

FISKEN OG HAVET, SÆRNUMMER 2 -1995
ISSN 0802 0620

MILJØRAPPORT

1995

Redaktør
Jan Aure

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

MARS 1995

645/1686

INNHold

FORORD.....	5
PROGNOSER FOR 1995.....	7
PROGNOSIS FOR 1995.....	8
SAMMENDRAG.....	9
SUMMARY.....	11
1. BARENTSHAVET	
1.1 Havklima.....	13
1.2 Plankton og næringssalter.....	16
1.3 Yngelproduksjon.....	20
1.4 Forurensning.....	21
2. NORSKEHAVET OG KYSTEN	
2.1 Havklima.....	26
2.2 Plankton, næringssalter, oksygen.....	32
2.3 Yngelproduksjon.....	37
3. NORDSJØEN OG SKAGERRAK	
3.1 Havklima.....	39
3.2 Plankton, næringssalter, oksygen.....	45
3.3 Skadelige alger.....	54
3.4 Forurensning.....	57
4. AKTUELLE TEMA	
Daglige målinger av sjøtemperatur ved Flødevigen i 70 år (1924-94).....	59
Hvordan sikre en bærekraftig havbruksnæring?.....	61
Innstrømning av vann til Skagerrak - modellsimulering.....	63
AMAP - Et internasjonalt program for kartlegging av forurensning i Arktis.....	66
Gamle og nyere idéer i rekrutteringsundersøkelsene.....	68
Primærproduksjonen i Norskehavet/Grønlandshavet beregnet ved oksygenbudsjett... 72	
Havklimasvingninger i Nord-Atlaneren.....	75
Temperaturprognose for Barentshavet.....	81
Krill og lodde i Barentshavet.....	84

FORORD

Havforskningsinstituttets oppgave er gjennom forskning å fremskaffe kunnskapsgrunnlaget for en bærekraftig forvaltning av havmiljøet og for en økologisk forsvarlig høsting av våre fiskeresurser. Det er et nært samspill mellom havmiljøet og fiskebestandene. Variasjoner i havmiljøet eller havklimaendringer virker inn både på den geografiske fordelingen av fiskebestandene og på deres vekst og rekruttering. Våre havområder tilføres årlig betydelige mengder forurensninger. Overvåking av forurensningsnivået er viktig både for å kunne varsle om mulige økologiske skadevirkninger og som en renhetsgaranti for norske fiskeprodukter. Miljøundersøkelser har derfor alltid hatt en fremtredende plass i Havforskningsinstituttets virksomhet.

I Miljørapporten har HI i flere år gitt prognoser for vekstforholdene for lodde i Barentshavet. I 1994 startet vi arbeidet med også å gi varsler for klimaet i våre havområder for de nærmeste årene. Basisen for disse varslene er studier av de lange tidsseriene av temperatur og saltholdighet. Disse seriene viser at havklimaet varierer mye på samme måte som i atmosfæren og at vi kan snakke om varme og kalde år i havet. Årsakene til slike variasjoner er vanskelig å fastslå, men de henger sammen med samspillet mellom hav og atmosfære over større områder. Prosessene i havet skjer mye langsommere enn i atmosfæren, og åpner mulighetene for å varsle klimaendringer i havet mye lenger fram i tid enn det som er mulig i atmosfæren. Varslene fremkommer ved å bruke forskjellige statistiske metoder på de lange observasjonsseriene kombinert med erfaringen om utviklingen i tilsvarende klimatiske situasjoner.

Denne rapporten tar sikte på å beskrive miljøtilstanden for norske hav- og kystområder i 1994. Med miljøtilstanden mener vi her havets fysiske og kjemiske tilstand, produksjonsforhold og næringsforhold for fisk samt forurensningssituasjonen.

Havforskningsinstituttet driver i hovedsak tre

typer overvåking av miljøet i havområdene omkring Norge:

Kystovervåking er et system av:

- * faste hydrografiske kyststasjoner som taes av lokale observatører (fra 1935)
- * termograftjenesten - observasjoner av temperatur og saltholdighet fra rutegående fartøy (fra 1935)
- * fjordovervåking - hydrografiske og kjemiske målinger i utvalgte fjorder (fra 1975)

Forurensningsovervåking gjennomføres regelmessig i fjorder, i kystfarvann og havområder (Nordsjøen og Barentshavet). Hovedinnsatsen er på organiske miljøgifter, tungmetaller og radioaktivitet både i vann, i sedimenter og i organismer.

Overvåking av klima- og produksjonsforhold i havområdene er et system av faste oseanografiske snitt som gjentas med regelmessige mellomrom kombinert med en mindre hyppig regional dekning for overvåking og tilstandsvurdering av:

- * havklima
- * plante- og dyrplanktonproduksjon
- * rekruttering og tilstanden i fiskebestandene

Miljørapporten fra HI utgis årlig. For å lette forespørsler om de emner som omtales i rapporten, er det på neste side gitt en oversikt over de som har hatt hovedansvaret for kapitlene 1-3. I kapittel 4 er forfatter navngitt i artikkelen.

Vi takker for at vi har fått anledning til å benytte data fra Havforskningsinstituttet i Reykjavik, Fiskerilaboratoriet på Færøyene, Marine Laboratory-Aberdeen, Geofysisk Institutt-Universitetet i Bergen og PINRO, Murmansk.

Redaksjonskomité for Miljørapporten 1995 har vært Jan Aure (redaktør), Bjørnar Ellertsen, Jarle Klungsøyr og Kari Østervold Toft. Karen Gjertsen har vært ansvarlig for tegningene.

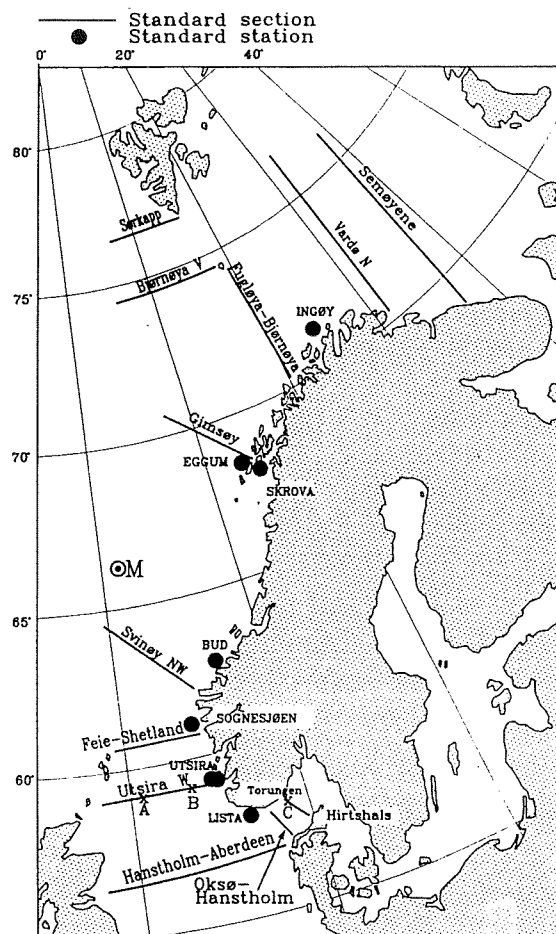


Fig. 0 Faste hydrografiske stasjoner og snitt
Fixed hydrographic stations and sections.

Barentshavet

Havklima
Plankton og næringssalter
Yngelproduksjon - lodde
Forurensning

H. Loeng
A. Hassel
P. Fossum
K. Stange og L. Føyn

Norskehavet og kysten

Havklima
Plankton og næringssalter
Yngelproduksjon - sild

J. Blindheim og E. Svendsen
B. Ellertsen og F. Rey
P. Fossum

Nordsjøen og Skagerrak

Havklima
Plankton og næringssalter

D. Danielssen og E. Svendsen
D. Danielssen, E. Dahl,

Skadelige alger
Forurensning

J. Aure og B. Bøhle
E. Dahl
J. Klungøy

VARSLER FOR 1995

Temperaturer nær eller like under normalen

- * Temperaturene i Barentshavet, Norskehavet, Nordsjøen og Skagerrak normaliserte seg i løpet av 1994 og ventes også å ligge nær eller like under det normale i 1995.
- * I øvre lag av kystvannet kan det tidvis forekomme relativt lave vintertemperaturer grunnet lokal avkjøling.

Fortsatt dårlig rekruttering av lodde

- * Som i 1994 ventes fortsatt dårlig rekruttering av lodde. Skyldes liten gytebestand og ungsildas nedbeiting av loddelarver. Hvor lenge denne situasjonen vil vare er blant annet avhengig av ungsildbestanden i Barentshavet i årene fremover.

Gode næringsforhold i Barentshavet

- * Det ventes at en stor dyreplanktonbestand vil overvintre i Barentshavet. Dette gir utsikter til gode næringsforhold for lodde, sild og fiskeyngel.

Redusert sannsynlighet for god rekruttering av sild, torsk og hyse

- * Skyldes forverrete klimaforhold. Gode gytebestander av torsk, sild og hyse kan imidlertid motvirke den klimatiske effekten på rekrutteringen. Sildeyngelen i Barentshavet står i fare for å bli nedbeitet av torsk i løpet av vinteren 1995.

Fare for oppblomstring av skadelige alger i Skagerrak

- * Skyldes stor innstrømning av unormalt næringsrikt vann fra sørlige Nordsjøen til Skagerrak som følge av flommen i Nord-Europa i januar og februar.

Varslene for 1994 - slo de til ?

Det varslete temperaturfallet fra 1993 til 1994 i Norskehavet, Nordsjøen, Skagerrak og langs kysten slo stort sett til, men temperaturfallet i Barentshavet ble noe mindre enn ventet. Det ble også, som varslet, dårlig rekruttering av lodde men gode næringsforhold for den sterkt reduserte loddebestanden i Barentshavet. Varslet om redusert sannsynlighet for god rekruttering av sild og torsk slo til for sild, og vi fikk en vesentlig dårligere rekruttering enn i de senere årene. 1994-årsklassen av torsk var derimot meget stor og går inn i rekken av fire sterke årsklasser av torsk i Barentshavet.

PROGNOSIS 1995

Temperatures close to or slightly below the long-term mean

- * Temperatures are expected to be close to or slightly below the long-term mean in the Barents Sea, the Norwegian Sea, the North Sea and in the Skagerrak.
- * In the upper layer of the coastal water periodic low winter temperatures will occur due to local cooling.

Continual poor recruitment to the capelin stock

- * Capelin recruitment is expected to be poor, due to small spawning stock and predation on capelin larvae by juvenile herring.

Good conditions for plankton feeders in the Barents Sea

- * The expected high wintering population of zooplankton in the Barents Sea will probably result in favourable growth conditions for capelin, herring and juveniles.

Reduced probability for good recruitment of the herring, cod and haddock stock

- * Due to more severe and unfavourable climatic conditions. However, high spawning stocks of cod, herring and haddock may reduce the climatic effect. Intensive predation on juvenile herring by cod in the Barents Sea will reduce the probability for good recruitment of herring.

Increased probability of harmful algae bloom in the Skagerrak

- * Due to the great inflow of anthropogenic nutrients to the Skagerrak from the Southern North Sea in January and February

What about the forecasts for 1994?

The forecasted decrease in temperatures from 1993 to 1994 in the Norwegian Sea, North Sea, Skagerrak and along the coast occurred. However, the temperature decrease in the Barents Sea was less than expected. As forecasted, the recruitment to the capelin stock were low, but the small capelin stock had good feeding conditions in the Barents Sea. A reduced probability for good recruitment of herring and cod were predicted. This occurred to the herring stock where the recruitment were lower than during the last years. However, the 1994 year-class of cod is very strong and this year-class is the fourth in the row of good year-classes.

SAMMENDRAG

Vann fra Atlanterhavet strømmer inn i Norskehavet hovedsaklig gjennom Færøy-Shetlands-kanalen. Det er denne innstrømningen av det varme og salte vannet som i hovedsak bestemmer temperaturforholdene i våre havområder. Den kalde perioden som vi hadde i Barentshavet og Norskehavet i slutten av 1970 årene, ble observert i Færøy-Shetlandskanalen i 1975-76. I denne perioden var saltholdigheten i det innstrømmende atlantehavsvannet de laveste siden måleserien i dette området startet omkring århundreskiftet. Etter et lokalt maksimum i saltholdighet i 1990, sank saltholdigheten igjen til under det normale i løpet av 1993 noe som indikere redusert varmetransport inn i Norskehavet.

De milde vintrene vi har hatt i de senere årene har medført en betydelig reduksjon i dannelsen av dyp- og bunnvann i Grønlandshavet/Norskehavet. Som et resultat av dette har det funnet sted en temperaturstigning i de dypere vannmasser. Disse faktorene vil påvirke både sirkulasjonen og havklimaet i Norskehavet i årene fremover.

Det har vært betydelige svingninger i temperatur og saltholdighet i de siste 15 årene i standardnittene fra Svinøy til Sørkapp. I slutten av 1970-årene og i 1985-87 var det relativt lave temperaturer i det innstrømmende atlantiske vannet, mens det var varme perioder rundt 1983 og 1990. Perioden rundt 1992 - 1994 var karakterisert ved synkende temperaturer i atlantehavsvannet i hele området fra Gimsøy til Sørkapp. I 1994 var temperaturen sunket til noe under normalen i hele havområdet mellom Svinøy og Gimsøy. Ved Sørkapp lå den fortsatt noe over det normale i juli/august 1994. I de dypere lag langs kysten observerte man i 1994 både lavere temperaturer og reduserte saltholdigheter. Dette er også en klar indikasjon på reduserte tilførsler av atlantisk vann.

I løpet av høsten 1993 sank temperaturen i Barentshavet. Dette fortsatte utover i 1994 og tid-

lig på sommeren var temperaturen omkring det normale. I de vestlige deler av Barentshavet fikk vi en kortvarig temperaturstigning på sensommeren mens den fortsatte å synke i de østlige delene. Temperaturfallet som ble varslet i fjorårets miljørapport fant altså sted selv om fallet ble noe mindre enn ventet.

I Nordsjøen var temperaturene ekstremt høye i perioden 1989-1992 med et maksimum i 1989-90. Også i Nordsjøen har vi sett en avkjøling i de siste par årene og i 1994 lå både saltholdighet og temperatur under det normale i den nordlige delen av havområdet. Dette tyder på at det både er en gradvis redusert atlantisk innstrømning til Nordsjøen og økt lokal avkjøling. Også på våre kyststasjoner sør for Stad ser vi klare indikasjoner på den samme tendensen.

Når det gjelder næringsalter og plankton så er våre tidserier mye kortere og langt mindre komplette enn de vi har for saltholdighet og temperatur. Fra Norskehavet har vi observasjoner fra værskipstasjon M for endel år. Variasjonene fra år til år i utviklingen av planteplankton er som regel små. I 1994 startet vår oppblomstringen ca. en uke tidligere enn middelet for perioden 1990-1993 og selv om den utviklet seg raskere i begynnelsen, avsluttet den på samme tidspunkt som i tidligere år. I det sørvestlige Barentshavet observerte vi en nedgang i klorofyllverdiene (planteplankton) fra 1992 til 1994.

Det ble foretatt omfattende innsamling av dyreplankton i Norskehavet i 1994. Vi har ingen lange tidserier å sammenligne med men observasjonene fra 1994 tyder på at næringsforholdene for de viktigste planktonspisende fiskearterne som sild, kolmule, makrell og lodde var bedre i 1994 enn i 1993. Fra Barentshavet har vi en tidsserie for perioden 1986-94. Fra 1993 til 1994 var det en markert økning i planktonmengden i hele havområdet.

Når det gjelder yngelproduksjonen for våre viktigste fiskearter så synes det som om vi for tredje

året på rad ha hatt fullstendig rekrutteringsvikt for lodde. Torsken derimot, har igjen gitt en god årsklasse. Sildearveindeksen fra april var den tredje høyeste som er målt siden sammenbruddet av sildebestanden på 1960 tallet. Den videre overlevingen synes å ha vært dårlig og årsklassen styrke må karakteriseres som middels.

Menneskelig virksomhet fører til belastninger på miljøet. I nordområdene har media i de senere årene fokusert spesielt på radioaktivitet. Våre målinger av radioaktivitet i bunnsedimenter i Barentshavet viser vesentlig lavere verdier enn feks i Nordsjøen og Østersjøen og at det faktisk har vært en reduksjon i verdiene sammenlignet med 1982. Også undersøkelsene i Karahavet og i fjordene på Novaja Semlja i 1994 viste generelt lave verdier av radioaktivitet. I løpet av året gjennomførte instituttet en konsekvens- og risikovurdering for mulig spredning av radioaktivitet fra den sunkne russiske atomubåten "Komsomolets" sørvest for Bjørnøya. Konklusjonen var at faren for spredning til de øvre vannlag i Norskehavet, Grønlandshavet og Barentshavet var meget liten.

Kartlegging av utbredelsen av organiske miljøgifter i Barentshavet har foregått i flere år som et ledd i vår deltakelse i det internasjonale Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Innholdet av PCB i torskelever fra Barentshavet er generelt lavere enn typiske verdier fra torsk i Nordsjøen og Skagerrak. I fisk fra den sentrale delen av Nordsjøen er også verdiene lave men forhøyede nivåer er observert i bunnsedimentene i de dypere delene av Skagerrak/Norskerenna noe som reflekteres i verdiene fra fisk fra dette området.

Den omfattende olje- og gassproduksjonen i sen-

trale og nordlige Nordsjøen fører også til en miljøbelastning på området. Til nå har forurensning knyttet til utslipp av oljeholdig borekaks hatt den største virkning på miljøet. Etterhvert som alderen på oljefeltene øker, har man også fått økende bruk av forskjellige kjemikalier og økt mengde produksjonsvann. Det er påvist oljerester i fisk men konsentrasjoene er så lave at de neppe påvirker fiskekvaliteten. Havforskningsinstituttet samarbeider med endel oljeselskap for å kartlegge omfanget av oljekomponenter i fisk.

I løpet av våren 1994 var det en innstrømming av uvanlig næringsrikt vann fra den sørlige del av Nordsjøen til Skagerrak. Årsaken til de uvanlig høye næringsalkonsentrasjonene er sannsynligvis flommen på kontinentet rundt årskiftet 1993-94. I siste halvdel av mai blomstret algefamilien *Chrysochromulina*, men spesielle meteorologiske forhold i slutten av mai og i begynnelsen av juni gjorde at denne blomstringen ble kortvarig. Problemene med andre skadelige alger for oppdrettsfisk og for konsum av skjell var forholdsvis små i 1994, bortsett fra endel lokale effekter. I 1994 var det på årsbasis den høyeste algebiomasse siden 1988.

At miljøet kan virke inn på leveforholdene til våre fiskebestander synes nokså opplagt men vi har også eksempler på det motsatte. Siden 1988 har hele bestanden av norsk vårgytende sild (ca. 3 mill. tonn) overvintret i Ofotfjorden og Tysfjord i Nordland. Dette har resultert i en kraftig nedgang i oksygeninnholdet og økt nærings-saltnivå i fjordsystemet i vintermånedene. De lave oksygenkonsentrasjonene har holdt seg uforandret i de dypere lag av fjorden i de siste årene. Oksygenreduksjonen er størst i januar måned like før silda vandrer ut av fjorden på sin årlige gytevandring.

SUMMARY

Water from the Atlantic Ocean flows into the Norwegian Sea mainly through the Faroe-Shetland Channel. It is this inflow of warm water with high salinity that controls the temperature fluctuations in Norwegian ocean waters. The cold period in the Barents and the Norwegian Seas in the end of the 1970's was observed in the Faroe-Shetland Channel in 1975-1976. In this period, the salinity of the inflowing Atlantic water was the lowest ever observed since the turn of the century, when monitoring of these parameters started in this area. Following a local salinity maximum in 1990 the salinity dropped to below average during 1993. This is an indication of reduced heat transport into the Norwegian Sea in the last few years.

We have experienced mild winters in the last several years. This has caused a significant decrease in the formation of deep water and bottom water in the Greenland and Norwegian Seas. As a result of this, the temperature has risen in the deeper water masses. These factors will have an effect on both circulation and on the ocean climate in the Norwegian Sea in the next few years.

There have been substantial fluctuations in temperatures and salinity in the standard sections from Svinøy to Sørkapp during the last 15 years. In the end of the 1970's and in 1985-1987 the inflowing Atlantic water was relatively cold while there were periods with warm inflowing water around 1983 and 1990. The period 1992-1994 was characterised by falling temperatures of the Atlantic water in the entire area from Gimsøy to Sørkapp. In 1994 the temperatures had fallen to below average in the area between Svinøy and Gimsøy. In July - August 1994, the temperatures were still above average at Sørkapp. In the deeper layers along the coast both lower temperatures and lower salinity were observed in 1994. This is a clear indication of reduced input of Atlantic water.

During the fall of 1993, the temperatures in the

Barents Sea decreased. This trend continued in 1994 but by early summer the temperatures were around normal. In the western parts of the Barents Sea there was a short lived temperature increase in the late summer. Temperatures continued to drop in the eastern parts of the Barents Sea. The temperature drop, which was forecasted in IMR's annual report last year, did indeed happen, although the observed effect was less than expected.

In the North Sea, the temperatures were extremely high during the period 1989-1992, reaching a maximum in 1989-1990. In the North Sea we have also observed a cooling effect the last few years. In 1994, both salinity and temperatures were below average in the northern parts of the area. This indicates that there is both a gradual decline in the inflow of Atlantic water to the North Sea and a local cooling effect. This tendency can also be observed at our local coastal observation points south of Stadt.

Our time series for nutrients and plankton are much shorter and less complete than for salinity and temperature. From the Norwegian Sea we have some years of observations at "Station M". The annual variations in the development of phytoplankton are usually small. In 1994 the spring bloom started approximately one week earlier than in the period 1990-1993. Even though the spring bloom developed more rapidly in the beginning, it ended around the same time as earlier years. A decline in phytoplankton (chlorophyll) was observed in the south-western Barents Sea from 1992 to 1994.

Extensive sampling of zooplankton was carried out in the Norwegian Sea in 1994. We do not have long time series for comparison when interpreting the results. However, the observations from 1994 indicate that nutrient conditions for the most important of the plankton feeding fish species such as herring, blue whiting, mackerel and capelin were better in 1994 than in 1993. From the Barents Sea we have time

series from the period 1986 to 1994. From 1993 to 1994, there was a pronounced increase in the amount of zooplankton in the entire area.

When examining the recruitment situation for our most important fish species, it appears that the recruitment for capelin has been a complete failure for the third year in a row. Cod, on the other hand, has again produced a good year class. The herring larva index from April was the third highest one ever observed since the collapse of the herring stock in the 1960's. The survival appears to be low and the year class strength can be characterised as average.

The activities of humankind imposes stress on the environment. In northern areas, the media has in the later years especially focused on radioactivity. Our measurements of radioactivity in the Barents Sea show substantially lower values than in the North Sea and the Baltic Sea. The values are lower today than they were in 1982. The investigations in the Kara Sea and in the fjords of Novaja Zemlja in 1994 showed generally low levels of radioactivity. This year IMR carried out an environmental impact assessment on the possible effects of dispersion of radioactivity from the sunken submarine "Komsomolets", which is located south-east of Bjørnøya. The conclusion was that the risk of dispersion and spread, to the upper layers in the Norwegian Sea, Greenland Sea and the Barents Sea, is very small.

Investigations of the levels of environmental organic pollutants in the Barents Sea have been carried out in the last few years as part of IMR's involvement in the international Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). The levels of PCB in cod liver from the Barents Sea are generally lower than levels in cod from the North Sea and Skagerrak. Fish from central parts of the North Sea also have low levels of contaminants. Elevated concentrations of contaminants are observed in bottom sediments from the deeper areas of Skagerrak and the Norwegian Trench. This is also reflected in the levels of contaminants in fish from this area.

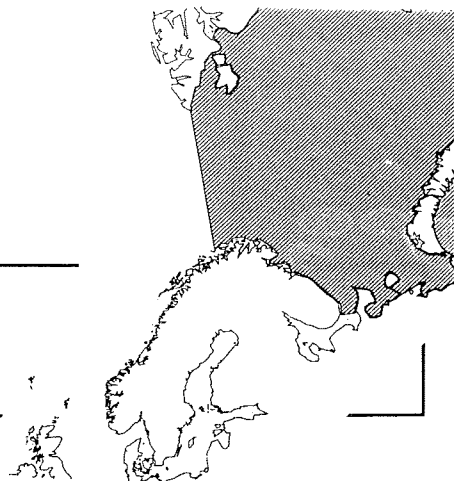
The extensive oil and gas production in the central and northern North Sea leads to environmental stress on the area. Up until recently, the pollution from drill cuttings has had the greatest impact on the environment. With the increasing age of the oil fields there has also been an increase in the use of various chemicals and in the volume of production water. Oil components have been found in fish in concentrations below levels where the quality of the fish is affected. Institute of Marine Research is co-operating with oil companies to investigate the extent of the problems related to oil pollution in fish.

During the spring of 1994, there was a flow into Skagerrak from the southern North Sea of water which was unusually rich in nutrient. In the end of May, a bloom of the algae *Chrysochromulina spp.* occurred. However, the unusual meteorological conditions at the end of May and early June made this bloom short lived. The explanation for the unusually high nutrient concentrations is probably the flood that had occurred in northern Europe a few months earlier. This is also a probable explanation why the highest algal biomass since 1988 was observed in 1994. There were few instances in 1994, in which other algae that cause problems for fish farms and for consumption of shellfish, occurred. However, some local effects were noted.

That the environment has an impact on our fish stocks, seems obvious. However, it may also be the other way around. Since 1988, the whole stock of Norwegian spring spawning herring (approximately 3 mill. tons) has spent the winter in Ofotfjorden and Tysfjord in Nordland. This has caused a dramatic decline in the oxygen content and increased the nutrient concentration in this fjord system during the winter months. The low oxygen content has remained unchanged in the deeper layers of the fjord the last few years. The oxygen decline is greatest during the month of January right before the herring leave the fjord for their annual migration.

1. BARENTSHAVET

1.1 Havklima



I løpet av høsten 1993 sank temperaturen i Barentshavet, og det var ventet at temperaturfallet ville fortsette i 1994. Dette slo til, og tidlig på sommeren var temperaturene i hele Barentshavet sunket til nær det normale for årstiden. Imid-

lertid inntraff det en kortvarig temperaturøkning i de vestlige deler av Barentshavet, slik at i månedskiftet august-september var temperaturen noe høyere enn på samme tid året før (fig. 1.1). I de østlige deler av havet fortsatte imidler-

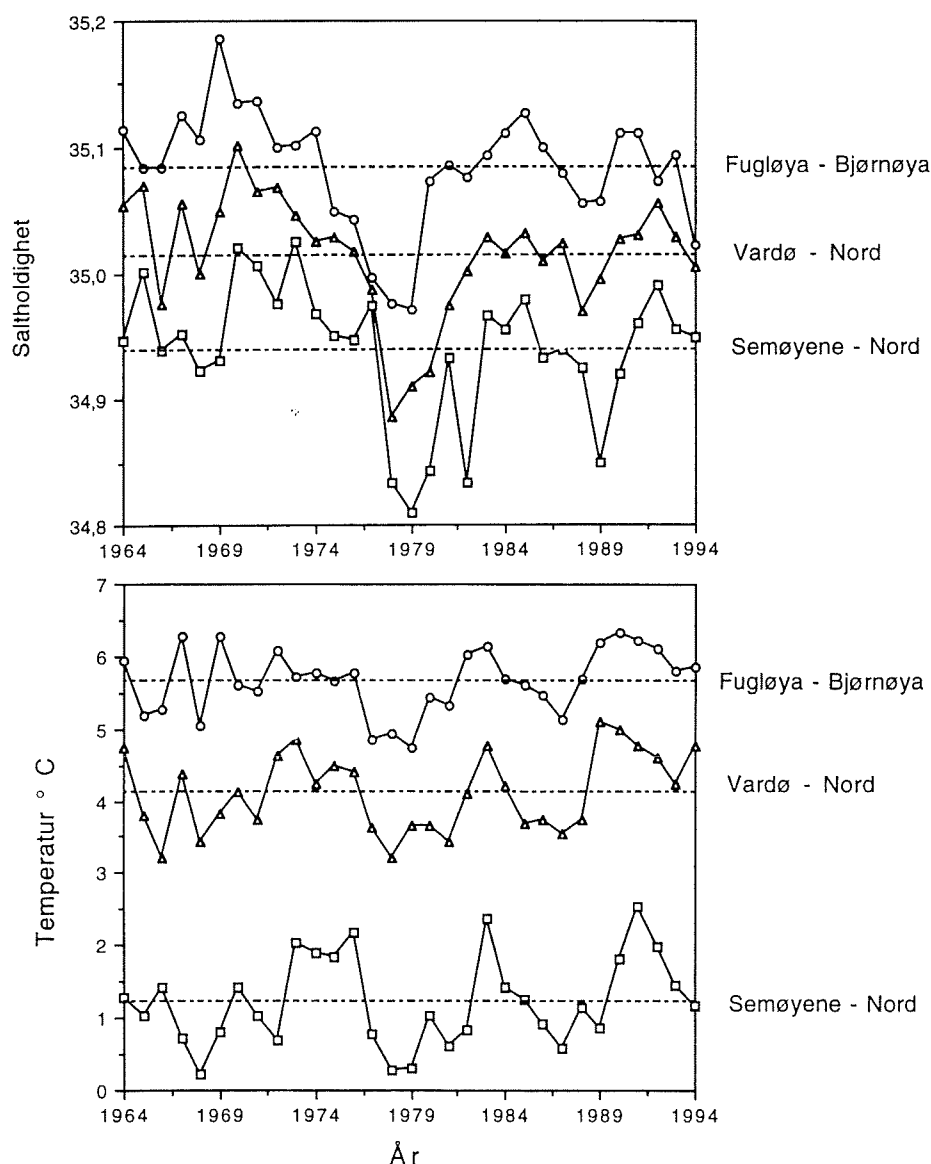


Fig. 1.1 Midlere temperatur og saltholdighet i august/september mellom 50 og 200 meters dyp i snittene Fugløya-Bjørnøya, Vardø-Nord og Semøyene-Nord i perioden 1963-94.
Mean temperature and salinity between 50 and 200 meter in August/September in the sections Fugløya-Bjørnøya, Vardø-North and Sem Islands-North, 1963-94.

tid temperaturene å synke og lå litt under langtidsnormalen ved dette tidspunkt. Dette er en helt typisk situasjon når vannmassene i Barentshavet er i ferd med å avkjøles. Temperaturfallet er størst i de østlige deler hvor forholdene er mest marginale. Det betyr at temperaturen i store områder nordøst for 35°Ø vil kunne falle under 0°C. Observasjoner fra vestlige Barentshavet senere på høsten 1994 viste at temperaturen igjen var lavere enn året før. Dette betyr at temperaturfallet som ble varslet i fjorårets miljørapport har funnet sted, selv om fallet ble noe mindre enn ventet.

Saltholdigheten har avtatt jevnt gjennom hele

året (fig. 1.1). Dette er et tydelig signal på at innstrømmingen av Atlanterhavsvann til Barentshavet (fig. 1.2) har avtatt og dette signalet har vært mest tydelig i vest. Etter den lengste varme perioden vi har hatt i Barentshavet siden 1930-årene, var det også vært ventet at en endring måtte komme. Vanligvis har de kalde og varme periodene i Barentshavet en varighet på tre - fem år. (Se kapittel 4 for nærmere beskrivelse av klimaforholdene og metode for klimaprognoser).

Isindeksen (fig. 1.3) varierer vanligvis i takt med varmemengden som tilføres gjennom det innstrømmende Atlanterhavsvannet. Isindeksen burde derfor vist et resultat som var nært fjorår-

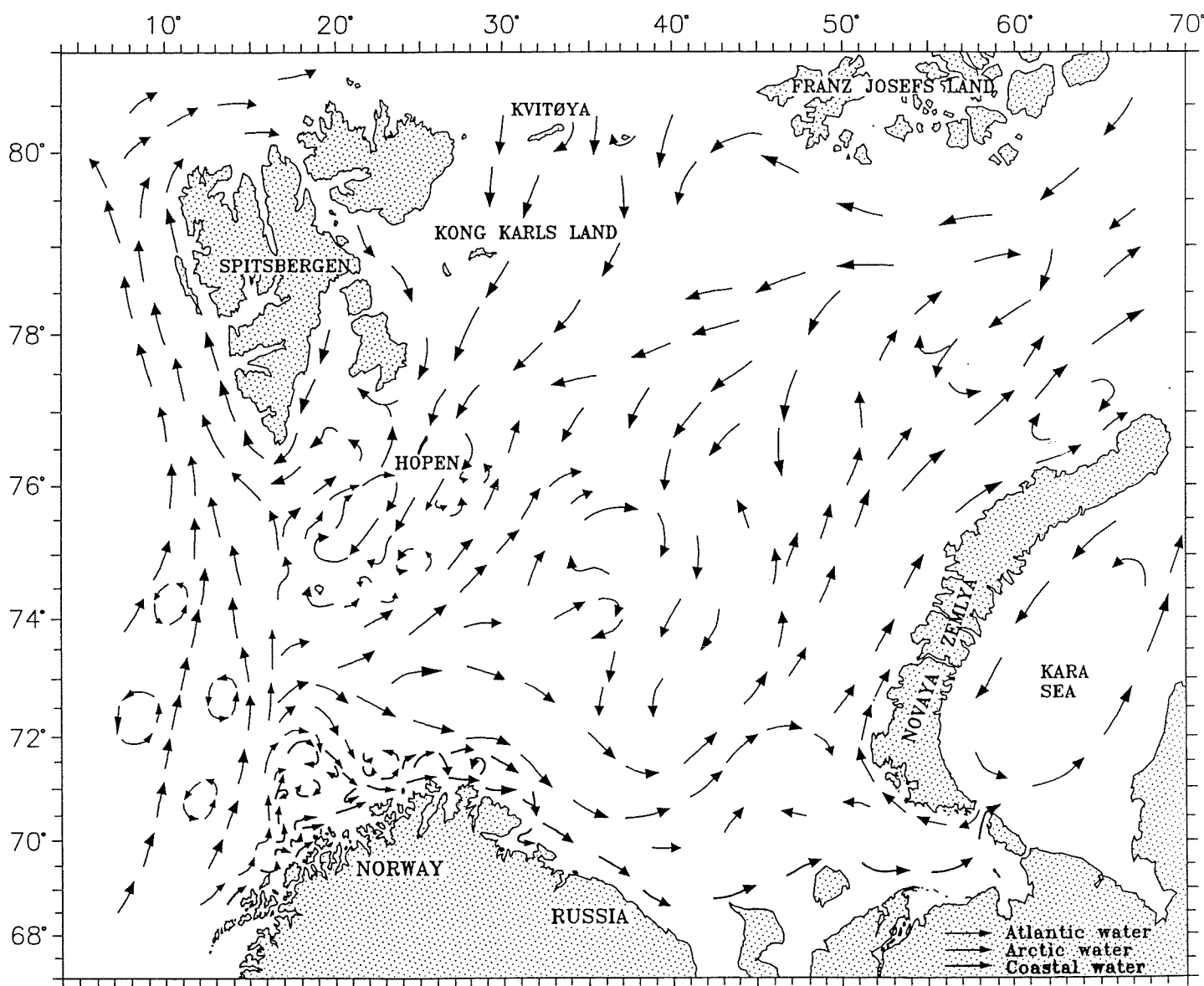


Fig. 1.2 Overflatestrømmer i Barentshavet og tilgrensende havområde.
Surface currents in the Barents Sea.

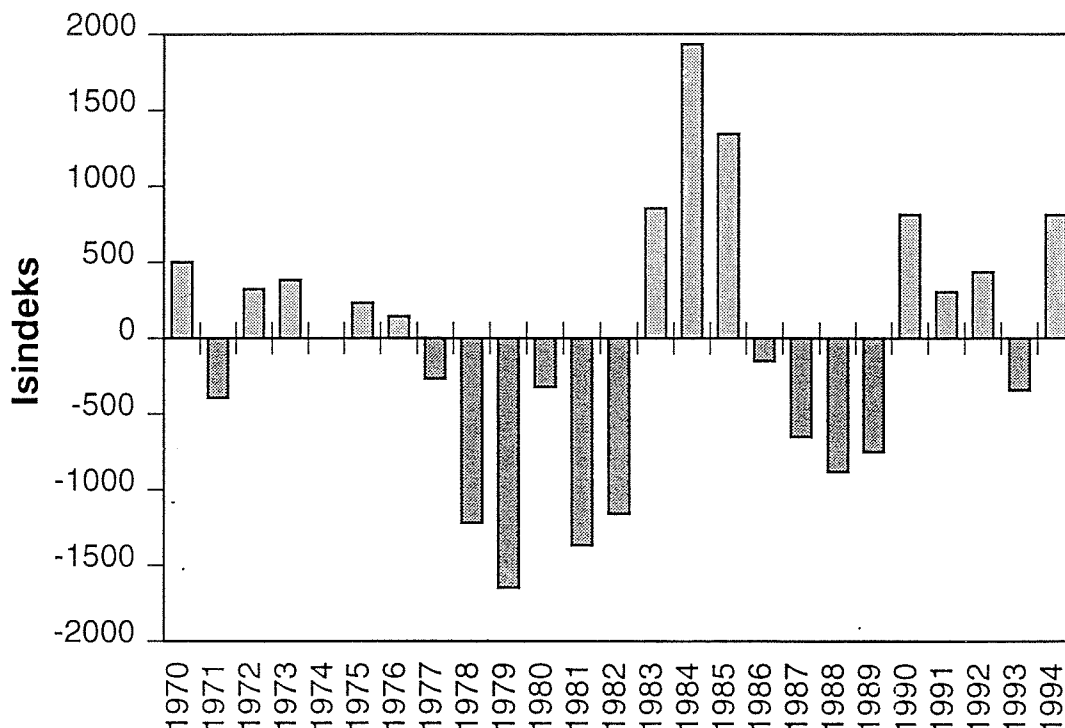


Fig. 1.3 Isindeks for Barentshavet i perioden 1970-1994. Positive verdier betyr lite is, negative verdier indikerer mye is.
Ice index for the period 1970-1994. Positive values indicate little ice, while negative values show more severe ice conditions.

ets. Imidlertid viser isindeksen for 1994 at det totalt sett har vært lite is sammenlignet med mange tidligere år. Dette skyldes måten isindeksen er beregnet på. Isindeksen er beregnet som "midlere" isdekke i Barentshavet gjennom hele året. Gjennom vinterhalvåret 1994 var ismengden tilnærmet den samme som året før og det var den relativt store ismeltingen i sommerhalvåret som i hovedsak medførte den positive isindeksen i 1994.

Havforskningsinstituttet har utprøvd en rekke statistiske metoder for å kunne forutsi klimautviklingen i Barentshavet. Prognosen for årene framover mot år 2000 indikerer at temperaturer vil svinge rundt middeltemperaturen eller

like i underkant av denne (se kapittel 4 og fig. 4.14). Dette betyr at vi i det kommende året kan vente temperaturer nær eller like i underkant av det normale. En noe lavere innstrømming av Atlanter-havsvann og lavere temperatur i kommende år i forhold til hva vi har hatt de siste årene, vil trolig medføre lavere import og vekst av *Calanus finmarchicus* (raudåte) i Barentshavet. Lavere temperaturer i de østlige delene av Barentshavet vil dessuten føre til en mer sørlig og vestlig fordeling av fiskeforekomstene. Den biologiske tilstanden i torskebestanden og ventet temperaturutvikling vil derfor sannsynligvis føre til både redusert mengde og individuell størrelse av torsk i «Smuttullet» i 1995-96 i forhold til i 1994.

1.2 Plankton og næringsalter

Havforskningsinstituttet har siden 1979 undersøkt vertikal- og horisontalfordelingen av dyreplankton i Barentshavet. Biomassedata og data på artsammensetningen av dyreplanktonet er et viktig bidrag til flerbestandsmodeller. Tids-serier av biomasse og nøkkelarter vil også kunne avsløre endringer i samspillet mellom byttedyr og beitere og vil kunne forklare langsiktige variasjoner i veksten hos lodde, sild og andre planktonpisere. (Mer om dyreplankton og lodde i Barentshavet i kapittel 4).

Siden 1986 har det vært en regelmessig overvåking av dyreplankton, næringsalter og klorofyll om høsten. Det er flere grunner til at høsttoktene ble valgt til overvåking av dyreplankton i Barentshavet. Om høsten er vanligvis den isfrie delen av Barentshavet maksimal i utstrekning, slik at et størst mulig område kan kartlegges. Det er også slutt på den viktigste beitesesongen for lodda, og videre nedbeiting av dyreplanktonet er liten. Raudåta har for lengst nådd kopepodittstadium IV og V og har vandret ned på

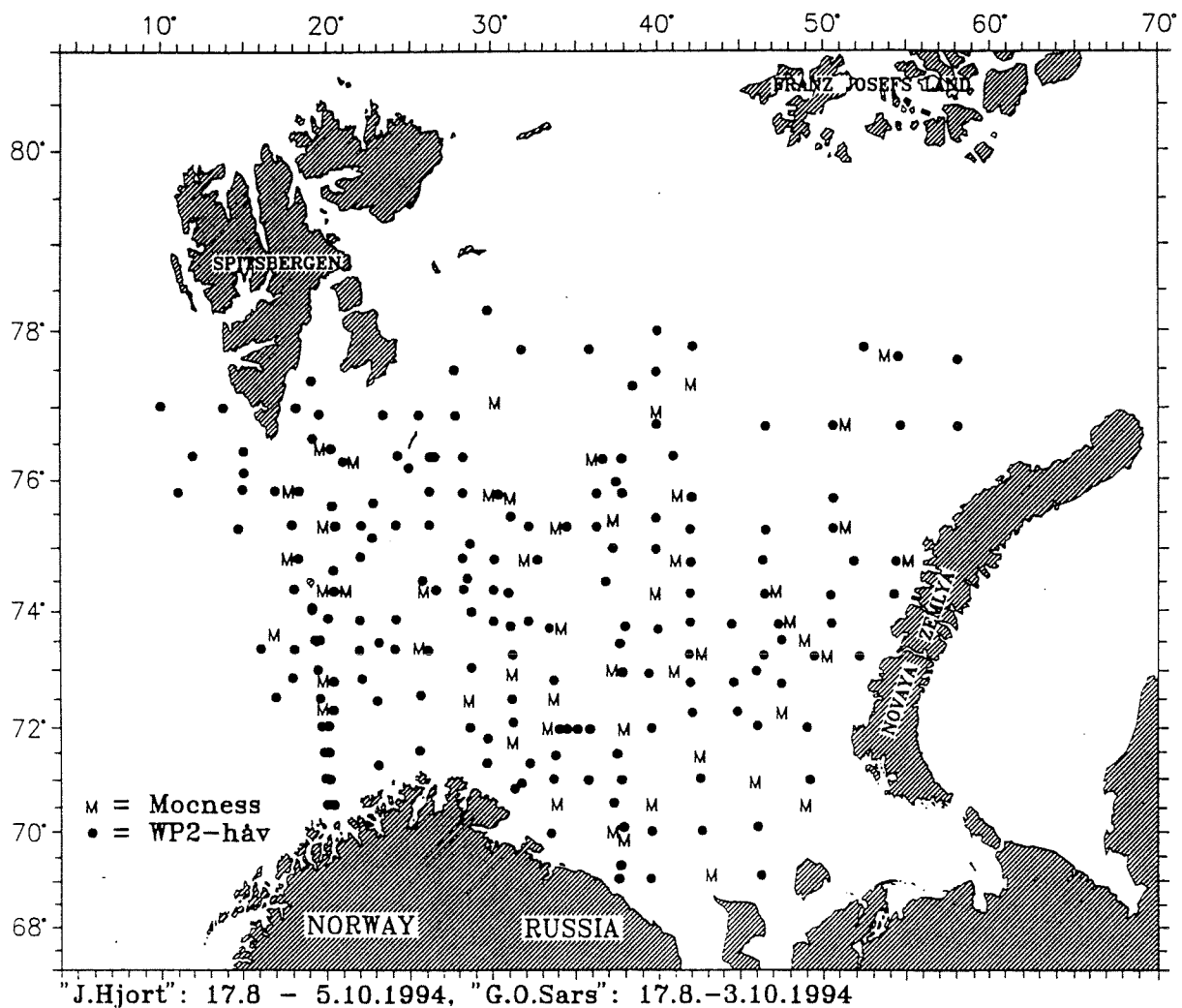


Fig. 1.4. Stasjoner med prøver av dyreplankton (WP2-håv og MOCNESS) fra toktene med FF "G. O. Sars" og FF "Johan Hjort" i august - oktober 1994.
Stations with zooplankton samples (WP2-net and MOCNESS) during the cruises with RV "G. O. Sars" and RV "Johan Hjort" in August - October 1994.

dypere vann for å overvintre. Overvintringsbestandens størrelse er en god indikator på størrelsen av neste års generasjon.

