution of the North Sea. An assessment", Springer-Verlag, Berlin, 119-151.
- DEANGELIS, D. L. AND CUSHMAN, R.M., 1990. Potential Application of Models in Forecasting the Effects of Climate Changes on Fisheries. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 119:224-239.
- DEVOLD, F., 1952. A contribution to the study of the migrations of the Atlanto-Scandian herring. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 131: 103-107.
- DEVOLD, F., 1959. Otto Peterssons teori om de skandinaviske sildeperioder sett i sammenheng med de senere års undersøkelser over den atlanto-skandinaviske sild. *Naturen*, 160:83-92.
- DEVOLD, F., 1968. The formation and the disappearance of a stock unit of Norwegian herring. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 15:1-15.
- DICKIE, L. M., 1972. Food chains and fish production. *ICNAF, Spec.Publ.*, 8:201-219.
- DICKSON, R. R. AND LAMB, H.H., 1972. A review of recent hydrometeorological events in the North Atlantic sector. *ICNAF, Spec.Publ.*, 8:35-62.
- DICKSON, R. R. AND LEE, A.J., 1972. Recent hydro-meteorological trends on the North Atlantic fishing grounds. *Fish Ind. Rev.*, 2:4-11.
- DICKSON, R. R., MEINCKE, J., MALMBERG, S.AA. AND LEE, A.J., 1988a. The "Great Salinity Anomaly" in the Northern North Atlantic 1968-1982. *Prog. Oceanog.*, 20:103-151.

- DICKSON, R. R. , KELLY,P.M., COLEBROOK,J.M., WOOSTER,W.S. AND CUSHING,D.H., 1988b. North winds and production in the eastern North Atlantic. J. Plankton Res., 10:151-169.
- DOW, R. L., 1977. Relationship of sea surface temperature to American and European lobster landings. J. Cons. int. Explor. Mer, 37:186-191.
- DRAGESUND, O., 1970. Factors influencing year-class strength of Norwegian spring spawning herring. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 15:381-450.
- DRAGESUND, O. AND GJØSÆTER, J., 1987. The Barents Sea. In: Postuma, H. and Zijlstra, J.J. (eds.), "Continental shelves, the ecosystems of the world", Elsevier, 27: 339-361.
- DRAGESUND, O.,HAMRE , J. AND ULLTANG, Ø., 1980. Biology and population dynamics of the Norwegian spring spawning herring. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 177:43-71.
- DROBYSHEVA, S. S. AND PANASENKO, L.D., 1984. On consumption of the Barents Sea euphausiids. Int. Coun. Explor. Sea, CM 1984/L7:1-12 (Mimeo).
- ELLERTSEN, B.,FOSSUM , P., SOLEMDAL, P. AND SUNDBY, S., 1989. Relation between temperature and survival of eggs and first-feeding larvae of Northeast Arctic cod (*Gadus morhua* L.). Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 191:209-219.
- FEYNMAN, J., 1988. Solar, geomagnetic and auroral variations observed in historical data. In: Stephenson, F. R. and Wolfendale,A.W. (eds.), "Secular solar and geomagnetic variations in the last 10,000 years", Kluwer academic publishers, 141-159.
- FISHER, A. G., 1982. Long-Term Climatic Oscillations Recorded in Stratigraphy. In: "Studies in Geophysics: Climate in Earth History". National Academy Press, Washington D.C., 97-104.
- FONSELIUS, S. H. , SZARON, J. AND ÖSTRÖM, B., 1984. Long-term salinity variations in the Baltic Sea deep water. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 185: 140-149.
- FRANCIS, R. C. , ADLERSTEIN, S.A AND HOLLOWED, A., 1989. Importance of environmental fluctuations in the management of pacific hake (*Merluccius productus*). Can. Spec. Publ. Fish. Aquat Sci., 108:51-56.
- FRIDRIKSSON, A., 1951. Historical Remarks on the Icelandic Herring Fishery. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 128:23-25.
- FRIDRIKSSON, A., 1963. Recent Trends in the Tribal Composition of the North coast Herring of Iceland. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 154:68-72.
- FÆGRI, K., 1948. Brevariasjoner i Vestnorge i de siste 200 år. Naturen, 7-8:230-243.

- GAEMERS, P. A. M. AND VORREN, T.O., 1985. Otolith stratigraphy of Late Weichselian and Holocene sediments of Malangsdjupet, off northern Norway. Norsk Geologisk Tidsskrift, 65:187-199.
- GARROD, D. J., 1983. On the variability of year-class strength. J. Cons. int. Explor. Mer, 41:63-66.
- GJØSÆTER, H. AND LOENG, H., 1987. Growth of the Barents Sea capelin, *Mallotus villosus*, in relation to climate. Environ. Biol. Fish., 20:293-300.
- GLANTZ, M. H., 1984. El Niño - should it take the blame for disasters? Mazingira, March:21-26.
- GLANTZ, M. H., 1989. Report of the climate & fisheries workshop. In: Glantz, M. H. (ed.), "Report of the climate & fisheries workshop", Boulder, CO, 7-9 June 1989. 1-20. 39 pp
- GODØ, O. R., 1983. Forskjeller i gytepopulasjonene av norsk-arktisk torsk på Mørkekysten og i Lofoten. Fisken Hav., 1:29-35.
- GODØ, O. R., 1984. Migration, mingling and homing of North-East Arctic cod from two separated spawning grounds. In: Godø, O. R. and Tilseth, S. (eds.), "Proceeding of Soviet-Norwegian symposium. Reproduction and Recruitment of Arctic cod", Leningrad, 25-30 September. Institute of Marine Research, Bergen, 289-303.
- GODØ, O. R., MEHL, S. OG NEDREAAS, K., 1989. Undersøkelser av torsk, hyse, uer og blåkveite i Barentshavet og Svalbard-området høsten 1989. Tokrapport, 9 pp. (7tab.+7fig.).
- GOUREAU, T. J., 1990. Balancing atmospheric carbon dioxide. Ambio, 19 (5):230-236.
- GRIBBIN, J., 1989. The end of the ice ages? New Scientist, 17:48-52.
- GULBRANDSEN, R., BAKKE, B., GRANDE, M., HESSEN, D., KONIECZNY, R., MAGNUSSEN, J. AND WRIGHT, R., 1990. Klimaendringer - effekter på akvatisk miljø. Bidrag til den interdepartementale klimautredningen. NIVA:1-89.
- HÄKKINEN, S. AND CAVALIERI, J., 1989. A study of oceanic surface heat fluxes in the Greenland, Norwegian and Barents Seas. J. Geophys. Res., 94:6145-6157.
- HAMRE, J., in press. Interrelation between environmental changes and fluctuating fish populations in the Barents Sea. In: "Long-term variability of pelagic fish populations and their environment", Japan, 14-17 Nov 1989.
- HAMRE, J., 1980. Biology, exploitation and management of the Northeast Atlantic mackerel. 177:212-242.
- HAMRE, J., 1988. Some aspects of the interrelation between the herring in the Norwegian Sea and the stocks of capelin and cod in the Barents Sea. Int. Coun. Explor. Sea., C.M.1988/H:42:1-15 (Mimeo.).

- HANSEN, H. AND BUCH, E., 1986. Prediction of year-class strength of Atlantic cod (*Gadus morhua*) off West Greenland. NAFO Sci. Coun. Studies, 10:7-11.
- HAYS, J. D., IMBRIE, J. AND SHACKLETON, N. J., 1976. Variations in the earth's orbit: Pacemaker of the ice ages. Science, 194:1121-1132.
- HEALEY, M. C., 1990. Implications of climate change for fisheries management policy. Trans. Am. Fish. Soc., 119:366-373.
- HELGASON, V. AND SVEINBJØRNSSON, S., 1987. Revised indices of cod abundance in 0-group surveys in the Iceland - East Greenland area in 1970 - 1986. Int. Coun. Explor. Sea., 59:1-12 (Mimeo).
- HEMPEL, G., 1963. The Causes of Changes in Recruitment. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 154:17-22.
- HEMPEL, G., 1978. Synopsis of the symposium on North Sea fish stocks - Recent changes and their causes. Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer, 172:445-449.
- HERMAN, Y. AND HOPKINS, D. M., 1980. Arctic oceanic climate in Late Cenozoic Time. Science, 209:557-562.
- HILL, B. T. AND JONES, S. J., 1990. The Newfoundland ice extent and the solar cycle from 1860 to 1988. J. geophys. Res., 95:5385-5394.
- HJORT, J., 1914. Vekslingerne i de store Fiskerier. Aschehoug & Co., Kristiania, 267 pp.
- HOLLOWED, A. B. AND BAILEY, K. M., 1989. New perspectives on the relationship between recruitment of Pacific hake *Merluccius productus* and the ocean environment. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 207-220.
- HOLLOWED, A. B., BAILEY, K. M. AND WOOSTER, W. S., 1987. Patterns in recruitment of marine fishes in the Northeast Pacific Ocean. Biological Oceanography, 5: 99-131.
- HOLM, J. C., T. SVÅSAND OG V. WENNEVIK, in press. Håndbok i torskeoppdrett - Stamfiskhold og yngelproduksjon.
- HOPKINS, D. M., 1973. Sea level history in Beringia during the past 250,000 years. Quaternary Research, 520-540.
- IKEDA, M., 1990. Decadal oscillations of the air-ice-ocean system in the northern hemisphere. Atmosphere-ocean, 28:106-139.
- IMBRIE, J. AND IMBRIE, J. Z., 1980. Modeling the climatic response to orbital variations. Science, 207:943-953.
- JACOBSEN, J. P., 1925. On the influence of the currents upon the frequency of the mackerel in the Kattegat and adjacent parts of the Skagerak. Meddr. Kommn. Havunders. Serie: Fiskeri, 7:1-26.

- JAKOBSEN, T., 1987. Recruitment and distribution of North-East Arctic saithe in relation to changes in the environment. In: Loeng, H. (ed.), "The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea", Murmansk, 26-28 May 1986. Institute of Marine Research, Bergen, 213-224. 250 pp.
- JAKOBSSON, J., 1980a. Monitoring the recovery of the Icelandic summer spawning herring. Int. Coun. Explor. Sea, C.M.1980/H:34:1-13.
- JAKOBSSON, J., 1980b. The North Icelandic herring fishery and environmental conditions. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 177:460-465.
- JENSEN, A. S., 1939. Concerning a change of climate. Kgl. Dansk. Vid. Selsk., Biol. Medd., 14:1-74 + 2 figs.
- JOBLING, M., 1988. A review of the physiological and nutritional energetics of cod, *Gadus morhua* L., with particular reference to growth under farmed conditions. Aquaculture, 70:1-19.
- JOHANNESSEN, T. AND TVEITE, S., 1989. Influence of various physical environmental factors on 0-group cod recruitment as modelled by partial least-squares regression. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 191:311-318.
- JONES, P. D., WIGLEY, T.M.L. AND WRIGHT, P.B., 1986. Global temperature variations between 1861 and 1984. Nature, Lond., 322:430-434.
- JONES, R. AND MARTIN, J.H.A., 1981. The relationship between demersal fish landings and bottom temperature. Int. Coun. Explor. Sea, C.M. 1981/G:44:1-5 (1 tab, 2 fig.)(mimeo).
- JONSSON, J., 1954. On the Icelandic Stock of Cod during the Years 1928-1953. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 136:51-57.
- JUNQUERA, S., 1988. Changes in the anchovy fishery of the bay of Biscay in relation to climatic and oceanographic variations in the North Atlantic. In: Wyatt, T. and Larraneta, M.G. (eds.), "Long term changes in marine fish populations", Vigo, Spain, 543-554. 554 pp.
- KALEJS, M. AND OJAVEER, E., 1989. Long-term fluctuations in environmental conditions and fish stocks in the Baltic. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 190: 153-158.
- KAWASAKI, T. AND OMORI, M., 1988. Fluctuations in the three major sardine stocks in the Pacific and the global trend in temperature. In: Wyatt, T. and Larraneta, M.G. (eds.), "Long term changes in marine fish populations", Vigo, Spain, Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo, 37-53.
- KELLOGG, T. B., 1975. Late quaternary climatic changes in the Norwegian and Greenland seas. In: Weller, G. and Bowling, S.A. (eds.), "Climate of the Arctic", Geophysical Institute, Fairbanks, Alaska, 3-36. 463 pp

- KELLY, P. M., 1984. Recent climatic variations in the North Atlantic sector. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 185:226-233.
- KENNETT, J. P., 1977. Cenozoic evolution of Antarctic glaciation, the Circum-Antarctic Ocean, and their impact on global paleoceanography. J. Geophys. Res., 82:3843-3860.
- KREFFT, G., 1963. The Recent Changes in the North Sea Herring Fisheries in the Light of the Environmental Hypothesis. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 154:128-138.
- KROVNIN, A. S. AND RODINOV, S.N., in press. Atlanto-Scandian Herring: A case study. In: Glantz, M. H. (ed.), "Climate and Fisheries Workshop", Boulder, Colorado, 7-9 June 1989.
- LABEYRIE, L. D., DUPLESSY, J.C. AND BLANC, P.L., 1987. Variations in mode of formation and temperature of oceanic deep waters over the past 125,000 years. Nature, Lond., 327:477-482.
- LAEVASTU, T., INGRAHAM, J. AND FAVORITE, F., 1988. Surface wind anomalies and their possible effects on fluctuation of fish stocks via recruitment variations. In: Wyatt, T. and Larraneta, M.G. (eds.), "Long term changes in marine fish populations", Vigo, Spain, 393-413.
- LAMB, H. H., 1969. The new look of climatology. Nature, Lond, 223:1209-1215.
- LAMB, H. H., 1977. Climate history and the future. In: Lamb, H. H. (ed.), "Climate: present, past and future". Methuen & Co LTD, London, 2:308 pp.
- LAMB, H. H. AND WOODROFFE, A., 1970. Atmospheric circulation during the last ice age. Quaternary Research, 1:29-58.
- LARKIN, P. A., 1989. Before and After Ricker (1954) and Beverton and Holt (1957). Can. Spec. Publ. Fish. Aquat., 108:5-9.
- LEE, A. J., 1949. The forecasting of climatic fluctuations and its importance to the Arctic fishery. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 125:40-41.
- LOENG, H., 1989. The influence of temperature on some fish population parameters in the Barents Sea. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 9:103-113.
- LOENG, H., 1990. Miljøfaktorenes innflytelse på fiskeriene. Foredrag ved 22. nordiske fiskerikonferanse, Bornholm, 13-15 august 1990. 8 pp. + 8 figs. (Mimeo).
- LONGHURST, A., 1984. Heterogeneity in the ocean - implications for fisheries. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 185:268-282.
- LONGHURST, A. R., 1985. The structure and evolution of plankton communities. Prog. Oceanog., 15:1-35.

- MADDOCK, L. HARBOUR, D.S. AND BOALCH, G.T., 1989. Seasonal and year-to-year changes in the phytoplankton from the Plymouth area, 1963-1986. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 69:229-244.
- MAGNUSSON, J., 1968. On the occurrence of Capelin Larvae in Icelandic Waters in relation to temperature. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 158:31.
- MALMBERG, S. A., 1988. Ecological impact of hydrographic conditions in Icelandic waters. In: Wyatt, T. and Larraneta, M.G. (eds.) "Long term changes in marine fish populations", Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo, Vigo, Spain, 95-123.
- MARTIN, J. H. AND FITZWATER, S.E., 1988. Iron deficiency limits phytoplankton growth in the North-east Pacific Subarctic. *Nature*, 331:341-343.
- MCINTYRE, A., KIPP, N.G., BÉ, A.W.H., CROWLEY, T., KELLOGG, T., GARDNER, J.V., PRELL, W. AND RUDDIMAN, W.F., 1976. Glacial North Atlantic 18,000 years ago: a CLIMAP reconstruction. In: Cline, R. M. and Hays, J.D. (eds.), "Investigation of late quaternary paleoceanography and paleoclimatology", The Geological Society of America, Inc., 145:43-76. 464 pp.
- MCINTYRE, A. D., 1988. Fishery resources. In: Salomons, W. Bayne, B.L., Duursma, E.K. and Forstner, U. (eds.), "Pollution of the North Sea. An assessment", Springer-Verlag, Berlin, 152-163.
- MEHL, S., 1989. The Northeast Arctic cod stock's consumption of commercially exploited prey species in 1984-1986. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 188:185-205.
- MEHL, S. AND SUNNANÅ, K., 1990. Changes in growth of Northeast Arctic cod related to food consumption in 1984 - 1988. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 1-12.
- MIDTTUN, L., 1985. Formation of dense bottom water in the Barents Sea. *Deep-Sea Res.*, 32(10):1233-1241.
- MIDTTUN, L., 1989. Climatic fluctuations in the Barents Sea. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 188:23-35.
- MIDTTUN, L. AND H. LOENG, 1987. Climatic variations in the Barents Sea. In: Loeng, H. (ed.), "The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea. Proceeding of the third Soviet-Norwegian Symposium", Murmansk, 26-28 May 1986. *Inst. of Mar. Res., Bergen*, 13-27.
- MOKSNESS, E., 1990. Tilvekstforsøk med gråsteinbit og flekksteinbit. *Norsk Fiskeoppdrett*, 30-31.
- MOKSNESS, E. AND V. ØIESTAD, 1987. Interaction of Norwegian spring spawning herring larvae (*Clupea harengus*) and Barents Sea capelin larvae (*Mallotus villosus*) in a mesocosm study. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 44:32-42.

- MONSTAD, T. AND BLINDHEIM, J., 1986. Relationship in distribution of blue whiting and hydrographic conditions in the Norwegian sea during summer, 1980-85. Int. Coun. Explor. Sea, C.M.1986/H:54:1-18 (Mimeo).
- MOSBY, H., 1960. Havet. I: Rollefsen, G. (ed.), "Havet og våre fisker". J.W. Eides forlag, Bergen, 1:13-42. 156 pp.
- MOURA, O. AND DOS SANTOS, G.A., 1984. Relating pilchard abundance to solar activity. Int. Coun. Explor. Sea., C.M.1984/H:48:1-9 (Mimeo).
- MUCK, P., SANDOVAL DE CASTILLO, O. AND CARRASCO, S., 1987. Abundance of sardine, mackerel and horse mackerel eggs and larvae and their relationship to temperature, turbulence and anchoveta biomass off Peru. In: Pauly, D. and Tsukayama, I. (eds.), "The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: Three decades of change". Instituto del Mar del Peru, Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, Manila, 268-275. 351
- MUIR, M. S., 1977. Possible solar control of North Atlantic oceanic climate. Nature, 266:475-476.
- NAKKEN, O. AND RAKNES, A., 1987. The distribution and growth of northeast Arctic cod in relation to bottom temperatures in the Barents Sea, 1978-1984. Fish. Res., 243-252.
- NEDREAAS, K. AND ØYNES, P., 1987. Distribution of deep sea shrimp (*Pandalus borealis* Krøyer) in relation to temperature in the Barents Sea. In: Loeng, H. (ed.), "The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea", Murmansk, 26-28 May 1986. Institute of Marine Research, Bergen, 237-242. 250
- NEDREAAS, K., SENNESET, H. OG SMEDSTAD, O.M., 1989. Kartlegging av 0-gruppe fisk utanfor norskekysten i april-mai 1989. HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram), 27:1-11.
- NEHRING, D., SCHULTZ, S. AND RECHLIN, O., 1989. Eutrophication and fishery resources in the Baltic. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 190:198-205.
- NEWELL, N. E., NEWELL, R.E., HSIUNG, J. AND ZHONGXIANG, WU., 1989. Global marine temperature variation and the solar magnetic cycle. Geophys. Res. Lett., 16: 311-314.
- NIEBAUER, H. J. AND SMITH, JR. W.O., 1989. A numerical model of mesoscale physical-biological interactions in the fram strait marginal ice zone. J. Geophys. Res., 94:16,151-16,175.
- NORDBERG, K., 1989. Giftalger i Kattegatt - en gammel nyhet. Forskning och Framsteg, april:18-20.
- OLSEN, S., 1968. Some results of the Norwegian Capelin Investigation 1960-1965. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 158:18-23.

- OTTESTAD, P., 1960. Forecasting the annual yield in sea fisheries. *Nature, Lond.*, 185:183.
- OWENS, N. J. P., COOK D., COLEBROOK M., HUNT H. AND REID P.C., 1989. Long terms trends in the occurrence of *Phaeocystis* sp. in the North-East Atlantic. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 813-821.
- PAVSHTIKS, E. A. AND TIMOKHINA, A.F., 1972. History of investigation on plankton in the Norwegian Sea and main results of Soviet investigations. *Pros. R.S.E.*, 73: 267-278.
- PEDERSEN, T., 1984. Variation of peak spawning of Arcto-Norwegian cod (*Gadus morhua* L.) during the period 1929-1982 based on indices estimated from fishery statistics. In: Dahl, E. Danielssen, D.S., Moksness, E. and Solemdal, P. (eds.), "The Propagation of Cod *Gadus morhua* L.", 1:301-316.
- PEDERSEN, T. AND JOBLING, M., 1989. Growth rates of large, sexually mature cod, *Gadus morhua*, in relation to condition and temperature during an annual cycle. *Aquaculture*, 81:161-168.
- PEDERSEN, T. JOBLING, M., CARLSEN, B. OG SKAVBERG, N.E., 1989. Vekst hos torsk i oppdrett. *Norsk fiskeoppdrett*, 3:38-39.
- PETIT, J. R., MOUNIER, L., JOUZEL, J., KOROTKEVICH, Y.S., KOTLAYAKOV, V.I. AND LORIUS, C., 1990. Palaeoclimatological and chronological implications of the Vostok core dust record. *Nature, Lond.*, 343:56-58.
- POLLACK, J. B., 1982. Solar, Astronomical, and Atmospheric Effects on Climate. In: "Studies in Geophysics: Climate in Earth History". National Academy Press, Washington, D.C., 68-76.
- PONOMARENKO, I. YA, 1973. The effects of food and temperature conditions on the survival of young bottom-dwelling cod in the Barents Sea. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 164:201-207.
- PONOMARENKO, V. P., 1968. Some data on the distribution and migrations of Polar Cod in the seas of the Soviet Arctic. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 158:131-135.
- POSTUMA, K. H., 1971. The effect of temperature in the spawning and nursery areas on recruitment of autumn-spawning herring in the North Sea. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 160:175-183.
- PROKHOROV, V. S., 1968. Materials on the Ecology of Capelin in the Barents Sea. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 158:23-31.
- RADACH, G., 1984. Variations in the plankton in relation to the climate. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 185:234-254.

- RAITT, D. F. S., 1968. The Biology and Commercial Potential of the Blue Whiting in the North-East Atlantic. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 158: 108-115.
- REGIER, H. A., MAGNUSON, J.J. AND COUTANT, C.C., 1990. Introduction to proceedings: Symposium on effects of climate change on fish. Trans. Am. Fish. Soc., 119: 173-175.
- REID, G. C. AND GAGE, K.S., 1988. The climatic impact of secular variations in solar irradiance. In: Stephenson, F. R. and Wolfendale, A.W. (eds.), "Secular Solar and Geomagnetic Variations in the Last 10,000 Years", Kluwer Academic Publishers, 225-243.
- REID, P. C., 1984. Year-to-year changes in zooplankton biomass, fish yield and fish stock in the North Sea. Int. Coun. Explor. Sea., C.M.1984/L:39:1-7. 4 figs. (Mimeo).
- REID, P. C., TAYLOR, A.H. AND STEPHENS, J.A., 1988. The Hydrography and Hydrographic Balances of the North Sea. In: Salomons, W. Bayne, B.L., Duursma, E.K. and Forstner, U. (eds.), "Pollution of the North Sea. An assessment". Springer-Verlag, Berlin, 3-19.
- REINERTSEN, H., BERGE, O., BERGE, T.P., GRØNTVEDT, S., HOLE, R., JENSEN, A., LANGELAND, A. AND VOLDEN, H., 1990. Perspektivanalyse for havbruk. NTNF, 1-204.
- REY, F., SKJOLDAL, H.R. AND SLAGSTAD, D., 1987. Primary production in relation to climatic changes in the Barents Sea. In: "The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea", Murmansk, 26-28 May 1986. Institute of Marine Research, Bergen, 29-45.
- RILEY, J. D., SYMONDS, D.J. AND WOOLNER, L., 1981. On the factors influencing the distribution of 0-group demersal fish in coastal waters. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 178:223-228.
- ROFF, J. C., MIDDLEBROOK, K. AND EVANS, F., 1988. Long-term variability in North Sea zooplankton off the Northcumberland coast: Productivity of small copepods and analysis of trophic interactions. J. mar. biol. Ass. U. K., 68:143-164.
- ROGERS, J. C., 1985. Atmospheric circulation changes associated with the warming over the northern North Atlantic in the 1920s. J. Clim. & Appl. Meteorol., 24: 1303-1311.
- ROLLEFSEN, G., 1948. Vekslingene i torskefisket og sildefisket. Naturen, 7-8:198-205.
- ROLLEFSEN, G., 1954. Observations on the cod and cod fisheries of Lofoten. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 135:40-47.

- RUDDIMAN, W. F. , RAYMO, M. AND MCINTYRE, A., 1986. Matuyama 41,000-year cycles: North Atlantic Ocean and northern hemisphere ice sheets. *Earth and Planetary Science Letters*, 80:117-129.
- RØRVIK, C. J. OG TVEITE, S., 1982. Bestandsanalyse av hummer på Skagerrakkysten. *Flødevigen rapp. ser.*, 3:1-20.
- RØTTINGEN, I., 1989. The 1983 year class of Norwegian spring spawning herring as juveniles and recruit spawners. In: "Biology of fisheries of the Norwegian spring spawning herring and blue whiting in the Northeast Atlantic", Bergen, June 1989. 40pp (mimeo).
- SAEMUNDSSON, B., 1934. Probable influence of changes in temperature on the marine fauna of Iceland. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 86:1-6.
- SAFRAN, P., 1987. Study of a coastal nursery from the by-catch of an artisanal brown shrimp (*Crangon crangon*, L.) fishery. *Int. Coun. Explor. Sea*, 10:239-248.
- SAKSHAUG, E. AND SKJOLDAL, H.R., 1989. Life at the ice edge. *Ambio*, 18(1):60-67.
- SARNTHEIN, M. AND WINN, K., 1988. Global variations of surface ocean productivity in low and mid latitudes: Influence on CO₂ reservoirs of the deep ocean and atmosphere during the last 21,000 years. *Paleoceanography*, 3:361-399.
- SCHERHAG, R., 1937. Die Erwärmung der Arktis. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 12(3): 263-276.
- SEAR, C., 1987. Wetter weather linked to greenhouse effect..... and cooler years blamed on 'mystery volcano'. *New Scientist*, 115:27.
- SHACKLETON, L. Y., 1988. Fossil pilchard and anchovy scales-indicators of past fish populations off Namibia. In: Wyatt, T. and Larraneta, M.G. (eds.), "Long term changes in marine fish populations", Vigo, Spain, Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo, 55-68.
- SHARP, G. D., in press. Climate and fisheries: Cause and effect - A system Review. In: "Long-term variability of pelagic fish populations and their environment", Japan, 14-17 Nov 1989.
- SHARP, G. D., 1988. Separation of human-induced from natural, regional climatic variability on decadal to centennial time scales". In: NOAA Work Shop Report, Boulder and Aspen, Colorado, 1-12 August 1988. 59 pp.
- SHEPHERD, J. G. , POPE, J.G. AND COUSENS, R.D., 1984. Variations in fish stocks and hypotheses concerning their links with climate. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 185:255-267.
- SHERMAN, K., JONES, C., SULLIVAN, L., SMITH, W., BERRIEN, P. AND EJSYMONT, L., 1981. Congruent shifts in sand eel abundance in western and eastern North Atlantic ecosystems. *Nature*, 291:486-489.

- SHUTER, B. J. AND POST, J.R., 1990. Climate, population viability and the zoogeography of temperate fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 119:314-336.
- SIEGENTHALER, U., 1990. El Niño and atmospheric CO₂. *Nature*, 345:295-296.
- SIMPSON, J. J., 1987. Transport processes affecting the survival of pelagic fish stocks in the California current. *Am. Fish. Soc. Symp.*, 2:39-60.
- SINCLAIR, M. & T.D. ILES, 1988. Population richness of marine fish species. *Aquat. Living Resour.*, 1:71-83.
- SKJOLDAL, H. R. AND DUNDAS, I., 1989. The *Chrysochromulina polylepsis* bloom in the Skagerrak and the Kattegat in May-June 1988: Environmental conditions, possible causes and effects. *Int. Coun. Explor. Sea, C.M.1989/L:18:1-61* (Mimeo).
- SKJOLDAL, H. R. , HASSEL, A., REY, F. AND LOENG, H., 1987. Spring phytoplankton development and zooplankton reproduction in the central Barents Sea in the period 1979-1984. In: Loeng, H. (ed.), "The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea", Murmansk, 26-28 May 1986. Institute of Marine Research, Bergen, 59-89.
- SKJOLDAL, H. R. AND RAY, F., 1989. Pelagic production and variability of the Barents Sea ecosystem. In: Sherman, K. and Alexander, L.M. (eds.), "Biomass Yields and geography of large marine ecosystems", AAAS Selected Symposium III, 241-286. 493 pp
- SKUD, B. E., 1982. Dominance in Fishes: The Relation Between Environment and Abundance. *Science*, 144-149.
- SMED, J., 1949. The increase in the sea temperature in northern waters during recent years. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer*, 125:21-26.
- SOLEMDAL, P., 1989. Torskellarveprosjektene 1975-1988. Rapport/Notat Nr BKO 8903, 1-108.
- SOLEMDAL, P., KNUTSEN, T. AND BJØRKE, H., 1989. Spawning areas and spawning period of the Arcto-Norwegian haddock (*Melanogrammus aeglefinus* L.). HELP (Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram, 1989., 25:1-40.
- SOLOMON, A. M. , TRABALKA, J.R., REICHLER, D.E. AND VOORHEES, L.D., 1985. The global cycle of carbon. In: Trabalka, J. R. (ed.), "Atmospheric carbon dioxide and the global carbon cycle", Dept. of Energy, Washington DC., 3-24.
- SOUTHWARD, A. J., 1984. Fluctuations in the "indicator" chaetognaths *Sagitta elegans* and *Sagitta setosa* in the Western Channel. *Oceanologica acta*, 7:229-239.

- SOUTHWARD, A. J. AND BOALCH, G.T., 1988. Aspects of long term changes in the ecosystem of the western English channel in relation to fish populations. In: Wyatt, T. and Larraneta, M.G. (eds.) "Long term changes in marine fish populations", Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo, Vigo, Spain, 415-447.
- SOUTHWARD, A. J. , BOALCH,G.T. AND MADDOCK,L., 1988. Fluctuations in the herring and pilchard fisheries of Devon and Cornwall linked to change in climate since the 16th century. J. mar. biol. Ass. U. K., 68:423-445.
- STEIN, M., 1990. Greenhouse induced changes in the North Atlantic - implications for fisheries. NAFO SCR Doc.90/78.Serial No.N1800, 12 pp. (Mimeo).
- STEPHENSON, F. R., 1988. Solar variability from historical records. In: Stephenson, F. R. and Wolfendale,A.W. (eds.) "Secular solar and geomagnetic variations in the last 10,000 years", Kluwer academic publishers, 109-129.
- STOMMEL, H., 1979. Oceanic warming of Western Europe. Proc.Nat.Acad.Sci., U.S.A., 76: 2518-2521.
- STREETER, S. AND SHACKLETON,N.J., 1979. Paleocirculation of the deep North Atlantic: 150,000-year record of benthic foraminifera and oxygen-18. Science, 203: 168-171.
- SUNDBY, S.,BJØRKE H., SOLDAL, A.V. AND OLSEN, S., 1989. Mortality rates during the early life stages and year-class strength of northeast Arctic cod (*Gadus morhua* L.). Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 191:351-358.
- SUNDBY, S. OG BRATLAND, P., 1987. Kartlegging av gytefeltene for norsk-arktisk torsk i Nord-Norge og beregning av eggproduksjon i årene 1983-1985. Fisken Hav., 1: 1-58.
- SVERDRUP, H. U., 1953. On conditions for the vernal blooming of phytoplankton. J. Cons. int. Explor. Mer, 18:287-295.
- SÆTERS DAL, G., 1980. A review of past management of some pelagic stocks and it's effectiveness. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 177:505-512.
- SÆTERS DAL, G. AND LOENG, H., 1987. Ecological adaptation of reproduction in Northeast Arctic cod. Fish. Res., 5:253-270.
- SÆTERS DAL, G. AND HYLEN,A., 1964. The decline of the skrei fisheries. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 13:56-69.
- SÆTRE, R. AND J. GJØSÆTER, 1975. Ecological investigations on the spawning grounds of the Barents Sea capelin. FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 16:203-227.
- TAIT, J. B. AND MARTIN, J.H.A., 1965. Inferential biological effects of long-term hydrographical trends deduced from investigations in the Faroe-Shetland Channel. ICNAF,Spec. Publ., 6:855-858.