Barentshavet som økosystem er også i stor grad avhengig av innstrømming av atlantisk vann med plankton fra Norskehavet. Særlig viktig er

tilførsler av krill og raudåte som byttedyr for både sild og lodde. Under avkjøling av vannmassene i nord møter disse artene ugunstige forhold for reproduksjon. Innstrømningsintensiteten varierer, og tidspunktet for innstrømming er viktig for mengden av transportert plankton. Om vinteren står raudåta i Norskehavet stort sett

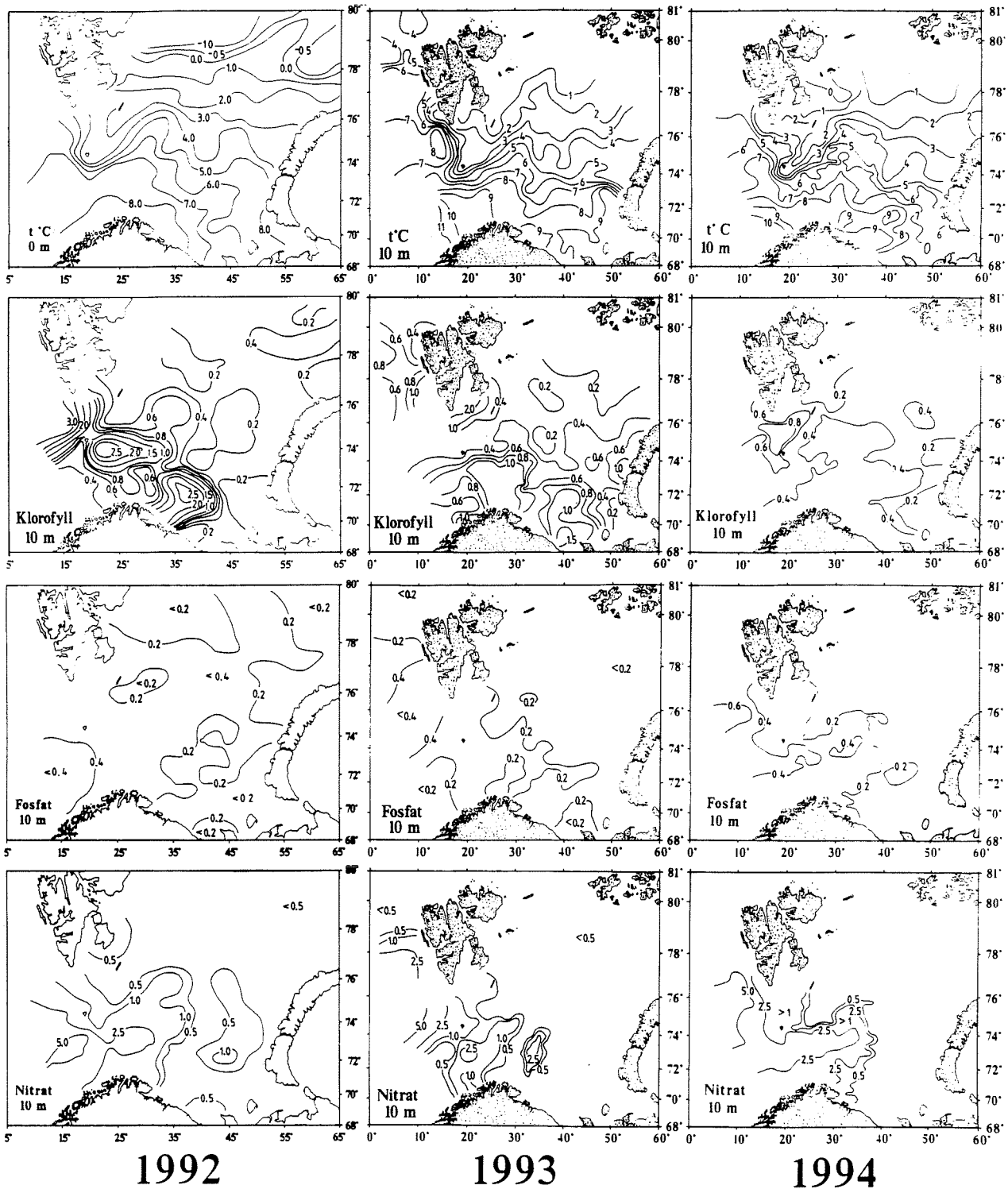


Fig. 1.5 Temperatur i 0 m (1992) og i 10 m (1993-94), klorofyll a ($\mu\text{g l}^{-1}$), fosfat og nitrat ($\mu\text{mol l}^{-1}$) i 10 m i august-oktober 1992-94.
Temperature in 0 m (1992) and 10 m (1993-94), chlorophyll a ($\mu\text{g l}^{-1}$), phosphate and nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) in 10 m in August-October 1992-94.

dyper enn terskeldypet til Barentshavet, og det innstrømmende vannet vil derfor bringe lite raudåte til Barentshavet på denne årstid.

Stasjonsnettet for biologiske prøver under 0-gruppe- og flerbekstandstoktene på sensommeren og høsten 1994 er vist i fig. 1.4. Høsttoktene i 1994 omfattet både 0-gruppetoktene med start ca 20. august og flerbekstandstoktet i september med "G.O. Sars" og "Johan Hjort".

En tidsserie med temperatur, klorofyll, fosfat og nitrat fra 1992-1994 er vist i fig. 1.5. Næringskonsentrasjonene i 10 m dyp var stort sett de samme, mens det synes å ha vært en reduksjon i klorofyllverdiene (planteplankton) i det sørvestlige Barentshav fra 1992 til 1994. De største mengdene dyreplankton ble funnet i nordvest med dominerende bidrag fra raudåte (*Calanus finmarchicus*) og på mange stasjoner store mengder vingesnegl/kruttåte (*Limacina retroversa*). Forekomster av denne arten har en ikke observert i samme grad under tidligere høsttokt. På fire stasjoner ble det målt mer enn 50 g tørrvekt m⁻² i hele vannsøylen, og mesteparten av biomassen skrev seg fra størrelsesfraksjonene 1000-2000 µm og 180-1000 µm. Et typisk trekk ved vertikalfordelingsmønsteret var en konsentrasjon av svakt pigmentert *Calanus* under 150 meters dyp, og mørk rød *Calanus* nær overflaten. I mellomliggende vannmasser var det ofte nesten tomt for dyreplankton. Der hvor det ble funnet store mengder *Limacina retroversa* var disse som oftest begrenset til den øverste delen av vannsøylen ned til ca 75 meters dyp og under det øverste laget av *Calanus*.

En tidsserie for perioden 1986-94 med gjennomsnittsverdier av biomasse dyreplankton i "flerbekstandsområdene" II-VIII viser tendenser

til oppgang siden 1991 i den nordlige delen av Barentshavet (områdene VI-VIII) (fig. 1.6). Fra 1993 til 1994 var det imidlertid en markert økning av biomassen i alle områdene, og særlig ble det observert mye plankton i område IV i sørvestlige delen av Barentshavet. De svarte søylene representerer biomasse dominert av *Calanus*; også her var det økning i alle områdene. Data fra områdene II-III er basert på få prøver og må derfor tolkes med forsiktighet. Generelt var biomassen av dyreplankton høy i Barentshavet høsten 1994. Gjennomsnittlig biomasse basert på 173 WP2-trekk var 12.8 g m⁻². Gode forekomster av *Calanus* (raudåte) bidro til dette, mens krill og amphipoder spilte en mindre rolle.

Snittene Fugløya-Bjørnøya (F-B) ble dekket i januar, mars, juli, oktober og Vardø-Nord (V-N) i januar/februar og på en stasjon i mars. I januar var det under 5 g m⁻² på F-B og i slutten av måneden noe mer på V-N. Mesteparten av biomassen (1000-2000 µm) var fra dyp større enn 100 m. I mars var det også lite dyreplankton. I juli ble det observert verdier fra 10- 30 g m⁻² (maks. 70 g m⁻²), og mesteparten av biomassen ble funnet i 1000-2000 µm-fraksjonen. I oktober var dyreplanktonet derimot dominert av mindre former av enten kopepoder eller vingesnegl.

Selv om det er ventet mindre import av dyreplankton fra Norskehavet i 1995 og lavere temperaturer er overvintringsbestanden av dyreplankton i Barentshavet så stor at biomassen i 1995 trolig vil være på tilnærmet samme nivå som i 1994. Næringsforholdene for den sterkt reduserte loddebestanden og annen planktonspisende fisk og larver vil derfor trolig bli relativt gode i 1995. (Mer om krill og lodde i Barentshavet i kapittel 4.)

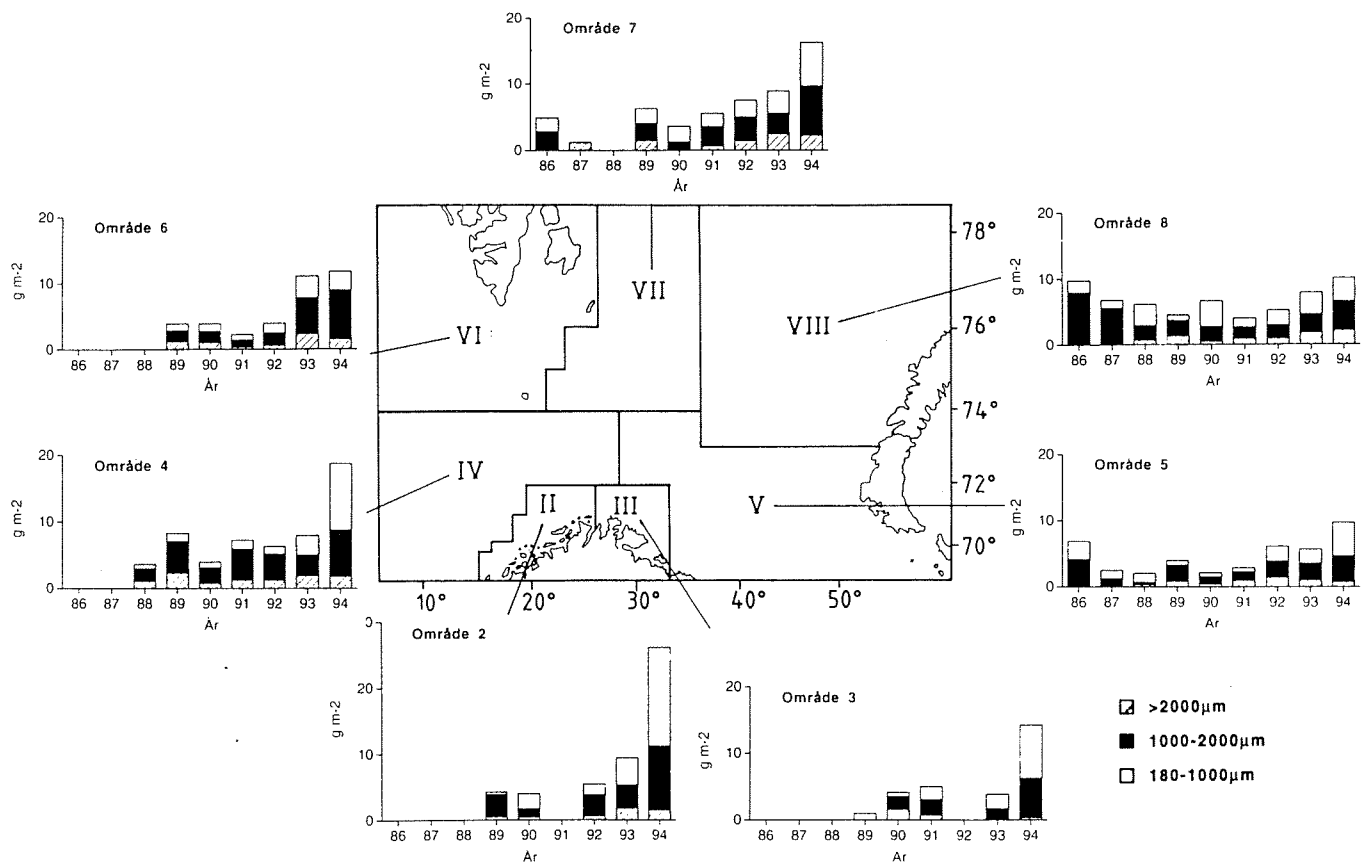


Fig. 1.6

Middelverdier av størrelsesfraksjonert biomasse, $g\ m^{-2}$ (askefri tørrvekt 1986-90 og tørrvekt (1991-94) fra bunn-0m i "flerbestandsområdene" II-VIII. Askefri tørrvekt tilsvarer ca. 80% av tørrvekt.

Mean values of size separated biomass, $g\ m^{-2}$ (ash free dry weight 1986-90, dry weight (1991-94) from bottom-0m in the "multispecies" regions II-VIII. Ash free dry weight is about 80% of dry weight.

1.3 Yngelproduksjon

Lodde og torsk

Det ble samlet inn loddelarver på et tokt med F/F "J. Hjort" i perioden 6.-27. juni 1994. Det ble tatt 126 Gulf-III-stasjoner på dette toktet, men det ble bare funnet loddelarver på åtte av disse. Totalt ble det kun fanget 104 larver, mens det i '92 og '93 ble funnet over 5000 på tilsvarende dekninger. Larvene ble funnet utenfor Kola-kysten, og larveindeksen (fig. 1.7) ble beregnet til å være 0.09×10^{12} , som er den laveste siden 1986. Målinger av 0-gruppe lodde høsten 1994 viste at årsklassen var så og si ikke-eksisterende. Dette er det tredje året på rad med fullstendig rekrutteringsvikt for Barentshavslodda. Hvor lenge denne perioden vil vare synes i første rekke

å være koblet opp mot mengdene av og oppholdstiden for ungsild i Barentshavet, da det hovedsakelig er ungsilda som beiter ned loddeyngelen i Barentshavet.

På den annen side var årsklassen av 0-gruppe torsk meget stor i 1994. Dette betyr at det har vært fire etterfølgende sterke årsklasser av torsk i Barentshavet. 0-gruppe torsk ble i 1994 stort sett observert i de samme områdene som i 1993, med de største konsentrasjonene i de sentrale deler av Barentshavet. Den største forskjellen i 0-gruppeutbredelsen mellom 1993 og 1994 var fraværet av 0-gruppe torsk øst for $48^{\circ}0'$ (se kartene i fig. 1.2 og 1.4)

INDEKS $\times 10^{-12}$
(ANTALL LODDELARVER, $\times 10^6$)

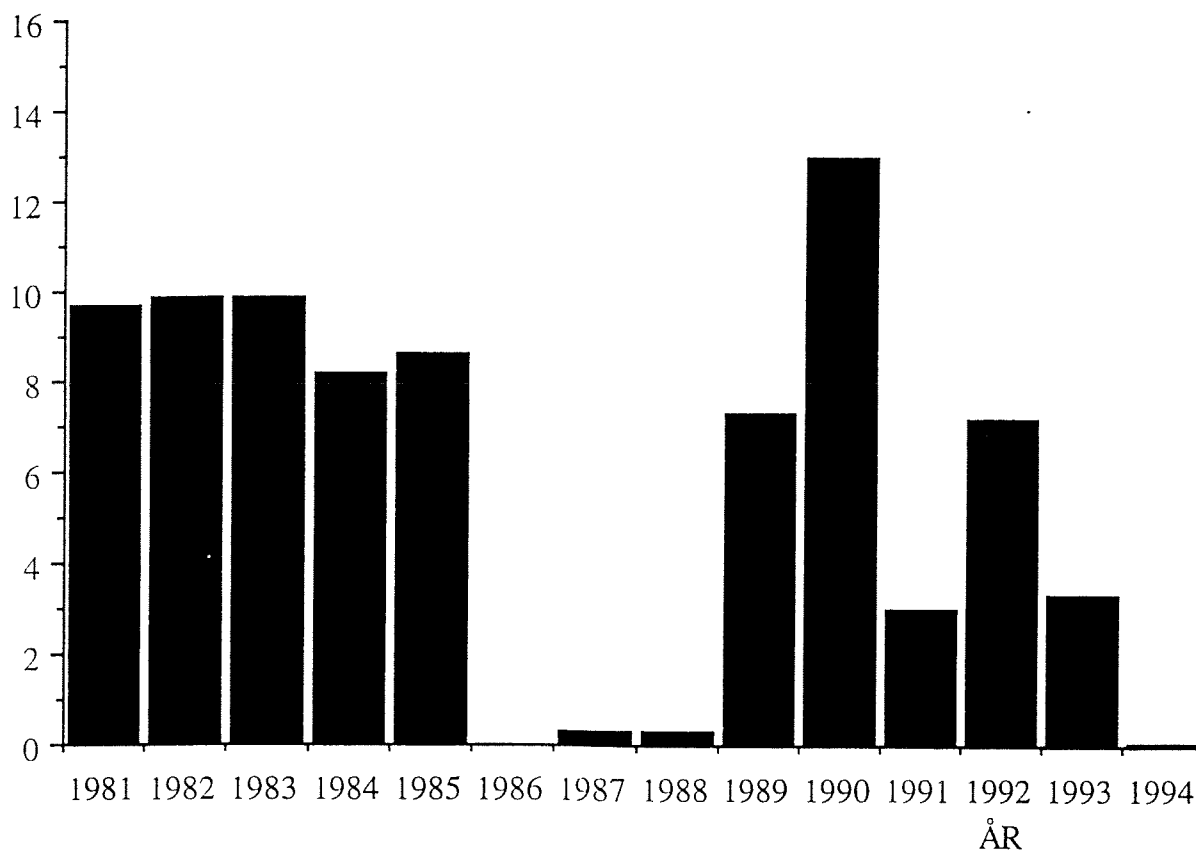


Fig. 1.7. Loddelarveindeksen for perioden 1981 til 1994.
The index of capelin larvae during the period 1981 to 1994.

1.4 Forurensning

Miljøgifter

Sammenliknet med havområder som blir utsatt for stor forurensningsbelastning i form av direkte utslipp fra byer, industri og landbruk, fortjener Barentshavet fremdeles status som et relativt rent hav. På tross av sin beliggenhet langt fra tett befolkede områder blir imidlertid Barentshavet tilført betydelige mengder miljøgifter. Luftbåren forurensning er den største kilden til miljøgifter i Arktis. Slike kilder er vanskelig å kvantifisere,

og det er mange kunnskapshull om miljøgiftsbelastningen og effekter av disse stoffene på arktiske økosystemer. Situasjonen er nå under bedring siden nivåene av miljøgifter i Barentshavet er i ferd med å bli bedre kartlagt som et ledd i "Arctic Monitoring and Assessment Programme" (AMAP), et internasjonalt initiativ som tar for seg miljøsituasjonen i hele Arktis. (For mer informasjon om AMAP, se kapittel 4)

Havforskningsinstituttet har i forbindelse med

Tabell 1.1 Klororganiske miljøgifter i lever fra torsk (*Gadus morhua*) og polartorsk (*Boreogadus saida*) fra Barentshavet. Verdiene er oppgitt i µg/g våtvekt, og representerer gjennomsnittet av individnivåene ved hver lokalitet. Torskelevrene er analysert individuelt, mens leverer fra polartorsk er slått sammen fem og fem og analysert som samleprøver.
Organochlorine contaminants in liver of cod (Gadus morhua) and polar cod (Boreogadus saida) from the Barents Sea. Values are given in µg/g wet weight, and represent the average of the individual levels at each location. Cod livers are analysed individually, while polar cod livers are combined and analysed as pooled samples of five.

Art	Antall individer	Område	PCB ₁ µg/g vv	DDT ₂ µg/g vv	HCB ₃ µg/g vv
<u>Torsk</u>					
	25	Nordvestlige Barentshav	0.19	0.11	0.02
	25	Sentrale Barentshav, Nord	0.16	0.10	0.03
	5	Sentrale Barentshav, Sør	0.26	0.15	0.03
	25	Kysten, Finnmark	0.33	0.15	0.03
	25	Kysten, Murmansk	0.38	0.08	0.03
<u>Polartorsk</u>					
	25	Nordvestlige Barentshav	0.05	0.03	0.02
	25	Østlige Barentshav	0.02	0.02	0.01
	25	Sentrale Barentshav, Nord	0.06	0.03	0.01
	25	Sentrale Barentshav	0.05	0.04	0.01
	25	Sentrale Barentshav, Sør	0.06	0.04	0.01

1: PCB = IUP AC # 28, 31, 52, 101, 105, 118, 128, 138, 149, 153, 156, 170 og 180.

2: DDT = p,p'-DDD, p,p'-DDE og p,p'-DDT

3: HCB = heksaklorbenzen

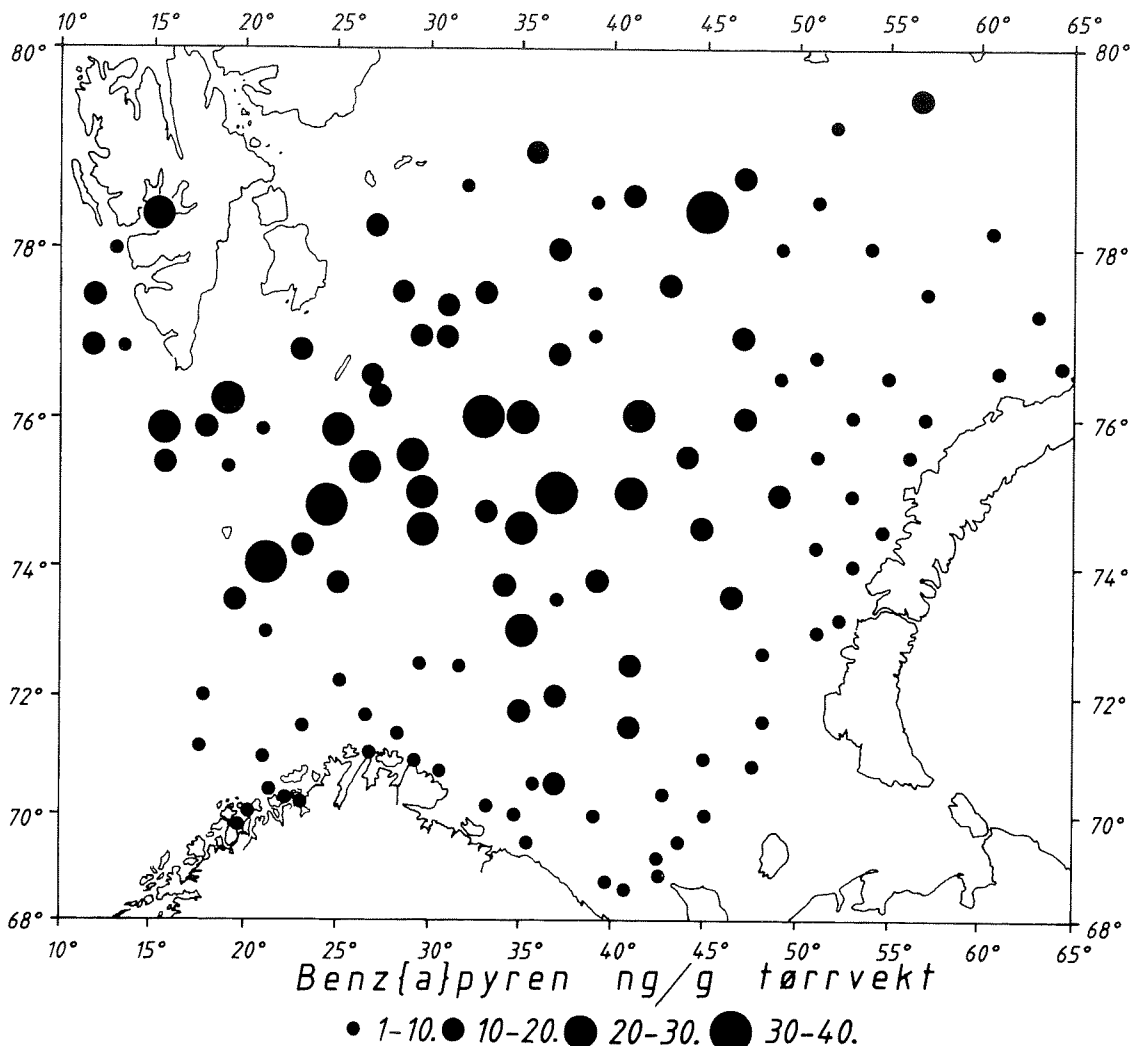


Fig. 1.8. Benz[a]pyren i overflatesedimenter i Barentshavet (ng/g tørrvekt).
Benz[a]pyrene in surface sediments in the Barents Sea (ng/g dry weight).

AMAP gjennomført et omfattende innsamlingsprogram av overflatesedimenter fra Barentshavet. Prøver er tatt med "box corer" ved ca. 200 lokaliteter. Sedimentene er analysert for polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) og et foreløpig resultat av dette er vist i fig. 1.8. PAH utgjør en hel stoffgruppe som kan bestå av tusenvis enkeltkomponenter. Benz[a]pyren er en PAH-komponent som er gitt spesiell stor oppmerksomhet på grunn av stoffets kreftfremkallende virkning. Lave konsentrasjoner av PAH i bunnsediment kan ha sitt naturlige opphav. Menneskenes omfattende bruk av fossilt brensel som kull, koks og olje har imidlertid ført til at mengden PAH i bunnsediment har økt også i arktiske havområder. Fig. 1.8 viser at overflatesedimentene i Barentshavet inneholder Benz[a]pyren i konsentrasjoner som varierer fra 1 til 40 ng/g tørrvekt. Kunnskapen om det naturlige bakgrunnsnivået i området er mangelfullt, men det utgjør neppe mer enn mellom 1 og

10 ng/g tørrvekt. Dette betyr at bunnsedimentene i Barentshavet inneholder PAH-forurensning. Nivåene er imidlertid forholdsvis lave sammenlignet med det som er situasjonen i deler av Nordsjøen. Et utvalg av sedimentprøvene fra Barentshavet skal også analyseres for stoffgruppene polyklorerte bifenyler (PCB) og klororganiske pesticider (DDT, lindan, klordaner m.fl.). Nivåene av disse stoffene er forventet å være lave, noe som bekreftes av de foreløpige analysene utført på prøvematerialet fra disse områdene.

Miljøgifter som PAH, PCB og klororganiske pesticider er fettløselige og tungt nedbrytbare. En organisme som får i seg disse stoffene gjennom føden vil i liten grad være i stand til å bryte dem ned og skille dem ut. Organismen vil dermed langsomt akkumulere disse miljøgiftene så lenge inntaket av forurenset føde fortsetter. For stoffer som PCB, som er spredt over hele

kloden og finnes i målbare konsentrasjoner i alle økosystemer, betyr dette en oppkonsentrering i organismene gjennom hele livsløpet. På grunn av sin fettløselige karakter vil de høyeste konsentrasjonene av PCB finnes i fettrikt vev. Leveren er derfor godt egnet som analyse-materiale for å kartlegge forurensningsbelastningen av slike stoffer i fisk. Lever av torsk og polartorsk fra fem ulike lokaliteter i Barentshavet er analysert for PCB og pesticider. Noen foreløpige resultater er vist i tabell 1.1

Nivået av PCB er betydelig høyere i torsk enn i polartorsk. Fødevalget er den viktigste grunnen til denne forskjellen. Polartorsk beiter på planktonorganismer, mens torskens meny inkluderer organismer høyere opp i næringskjeden. Mengden PCB i lever av torsk samlet i samme tråltrekk varierer. Noe av variasjonen skyldes spenn i fiskens alder og størrelse, men regelen om at stor fisk har størst belastning har mange unntak. Dette understreker betydningen av å analysere flest mulig individuelle prøver for å få et riktig bilde av forurensningsbelastningen. De høyeste verdiene av PCB (PCB 0.7 - 0.9 µg/g våtvekt) er funnet i torsk fra kystområdene. Nivåene er godt under de grenseverdiene myndighetene anbefaler som grense for fisk til konsum. Nivåer i fiskefilét vil være betydelig lavere enn nivåene i den fettrike leveren. Det er dermed ingen tvil om at torsk fra Barentshavet fremdeles holder god miljøkvalitet!

Radioaktivitet

Det tidligere Sovjetunionens dumpinger av store mengder fast og flytende radioaktivt materiale i østlige Barentshav, Karahavet og i fjorder på østkysten av Novaja Semlja førte til at det sommeren 1992 ble gjennomført en felles norsk-russisk ekspedisjon til området. Hovedformålet var å gi en generell beskrivelse av radioaktivitetsnivået i Karahavet. Samarbeidet med russiske myndigheter skjedde som et ledd i samarbeidet under den norsk-russiske miljøvern-kommisjon. En egen felles norsk ekspertgruppe på radioaktivitet er opprettet under ledelse av Miljøvern-departementet.

Toktet i 1992 ble fulgt opp av et tokt i 1993 og

et avsluttende tokt i 1994. Alle toktene ble gjennomført med det russiske forskningsfartøyet "Viktor Buinitskiy" med Havforskningsinstituttet som norsk operativ leder. Målingene viste at det generelle radioaktivitetsnivået i Karahavet var lavt. Sammenligningen viste også at nivået av cesium-137 i vannet i Karahavet og Barentshavet i 1992 var vesentlig redusert i forhold til hva som ble målt av russerne i 1982. De observerte nivåer av radioaktiv kontaminering i Karahavet var lavere enn, eller likt, det som finnes i andre områder. Eksempelvis er radioaktiviteten klart lavere enn nåværende nivåer i Østersjøen, Svartehavet og Nordsjøen (se Miljørap. 1994).

På toktene i 1993 og 1994 fikk vi anledning til å undersøke de viktigste dumpestedene i fjorder på østkysten av Novaja Semlja. Den endelige rapporten med alle analyseresultatene fra 1993-toktet forelå sist høst og ga følgende hovedkonklusjoner:

- * Forhøyede nivåer av cesium-137 og strontium-90 og tilstedeværelse av kobolt-60 ble observert i de undersøkte fjordene på østkysten av Novaja Semlja.

- * Årsaken til observasjonene av den radioaktive kontamineringen i deler av disse fjordene ligger i at det skjer en viss utlekking fra det dumpede materialet.

- * De forhøyede kontamineringsnivåene som ble registrert er fortsatt meget lave og begrenset til avgrensede områder i nærheten av det dumpede materialet.

- * Stråledosen fra den registrerte radioaktive kontamineringen i de to fjordene vil være å anse for neglisjerbar

- * Den radioaktive kontamineringen like utenfor de to avgrensede fjordområdene er tilsvarende det som finnes i det åpne Karahavet.

I 1994 ble det ved hjelp av en tauet sidesøkende sonar søkt etter dumpet materiale i fjordene på østkysten av Novaja Semlja. Deretter benyttet vi en undervannsfarkost (ROV) påmontert bl.a. videokamera, gammadetektor og sediment-samler, for nærmere undersøkelse av de observerte gjenstandene. I tillegg ble det nyttet en gammadetektor som ble senket ned i sedimentene.

De foreløpige resultatene fra toktet i 1994, basert på målinger foretatt ombord, viser at det generelle radioaktivitetsnivået er lavt. Vi observerte noen punkter på fjordbunnen med høye verdier, maksimumsverdier for cesium-137 opp mot 60.000 Bq . kg⁻¹ våtvekt, og kobolt-60-verdier opp mot 2.000 Bq . kg⁻¹ våtvekt. Disse målingene ble gjort nær inntil lokaliserte beholdere på bunnen. Det ble imidlertid ikke funnet slike høye verdier i nærheten av de observerte dumpede reaktorene med brukt brensel. Dette kan tyde på at det ikke forgår noen utlekking fra disse, mens de observerte beholderne som etter sigende skulle inneholde lavaktivt materiale, var i dårlig forfatning.

Den forulykkede sovjetiske atomubåten "Komsomolets" ligger delvis nedsunken i bunnen på 1658 meters dyp sørvest av Bjørnøya. Havforskningsinstituttet som har et ansvar for

overvåking av radioaktivitet i det marine miljø, har lagt inn en rutinemessig innsamling av vann- og sedimentprøver i området nær inntil ubåten. Foreløpig har vi konsentrert analysene til måling av cesium-137. Vi registrerte svært lave verdier både i vann (3-21 becquerel (Bq) pr m³) og i sediment (1-3 Bq pr kg tørrvekt). Russiske målinger har vist at det kan registreres noe forhøyede verdier nær inntil skroget av ubåten. Dette er da prøver som er innsamlet ved hjelp av en bemannet miniubåt. Våre prøver som er samlet inn ved hjelp av sedimentsamler og vannhentere senket ned til sekstenhundre meters dyp, vil nødvendigvis ikke kunne bli samlet med en slik presisjon at vi vet eksakt hvor prøvene er innsamlet. Imidlertid vil våre prøver være samlet innenfor en begrenset omkrets rundt ubåten, slik at eventuell vesentlig utlaking/forurensning vil kunne registreres.

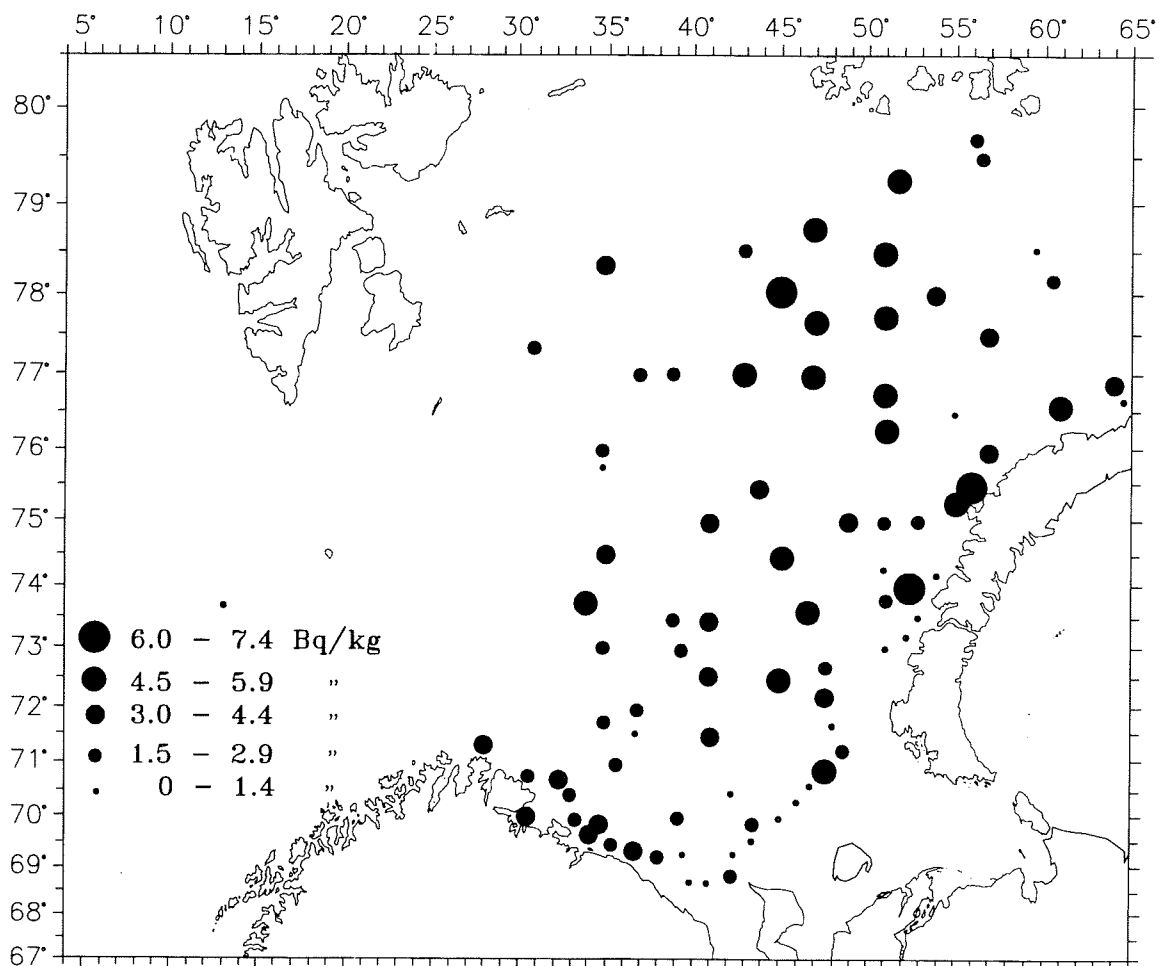


Fig. 1.9

Fordelingen av cesium-137 i den øverste cm av sedimentet i Bq . kg⁻¹ tørr vekt.
The distribution of cesium-137 in the upper one cm of sediments from the Barents Sea.

En konsekvensutredning om faren for spredning av radioaktivitet fra "Komsomolets" til de øvre vannlag i Norskehavet og Barentshavet ble fullført i juli 1994. Konklusjonen var at faren for spredning til de øvre vannlag i Norskehavet, Grønlandshavet og Barentshavet ansåes som meget liten.

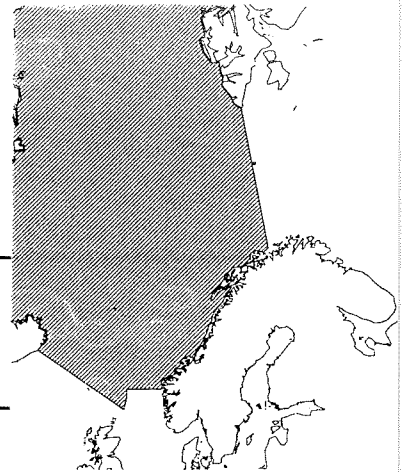
Vi har også gjennomført et større måleprogram i Barentshavet i perioden 1991-93 og rapportert cesium-137-verdier i sediment fra et stort antall stasjoner i Barentshavet (fig. 1.9). Resultatene viser liten kontaminering, med de høyeste nivåene funnet i den østlige delen av Barentshavet. Her er de høyeste verdiene målt til ca 8 Bq pr kg tørr vekt, som er et betryggende lavt nivå.

Generelt har marine fiskearter et innhold av radioaktivitet som ligger langt lavere enn de fleste

andre typer matvarer. Kontrollverket i Troms-Finnmark har i regi av Statens Strålevern utført en rekke målinger på kommersielle landinger av fisk fra Barentshavet. Disse inneholder alle verdier mindre enn målegrensen på 10 Bq/kg radioaktivt cesium. Målinger på fisk fra Barentshavet og makrell i Nordsjøen, utført av Havforskningsinstituttet, viser 0.3-0.6 Bq/kg radioaktivt cesium. De målte fiskeprøvene har et nivå som ligger en faktor hundre under den generelle tiltaksgrensen på 600 Bq/kg for radioaktivt cesium i basismatvarer gjeldende for bla Norge og EU-landene. Til sammenligning ligger innholdet av radioaktivt cesium i fisk fra Østersjøen og Irskesjøen 10-20 ganger høyere enn i Barentshavet og Nordsjøen grunnet Tsjernobyl-ulykken og utslipp fra gjenvinningsanlegget for atomavfall ved Sellafield.