- TANNEHILL, I. R., 1947. Drought; its causes and effects. O.U.P. London, 264 pp.
- TAYLOR, A. H. AND STEPHENS, J.A., 1980. Latitudinal displacements of the Gulf Stream (1966 to 1977) and their relation to changes in temperature and zooplankton abundance in the NE Atlantic. *Oceanologica Acta*, 3:145-149.
- TEMPLEMAN, W., 1972. Year-class success in some North Atlantic stocks of cod and haddock. *ICNAF, Spec.Publ.*, 8:223-238.
- THOMPSON, A. B. AND HILDEN, M., 1987. Relationship between March sea temperature and year-class strength for selected North Sea and west of Scotland fish stocks, 1960-84. *Int.Coun.Explor.Sea, CM 1987/G:49:1-10* (Mimeo).
- THOMPSON, J. D., 1981. Climate, upwelling, and biological productivity. Some primary relationships. In: Glantz, M. H. and Thompson, J.D. (eds.), "Resource management and environmental uncertainty. Lessons from coastal upwelling fisheries", John Wiley & Sons, New York, *Advances in environmental science and technology*, 13-33.
- THOMPSON, M. L. , ENTING, I.G., PEARMAN, G.I. AND HYSON, P., 1986. Interannual variation of atmospheric CO₂ concentration. *Atmos. Chem.*, 4:125-155.
- TINSLEY, B. A., 1988. The solar cycle and the QBO influences on the latitude of storm tracks in the North Atlantic. *Geophysical Research Letters*, 15:409-412.
- TJELMELAND, S., 1987. The effect of ambient temperature on the spawning migration of capelin. In: Loeng, H. (ed.), "The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea", Murmansk, 26-28 May 1986. Institute of Marine Research, Bergen, 225-236. 250
- TONN, W. M., 1990. Climate change and fish communities: A conceptual framework. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 119:337-352.
- TÅNING, Å. V., 1953. Long term changes in hydrography and fluctuations in fish stocks. *ICNAF, Ann. Proc.*, 3:69-77.
- ULLTANG, Ø., 1982. Exploitable marine fish resources in Norwegian waters. In: Låg, J. (ed.), "Basis of accounts for Norway's natural resources". Universitetsforlaget, Oslo, 211-218.
- URSIN, E., 1982. Stability and variability in the marine ecosystem. *Dana*, 2:51-67.
- URSIN, E. AND ANDERSEN, K.P., 1978. A model of the biological effects of eutrophication in the North Sea. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 172:366-377.
- VAN LOON, H. AND LABITZKE, K., 1988. Association between the 11-year solar cycle, the QBO, and the atmosphere. Part II: Surface and 700 mb in the northern hemisphere in winter. *J. Climate*, 1:905-920.

- VILHJALMSSON, H., 1968. A contribution to the knowledge of the Icelandic Capelin. Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 158:32-38.
- VINJE, T. E., 1983. Sea ice conditions in 1982. Norsk Polar inst. Årb., 49-53.
- VORREN, T. O., VORREN, K.D., ALM, T., GULLIKSEN, S. AND LØVLIE, R., 1988. The last deglaciation (20,000 to 11,000 B.P.) on Andøya, northern Norway. Boreas, 17: 41-77.
- WAIWOOD, K. G., 1988. Interannual variation in growth of southern Gulf of St. Lawrence cod (*Gadus morhua*) in relation to biomass, diet composition, river runoff and temperature. In: Wyatt, T. and Larraneta, M.G. (eds.), "Long term changes in marine fish populations", Vigo, Spain, Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo, 139-160.
- WARE, D. M., in press. Climate, predators and prey: Behaviour of a linked oscillating system. In: "Long-term variability of pelagic fish populations and their environment", Japan, 16-17 Nov. 1989.
- WARE, D. M. AND MCFARLANE, G.A., 1989. Fisheries production Domains in the Northeast Pacific Ocean. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat., 108:359-379.
- WIBORG, K. F., 1955. Zooplankton in relation to hydrography in the Norwegian Sea. FiskDir. Skr. Ser. Havunders., 11:1-66.
- WIGLEY, T. M. L., 1988. The climate of the past 10,000 years and the role of the sun. In: Stephenson, F. R. and Wolfendale, A.W (eds.), "Secular and geomagnetic variations in the last 10,000 years", Kluwer Academic Publishers, 209-224.
- WROBLEWSKI, J. S., SARMIENTO, J.L. AND FLIERL, G.R., 1988. An ocean basin scale model of plankton dynamics in the North Atlantic. 1. Solutions for the climatological oceanographic conditions in May. Global biogeochemical cycles, 2:199-218.
- WULFF, F. AND RAHM, L., 1988. Long-term, seasonal and spatial variations of nitrogen, phosphorus and silicate in the Baltic: an overview. Mar. Environ. Res., 26: 19-37.
- WYATT, T., 1983. Fluctuations in North Atlantic fish populations. In: "Proceedings of 17. EMBS", Brest, France, 27 Sept.-10 Oct. 1982. Oceanologica acta, 219-222.
- WYATT, T. AND VAZQUEZ, A., 1988. The interaction of lunar and solar time in relation to fish abundance. In: Wyatt, T. and Larraneta, M.G. (eds.), "Long term changes in marine fish populations", Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo, Vigo, Spain, 181-195.
- YAMAMOTO, R. T. IWASHIMA, AND M. HOSHIAI, 1987. Climate jump in the polar region (I). Proc.NIPR Symp.Polar Meteorol. Glaciol., 1:91-102.
- YANG, J., 1982. An estimate of the fish biomass in the North Sea. J. Cons. int. Explor. Mer, 40:161-172.

ZIJLSTRA, J. J. AND DE WOLF, P., 1988. Natural Events. In: Salomons, W. Bayne , B.L., Duursma, E.K. and Forstner, U. (eds.), "Pollution of the North Sea. An assessment". Springer-Verlag, Berlin, 164-182. 687 pp.

ØIESTAD, V., ELLERTSEN, B., SOLEMDAL, P. AND TILSETH, S., 1976. Rearing of different species of marine fish fry in constructed basin. In: G. Persoone & E. Jaspers (eds.), "Proc. 10th. Europ. Mar. Biol. Symp.", Universa Press, Wettern, 1: 303-329.

TAB.A1. Variasjoner i rekruttering hos fisk i Nordsjøen i perioden 1963-1975. Verdiene er normalisert i forhold til den sterkeste årsklassen for hver enkelt art, som er satt til 100. Ratio er forholdet mellom den sterkeste og svakeste observerte årsklasse (URSIN 1982).

Year class	Gadoids					Flatfishes		Clupeids		Sand-eel	Macke-rel		
	Cod	Haddock	Whiting	Saithe	Norway pout	Plaice	Sole	Herring	Sprat				
1963	52	1	14	17	4	100	100	100				10	
1964	49	1	26	23	6	29	21	53				26	
1965	70	2	30	18	0.5	28	11	47				43	
1966	63	12	37	50	7	25	11	66	59			62	
1967	20	100	100	51		21	18	65	62			10	
1968	19	6	33	55	2	27	9	36	37			16	
1969	82	2	30	29		32	26	78	41			100	100
1970	100	14	33	29	45	25	6	62	20	100		9	12
1971	18	21	68	30	7	20	14	41	19	21			17
1972	35	4	90	40	16	62	19	19	46	47			4
1973	31	21	63	100	100	40	18	47	91	28			15
1974	51	40	92	27	38	25	7		100	86			11
1975	27	9	37	50	18	37	22		79	41			4
Ratio	6	100	7	6	200	5	17	5	5	5		11	25

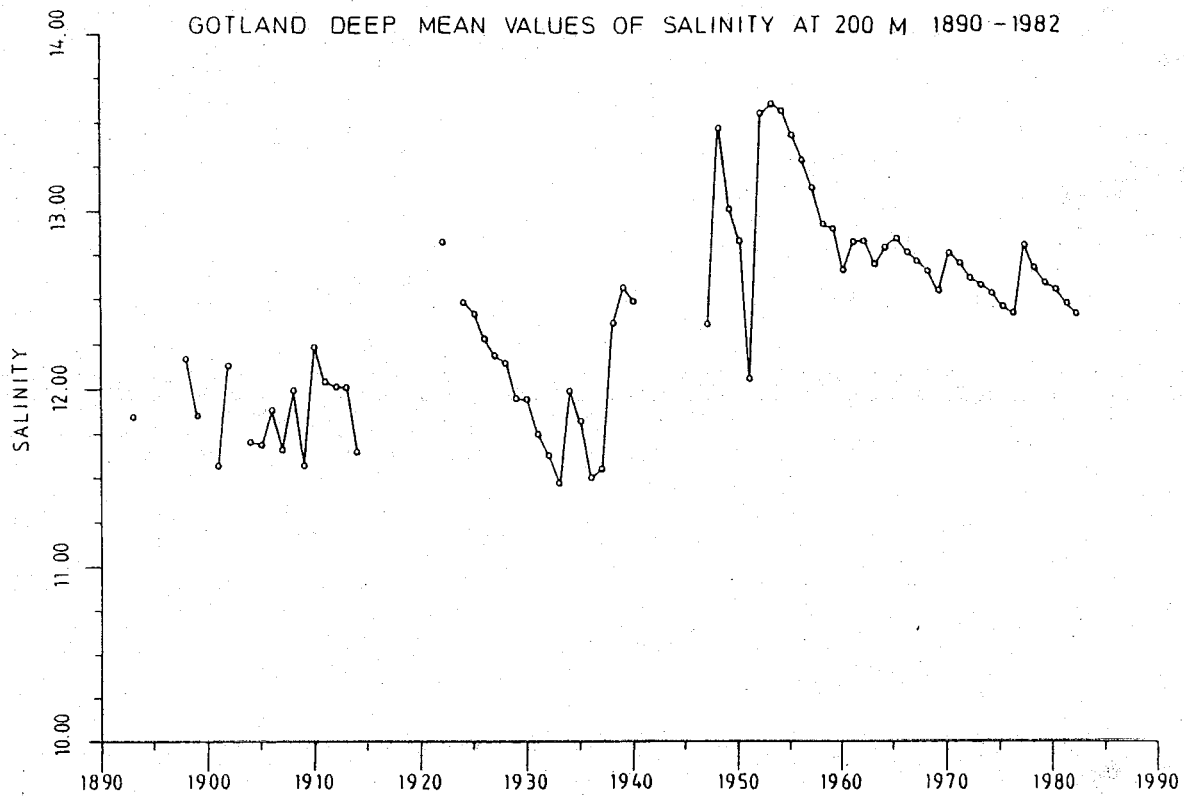


FIG.A1. Saltmålinger på 200 m dyp i Gotlandsdypet siden 1890. En legger merke til det høyere nivået fra slutten av 1940-årene (FONSELIUS ET AL. 1984).

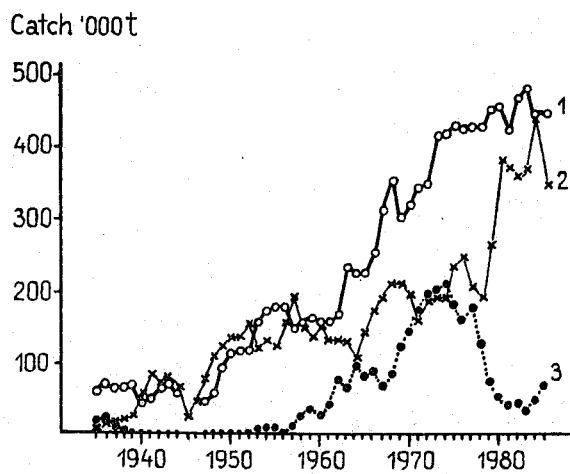


FIG.A2. Fisket av torsk (1), sild (2) og brisling (3) i Østersjøen fra 1935 til 1985 (KALEJS AND OJAVEER 1989).

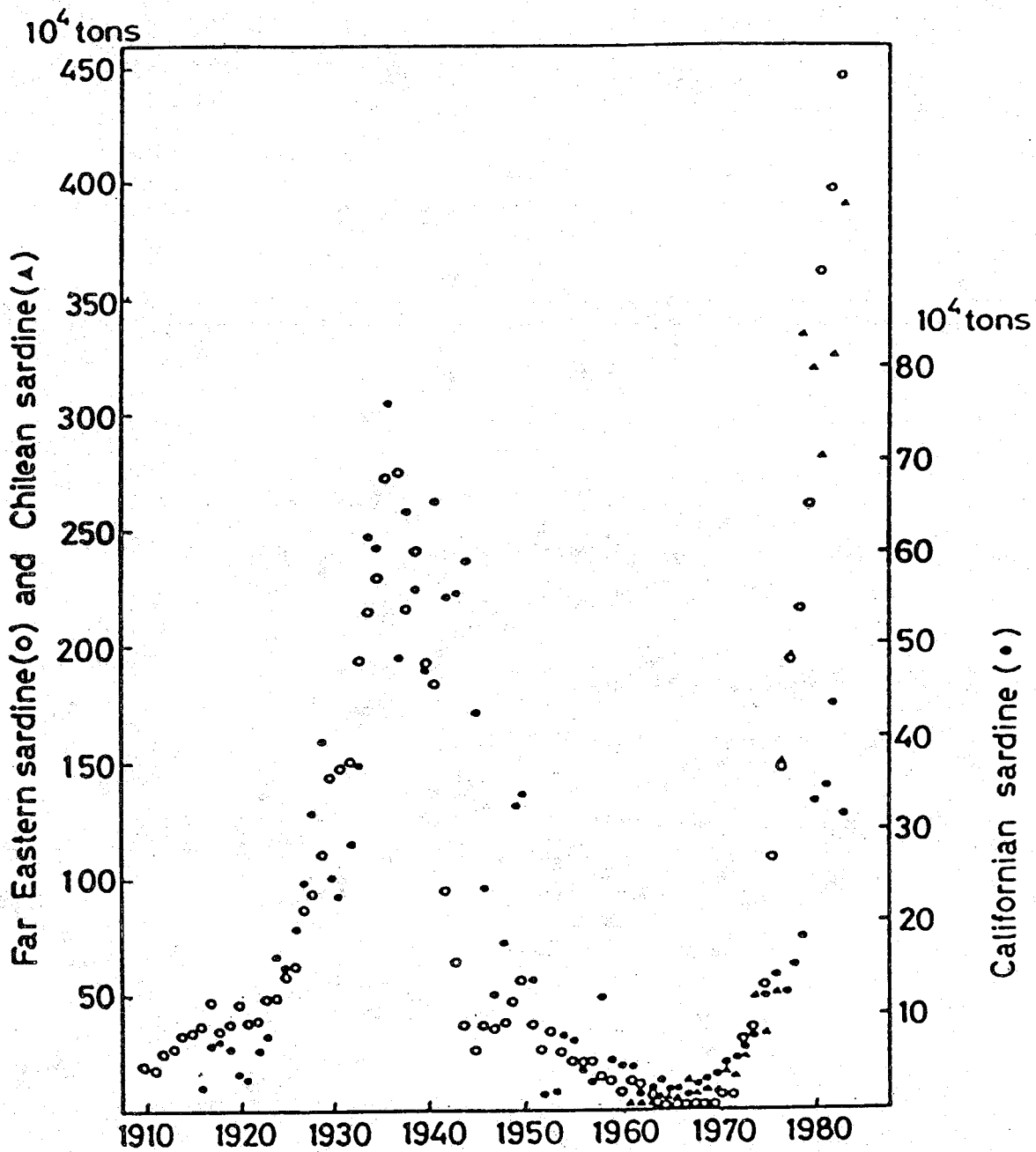


FIG.A3. Svingningene i fangstene av tre sardinbestander i Stillehavet i dette århundret. En legger merke til at alle tre bestandene svinger i takt med en felles svak periode mellom 1950-1970 (KAWASAKI AND OMORI 1988).

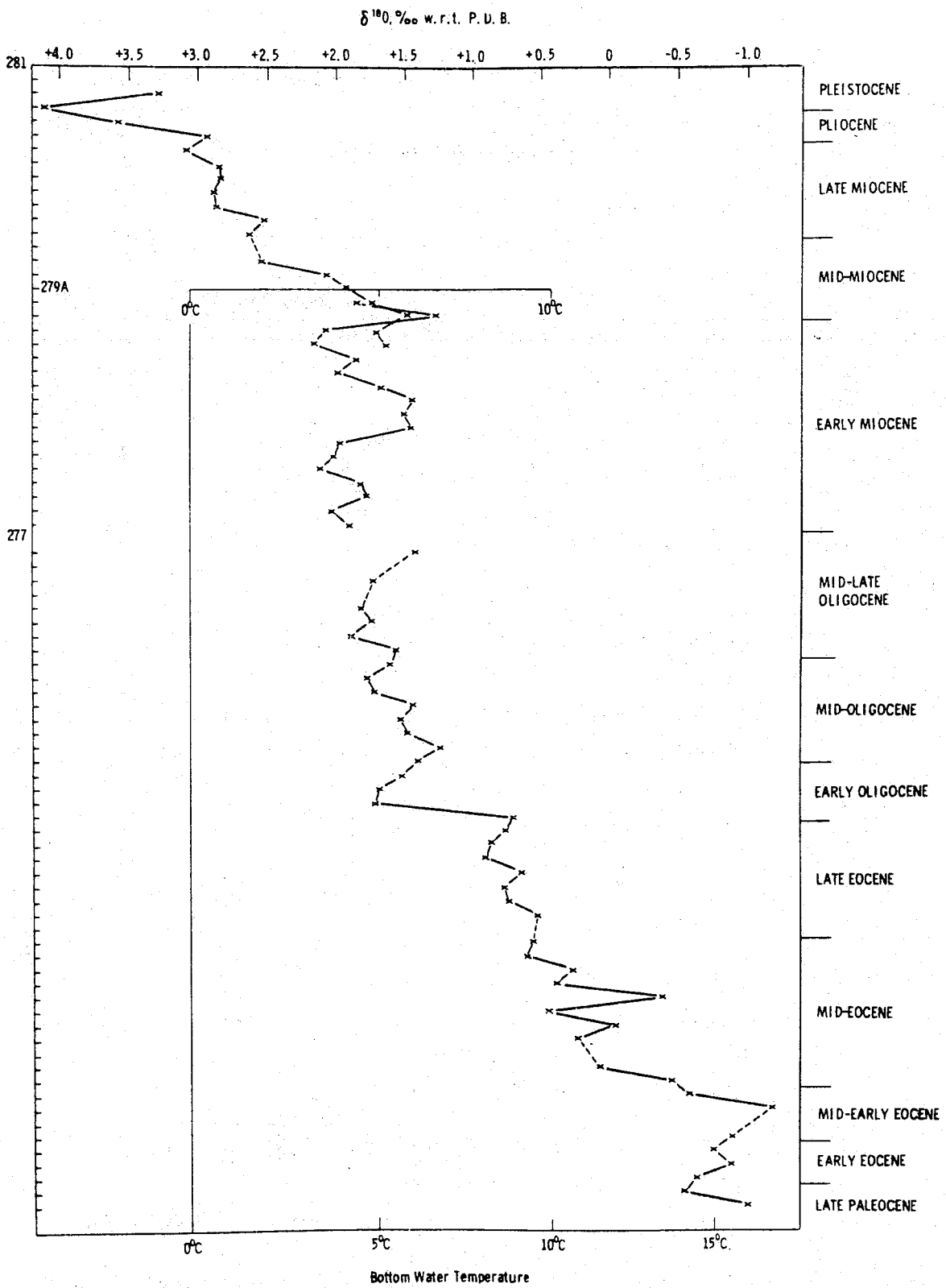


FIG.A4. Temperaturen i bunnvannet sør for New Zealand de siste 60 mill år (KENNETT 1977).

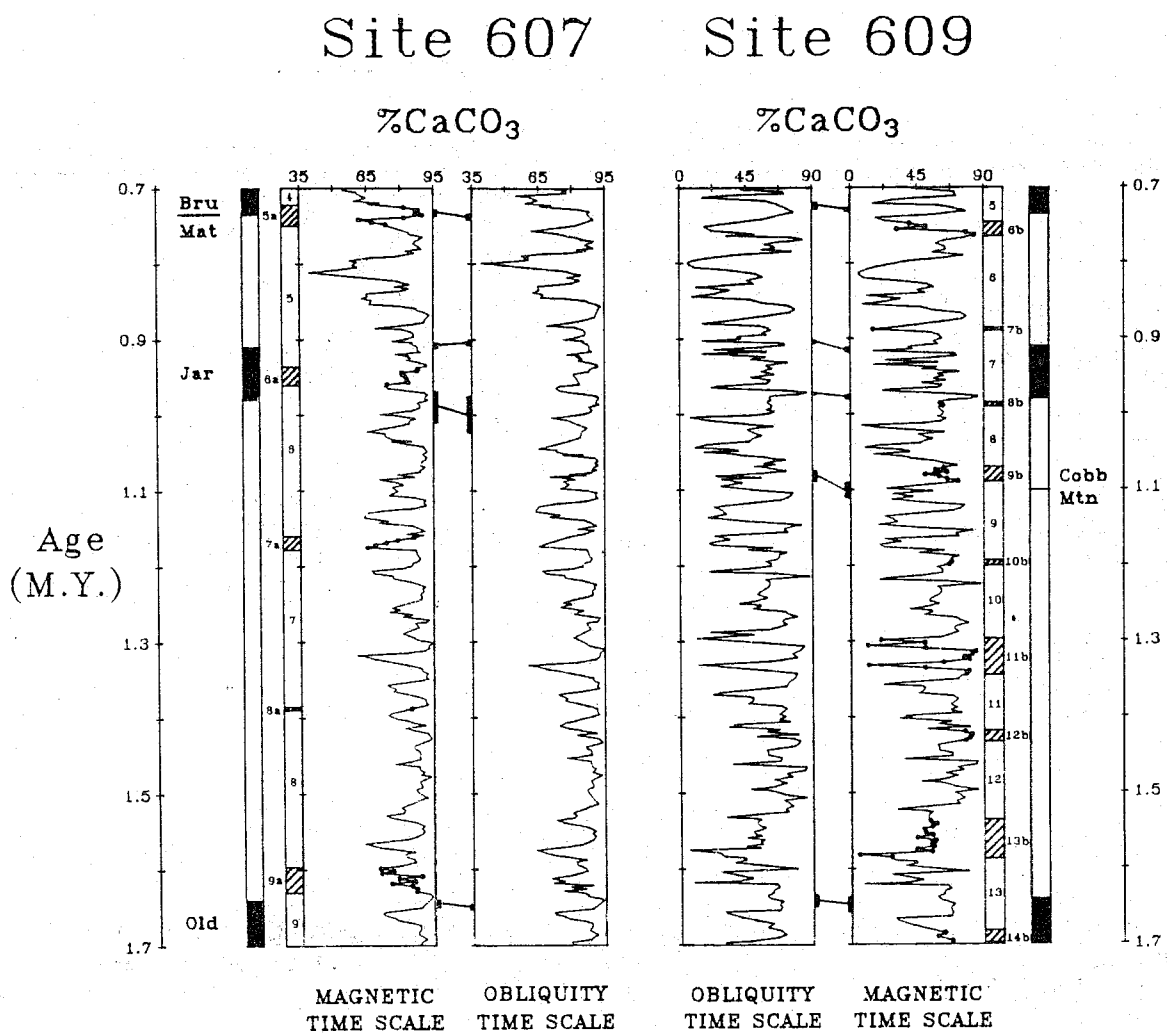


FIG.A5. Klimavekslingene fra 1,7 til 0,7 mill år før nåtid illustrert i sedimentkjerner (RUDDIMAN ET AL. 1986).

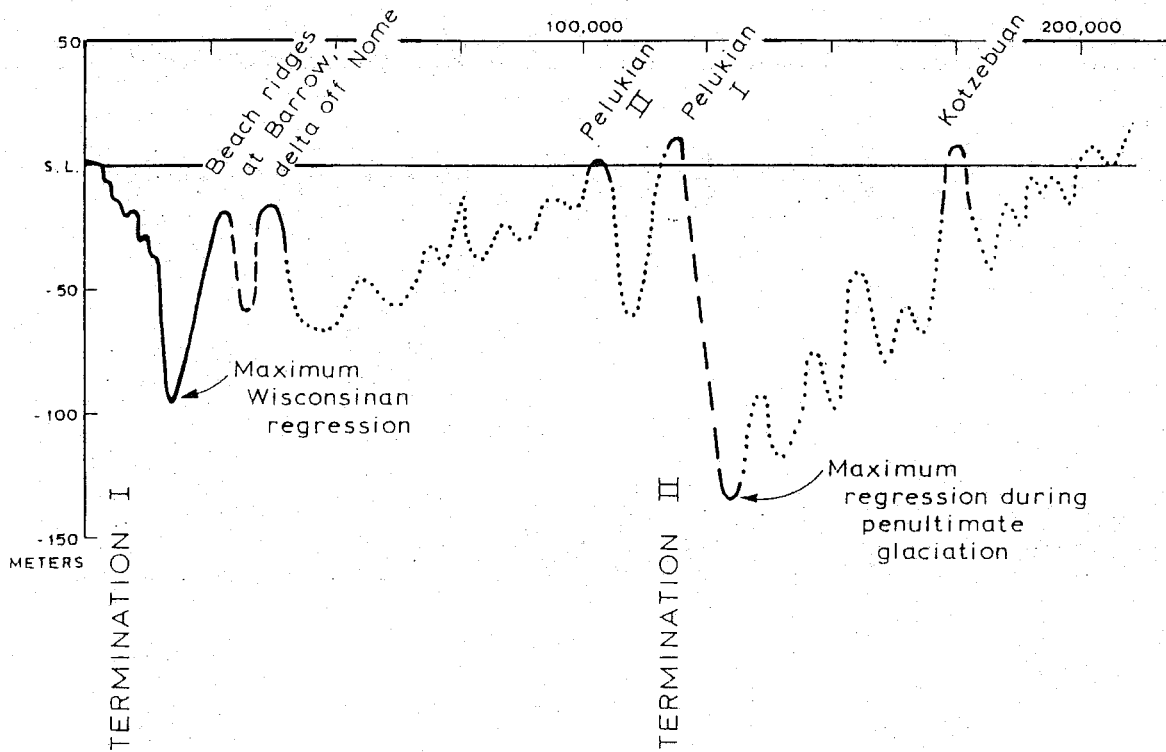


FIG.A6. Endringer i havnivå sammenlignet med dagens nivå i det nordlige Stillehavet der en legger merke til at havet stod høyere enn nå i forrige mellomistid for knapt 120 000 år siden (HOPKINS 1973).

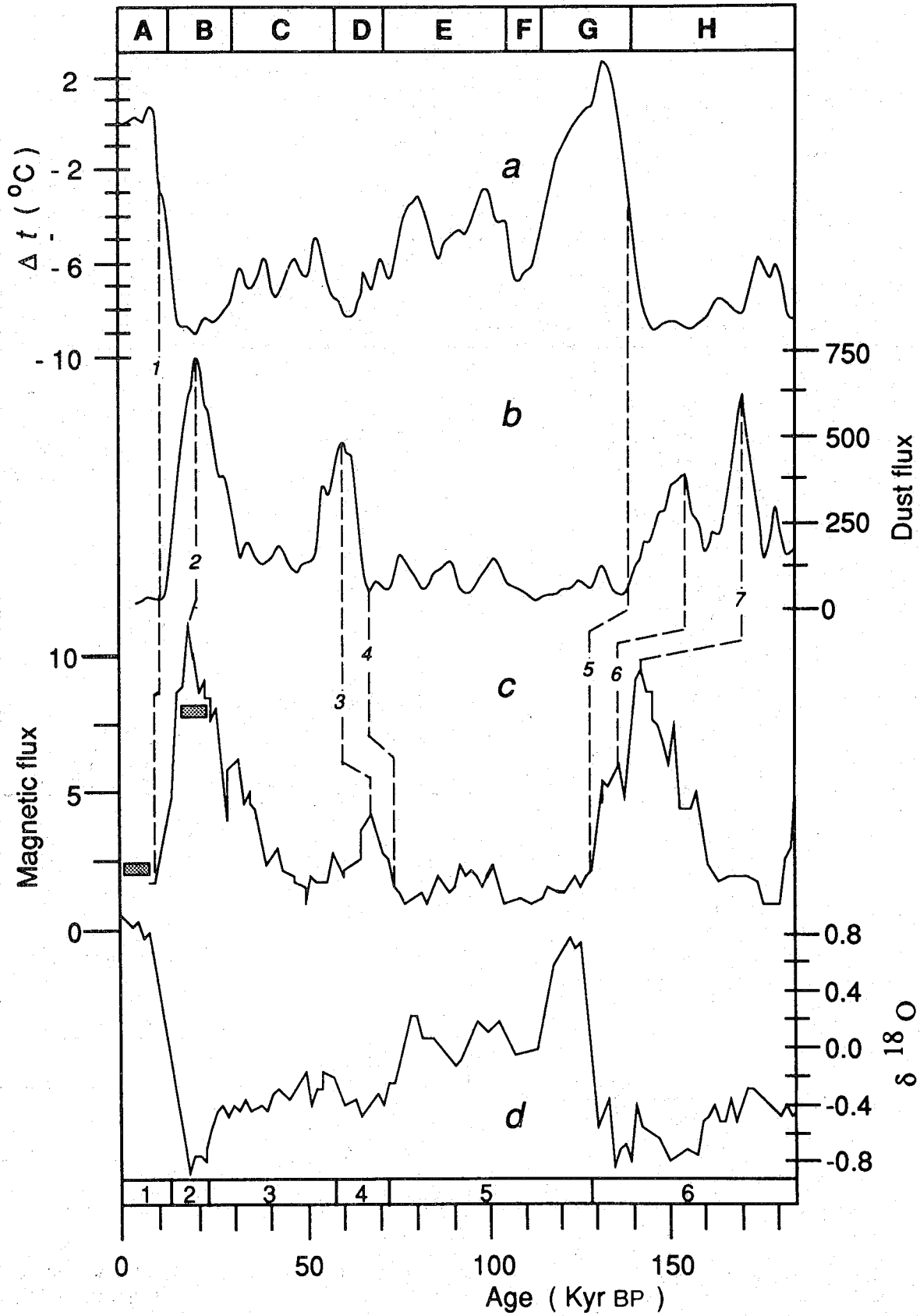


FIG.A7. Temperaturberegninger fra iskjerne i Antarktis ("Vostok") for de siste 180 000 år der forrige varmeperiode trer klart fram med høyere temperatur enn idag (a). De andre kurvene vil ikke bli kommentert (b-d) (PETIT ET AL. 1990).