2. NORSKEHAVET OG KYSTEN

2.1 Havklima



Vann fra Atlanterhavet strømmer inn i Norskehavet, hovedsakelig gjennom Færøy-Shetlands-kanalen, men også på vest- og nordsiden av Færøyane. Denne innstrømningen av det varme og salte atlantehavsvannet har stor betydning

for temperaturforholdene i de norske havområdene (fig 2.1). Atlanterhavsvannet strømmer nordover på østsiden av Norskehavet og kan følges langt inn i Polhavet og Barentshavet. Det meste av det kalde og ferske vannet i Øst-

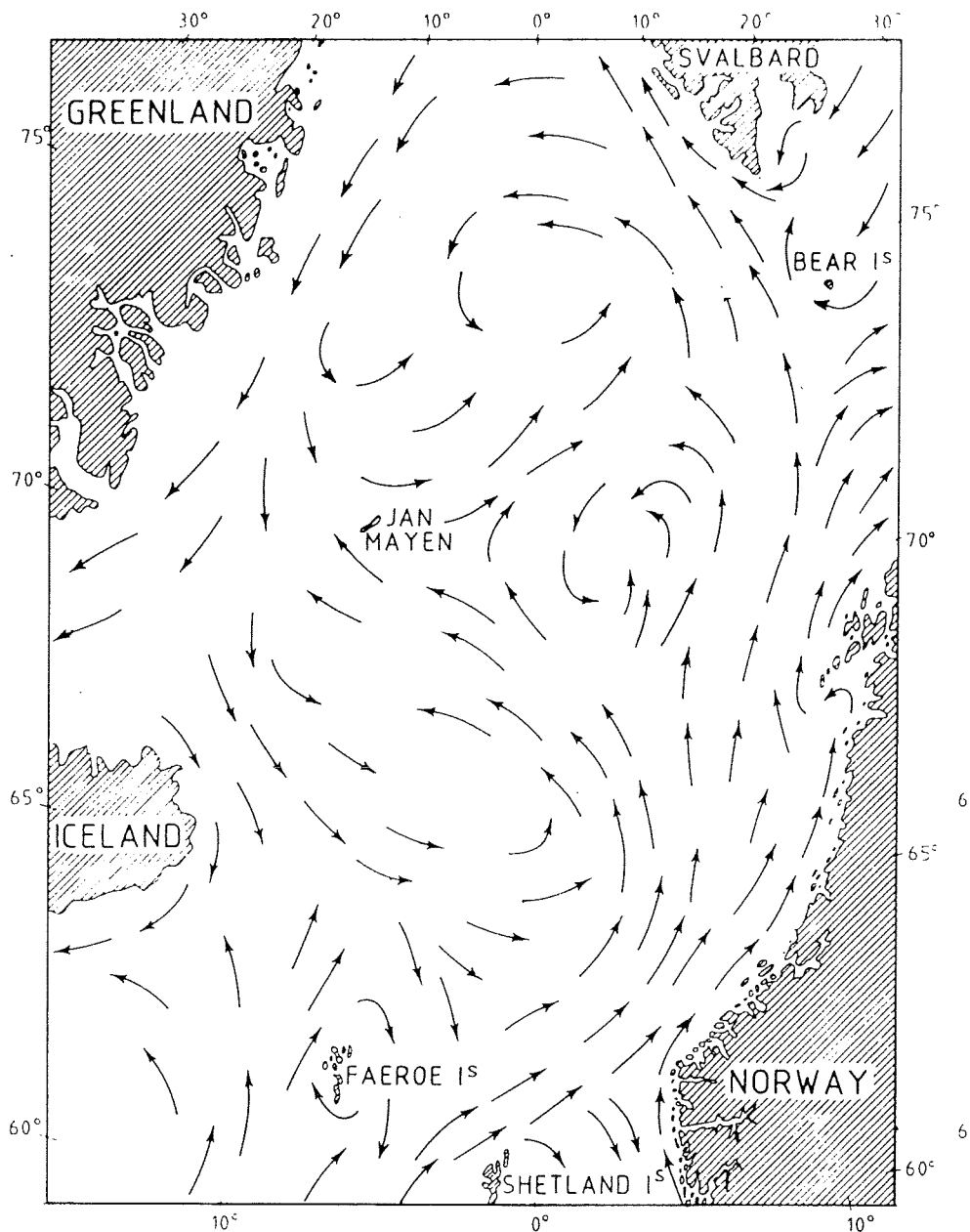


Fig. 2.1 Skjematisk fremstilling av overflatestrømmene i De nordiske hav.
Schematic representation of the surface circulation in the Nordic Seas.

grønlandstrømmen, med opprinnelse i Polhavet, strømmer ut gjennom Danmarkstredet mellom Island og Grønland. Strømforholdene i de dype vannmassene i Norskehavet er generelt lite kjent. De senere års milde vintre har medført en betydelig redusert nedsynkning av kaldt og salt vintervann (bunnvannsdannelse) i Grønlandshavet nordøst for Jan Mayen, og dette har ført til en temperaturøkning i de dypere vannmassene. Dette fremgår tydelig av fig. 2.2 som viser temperaturen i 2000, 2500, 3000 og 3300 m dyp i det sentrale Grønlandshavet, målt i november i perioden 1991 - 1994. I alle disse dybdenivåene har det vært en jevn temperaturstigning gjennom denne perioden. Sammenlig-

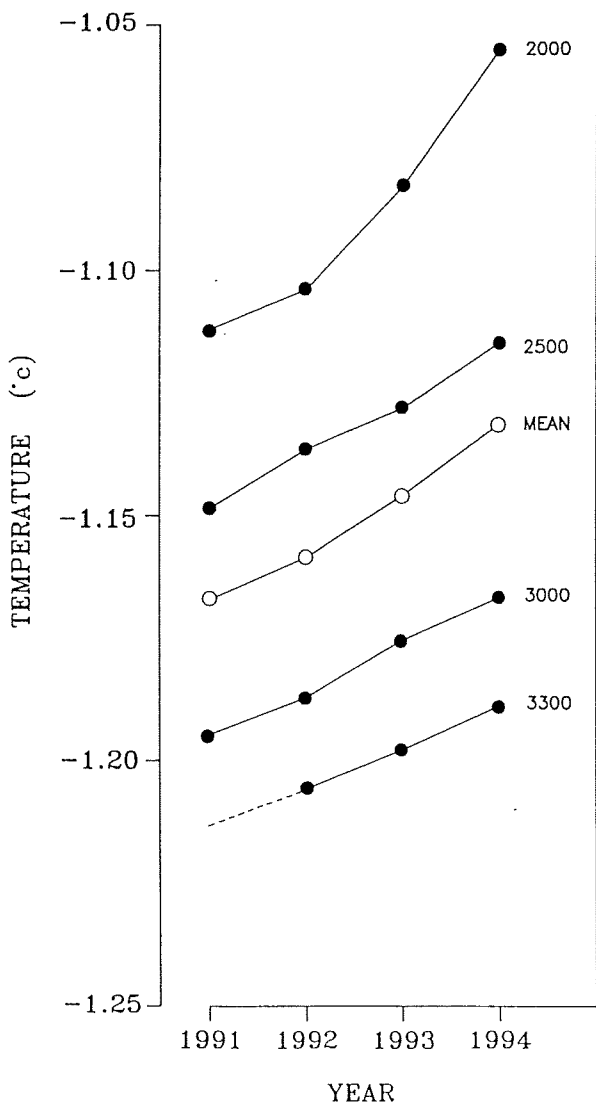


Fig. 2.2. Temperaturen i 2000, 2500, 3000 og 3300 meters dyp i det sentrale Grønlandshav, målt i november 1991 - 1994. *Temperature at 2000, 2500, 3000 and 3300 m depth in the central Greenland Sea as observed in November 1991 - 1994.*

ning med tidligere observasjoner viser at temperaturen i dypvannet har økt siden begynnelsen av 1970-årene og er nå nesten 0.2°C høyere enn i 1973. Den manglende bunnvannsdannelse og temperaturstigningen i dypvannet kan påvirke både sirkulasjonen og havklimaet i Norskehavet i årene framover.

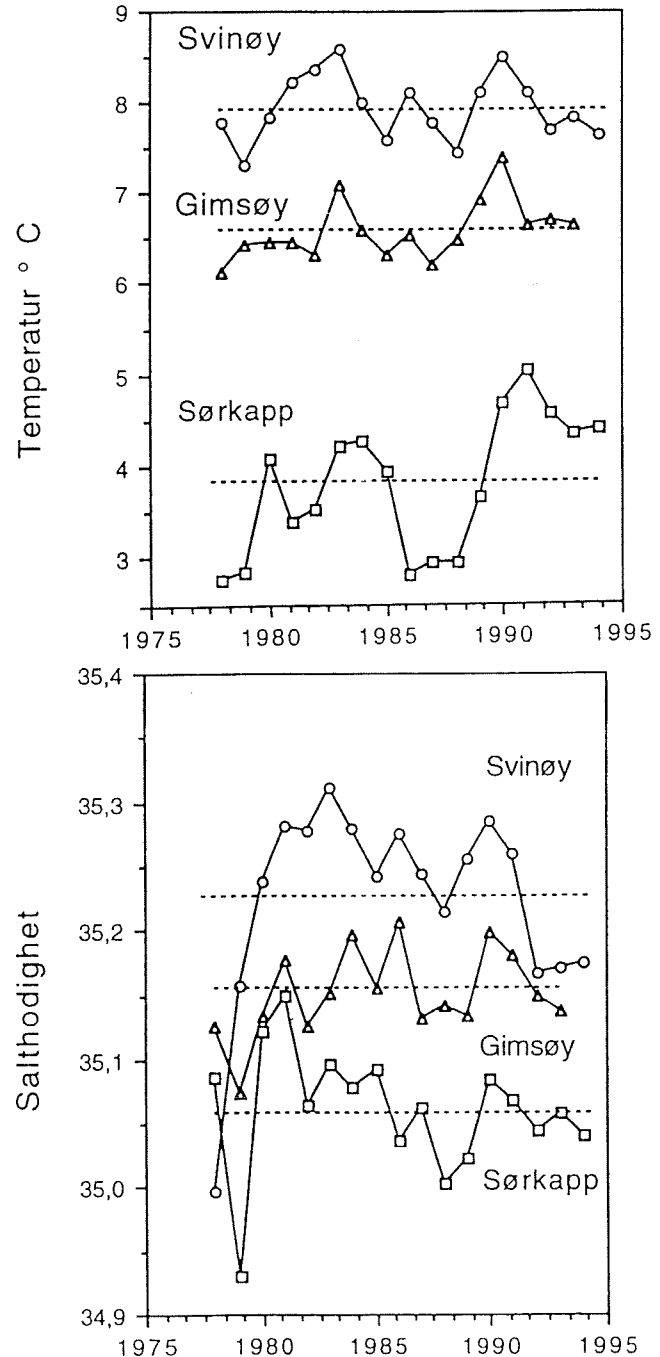


Fig. 2.3 Temperatur og saltholdighet i kjernen av atlantisk vann i snittene Svinøy-NV, Gimsøy-NV og Sørkapp-V, midlet mellom 50 og 200 meters dyp i juli/august (for lokalisering av snittene se fig. 0). *Temperature and salinity in the core of Atlantic water in the sections Svinøy-NW, Gimsøy-NW and Sørkapp-W, averaged between 50 and 200 m depth in Juli/August.*

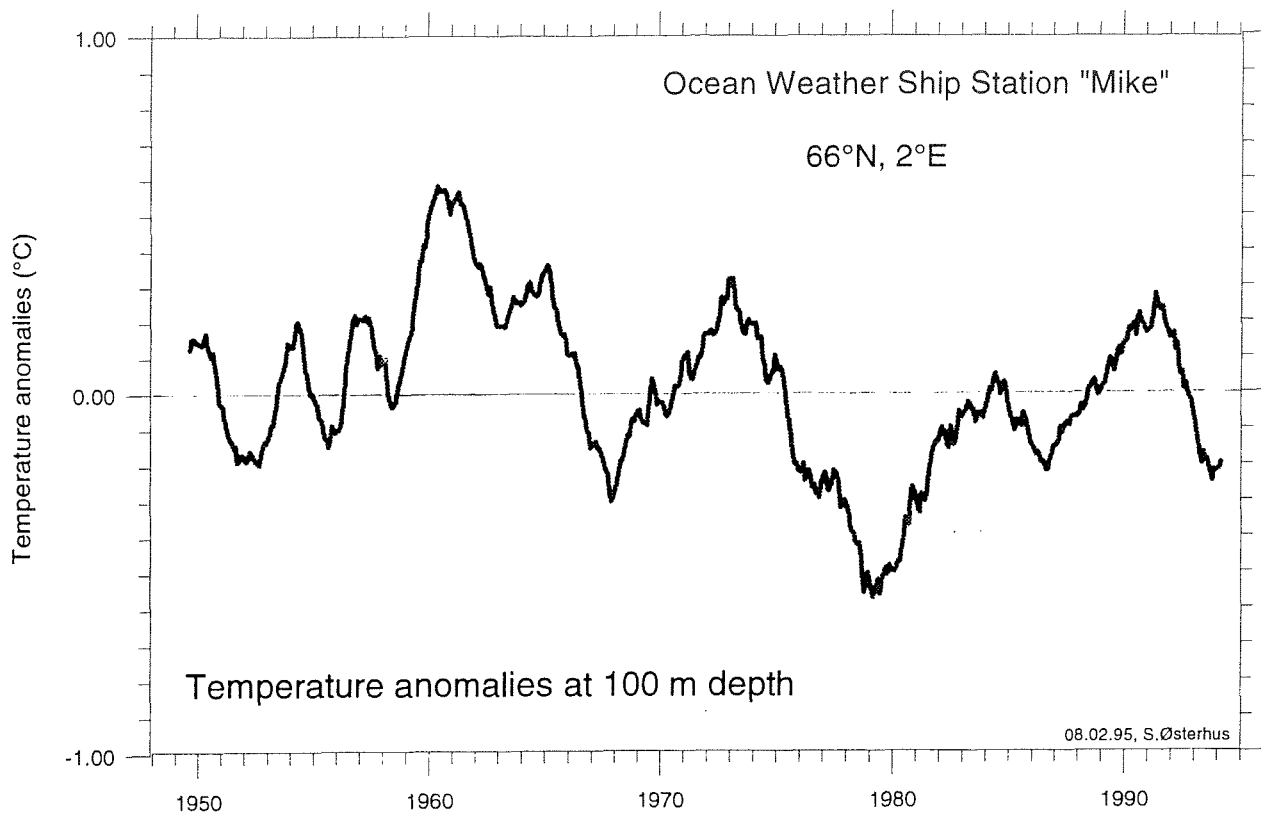


Fig. 2.4 Avvik fra 21 måneders glidende temperaturmiddel i 100 meters dyp ved st M i perioden 1948-93. (Fra Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen. For lokalisering av st M se fig. 0)
Temperature anomalies at 100m depth at stn M , 21 months running mean.

Atlantehavsstrømmen er transportåren for varme inn i nordområdene. Det er nå velkjent at år-til-år variasjoner i denne varmetransporten er en viktig økologisk faktor med stor betydning for den biologiske tilstanden i havområdene. Således har våre viktigste fiskebestander vanligvis størst vekst og mest vellykket reproduksjon i varme år. De viktige miljøfaktorene temperatur og saltholdighet har derfor vært målt regelmessig over en årrekke i flere standardsnitt i Norskehavet og ved Værskipstasjon M i Norskehavet (Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen) (se fig. 0 for lokalisering). Fig. 2.3 viser variasjonene i temperatur og saltholdighet i kjerne av atlantehavsvannet i snittene Svinøy-NV, Gimsøy-NV og Sørkapp-V, målt i juli/august i årene 1978-1994, mens fig. 2.4 viser temperaturen i 100 m dyp på Stasjon M i perioden 1948-93. Observasjonene viser at det har vært tildels betydelige svingninger i temperatur og saltholdighet i de siste 15 årene i standardsnittene fra Svinøy til Sørkapp. I slutten av 1970-årene og i 1985-87 var det relativt lave temperaturer i det innstrømmende atlantiske vannet, mens det var varme perioder rundt 1983 og 1990. Begge de varme periodene falt sammen med store års-

klasser i viktige fiskebestander som sild, torsk og hyse. Perioden 1992 - 1994 var karakterisert ved synkende temperaturer i atlantehavsvannet i hele området fra Gimsøy til Sørkapp. I 1994 var temperaturen sunket til litt under det normale i havområdene mellom Svinøy og Gimsøy. Ved Sørkapp lå fortsatt temperaturene over det normale i juli/august 1994.

Før 1980 var det, som det fremgår av fig. 2.4, markert varme perioder i Norskehavet i første del av 1960-årene og i begynnelsen av 1970-årene. I perioden mellom 1948 og 1994 har det således vært omlag 10 år mellom de varme periodene i Norskehavet.

Fig. 2.5 viser årsgjennomsnitt av maksimalverdier av saltholdigheten i Atlantehavsvannet som strømmer gjennom Færøy-Shetlandskanalen (fig. 2.1). Høye saltholdigheter i Færøy-Shetlandskanalen er knyttet til høye temperaturer og økt innstrømming av atlantisk vann til Norskehavet. Flere av de mest markante variasjonene i Færøy-Shetlandskanalen finnes derfor også igjen lenger nord i Norskehavet. Den kalde perioden som ble observert i Barentshavet og

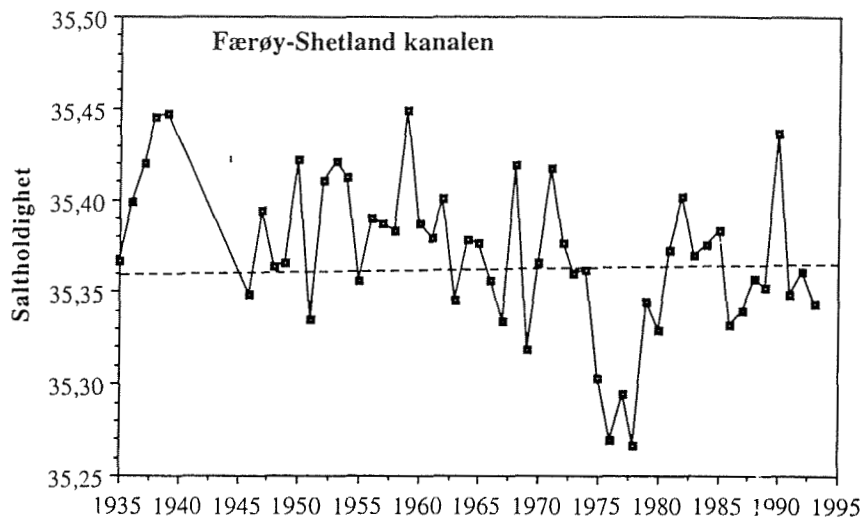


Fig. 2.5. Maksimal saltholdighet i atlantisk vann i Færøy-Shetlandskanalen, fremstilt som årsmiddel for faste posisjoner i to standardsnitt mellom Færøyene og Shetland. Presentert med tillatelse fra Marine Laboratory, Aberdeen.

Maximum salinity in Atlantic water in the Faroe-Shetland Channel, given as annual mean at fixed positions in two standard sections. Courtesy of the Marine Laboratory, Aberdeen.

på stasjon M i slutten av 1970-årene, ble observert i Færøy-Shetlandskanalen i midten av 1970-årene. I denne perioden var saltholdighetene i det innstrømmende atlantehavsvann de laveste

siden måleserien startet i begynnelsen av dette århundret. Etter det lokale maksimum i saltholdighet i 1990, sank saltholdigheten til litt under det normale i 1993.

NORD ISLAND

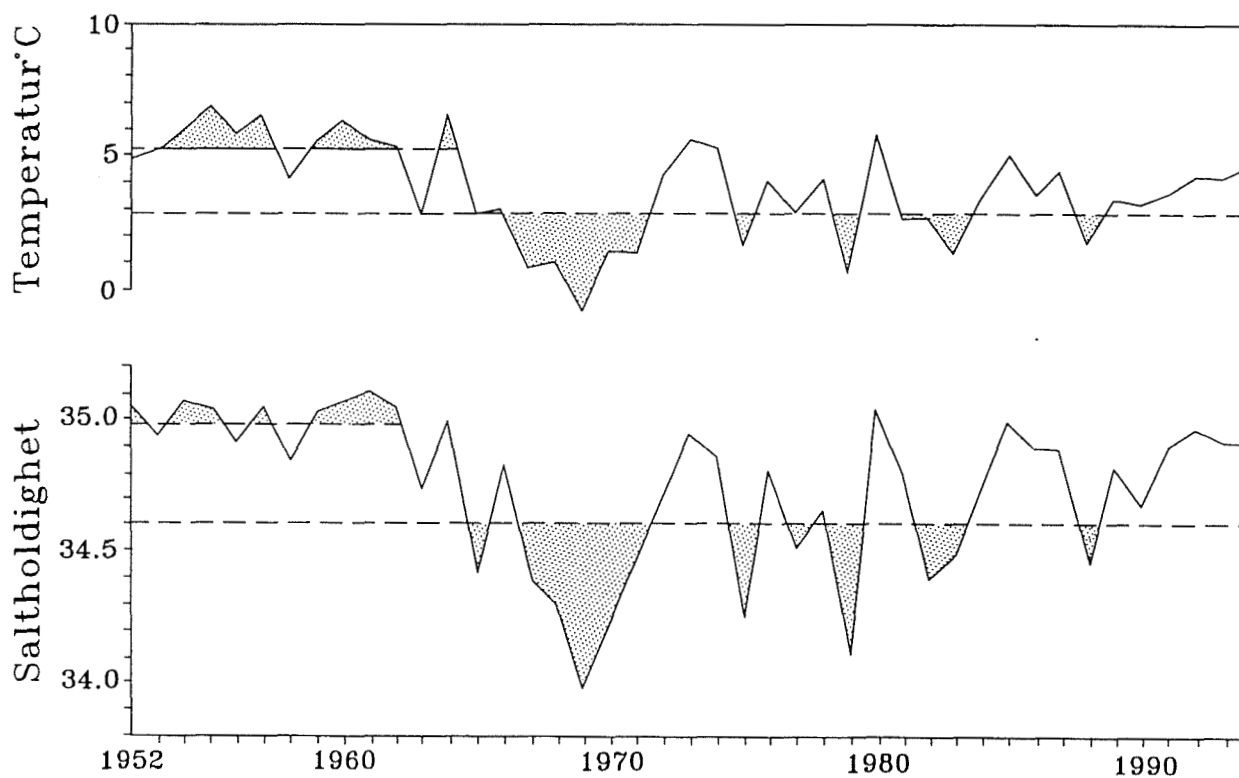


Fig. 2.6. Temperatur og saltholdighet i 50 m dyp på nord for Siglunes (st S3), Nord-Island i mai/juni 1952-1994. Presentert med tillatelse fra Havforskningsinstituttet i Reykjavik.

Temperature and salinity at 50 m depth at station S3 in North Icelandic waters, north of Siglunes, in May/June 1952-1994. Courtesy of the Marine Research Institute, Reykjavik.

Fig. 2.6. viser forløpet av temperatur og salt- holdighet i 50 m dyp i mai måned like nord for Island i perioden 1952-1994. Det er også mer uregelmessige observasjoner for perioden 1924-1952 (ikke vist her). Observasjonene viser at det var en betydelig endring i havklimaet i 1960-årene da den relativt stabile varmeperioden mellom 1924 og 1964 ble avløst av markert lavere temperaturer i slutten av 1960-årene. Midlere temperatur i havområdet ved Nord-Island sank med over 2°C mens saltholdigheten ble redusert med ca. 0.4 psu. Den store endringen i havklimaet skyldes en sørlig forskyvning

av polarfronten nord for Island og dermed økte tilførsler av kaldt vann fra Østgrønlandstrømmen (fig. 2.1). Den sørlige forflytningen av polarfronten har siden 1964 medført store år-til-år svingninger i temperatur og saltholdighet. Etter 1989 har det imidlertid vært en relativt stabil og varm periode gunstig for rekruttering av islandsk torsk og lodde. Den vestlige fordelingen av norsk vårgytende sild i Norskehavet er også begrenset av polarfrontens posisjon nord og nordøst for Island (fig. 2.12) (Mer om havklimasvingninger i Nord-Atlanteren i kapittel 4.)

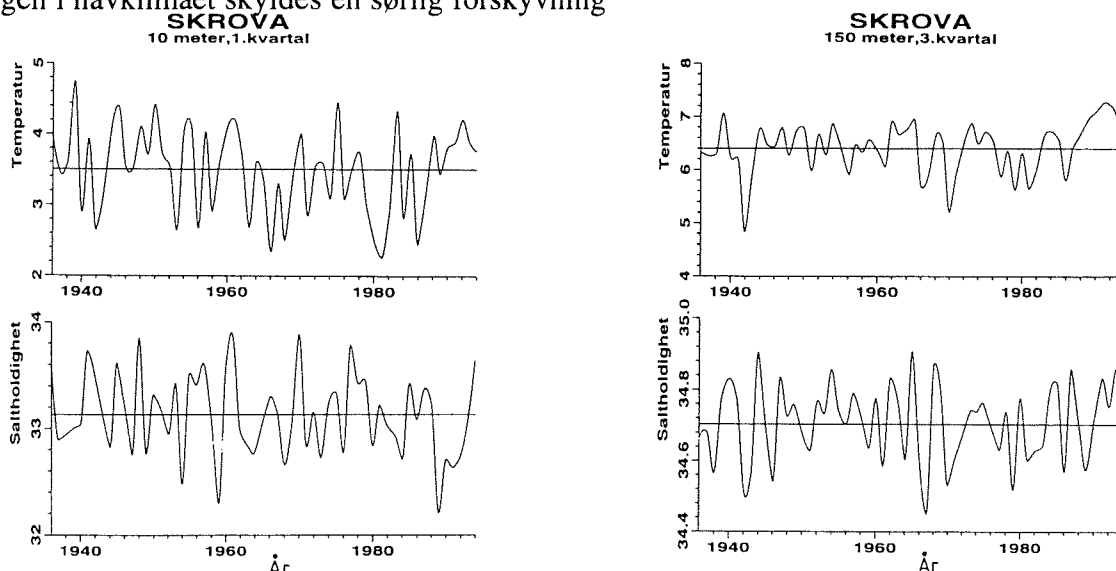


Fig. 2.7 Middelerverdier og årlige variasjoner i temperatur og saltholdighet i 10 meters dyp (1. kvartal) og 150 meters dyp (3. kvartal) ved Skrova (for lokalisering se fig. 0)
Mean values and yearly variation of temperatures and salinity at 10 meter (1. quarter) and 150 m depths (3. quarter) at Skrova.

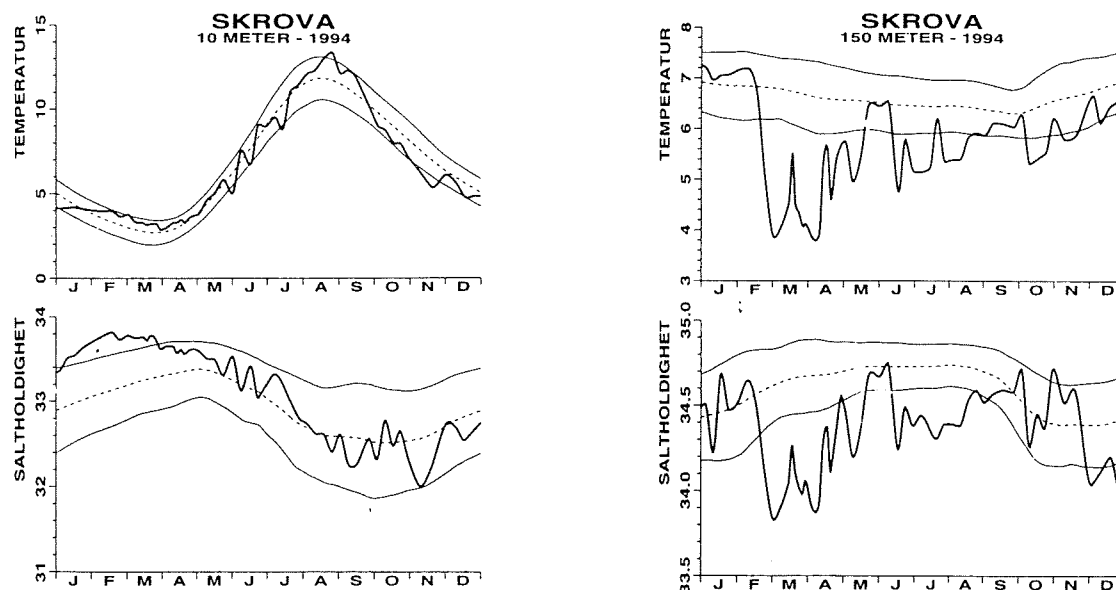


Fig. 2.8 Temperatur og saltholdighet i 10 meters og 150 meters dyp målt ca. hver 10. dag ved Skrova i 1994. Midlere årsvariasjon (prikket) og standardavvik (tynn strek) er også vist.
Temperature and salinity at 10 m and 150 m depth measured about every 10th day at Skrova in 1994. Mean yearly variations (dotted) and standard deviations are also shown.

Kysten

Klimatilstanden i kystfarvannene knyttet til Norskehavet observeres regelmessig (to-fire ganger pr. måned) på faste stasjoner ved Bud, Skrova og Eggum (fig. 0). På disse stasjonene blir temperatur og saltholdighet observert i standarddyp fra overflaten til bunnen. Observasjoner av temperatur og saltholdighet i overflatelaget blir også hyppig observert fra "Hurtigruta" ved en rekke lokaliteter mellom Bergen og Kirkenes (termograftjenesten).

Fig. 2.7 viser variasjonene i midlere temperatur og saltholdighet i 10 og 150 meters dyp for henholdsvis 1. kvartal (januar-mars) og 3. kvartal (juli-september) ved Skrova i perioden fra 1936 til 1994. Forholdene i 10 meters dyp representerer vinterforholdene i den øvre del av kystvannet som er sterkt påvirket av lokale og regionale vær- og strømforhold. Dette medfører ofte store endringer i temperatur og saltholdighet fra år til år. I den øvre del av kystvannet var det som ellers i Norskehavet en varm periode omkring 1983 og 1990, mens de laveste vintertemperaturene for hele måleperioden ble observert i begynnelsen av 1980-årene. I 1994 lå vintertemperaturene i Vestfjorden igjen nær det normale for årstiden. Den varme perioden omkring 1990 var også koblet til ekstra lave saltholdigheter, som vinteren 1994 igjen økte til over det normale for årstiden.

Temperatur og saltholdighetsforholdene i 150 meters dyp gjenspeiler de mer storstilte varia-

sjonene i atlantehavsvannet (se foran). Etter et relativt kaldt år i 1987 steg temperaturen til et ekstremt maksimum i 1991. Dette gjenspeiler de milde vintrene i perioden 1988-93, samt økte tilførsler av varmt atlantisk vann til kystområdene. De laveste temperaturene i de dypere lag av kyststrømmen ble observert i begynnelsen av 1940-årene og omkring 1970 og lå omlag 2°C under de ekstra høye temperaturene observert i 1991. I 1994 observert man både lavere temperaturer og reduserte saltholdigheter. Dette er en klar indikasjon på reduserte tilførsler av atlantisk vann.

Fig. 2.8 viser variasjonene av temperatur og saltinnhold i overflatelaget (10 meters dyp) og i 150 meters dyp ved Skrova gjennom 1994 sammenlignet med de klimatologiske årsvariasjoner og standardavvik. Saltholdigheten i overflatelaget lå en del over det normale i løpet av vinteren men ellers var både temperatur- og saltholdighetsvariasjonene ganske normale. De ekstra høye temperaturene som ble observert i de dypere lag av kyststrømmen fra slutten av 1980-årene og fram til og med 1993, tok brått slutt i 1994. I tidsrommet fra februar til april 1994 var det også et meget dypt kaldtvannslag med relativt lav saltholdighet i Vestfjorden, som i perioder hindret innsig av gytetorsk til Lofoten. Ellers i 1994 lå både temperatur og saltholdighet i de dypere lag godt under normalen for årstiden. Det generelt kaldere klima i hav- og kystområdene etter 1992-93 vil redusere sannsynligheten for god rekruttering i våre viktigste fiskebestander i årene framover.

2.2 Plankton, næringsalter og oksygen

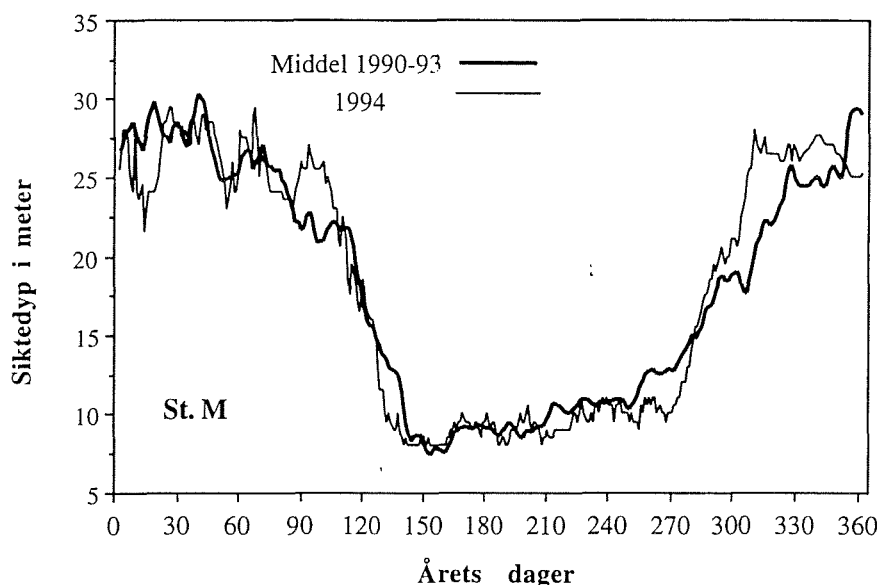


Fig. 2.9 Midlere variasjon av siktedyp (i meter) gjennom året ved stasjon Mike for perioden 1990-1993 (tykk linje) og 1994 (tynn linje). (For lokalisering se fig 0)
Five days running average of the Secchi disc depth (in meters) at stasjon Mike for the period 1990-1993 (thick line) and 1994 (thin line).

Stasjon M

De fysiske forhold i havets øverste lag har stor betydning for utviklingen av primærproduksjonen i Norskehavet. Viktigste i denne sammenheng er faktorer som lysforholdene og lagdeling av vannmassene.

Undersøkelser foretatt siden 1948 på værskipet stasjon M (66° N; 02° Ø) (fig. 0) har hatt stor betydning for forståelsen av hvordan disse fysiske forhold påvirker utviklingen av planteplanktonets vekst om våren. Siden 1990 har Havforskningsinstituttet gjennomført innsamling av kjemiske, biologiske og supplerende fysiske data på stasjon M.

En av de mest sentrale målinger er de daglige observasjoner av siktedyp. Disse gjennomføres ved middagstider med en rund hvit skive, 30 cm i diameter, som senkes i vannet til den forsvinner av syne. Det noteres hvor dypt dette skjer. Siktedypet er en indikator på vannets gjennomskinnelighet og dermed også på den totale mengde partikler som finnes i vannet. I åpne hav-

områder, som stasjon M representerer, er meste-parten av partiklene av biologisk opprinnelse, og denne type målinger gir en oversikt over utviklingen av planteplanktonets biomasse over tid. Lave siktedypverdier betyr lav gjennomskinnelighet og derved høyt innhold av planteplankton.

Siktedypverdiene målt i løpet av 1994 vises i fig. 2.9 sammen med gjennomsnittverdier for perioden 1990-1993. Der kan man se at i gjennomsnitt fra 1. januar og fram til ca. dag 75 (ca. 15. mars) er siktedypverdiene konstant høye mellom 25-30 meter. Denne perioden representerer vintersituasjonen karakterisert av lavt innhold av planteplankton. Fra dag 75 til ca. dag 110 (ca. 20. april) ser man en nedgang i verdiene til litt over 20 meter. Denne perioden representerer den første tegn til planteplanktonvekst som finner sted på grunn av bedre lysforhold etter vintrens mørke. Fra dag 110 til dag 150 (ca. 30. mai) finner man den største reduksjon i siktedypet som faller ned til verdier omkring åtte meter. Denne perioden representerer selve våroppblomstringen. Fra dag 150 til dag 250 (ca. 7. septem-

ber) er variasjonen i siktedypet lav, men øker svakt til verdier omkring 10 meter på slutten av perioden. Denne perioden kalles sommersituasjonen. Etter dag 250 (ca 7.september) og ut året ser man en sakte, men konstant økning i siktedypet til det igjen når vinterverdiene. Denne økningen er hovedsakelig forårsaket av større vertikalblanding i den øverste del av vannmassene, noe som er en konsekvens av økt vind utover høsten.

Variasjonene fra år til år i planteplanktonets utvikling på stasjon M er som regel ganske små. I 1994 startet våroppblomstringen ca. en uke tidligere enn gjennomsnittet for 1990-93. Selv om den hadde en raskere utvikling i begynnelsen, avsluttet den på nøyaktig samme tidspunkt. Om sommeren var siktedypverdiene noe lavere enn gjennomsnittet. Overgangen til høst/vinterverdier forekom noe senere enn normalt, mens vinterverdiene ble nådd ca 2 uker tidligere enn gjennomsnittet. (Mer om planteproduksjon i kapittel 4).

Miljø og sild i Ofotfjorden

Etter at sommerbeitesesongen er over, vandrer den norsk vårgytende silda til overvintringsområdene hvor den danner tette konsentrasjoner. I disse områdene blir silda inntil gytevandringen begynner igjen tidlig på vinteren. I de siste 40 år har man kunnet identifisere flere overvintringsområder. I løpet av 1950-årene da bestanden var stor (omkring 10 millioner tonn), overvintret

silda i et område øst for Island. Senere, i 1963-1966, var bestanden redusert til ca. tre-fire millioner tonn og da overvintret mesteparten av silda utenfor norskekysten i de nordlige deler av Nordsjøen. Etter at bestanden brøt sammen på slutten av sekstitallet, overvintret det som var igjen av den i flere fjorder langs norskekysten. Under gjenoppbygging av bestanden i de siste år, hvor 1983-årsklassen var den dominerende, har silda overvintret i Ofotfjorden og tildels i Tysfjorden i Nordland. Denne overvintringen begynte i 1987 og har fortsatt t.o.m. 1994.

Den store ansamlingen av biomasse i dette begrensete området om høsten/vinteren har ført til en forverring av oksygenforholdene i de to fjordene. Havforskningsinstituttet har fulgt disse forholdene nøye, med en serie undersøkelser hvert år i november måned samt spesielle undersøkelser i løpet av 1991 og 1992. Fig. 2.10 viser oksygenforholdene på en stasjon utenfor Narvik hvor man i en årrekke har samlet inn prøver i løpet av november måned. Figuren viser entydig en kraftig nedgang i oksygenkonsentrasjonene under ca. 100 meters dyp siden 1988 (året etter at silda begynte å vandre inn) med verdier helt ned til under 1 ml/l i 1990. De lave oksygenkonsentrasjonene har holdt seg ganske uforandret de siste årene i de dypeste delene av fjorden, selv om det siden 1992 er blitt observert en svak forbedringen i de øverste 170 meter. Som vist i Miljørapport 1994 er forringelsen størst i januar måned, like før silda igjen vandrer ut av fjordene.

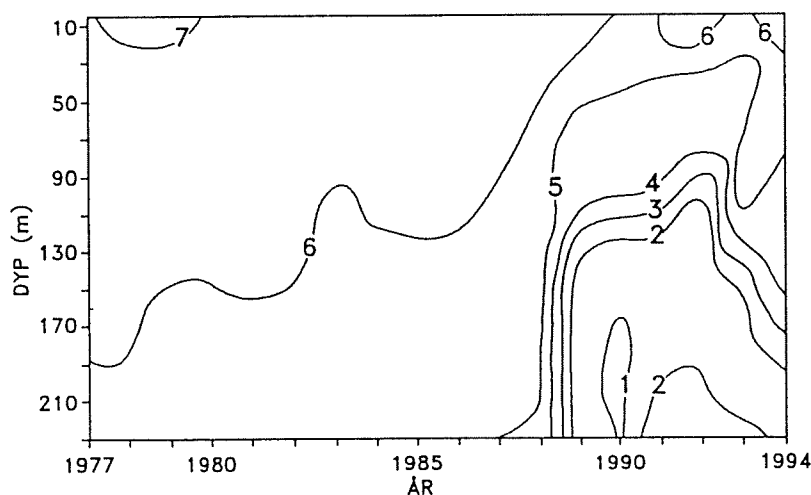


Fig. 2.10 Vertikalfordelingen av oksygen (ml/l) i Ofotfjorden utenfor Narvik i perioden 1977-1994.
Vertical distribution of oxygen (ml/l) at a stasjon in Ofotfjorden during the period 1977-1994.

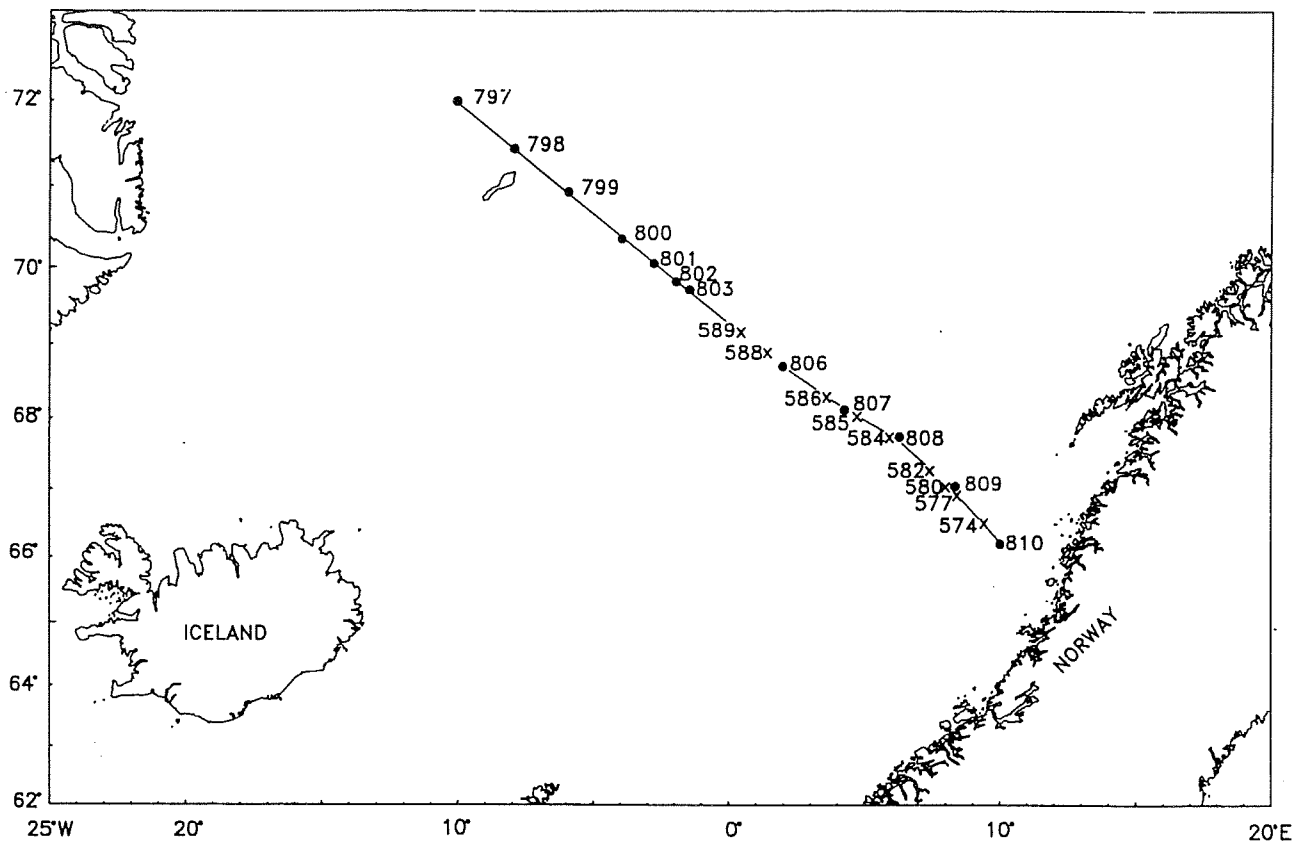


Fig. 2.11 Snitt undersøkt i april (st.574-589) og juni (st.797-810).

Transect investigated in April (st.574-589) and June (st.797-810).