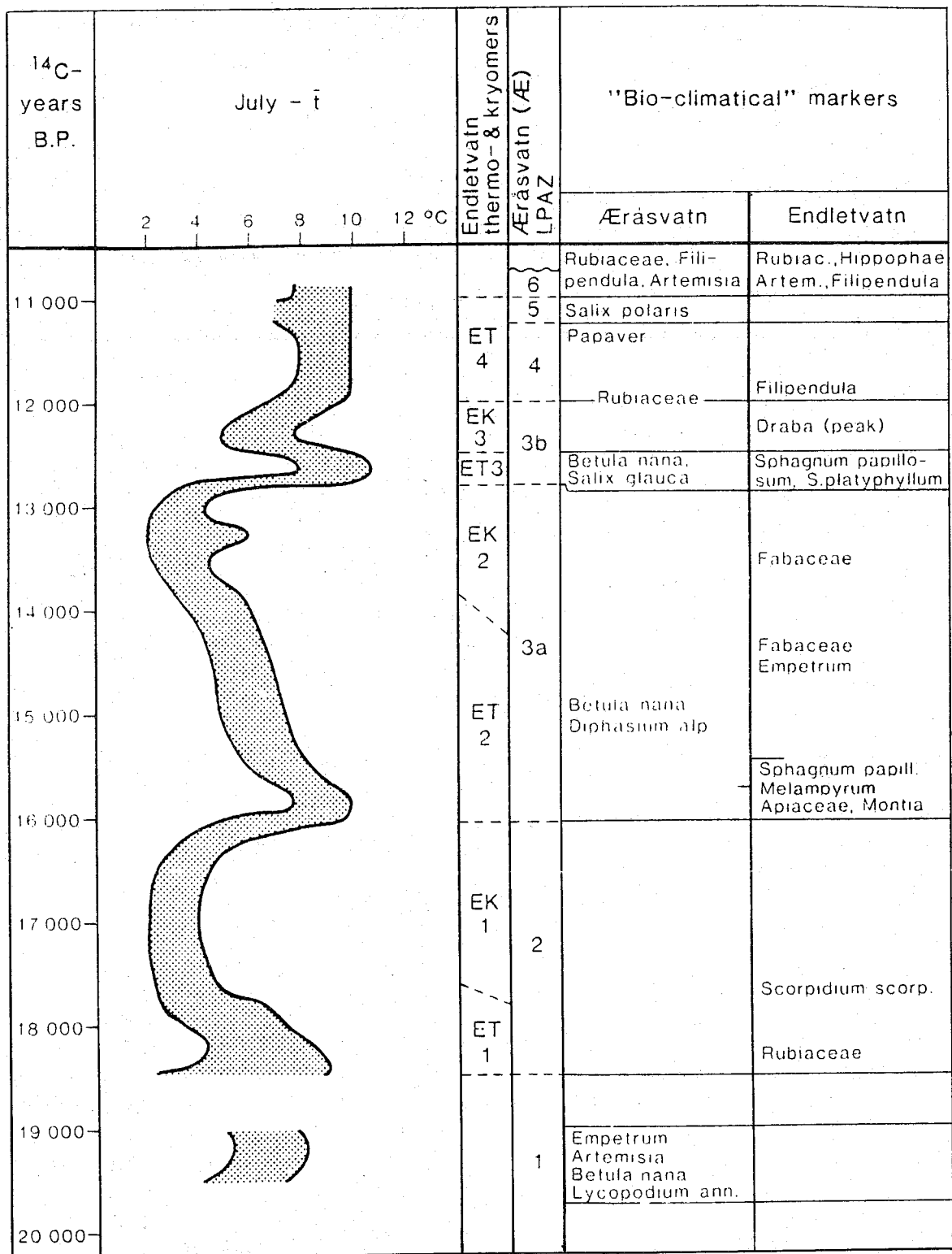


FIG.A8. Temperaturvariasjonene på Andøya i Troms i juli måned fra slutten av istiden og gjennom smeltingsperioden fram mot Yngre Dryas (ca. 11 000 ÅFN). En legger merke til at lange kjølige perioder veksler med kortere varmeperioder (VORREN ET AL. 1988).

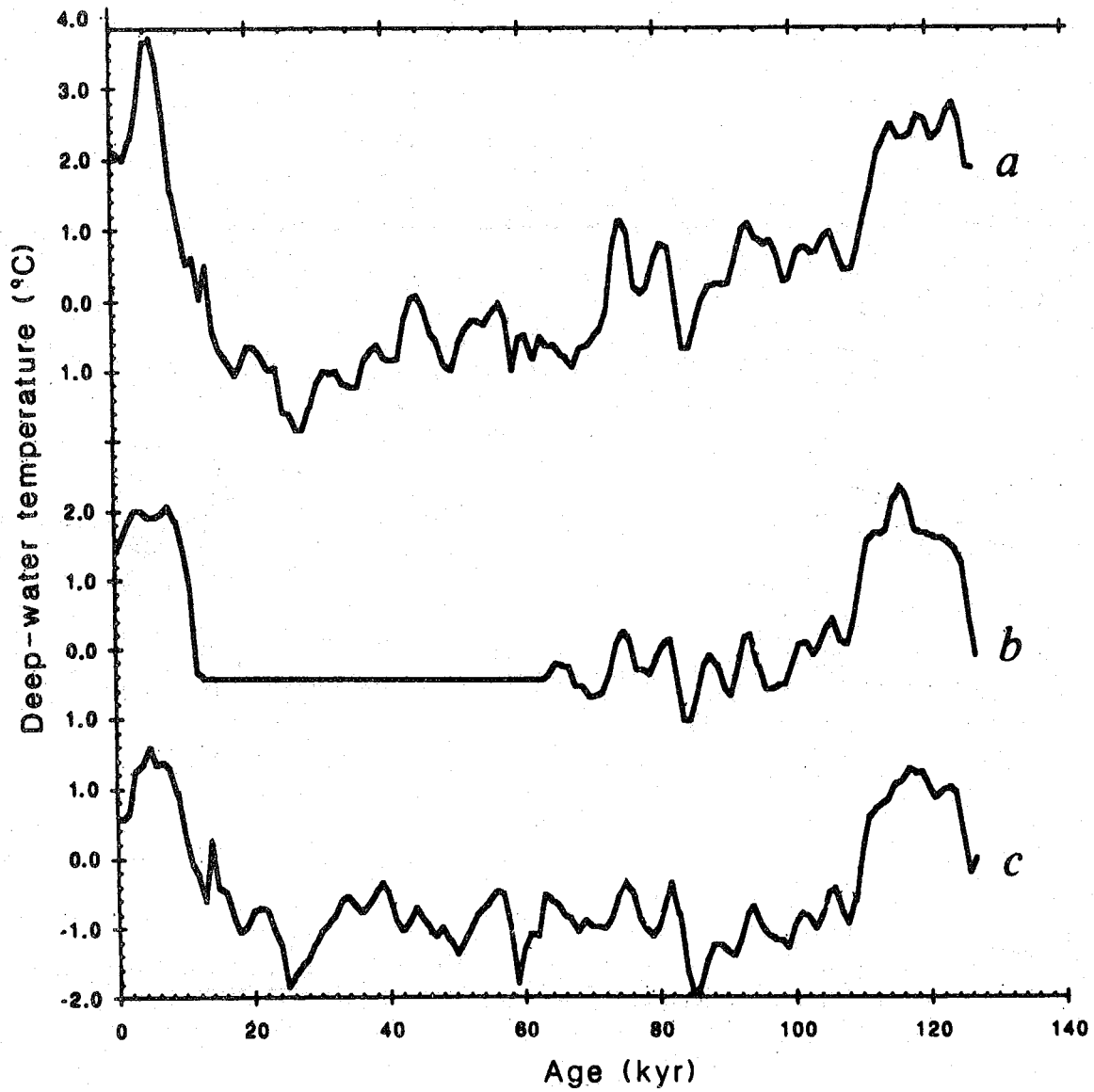


FIG.A9. Endring i dypvannets temperatur i Atlanterhavet (a), i Stillehavet (b) og i Indiske hav (c) gjennom de siste 120 000 år. En legger merke til maksimumsverdien som ble nådd for 6000 år siden (LABEYRIE ET AL. 1987).

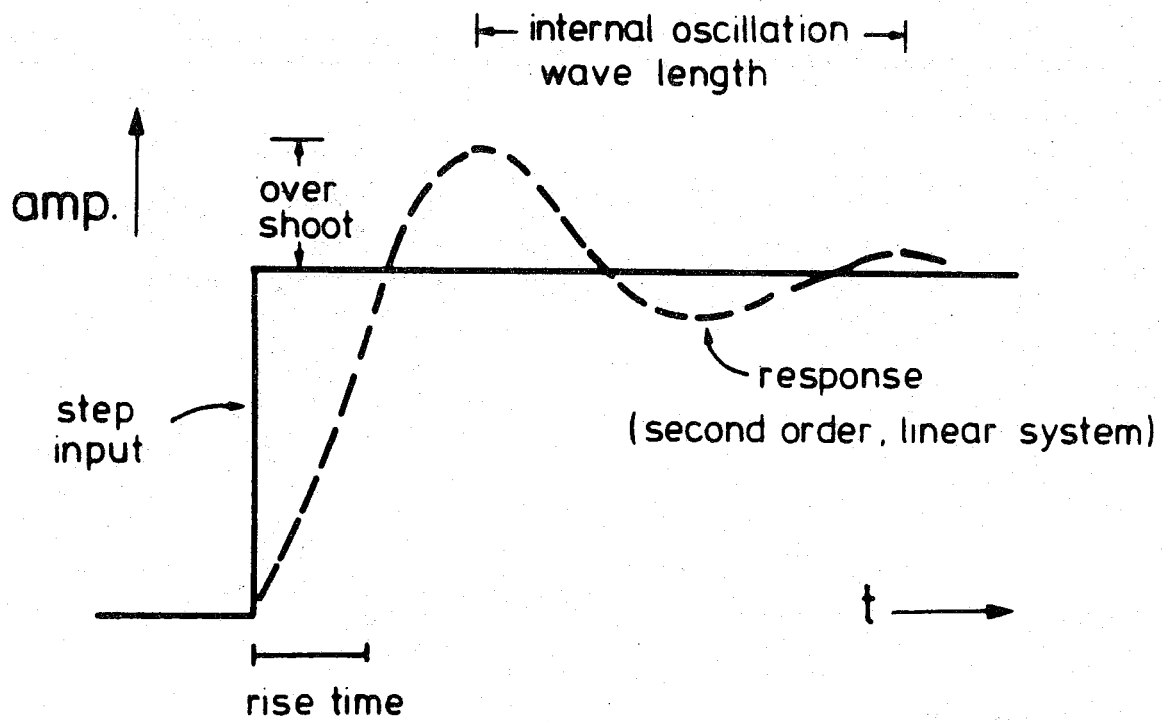


FIG.A10. En prinsippskisse for "overshoot" eller overreagering med relevans til globalt klima i perioder med rask endring som f.eks. avslutningen av istiden (BERGER 1982).

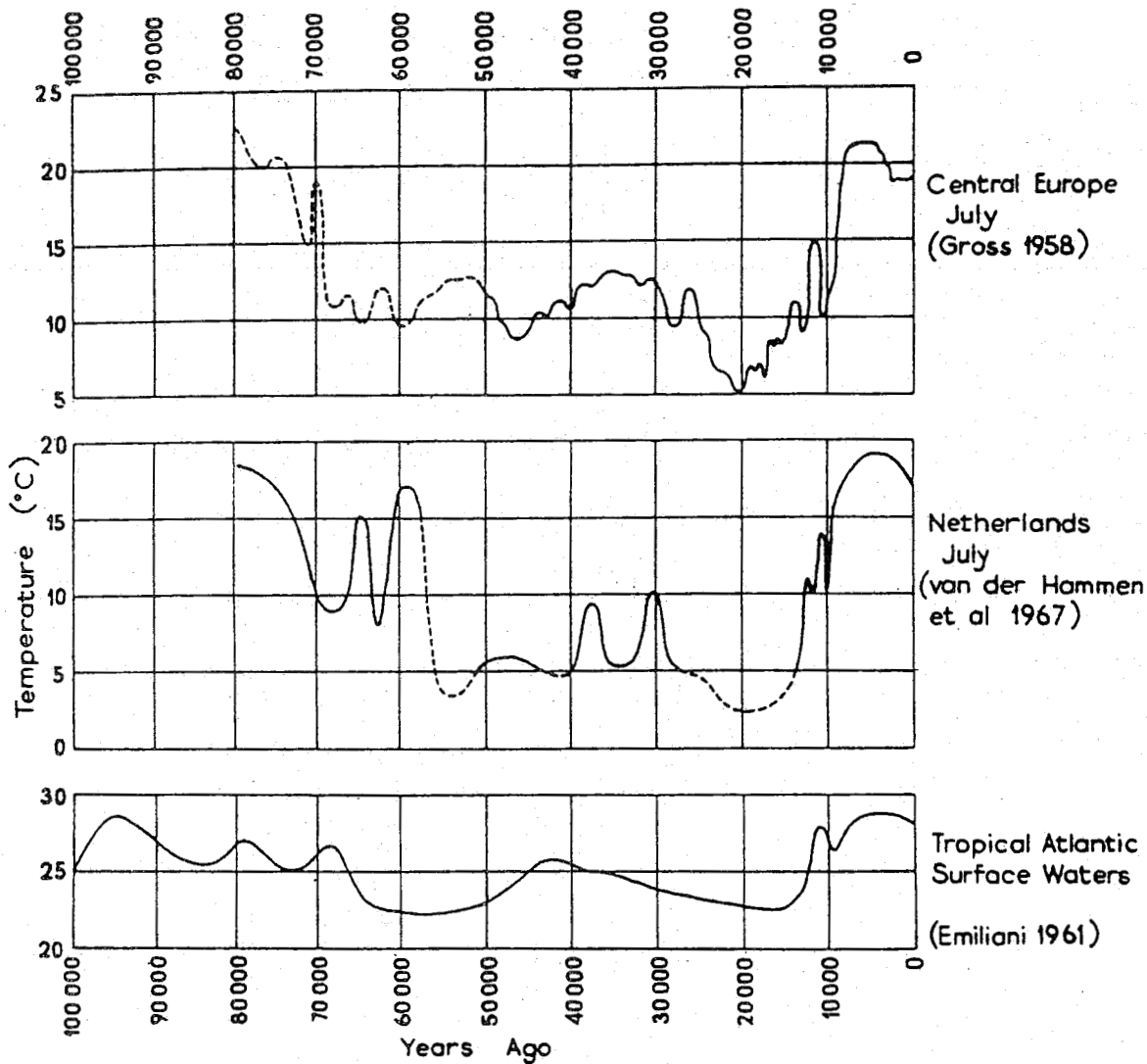


FIG.A11. Temperaturforløpet gjennom den siste istiden og fram til nåtid. Øverst er vist juli-temperaturen i Sentral-Europa basert på rester etter dyr og planter; i midten er vist juli-temperaturen i Nederland basert på planterester og på jordprøver; nederst er vist årsgjennomsnittet for temperaturen i den tropiske delen av Atlanterhavet basert på bunnsedimenter av frittsevendende foraminiferer. En vil alle tre steder legge merke til temperaturfallet fra for omlag 5000 år siden og fram til nåtid (LAMB AND WOODROFFE 1970).

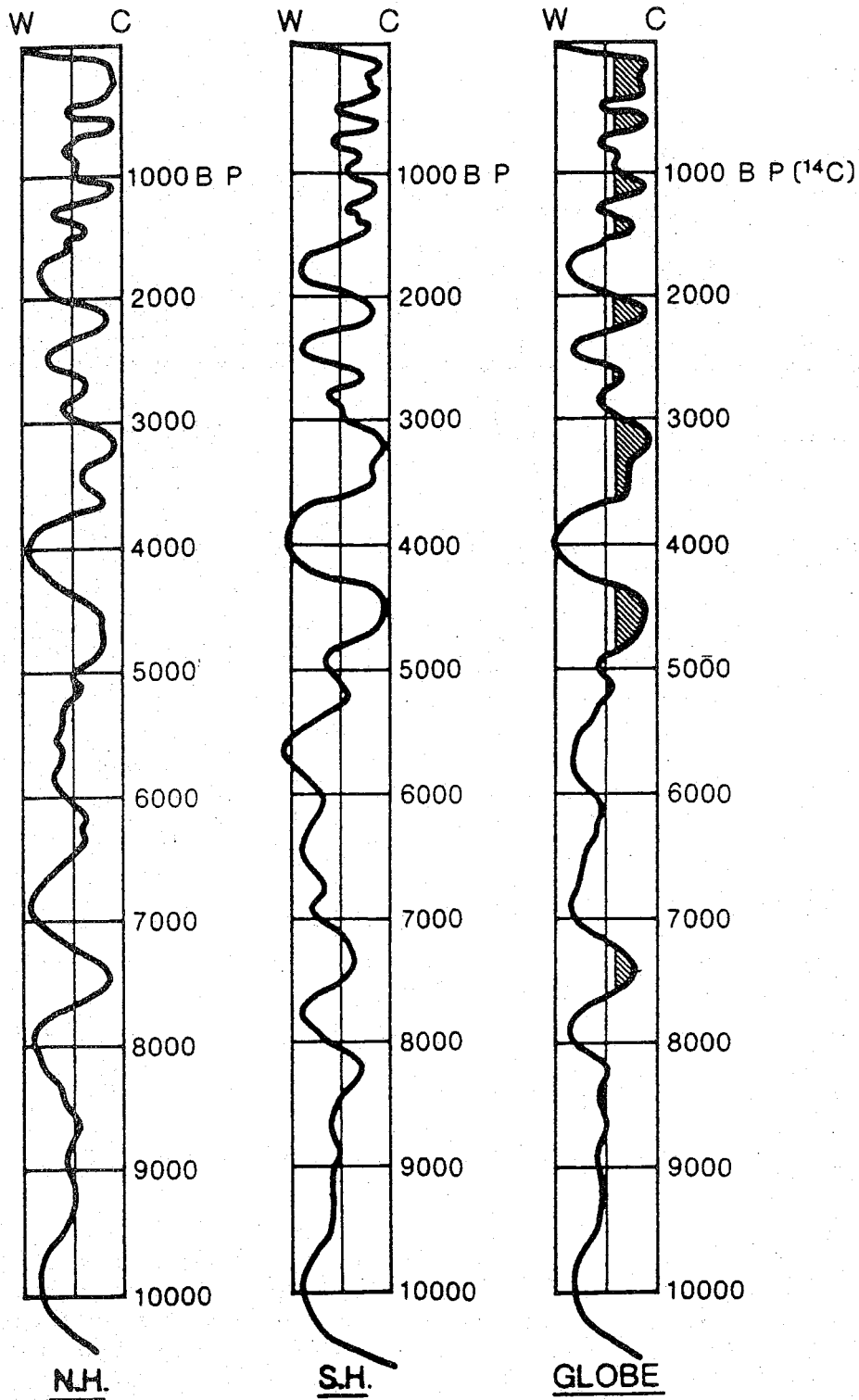


FIG.A12. Temperaturfluktuasjoner i mellomistiden på nordlige (N.H.) og sørlige (S.H.) halvkule og globalt der kalde perioder er skravert. En vil legge merke til at det gjennomgående var varmere de første fem tusen årene enn de siste fem tusen (WIGLEY 1988).

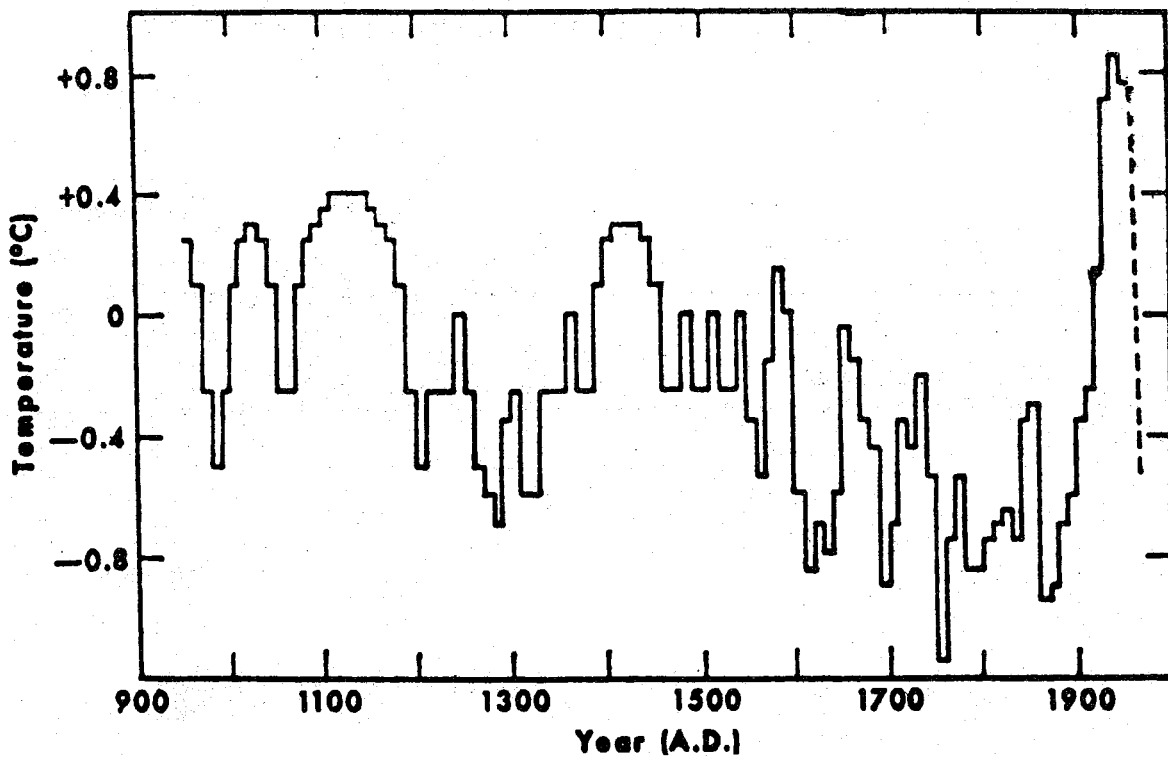


FIG.A13. Årsmiddeltemperaturen på Island siste 1000 år der "Den lille istid" trer fram som en lang kjølig periode. Oppvarmingen fra slutten av 1800-tallet avbrytes rundt 1960 og dette er angitt med en stiplet linje (BRYSON 1974).

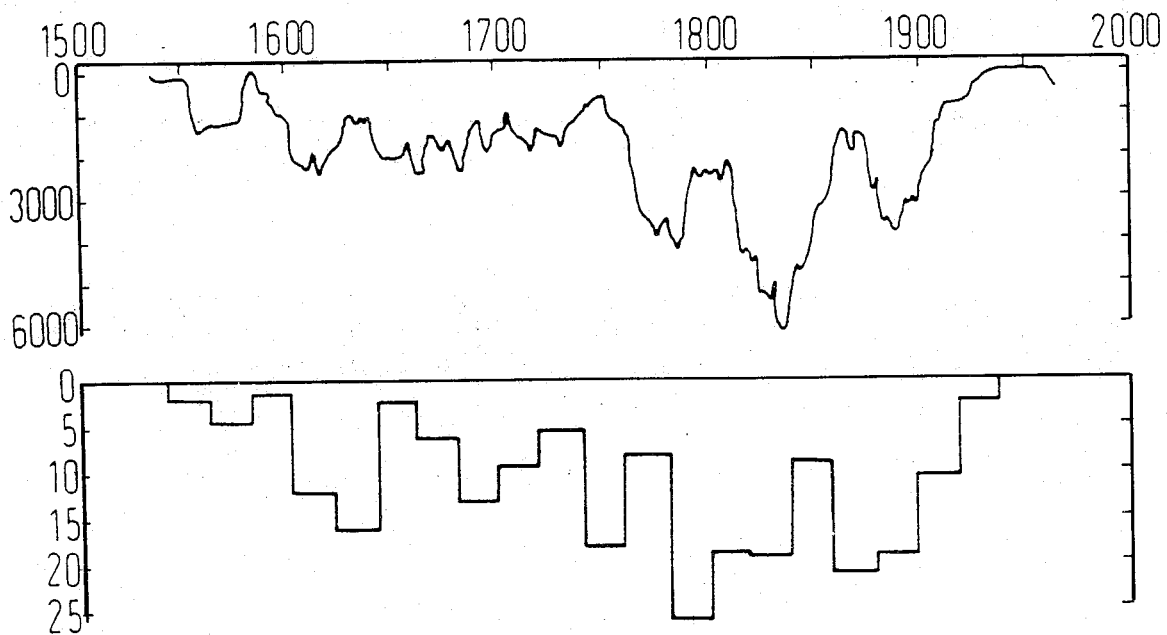


FIG.A14. Den lange tidsserien for antall uker med drivis ved kysten av Island viser at "Den lille istid" var en periode med mye drivis med et maksimum på rundt 25 uker som gjennomsnitt for en 20-årsperiode straks før 1800 (b). Denne tidsserien er sammenholdt med en tidsserie for lufttransportert jordstøv, som i hovedtrekk har et parallelt forløp (a) (DICKSON AND LAMB 1972).

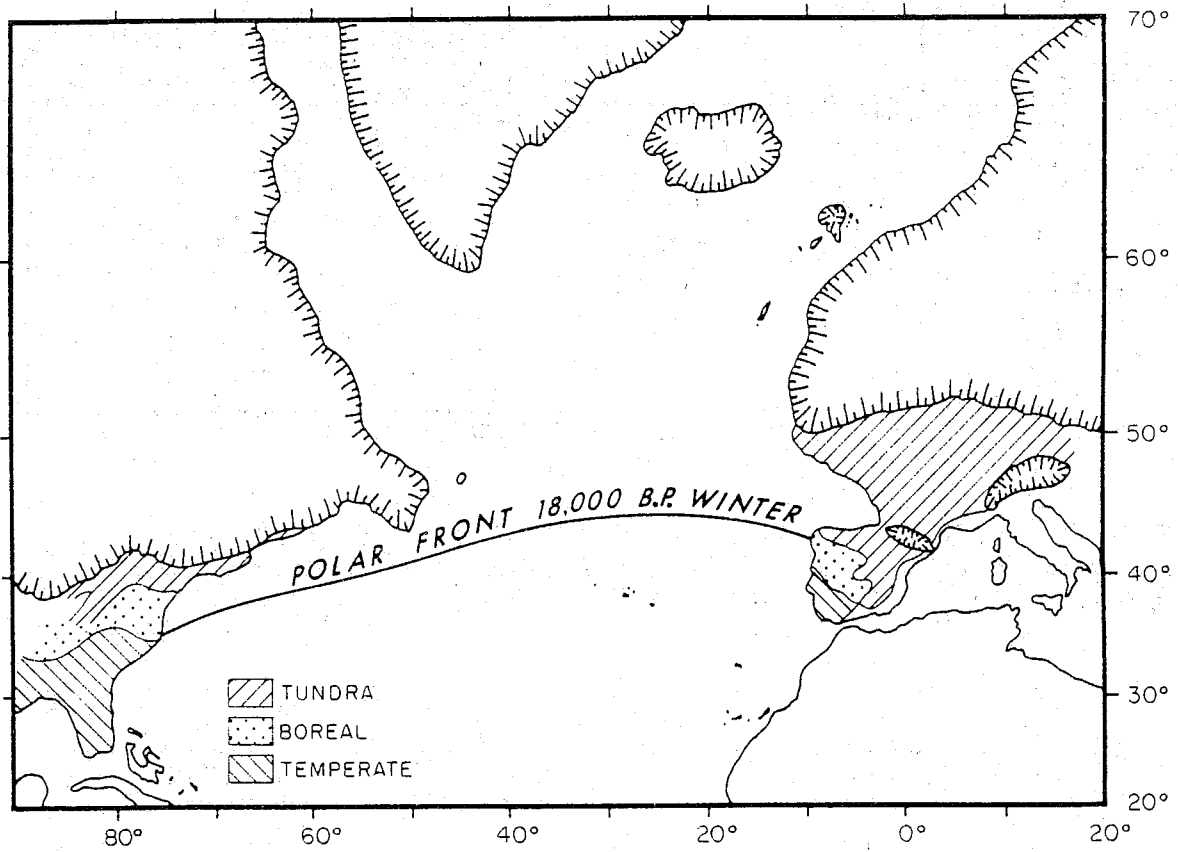


FIG.A15. Grensen mellom kaldt og varmt vann (polarfronten) i Nord-Atlanteren 18 000 år før nåtid da istiden hadde sitt maksimale omfang. Områder på fastlandet som var dekket av en iskappe og av tundra er angitt (MCINTYRE ET AL. 1976).

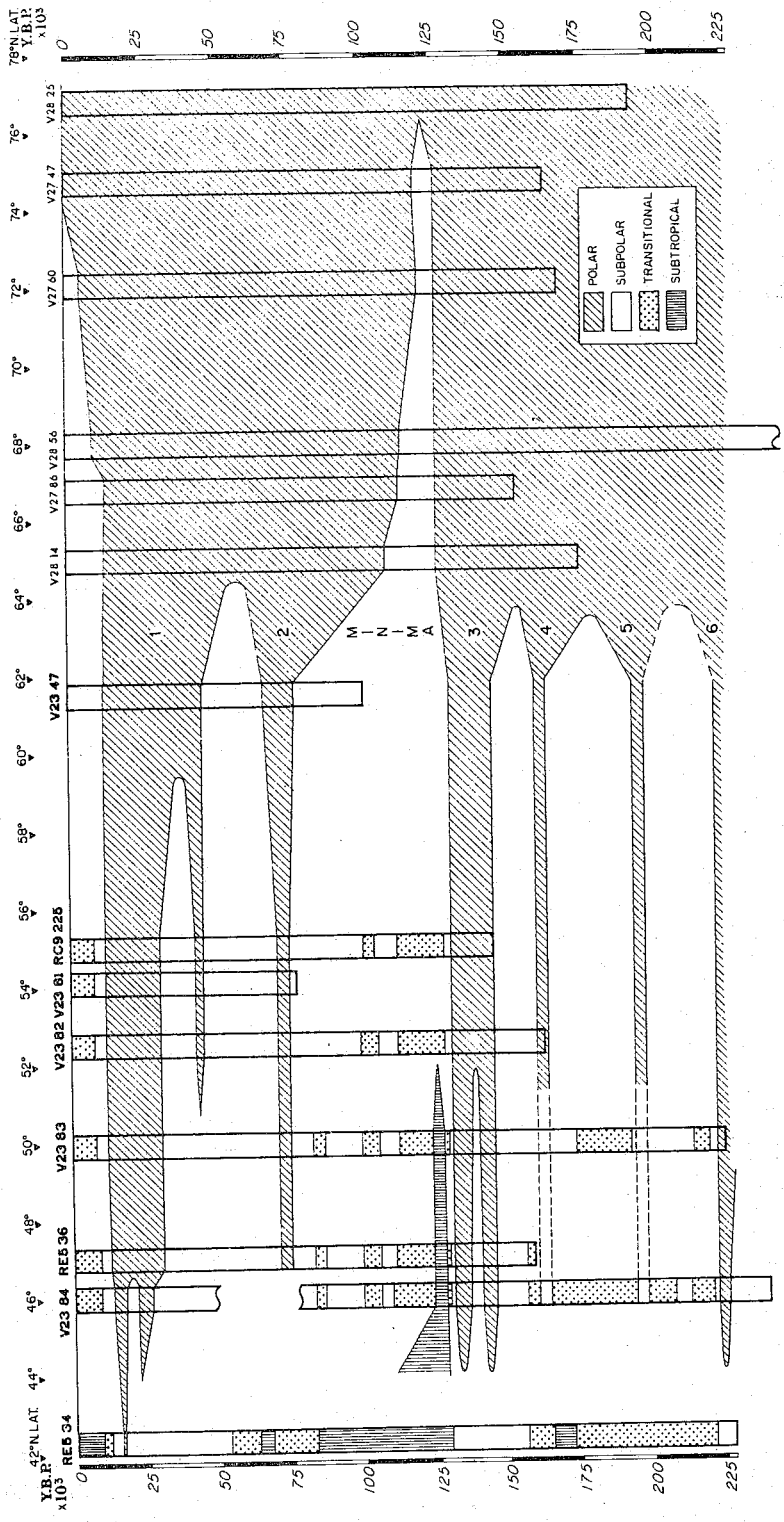


FIG.A16. Endringer i fauna og flora i Nord-Atlanteren og Norskehavet mellom 42° og 78°N i de siste 225 000 år. En vil legge merke til dominansen av arktiske organismer (polar) med periodiske utbrudd av disse like ned til 42°-44°N, sist for ca 20 000 år siden. På den annen side er det bare én gang tidligere en har hatt subarktiske (subpolare) organismer så langt mot nord som nå og sist var for omlag 120 000 år siden i den forrige mellomistiden (KELLOGG 1975).