Dyreplankton

Innsamling av dyreplankton i Norskehavet ble foretatt med en planktontrål (MOCNESS) utstyrt med åtte nett som kan åpnes og lukkes i ønsket dyp på kommando fra overflaten. Den vertikale fordeling av dyreplankton-biomasse langs et snitt fra Helgelandskysten mot Jan Mayen (fig. 2.11) i april er vist i fig. 2.12. Biomassen var høyest i de øverste 100 meter langs hele snittet. Størrelsesfraksjonen 1000-2000 μm dominerte i de øverste 400 meter. Det er omtrent de samme artene vi finner langs hele snittet, men det skjer endringer i dominans og i hvor langt de forskjellige artene er kommet i sin livssyklus og stadieutvikling.

En nærmere undersøkelse av planktonet viste at hovedmengden besto av hoppekrepsen *Calanus finmarchicus* (raudåte) (Denne gjennomgår i alt tolv stadier etter skallskifte (NI-NVI og CI-CVI), hvor CVI betegner voksne individer). I de sentrale delene av snittet (st. 582-586) var det hovedsakelig voksne raudåter og kopepodittstadiene CIV og CV, dvs. de siste stadiene før de

blir voksne. Disse besto høyst sannsynlig av overvintringsbestanden som her var kommet til overflaten for å gyte, mens endel fortsatt var lokalisert ned mot 400 meters dyp. På st. 580, nærmere norskekysten hvor våroppblomstringen var i full gang, ble det meste av raudåta observert i de øverste 25 meter. Raudåtepopulasjonen i de atlantiske vannmassene var på dette tidspunkt i en overgangsfase fra overvintringsområdet i dyppet til en vårlig overflatefordeling. I kystvannet (st. 574 og 5777) var situasjonen forskjellig fra de atlantisk dominerte vannmassene lenger vest. Her dominerte den minste størrelsesfraksjonen, biomassen var lav, og hovedparten av organismene befant seg i de øverste 50 meter. Gytingen hadde allerede skjedd på dette tidspunkt, og den nye generasjonen var dominert av kopepodittstadiene I-III.

I juni var gytingen av raudåte over i de atlantiske vannmassene (st.800-808), og den nye generasjonen hadde nådd kopepodittstadiene CI - CIV. De største biomassene innen størrelsesfraksjonene 180-1000 og 1000-2000 μm ble funnet i de øvre 50 meter. Over sokkelen og i fron-

ten mellom atlantehavsvann og kystvann hadde den nye generasjonen av raudåte nådd siste kopepodittstadium (CV) eller også blitt fullvoksne. Biomassen var høy i frontsonen mellom atlantehavsvann og kystvann (st 809), og dyreplanktonet sto dypere over kontinentalsokkelen utenfor norskekysten enn lengre til havs. Det siste kan indikere at dyreplanktonet i dette området var på vei ned for overvintring i dypet.

De nordvestligste stasjonene i juni ble tatt i arktiske vannmasser nord for Jan Mayen. Spesielt på den nordligste stasjonen, st.797, var biomassen dominert av størrelsesfraksjonen $> 2000 \mu\text{m}$. Dette skyldes hoppekrepsene (*Calanus hyperboreus*) som forekom i relativt stort antall i stadiene CII-CV. Raudåta, som besto av overvintringsstadiene, forekom i relativt små

mengder, slik at den totale biomassen var lav. På de øvrige stasjonene i kalde vannmasser, st. 798 og 799, var planktonmengdene svært store, mest på grunnvav store mengder *C. hyperboreus* (hoppekreps).

De fleste prøvene på snittet ble ikke tatt dypere enn ca. 200 meter, slik at en kan ha gått glipp av betydelige mengder dyreplankton i de dypere lag. I sommerhalvåret er det ofte rovplanktonet (f.eks. pilormer, reker og krill) som utgjør den største biomassen i de dypere delene av vannsøylen, mens de planteplanktonspisende artene befinner seg nær overflaten. Andre dyregrupper som krill, reker, lysprikkfisk osv. blir fanget i MOCNESS-håv. Imidlertid kan de på grunn av sin svømmeevne til en viss grad unngå redskapen. Dette er delvis årsaken til at biomassene av disse or-

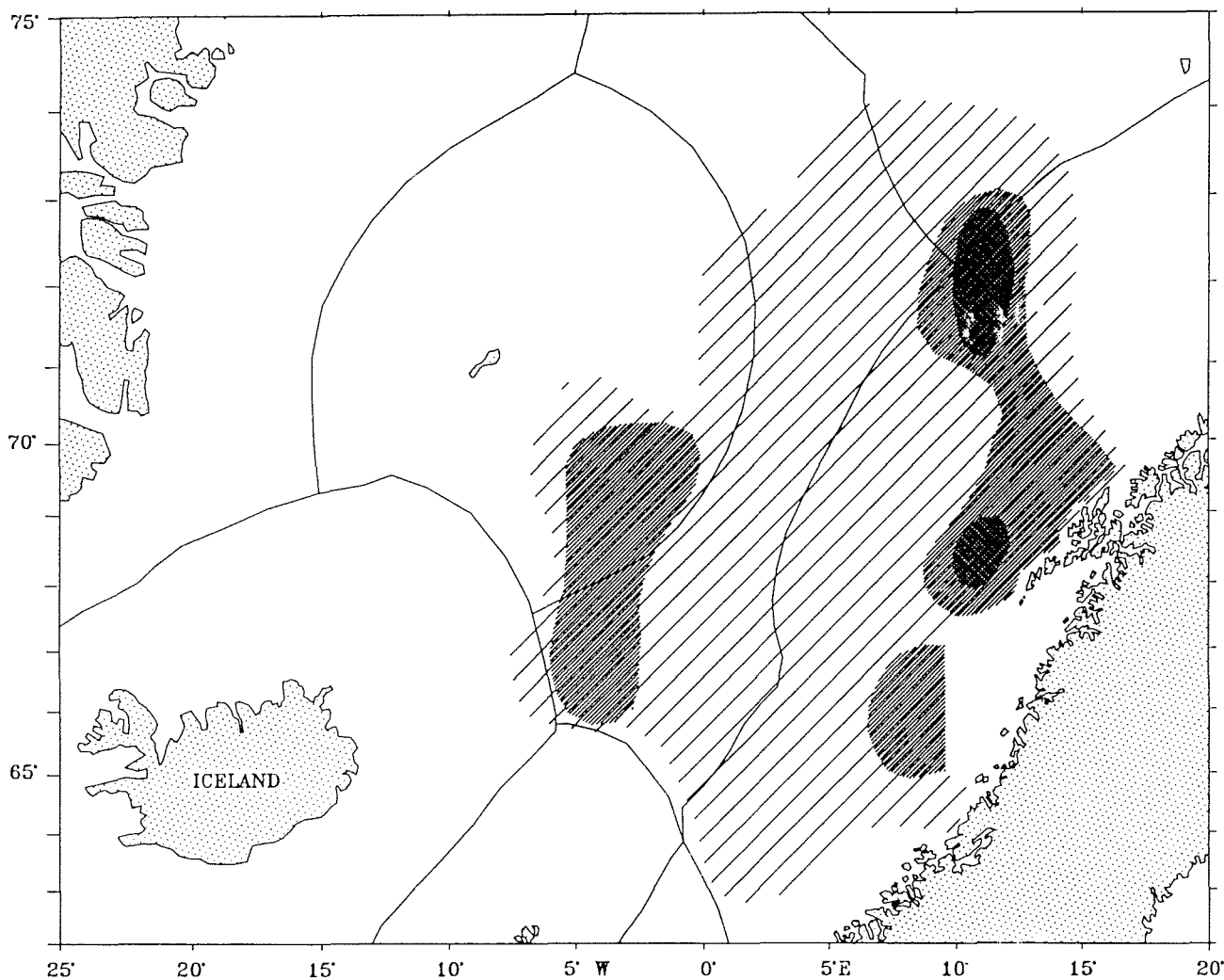


Fig. 2.12 Fordelingen av norsk vårgytende sild i Norskehavet i juni/august 1994. De ulike skraveringene viser områder med tett, middels og tynn forekomst av sild.
Distribution of Norwegian spring spawning herring in the Norwegian Sea in June/August 1994. (The different hatchings show areas with heavy, medium and low occurrence of herring).

ganismene i prøvene er lave, opp mot kun 6 mg tørrvekt/m³, mens det øvrige planktonet utgjorde opptil ca. 800 mg tørrvekt/m³.

De fire kommersielt viktige planktonspisende fiskeartene i Norskehavet er sild, kolmule, makrell og lodde ved Island/Jan Mayen, og disse bestandene blir kartlagt sammen med planktonet. Gytebestanden av norsk vårgytende sild er nå ca. 3.0 mill. tonn, og en venter at gytebestanden vil øke de nærmeste år på grunn av rekruttering av årsklassene 1991 og 1992. Imidlertid, årsklassene fra og med 1993 ventes å bli svakere, noe som vil medføre at gytebestanden vil avta etter 1997/98. Sommeren 1993 ble de største konsentrasjonene av norsk vårgytende sild observert i et sammenhengende område fra yttersiden av Lofoten/Vesterålen nord til ca. 74°N, og øst for 5-10° Ø. Noe sild ble imidlertid observert i internasjonalt farvann nord for ca 71°

N og vest for 50°Ø, mens den var fraværende i de mer sentrale og vestlige delene av Norskehavet. Utbredelsen var ganske forskjellig sommeren 1994 (fig. 2.12). De største konsentrasjonene ble fortsatt funnet vest og nord for Vesterålen, men dessuten ble det observert mye sild spredt over store deler av den sørlige og vestlige del av Norskehavet, og betydelige mengder sild stod også øst for kaldtvannfronten mellom Jan Mayen og Island, dvs. i Jan Mayen-sonen og i internasjonalt havområde («Smuthavet»).

Observasjonene av dyrplankton i 1994 tyder på at næringsforholdene for de viktige planktonspisende fiskeartene i Norskehavet, sild, kolmule, makrell og lodde (islandsk), var bedre i 1994 enn i 1993. Det ventes også at dyreplanktonbestanden og dermed næringsforholdene i Norskehavet i 1995 vil være på samme nivå som i 1993/94.

2.3 Yngelproduksjon

Sild

Ubredelsesområdet for sildelarver ble dekket under et tokt med F/F "M. Sars" i perioden 6.-18. april 1994 (fig. 2.13). Det ble funnet svært lite sildelarver sør for Stad. Det ble også funnet

lite sildelarver fra Stad til Buagrunnen. Men det ble funnet store mengder sildelarver over Haltenbanken med tettheter på over 10000 larver pr m². De fleste larvene var rundt 10 mm lange og i perioden for første næringsopptak. En mengdeindeks ga 16×10^{12} (16000 milliarder!) larver

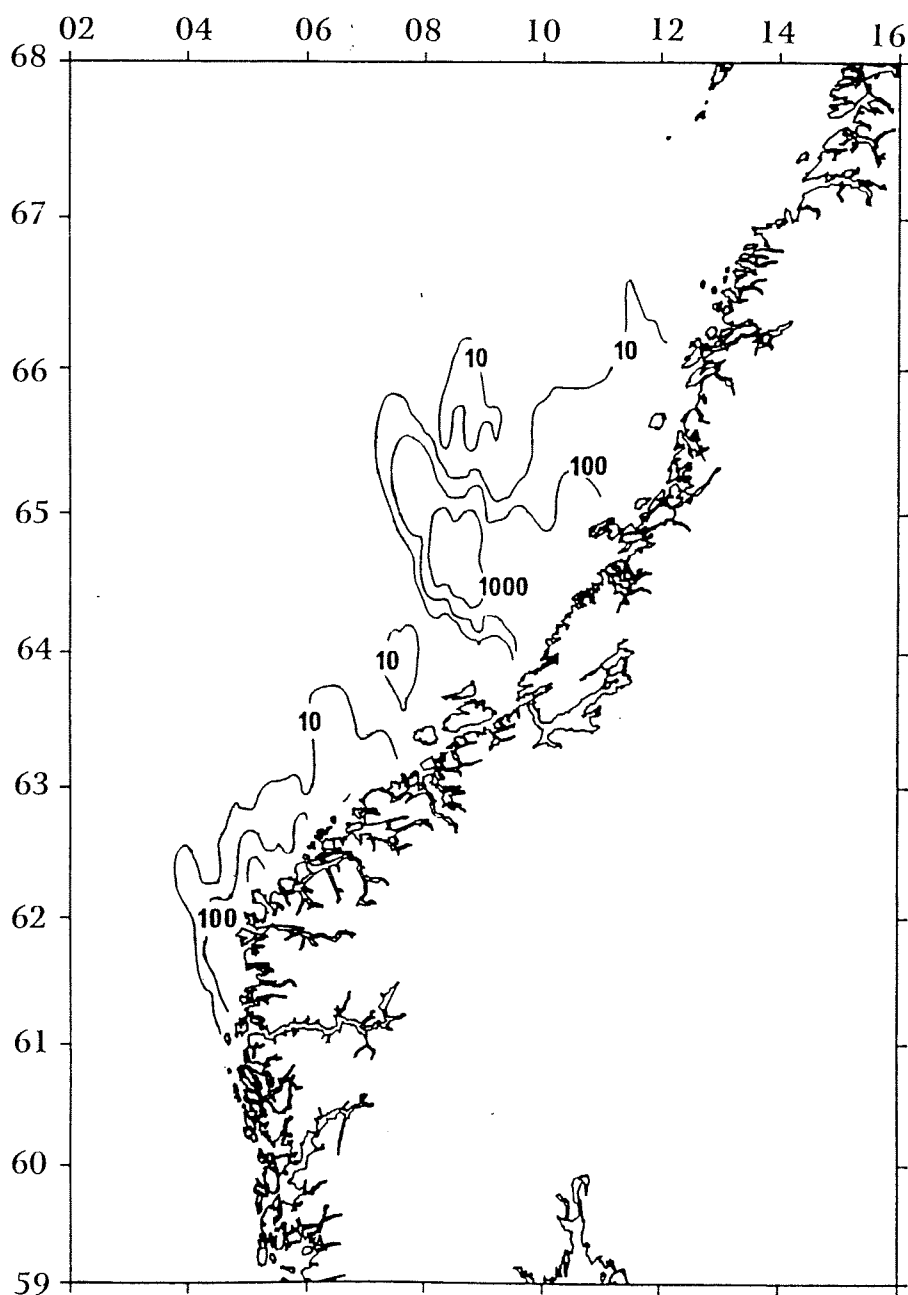


Fig. 2.13. Utbredelse og tetthet av sildelarver på sokkelen mellom 60-67°N i perioden 6.-18. april 1994.
Abundance of herring larvae on the Norwegian shelf during the period 6-18 April 1994.

INDEKS
(ANTALL SILDELARVER x 10⁻¹²)

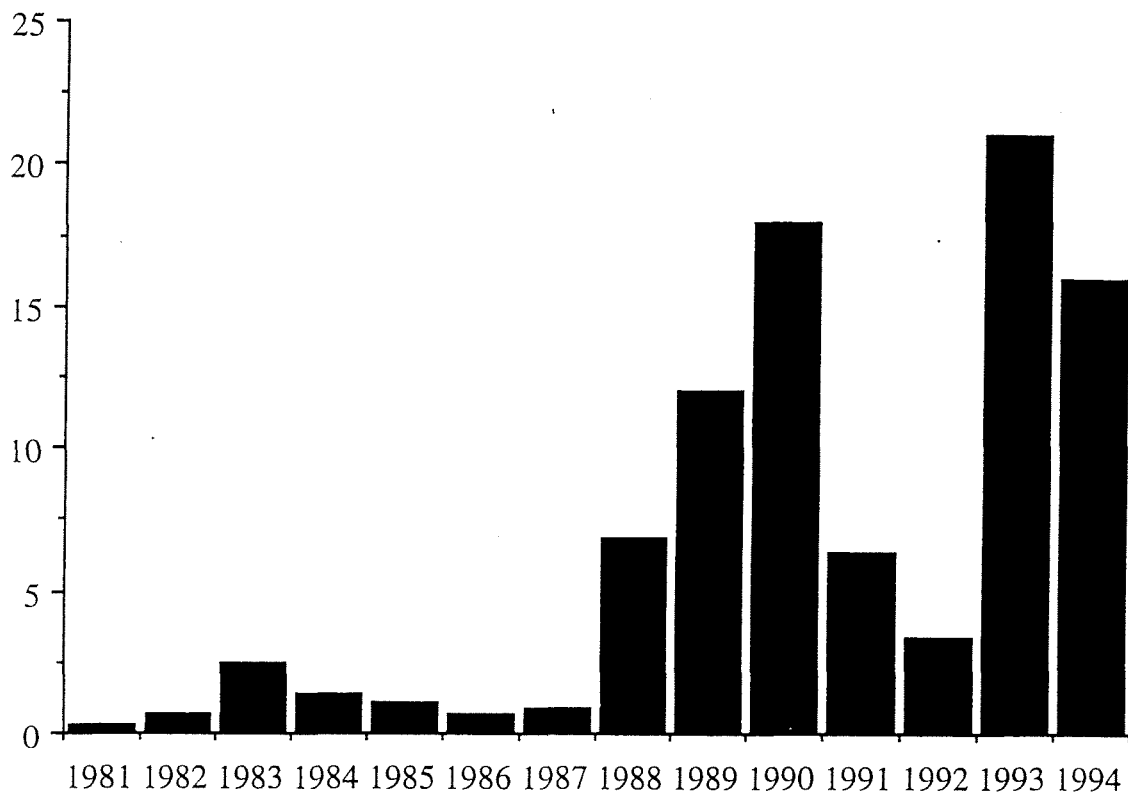


Fig. 2.14 Sildelarveindeksen for perioden 1981 til 1994.
The index of herring larvae for the period 1981 to 1994.

(fig. 2.14) og det er den tredje høyeste indeksen som er målt siden sammenbruddet i sildestammen på 1960-tallet. Påliteligheten til denne indeksen er avhengig av hvor godt dekket utbredelsesområdet er og sammenfallet mellom innsamlingsperioden og sildelarvenes klekking. I tillegg har effektiviteten til de redskapene en benytter stor betydning. Med så mange usikkerhetsmomenter kan ikke indeksen gi annet enn et relativt grovt tall på larvemengdene i sjøen, og derav en indikasjon på gytebestandens størrelse. Antallet sildelarver sier imidlertid ingen ting om den kommende årsklassens styrke. Den er avhengig av en rekke forhold av varierende betydning for sildas overlevelse gjennom det første leveåret.

I slutten av mai ble det tatt noen få stikkprøver av sildelarver på et tokt med F/F "Johan Hjort".

Prøvene ble tatt på et snitt over norsk sokkel fra Frøyabanken til Røst, for å studere mikrostrukturen i otolittene (øresteinene) og derav alderen og vekstmønsteret til larvene. Det ble bare funnet sildelarver på halvparten av stasjonene, der vi året før hadde funnet sildelarver i høye konsentrasjoner på alle stasjonene. Sildelarvene var også betydelig mindre enn de hadde vært til samme tid de forutgående årene. Det ble heller ikke registrert mye 0-gruppe sild under høstens tokt (0-gruppe indeks=0.28) og årsklassens styrke må karakteriseres som middels. Silda var og relativt småfallen med en gjennomsnittslengde på 66.2 mm (75.8 mm i gjennomsnitt de siste 10 år). Med det høye beitetrykket av torsk som nå er i Barentshavet, er det fare for at en stor del av 0-gruppebestanden vil bli nedbeitet i løpet av høsten 94 og våren 95.

3. NORDSJØEN OG SKAGERRAK

3.1 Havklima



Nordsjøen og kysten

I de grunne områdene i Nordsjøen blir vannmassene fullstendig gjennomblandet om vinteren og har samme temperatur fra overflate til bunn. Om

sommeren oppvarmes de øverste 20-40 meter. Saltholdigheten i de enkelte områdene av Nordsjøen er avhengig av strømforholdene som påvirkes hovedsakelig av vind og varierende tilførsler av atlantehavsvann, lokalt ellevann og brakkvann fra Østersjøen. Varierende tilførsler av

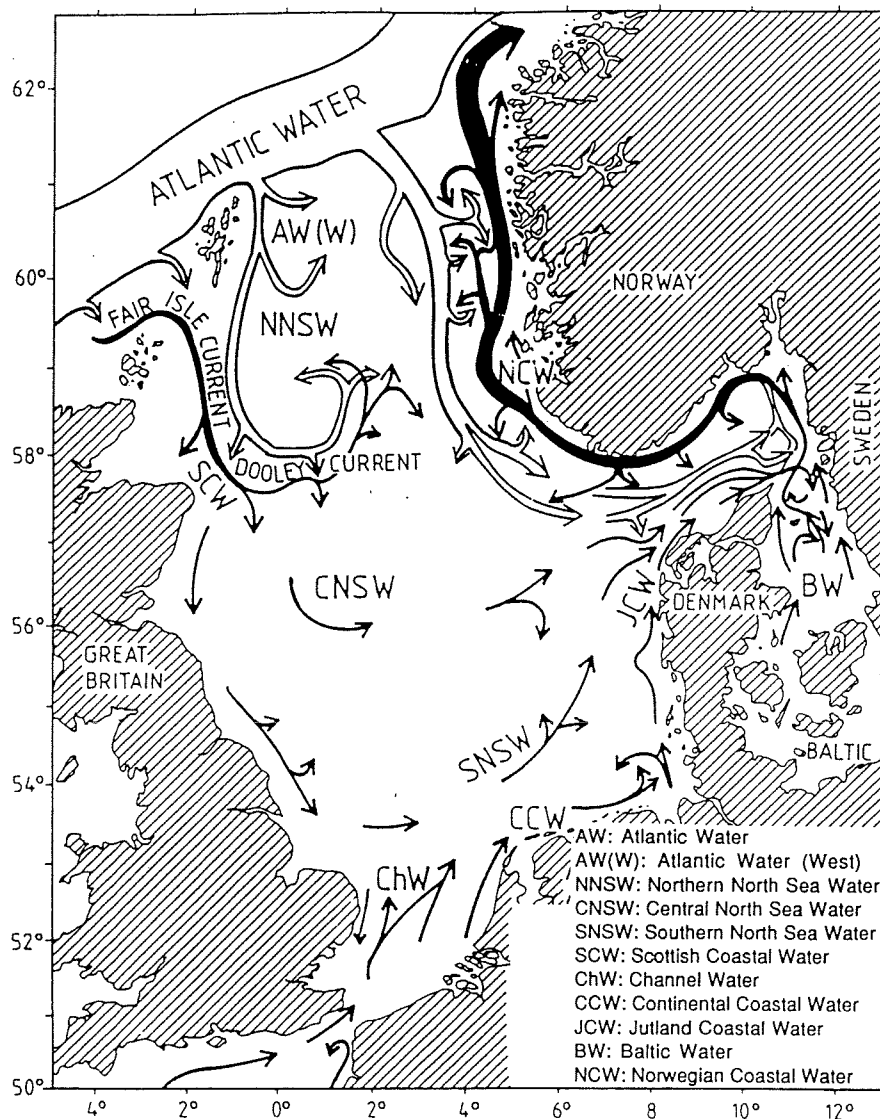


Fig. 3.1. Skisse av typisk sirkulasjon/vanntransport i Nordsjøen. Pilbredden indikerer transportenes relative størrelse.

Schematics of the typical circulation/water transport in the North Sea. The width of the arrows indicates the relative magnitude of the transports.

og temperaturforholdene i det innstrømmende atlantehavsvannet bestemmer i stor grad de storstilte klimaforholdene i Nordsjøen.

Atlantehavsvannet kommer hovedsakelig inn i Nordsjøen og Skagerrak sørover langs vestskråningen av Norskerenna mellom 50 og 200 meters dyp (fig. 3.1). Mindre grener av atlantehavsvann kommer også inn både nord og sør for

Shetland og strømmer sørover i de vestlige deler av Nordsjøen. En del av denne strømmen blir styrt av bunntopografien østover tvers over Nordsjøen nær 58°N (Dooleystrømmen). I tillegg kommer en del atlantehavsvann inn gjennom Den engelske kanal.

Øverst i fig. 3.2 vises tidsserier av sommermålinger av saltholdighet og temperatur nær bunnen i en fast posisjon i nordlige Nordsjøen (posisjon A - se fig. 0 for lokalisering). Disse målingene er antatt å representere årets "vintervann" i den vestlige grenen av det innstrømmende atlantehavsvann, som i løpet av vinteren er innblandet med litt ferskere overflatevann. I samme figur vises også tilsvarende målinger fra en stasjon på vestskråningen av Norskerenna i kjernen av det atlantiske vannet (posisjon B - se fig. 0 for lokalisering). I gjennomsnitt er temperaturen 1-2 °C lavere og saltholdigheten ca 0.1 ‰ lavere over Nordsjøplataet i forhold til det innstrømmende vannet i Norskerenna.

I 1989, '90, '91 og '92 var temperaturene ekstremt høye i de dypere lag i det sentrale og nordlige Nordsjøen, med et temperaturmaksimum i 1989-90. Dette er et fenomen som ble observert i store deler av vannmassene i Nordsjøen og Skagerrak. Vintertemperaturene i store deler av Nordsjøen og Skagerrak omkring 1990 var sannsynligvis de høyeste på ca 120 år. Årsaken til de høye temperaturene i denne perioden skyldes trolig en kombinasjon av ekstra milde vintre og økt innstrømning av varmt atlantisk vann. Etter 1992/93 har det vært en gradvis avkjøling, og i 1994 lå både saltholdighet og temperatur under det normale i nordlige Nordsjøen. Dette tyder på at det både er en gradvis redusert innstrømning av atlantisk vann til Nordsjøen og økt lokal avkjøling.

Fig. 3.3 viser tidsserier av temperatur og saltholdighet i 600 meters dyp i Skagerrakbassenget (posisjon C - fig 0). De senere års observasjoner viser at det var en storstilt utskifting av vannmassene i Skagerrakbassenget i 1991 etter en stagnasjonsperiode på flere år. Temperaturene i 1990, like før innstrømningen, var de desidert høyeste siden målingene startet i 1947. Våren '94 var det nye utskiftinger av

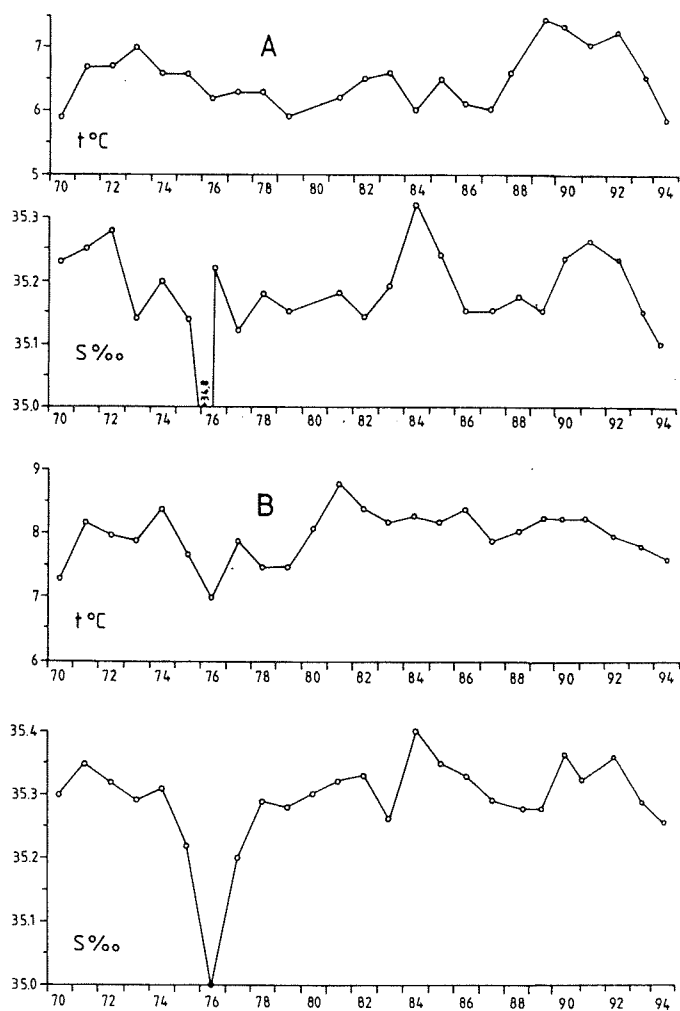


Fig. 3.2. Temperatur og saltholdighet nær bunn i nordvestlige del av Nordsjøen (posisjon A: 59°17'N, 00°22'Ø), og i kjernen av atlantisk vann i vestskråningen av Norskerenna (posisjon B: 59°17'N, 03°22'Ø) om sommeren i årene 1970-1994. For lokalisering av posisjonene A og B se Fig.0. *Temperature and salinity near bottom in the north-western part of the North Sea (A), and in the core of Atlantic Water (B) at the western shelf edge of the Norwegian Trench during summers of 1970-1994. Location of A and B in Fig. 0.*

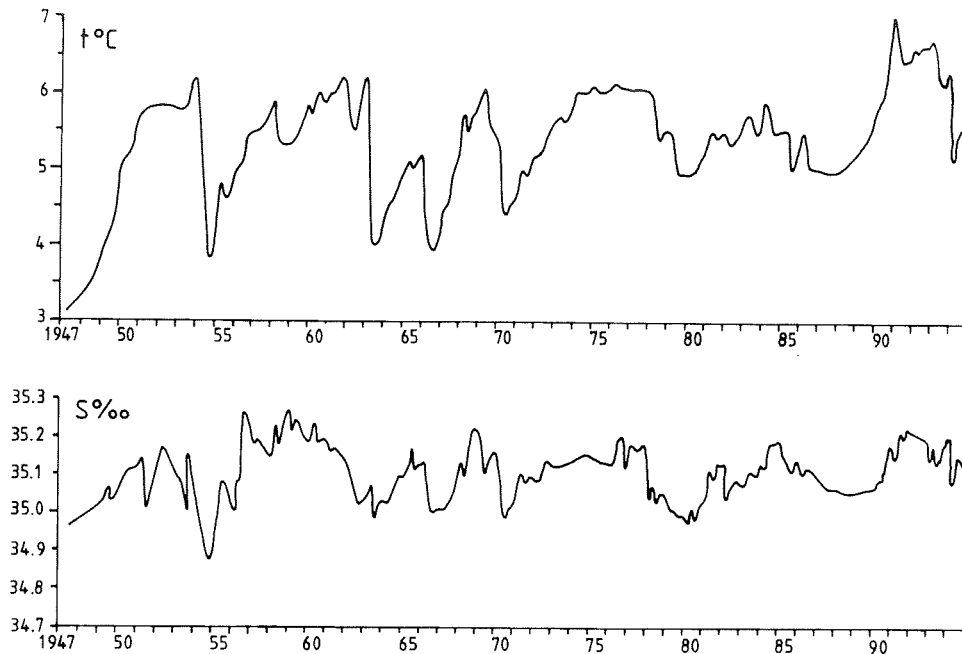


Fig. 3.3 Variasjoner i temperatur og saltholdighet i 600 meters dyp i Skagerrakbassenget, posisjon 58°08'N, 09°11'Ø, for årene 1947-1994.

Variations in the temperature and salinity of the bottom water (600 m depth) in Skagerrak for the years 1947-1994.

bunnvannet med kjøligere og ferskere vann, sannsynligvis fra de grunnere områdene i sentrale og nordlige Nordsjøen.

Miljøtilstanden i kystfarvannene knyttet til Nordsjøen-Skagerrak observeres regelmessig (to - tre ganger pr måned) på de faste hydrografiske stasjonene ved Torungen, Lista, Utsira og Sogne-sjøen (for lokalisering se fig. 0). På disse stasjonene blir temperatur og saltholdighet observert i standarddyp fra overflaten til bunnen. Tilsvarende målinger i overflatelaget blir også observert langs kysten av "Hurtigruta" fra Bergen og nordover. Fig. 3.4 viser tidsserier av midlere temperatur og saltholdighet i 10 og 150 meters dyp for henholdsvis 1. kvartal (januar, februar, mars) og 3. kvartal (juli, august, september) for perioden 1942-1994 ved den faste stasjonen like vest av Utsira. Tidsseriene fra 10 meters dyp, som representerer variasjonene i overflatelaget, er sterkt avhengige av lokale og regionale vær- og strømforhold som kan medfører store svingninger fra år til år. Spesielt interessante er langtidsendringene i overflatesaltholdigheten om vinteren ved Utsira. Fra midten av 1940-tallet og fram til begynnelsen av '80-tallet sank saltholdigheten gradvis til 1-1.5 psu under langtidsnormalen,

mens den i 1980 og i begynnelsen av 1990-årene igjen økte til omlag 1 psu over normalen. Målingene fra Utsira viser at overflatetemperaturen den ekstra varme vinteren 1990 lå ca. 2.0°C over normalen. Vintrene 1991, '92 og '93 var også relativt varme med temperaturer henholdsvis 0.6, 1.5 og 0.9°C over det normale for årstiden, mens både saltholdighet og temperatur falt til nær det normale i 1994.

I 150 meters dyp, hvor vannmassene er sterkt oppblandet med atlantehavsvann, gjenspeiler målingene de mer storstilte variasjoner som har sin opprinnelse i den atlantiske innstrømmingen til Nordsjøen. Her varierte temperaturen (som i 3. kvartal er nær årets minimum) som regel i samsvar med saltholdigheten, idet atlantehavsvann er varmere og saltene enn det lokale "dypvannet". Etter et ganske kaldt år i 1987 økte temperaturen, som i de andre områdene av Nordsjøen, til et ekstremt maksimum i 1990. Etter 1990 har det vært en liten temperaturredgang, mens saltholdigheten nådde et ekstremt maksimum i 1993. Svært høye saltholdigheter ble også observert i store deler av Skagerrak i løpet av 1993. Dette tyder på at det har vært en relativt stor innstrømming av atlantehavsvann i perio-

den etter 1990, med et mulig foreløpig maksimum i 1993. I 1994 falt både temperatur og saltholdighet til under det normale, igjen en indikasjon på innledningen til en periode med reduserte tilførsler av atlantisk vann til Nordsjøen. Fig. 3.5 viser variasjonene i temperatur og saltinnhold i 10 og 150 meters dyp ved Utsira i løpet av 1994 sammenlignet med de klima-

tologiske årsvariasjoner og standardavvik. Saltholdigheten i overflatelaget varierte mye gjennom året, og dette skyldes i stor grad variasjoner i de lokale vindforhold og utstrømninger av vann med lavere saltholdighet fra Skagerrak. Saltholdigheten i 150 meters dyp varierte også endel, og temperaturen lå i store deler av året 0.5-1 grader under normalen.

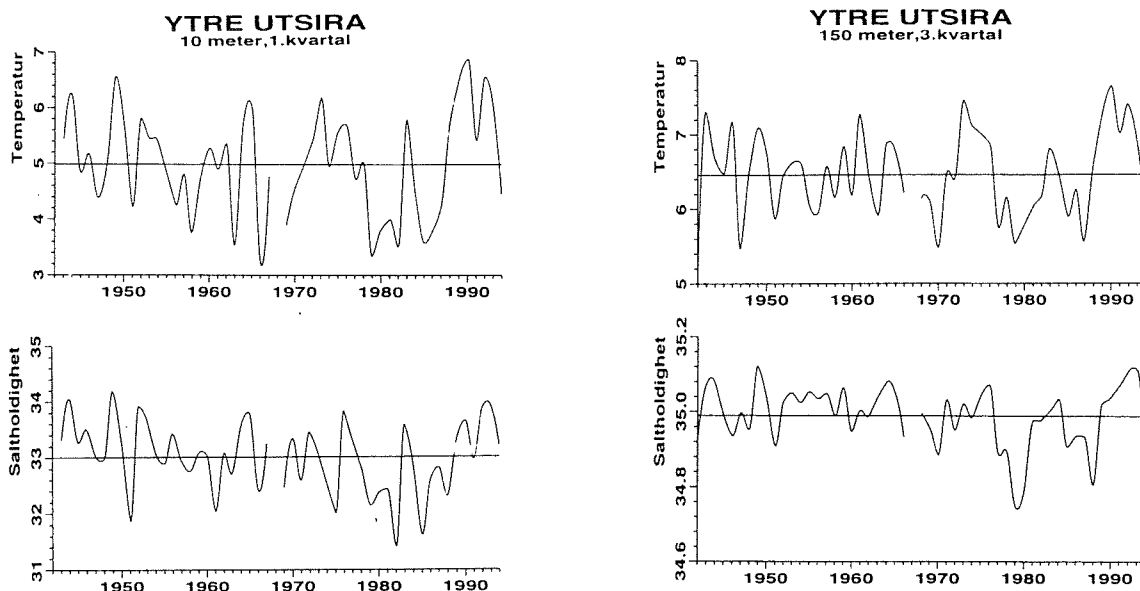


Fig. 3.4 Middelerverdier og årlige variasjoner i temperatur og saltholdighet i 10 (1. kvartal) og 150 meters dyp (3. kvartal) ved Utsira.
Mean values and yearly variation of temperatures and salinity at 10 m (1. quarter) and 150 m depths (3. quarter) at Utsira.

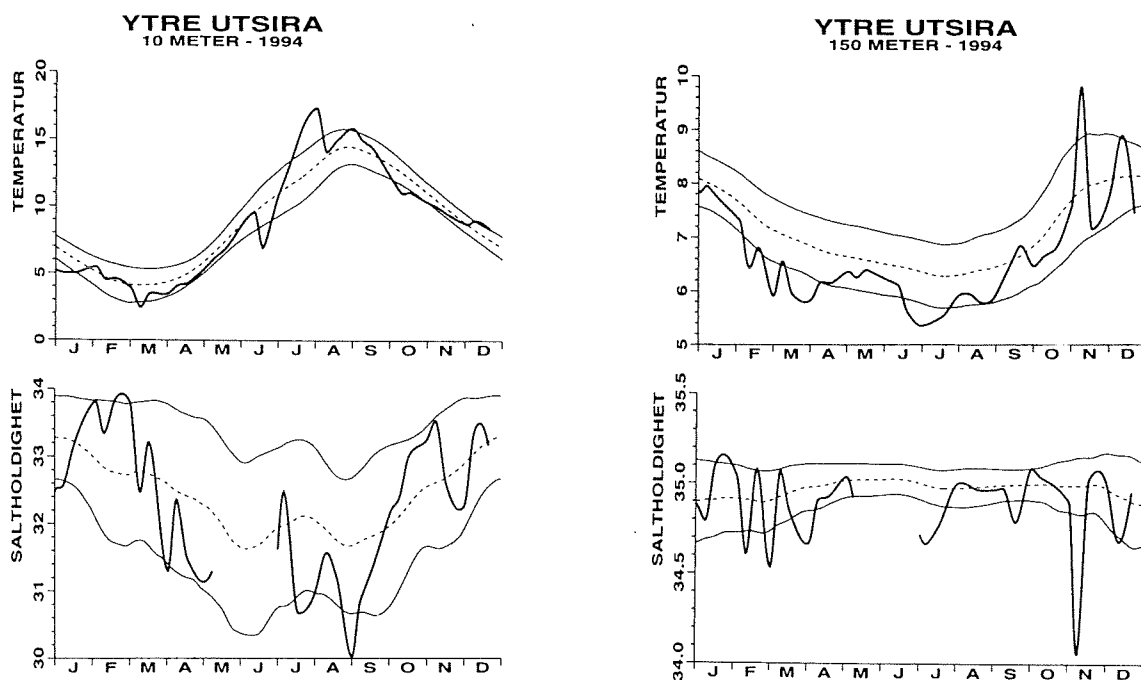


Fig. 3.5 Temperatur og saltholdighet i 10 og 150 meters dyp målt ca. hver 10. dag ved Utsira i 1994. Midlere årsvariasjon og standardavvik (prikket) er også vist.
Temperature and salinity at 10 m and 150 m depth measured about every 10th day at Utsira in 1994. Mean yearly variations and standard deviations (dotted) are also shown.

Skagerrak og vestkysten av Danmark

Vannmassene i Skagerrak kan deles inn i tre hovedvannmasser: *Skagerrak-kystvann* som har saltholdigheter mellom 25.0 og 32.0 og temperaturer mellom 0°C og 20°C, *Skagerrakvann* med saltholdigheter mellom 32.0 og 35.0 og temperaturer vanligvis mellom 3°C og 16°C og *atlantisk vann* med saltholdighet over 35.0 og temperaturer mellom 5.5°C og 7.5°C. Atlantisk vann tilføres Skagerrak fra Norskehavet via nordlige Nordsjøen og lagrer seg inn under det lettere Skagerrakvannet (fig. 3.1). Langs Sørlandskysten vil denne vannmassen normalt finnes under 100-200 meters dyp. Skagerrakvann med saltholdigheter mellom 34.5 og 35.0 består hovedsakelig av vann fra de mer sentrale deler av Nordsjøen, mens Skagerrakvann med saltholdigheter mellom 32.0 og 34.5 hovedsakelig har sin opprinnelse i sørlige Nordsjøen, tildels med innblanding av ferskvann fra Østersjøen og lokal ferskvannsavrenning. Langs Sørlandskysten er Skagerrakvannet innlagret mellom Skagerrak kystvann og det dypere liggende atlantiske vann. Det øverste vannlaget, Skagerrak-kystvann,

består hovedsakelig av en blanding mellom Østersjøvann, lokalt ellevann og vann med opprinnelse i sørlige og tildels sentrale deler av Nordsjøen og har normalt en tykkelse på mellom 15 og 20 meter langs Sørlandskysten. Vertikalutbredelsen av de forskjellige vannmassene kan variere sterkt gjennom året grunnet varierende vindforhold og innstrømninger fra Nordsjøen og Østersjøen.