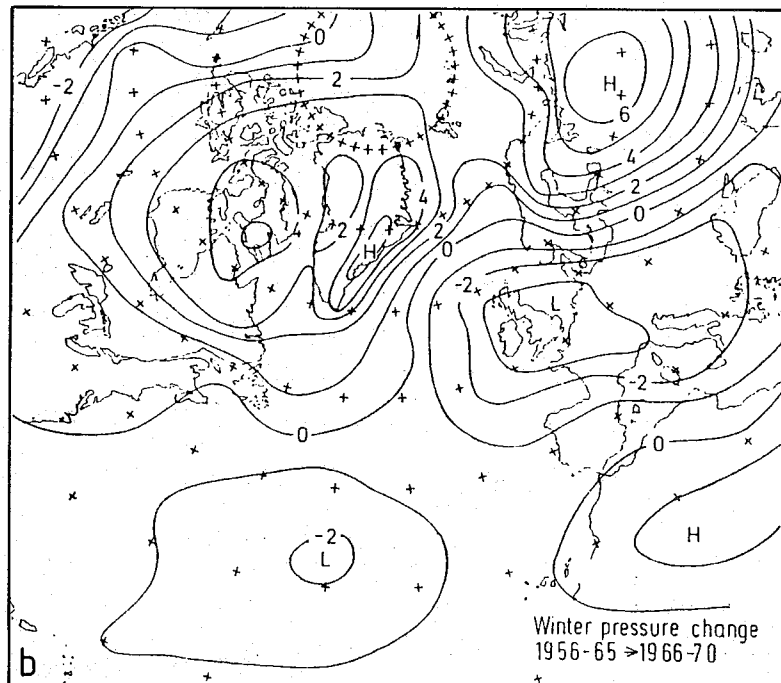
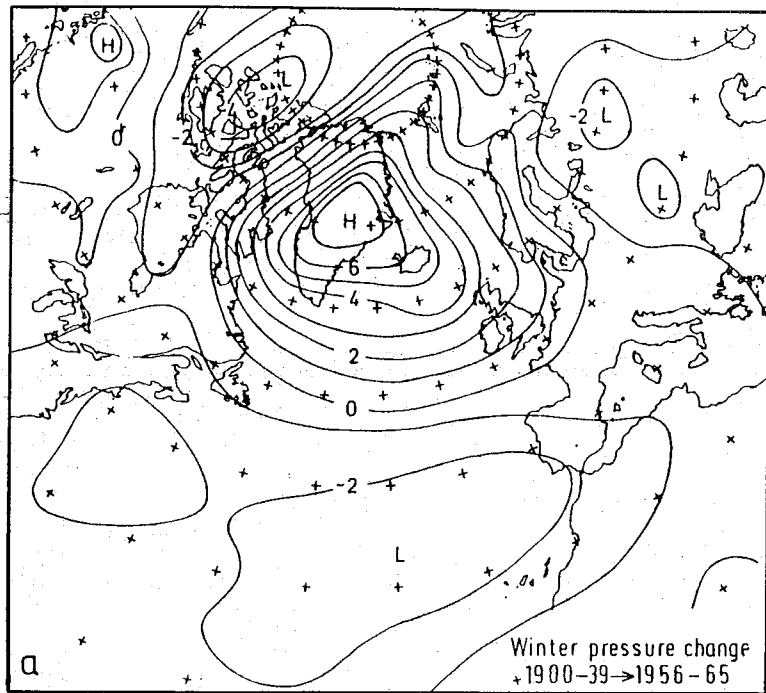


FIG.A17. Forandringer i lufttrykket ved havoverflaten fra perioden 1900-1939 til perioden 1956-1965 der en legger merke til oppbyggingen av høytrykket over Grønland (a) som forsterkes ytterligere i perioden 1966-1970 (b) (DICKSON ET AL. 1988a).

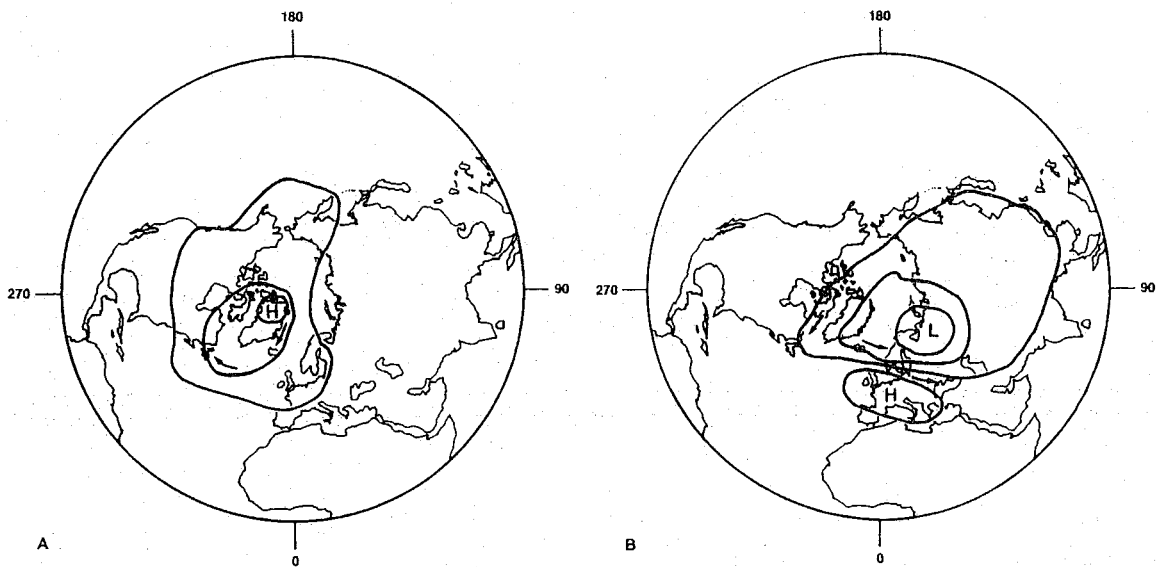


FIG.A18. Vedvarende atmosfæriske forhold som skaper alvorlige isvansker ved Island og lette isforhold ved New Foundland (A) og forhold som skaper vansker begge steder (B). Pilene viser vindretning; H er høytrykk og L er lavtrykk (HILL AND JONES 1990).

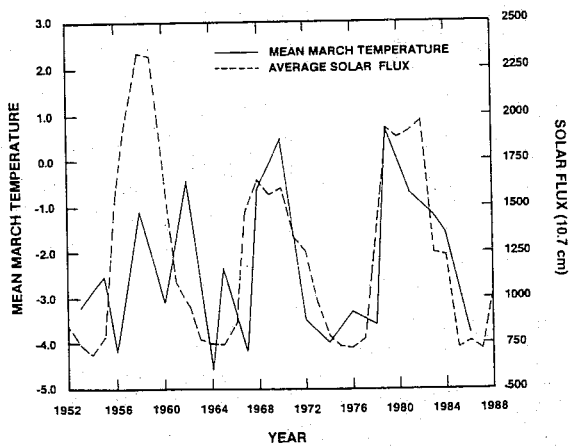
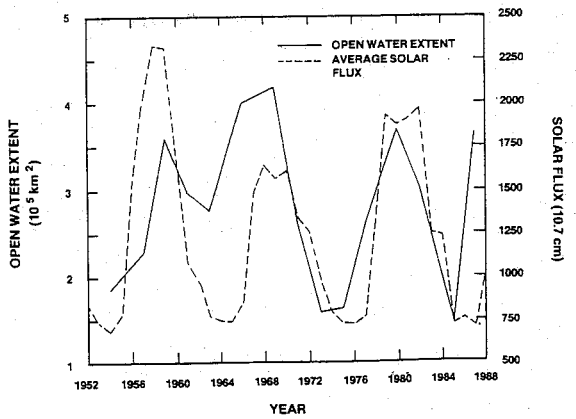


FIG.A19a. Areal med åpent vann ved New Foundland sammenholdt med solfluxen for perioden 1952 til 1988 med QBO i østlig fase (a). Midlere temperatur i mars sammenholdt med QBO i vestlig fase (b) (HILL AND JONES 1990).

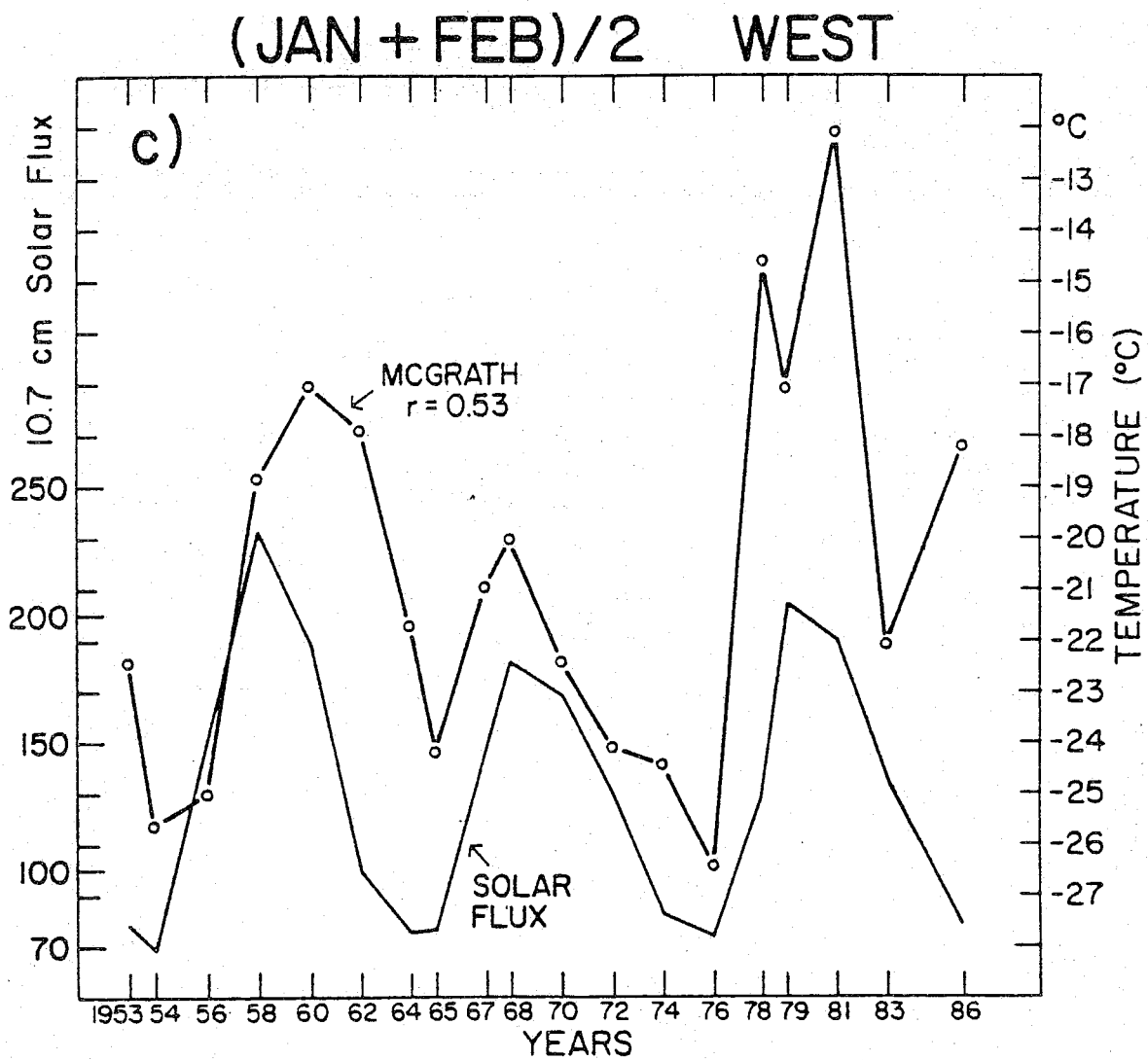


FIG.A20. Solflux sammenholdt med temperaturen i øvre del av atmosfæren i år med vestlig QBO. En legger merke til sammenfall i kurveforløp (VAN LOON AND LABITZKE 1988).

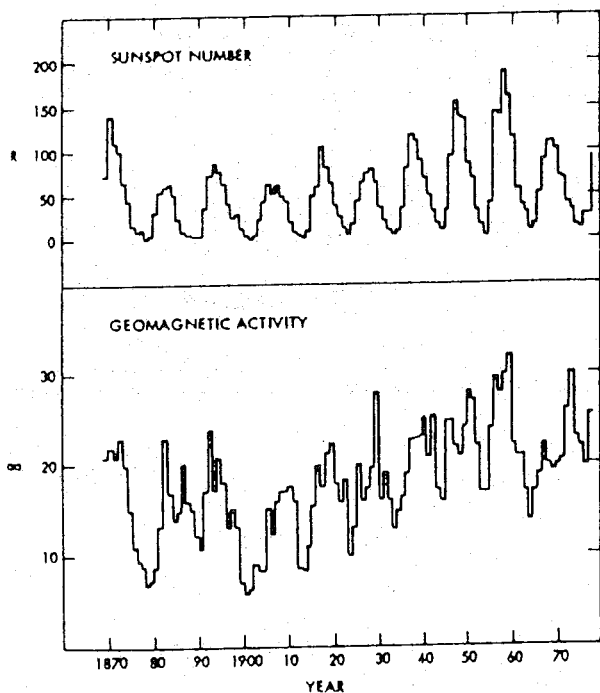


FIG.A21. En sammenstilling av antall solflekker fra 1870 til 1980 sammenlignet med syklusene for geomagnetisk aktivitet. Det viser seg at de ikke følger hverandre helt (FEYNMAN 1988).

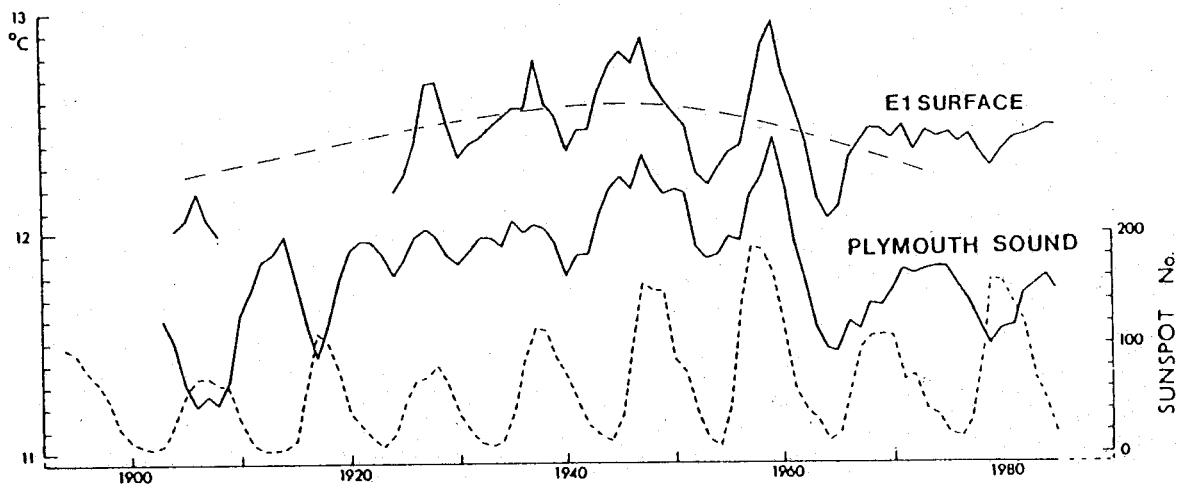


FIG.A22. Overflatetemperaturen i Den engelske kanal på to målepunkter fra ca 1900 til 1985 sett i sammenheng med endringene i midlere antall solflekker i den samme perioden. En legger merke til at i deler av tiden er temperaturen i fase med antall solflekker (SOUTHWARD AND BOALCH 1988).

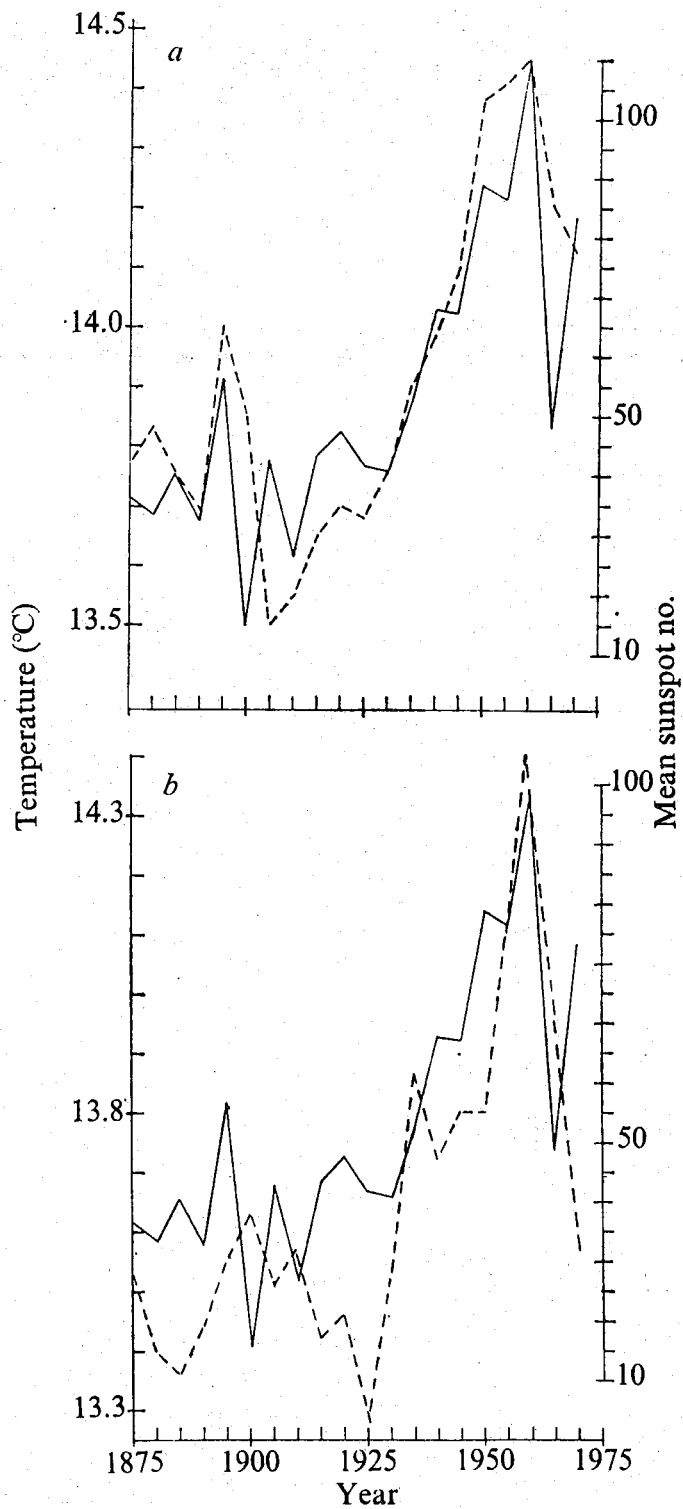


FIG.A23. Sammenstilling av overflatetemperaturen på to målepunkter (a og b) vest av De britiske øyer sammen med 7 år løpende middel i solflekkantall for perioden 1875 til 1970 (heltrukken linje) (MUIR 1977).

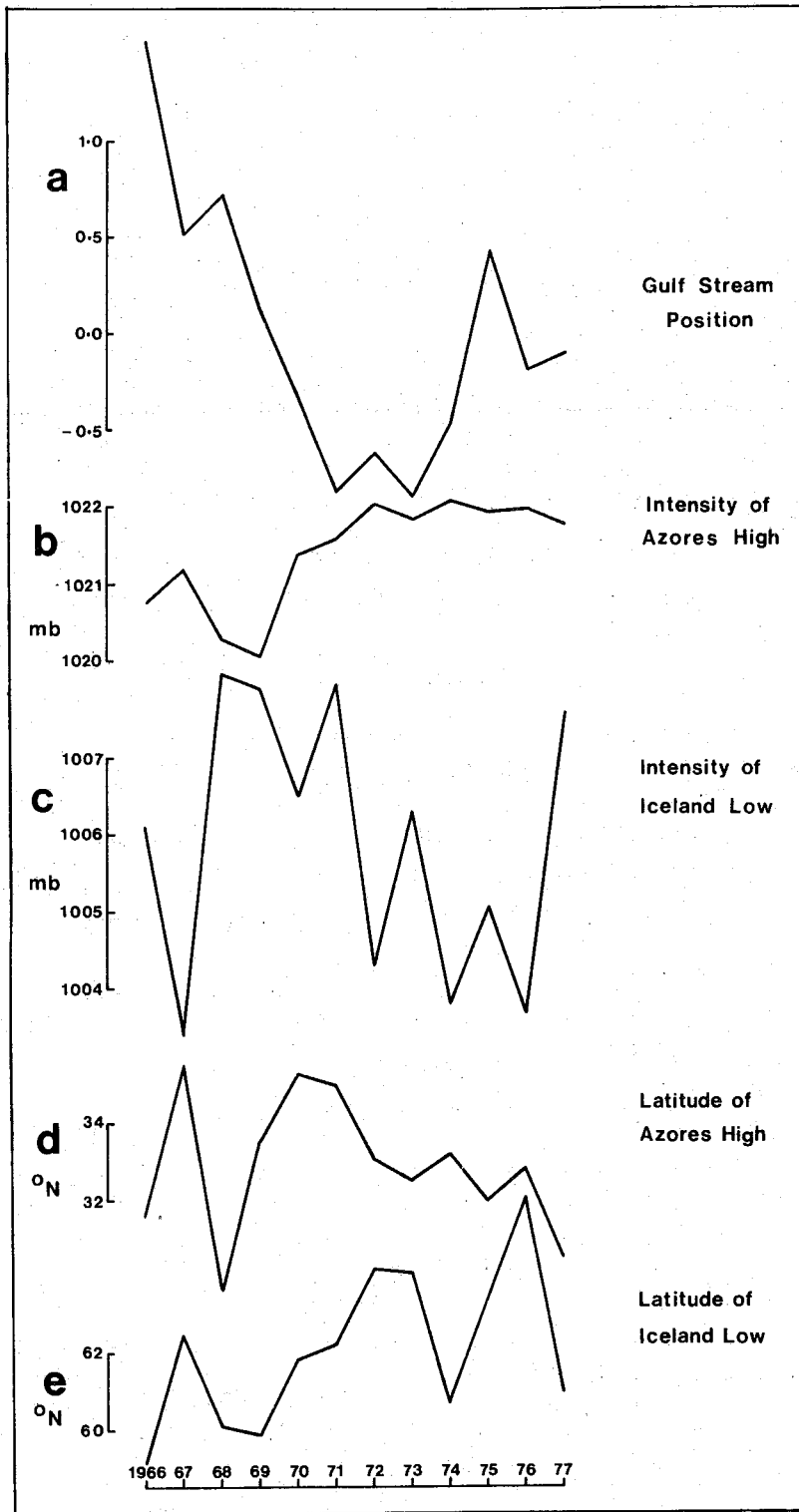


FIG.A25. Endringer i perioden 1966-1977 av posisjonen til "nordveggen" i Atlanterhavsstrømmen (antall grader; a); i intensiteten av høytrykket ved Azorene (b) og av lavtrykket ved Island (c) og breddegraden for de respektive trykksentra gjennom tidsrommet (d og e) (TAYLOR AND STEPHENS 1980).

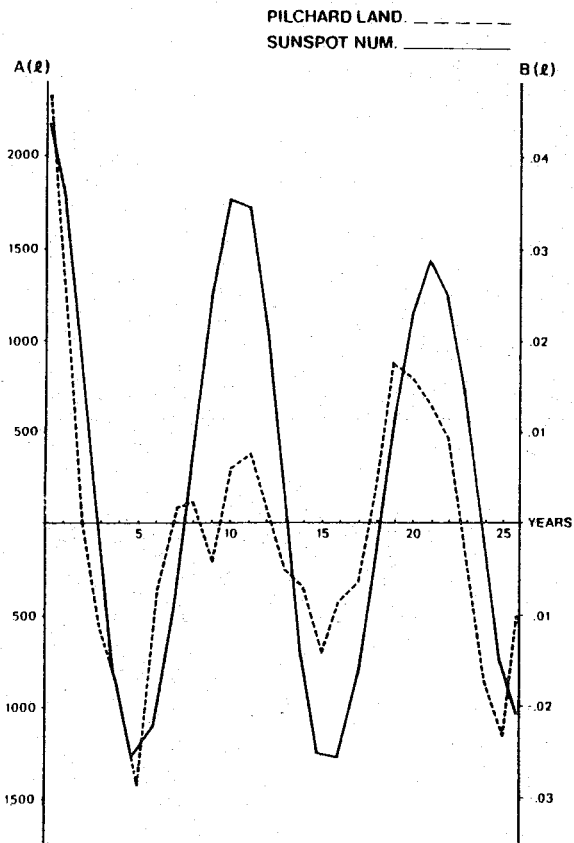


FIG.A24. Sammenstilling av fangst av sardin ved kysten av Den iberiske halvøy og antall solflekker i det samme tidsrommet (MOURA AND SANTOS 1984).

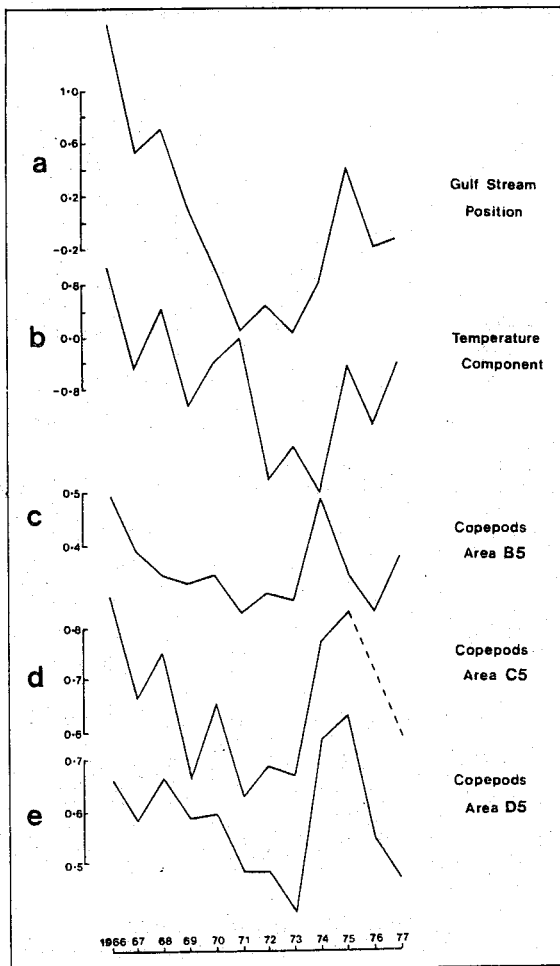


FIG.A26. En sammenstilling av endringer i posisjonen til Atlanterhavsstrømmen, sjøtemperaturen og endringer i mengden av dyreplankton vest og nordvest av De britiske øyer i perioden 1966-1977 (TAYLOR AND STEPHENS 1980).

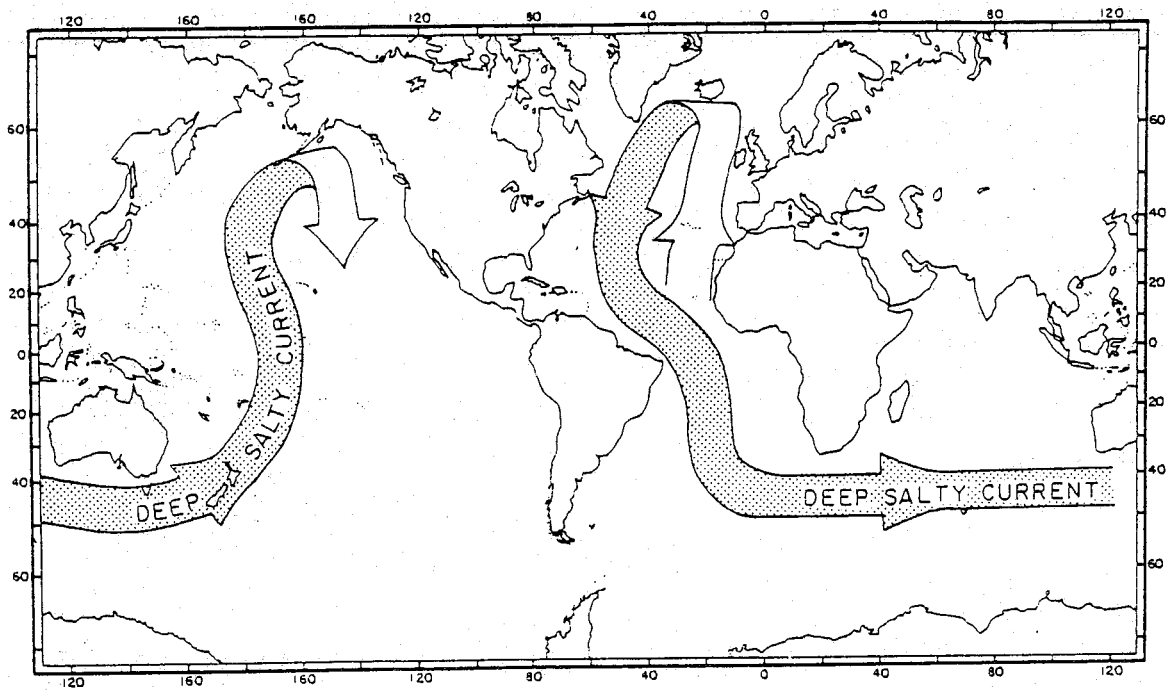


FIG.A27. Saltstrømmen fra Nord-Atlanteren der nedkjølt tungt salt vann synker ned for senere å dukke opp igjen i det nordlige Stillehavet. Denne strømmen balanserer ut saltunderskuddet i Stillehavet som er skapt av at store mengder vanndamp fra Atlanterhavet faller ned som regn i Stillehavet (BROECKER ET AL. 1988).

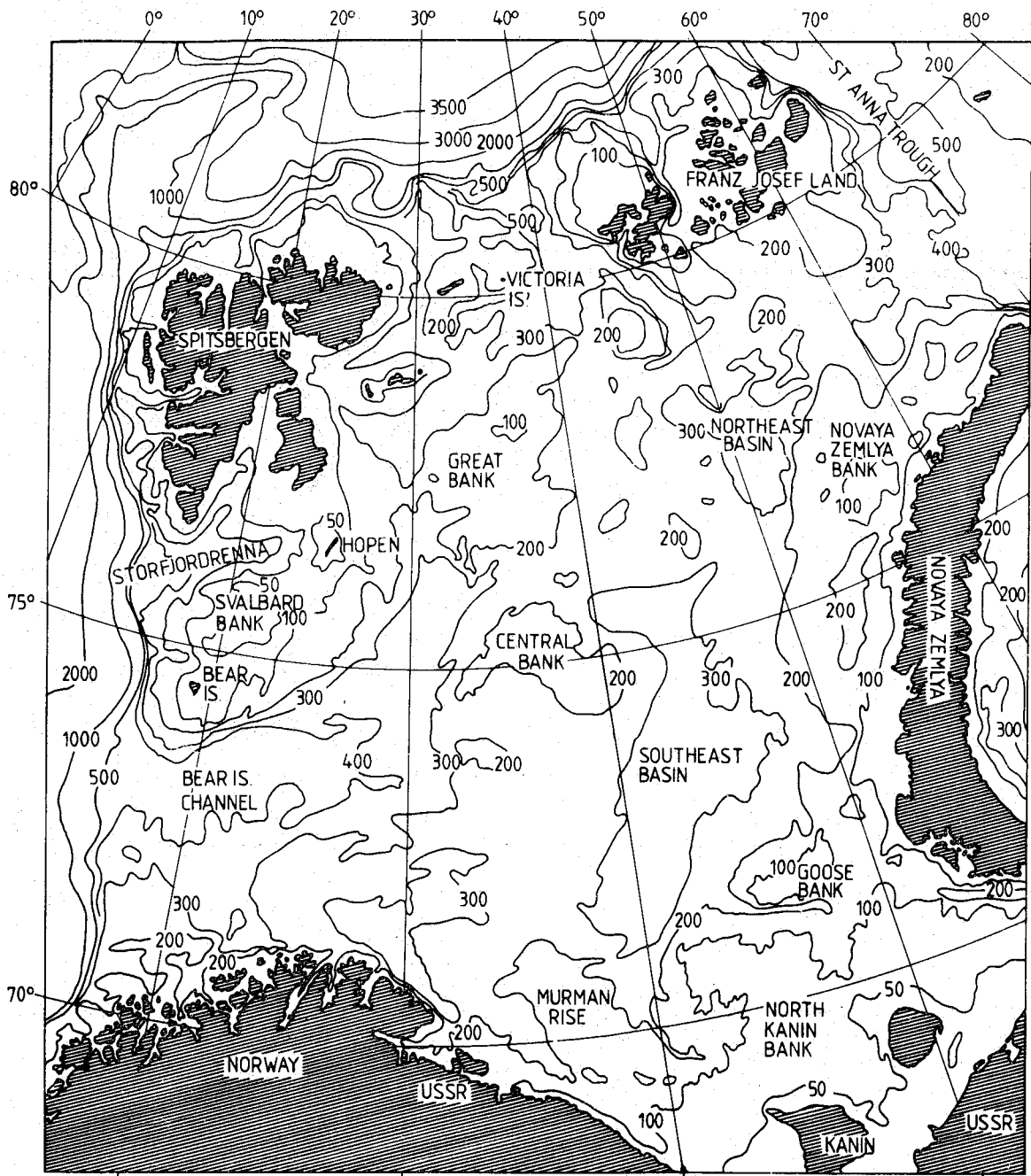


FIG.A28. Dybdeforholdene i Barentshavet og i tilgrensende havområder i nord (Polhavet) og i vest (Norskehavet). Viktige bankområder er angitt og likeledes groper i Barentshavet i tillegg til de øyer som avgrenser havet (LOENG 1989).