Ved Arendal varierte tykkelsen på Skagerrak-kystvann i 1994 mellom omlag 5 og 30 meter med størst vertikalutbredelse i slutten av april, august/september og begynnelsen av november (fig. 3.6). I begynnelsen av februar måned var Skagerrak-kystvann fraværende langs Sørlandskysten i en periode med nordøstlig vind i Skagerrak. De laveste saltholdighetene ble observert om våren i mai måned og i begynnelsen av august. Temperaturutviklingen vinteren 1994 i Skagerrak-kystvann ved Forskningsstasjonen Flødevigen lignet atskillig mer på en normal vinter enn de siste seks årene som har vært ekstra milde (fig. 3.1, se også kapittel 4). Etter relativt høye sjøtemperaturer i siste del av januar, ble

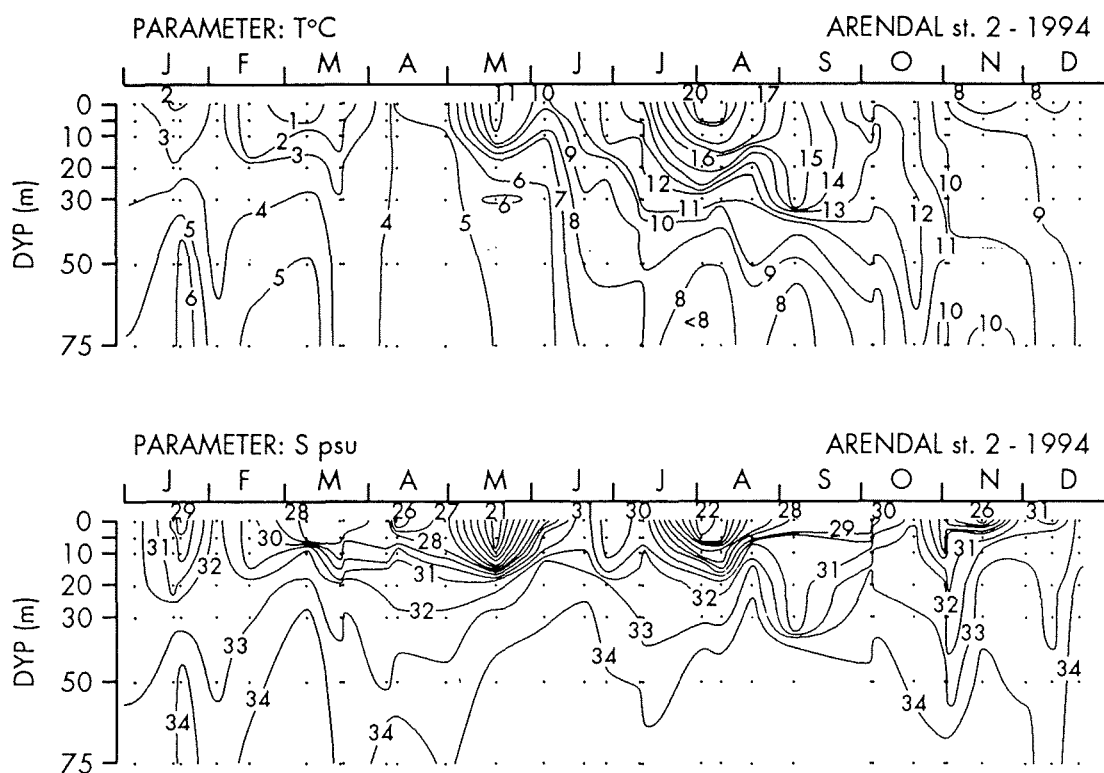


Fig.3.6 Temperatur og saltholdighet i 1994 i de øverste 75 meter, ca 1 n.m. utenfor Torungen fyr ved Arendal.

Temperature and salinity at a station 1 n.m. Outside Torungen lighthouse near Arendal.

februar ganske kald mens mars måned hadde temperaturer omkring middeltemperaturen. April og spesielt mai, i likhet med året før, hadde temperaturforhold tildels betydelig over det normale. I juni måned var det derimot en del kaldere enn normalt, mens det i juli og spesielt i begynnelsen av august var det ekstremt varmt i kystvannet langs Sørlandskysten (21.90C i Flødevigen den 5. august). Ved Forskningsstasjonen Flødevigen har det bare vært seks dager med høyere sommertemperaturer siden observasjonene startet for ca 70 år siden, og kun tre år har hatt høyere middeltemperatur i juli-august. Utover høsten var temperaturen litt lavere enn

normalen, men fra midten av november og ut året ble det igjen betydelig mildere i de øvre lag. Den nedre grensen for Skagerrakvann ligger vanligvis mellom 100 og 200 meters dyp, det vil si dypere enn det som er vist i fig. 3.6. I 1994 lå Skagerrakvannet stor sett dypere enn ca 20 meter, men ble observert helt opp i overflate-laget under spesielle vindforhold. Temperaturene gjennom året varierte mellom ca 3 og 130C med temperaturer litt under det normale i vintermånedene, over normalen i sommermånedene og igjen nær det normale for årstiden utover høsten. I 1994 ble det ikke observert atlantisk vann over 75 meters dyp.

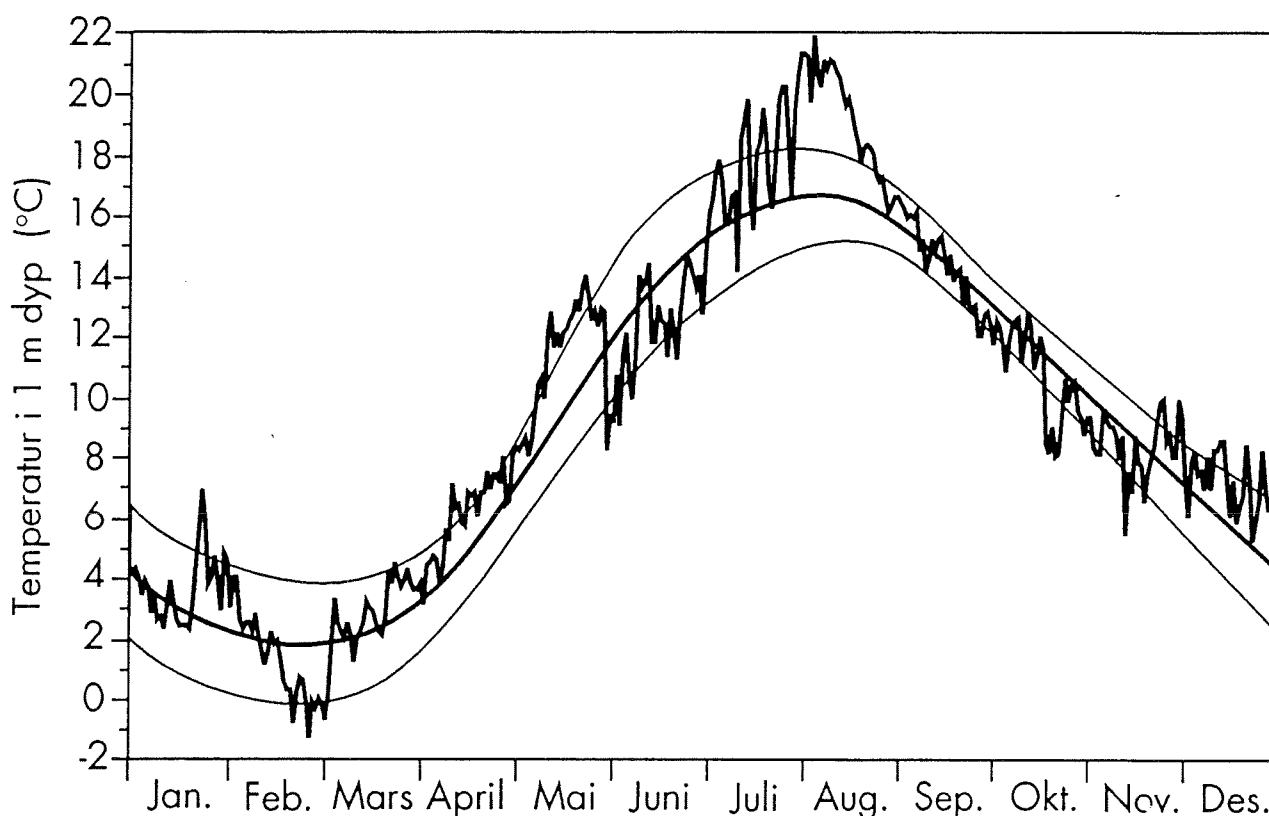


Fig. 3.7. Daglige temperaturobservasjoner på 1 m dyp i 1994 ved Forskningsstasjonen Flødevigen. Den tykke linjen viser glattet middeltemperatur i 1 m dyp sammen med standardavviket (tynne linjer) for 30-årsperioden 1961-1990 samme sted.
Daily temperature observations at 1 m depth in 1994 at the Flødevigen Marine Research Station. The bold curve shows the smoothed mean temperature at 1 m depth together with the st. dev. for the 30-years period 1961-1990.

3.2 Plankton, næringsalter, oksygen

Nordsjøen

Næringsaltsituasjonen i Nordsjøen, Skagerrak og Kattegat ble undersøkt på et tokt med F/F "G. O. Sars" i november - desember 1994. Toktet, som dekker de faste snittene fra Feie-Shetland i nord til Den engelske kanal i sør samt til Øresund i sørøst, har også til oppgave å registrere og å skaffe materiale for beregning av ungsild-

bestanden i Nordsjøen. Toktet er en gjentakelse av tidligere års tokt i området. Næringsaltdata fra toktene i november/desember i Nordsjøen er også et viktig bidrag i EUs MAST II program NOWESP (North-West European Shelf Programme) hvor 20 europeiske forskningsinstitutter deltar, med Havforskningsinstituttet som norsk representant.

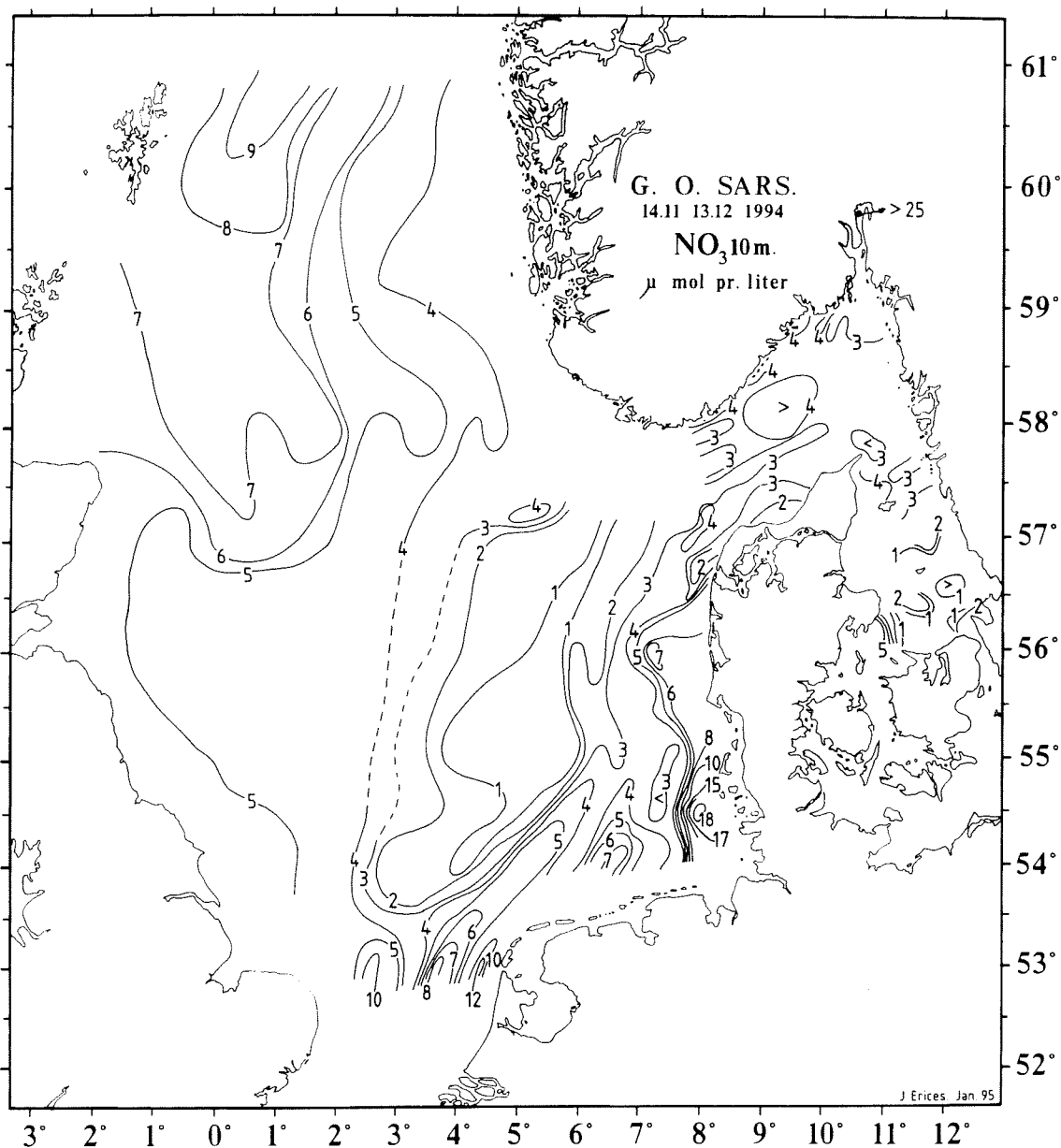


Fig. 3.8 Fordelingen av nitrat, angitt som $\mu\text{mol l}^{-1}$, i 10 meters dyp i november - desember 1994. *The distribution of nitrate, in $\mu\text{mol l}^{-1}$, at 10 m depth in November - December 1993.*

Når vi har valgt et undersøkelsestidsrom som kan beskrives som en sen høst og vinter situasjon, er dette vesentlig fordi det på denne tiden av året vanligvis er liten biologisk aktivitet og det meste av næringssaltene finnes i en uorganisk form. Dette er nødvendig for at næringssaltverdiene vi måler er sammenlignbare fra år til år.

De største bidragene av menneskeskapte næringssalter tilføres gjennom de store elvene som munner ut i sørlige Nordsjøen. I gitte situasjoner kan dette antropogene (menneskeskapte) bidraget transporteres nærmest "uforstyrret" langs Jyllands vestkyst og inn i Skagerrak.

Den generelle økningen i primærproduksjonen som slike ekstra tilførsler kan gi, øker den organiske belastningen i området. En økt organisk belastning medfører også større forbruk av oksygen under nedbrytingen av det organiske materialet som synker til bunns. I vindstille perioder om sommeren er det registrert oksygenvinn i bunnvannet både i Kattegat og i Nordsjøen vest av Jylland. Oksygenvinn i bunnvannet betyr at alt levende forsvinner. Utover høsten vil som regel perioder med kraftig vind røre om vannmassene slik at oksygenrikt vann blandes ned i bunnvannet og forholdene normaliseres.

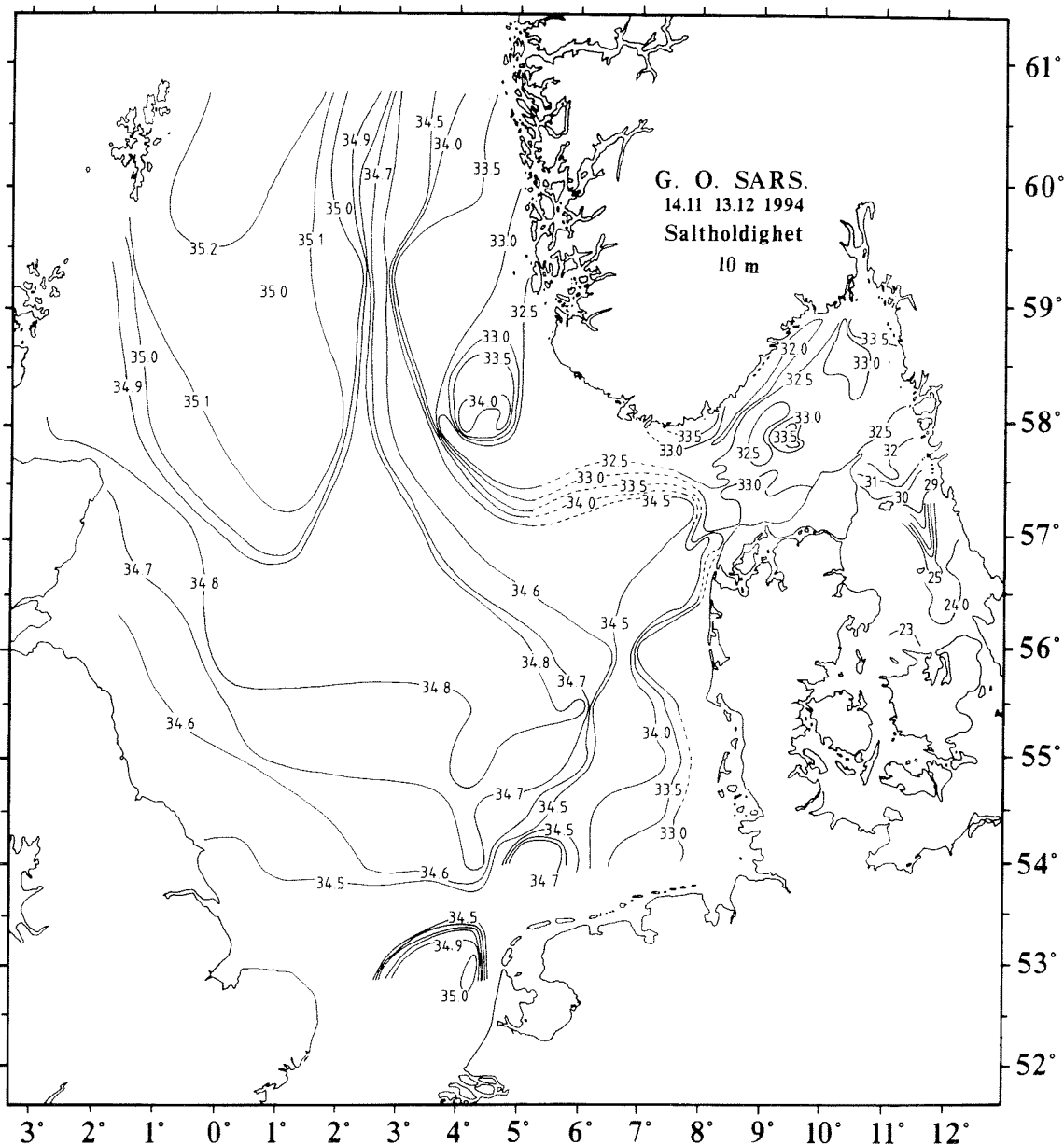


Fig. 3.9 Saltholdigheten i 10 meters dyp i november - desember 1994.
The salinity distribution in 10 m in November - December 1994.

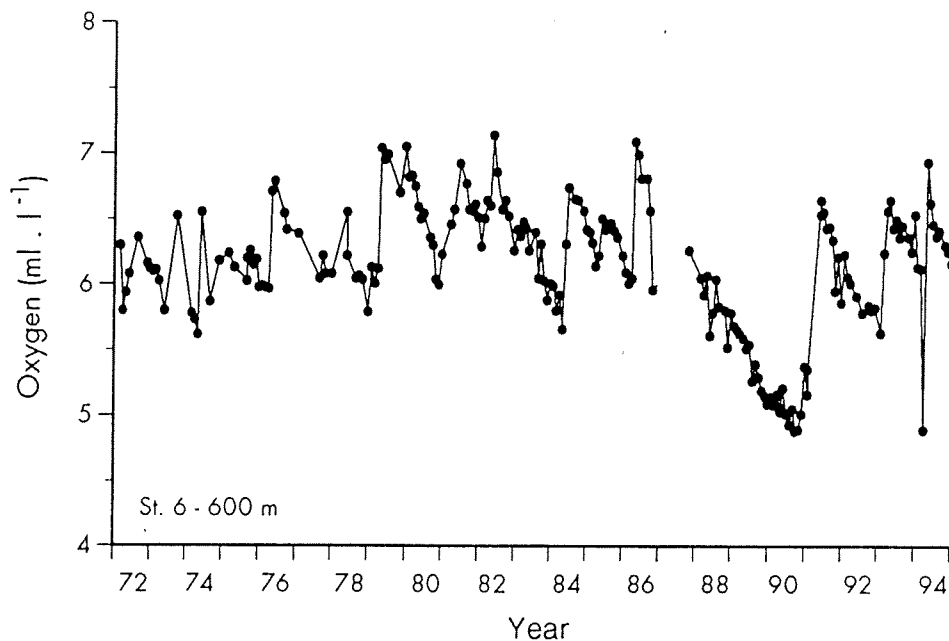


Fig. 3.10 Oksygenkonsentrasjoner på 600 meters dyp i Skagerrak dypvann i perioden 1972-94
Oxygen concentrations in the Skagerrak deep water at 600 m depth between 1972 and 1994

Fig. 3.8 viser fordelingen av nitrat i 10 meters dyp fra toktet med F/F G. O. Sars i november - desember 1994. Det er helt klare generelle trekk som går igjen i fordelingen fra år til år med forholdsvis høye verdier langs den sørlige del av Jyllands vestkyst. Ved Horns Rev, lokalisert på Jyllands vestkyst ved 55° 30' N, stikker et meget grunt område et godt stykke ut fra kysten. Dette virker som en «barriere» for vanntransporten langs kysten, og vannmassene dirigeres vestover, slik figuren antyder. Denne «utpressingen» kommer også tydelig fram på fig. 4.9 som viser saltholdigheten i 10 meters dyp på det samme toktet.

I forhold til endel år mot slutten av 1980-tallet, hvor det ble registrert nitratverdier opp mot 40 $\mu\text{mol l}^{-1}$ innerst i Tyskebukta i første del av desember, var 1994-observasjonene lave. Det er bare på noen stasjoner like nord for munningen av Elben at vi registrerer nitratverdier over 10 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Tidligere år har vi ved Texel i Holland registrert meget høye næringssaltverdier på stasjonene nærmest land forårsaket av næringsrikt ferskvann fra Rhinen. I 1994 registrerte vi ikke slike høye verdier, men nitratverdiene i dette området er allikevel betydelig høyere enn i de sentrale deler av Nordsjøen.

Et karakteristisk trekk på denne tiden av året er

også en tilsynelatende beskjeden innstrømming av næringsrikt vann fra sørlige Nordsjøen til Skagerrak. Et annet trekk er de forholdsvis høye verdiene av nitrat i nordlige Nordsjøen hvor vannmassene er påvirket av innstrømmende næringsrikt atlantehavsvann med saltholdigheter over 35.0 (fig. 3.9)

Doggerbankområdet er karakterisert ved meget lave vinterkonsentrasjoner av næringssalter (ca 1.0 $\mu\text{mol l}^{-1}$) da det i dette grunne området er algeproduksjon (og næringssaltforbruk) gjennom hele vinteren. Karakteristisk er også relativt lave vinterverdier av nitrat i Kattegat. I Kattegat foregår det også en viss algeproduksjon (og næringssaltforbruk) om vinteren i det grunne «brakkvannet» som strømmer ut av Østersjøen.

Skagerrak og vestkysten av Danmark

Vinteren 1994 var det en tilførsel av vann med uvanlig lave oksygenkonsentrasjoner og saltholdigheter over 35 til Skagerrak-dypvann, det vil si vannmassene i Skagerrak under terskeldypet på ca 300 meter (fig. 3.10). I ca 600 meters dyp falt oksygenkonsentrasjonene fra ca 6.1 ml l^{-1} i februar til 5.1 ml l^{-1} i mars mens det var relativt små endringer i saltholdighet og temperatur. Et slikt dramatisk fall i oksygenkonsentrasjonene i Skagerrak-dypvann

har ikke vært observert siden målingene startet omkring 1950. I løpet av april inntraff imidlertid en ny innstrømning til bassengvannet i Skagerrak med kaldere og litt ferskere vann, og oksygenkonsentrasjonene økte igjen til litt over 6.5 ml l⁻¹ som er nær det normale etter innstrømninger til Skagerrak-dypvann.

I Ærøydypet, som er et terskelbasseng i kystområdet like ved Torungen fyr, var det også en tilsvarende innstrømning av vann med unormalt lave oksygenkonsentrasjoner (ca 5.1 ml/l) i februar/mars. Etter gjentatte fornyelser av bassengvannet framover mot sommeren, var det en jevn reduksjon av oksygenkonsentrasjonene gjennom siste halvår med et midlere forbruk på ca 0.5 ml.l⁻¹ pr måned som ligger nær normalen for perioden etter 1990. I Ærøydypet, som for andre terskelbassenger langs Sørlandskysten, har imidlertid den organiske belastningen og dermed oksygenforbruket økt med ca 50% etter 1980.

I løpet av våren 1994 var det i de øvre vannlag

en betydelig innstrømning av menneskeskapt næringsalter fra sørlige Nordsjøen med uvanlig høye næringssaltkonsentrasjoner og stor ubalanse mellom nitrogen og fosfor/silikat. Allerede i mars måned ble det registrert rekordhøye konsentrasjoner av nitrat, ca 46 µmol.l⁻¹, i de øverste 5 meter utenfor Hirtshals (fig. 3.11). Konsentrasjonene av nitrat er de høyeste som er målt siden regelmessige observasjoner av næringsalter startet i 1980. De næringsrike vannmassene i mars finner vi også igjen i kystvannet utenfor Arendal med et maksimum på ca 17 µmol l⁻¹ i 20-30 meters dyp. Innstrømningen av unormalt næringsrikt vann til Skagerrak med opprinnelse i sørlige Nordsjøen fortsatte til begynnelsen av mai og ble registrert i kystvannet utenfor Arendal helt fram til første del av juni (fig. 3.12). Høyeste observerte nitratkonsentrasjon i kystvannet ved Arendal på ca 22 µmol l⁻¹ ble observert i ca 20 meters dyp i midten av april. Det var også relativt høye konsentrasjoner av silikat og fosfat i de øverste 20-30 meter fram til slutten av april, som

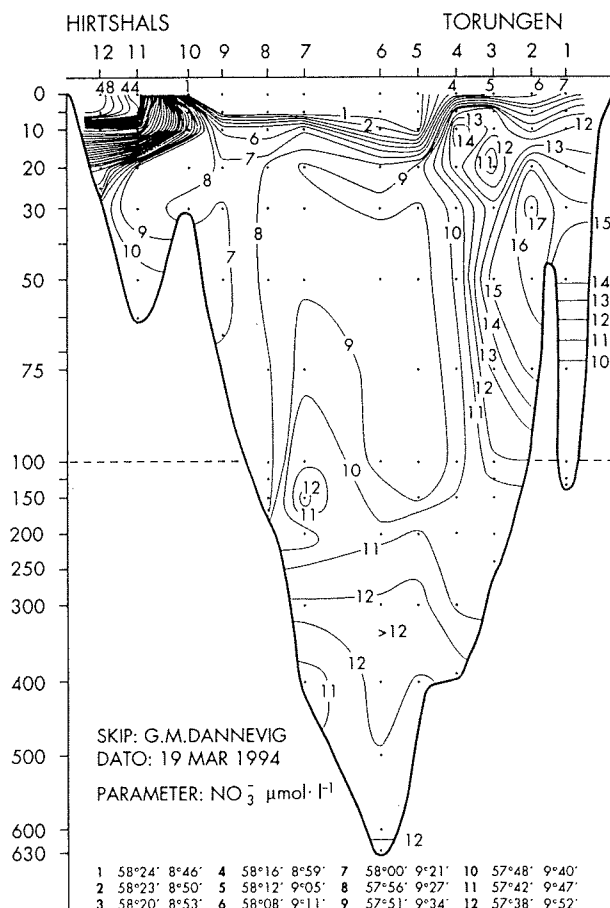


Fig. 3.11. Vertikalfordeling av nitrat i snittet mellom Torungen og Hirtshals 19.mars 994 (se Fig 0 for lokalisering av snittet)
Vertical distribution of nitrate in March 1994 along the section Torungen-Hirtshals.

gav gode betingelser for blomstring av kiselalger (se under).

Innstrømning av de næringsrike vannmassene fra sørlige Nordsjøen til Skagerrak fra mars til mai synes å ha vært betydelige, og i siste del av april 1994 var f.eks. den totale nitratmengden i

Skagerrak ca 50% høyere enn i 1988 (fig. 3.13), da en hadde oppblomstringen av den skadelige algen *Chrysochromulina polylepis*. Fig. 3.14 viser at forholdet mellom nitrogen og fosfor også var meget skjevt, med N/P-verdier opp i 200 utenfor Sørlandskysten i siste del av april (naturlig N/P verdi < 20). Årsaken til de ekstremt

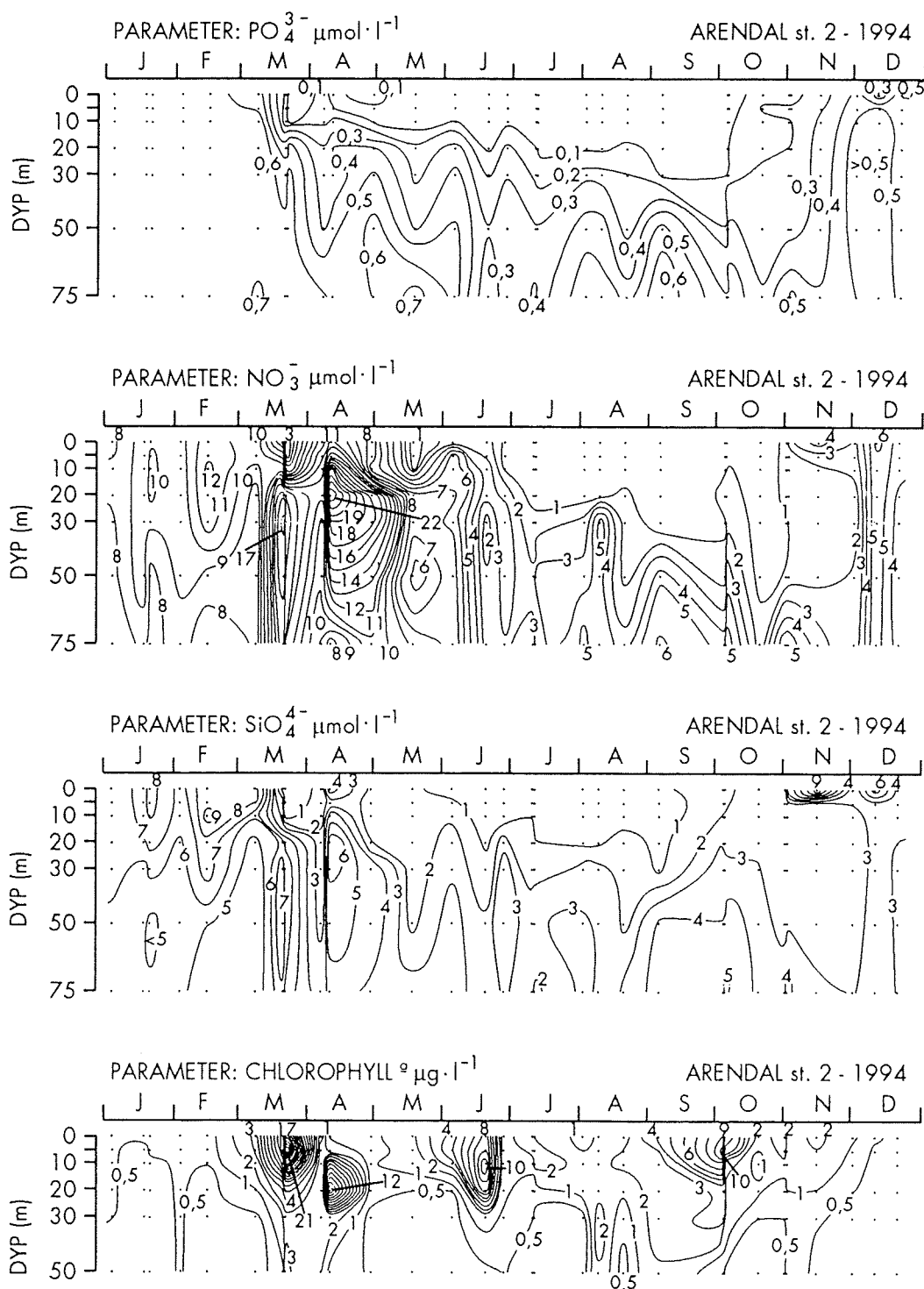


Fig. 3.12 Fosfat, nitrat, silikat og klorofyll-a i 1994 i de øverste 75 meter ca 1 n.m. utenfor Torungen fyr ved Arendal.
Phosphate, nitrate, silicate and chlorophyll-a during 1994 at a station 1 n.m. outside Torungen lighthouse near Arendal.

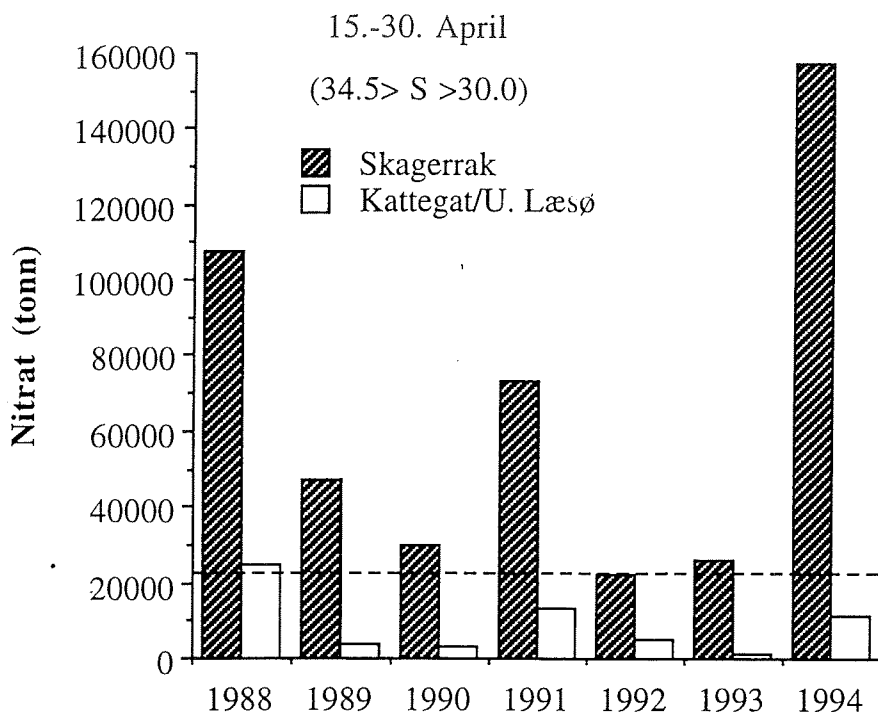


Fig. 3.13 Totale mengder nitrat (tonn) i Skagerrak og Kattegat utenfor Læsø i vannmasser med saltholdigheter mellom 30 og 34.5 psu i slutten av april i perioden 1988 - 1994. Stiplet linje viser antatt normal mengde nitrat i Skagerrak uten innstrømning fra sørlige Nordsjøen. *Total amount of nitrate in Skagerrak and Kattegat outside Læsø in water masses with salinities between 30.0 and 34.5 psu in late April in the period 1988-1994. The dotted line = the normal situation.*

høye nitratkonsentrasjonene dette året antas å henge sammen med stor fereskvannsavrenning fra kontinentet i forbindelse med store nedbørmengder og tildels flom i dette området ved årsskiftet 1993-94. På grunn av den meget spesielle situasjonen ble det også sendt ut et varsel om økt risiko for oppblomstring av skadelige alger i Skagerrak. Det var lite *Chrysochromulina spp* tilstede over hele det undersøkte området i siste del av april (fig. 3.15), men på grunn av de uvanlig høye nitratkonsentrasjonene og det skjeve N/P-forholdet i Skagerrak og Kattegat, ble situasjonen nøye overvåket i tiden som fulgte. I siste halvdel av mai ble det observert en begynnende oppblomstring av *Chrysochromulina spp*, og omlag 23. mai ble de høyeste konsentrasjonene av *Chrysochromulina spp* siden våren 1988 registrert i kystvannet utenfor Arendal (5.5 mill celler l⁻¹). Blomstringssituasjonen ble imidlertid ganske kortvarig på grunn av ugunstige meteorologiske forhold i slutten av mai og i juni (mer om skadelige alger i neste avsnitt).

I det innstrømmende vannet fra Nordsjøen nær danskysten ved Hirtshals opptrer de laveste

oksygenkonsentrasjonene, nær bunnen i 50 og 60 meters dyp, vanligvis på ettersommeren og tidlig på høsten (fig. 3.16). I 1994 var oksygenkonsentrasjonene noe lavere enn i de siste årene (ca 4.5 ml l⁻¹), og ved siden av 1988, er det de laveste oksygenkonsentrasjonene som er observert i dette området siden regelmessige oksygenmålinger startet i 1983. Etter 1988 ser det også ut til å ha vært en tendens til et lavere oksygenminimum på ettersommeren og høsten, noe som tyder på en økt organisk belastning i det innstrømmende Nordsjøvannet utenfor Hirtshals. De innstrømmende oksygenfattige vannmassene finner vi også igjen utenfor norskekysten, og i oktober 1994 ble det observert meget lave oksygenkonsentrasjoner i 20 - 75 meters dyp ut til ca 5 nautiske mil av kysten ved Arendal (4.5 - 5 ml l⁻¹ som tilsvarer 75-80% oksygenmetning).

I de senere år er det blitt større oppmerksomhet rundt forekomst av maneter (geléplankton) som økologisk faktor, samtidig som kunnskapene om slike organismer er mangelfulle. Fra Skagerrak finnes ikke systematiske registreringer av manetforekomster, samtidig som det er en

oppfatning at det må være "mye" maneter i havet og at de har stor betydning i næringsnettet. Det er stadig flere rapporter om at garn- og trålfiske blir hindret av maneter. Dessuten er publikum om sommeren sterkt opptatt av manetforekomster. Siden juni 1992 har det vært gjennomført en enkel, men systematisk observasjonsserie i Flødevigen.

I tilknytning til de daglige observasjonene er det registrert forekomst av glassmanet (*Aurelia aurita*) og brennmanet (*Cyanea capillata*). Det telles opp hvor mange maneter som kan ses i et visst område utenfor kaien. Samtidig anslås manetenes såkalte klokke diameter. Antall maneter blir ofte konsentrert av vind og strøm og er derfor ikke alltid representative for forekomster over større områder. Observasjonsmulighetene påvirkes også av lysforhold, vind og vannets gjennomsjinnelighet. Manetregistreringene blir sammenholdt med oseanografiske og meteorologiske data.

Det var endel observasjoner av brennmaneter tidlig på sommeren 1994, men manetkonsentrasjonene avtok brått og forholdsvis få ble observert utover sommeren og ettersommeren (fig. 3.17) Fra september og ut året ble det i Flødevigen bare observert enkeltkemplarer av brennmaneter. Forekomstene i 1994 var små sammenlignet med 1992-93 da brennmanetene dominerte fra august til oktober.

Det er vanlig at glassmanetene har de største konsentrasjonene før brennmanetene opptrer i særlige antall. I 1994 kom de store antall noe senere enn vanlig, i begynnelsen av juni, men kuliminerte som i 1992 og 1993 i siste halvdel av juli med flere hundre individer pr 100 m² sjøoverflate. Fra september og ut året ble det så å si ikke observert glassmaneter. I forhold til de to foregående år var glassmanetene i 1994 betydelig mer dominerende enn brennmanetene.

I 1994 var det en forholdsvis kraftig og langvarig

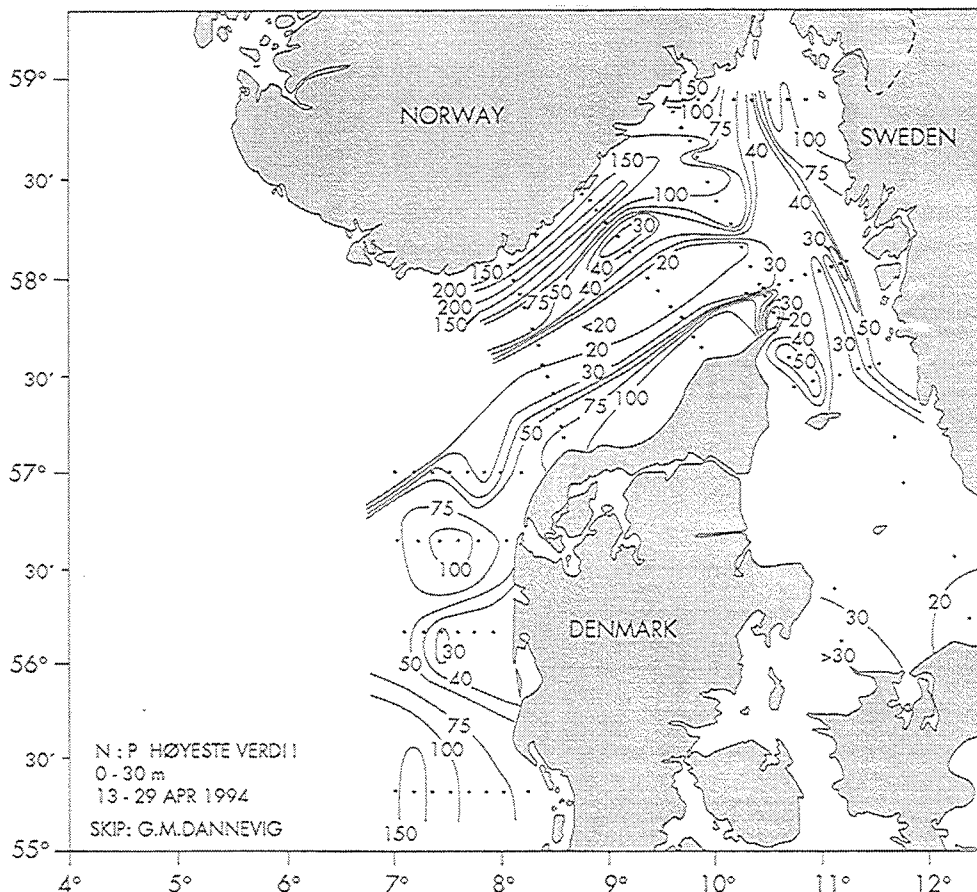


Fig. 3.14 Høyeste forhold mellom nitrat+nitrit og fosfat (N:P) i de øverste 30 meter i Skagerrak, Kattegat og vestkysten av Jylland mellom 13.-29. april 1994. *Maximum N:P (nitrate+nitrite/phosphate) recorded in the upper 30 m during a cruise 13.-29. April 1994.*

våroppblomstring av kiselalger langs kysten av Skagerrak, som gav høye klorofyllverdier i både mars og april (fig. 3.12 og 3.18). Det var arter som *Skeletonema costatum*, *Chaetoceros socialis*, *Lauderia annulata* og *Thalassiosira* spp. som dominerte blant kiselalgene. Det ble også registrert et betydelig innslag av *Phaeocystis*. I mai var det forholdsvis mye *Chrysochromulina* spp. langs kysten (fig. 3.19) og i juni var det igjen et stort innslag av *Skeletonema costatum*. Gjennom juli og august var *Emiliania huxleyi* vanlig uten å komme opp i mer enn ca 500 000 celler/l. I slutten av september og begynnelsen av oktober var det forholdsvis mye *Gyrodinium aureolum* langs

kysten, som det har vært omtrent på den tiden de senere år (fig. 3.20). På årsbasis var det mer alger i form av klorofyll langs kysten av Skagerrak enn det har vært siden 1988 (fig. 3.18).

Som i 1994, var det tidlig på året i 1995 flom i Nederland og Tyskland som tilførte sørlige Nordsjøen betydelige mengder menneskeskapte (antropogene) næringsalter. Disse kan i løpet av våren transporteres, som i 1994, inn i Skagerrak i løpet av vinteren og våren og øke risikoen for blomstring av skadelige alger. Situasjonen i Skagerrak utover våren 1995 vil derfor bli nøye overvåket.

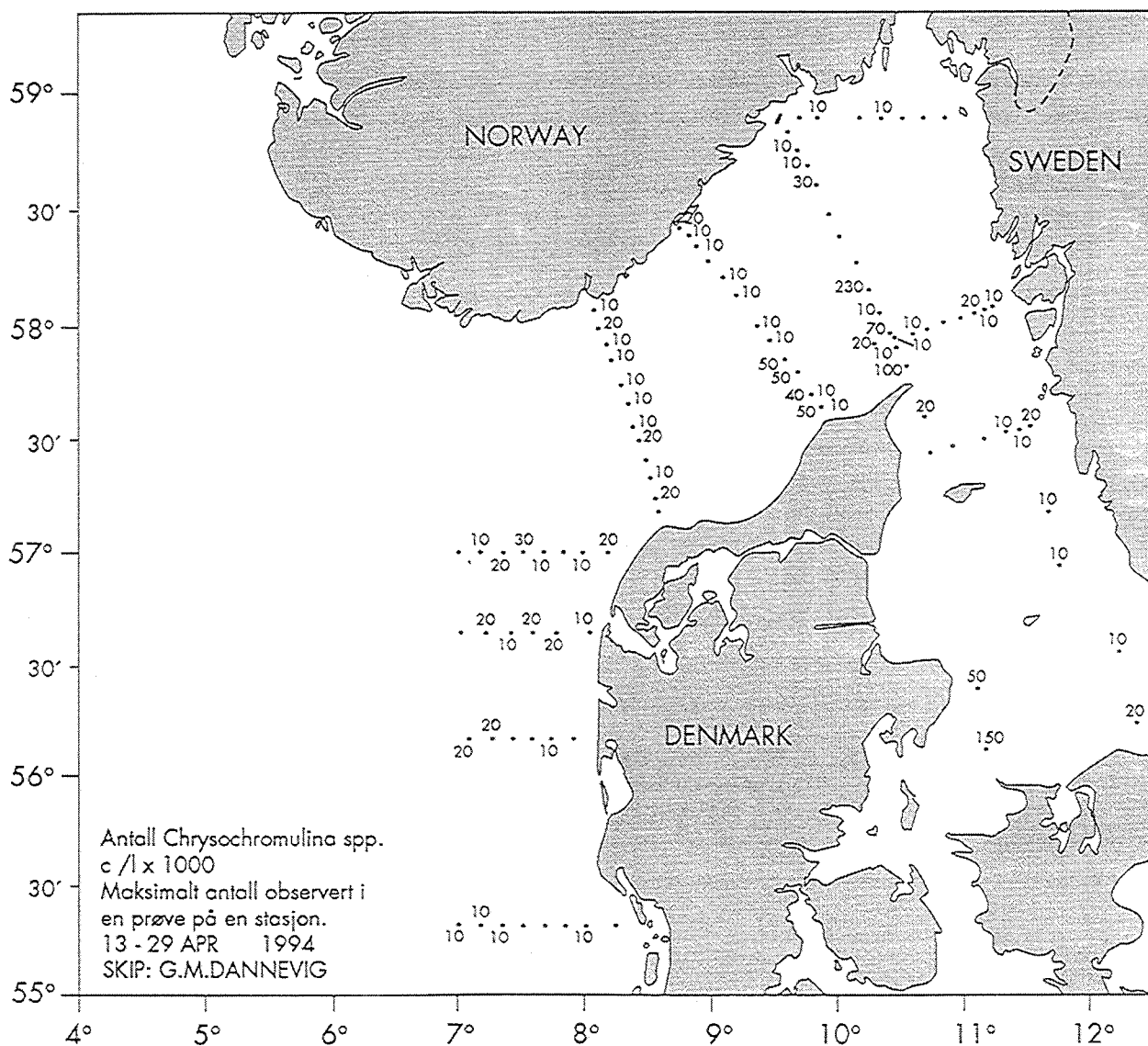


Fig. 3.15. Registreringer av *Chrysochromulina* spp. i Skagerrak, Kattegat og vestkysten av Jylland mellom 13.-29. april 1994.
Recordings of Chrysochromulina spp. in the in April 1994.

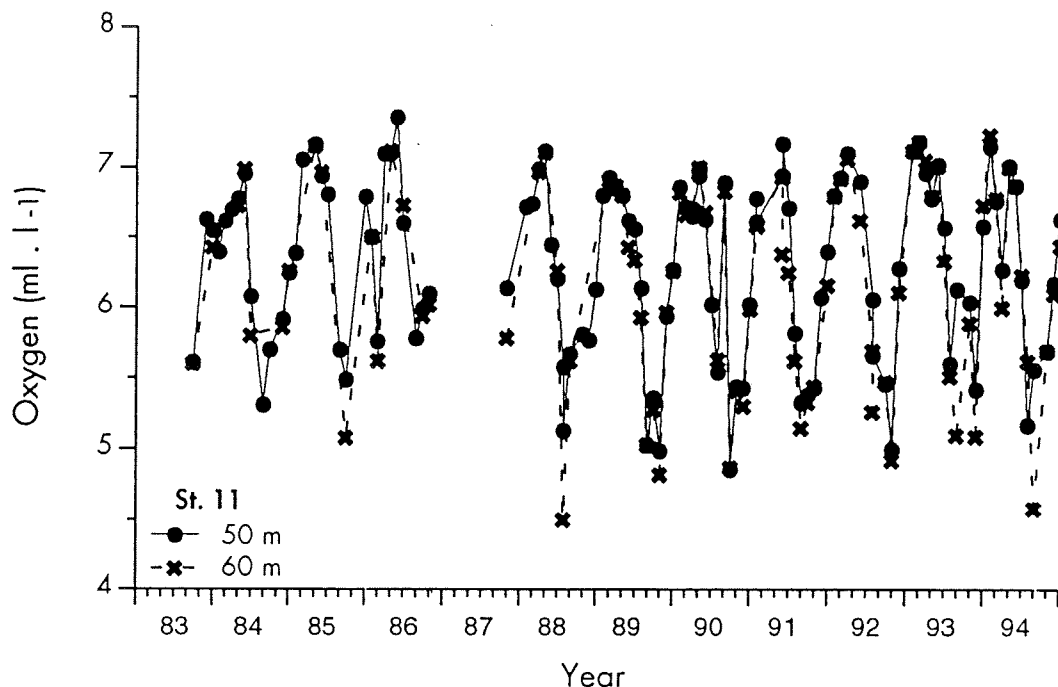


Fig. 3.16 Oksygen på 50 og 60 m dyp i Skagerrak på en stasjon 9 n.m. Nord for Hirtshals i Danmark (1983-1994).
Oxygen at 50 and 60 m depth in the Skagerrak at a station 9 n.m. North of Hirtshals, Denmark, and at 600 m depth in the Norwegian Trench, Skagerrak.

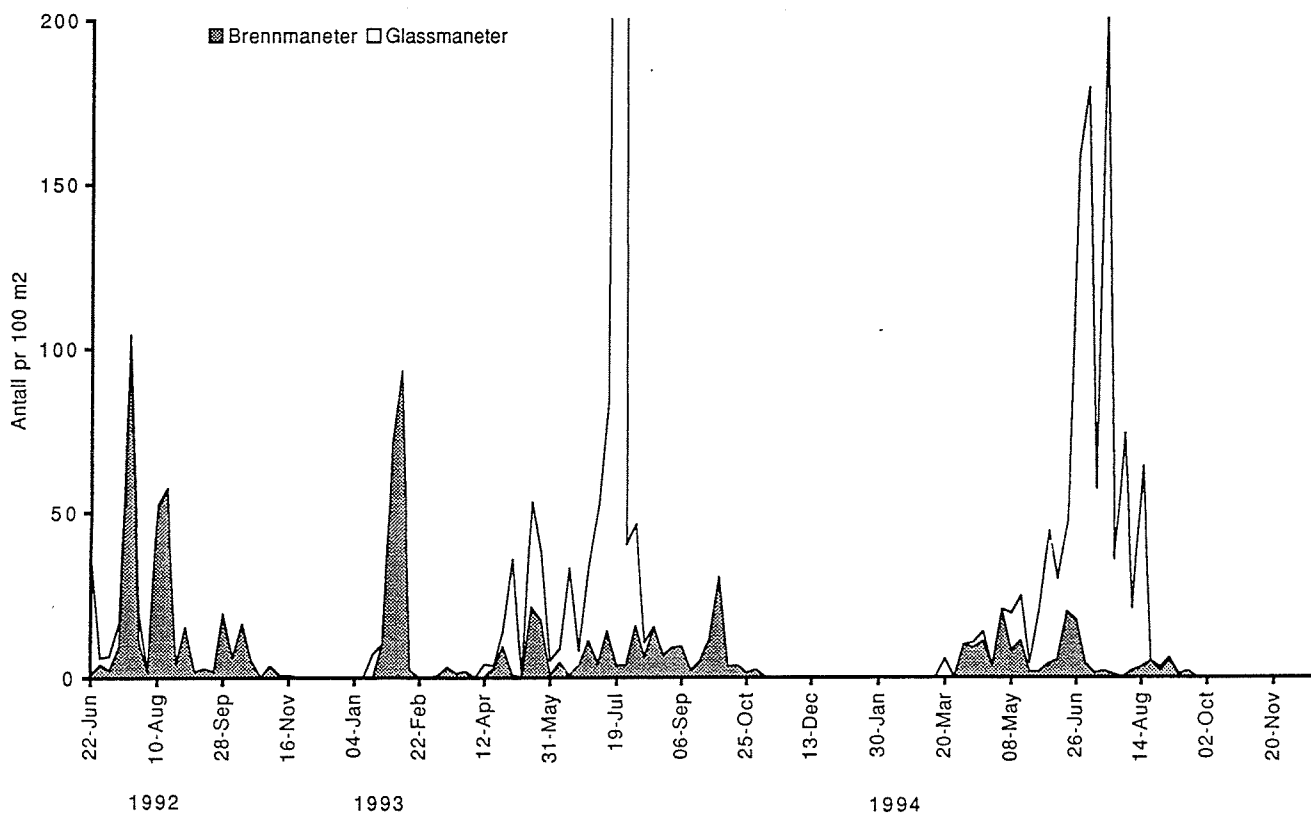


Fig. 3.17 Forekomst av brennmanet (*Cyanea capillata*) og glassmanet (*Aurelia aurita*) i Flødevigen juni 1992 - desember 1994 gitt som ukemiddel.
*Number of the scyphozoan jellyfish *Cyanea capillata* and *Aurelia aurita* given as weekly mean.*

3.3 Skadelige alger

Skagerrakkysten

I 1994 var det moderat med skadelige alger langs kysten av Skagerrak og ingen problemer for fiskeoppdrett hverken under oppblomstringen av *Chrysochromulina* i mai eller av *Gyrodinium* i september-oktober. Ut fra forekomsten av potensielt giftige alger og giftanalyser av skjell ble det advart mot diarégivende gifter i skjell fra årets begynnelse til ut i mai, i september og halve oktober, og fra slutten av november og ut året.

Et utvalg av potensielt giftige alger har blitt regelmessig registrert i Flødevigen tilbake til 80-tallet. Denne overvåkingen viser at algeslekten *Chrysochromulina*, hvorav arten *Chrysochromulina polylepis* hadde en stor skadelig oppblomstring i mai 1988, har sin sesong i mai-juni, men også kan være forholdvis tallrik ut i august-september. Forekomsten synes å være ganske årviss. I mai 1994 hadde vi den største oppblomstringen siden 1988 med over 5 millioner celler/l registrert i Flødevigen. Lokalt i andre bukter var det enda større konsentrasjoner, men ingen effekter på viltlevende fisk eller andre dyr ble registrert. Testing av vannets giftighet på krepsdyret *Artemia salina* viste imidlertid at det var svakt giftig (Bente Edvardsen, Universitetet i Oslo, Biologisk Institutt).

Gyrodinium aureolum, som første gang gav brun sjø og fiskedød langs kysten av Skagerrak høsten 1966 har sin sesong i august- september, men kan også forekomme senere på høsten. I 1994 var den tallrik en kort periode i september-oktober uten at den skapte noen problemer. Siden 1985 har den vært vanlig om høsten i seks av årene og nesten uteblitt i fire.

Forekomstene av *Dinophysis acuminata*, *D. acuta* og *D. norvegica* viser betydelig variasjon fra år til år. Det er disse algene som kan inneholde diarégivende gift, som akkumuleres i skjell når de spiser algene. Algenes variable forekomst

tyder på at giftopphopning i skjell også vil være svært variabelt, men foreløpig har vi litt for få giftanalyser fra skjell å sammenligne mot. Erfaringer til nå tyder på at *Dinophysis acuta* er den mest potente med hensyn til å være giftbærende, og den har sin hovedsesong fra august og utover høsten. I 1994 var det en topp i september som gav giftige skjell og en ny i november, som igjen ga giftopphopning i skjellene. Den nest mest potente synes å være *Dinophysis acuminata* som ofte kan være tallrik om våren, men som også kan forekomme på sommeren og høsten med betydelige variasjoner fra år til år. *Dinophysis norvegica* er den vanligste av de tre, men trolig minst giftige. Den kan forekomme over store deler av året og viser stor variasjon i forekomst fra år til år.

Resten av kysten

Langs resten av kysten er det andre institusjoner enn Havforskningsinstituttet som overvåker alger. I sum var forekomsten av skadelige alger i 1994 relativt normal. Dødelighet på fisk, som med stor sannsynlighet skyldtes *Phaeocystis pouchetii*, ble rapportert fra Måsøy i Finnmark i april og noe dødelighet på grunn av *Prymnesium parvum* ble registrert i Ryfylke i august. En håndfull andre episoder med fiskedød og appetittmangel blant oppdrettsfisk langs kysten hadde trolig andre årsaker enn forekomst av skadelige alger.

Et overvåkningsprogram av algegifter i skjell i regi av Statens Næringsmiddeltilsyn, med 23 stasjoner fra svenskegrensen til Tromsø, viste at diarégivende gifter i 1994 forekom langs hele kysten fra svenskegrensen til Trøndelag, men knapt videre nordover. Hardest rammet var de indre deler av Sognefjorden. På alle stasjoner var det kortere eller lengre perioder uten diarégivende gift i skjellene. Den langt farligere lammende giften forekom bare over faregrensen i skjell fra Møre- og Romsdal og Trøndelag. Perioden med slik giftfare varte fra mai til august.

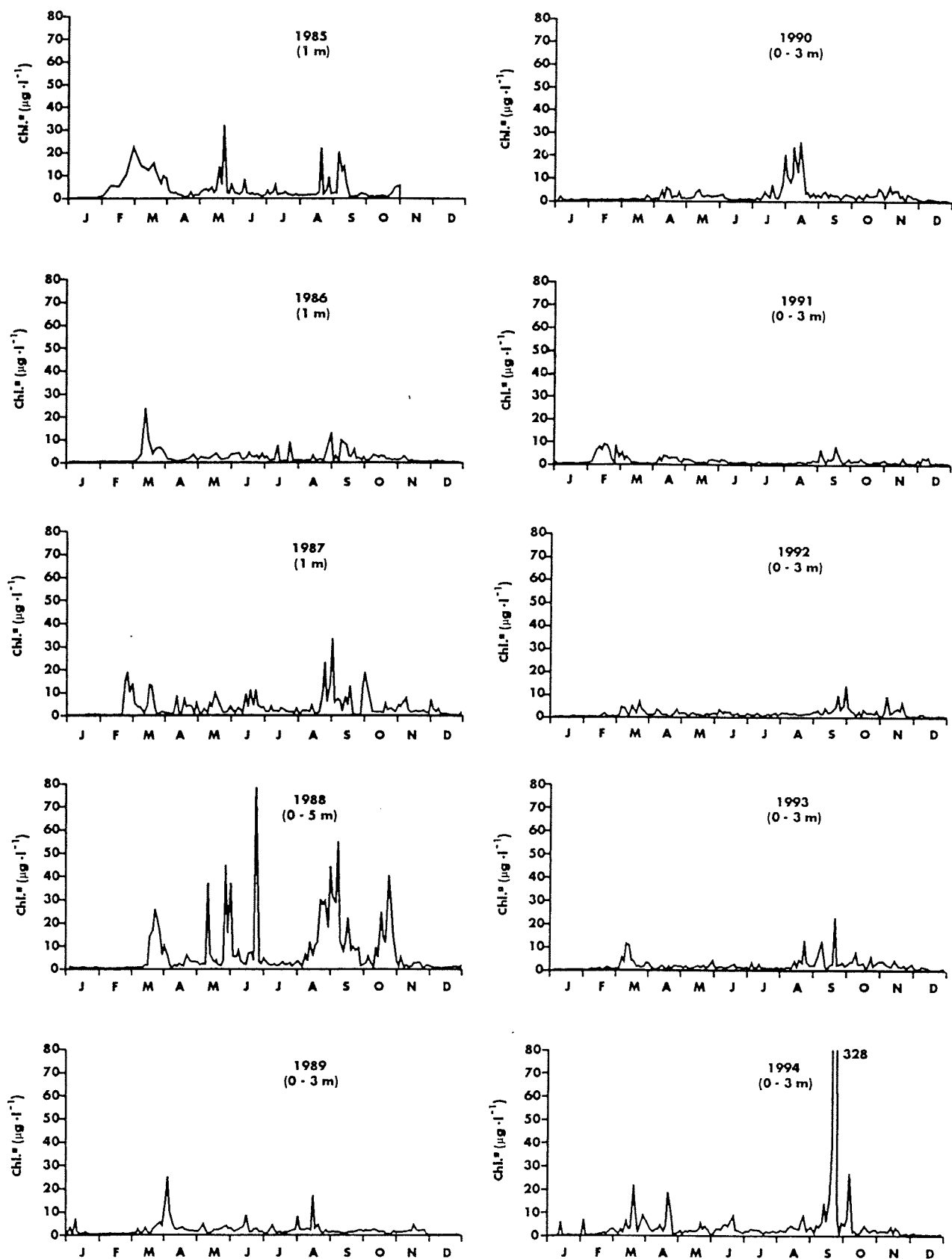


Fig. 3.18 Klorofyll -a i overflaten ved Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen gjennom de siste 10 år, 1985 - 1994.
Chlorophyll -a in the surface layer at Institute of Marine Research Flødevigen Marine Research Station during the last 10 years, 1985 - 1994.

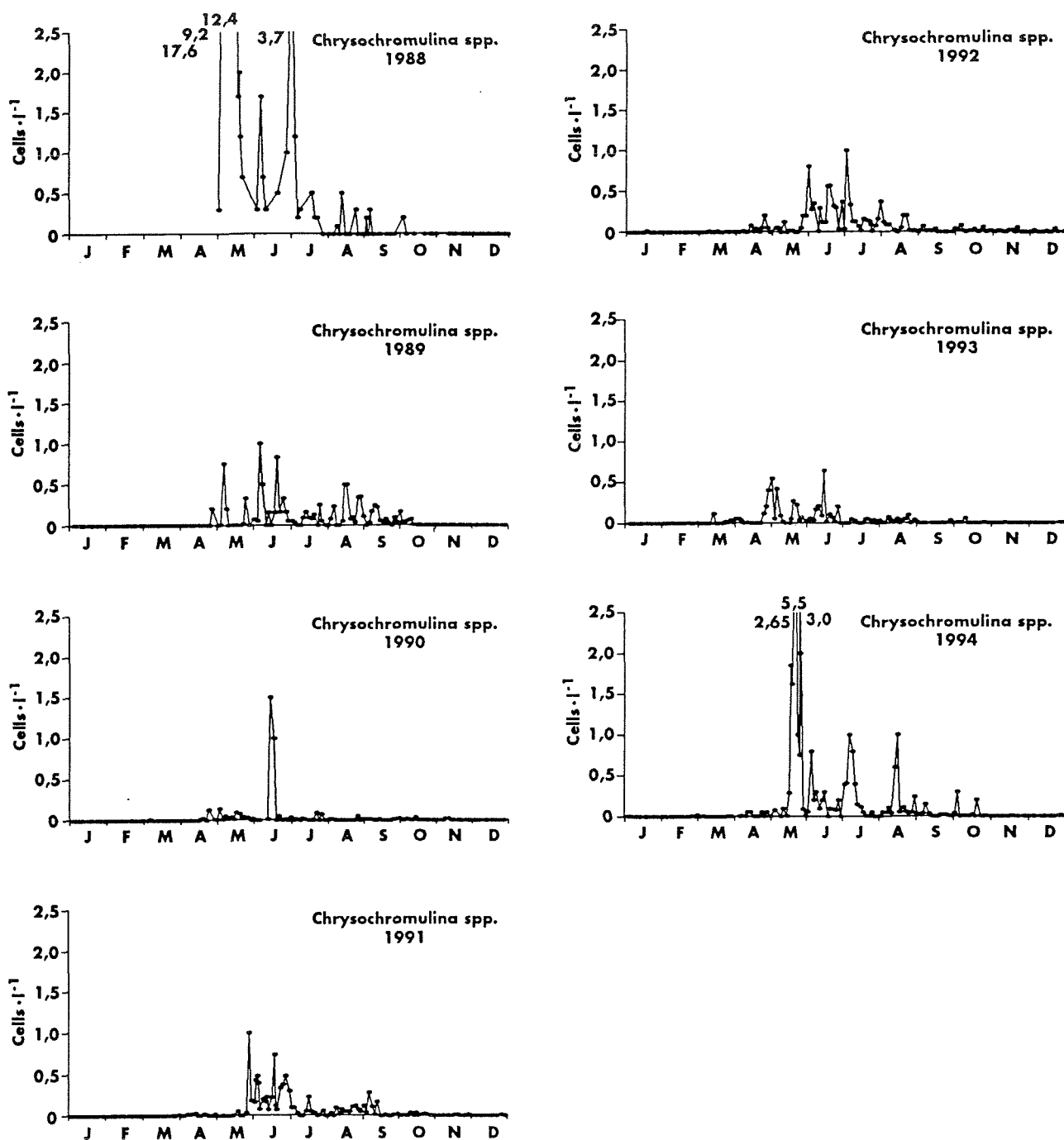


Fig. 3.19 *Chrysochromulina* spp. (10^6 celler/l⁻¹) i overflaten ved havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen gjennom de siste 7 år, 1988-1994.
Chrysochromulina spp. (10^6 cells/l⁻¹) in the surface layer at Institute of Marine Research Station during the last 7 years, 1988-1994.

3.4 Forurensning

Store mengder næringssalter, organisk materiale og forurensning tilføres Nordsjøen årlig som følge av intensivt jordbruk og høy befolknings tetthet. Olje, organiske miljøgifter, tungmetaller og annen kjemisk forurensning belaster miljøet og fører til at miljøkvaliteten forringes. Forurensningen tilføres i hovedsak via elver og atmosfære og ved dumping av forurensete muddermasser fra kanaler og havnebaseng. Tilførslene er størst i kystnære områder og det er i disse områdene de største negative effektene av forurensningen er påvist.

Tilførslene av nitrogenholdige næringssalter (N) til Nordsjøen via elver og direkte avrenning pr. år er beregnet til ca. 1.2 millioner tonn. Spesielt kystområdene i den sørlige delen av Nordsjøen mottar en høy belastning, med elvene Rhinen og Elben som de største enkeltkildene. Elvevannet blander seg med havvann og renner som en kyststrøm nordover langs kysten av Nederland, Tyskland og Danmark. Denne strømmen, Jyllandsstrømmen, fortsetter innover i Skagerrak hvor den nord for Skagen dukker under det lettere utstrømmende brakkvann fra Østersjøen. Transporten av nitrat (og andre næringssalter) fra den sørlige del av Nordsjøen inn i Skagerrak og Kattegat er betydelig. Et konservativt anslag for denne transporten er 200.000 tonn nitrat i løpet av vinteren og våren. Fig. 3.11 viser at transporten av nitrat fra sørlige Nordsjøen varierer mye fra år til år. Sannsynligvis er transporten på årsbasis betydelig høyere når en tar i betraktning at mye nitrogen kommer i bundet form (partikulært materiale, alger) og som løst organisk nitrogen. Antakelig ligger transporten av antropogent (menneskeskapt) nitrogen fra den sørlige del av Nordsjøen til Skagerrak og Kattegat på nærmere 500.000 tonn pr. år.

Anrikning av menneskeskapt næringssalter i sjøvann, ofte kalt eutrofiering, vil ha to typer effekter. Gjødning vil generelt øke algeveksten, og opp til en grense kan dette ha en positiv ef-

fekt på produksjonen i et system. Planteplanktonbiomassen har økt til det firedobbelte mellom 1962 og 1985 i Tyskebukta. Overgjødning inntreffer idet den negative virkningen av den forhøyete produksjonen oppstår. Ved at algeblomstringer kulminerer og synker til nedre vannlag eller bunn, vil det kunne oppstå oksygenmangel og negative effekter på bunnfaunaen. Grunne områder som periodevis eller permanent er lagdelte vil kunne være særlig utsatt for virkning av oksygenmangel; dette fordi vannvolumet som skal tømmes for oksygen ved nedbrytning av algebiomasse er begrenset. Tyskebukta, Kattegat og grunne bukter langs den svenske vestkysten er eksempler på slike utsatte miljøer. I enkelte tilfeller har dette ført til massedød av bunnlevende organismer i disse områdene. Den økte organiske belastningen (50-60%) de siste 15 årene har også medført en forverring av oksygenforholdene i terskelbasengene langs Sørlandskysten.

Ved siden av økt algevekst vil eutrofiering også kunne påvirke artssammensetningen av alger og påvirke frekvensen av skadelige alger. Effektene av langtransporterte næringssalter til norske områder vil være størst i kystområdene i Skagerrak, inkludert ytre Oslofjord. Oslofjorden er også det området i Norge som mottar de største lokale utslipp av næringssalter. I dette området må det derfor ventes effekter av langtransporterte så vel som lokale utslipp. (Situasjonen i 1994 er beskrevet i avsnitt 3.2 og 3.3)

Forekomst av tungt nedbrytbare organiske miljøgifter som PCB (polyklorerte bifenyler) i fisk og andre marine organismer er forhøyet på noen få lokaliteter langs norskekysten nær punktkilder (Frierfjorden, Bergen havneområde etc.) og i sørlige deler av Nordsjøen. Dette gir grunn til bekymring siden et høyt inntak av stoffene har vist seg å kunne ha alvorlige negative miljøeffekter som f. eks. nedsatt reproduksjonsevne på sel. I fisk fra åpne deler av Nordsjøen er nivå-

ene generelt langt lavere og vesentlig under det helsemyndighetene har satt som grense for kostholdsråd.

Forhøyete nivåer av organiske miljøgifter er funnet i bunnsediment i de dypere delene av Skagerrak og i Norskerenna. Dette har sammenheng med at disse områdene er viktige oppsamlingssområder for sedimenterende materiale fra hele Nordsjøen. Fordelingen og virkningen av organiske miljøgifter i sjøen avhenger av en rekke faktorer, deriblant stoffenes kjemiske og fysiske egenskaper. Stoffene har lav vannløselighet. De vil i stor grad tas opp av levende organismer og organiske partikler og bindes i særlig grad i fettfraksjonen. Disse stoffene vil transporteres gjennom de marine næringskjeder samtidig som de blir fysisk transportert i de organismer eller partikler de befinner seg i. Slike stoffer vil i stor grad sedimentere på organisk materiale og mineralpartikler og spres ved prosesser som forårsaker sedimenttransport.

Lever i enkelte arter av dypvannsfisk fra Norskerenna inneholder relativt høye mengder PCB noe som kan ha sammenheng med at fisken i stor grad lever av organismer som befinner seg på bunn, i eller like over sedimentene. Norges geologiske undersøkelser og Havforskningsinstituttet gjennomfører nå en grundig marin-geologisk kartlegging av den norske delen av Skagerrak for å innhente mer detaljert informasjon om forurensningbelastningen, i tid og rom. I tillegg undersøkes innholdet av organiske miljøgifter i fisk fra Skagerrak.

Miljøbelastningen i sentrale og nordlige deler

av Nordsjøen skyldes i vesentlig grad utslipp i forbindelse med den omfattende olje- og gassproduksjonen i disse områdene. Til nå har forurensning og nedslamming av havbunnen omkring installasjonene som følge av utslipp av oljeholdig borekaks hatt størst innvirkning på miljøet. Effektene av disse utslippene i form av forhøyete nivåer av olje er registrert over et område av bunnen på flere tusen km². Biologiske effekter på bunndyr er registrert 0.5-1 km og i enkelte tilfelle opp til 5 km fra installasjonene. Det er også påvist oljerester i fisk, men konsentrasjonene har vært så lave at det ikke i vesentlig grad har forringet fiskens kvalitet. Produksjonsvann som inneholder olje og produksjons-kjemikalier slippes ut i forbindelse med olje- og gassproduksjon. Produksjonsvann antas å ha mindre miljøeffekter enn utslipp av oljeholdig borekaks. Denne situasjonen kan endres i årene fremover da det er ventet at mengdene av produksjonsvann vil øke betydelig med feltenes levealder. Effektene av de økte produksjonsvannutslipp på miljøet kjennes ikke fullt ut, spesielt gjelder dette utslippene av andre kjemiske substanser enn olje. Det er derfor behov for å øke innsatsen på betydningen av produksjonsvannutslipp, og Havforskningsinstituttet ønsker i årene som kommer å bidra i dette arbeidet med feltundersøkelser og kontrollerte forsøk i eget biotestanlegg. Instituttet er spesielt opptatt av i hvilken grad fisk i ulike livsstadier påvirkes av olje- og kjemikalieutslippene. For tiden pågår det blant annet undersøkelser for å se i hvilken grad fisk fra ulike havområder inneholder oljekomponenter som påvirker fiskens kvalitet og om mulig spore dette tilbake til kildene.

4. AKTUELLE TEMA

Daglige målinger av sjøtemperatur ved Flødevigen i 70 år

Av Tore Johannessen

Havforskningsinstituttet Forskningsstasjonen Flødevigen, har hver dag siden 1924 målt temperaturen i ulike dyp i sjøen. Selv om målingene er foretatt i Flødevigen, er variasjonene representative for hele Skagerrakkysten. Sjøtemperaturen på Skagerrakkysten varierer mye gjennom året, med høye sommertemperaturer og lave temperaturer om vinteren, da fjorder og skjærgård ofte er dekket av is.

Vanligvis inntreffer de laveste temperaturene i overflatelaget i februar/mars og de høyeste i juli/august (fig. 3.7). Overflatetemperaturen følger således i store trekk svingningene i lufttemperaturen. I motsetning til lufttemperaturen, som kan variere sterkt innenfor et døgn, er det vanligvis betydelig mindre daglige variasjoner i sjøtemperaturen. Dette har sammenheng med at det kreves mye mer energi for å varme opp vann enn luft. Imidlertid kan også sjøtemperaturen falle eller øke betydelig fra en dag til den neste. Av de daglige målingene i 1 meters dyp i 1994 (fig. 3.7), framgår det f.eks. at temperaturen i midten av januar økte fra 2,3 til 7,0°C i løpet av noen få dager, mens den i månedskiftet mai/juni falt fra 12,8 til 8,2°C i løpet av ett døgn. Slike raske endringer har sammenheng med svingninger i vindretning og vindstyrke. På Skagerrakkysten vil særlig nordlige vinder transportere overflatelaget ut fra kysten. Dette resulterer i oppstrømming av dypere liggende vann inne ved land. Om sommeren når dypvannet er kaldere enn overflatelaget, vil temperaturen da falle, mens den vil øke om vinteren når det varmere

dypvannet når opp til overflaten. Under usedvanlig gunstige vind- og temperaturforhold i 1992, økte f.eks. temperaturen på 1 meters dyp raskt fra under 10°C i midten av mai til 20,2°C i begynnelsen av juni. Ved overgang til nordavind falt imidlertid temperaturen i løpet av timer til 9,7°C. Det ble nok en minnerik opplevelse for de mange sørlendinger som den aktuelle søndags morgen kastet seg ut i sjøen for et svalende bad!

Vintertemperaturer

Sjøvann som har en saltholdighet på 35.0 fryser ved ca. -20°C. Jo høyere saltholdighet, desto lavere frysepunkt. Det er denne sammenhengen vegmyndighetene benytter seg av når de salter veiene for å holde de isfrie. I perioden 1924-1994 har den midlere vintertemperatur i februar og mars i 1 m dyp vært 2,1°C, med et minimum på -0,4°C i 1963 og et maksimum på 6,1°C vinteren 1990 (fig. 4.1). Fram til slutten av 70-tallet var vintertemperaturen i større grad preget av år-til-år-variasjoner enn av flerårige svingninger. Bare unntaksvis har det forekommet inntil tre år med påfølgende høye eller lave temperaturer. Et slikt unntak var vintrene 1940-1942 som hadde lave sjøtemperaturer og 1973-1975 som hadde høye temperaturer. I perioden 1976 til 1987 var det bare 1983 som lå over normalen, noe som gjør dette til den markert kaldeste vinterperioden siden vi begynte å måle sjøtemperaturene i 1924. Denne kalde perioden gikk rett over i den desidert varmeste perioden som vi har hatt. Mellom 1988-1993 lå vintertemperaturen på høyde med eller betydelig over tidligere målte maksimumsverdier, med unntak av 1991 da temperaturen var noe lavere. I løpet

av de siste 20 åra har vi altså opplevd både den kaldeste og den varmeste vinterperioden. Sett over hele perioden fra 1924 - 1994 har det imidlertid ikke vært noen økning eller nedgang i midlere vintertemperatur i 1 meters dyp på Skagerrakkysten. I 1994 lå vintertemperaturene igjen omtrent på gjennomsnittet.

Sommertemperaturer

De høyeste temperaturene i sjøen inntreer i juli/ august. I perioden 1924-1994 har den midlere sommertemperatur vært 16,40C (fig. 4.1), med et minimum på 13,80C i 1928 og et maksimum på 18,50C i 1955. Også sommertemperaturene har vært preget av markerte år-til-år-variasjoner, men det har også vært markerte sammenhengende svingninger. På 20-tallet skiller somrene 1928 og 1929 seg ut som uvanlig kalde. Under deler av 30-tallet og spesielt siste halvdel av 40-tallet var det høye sommertemperaturer i sjøen. Det mest markerte avviket fant sted på

60-tallet med en rekke kalde somre i perioden 1960-1967. Etter denne kalde perioden har det ikke vært markerte sammenhengende svingninger. Sommertemperaturene i perioden 1988 til 1992 var forholdsvis høye, mens 1993 hadde den nest laveste sjøtemperaturen i denne perioden med et gjennomsnitt på 14,60C. I 1994 hadde vi en av de varmeste somrene i hele måleperioden, med kun tre år som har vært varmere. Juni måned i 1994 var derimot kald (fig. 3.7). På den varmeste dagen i 1994 ble det målt 21,90C (kl. 10 om formiddagen). I løpet av de 71 åra målinger er blitt foretatt, har det kun vært seks dager med høyere temperatur i Flødevigen, med 22,60C som den aller høyeste. I avstengte, små bukter og på grunne sandstrender kan naturligvis temperaturen bli høyere enn dette. I likhet med vintertemperaturen har det ikke vært noen klar økning eller nedgang i midlere sommertemperatur i perioden 1924-1994.

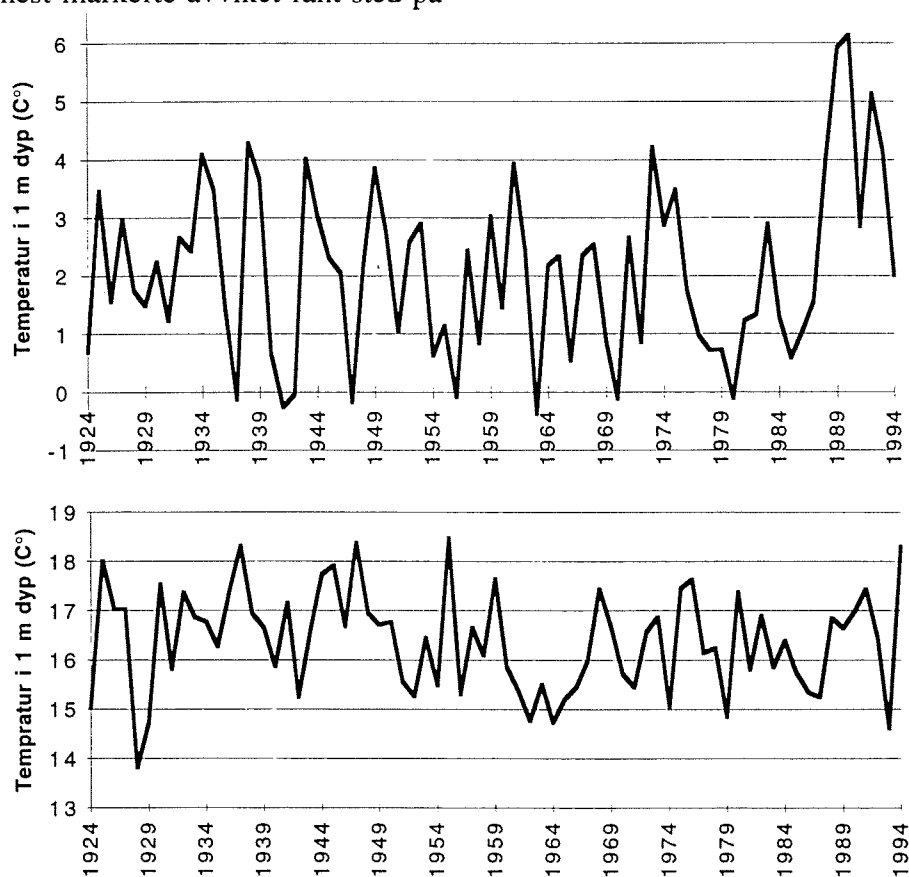


Fig. 4.1 Øverst midlere vintertemperatur (februar og mars) på 1 m dyp i Flødevigen i perioden 1924-1994. Nederst midlere sommertemperatur (juli og august) på 1 meters dyp i Flødevigen i perioden 1924-1994. Normalene for perioden 1924-94 markert med tynn strek .
Mean winter (February and March) and summer (July and August) temperature at 1m depth in Flødevigen during the period 1924-94.

Hvordan sikre en bærekraftig havbruksnæring?

Av Arne Ervik

I 1994 ble det drevet oppdrett av laks og regnbueørret på omlag 2 000 steder langs norskekysten. Samlet ble det produsert 220 000 tonn fisk til en verdi av 7.5 milliarder kr. Dette utgjør i underkant av 40 % av totalverdien for fiskeriene. Havbruk er altså allerede en stor næring. Det er ventet at den vil vokse videre både innen laksefisk og marine arter, som nå begynner å komme i produksjon.

En slik utvikling forutsetter at vi greier å tilpasse miljøvirkningene fra havbruksnæringen til tålegrensene i naturen. Det gjelder både den påvirkningen vi er villig til å godta omkring anleggene, og de krav fisken i merdene stiller til reint vann. Vi må altså både fastsette disse grensene, og avpasse påvirkningen slik at de ikke overskrides.

Havforskningsinstituttet har arbeidet med disse problemstillingene i flere år, og utvikler nå et system som kan brukes til å regulere miljøvirkningene fra marine oppdrettsanlegg etter bærekapasiteten i området. Arbeidet gjennomføres med støtte fra Fiskeridepartementet, Fiskeridirektoratet og SFT. Systemet utnytter kunnskap fra forskningsprosjekter både ved Havforskningsinstituttet og andre institusjoner. Det består av tre deler som er koblet sammen til en helhet:

- * grenseverdier for akseptabel miljøvirkning (miljøstandarder)
- * et standardisert overvåkningsprogram som kan kontrollere at miljøstandardene ikke overskrides.
- * en matematisk modell som kan beregne ventet påvirkning når nødvendige opplysninger om anlegg og lokalitet er gitt.

Systemet kalles MOM, som står for Modelle-

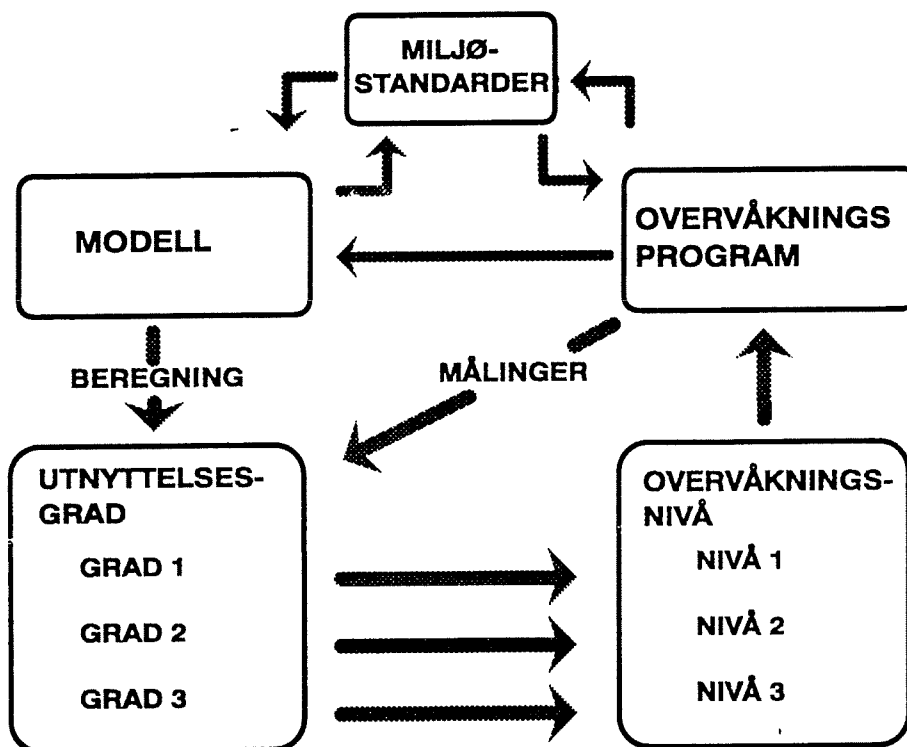


Fig. 4.2 Flytdiagram for virkemåten til MOM-systemet (se ellers tekst).
A flow diagram of the MOM-system.

ring - Overvåkning - Matfiskanlegg. Påvirkning på bunnen under og nær anleggene er størst, og best egnet til overvåkning. Hovedvekten legges derfor på denne påvirkningen, men MOM omfatter også vannkvaliteten i merdene og påvirkning utover i resipienten.

Begrepene bæreevne, utnyttelsesgrad og overvåkningsnivå er sentrale. Bæreevnen angir hvor stor produksjon man kan ha pr areal overflate på en gitt lokalitet uten at bunnpåvirkningen overskrider fastsatte grenseverdier. Utnyttelsesgraden angir hvor stor påvirkningen er i forhold til bæreevnen, og overvåkningsnivået angir hvor omfattende overvåkning som er nødvendig for å sikre at grenseverdiene ikke overskrides. MOM skiller mellom tre utnyttelsesgrader; ved første grad er påvirkningen liten, mens den ved tredje grad er stor og ligger opp mot grensen for det akseptable. Skillet mellom utnyttelsesgradene angis ved et sett av miljøstandarder. For hver utnyttelsesgrad er

det knyttet et tilsvarende overvåkningsnivå. Overvåkning er altså tilpasset påvirkningen og er liten dersom påvirkningen er liten, mens den er mer omfattende dersom anlegget påvirker omgivelsene mye.