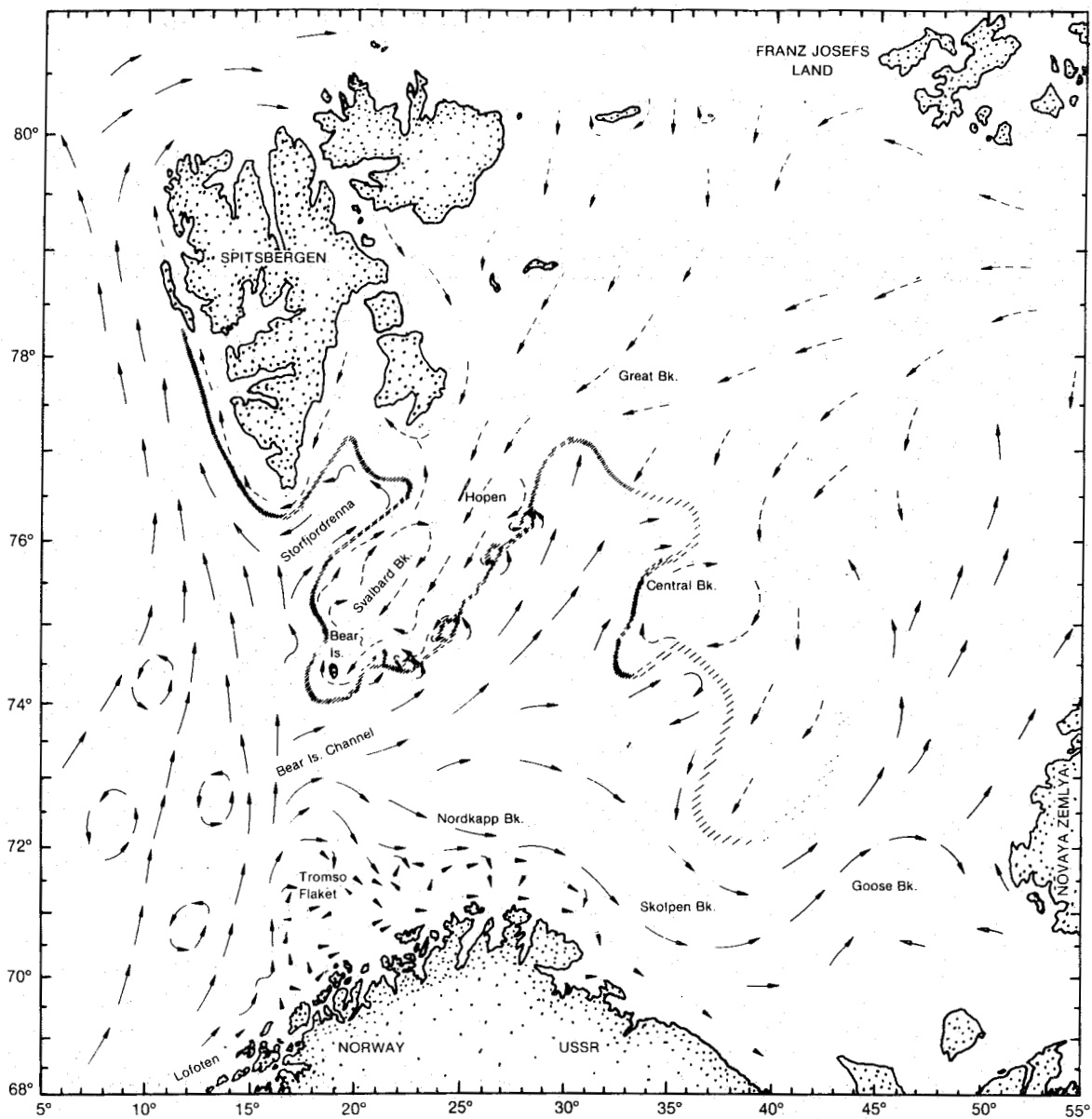


FIG.A29. Hovedtrekk i strømbildet i Barentshavet med angivelse av polarfronten (kurven av korte skråstreker). Arktisk vann er angitt med piler med streker bak. Viktige bankområder er markert. En legger merke til at arktisk vann trenger fram som en tunge rundt Bjørnøya og at det går en kaldtvannsstrøm langs kysten av Svalbard. I øst trenger varmt atlantisk vann like fram til Novaja Zemlja der det bøyer av mot nord (LOENG 1989).

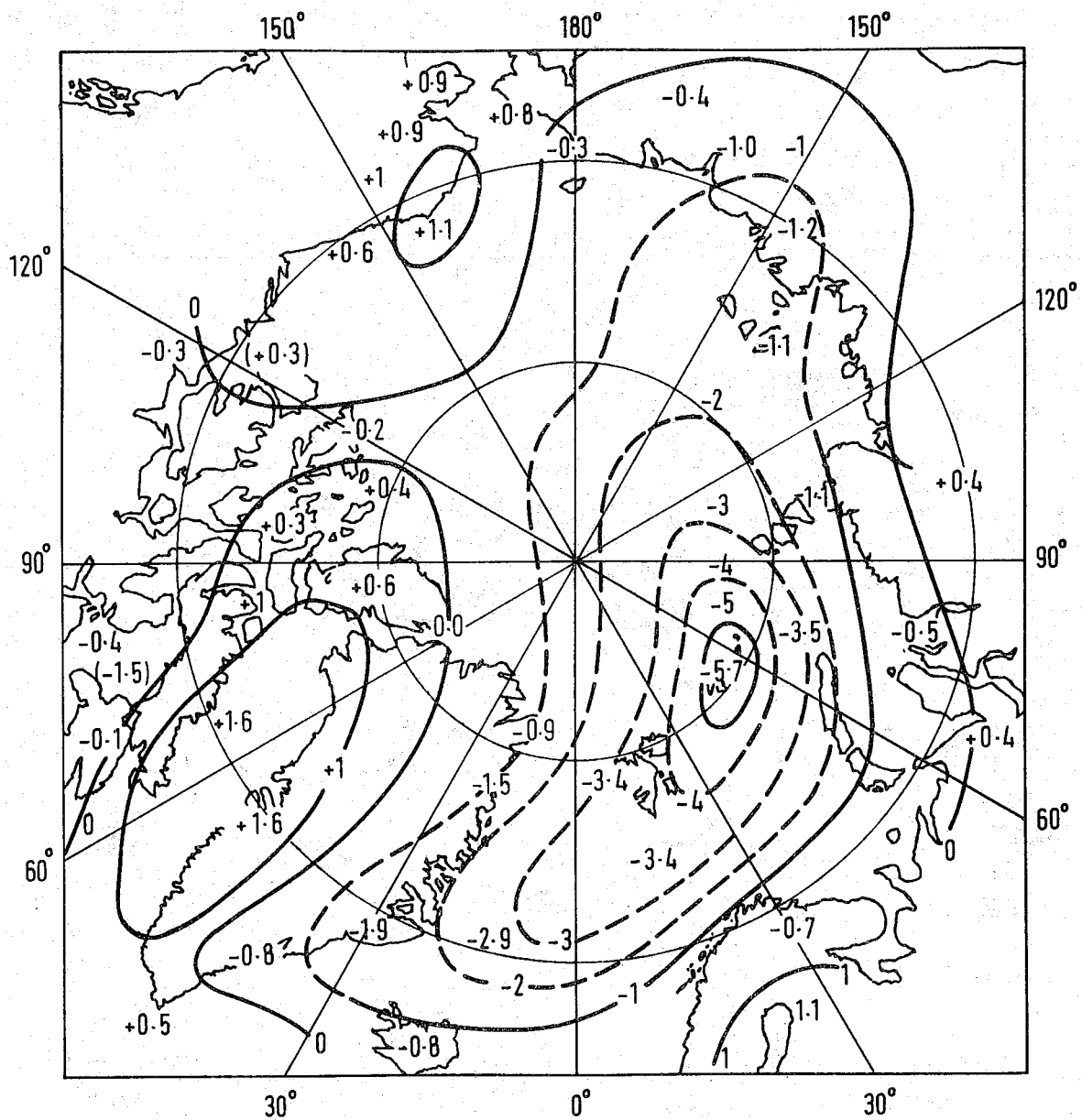


FIG.A30a. Gjennomsnittlig endring i lufttemperaturen over Arktis i månedene desember-mars mellom tiåret 1951-60 og 1961-70. En vil legge merke til betydelige temperaturfall i havområdene rundt Svalbard, men med økning ved Vest-Grønland (DICKSON AND LEE 1972).

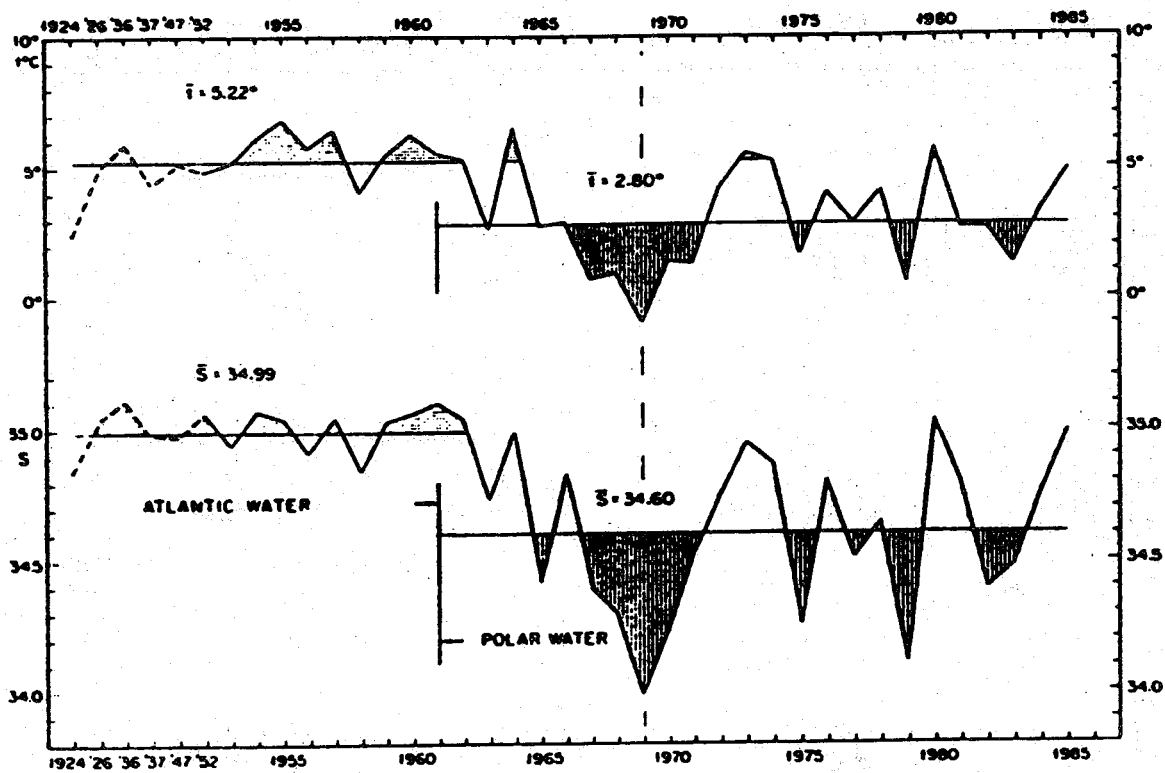


FIG.A30b. Middelerdi i temperatur og saltholdighet på 50 m dyp under varmeperioden fra 1924-1960 og for perioden 1961-1984. Temperaturen hadde et fall på omlag 2,4°C på målestasjonen som lå omlag 10 n.mil nord for Island (MALMBERG 1988).

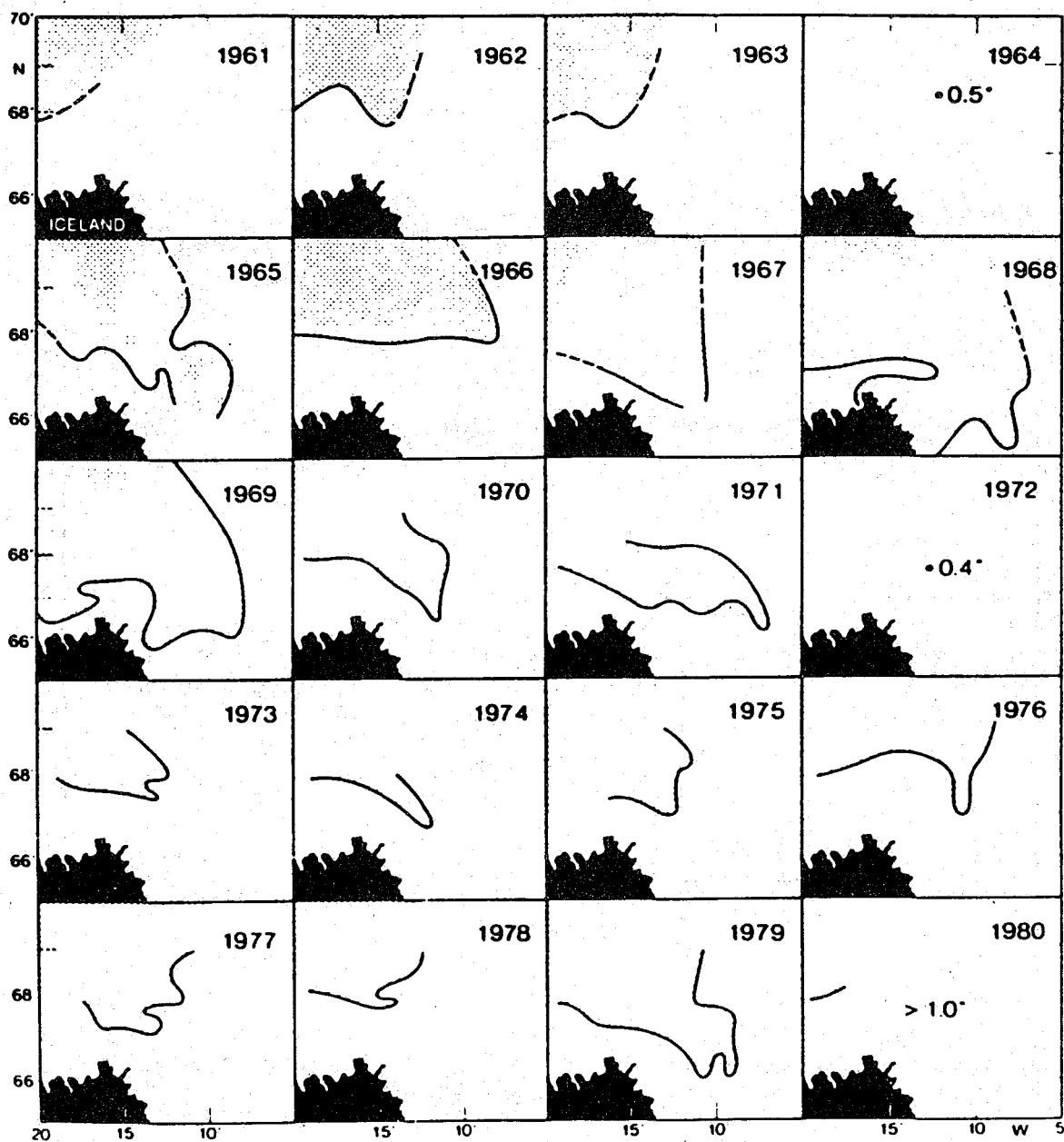


FIG.A30c. Kaldtvannsutbrudd i juni nord for Island i perioden 1961-1980. Temperaturen er målt på 50 m dyp og er under 0°C på oppsiden av kurven. En legger merke til siste halvdel av 60-årene da kaldtvannsmengdene hadde særlig stor utbredelse (MALMBERG 1988).

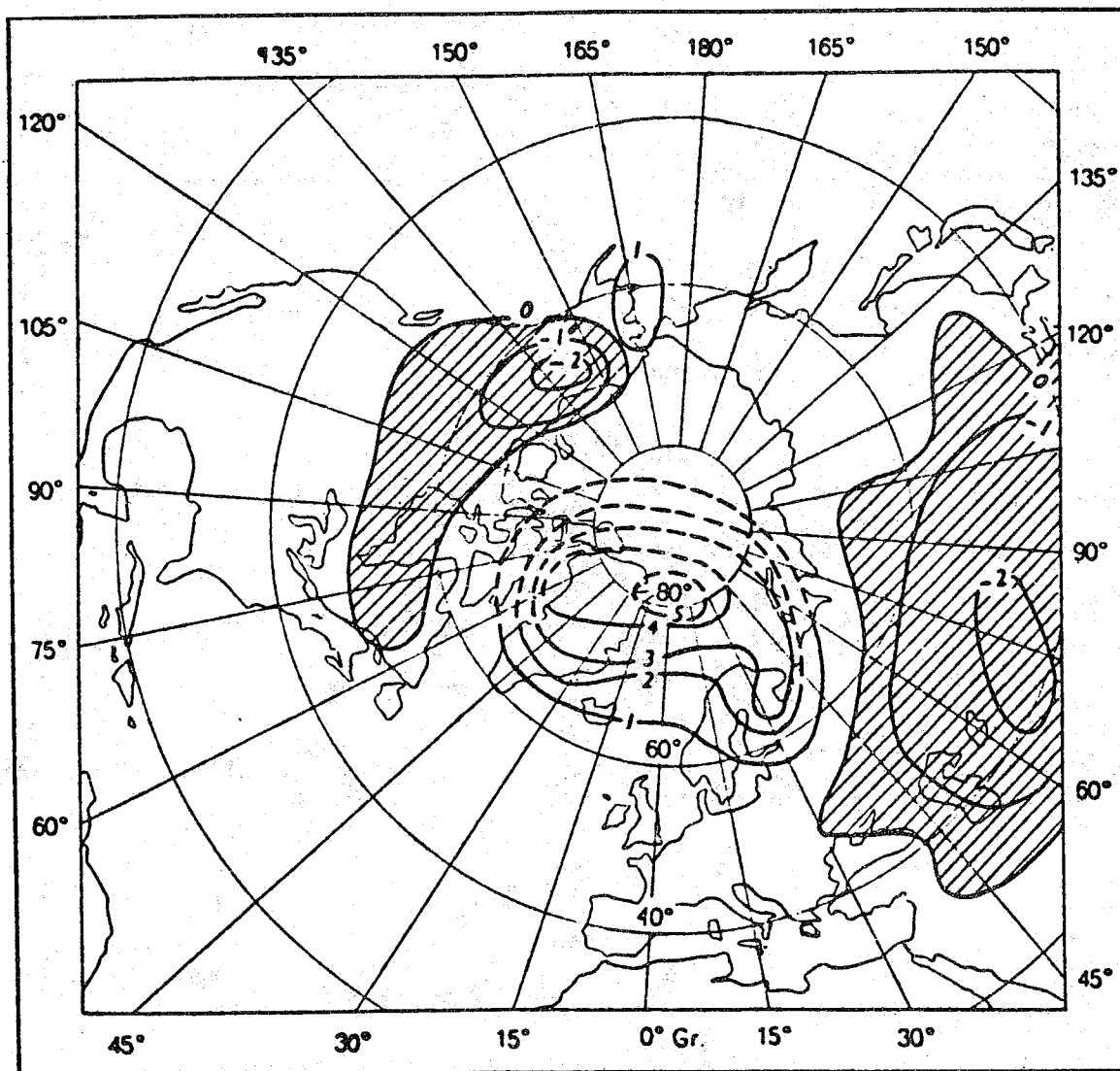


FIG.A31. Endringer i lufttemperaturen i Arktis i perioden 1928-38 sammenlignet med perioden 1881-1938. En legger merke til økninger på opptil 5°C over et lite område rundt Svalbard og mer enn 1°C over stor områder nord for Island (AHLMANN 1949).

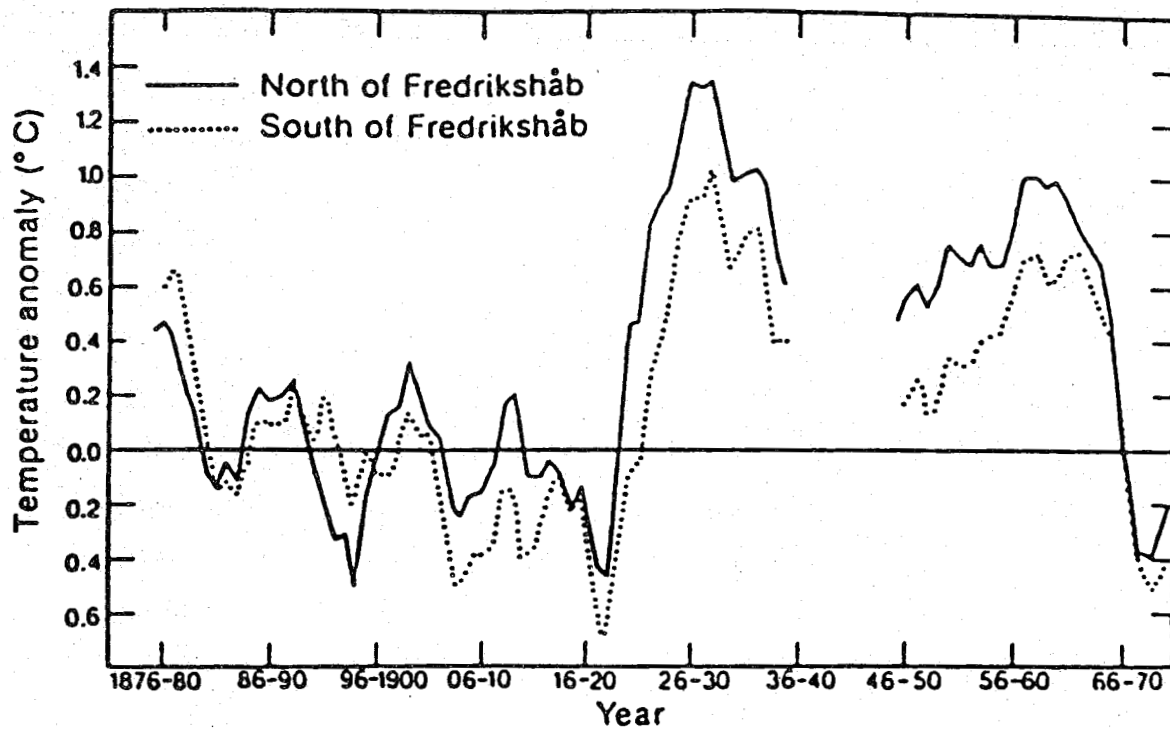


FIG.A32. Avvik fra normalen i overflatetemperatur i perioden 1876-1974 på Vest-Grønland midlet for 5-årsperioder. En legger merke til omleggingene, den ene rundt 1920 og den neste tidlig i 60-årene (BUCH AND HANSEN 1988).

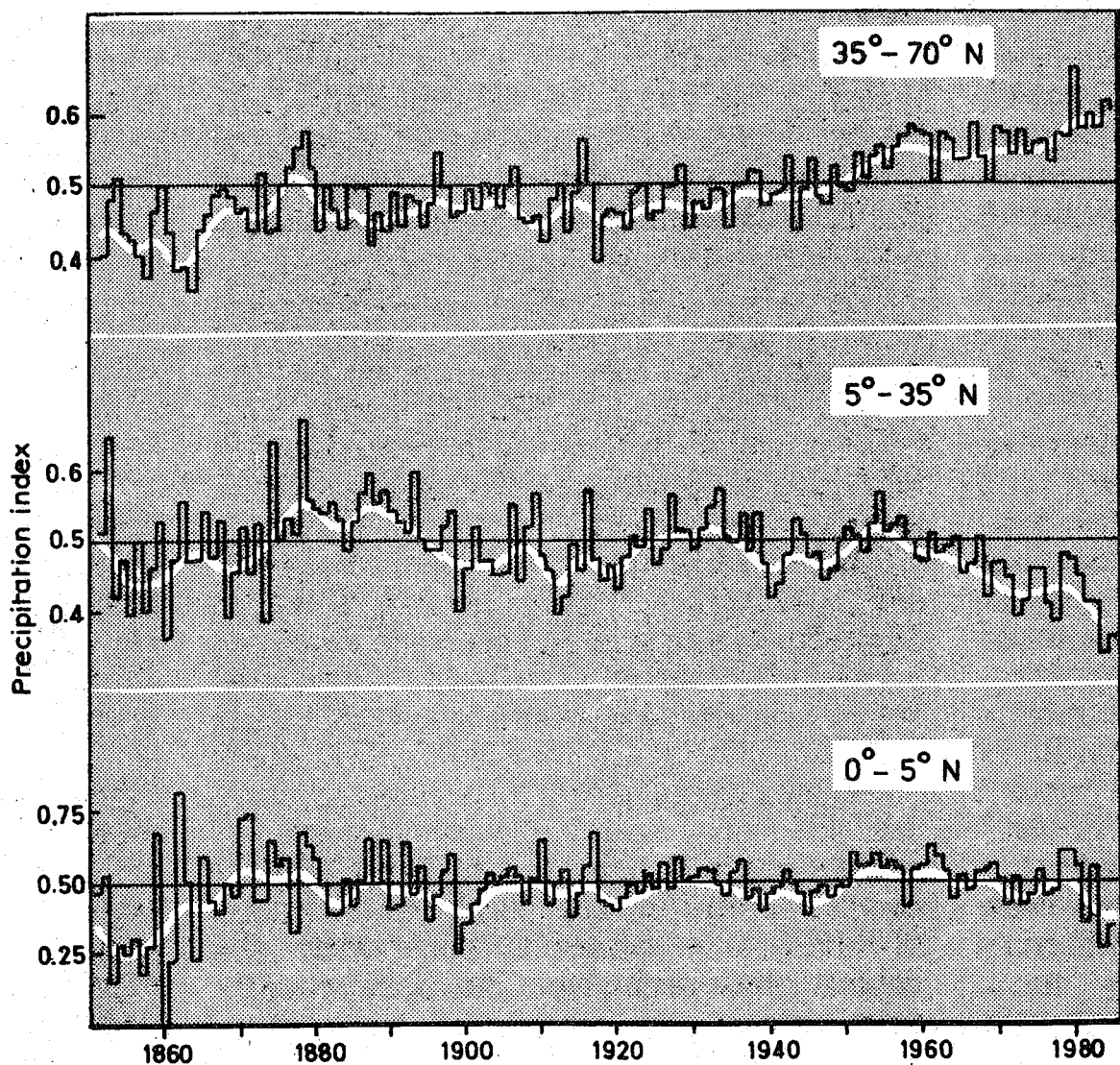


FIG.A33. Endringer i nedbørsmenge innenfor tre breddegradsintervaller fra 1855 til 1983. En legger merke til den økte nedbøren fra rundt 1920 på den nordlige halvkule mellom 35°-70°N og nedgangen mellom 5°-35°N fra rundt 1930 med særlig markete utslag de siste 25 år (SEAR 1987).

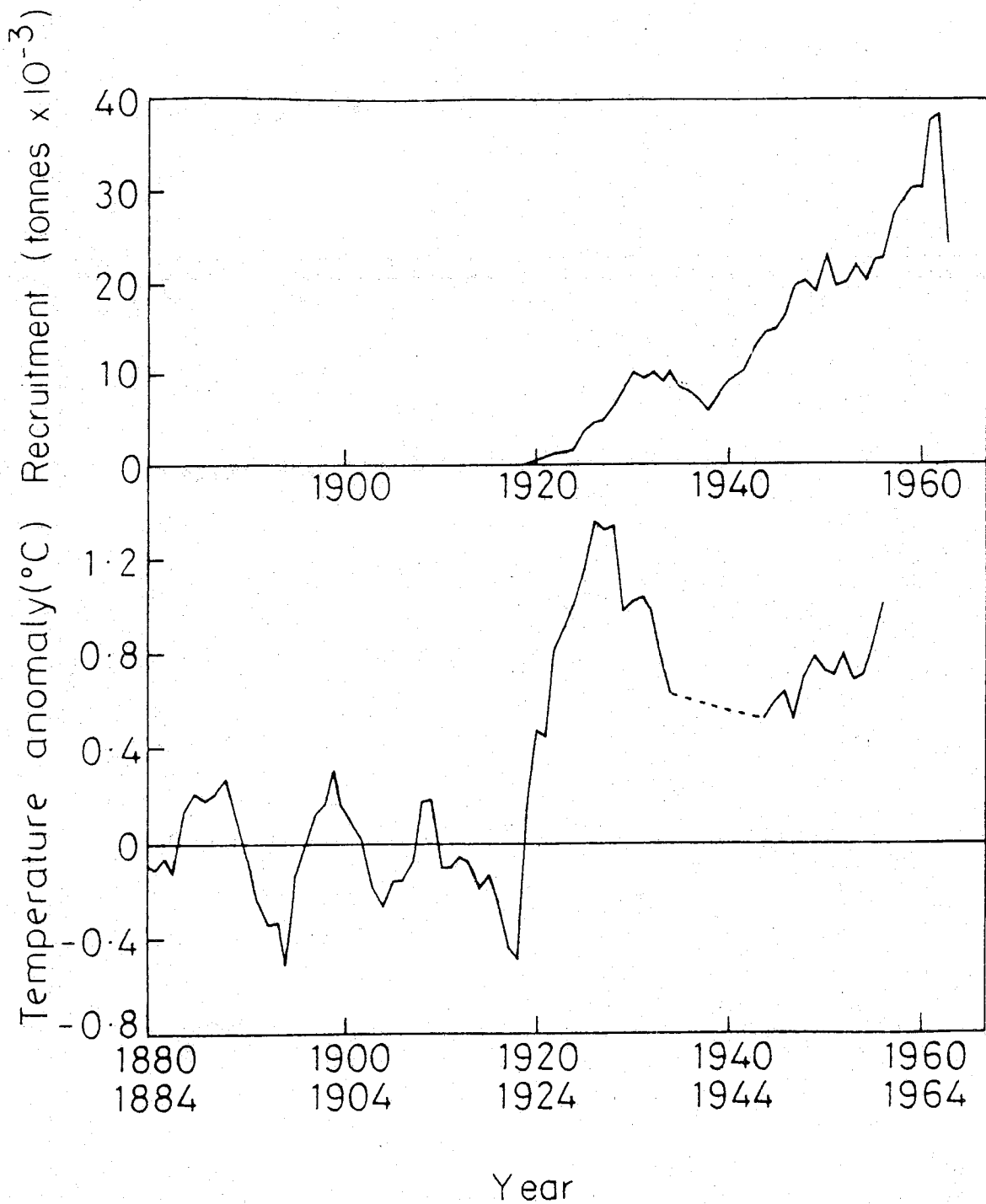


FIG.A34. Rekruttering til torskestammen ved Vest-Grønland sett i sammenheng med endring i temperaturforholdene i området i det samme tidsrommet (CUSHING 1982).

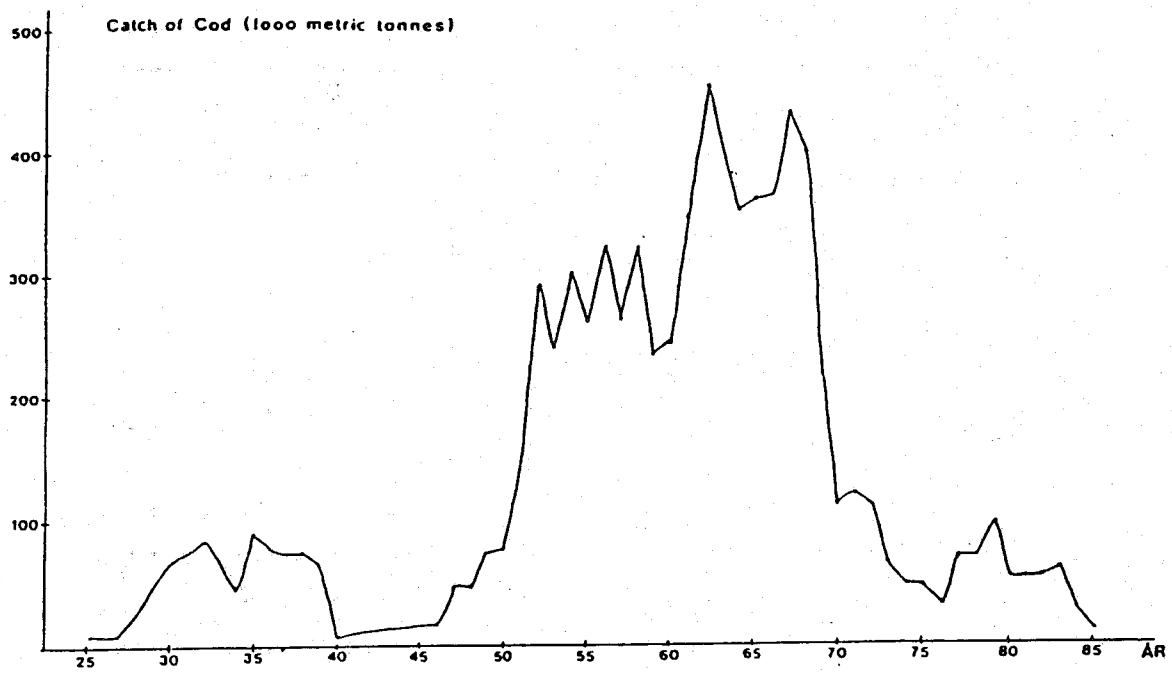


FIG.A35. Fangst av torsk utenfor Vest-Grønland fra 1925-1985 med en høyeste fangstverdi i 1962 (BUCH AND HANSEN 1988).