Virkemåten i MOM er vist i fig 4.2. Utnyttelsesgrad og overvåkningsnivå fastsettes først enten ved hjelp av modellen eller på grunnlag av en innledende undersøkelse. Resultatene fra seinere undersøkelser sammenlignes med miljøstandardene for dette nivået. Dersom det er avvik, justeres utnyttelsesgrad og overvåkningsnivå i samsvar med den påvirkningen som er påvist.

MOM vil bli ferdig utviklet i løpet av 1995, og fullskala utprøving vil finne sted i 1996. På grunnlag av erfaringene med dette arbeidet vil man ta stilling til hvordan systemet i framtiden kan utnyttes i forvaltning av oppdrettsnæringen.

Innstrømning av vann til Skagerrak- modellsimulering

Av Morten Skogen og Einar Svendsen

Vannmassene som transporteres inn i og gjennom Skagerrak har sin opprinnelse fra mange ulike områder (fig. 4.1). Ved inngangen til Skagerrak møtes og blandes vann fra Atlanterhavet, sørlige og sentrale Nordsjøen og Tyskebukta. Disse vannmassene har ulik signatur gjennom forskjeller i temperatur, saltholdighet, næringssaltinnhold og grad av forurensning. Blandings-

forholdet og den totale innstrømningen varierer mye fra dag til dag, noe som vanskeliggjør presise estimer på inn og uttransport av ulike vannmasser kun basert på sporadiske målinger. For å supplere målingene er matematiske modeller tatt i bruk, modeller som etterhvert er i stand til å beskrive de komplekse strømforhold på en troverdig måte.

Under det internasjonale forskningsprogrammet SKAGEX-90 ble det fra slutten av mai 1990 og i vel en måned framover gjennomført en rekke tokt for å kartlegge transportene inn og ut av Skagerrak og Kattegat. SKAGEX-90 involverte

forskere fra 20 institutter, og på det meste var 17 forskningsfartøy i sving i Skagerrak og Kattegat. Det unike datamaterialet som ble samlet inn har blant annet blitt brukt til å evaluere NORWECOM (The NORwegian

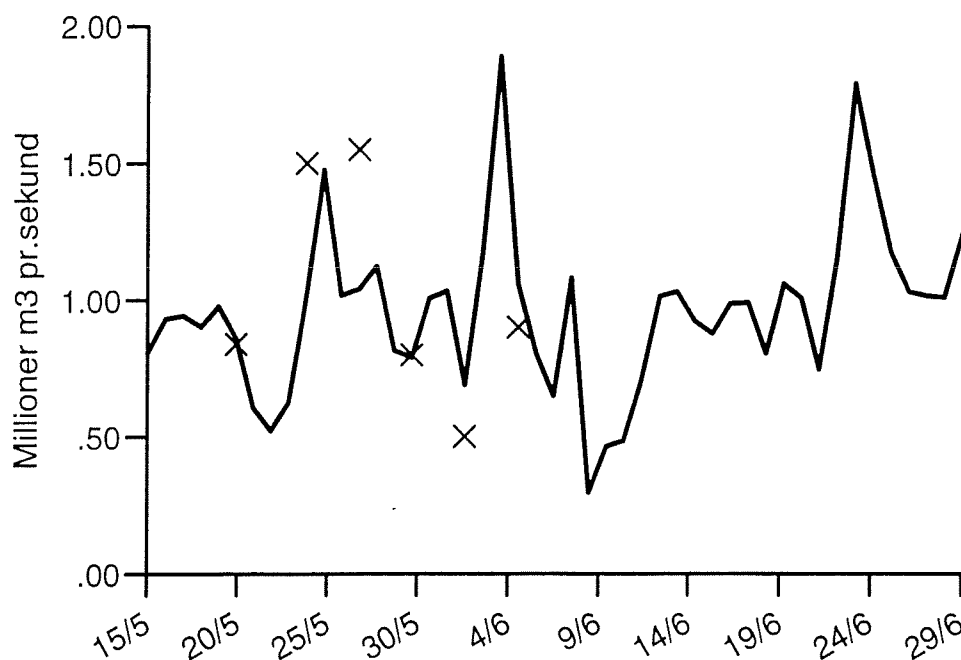


Fig. 4.3 Modellert innstrømning av vann fra Nordsjøen til Skagerrak og observerte vanntransporter basert på ADCP-strømdata (kryss) i perioden fra 15. mai til 29. juni 1990. *Simulated water transport into the Skagerrak and observed transports based on ADCP current observations (cross) in the period from 15. May to 29. June 1990.*

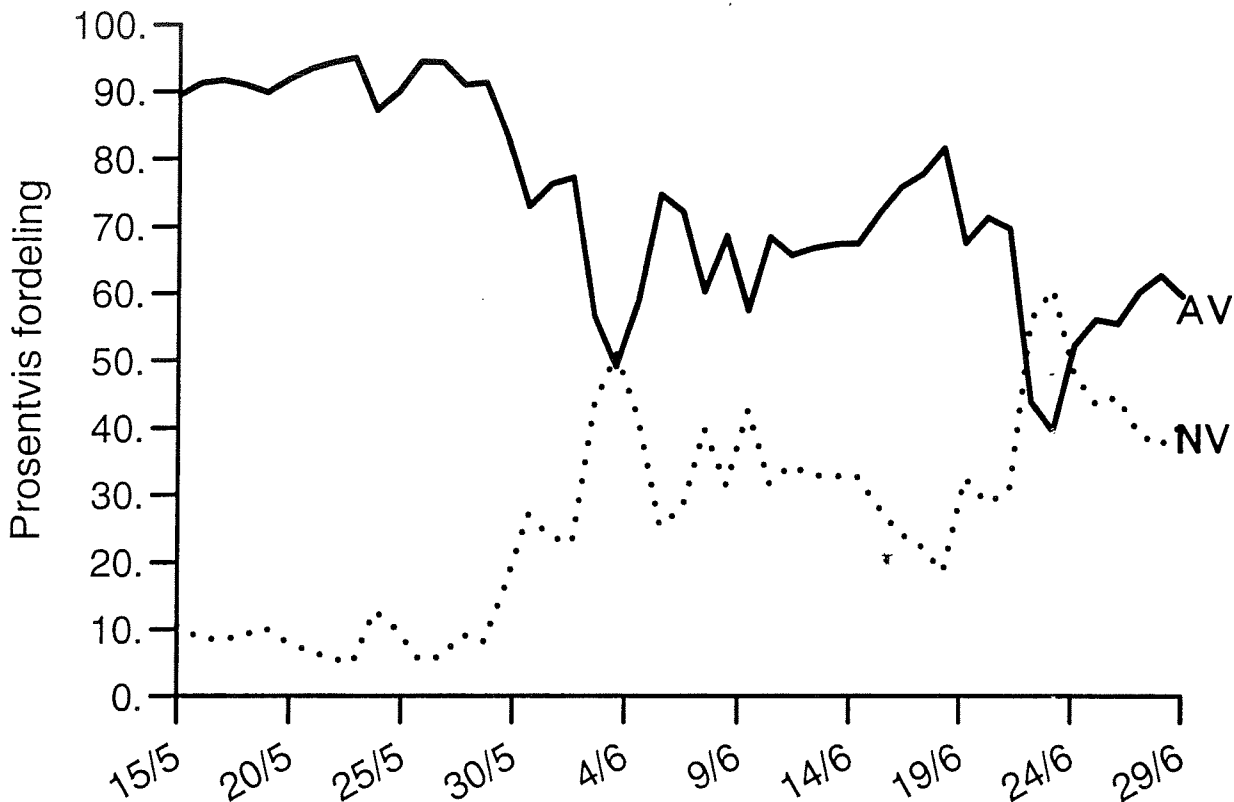


Fig. 4.4 Prosentvis fordeling av modellert innstrømning av nordsjø- og atlantehavsvann til Skagerrak i perioden fra 15. mai til 29. juni 1990.
Simulated relative (%) transport of Atlantic and North Sea water into the Skagerrak in the period from 15. May to 29. June 1990.

ECOLOGICAL Model system). Modellresultatene har så igjen blitt tatt i bruk for å supplere målingene, både i tid og rom. Et av hovedmålene med SKAGEX-90 var å studere korttidsvariasjonene i innstrømningen til Skagerrak. Flere strømmålere ble utplassert utenfor Hanstholm i Danmark for å beregne transporter inn i Skagerrak men alle disse forsvant eller havnet i fiskeredsaker i løpet av kort tid, slik at ingen gode tidsserier for transporten eksisterer.

For å beregne transportene har en derfor tatt i bruk akustiske strømmålinger fra F/F G.O Sars og modellresultater. I fig. 4.3 er den modellerte dag-til-dag-variasjonen av innstrømningen til Skagerrak i snittet mellom Hanstholm og Lista gjengitt (se figur 0 for lokalisering av Hanstholm-snittet). Kryssene viser de samme transportene basert på akustiske strømdata, med meget god overenstemmelse. Modellen gir en midlere

innstrømning i perioden fra 15. mai til 29. juni på 0.95 mill. m³ pr sekund, som er i god overenstemmelse med tidligere transportberegninger. Matematiske modeller er et velegnet verktøy for separasjon av vannmasser med ulike egenskaper. På denne måten kan viktig tilleggsinformasjon tas ut.

I fig. 4.4 er den prosentvise fordeling av innstrømmende nordsjøvann og atlantehavsvann inn i Skagerrak gjennom snittet ved Hanstholm gitt. Mens innstrømningen i perioder er dominert av nordsjøvann (med saltholdighet under 35.0), har dette vannet andre dager måttet vike for atlantehavsvann (med saltholdighet over 35.0).

De store tyske elvene har blitt betraktet som viktige bidragsytere til forurensingen av Skagerrak. Elvene renner ut i Tyskebukta, og vannet fra dem transporteres nordover langs

vestkysten av Danmark med Jyllandsstrømmen. Ved inngangen til Skagerrak må dette vannet konkurrere med de andre vannmassene som er tilstede, med det resultat at det ofte ikke er noen innstrømning av dette vannet i det hele tatt. Dersom det er en innstrømning, er den lokalisert tett opp til kysten. Dette blir illustrert i fig. 4.5

der modellen har beregnet innstrømningen til Skagerrak av dette forholdsvis ferske vannet. At hovedvekten av dette vannet vanligvis transporteres inn i forholdsvis korte pulser, viser at dersom en ønsker å kvantifisere det ved hjelp av tradisjonelle oseanografiske metoder, kreves en kontinuerlig overvåkning.

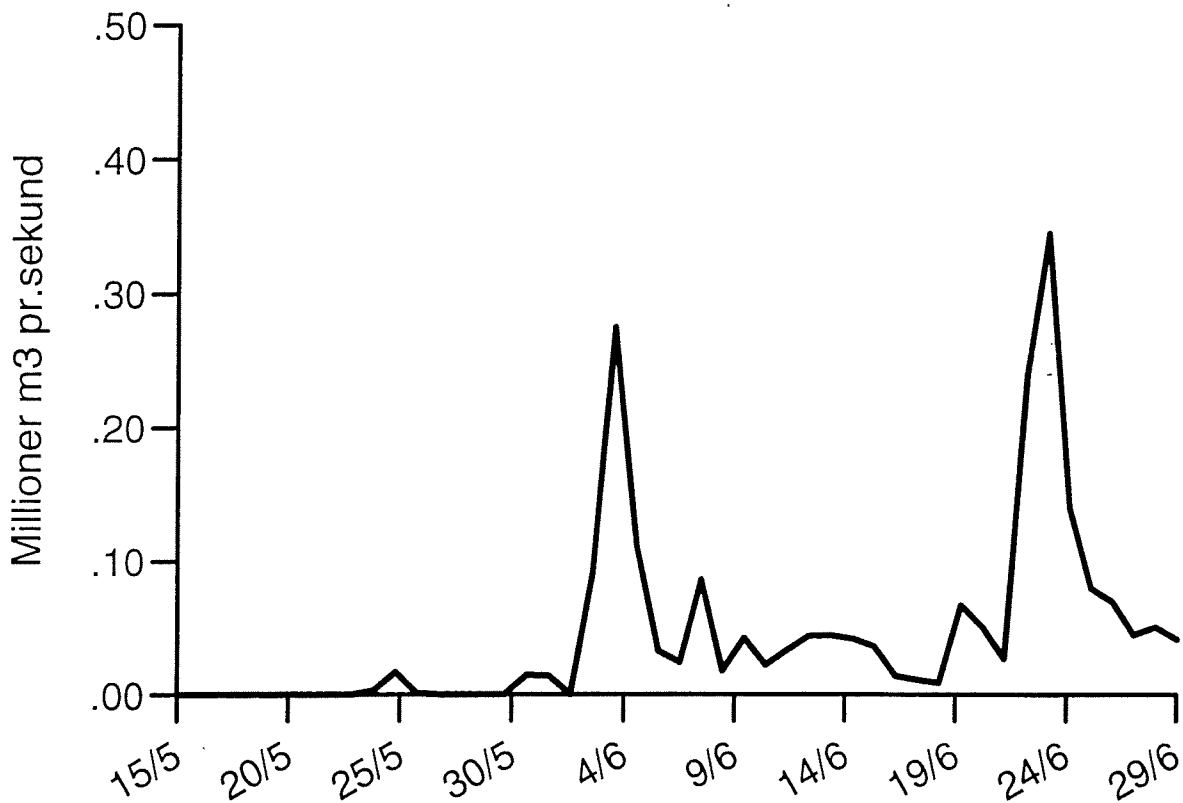


Fig. 4.5 Modellert innstrømning av Jylland-kystvann til Skagerrak i perioden fra 15. mai til 29. juni 1990.
Simulated transport of Jutland coastal water into the Skagerrak in the period from 15 May to 29 June 1990.

AMAP-et internasjonalt program for kartlegging av forurensning i Arktis

Av Kari Stange

AMAP så dagens lys i Rovaniemi, Finland i juni 1991. Ministre fra åtte land rundt nordkalotten definerte her *Arctic Environmental Protection Strategy*, (AEPS). Med dette startet et internasjonalt initiativ for miljøet i Arktis som har fått betegnelsen *Rovaniemi-prosessen*. AMAP er ett av fire program under AEPS. De åtte nasjonene som deltar i AMAP er; Canada, USA, Russland, Finland, Sverige, Danmark, Island og Norge. Hovedmålsetningene for AMAP er å kartlegge nivået av forurensninger i Arktis og å evaluere effektene av denne

forurensningen på miljøet. Programmet omfatter atmosfæren, ferskvann, marint miljø, terrestrisk miljø og menneskets helse. Når AMAPs første fase er gjennomført, skal det presenteres en statusrapport som omhandler miljøsituasjonen i Arktis. I tillegg skal det lages en omfattende tilstandsrapport med teknisk bakgrunnsinformasjon som underbygger statusrapporten. Denne dokumentasjonen skal foreligge innen utgangen av 1996 og skal danne grunnlaget for det videre arbeidet med vern av det arktiske miljøet.

Et internasjonalt AMAP-sekretariat ble i 1991 opprettet ved SFT i Oslo. En arbeidsgruppe, *Arctic Monitoring and Assessment Working Group*, fikk oppdraget med å videreføre prosessen som var startet i Rovaniemi. Gruppen har representanter fra hver av deltakerlandene og befolkningsgrupper i nord, samt observatører fra nasjonale og internasjonale organisasjoner. Oppgaven med utforming av delprogrammene for luft, ferskvann, landjord, hav og helse ble fordelt på flere nasjoner. Norge, ved Havforskningsinstituttet, stod ansvarlig for utformingen av handlingsplanen for det marine miljø. Den endelige handlingsplanen for AMAP forelå i juli 1993. Alle deltakerlandene har utformet egne nasjonale iverksettingsplaner og startet prosjekter. Norge er engasjert i AMAP med totalt 124 prosjekter fordelt på alle de fem delprogrammene.

AMAP er nå inne i en fase hvor prøveinnsamling og analyser avsluttes (1993-1995) og evaluering og rapportering begynner (1995-1996). Tilstandsrapporten organiseres i kapitler hvor problemstoffer som organiske miljøgifter, tungmetaller og radionukleider omhandles spesielt. Det blir i tillegg et eget kapittel som tar for seg fysiske forhold i Arktis og et som omhandler menneskets helse. Ekspertene fra flere av deltakerlandene har fått hovedansvaret for utformingen av disse kapitlene. Forskere ved Havforskningsinstituttet står ansvarlige for kapittelet om fysiske forhold i Arktis. Her beskrives hydrografiske forhold, is og fysiske prosesser. Modellering av fysiske prosesser benyttes for å belyse havstrømmenes rolle i transport av forurensninger til Arktis.

Ved Havforskningsinstituttets kjemilaboratorium

pågår et omfattende analyseprogram for miljøgifter i fisk og sedimenter i Barentshavet og Norskehavet (se kapittel 2.4). Denne basisundersøkelsen vil gi et viktig og tiltrengt bidrag til kunnskapen om miljøgiftstatus for disse havområdene. Samlet vil data fra AMAP-prosjekter i de åtte deltakerlandene bidra til en

bedre forståelse av hvordan forurensninger transporteres til Arktis og hvilke deler av de arktiske økosystemene som blir hardest belastet. Forvaltningsmyndighetene har da et bedre grunnlag for å velge de rette virkemidlene i arbeidet med vern av Arktis.

Tabell 4.1. Arter og parametere definert som *essensielle* i AMAPs analyseprogram for det marine miljø. I tillegg til disse er det i handlingsplanen definert 20 arter og 14 analyseparametere som anbefales inkludert i programmet.
Species and parameters defined as "essential" in AMAP's analytical programme for the marine environment. In addition, 20 species and 14 analytical parameters have been defined in the category "recommended".

Arter	Organiske miljøgifter	Metaller	Radio-nukleider
Polarmåke (<i>Larus hyperboreus</i>)	PCB, PAH,	Cd, Hg,	Cs ^{137/134} ,
Polartorsk (<i>Boreogadus saida</i>)	DDT/DDE/DDD	Pb, Se	Sr ⁹⁰
Ringsel (<i>Phoca hispida</i>)	HCH, HCB		
Blåskjell (<i>Mytilus edulis</i>)			

Gamle og nyere idéer i rekrutteringsundersøkelsene

Av Per Solemdal og Olav Kjesbu

Det er over 80 år siden Johan Hjort og hans medarbeidere løste mysteriet bak vekslingene i fiskeriene, da han påviste effekten av årsklassevariasjoner på fiskebestandene. Hjort hadde også en idé om årsaken til disse variasjonene, det kritiske stadiet da fiskelarven begynner selvstendig næringsopptak.

Oppdagelsen av årsklassevariasjonene

Det kan kanskje virke trivielt å minne om at årsklassevariasjon er et moderne begrep "oppfunnet" av Johan Hjort og hans medarbeidere ved begynnelsen av vårt århundre. Denne epokegjørende oppdagelsen var et resultat av kvantitative, systematiske tidsserier på ungstadier av torskefisk og omfattende aldersstudier av norsk vårgytende sild. Forskerne skylder også Moder Natur en stor takk: i 1904 vokste det opp så enorme mengder yngel av de fleste fiskeslag at årene både før og etter bleknet i sammenlikning. Årsklassevariasjonene, som årsak til vekslingene i fiskeriene, førte til en omfattende forskning om årsaken til disse variasjonene. En rekke idéer er blitt undersøkt, men den relative betydning av de forskjellige rekrutteringsmekanismer strides man fortsatt om. Disse undersøkelsene på tidlige stadier av fiskens livssyklus er fundamentale når det gjelder forståelsen av det pelagiske økosystem. Men det er delte meninger om forståelsen av årsakssammenhengen bak årsklassevariasjonen vil ha noen predikativ verdi. I praksis viser det seg at indeks på halvårsgammel yngel gir sikrere antydning om den kommende årsklasse enn studiene på egg og tidlige larvestadier. Hjort selv hadde en meget ydmyk holdning når det gjaldt forståelsen av den kompliserte økologiske "spindelveven", som fiskelarven er en del

Denne og en rekke andre idéer har vært gjenstand for omfattende undersøkelser uten at det foreligger en entydig forståelse om årsaken til disse variasjonene. Det arbeides i dag med prosesser som kan kaste nytt lys over Hjorts gamle teori.

av og skrev i 1914: "*Den største og mest umiddelbart foreliggende praktiske oppgave, som knytter sig til disse undersøkelser over aarsklassernes tallrikhet, er imidlertid den at kunne gi den interesserte almenhet sikre opplysninger om fiskebestandenes øieblikkelige tilstand og at kunne veilede ved bedømmelsen av den nærmere eller fjernere fremtidige situation. For denne oppgave er der kun liten grund til at tro, at fortsatte undersøkelser over aarsakerne til aarsklassernes tallrikhet vil ha særlig betydning*"

I dag er vi mer opptatt av å studere de grunnleggende prosesser i den økologiske "spindelveven" enn å prøve å løse alle problemer på en gang. På denne måten håper vi å få innsikt i hvordan fysiske prosesser og effekter av selve gytebestanden påvirker de årlige og langsiktige årsklassevariasjoner i torskebestanden.

Den første idé om årsaken til årsklassevariasjonene

I sin berømte bok fra 1914 "Vekslingerne i de store fiskerier" har Hjort også en idé om årsaken til årsklassevariasjonene. Han fokuserer på stadiet da fiskelarven selv må begynne aktivt næringsøk, som han kaller "det kritiske stadium". Kritisk fordi de årlige variasjonene i

fiskelarvens klekkeperiode og forekomsten av byttedyr etter Hjorts mening vil klaffe mer eller mindre, og føre til massedødelighet i år med svært dårlig klaff. Hjorts teori er undersøkt av en rekke forskergrupper fra mange land, spesielt etter siste verdenskrig. Noen finner belegg for den, andre ikke, og det dukker stadig opp nye hypoteser for å forklare årsklassevariasjonen, som regel fokusert på de tidligste stadier. Blant tallrike slike rekrutteringsundersøkelser basert på Hjorts tanker hører også HIs larveprosjekt på norsk-arktisk torsk i perioden 1974-85. Foruten å indikere betydningen av den varierende årlige klaff mellom torskelarvenes hovedklekking og forekomsten av byttedyr, med temperaturen som den viktigste påvirker, resulterte prosjektet i flere "ekstragevinster":

1. Gjennomføringen av prosjektet klarla flere fundamentale prosesser i forbindelse med

rekrutteringen (gyteperioden for skrei og raudåte, horisontal og vertikal fordeling av egg og larver etc.)

2. Prosjektet åpenbarte endel andre mekanismer som også kunne være av betydning for årsklassevariasjonene:

a. Effekten av småskala-turbulens på kontaktraten mellom fiskelarve og byttedyr.

b. Den såkalte maternaleffekten, som kan påvirke levedyktigheten hos egg og tidlige larvestadier som resultat av alder/størrelse på gytefisken.

Studier av maternaleffekten

Eldre undersøkelser har antydnet og nye har dokumentert betydningen av den maternale effekten, foreløpig mest overbevisende på eggstadiet. Det viser seg at alder, størrelse og kondisjon hos

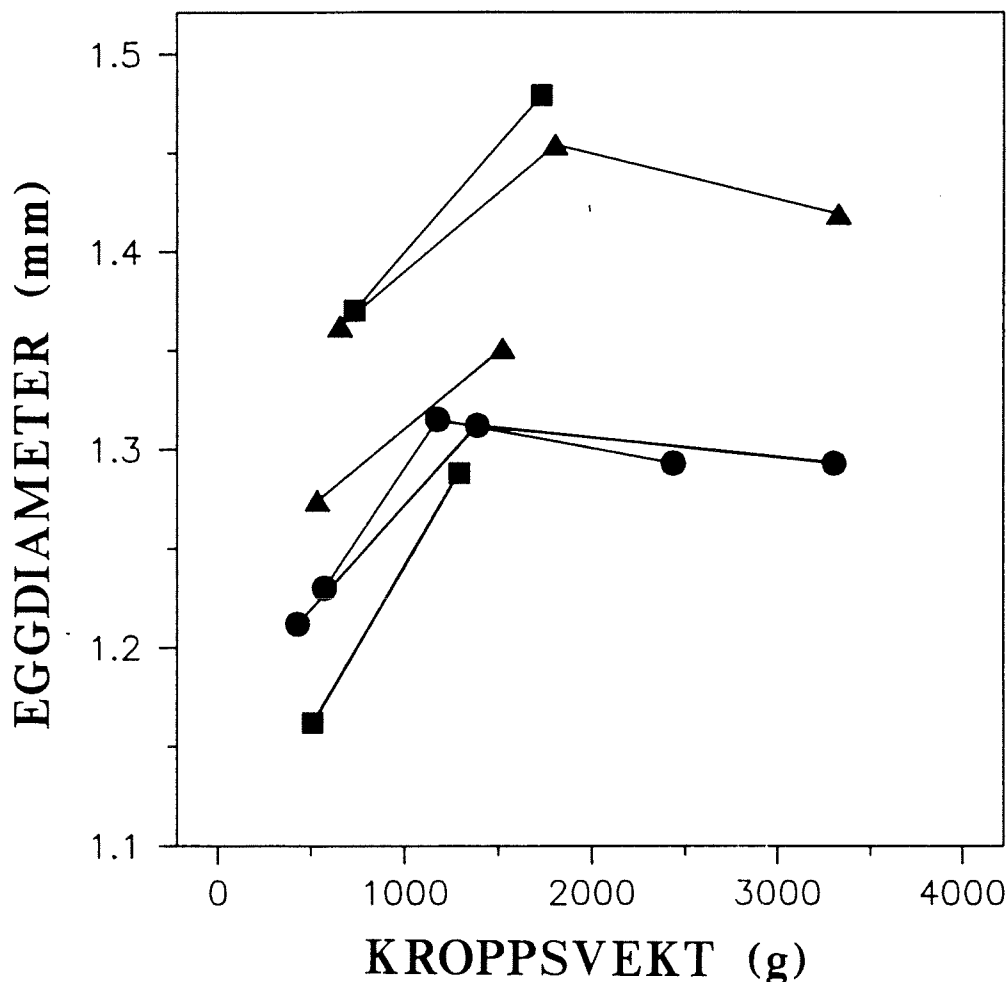


Fig. 4.6 Endringer i eggstørrelse hos seks kysttorsk fra første til andre og tredjegangs gyting. Linjene viser utviklingen av eggstørrelsen hos den enkelte fisk.
Changes in egg diameter from six Norwegian coastal cod from first to second and third spawning. The lines indicate the development in egg diameter in each fish.

hunnfisken påvirker tidspunktet for gytestart og eggstørrelsen.

Det er hovedsakelig gjennom systematiske studier av kysttorsk på individnivå i Miljøseneterets rundtank ved Havforskningsinstituttet disse resultatene har fremkommet. Forsøksfisken, tidligere kysttorsk og nå også norsk-arktisk torsk, undersøkes over flere år. Også eggmateriale fra Lofoten inngår i undersøkelsen. Det har vært et omfattende samarbeid bl.a. med Austevoll havbruksstasjon og Universitetene i Trondheim og Bergen.

Variasjoner i eggstørrelsen hos samme kysttorsk-hunn undersøkt som første, andre og tredje-gangsgyter viser en betydelig økning i eggstørrelsen fra første til annegangsgyter og deretter en utflatning av eggstørrelsen (fig. 4.6). Det er en god sammenheng mellom eggdiameter og larvestørrelse ved klekking, det vil si store egg

gir store larver. Undersøkelser av egg-dødeligheten viser også en maternal påvirkning. Det er en tydelig reduksjon i eggdødeligheten fra første til flergangsgytende kysttorsk; med andre ord: gamle torsker gyter best! Vurderingen av larvenes levedyktighet på de tidlige stadier er basert på undersøkelser av størrelse, kjemiske forhold og adferd i forbindelse med aktivitet og næringsopptak. For å få entydige resultater vil det bli nødvendig å drette opp utvalgte larvegrupper, for å kunne vurdere variasjonene på vekst og dødelighet på bakgrunn av den maternale situasjon.

Når de "harde" fakta med hensyn til den maternale effekten på levedyktigheten hos egg og tidlige larvestadier er kvantifisert, vil de bli nyttet i Ressurscenterets "Populasjonsdynamiske modell for torsk". Alle tre sentre ved HI er altså involvert i denne undersøkelsen.

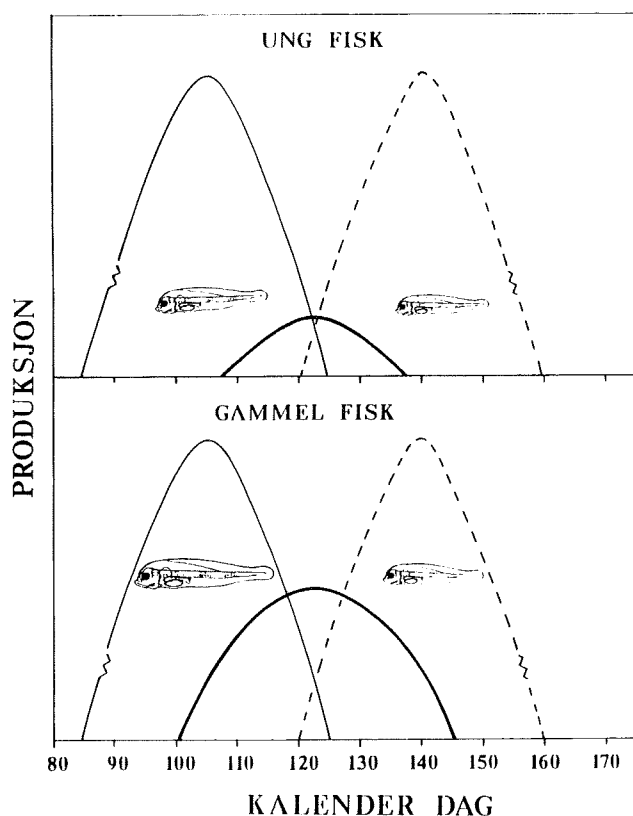


Fig. 4.7 Produksjon av raudåteyngel i varme år (tynn heltrukket linje) og i kalde år (tynn, stiplet linje). Klekkekurver for torskelarver (heltrukket, tykk linje). Tegningene av fiskelarver indikerer for skjellene i larvestørrelse gjennom gyteperioden og mellom ung og gammel gytefisk. *The production of nauplii during warm years (thin, solid lines) and cold years (thin, hatched lines). The hatching curves of cod larvae (thick, solid lines). The different sized cod larvae indicate both the reduction during the hatching period and the larger larvae from the larger fish.*

Hjorts idé og de maternale effekter sett i sammenheng

Tilslutt skal vi se på hvordan effekten av Hjorts gamle idé om det kritiske stadium kan tenkes påvirket av den maternale effekten. De forskjellige elementene er vist i fig. 4.7. Det er tydelig en forlenget gyteperiode hos eldre fisk, og det er ingen stor forskjell i gyttestart for unge og eldre gytefisk (tykk strek for gyteperiode). På bakgrunn av endringer i størrelses-sammensetningen hos gytefisken gjennom sesongen i Lofoten, antok Oscar Sund i 1930-årene at den store fisken gyter tidligst. Nyere kanadiske og norske undersøkelser setter spørsmålstegn ved denne konklusjonen.

Tre maternale effekter påvirker egg og tidlige larvestadier. Både hos små og store gytefisk vil eggene, og dermed larvene, bli mindre gjennom gyttesesongen, på grunn av porsjonsgyttingen (illustrert i fig. 4.7 med mindre larver til høyre i figuren). I varme år (tynn hel strek i figuren) vil den største mengden av raudåteyngel, som er det

dominerende byttedyr for torskelarvene, klaffe med de tidligst klekte torskelarvene. Det er disse som også er de største og sannsynligvis de mest levedyktige. I kalde år (tynn prikket strek) vil de største konsentrasjonene av raudåteyngel være forsinket og vil klaffe med de senest klekte, og dermed minste torskelarvene.

Når det gjelder larver fra stor gytefisk vil disse generelt være større enn larver fra førstegangsgytere, og dermed ha et bedre utgangspunkt. Vi vet fra andre undersøkelser at sjansen for store årsklasser av norsk-arktisk torsk er størst når temperaturen under larveperioden er høy, mens år med svært lav temperatur aldri gir store årsklasser. Den tredje maternaleffekten gjelder lengden av gyteperioden. Denne er lengst for stor fisk, noe som ytterligere sikrer overlapping mellom torskeyngel og produksjon av raudåteyngel. Dette betyr at et relativt stort inn-salg av stor gytefisk i bestanden vil øke mulighetene for gode rekruttering til den norsk-arktiske torskestammen.

Primærproduksjon i Norskehavet/Grønlandshavet beregnet ved oksygenbudsjett

Av Eva Falck

Produksjonen av organisk materiale foregår i det øverste vannlaget av havet der sollys er tilgjengelig for fotosyntesen. Dette laget kalles den eufotiske sonen, og er for Norskehavet og Grønlandshavet ca 30 m i sommerseongen. Gjennom fotosyntesen produ-

serer algene organisk materiale og oksygen, ett molekyl oksygen for hvert molekyl organisk materiale. Til sin egen metabolisme forbruker algene selv en del av det de produserer, mens resten av det organiske materiale er tilgjengelig for andre organismer.

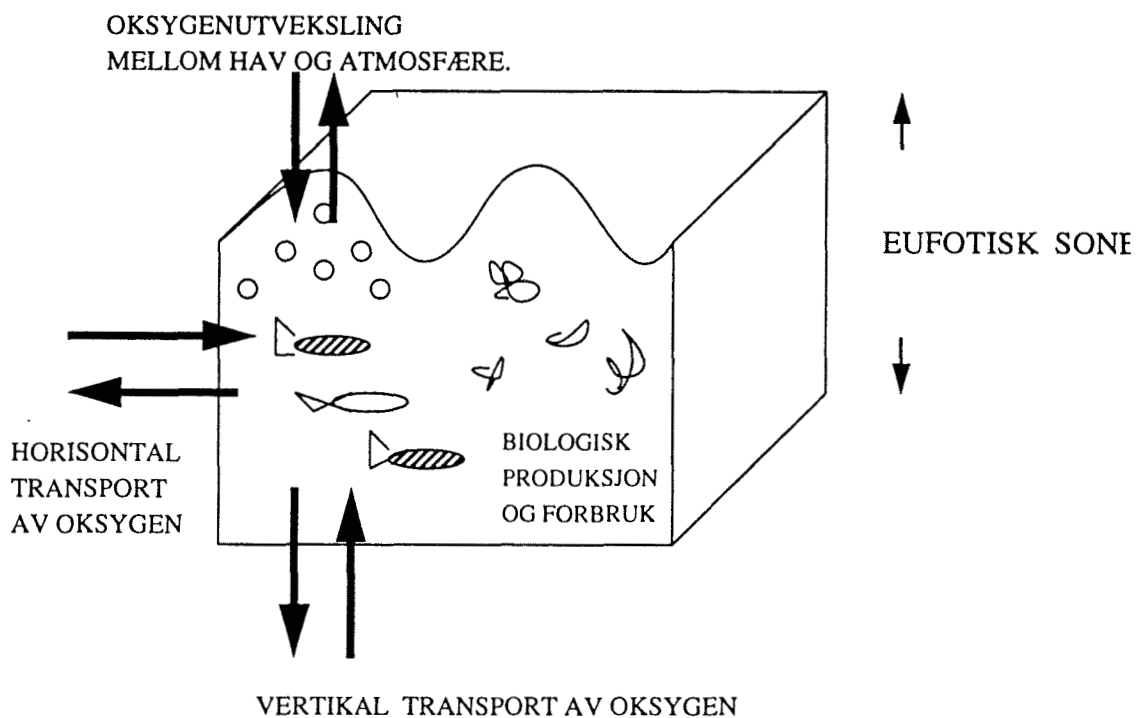


Fig. 4.8 En enkel boksmodell for den eufotiske sonen som viser kilder og sluk for oksygen
A simple box model of oxygen source and sink in the euphotic zone.

Man bruker derfor begrepene “ny produksjon” og “resirkulert produksjon” som tilsammen utgjør den totale produksjonen. Noe forenklet kan man si at den resirkulerte produksjonen er den delen av produksjonen som algene produserer til eget forbruk, mens nyproduksjon er den delen av produksjonen som er tilgjengelig for andre organismer. Man definerer gjerne “ny produksjon” i havet som den mengde organisk ma-

teriale pr flateenhet som synker ut av eufotisk sone i løpet av produksjonssesongen og er basert på tilførte næringssalter til eufotisk sone.

Flere metoder kan brukes for å beregne ny produksjon. Vi skal her se hvordan endringer i oksygeninnholdet i den eufotiske sonen kan relateres til ny produksjon, og hvordan denne kan beregnes ved hjelp av et oksygenbudsjett. Siden

organisk materiale og oksygen produseres i et bestemt forhold kan man si at nettoproduksjon av oksygen er et mål på hvor stor ny produksjon man har. Man får på grunn av den biologiske produksjonen et tilskudd av oksygen til den eufotiske sonen i løpet av produksjonstiden, men også andre prosesser i havet kan medvirke til å endre oksygeninnholdet i dette vannlaget.

Ved å sette opp en enkel boksmode (budsjett) slik som vist i fig. 4.8 ser man at i tillegg til de biologiske prosessene som finner sted i den eufotiske sonen er det fysiske prosesser som kan påvirke oksygenkonsentrasjonen ved transport av oksygen inn eller ut av sonen. Oksygen er en inert gass i vann, det vil si at den ikke reagerer kjemisk med vannet eller andre stoffer, slik at man ikke trenger ta hensyn til kjemiske prosesser i dette budsjettet.

En forenklet matematisk formel for oksygenbudsjettet vist i fig. 4.8 kan skrives som:

$$E = F(a) + F(h) + F(v) + NP$$

Endringene [E] i oksygenkonsentrasjonen med

tiden i den eufotiske sonen balanseres av de fysiske prosessene som finner sted; gassutveksling med atmosfæren [F(a)], transport av vannmasser både horisontalt [F(h)] og vertikalt [F(v)], og ny produksjon [NP]. Man antar i denne beregningen at den horisontale og vertikale transporten av oksygen er minimal i forhold til den utvekslingen som skjer mellom hav og atmosfære. Man kan derfor sette opp et forenklet budsjett der endringene i oksygeninnholdet i den eufotiske sonen balanseres av utveksling mellom hav og atmosfære og "ny produksjon":

$$E = F(a) + NP$$

Ved å måle oksygenkonsentrasjonen i den eufotiske sonen med jevne mellomrom kan man beregne hvordan oksygeninnholdet endrer seg med tiden.

Oksygenutvekslingen mellom hav og atmosfære kan beregnes ved hjelp av oksygen-, temperatur- og saltholdighetsdata fra overflaten, pluss vinddata. Ny produksjon gitt i karbon pr flateenhet kan nå beregnes ved å bruke en omregningsfaktor mellom oksygen og karbon.

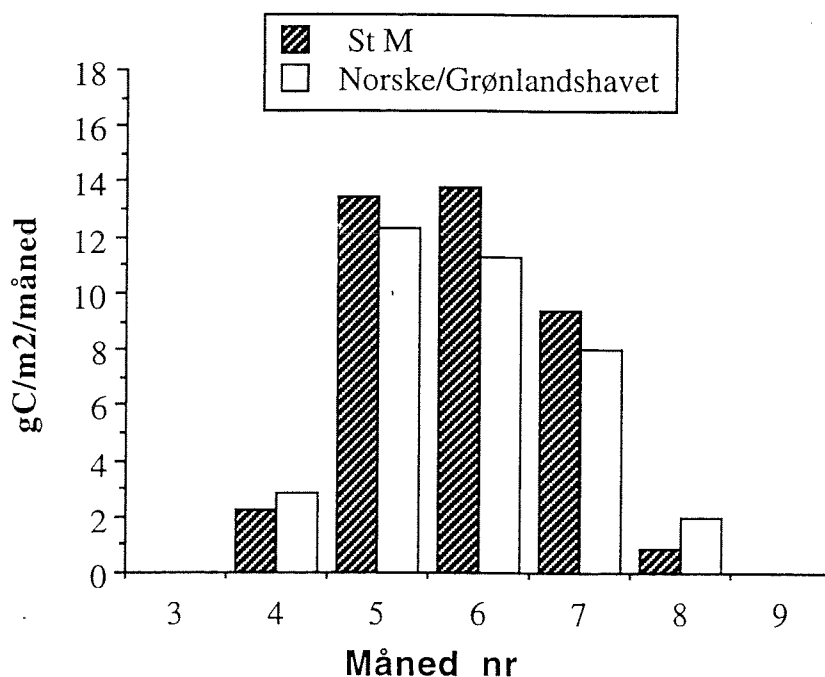


Fig. 4.9 Beregnet ny produksjon i Norskehavet/Grønlandshavet og ved st.M for et normalår
Calculated new production in the Greenland/Norwegian Sea and at St M in a mean year.

Beregninger av NP er utført for Norskehavet og Grønlandshavet sett under ett og for Stasjon M. På grunn av dårlig datadekning for en del områder i Norskehavet og Grønlandshavet og da spesielt om vinteren, kan disse beregningene være noe mer usikre enn for Stasjon M, der data-dekningen er betydelig bedre. Beregnet ny produksjon er vist i fig. 4.9, og man ser at planktonproduksjonen starter i april og er på sitt høyeste i mai, juni og juli. Allerede i august er produksjonen tilsynelatende kraftig redusert og i september er produksjonssesongen over. Disse beregningene viser at produksjonssesongen i Norskehavet og Grønlandshavet er relativt kort og intens og at ny produksjon for et middelår er på ca 36 gram karbon pr m². Beregningene er et middel for hele havområdet, og man kan ikke se

bort fra at det eksisterer lokale forskjeller. Ved Stasjon M er årlig nyproduksjon beregnet til ca 40 gram karbon pr m².

Å måle algenes produksjon av organisk materiale direkte er både vanskelig og tidkrevende. Derimot er det forholdsvis enkelt å ta oksygenmålinger. Å bruke et slikt oksygenbudsjett som vist her er derfor en lovende metode for estimering av ny produksjon. Men det krever god dekning av oksygenmålinger i tid og rom. Få studier er gjort av den horisontale og vertikale oksygentransporten og dette er et felt man bør se nærmere på i videre utvikling av denne metoden.