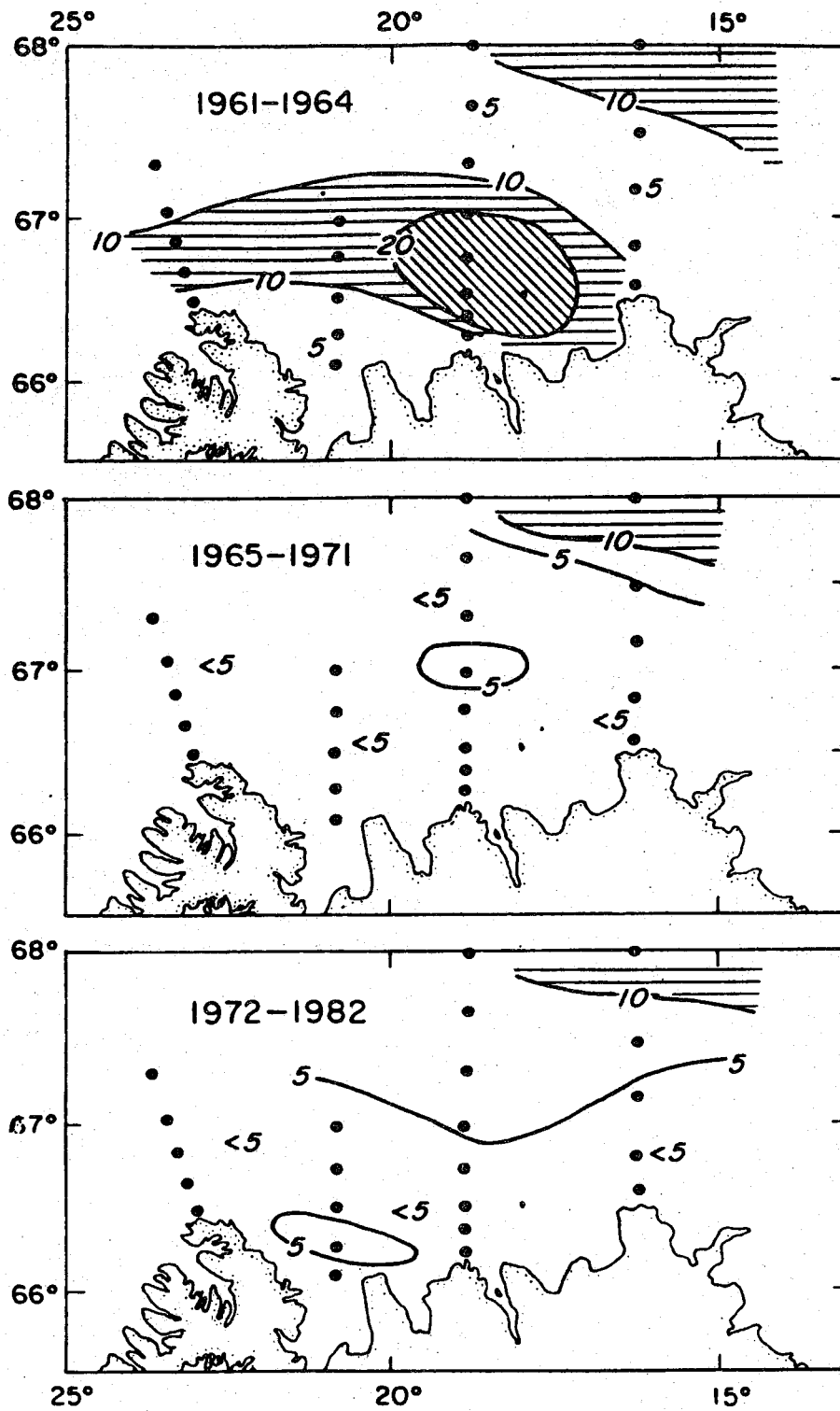


FIG.A36. Mengden av dyreplankton om våren nord for Island i tre perioder. En legger merke til den dramatiske reduksjonen over store områder fra 1961-1964 sammenholdt med periodene 1965-1971 og 1972-1982 (MALMBERG 1988).

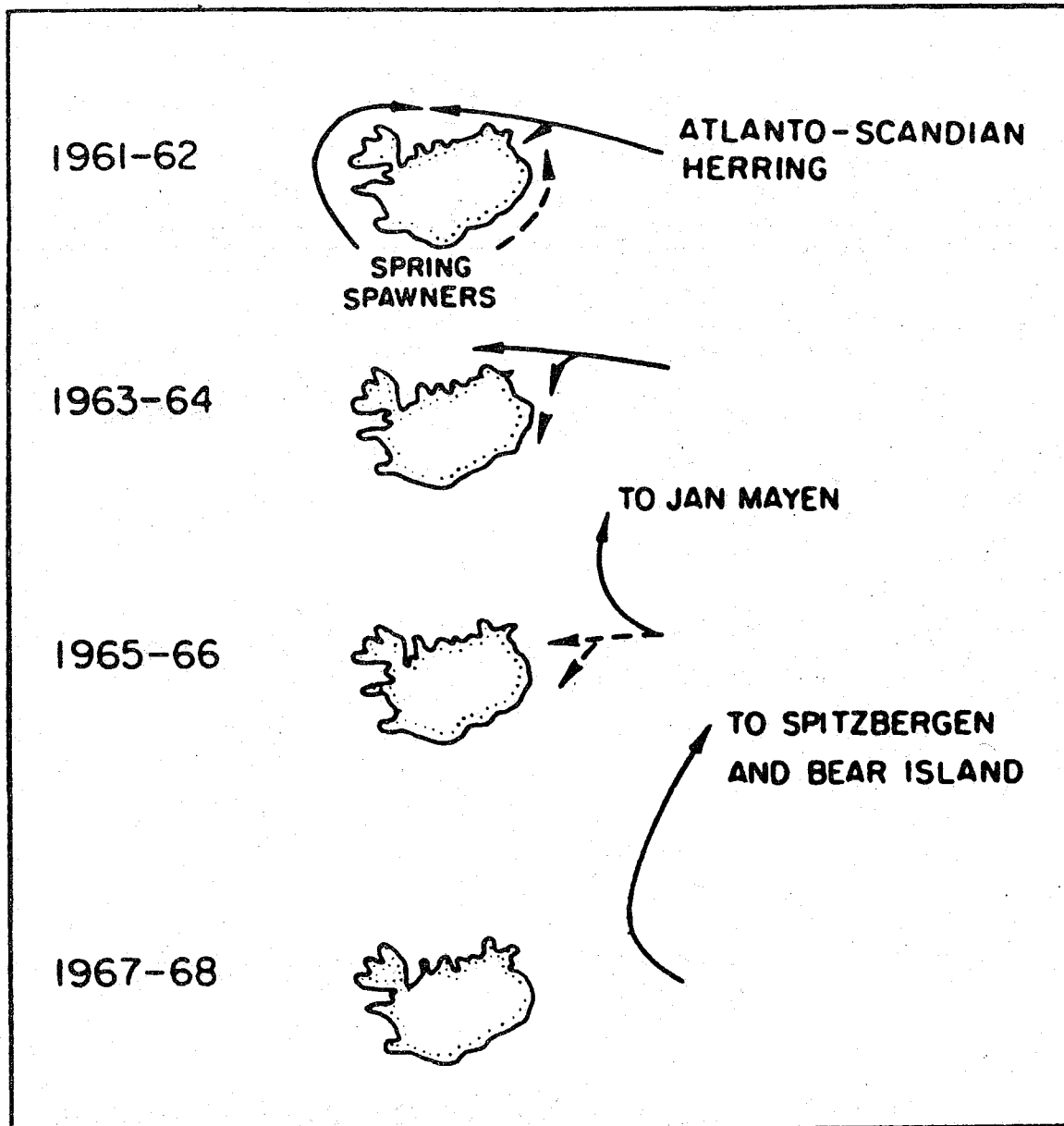


FIG.A37. Endringer i beitevandringen hos norsk vårgytende sild i 60-årene. Mot slutten av tiåret fant den ikke forholdene egnete nord av Island og drog nordover mot Svalbard på sommerbeite (MALMBERG 1988).

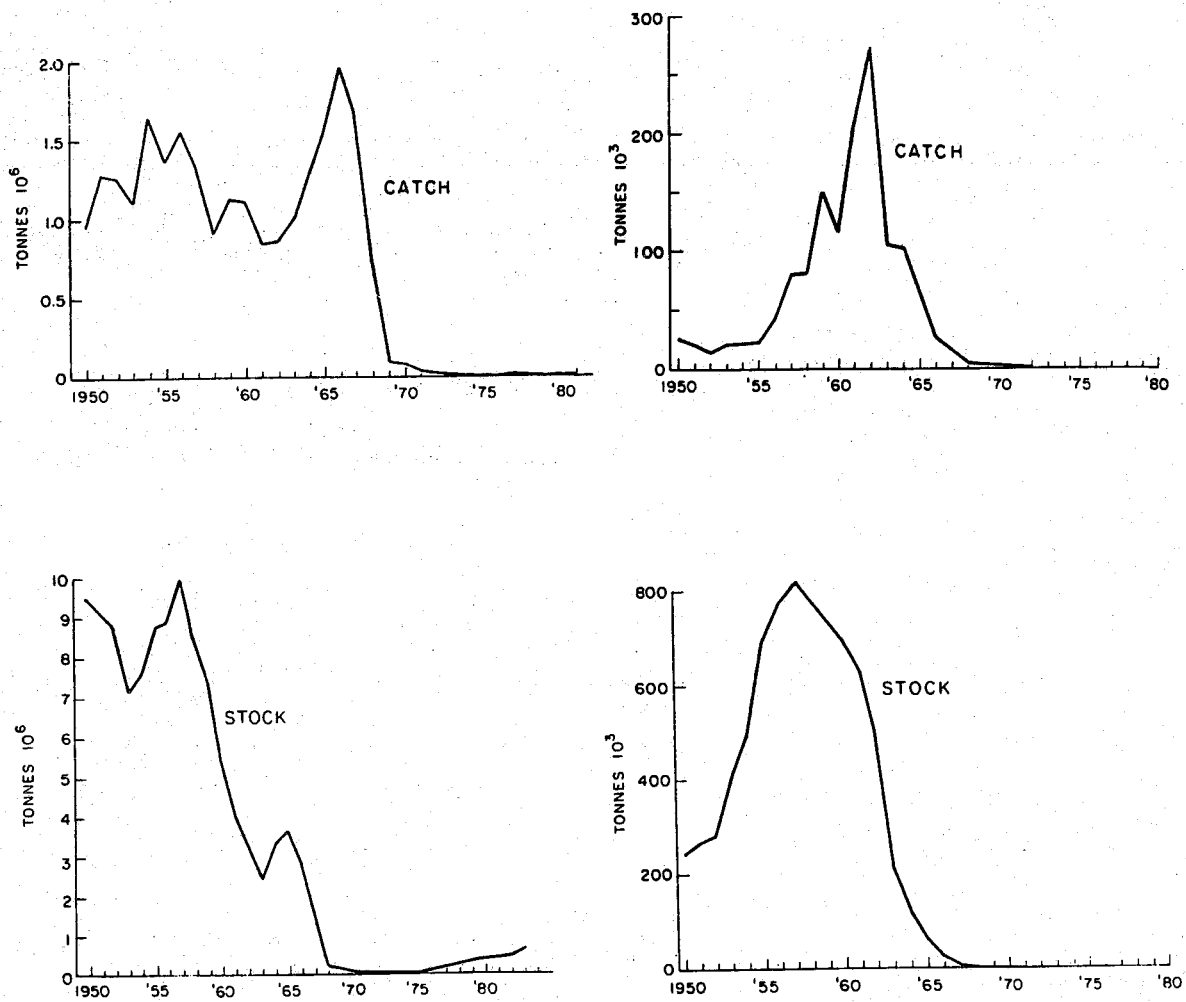


FIG.A38. Det parallelle forløpet i fangst og fiskebestand for Islandssild og norsk vårgytende sild fra 1950 til 1970. Begge bestandene ble hardt beskattet også etterat de var blitt sterkt svekket (MALMBERG 1988).

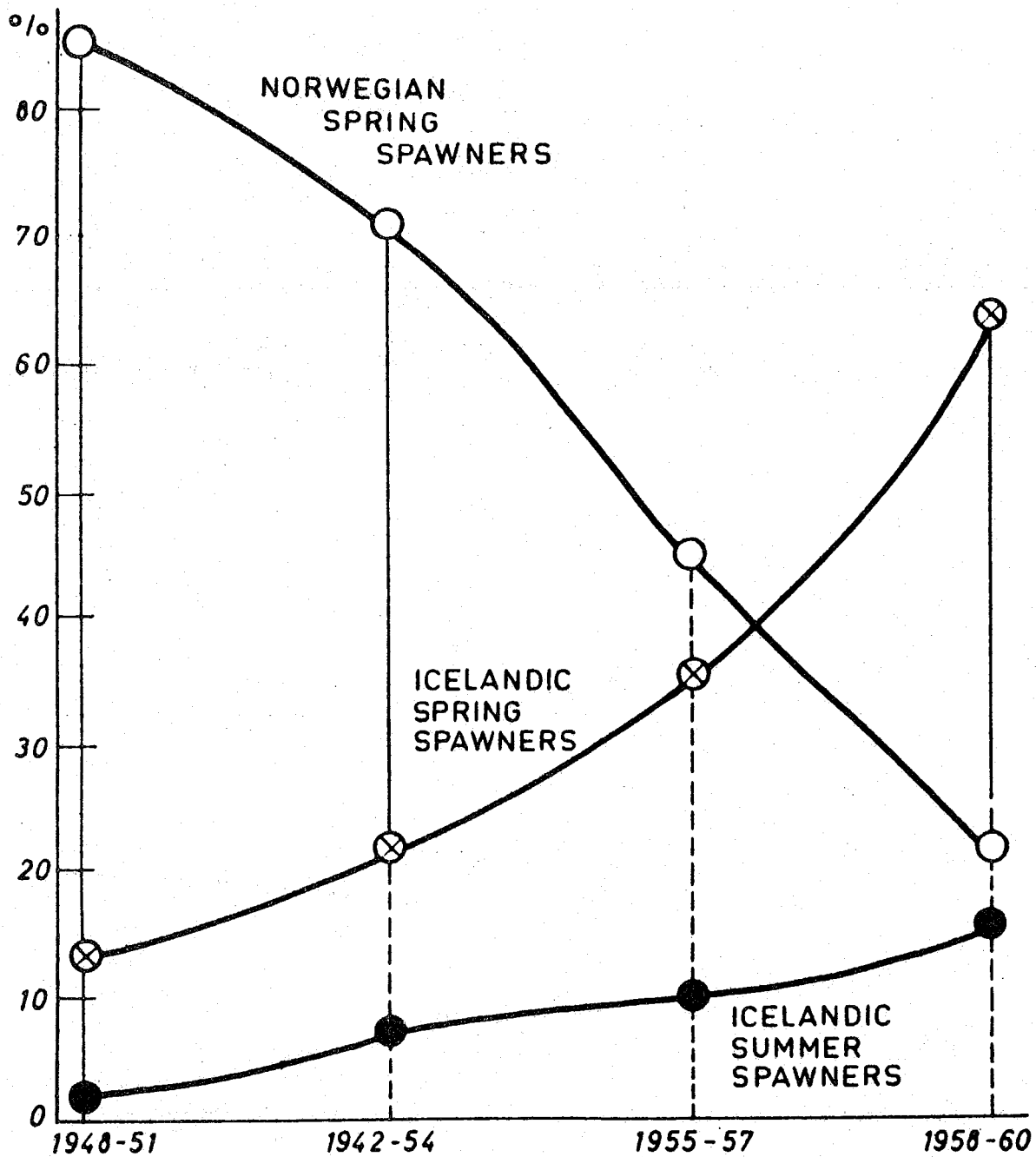


FIG.A39. Prosentvis fordeling av tre typer sild i fangstene ved Island fra 1948 til 1960. En legger merke til at islandsk vårgyter spilte en stadig viktigere rolle i fisket økende fra 15% til 65% på 20 år (FRIDRIKSSON 1963).

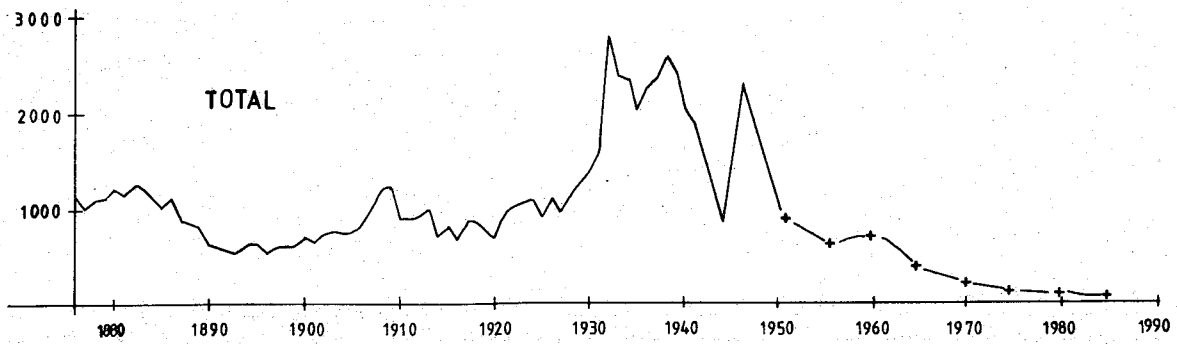


FIG.A40. Oppfisket kvantum hummer langs norskekysten fra 1875 til 1988. En legger merke til et fiske på rundt 3000 tonn i 1930-årene (DANNEVIG 1951; RØRVIK OG TVEITE 1982).

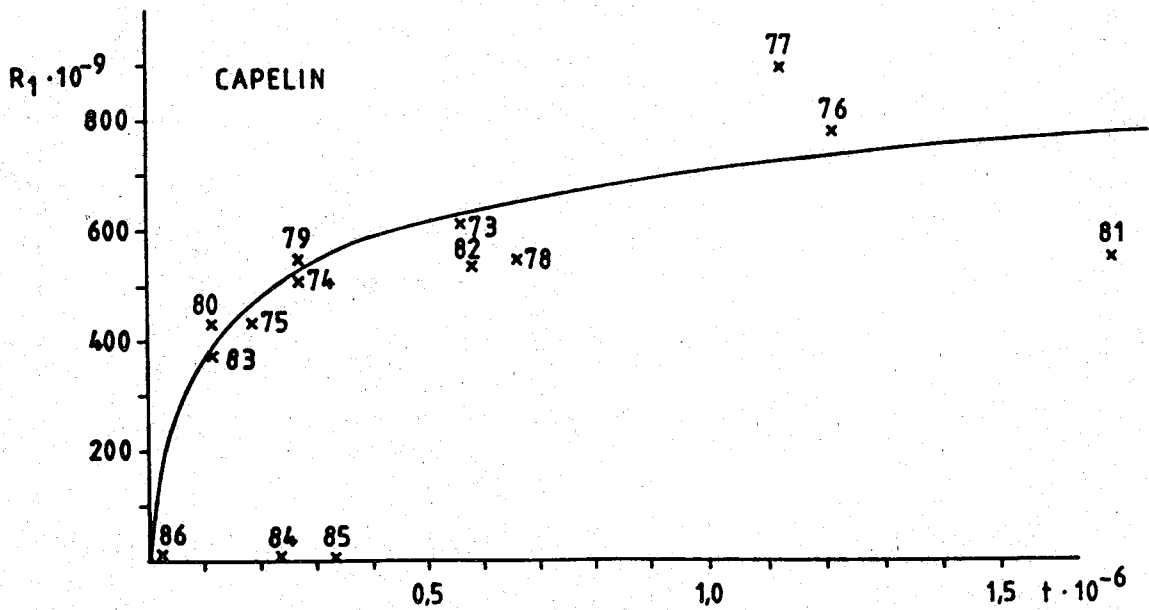


FIG.A41. Forholdet mellom gytebestanden og rekruttering hos lodden i Barentshavet (HAMRE 1988).

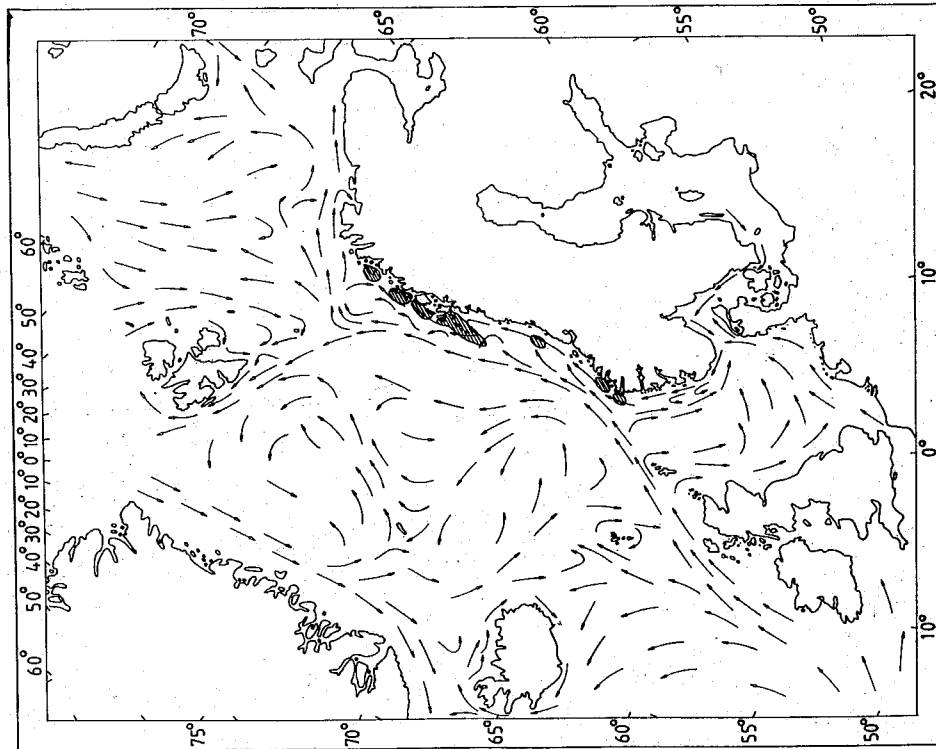
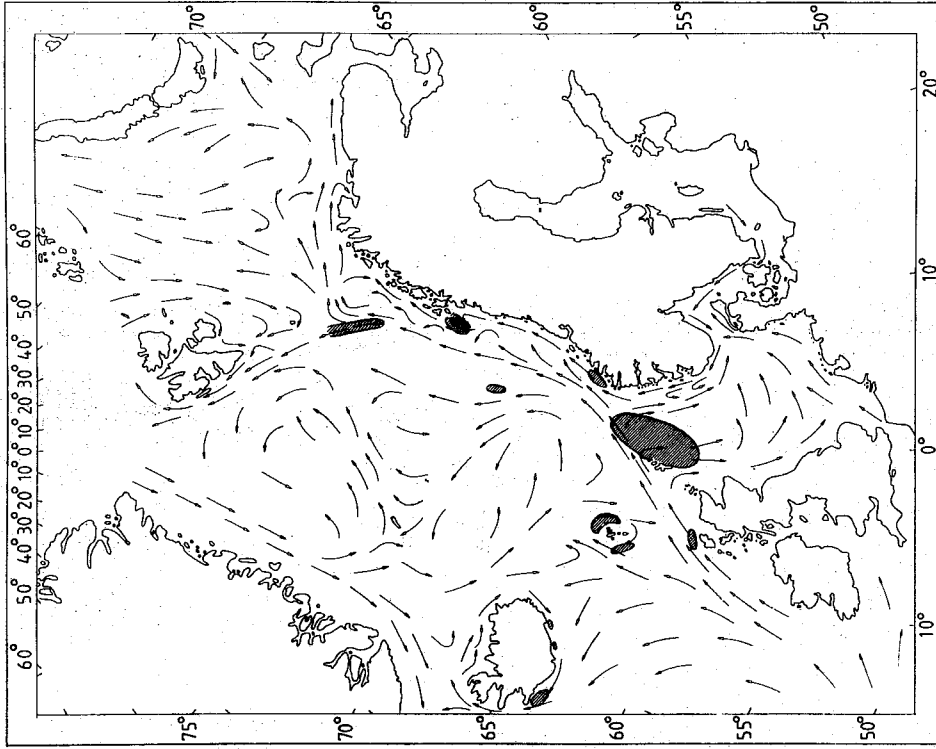


FIG.A42. Viktige gytefelt i norske farvann for norsk-arktisk torsk. Betydningen av de enkelte gytefeltene varierer fra år til år (a). Viktige gytefelt i Nordøst-Atlanteren for norsk-arktisk huse og andre husebestander (b).

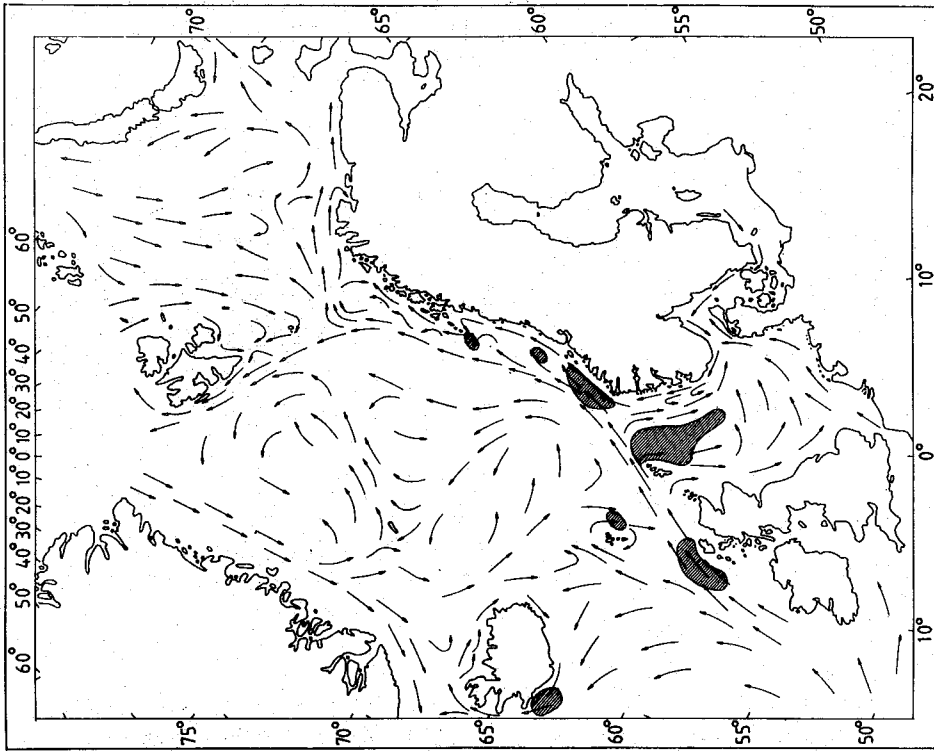
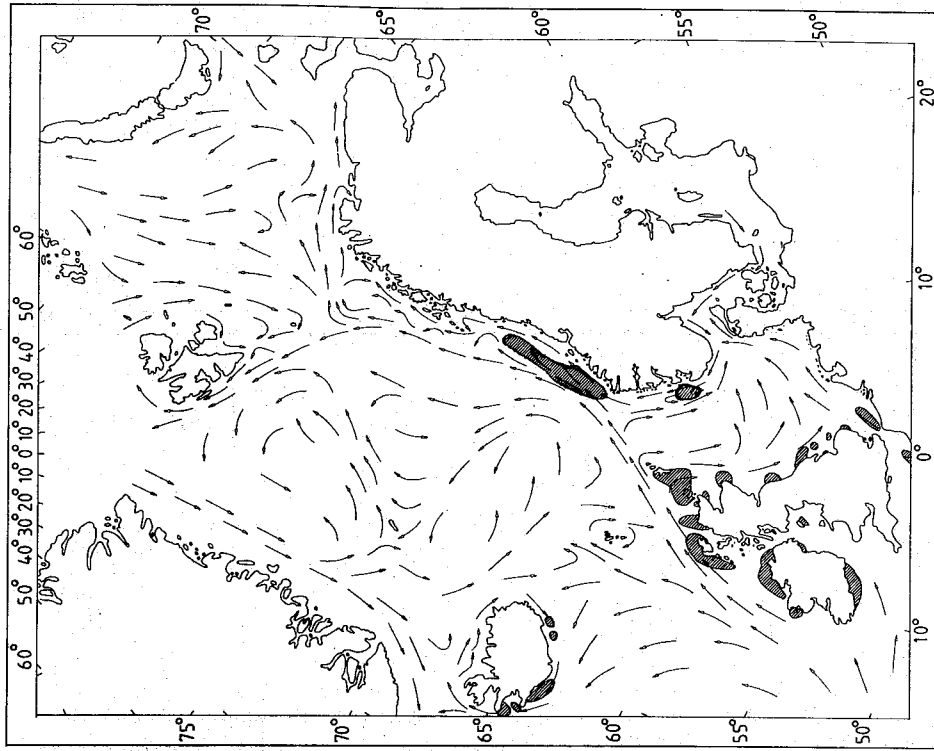


FIG.A43. Viktige gytefelt i Nordøst-Atlanteren for norsk-arktisk sei og andre seibestander (a). Gytefelt for norsk vårgytdende sild langs norskekysten innenfor de siste 10 årene (b).

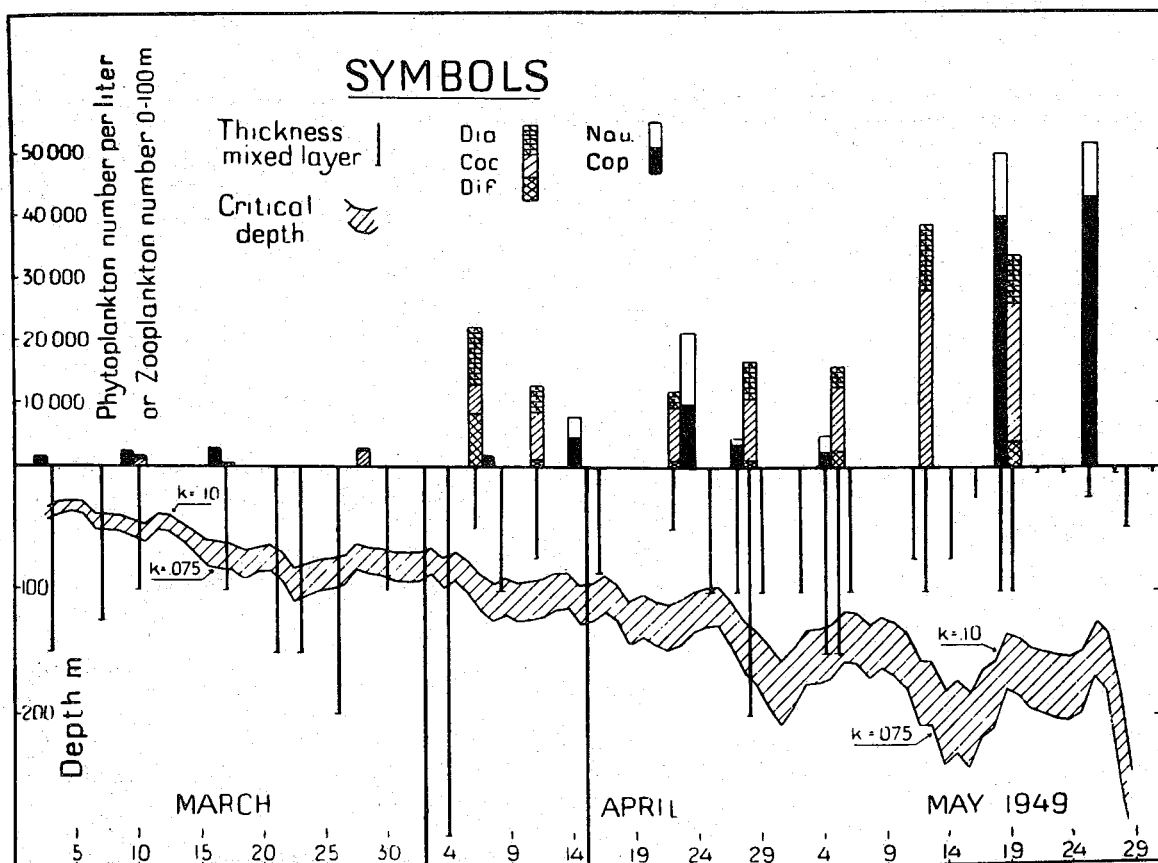


FIG.A44. En grafisk framstilling som gir et komprimert bilde av en rekke forhold i perioden mars til mai. Blandingslaget vist med vertikale linjer er dypere enn kritisk dyp (båndet med skravering) til slutten av april. Algeproduksjonen kom igang for fullt i april da blandingsdypet en kort tid var grunnere enn kritisk dyp. Dyreplanktonproduksjonen var sterkest i siste del av mai (SVERDRUP 1953).

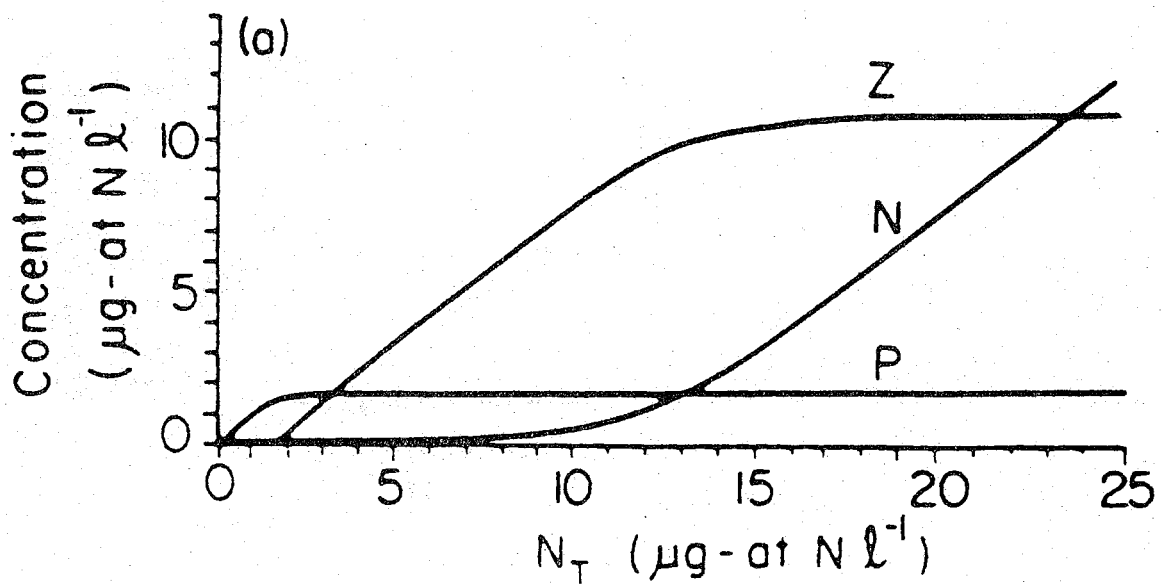


FIG.A45. En modellberegning for virkningen av økende mengder totale næringsalter (NT) på dyreplankton (Z) og på planteplankton (P). En legger merke til at planteplanktonet tilsynelatende ikke reagerer på økende mengde næringsalter, men forholdet er at en sterkt økende mengde dyreplankton øver et stadig hardere beitepress på planteplanktonet. Først rundt 15 $\mu\text{g-at N l}^{-1}$ flater virkningen av den økte næringssalttilførslen bort på samlet produksjon (WROBLEWSKI ET AL. 1988).

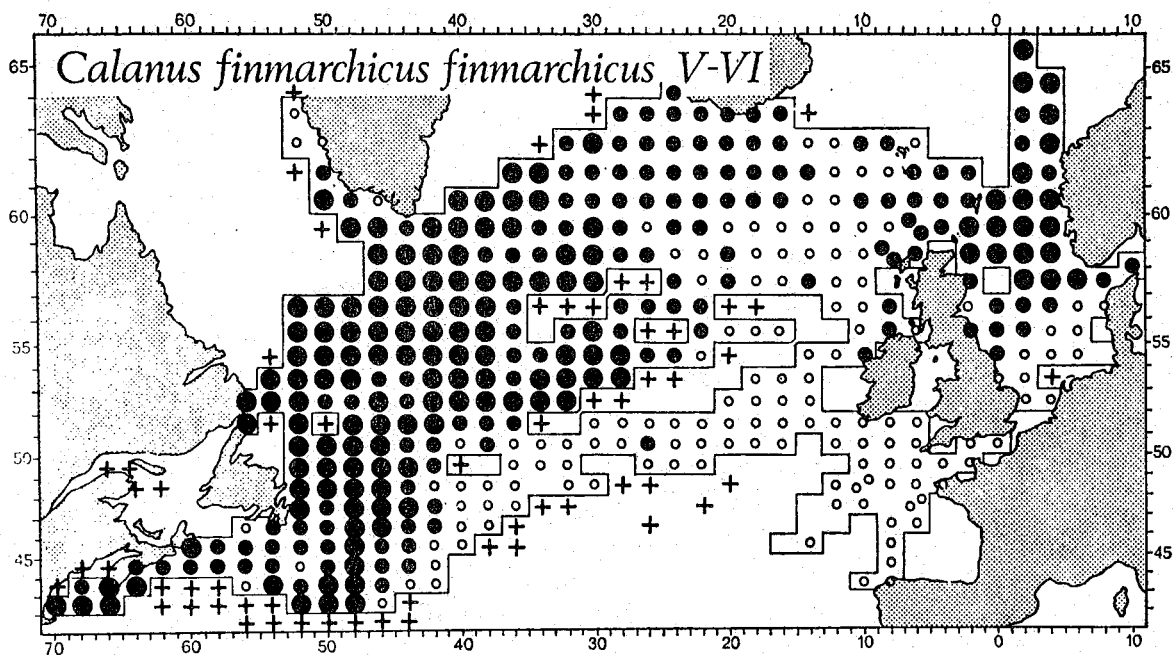


FIG.A46. Fordeling av *Calanus finmarchicus* i Nord-Atlanteren der størrelsen på de svarte ringene angir relativ mengde (CUSHING 1982).

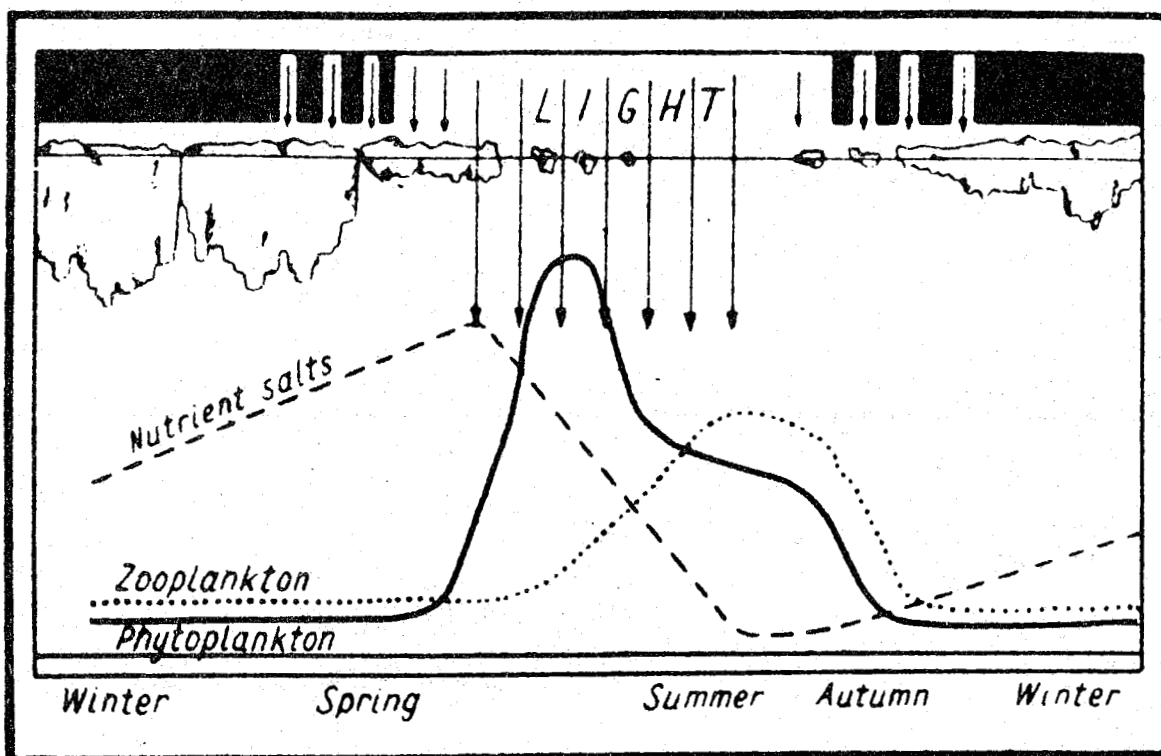


FIG.A47a. En kombinert grafisk og stilisert framstilling av produksjonsrytmen i Barentshavet med overvintrene bestander som om våren starter å formere seg. Dyreplankton (zooplankton) er forsinket i forhold til planteplankton (phytoplankton). Næringssaltene brukes opp i løpet av sommeren og bygger seg opp igjen gjennom vinteren (LOENG 1989).

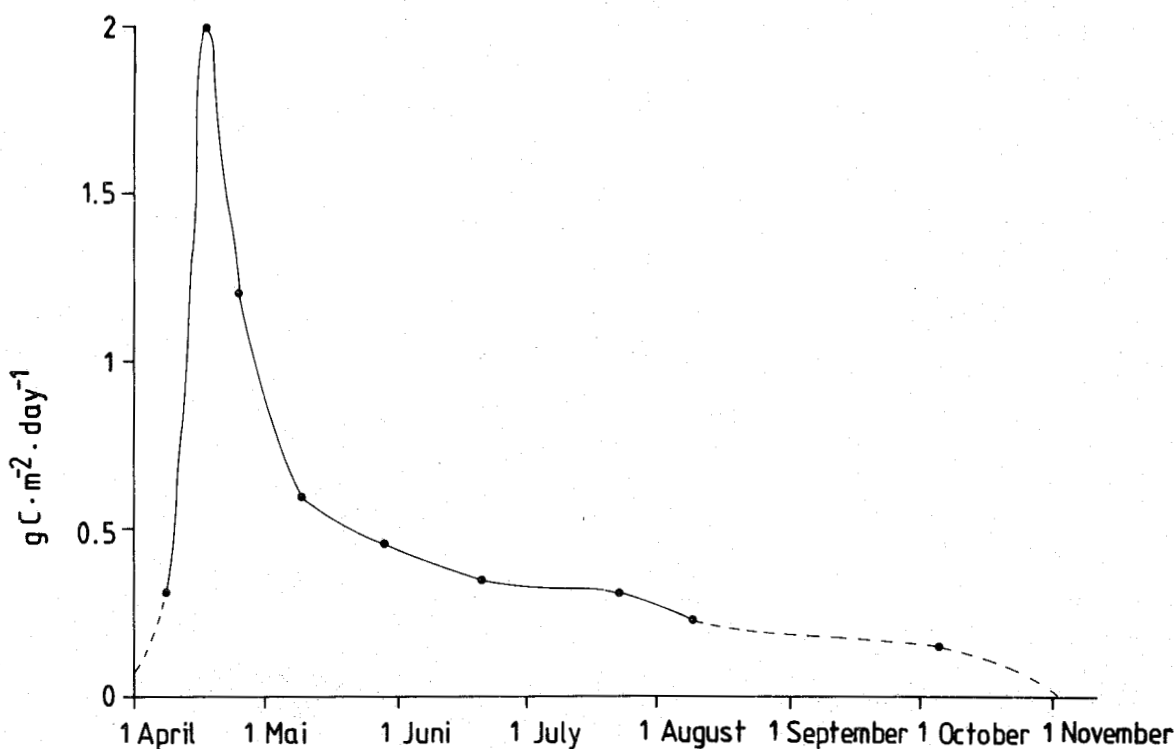


FIG.A47b. Primærproduksjonen i Barentshavet gjennom året der en legger merke til den kraftige produksjonen fra midten av april til midten av mai. Verdiene er gjennomsnitt for perioden 1979-84 (REY ET AL. 1987).

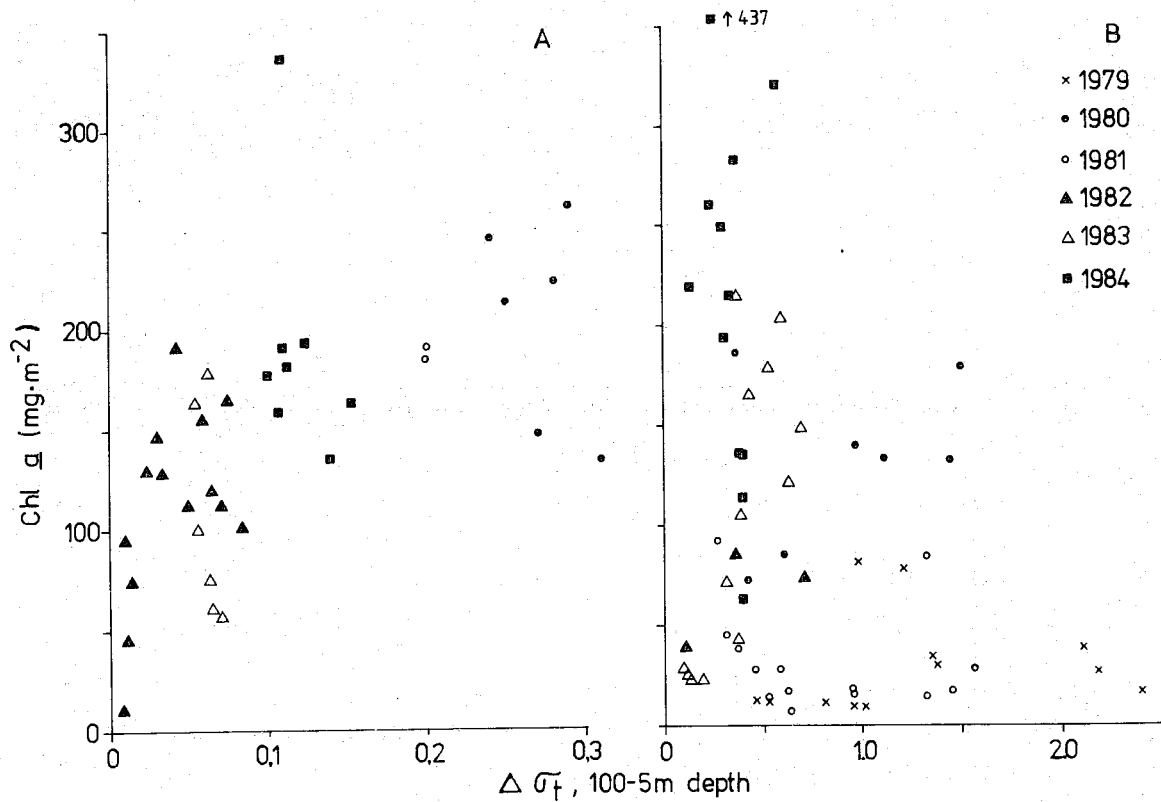


FIG.A48. Plantepigment pr. m2 overflate i områder der det ikke har vært drivis (A) og i områder opprinnelig dekket av vinteris med smeltevann i øvre vannlag (B). En legger merke til stabilitetsindeksen som viser mye større stabilitet etter issmelting med verdier godt over 1,0 (B) mens uten denne smeltevanneffekten er stabiliteten langt svakere (under 0,3; A) (REY ET AL. 1987).

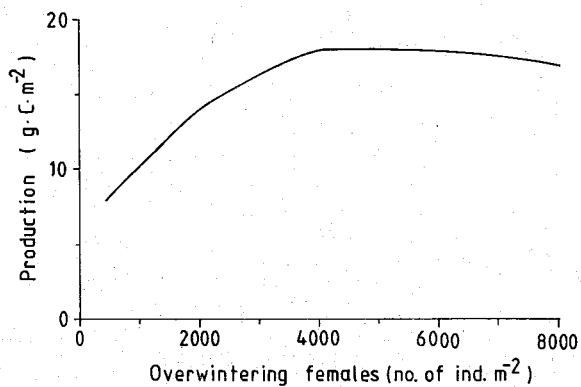


FIG.A49. Beregnet produksjon av dyreplankton som en funksjon av mengden overvintrene hunner av *Calanus finmarchicus* (REY ET AL. 1987).

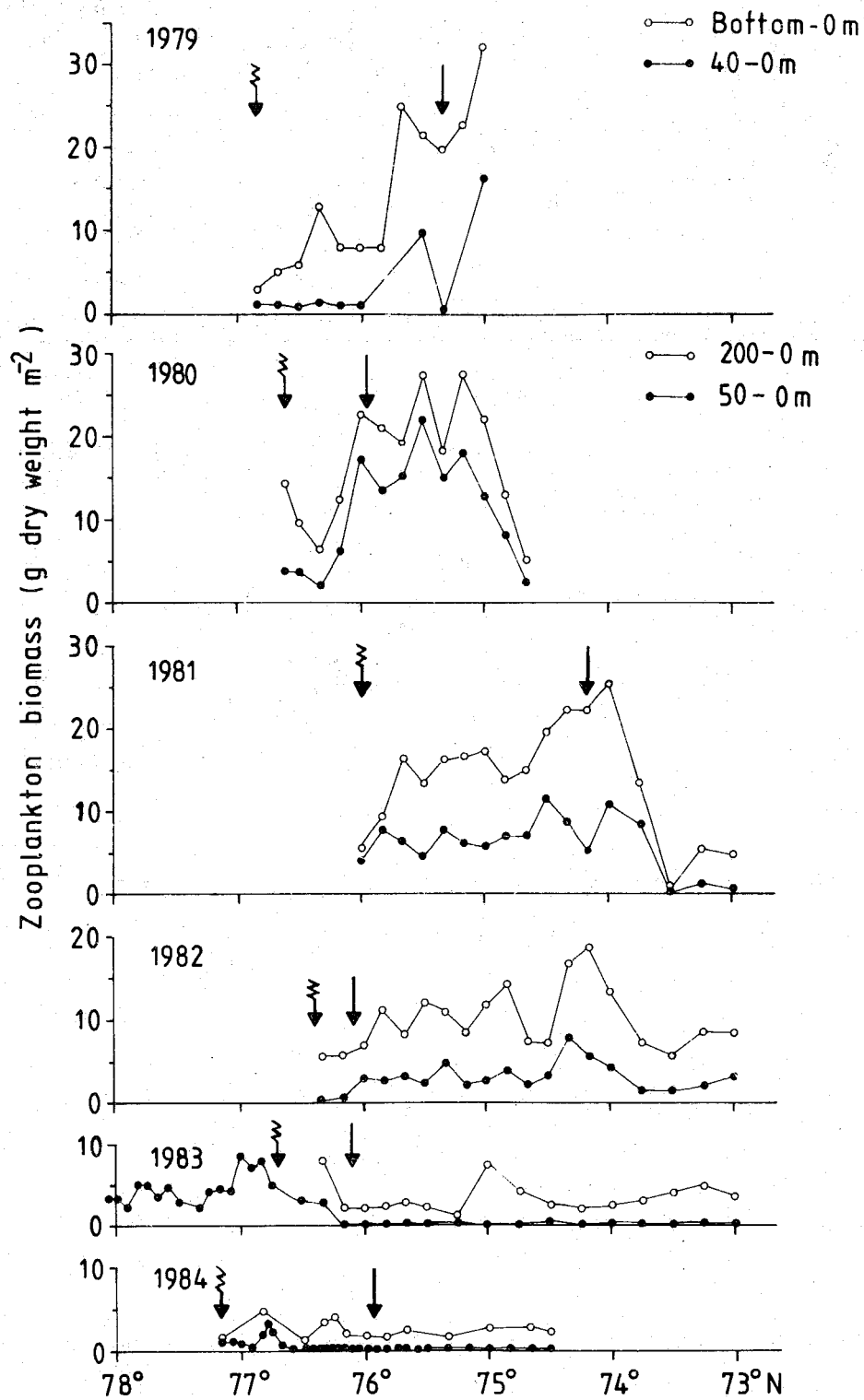


FIG.A50. Biomassen pr. m² overflate av dyreplankton i Barentshavet om sommeren i perioden 1979-1984 langs en breddegradstransekt fra 78° til 73°N (REY ET AL. 1987).

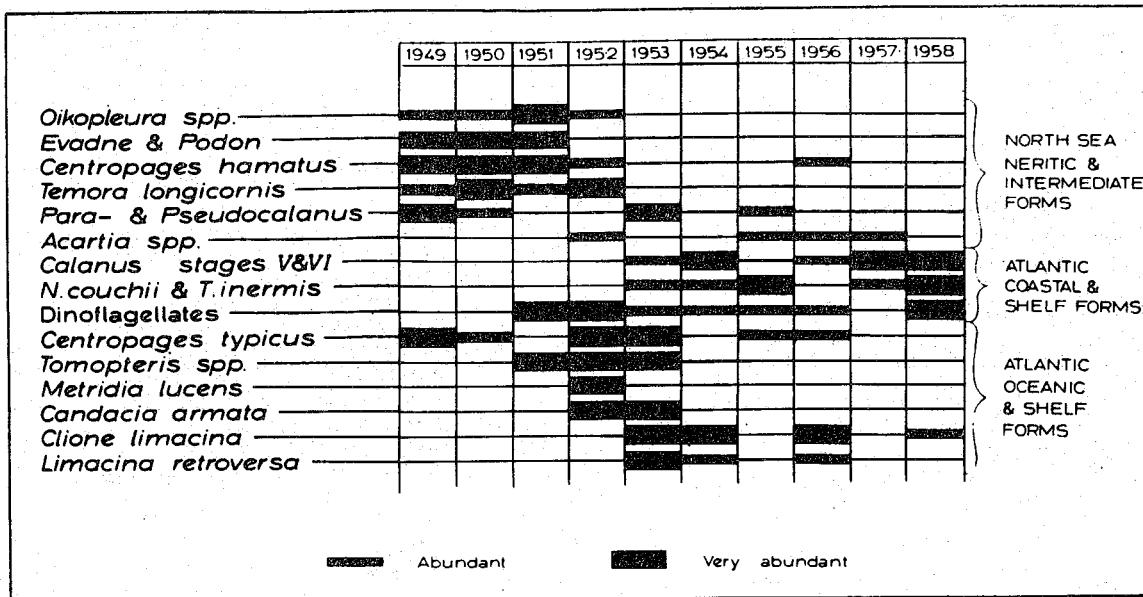


FIG.A51. En endring i dyreplanktonsamfunnet fra en kystnær sammensetning fram til 1952-53 mot en mer oseaensk i tiden etter (CUSHING 1982).

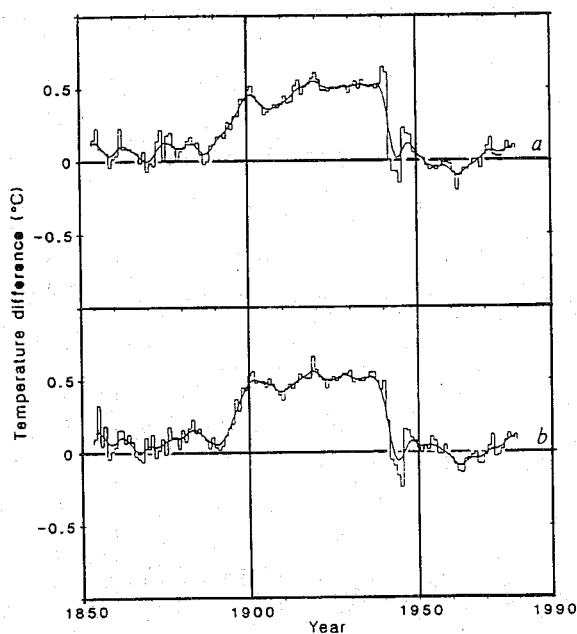


FIG.A52. Temperaturforskjellen mellom luften over havflaten og havoverflaten for nordlige (a) og sørlige halvkuile (b). En vil legge merke til at det begge steder skjedde en økning i forskjellen fra rundt 1890 slik at lufttemperaturen var 0,5°C høyere like til rundt 1940 (JONES ET AL. 1986).

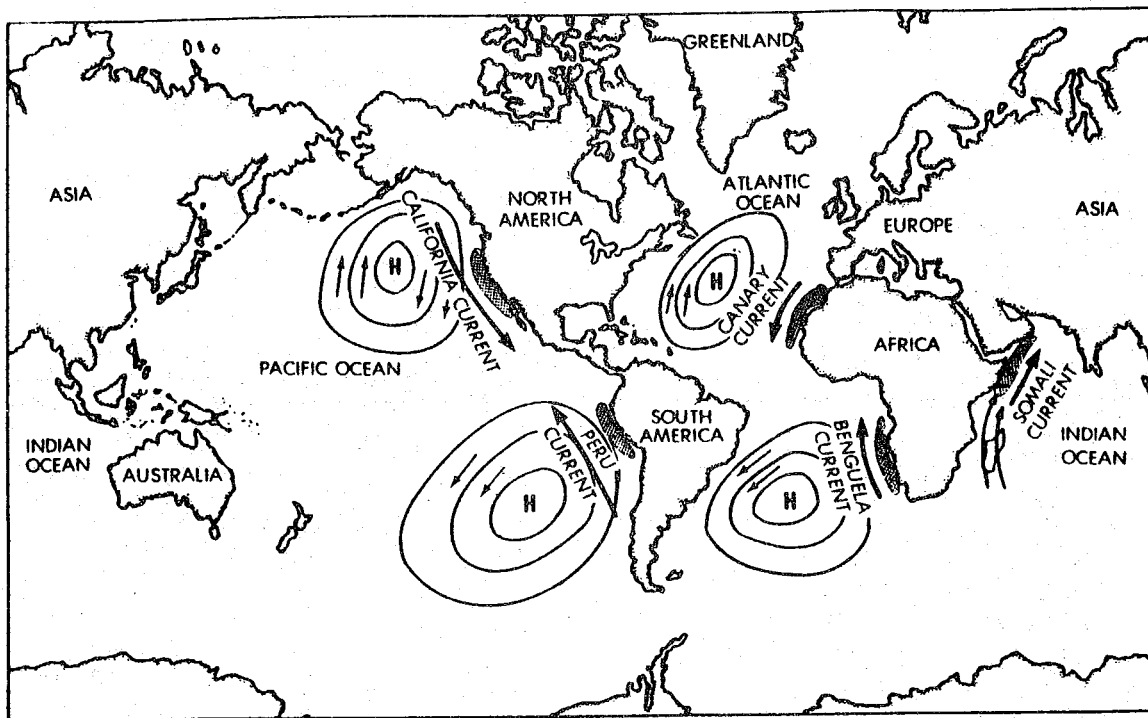


FIG.A53. Idealisert skjematisk diagram over de fire viktige antisyklonområdene og over fem viktige upwellingområder (THOMPSON 1981).

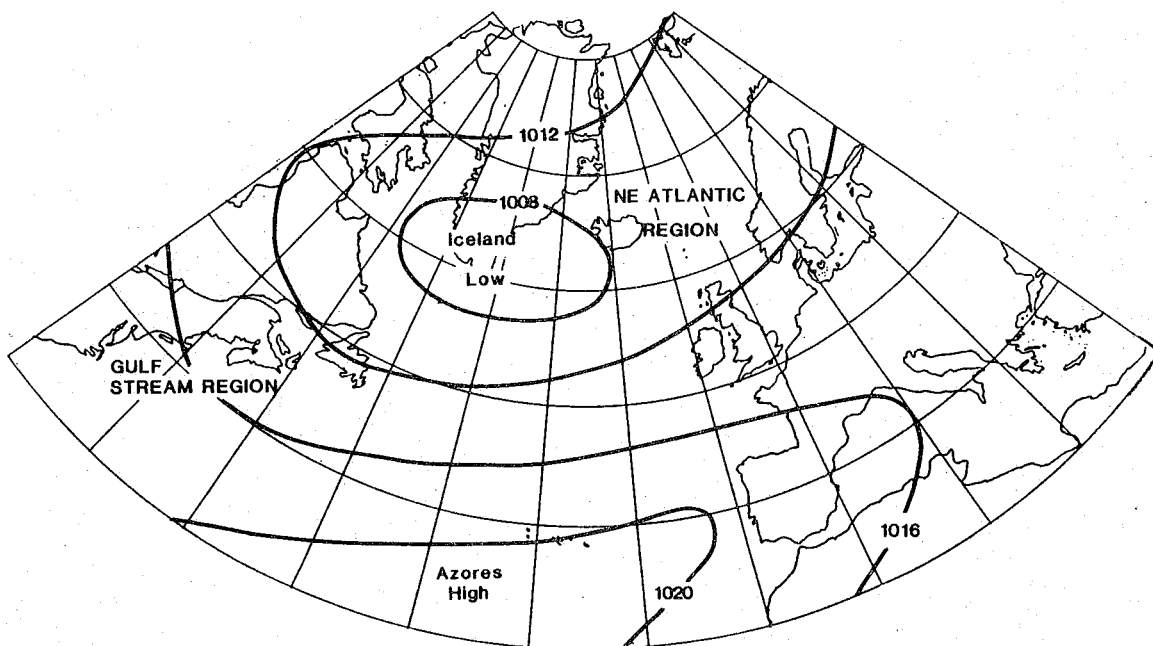


FIG.A54. Hovedmønster i lufttrykkfordeling i Nord-Atlanteren med markering av lavtrykksområdet ved Island og høytrykksområdet ved Azorene (KELLY 1984).

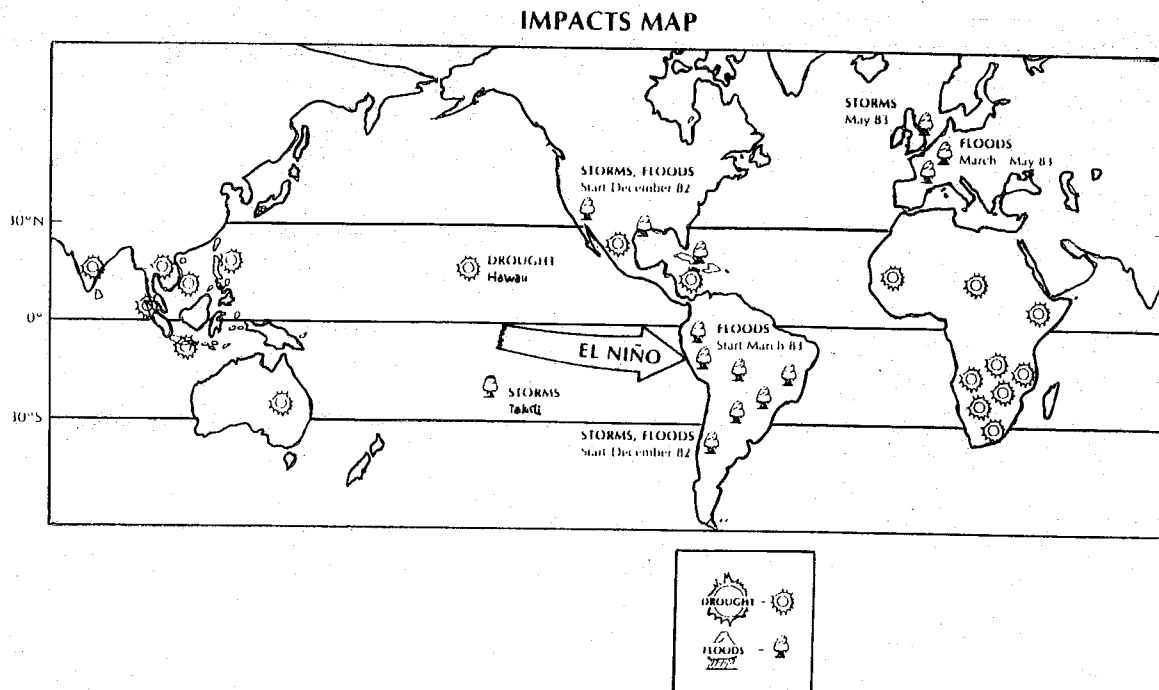


FIG.A55. De globale virkningene på fordeling av nedbør i kjølvannet av en kraftig El Niño. En legger merke til omfattende tørke i Sørøst-Asia, India og Afrika og sterk nedbør i Sør-Amerika. Sterk storm og kraftig nedbør i Vest-Europa i 1983 har vært sett i sammenheng med 1982/83-El Niñoen (GLANTZ 1984).

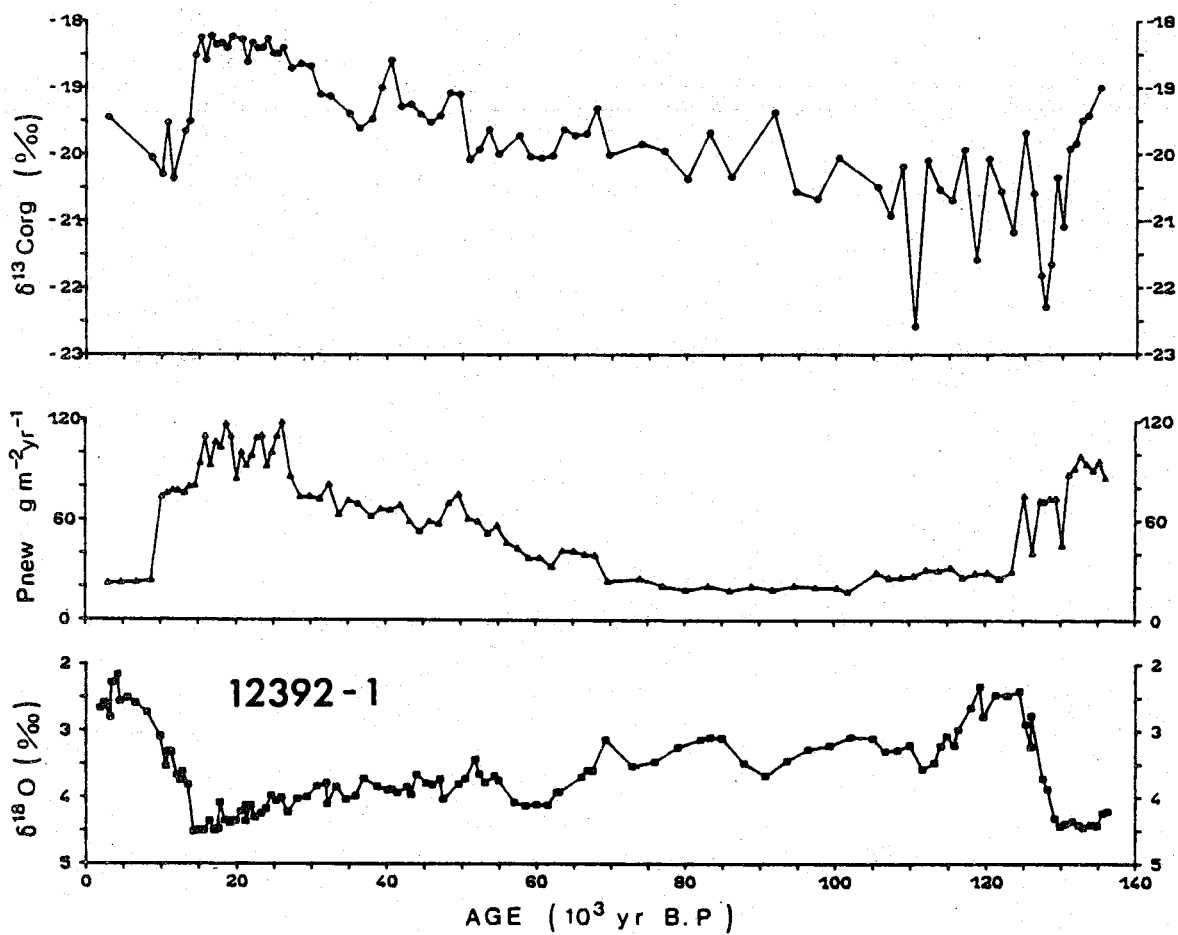


FIG.A56. Oppmerksomheten henledes på den midterste figuren. Den viser endring i ny produksjon i havene gjennom de siste 135 000 år. En vil legge merke til den lange perioden med liten ny produksjon som fulgte etter forrige mellomistid; produksjonen nå ligger på et tilsvarende lavt nivå med rundt 20 gram m⁻²år⁻¹ (SARNTHEIN AND WINN 1988).

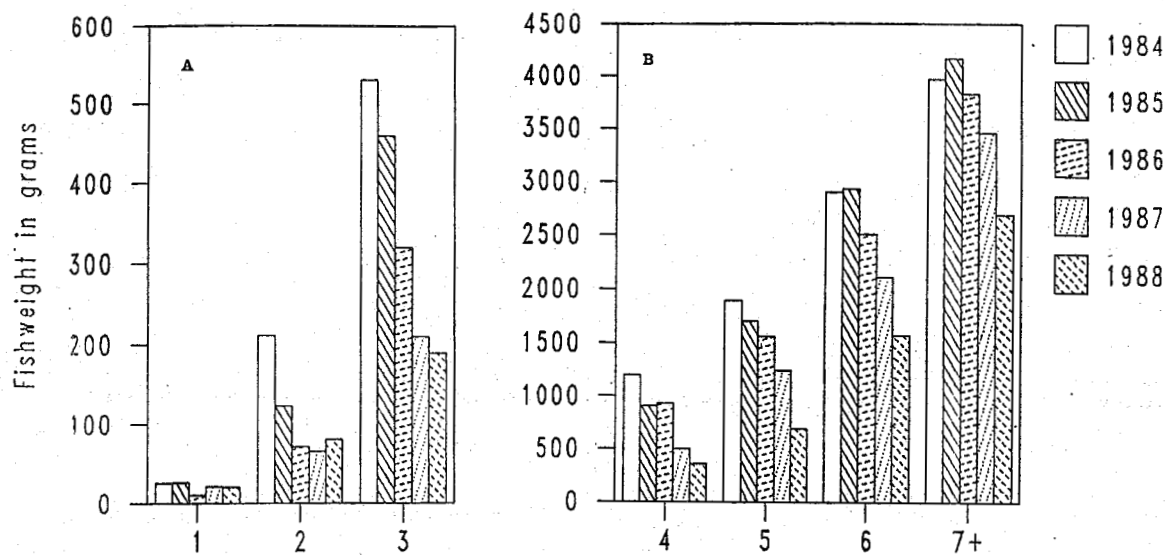


FIG.A57. Vekt av norsk-arktisk torsk innenfor 7 aldersgrupper fra fem år (1984 til 1988). En legger merke til at torsk av samme alder oppnår en stadig lavere vekt gjennom dette tidsrommet (MEHL AND SUNNANÅ 1990).

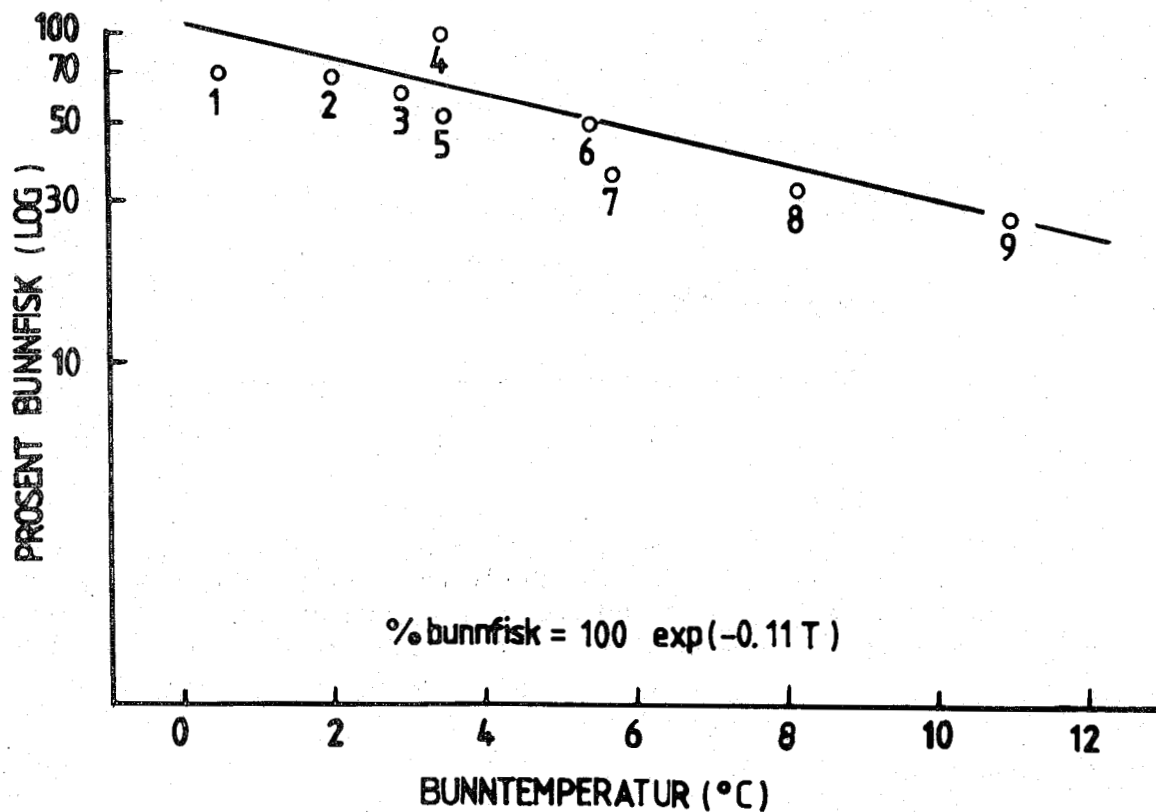


FIG.A58. Bunnfiskens andel av fangstene sett i forhold til bunntemperaturen i samme området. En legger merke til at med økende temperatur øker betydningen av pelagisk fisk i fangstene (1: Labrador; 2: Grand Bank; 3: Island; 4: Vest-Grønland; 5: Nova Scotia; 6: Nordøstl-Atlanteren; 7: Georges Bank; 8: Nordsjøen; 9: Region 3 (JONES AND MARTIN 1981)).

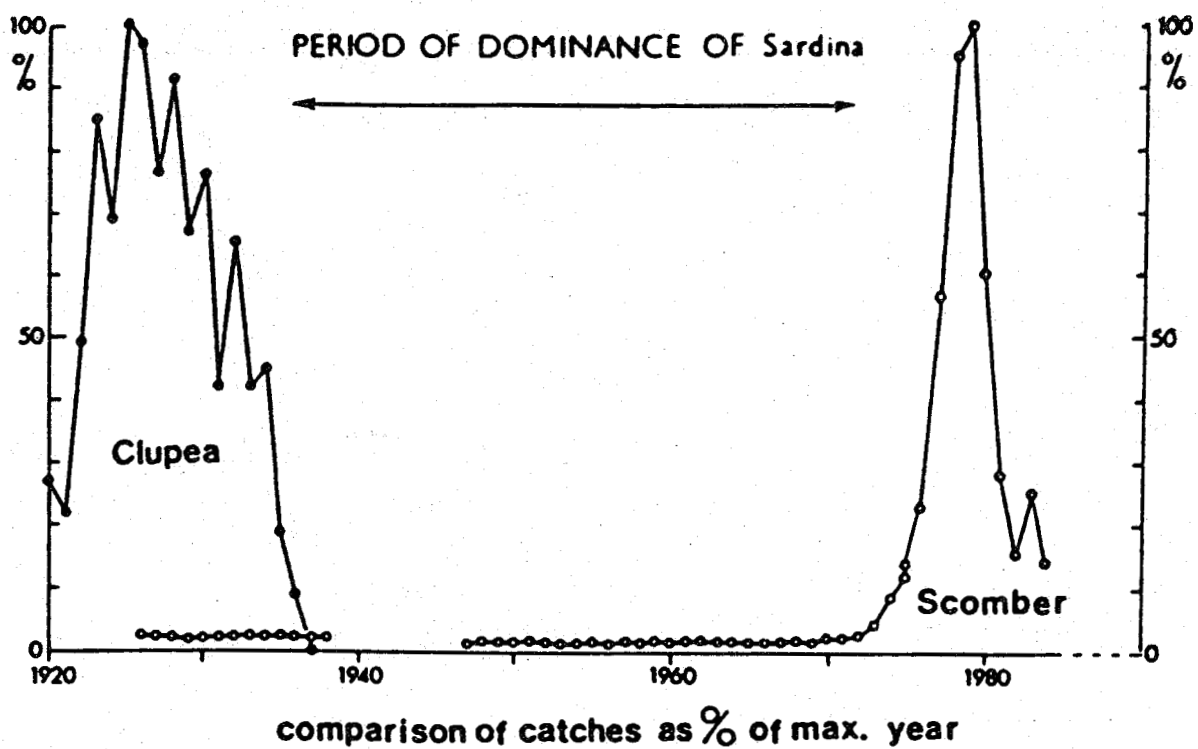


FIG.A59. Fisket i Den engelske kanalen fra 1920-1985 der en har gitt omfanget for henholdsvis sild og makrell. Silden forsvant i slutten av 30-årene og fikk en periode med dominans av sardin. Tidlig i 70-årene ble denne erstattet av makrell. Silden har ikke kommet tilbake (SOUTHWARD AND BOALCH 1988).

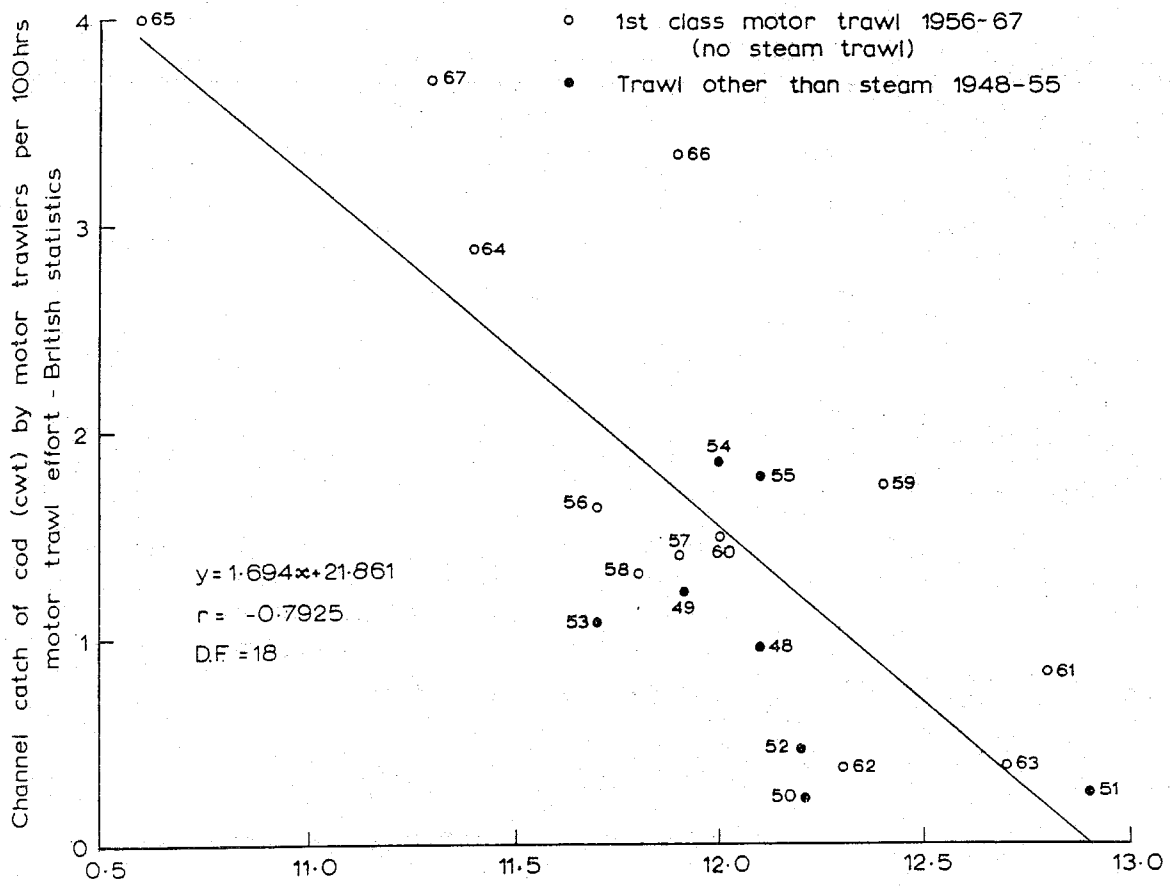


FIG.A60. Nedgang i fangskvantum av torsk med økende temperatur i Den engelske kanalen (data fra 1948-67) (DICKSON AND LAMB 1972).

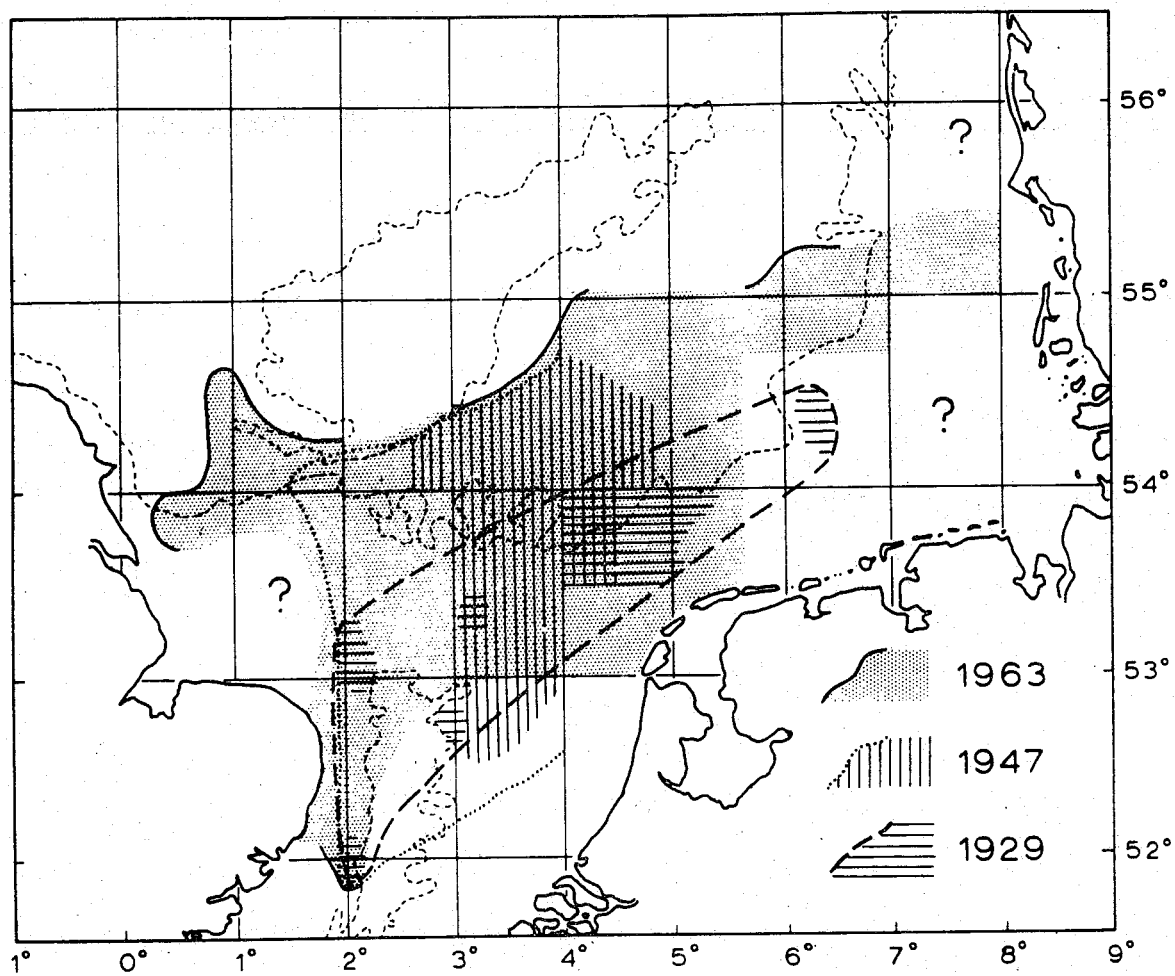


FIG.A61. Områder i Nordsjøen der fiskere har rapport død fisk i fangstene i de ekstremt kalde årene 1929, 1947 og 1963 (ZIJLSTRA AND DE WOLF 1988).

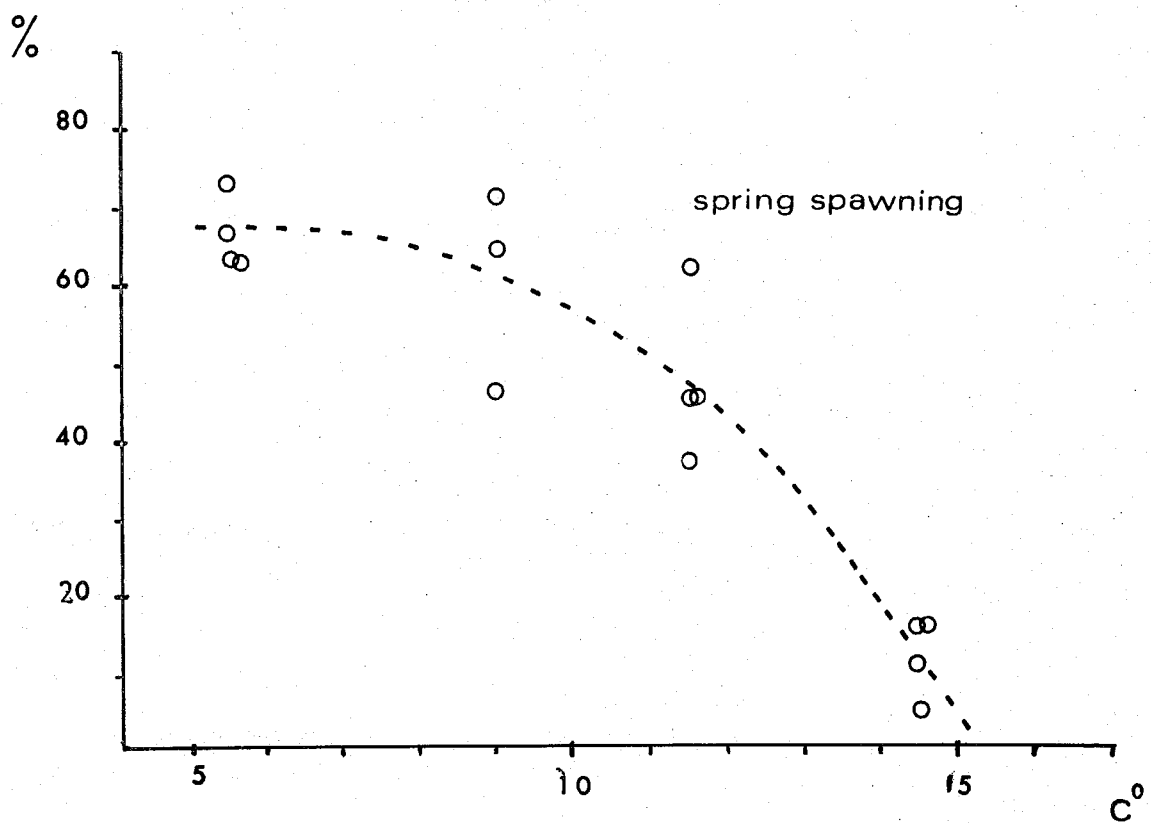
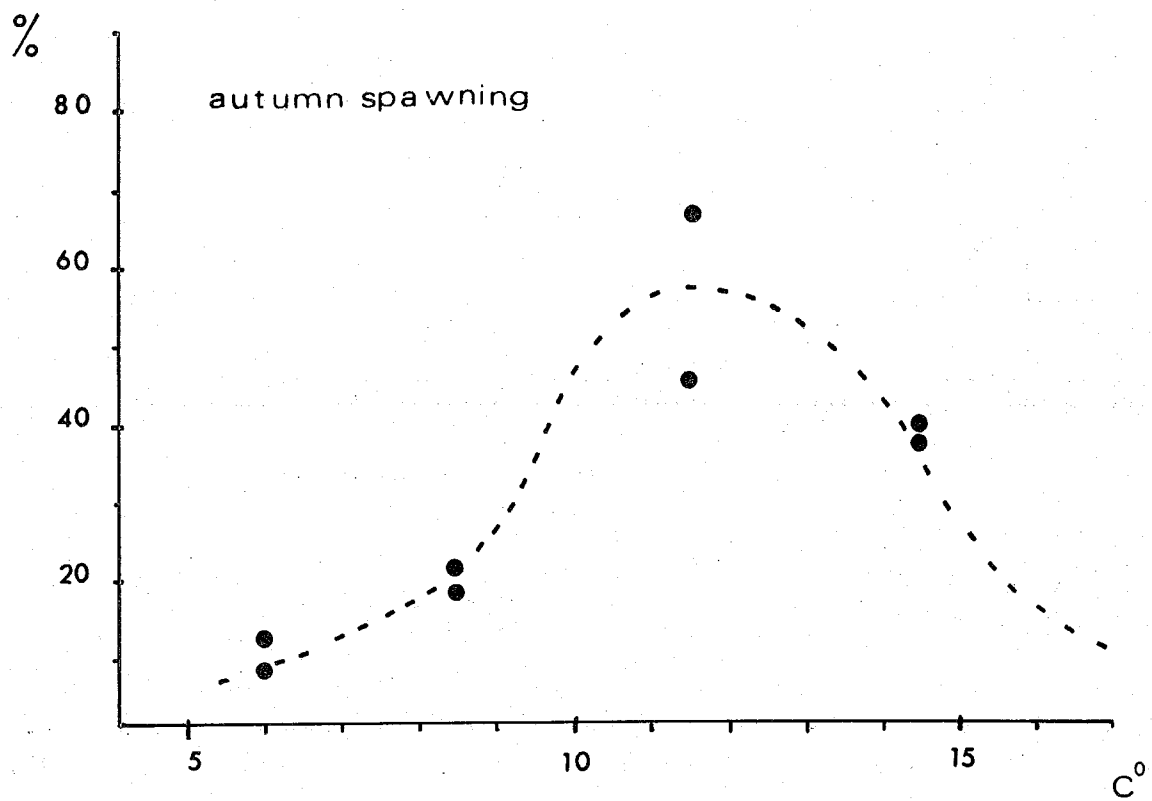


FIG.A62. Klekkeprosent hos sild med klare forskjeller i optimaltemperaturen mellom høstgytere (øverst) og vårgytere (nederst) (POSTUMA 1971).

BIOMASS LOST FROM FISH AND SHRIMP 1984/5

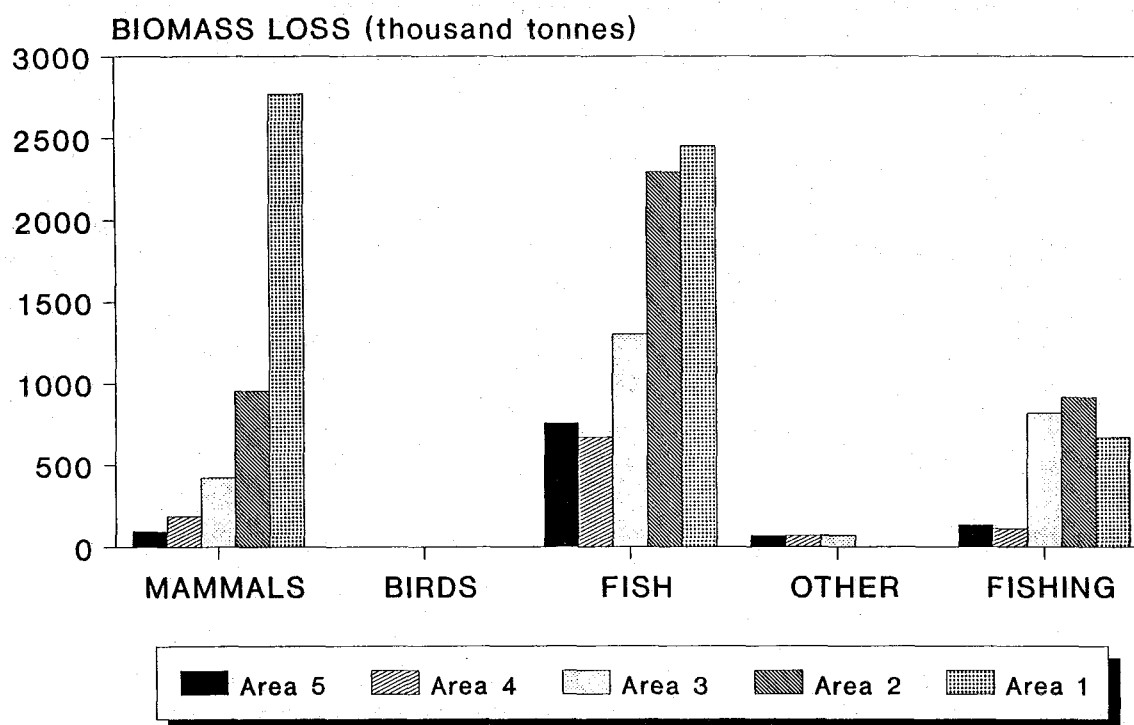


FIG.A63. Beregnet mengde fisk og reke spist av sjøpattedyr (mammals) og av fisk og mengde tatt av fiskeflåten i Barentshavet (område 1-3) og i Norskehavet (område 4 og 5) (BAX ET AL. 1989).

PROPORTIONS OF TOTAL BIOMASS LOSS FIVE AREAS COMBINED 1984/5

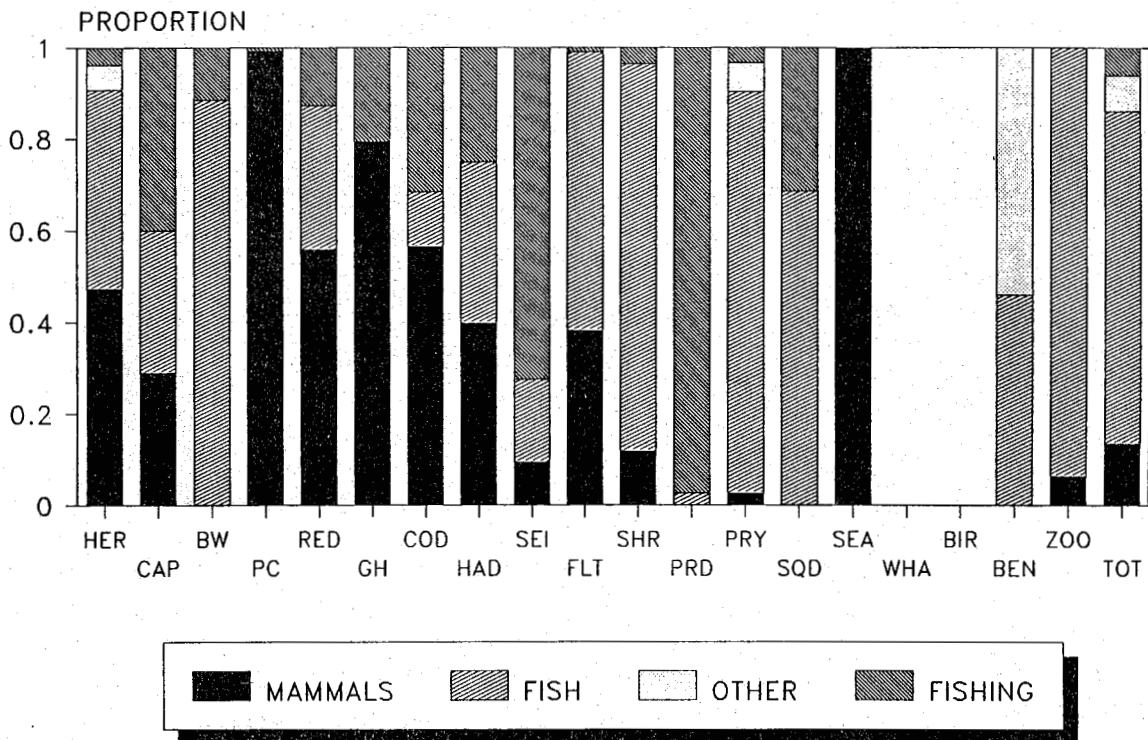


FIG.A64. Fordeling av dødeligheten hos fiskebestandene forårsaket av ulike beitere (sjøpattedyr og fisk) og av fangst fra fiskeflåten. Koder: HER: sild; CAP: lodde; BW: kolmule; PC: polartorsk; RED: uer; GH: blåkveite; COD: na-torsk; HAD: na-hyse; SEI: na-sei; FLT: flatfisk; SHR: reke; PRD: andre predatorer; PRY: andre byttedyr; SQD: blekksprut; SEA: sel; WHA: hval; BIR: fugl; BEN: bunndyr; ZOO: dyreplankton; TOT: total (BAX ET AL. 1989).