Havklimasvingninger i Nord-Atlanteren

Av Svein Sundby

“Alle Vintere i Grønland ere haarde, dog med Forskjel. De danske lægge Mærke til, at naar Vinteren har været streng, som vi kalde det, i Danmark, har den grønlandske på sin Maade været mildere, og omvendt.” Dette skrev misjonæren Hans Egede Saabye, dattersønn av “Grønlands apostel”, Hans Egede, i sine dagbokopptegetelser fra Grøn-

land i 1770-årene. Da disse opptegetelsene ble publisert mer enn 170 år senere, i 1942, skrev redaktøren H. Ostermann i en fotnote: *“ Det her omtalte fænomen er gammelkendt og er stadig den gængse opfattelse. Og naar denne iagtagelse er saa gammel, maa den sikkert være rigtig, selvom den maaske ikke meteorologisk set kan forklares.”*

Det skulle gå ytterligere 20 år før de første fiskeriforskere oppdaget det samme fenomenet i havet som Hans Egede Saabye hadde merket seg for atmosfæren. I 1962 påpekte to russiske fiskeriforskere, G.K. Izchevskii og A.A. Elisarov, (uten referanse til Saabye) at slike svingninger med motsatt fase kjennetegnet havklimaet mellom Labrador/Vestgrønland og Barentshavet. Samtidig påpekte de også en viktig konsekvens, nemlig at rekrutteringen til torskebestandene i de to områdene på samme måte svingte i motsatt fase med sterke årsklasser i varme år og svake årsklasser i kalde år.

I 1978 tok de to meteorologene Harry van Loon og Jeffery Rogers fenomenet opp i større detalj. De analyserte lufttemperaturene i Jakobshavn på Vestgrønland og i Oslo, og fant at de motsatte svingningene konsentrerte seg om spesielle perioder: omkring 2 år, 6 år og 14 år. De påpekte at dette hadde sammenheng med variasjoner i de storstilte lufttrykksystemene over den nordlige halvkule. van Loon og Rogers konsentrerte seg kun om svingningene i atmosfæren og de kjente åpenbart ikke til resultatene til de to russerne.

Imidlertid viste Walsh og Johnson i 1979 at de samme motfasesvingningene også avspeilte seg i isutbredelsen over Arktis. Med minkende isutbredelse i Barentshavet, økte isutbredelsen i

Labradorhavet. Således er svingningene med motsatt fase i den nordlige delen av Atlanteren et grunnleggende klimatisk trekk både for atmosfæren, sjøisen og i vannmassene.

Selv om årsakssammenhengen for disse svingningene er uklare, er det uten tvil knyttet til drivkreftene i atmosfæren. Rogers viste i 1984 at klimasvingningene trolig har sammenheng med lufttrykksendringer i atmosfæren vinterstid. Han beregnet avviket fra gjennomsnittet i lufttrykkdifferansen mellom Azorene og Island, og fant at denne trykkdifferansen svingte i takt med temperaturvariasjonene. Disse variasjonene ble tolket som forskyvninger i mektigheten av to store trykksystemer over Nord-Atlanteren, det store høytrykket med senter over Azorene og lavtrykket i nord med senter sør for Island. Fenomenet ble kalt for “Den nordatlantiske svingningen”, eller “North Atlantic Oscillation”, forkortet NAO. I fig. 4.10 a vises tidsserien for NAO for de siste hundre år. Når NAO-indeksen er positiv betyr det at Islands-lavtrykket er kraftig, mens en negativ NAO-indeks betyr svekket Islands-lavtrykk. Fig. 4.10 b viser sjøtemperaturen i Barentshavet for omtrent samme tidsperiode. Det framgår av disse to figurene at det er høy temperatur i Barentshavet når det er en positiv NAO (kraftig Islands-lavtrykk), mens negativ NAO (svekket Islands-lavtrykk) gir lav sjøtemperatur i Barentshavet.

Hva kan så være årsakssammenhengen mellom NAO-indeksen og klima-svingningene? På fig. 4.11 a og b vises trykkanomaliene for de to ekstremverdiene av NAO. Den øverste figuren viser situasjonen ved stor positiv trykkforskjell. Da dominerer Islandslavtrykket, som da også vil bidra til å øke frekvensen av de vandrende lavtrykkene østover i Atlanteren med påfølgende varmt vintervær som sendes mot Skandinavia og Nord-Europa. Dessuten vil dette vindmønsteret bidra til å øke den vinddrevne transporten av varmt atlantisk vann på østsiden av Nord-Atlanteren inn i Norskehavet, mens det samtidig øker transporten av kaldt arktisk vann sørover langs kysten av Østgrønland og Labrador. Følgelig får vi varmt klima i øst og kaldt i vest.

Når trykkforskjellen er negativ, dominerer høytrykket over Azorene framfor Islandslavtrykket som da blir svekket, og vi får en trykkanomali som bidrar til å redusere "køen" av lavtrykk med varm vinterluft innover Skandinavia. Samtidig vil også transporten av varmt atlantisk vann (golfstrømmvann) på østsiden av havet inn i Norskehavet avta og gi kaldere havklima. Dessuten vil transporten av kaldt arktisk vann nedover kysten av Østgrønland og Labrador bli hemmet. Følgelig får vi kaldt klima i øst og varmt i vest.

I 1990 søkte Ikeda en noe annen forklaringsmodell som i for seg ikke står i motstrid til NAO-forklaringen, men som heller utfyller denne: I perioder med stor innstrømning av atlantisk vann til Norskehavet og Barentshavet, vil isutbredelsen i dette området være liten. Følgelig vil varmetransporten til atmosfæren i Arktis

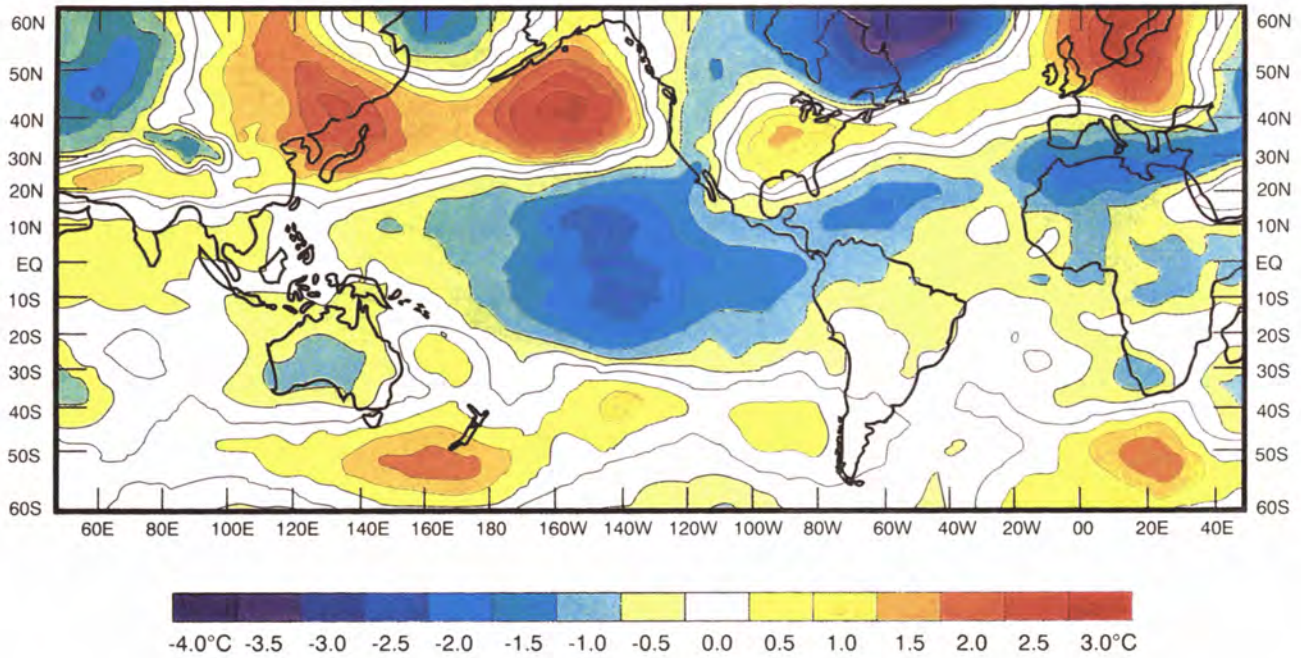
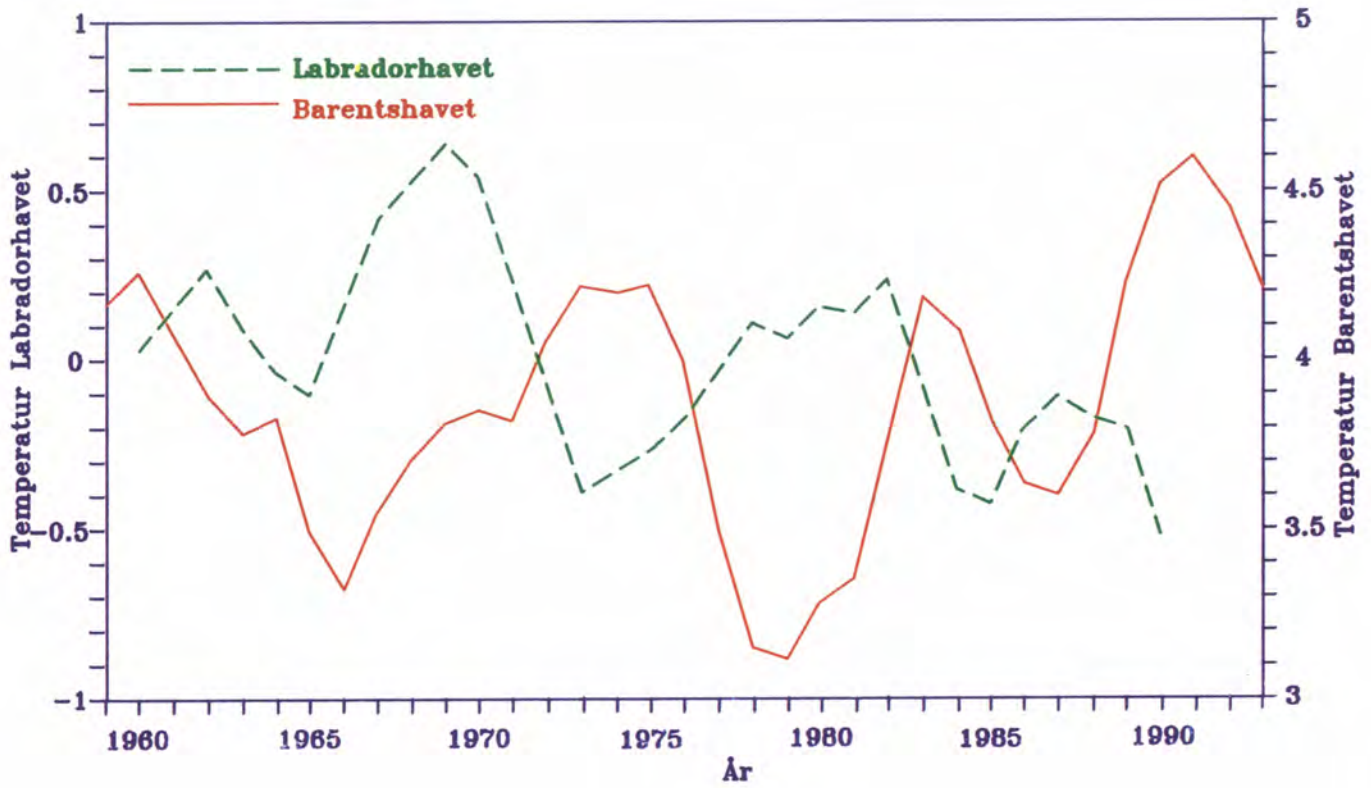
øke og bidra til å forsterke en negativ trykkanomali i atmosfæren over Arktis. Dette vil igjen favorisere en atmosfæresirkulasjon mot urviseren over Arktis, som igjen vil forsterke transporten av varmt atlantisk vann inn i Barentshavet. Vi får det vi kaller en "positiv tilbakekopling" som vil virke inntil den kommer så langt at andre krefter overtar og fører klimatendensen i motsatt retning. Det blir som å sette fart på en svingende pendel. Som et biprodukt av Ikedas forklaringsmodell følger også at denne atmosfæresirkulasjonen over Arktis vil gi forsterket vindtransport av is nedover kysten av Labrador, og følgelig også gi kaldt klima i Labrador og Vestgrønlandsområdet.

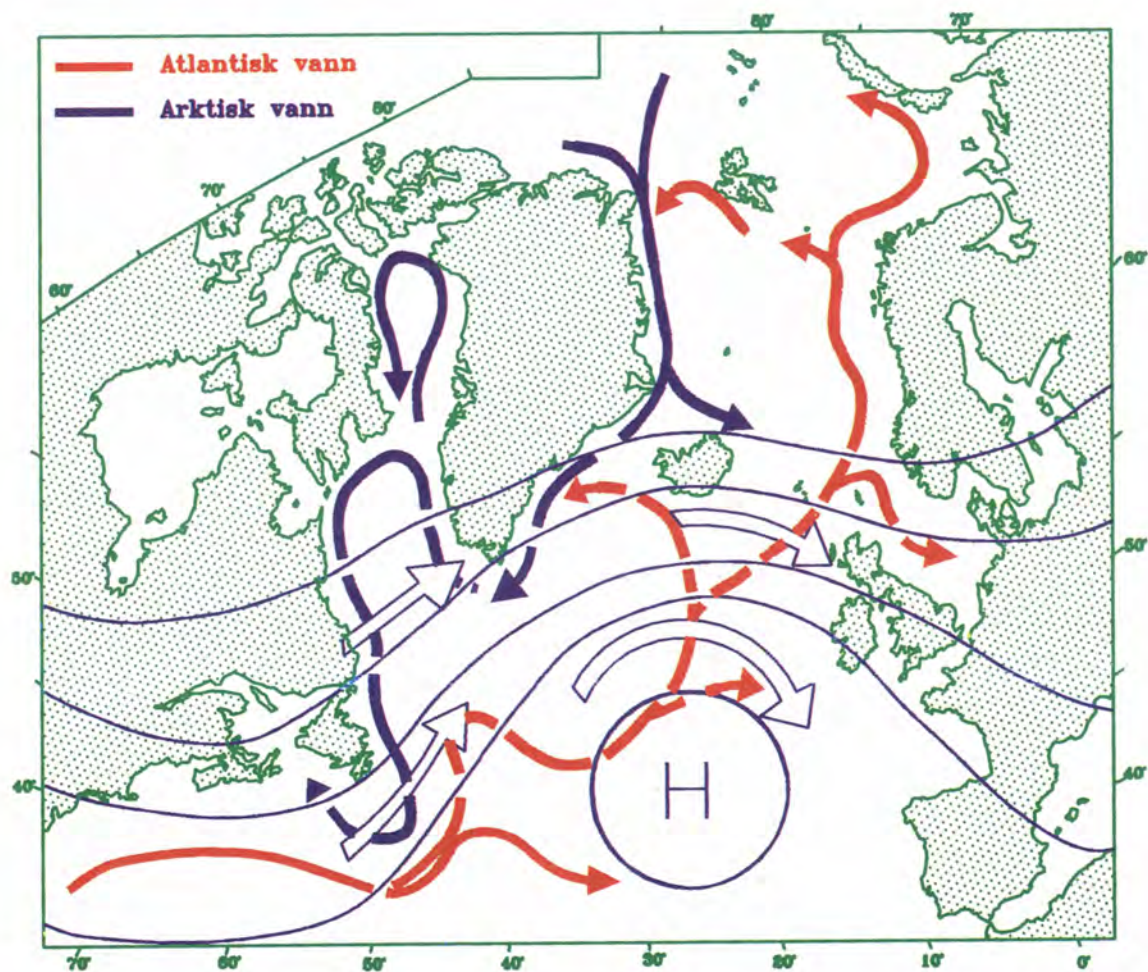
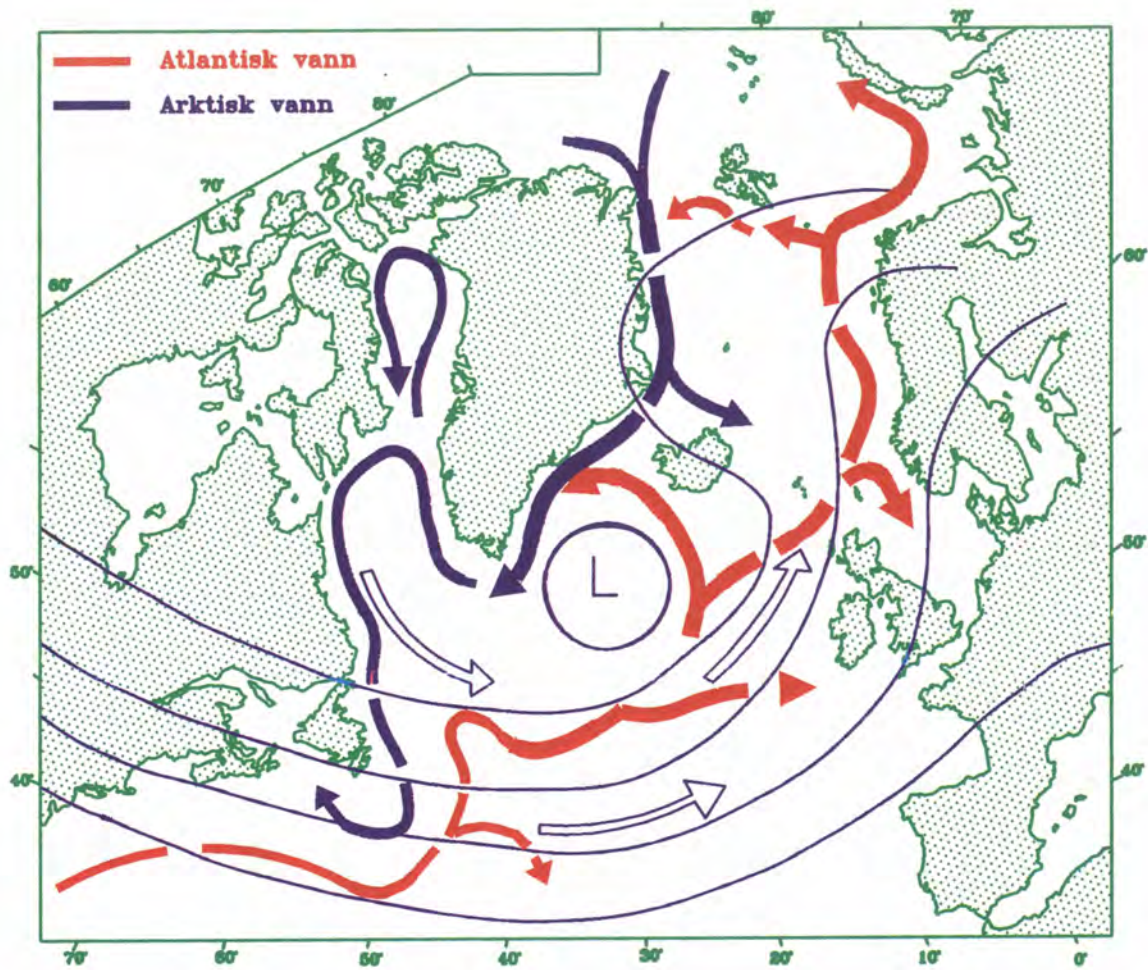
Diskusjonen om det er prosesser i havet eller i atmosfæren som styrer klimavariasjonene er diskusjonen om høna og egget. Økt lavtrykksaktivitet i det nordøstlige Atlanterhavet sender varm vinterluft innover i Norskehavet og øker transporten av varmt atlantisk vann (golfstrømmvann) inn i Norskehavet. Den varme havflaten avgir energi som igjen gir grunnlaget for økt lavtrykksaktivitet. Endringene i atmosfæren er imidlertid mye raskere enn i havet hvor både bevegelsesmomentet og varmekapasiteten er mye større. Således blir virkningene av endringene i atmosfæren på havet dempet i styrke, men varer over mye lenger tid. På den måten blir havet atmosfærens "hukommelse". Barnelærdommen om at det er Golfstrømmen som gir oss det varme klimaet i Skandinavia er i og for seg riktig, men uten sirkulasjonsmønsteret i atmosfæren hadde vi heller ikke hatt en så sterk Golfstrøm. Blindheim viste i 1993 at innstrømningen

Fig. 4.11. Utviklingen av sjøtemperaturen (3 års glidende middel) siden 1960 i Barentshavet (heltrukket linje, representert ved målinger i Kolasnittet) og i Labradorhavet (stiplet linje, representert ved målinger på den faste hydrografiske stasjonen 27 utenfor St. John's på Newfoundland).

Time series of temperature, 3 years running mean, from 1960 in the Barents Sea (the Kola hydrographic section) and in the Labrador Sea (hydrographic station 27 off the coast of St. John's), dashed line

Fig. 4.12. Avviket fra temperaturnormalen i atmosfæren vinteren 1988/89. (nederst) *Global air temperature, deviation from the normal, at the 500 hpa level during the winter December 1988 - February 1989.*





av varme og atlantisk vann til Norskehavet har store sesongmessige variasjoner. Om sommeren er varm og volumtransporten mindre enn halvparten av det den er vinterstid. Det er grunn til å tro at dette er knyttet direkte til den sesongmessige variasjonen i atmosfæresirkulasjonen. Om sommeren domineres varmetilførselen på våre breddegrader av den direkte soloppvarmingen og ikke via tilførsel fra havflaten slik som om vinteren. Da reduseres Islandslavtrykket, vindaktiviteten avtar og følgelig også den vinddrevne transporten av Atlantisk vann.

Men som vist innledningsvis er det ikke bare sesongmessige variasjoner i transporten av varmt atlantisk vann. Det er også store mellomårslige variasjoner. Målinger i hovedinnstrømningen mellom Færøyene og Shetland viser volumtransporter på fra to til mer enn ti Sverdrup (1 Sverdrup er 1 mill. m³ pr sekund). Således er det også store variasjoner i varmetransporten fra den ene vinteren til den andre, og det er vintertemperaturene som gir de store utslagene for livet i havet.

Siden Izchevskii og Elizarov gjorde sine iakttagelser i 1962 er det ikke gjort sammenlignende målinger mellom havklimaet i Barentshavet og Labrador. Har det vært tilsvarende motfasesvingninger mellom de to områdene også de siste 30 årene? I fig. 4.11 er det tegnet tre års glidende middel av årsmiddeltemperaturen for Barentshavet, representert ved det hydrografiske Kolasnittet, og for Labrador representert ved den faste stasjonen utenfor kysten av St. John's på Newfoundland. Det framgår av figuren at det har vært en meget sterk omvendt sammenheng

mellom temperaturen i de to områdene også i den siste 30-årsperioden. Men det har ikke alltid vært slik. Rogers (1994) analyserte sammenhengen mellom NAO-indeksen og motfasesvingningene for de siste hundre årene og fant en høy korrelasjon for mestedelen av tidsserien, med unntak av perioden fra 1920 -1940. Denne perioden er preget av relativt små variasjoner i NAO-indeksen. Følgelig ser det ut til at motfasesvingningene hovedsaklig er et kjennetegn for perioder med stor amplitude på svingningene.

Den siste perioden av svært milde vintre i Skandinavia startet i 1989. Fig. 4.12 viser temperaturanomalien i den øvre delen av atmosfæren vinteren 1988-89. Her ser vi at det største avviket fra middeltemperaturen på hele kloden finnes over henholdsvis Skandinavia og østlige delen av Nord-Amerika - med motsatte fortegn. Den påfølgende årsklassen av norsk-arktisk torsk ble den første i en ny serie med meget sterke årsklasser. Samtidig gjennomgikk kanadierne en katastrofal svikt i veksten i deres torskebestander utenfor kysten av Labrador og Newfoundland. Som en følge av dette økte arbeidsledigheten dramatisk i Newfoundland og fiskeriforvalterne "fikk så ørene flagret", mens norske fiskeriforvaltere ble rost opp i skyene for deres fornuftige forvaltningspolitikk. La det være sagt med en gang at det har vært drevet en fornuftig forvaltningspolitikk i Norge de siste årene, men resultatene av den ville ikke kommet så raskt og med en slik tyngde om forvalterne ikke hadde hatt hjelp av naturen. Det bør vi ha *i mente* neste gang det blir vår tur til å erfare følgene av klimasvingning på nedtur.

Vi har idag fremdeles ingen bevis, ut ifra tids-

Fig. 4.13. (a): Avviket fra normal trykksituasjon i Nordatlanten om vinteren når NAO-indeksen er på sitt maksimale (positiv indeks) og Islandslavtrykket er kraftig.

Deviation from the normal pressure distribution in the North Atlantic when the NAO index is at the maximum, i.e. weak Icelandic Low. The Atlantic current (red arrows) into the Nordic Seas is then strong.

(nederst) (b): Avviket fra normal trykksituasjon i Nordatlanten om vinteren når NAO-indeksen er på sitt minimale (negativ indeks) og Islandslavtrykket er svekket.

De tynne pilene viser strømbildet i Nordatlanten.

Deviation from the normal pressure distribution in the North Atlantic when the NAO index is at the minimum, i.e. weak Icelandic Low. The Atlantic current (red arrow) into the Nordic Seas is then weak.

serier for klimautviklingen de siste hundre år, for at vi er inne i en global oppvarming som følge av økningen i utslippa av karbondioksid. Allikevel blir indisiene stadig sterkere på at så er tilfelle. Både måleserier og forbedrete klimamodeller indikerer det. En av faktorene som vanskeliggjør beviset er vanskene med å beregne en global middeltemperatur, blant annet på grunn av temperaturvariasjoner av ulike typer som eksempelvis de inverse svingningene som omtalt over. Vi kan derfor ikke vite noe om klodens klimatilstand ut ifra erfaringene våre om norske vintertemperaturer fra det ene året til det andre. De klimavariasjonene vi oppfatter fra år til annet er mer et uttrykk for forflytning frem og tilbake av værsystemene over polområdet, noe som altså resulterer i at andre har det kaldt når vi har det varmt, og omvendt.

Ved Havforskningsinstituttets Senter for marint miljø har vi i de siste par-tre årene arbeidet med å utvikle prognoser for havklimaet, et felt med mange usikkerhetsmomenter. Vi må se på utviklingen av havklimaet som et resultat av flere ulike enkeltprosesser med ulik betydning og med ulike svingeperioder. En del av disse prosessene kan forutsis, andre deler av utviklingen er nok helt sikkert ikke forutsigbare. I dette arbeidet er det viktig å forstå hvilke mekanismer som ligger bak klimavariasjoner. Periodiske klimasvingninger i Nord-Atlanteren av den typen som er beskrevet i denne artikkelen vil kunne være lettere å forutsi enn andre komponenter av havklimavariasjonene. Dessuten kan vi i tilfeller som dette, hvor svingningene er motsatte på hver side av Atlanterhavet, etterprøve prognosene våre i Barentshavet med utviklingen i Labrador.

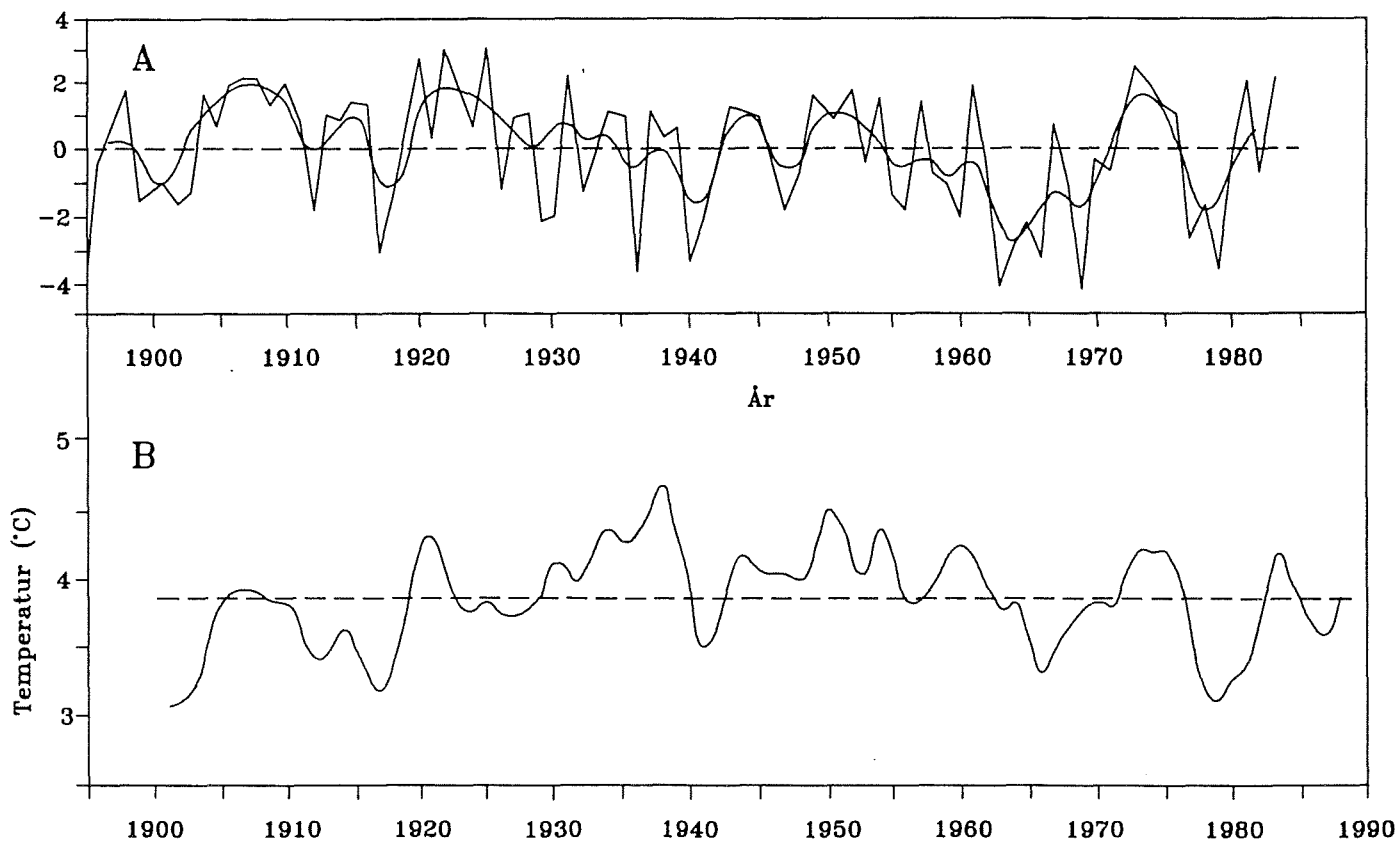


Fig. 4.10. A: Tidsutviklingen av indeksen for «Den nordatlantiske svingningen» (The North Atlantic Oscillation, NAO) i tidsrommet fra 1895 til 1982. Denne indeksen blir beregnet som forskjellen mellom normaltrykket (mb) om vinteren på Azorene og på Island.
Time series of the North Atlantic Oscillation (NAO) index (the deviation from the normal of the winter atmospheric pressure difference between the Azores and Iceland) in the period from 1895 to 1982.

B: Tidsutviklingen av sjøtemperaturen (°C) i Barentshavet i tidsrommet fra 1990 til 1989 representert ved målinger i det såkalte Kola-snittet.
Time series of temperature in the Barents Sea, 3 years running mean, represented by the Kola hydrographic section.

Temperaturprognose for Barentshavet

Av Harald Loeng, Geir Ottersen og Bjørn Ådlandsvik

Etter en mild periode som startet i 1989 ligger havtemperaturen i Barentshavet nå rundt langtidsmiddelet. Forskjellen i vanntemperatur mellom milde og kjølige perioder er "bare" to til tre grader, men en slik temperaturendring har stor innflytelse på både isutbredelse og biologi i et marginalområde som Barentshavet. I gjennomsnitt gir milde år to til tre ganger høyere rekruttering til viktige fiskebestander som torsk, sild og hyse enn hva tilfellet er i kalde år. Historisk har det kun unntaksvis vært god rekruttering til disse bestandene i kalde perioder, mens varme år relativt ofte gir gode årsklasser. I varmere år har fisken dessuten en annen geografisk utbredelse enn i kalde, og veksten er større både hos larver og ungfisk.

Det er strømmen av atlantehavsvann (forlengelsen av Golfstrømmen) som gjør våre nordligste havområder åpne for biologisk produksjon. Både Barentshavet og store deler av Norskehavet ville vært dekket av is uten denne varmekilden. I Barentshavet er den sørlige halvdel dekket av atlantehavsvann og isfri hele året. Graden av isdekning varierer likevel mye med innstrømmende varmemengde. Varmemengden som tilføres Barentshavet er et produkt av volumet av vannmassene som strømmer inn og temperaturen på det innstrømmende vannet. Erfaringsmessig faller høy temperatur sammen med stor vanninnstrømming, mens lave temperaturer er knyttet til liten innstrømming. Innstrømmende varmemengde er vanskelig å observere, mens vi relativt enkelt kan måle temperaturen i vannet. Derfor blir temperaturen benyttet som indikator

på den totale varmetilførselen til Barentshavet. Den lengste temperaturserien i Barentshavet, den russiske serien fra Kola-snittet, går helt tilbake til århundreskiftet og har vist seg å reflektere temperaturvariasjoner i hele havet på en representativ måte. Historiske observasjonsserier viser at det er slik at det kommer flere varme eller kalde år etterhverandre. Med "varme" og "kalde" år menes år der temperaturen ligger henholdsvis over og under langtidsmiddelet. Årsaken til slike svingninger er vanskelig å fastslå, men de henger nært sammen med de storstilte sirkulasjoner i atmosfæren. I høytrykksperioder over Barentshavet er det lavere innstrømming av atlantehavsvann enn i lavtrykksperioder. Disse periodene har gjerne en varighet på tre til fem år, men det er vanskelig å si om det er atmosfæren som styrer sirkulasjonen i havet eller omvendt. Selv om hav og atmosfære er i et stadig samspill gir den store varmekapasiteten til vann betydelig langsommere temperaturendringer i havet enn i atmosfæren. Det er dette som åpner for muligheten til å lage en prognose for temperaturendringer i havet for de nærmeste årene framover, mens meteorologiske varsler blir usikre utover noen få dager.

Alle tar det som en selvfølge at sjøtemperaturen er høyere om sommeren enn om vinteren. Dette vet vi fordi det alltid har vært slik, men det som egentlig ligger bak en slik "varsling" er kunnskap om den dominerende periodiske svingning i sjøtemperaturen, nemlig årssyklusen. Hva om det skulle være svingninger av lengre varighet enn ett år? Disse vil ikke være så tydelige som årssyklusen og vil derfor være vanskeligere å oppdage. Forutsetter vi at temperaturvariasjonen i Barentshavet er sammensatt av mange slike periodisiteter, er det mulig å finne dem ved matematisk analyse (Fourieranalyse, spektral dekomposisjon). Når disse periodene er funnet, tilpasses de beregnede matematiske kurvene den

Tabell 4.2 Perioder (i år) funnet i ulike tidsrekker fra Barentshavsområdet og brukt til varsling av havtemperaturen.
Periods (in years) found in time series from the Barents Sea area and used for forecasting of sea temperature.

Periode i år							
2.6	3.3	5.0	7.3	8.8	11.0	13.0	18.6

observerte perioden og man finner et uttrykk for hvilke periodisiteter som har størst betydning. Ved analyse av forskjellige tidsrekker fra Barentshavet og undersøkelser av tidligere arbeider har vi funnet en del periodisiteter som går igjen. Lengden på disse periodene varierer fra 2.6 til 18.6 år (tabell 4.2).

Forutsetter vi at framtidens temperaturvariasjoner vil være sammensatt av de samme periodene, kan vi bruke denne metoden til å varsle temperaturen i årene som kommer. I prinsippet er det samme metode som benyttes til å forutsi flo og fjære. Forskjellen er at mens alle tidevannskomponenter kan tilskrives kjente astronomiske fenomener knyttet til sol og måne, så er det de færreste av temperatursvingningene i havet som har slike forklaringsfaktorer. Av periodene som er gitt i tabell 4.2 kan den på 11 år knyttes til solfleckaktiviteten og den på 18.6 år til vinkelen månens bane rundt jorden har i forhold til ekvator. De andre seks periodene vi bruker lar seg ikke forklare på samme måte. Nå er flere av disse periodene også kjent fra undersøkelser av variabiliteten i vannmasser andre steder, slik at periodene ikke er enestående for Barentshavet. Dette er med på å styrke vår metode, men den er fortsatt beheftet med en god del usikkerhet. Denne usikkerheten vil øke dess lenger fram i tid det skal varsles. Imidlertid har vi tro på at vi er på rett vei når det gjelder å lage klimaprognoiser. Fra fig. 4.14 ser vi at varselet vårt gir temperaturer for de nærmeste årene som ligger i underkant av langtidsmiddelet og godt under verdiene for de varme årene 1989-93. Fordelen med overnevnte metode er at den angir en verdi for temperaturen, og den er pålitelig såfremt de periodene som benyttes er de som er dominerende i den historiske tidsrekken og for framtidige endringer. Men det finnes også

metoder med et lavere presisjonsnivå. For forvaltningen kan et varsel om at de neste par år blir varme / kalde eventuelt middels være av stor interesse, spesielt hvis varslene også tallfester usikkerheten. Ideen bak denne metoden er klassifisering av de ulike årene i temperaturklasser som varmt / kaldt eller varmt/middels / kaldt (tabell 4.3) der et år defineres som middels dersom årsmiddelet ligger mindre enn 0.2 grader C unna langtidsmiddelet.

Ved å gå tilbake i serien fra Kola-snittet kan en bygge opp en statistikk over kombinasjonen av disse klassene. På bakgrunn av de eksisterende kombinasjonsmønstrene beregnes sannsynligheten for at året som varsles tilhører en bestemt temperaturkategori gitt kategorien til de foregående år. En kan også betrakte dette som et forsøk på å formalisere den subjektive varslingen som allerede foregår. Denne subjektive varslingen støttes nettopp av argumenter som: "Nå har vi hatt et varm periode, i år er det noe kaldere, det er sannsynligvis starten på en kald periode".

Det arbeides også med andre metoder for varsling av havklima. Havforskningsinstituttet har faste stasjoner langs kysten der temperaturen måles regelmessig. Dette, sammen med temperaturobservasjoner i sørlige Norskehavet, gir oss temperaturserier som ligger oppstrøms i forhold til Kolasnittet slik at forandringer i de innstrømmende vannmasser burde kunne observeres før de når Barentshavet og således brukes til varsling. Men varsling på dette grunnlag kompliseres av at innstrømmende varmemengde styres av prosesser på forskjellige tidsskalaer. Dette gjør at enkelte ganger vil få en tilnærmet samtidig temperaturendring over store havområder (som i 1989), mens en andre

ganger observerer at temperaturforandringen forplanter seg sakte oppover norskekysten (som i 1977-78).

varslingsmetoder. Målsetningen er å etablere et permanent varslingssystem for temperaturutviklingen i våre havområder, prognoser som vil være til stor nytte i forskningen omkring bestandsutviklingen for våre viktigste fiskeslag.

Det vil bli arbeidet videre med forskjellige

Temperaturer Kolasnittet

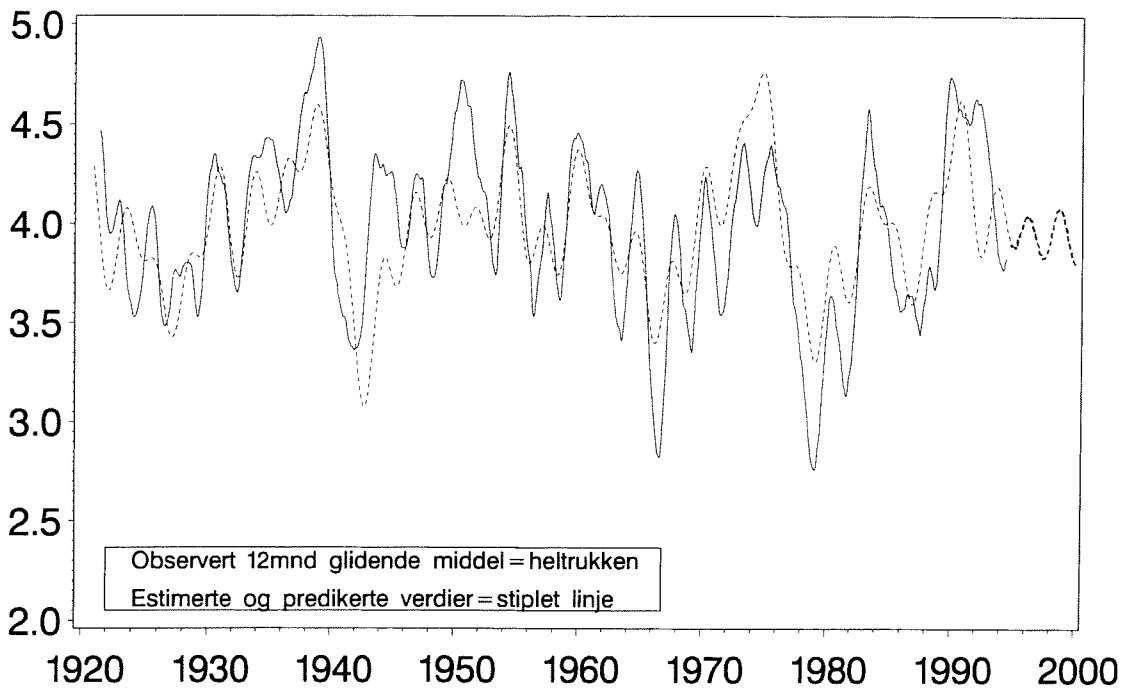


Fig. 4.14 12 måneders glidende middel av månedlige observerte sjøtemperaturer i Kolasnittet (0-200 m) fra 1921 tom 1994 (heltrukken linje), estimerte verdier for samme periode (tynn stiplet linje) og varsler fra 1995 til 1999 (tykkere stiplet linje). Estimerte og varslete verdier framkommer ved å legge sammen harmoniske komponenter på 8 ulike frekvenser (data fra PINRO, Murmansk).

12 months moving average of monthly observed sea temperatures in the Kola section (0-200m) for 1921-1994 (full line), estimated values for the same period (thin stippled line) and forecasts for 1995 to 1999 (thicker stippled line). Estimates and forecasts are done by adding harmonic components from 8 different frequencies) (observations from PINRO, Murmansk.

0	1	2	3	4
01234567890123456789012345678901234567890123456789				
KKKKKMMMMMMMMKMKKKKMMVVMKMKMMKVVKVVVMVVMMKKVVMVMV				
5	6	7	8	9
012345678901234567890123456789012345678901234				
VVVMVVKVKKVVMMKVMKMKVKVMVVKKKKKKVVKKKMVVVMM				

Tabell 4.3. Årene 1900-1994 klassifisert som kalde (K), middels (M) eller varm (V) ut i fra havtemperaturen i Kolasnittet. Et år defineres som middels dersom årsmiddelet ligger mindre enn 0.2 grader unna langtidsmiddelet.

The years 1900-1994 classified as cold (K), medium (M) or warm (V) according to the ocean temperature in the Kola section. A year is defined as medium if the yearly mean deviates less than 0.2 degrees Celsius from the overall mean.

Krill og lodde i Barentshavet

Av P. Dalpadado og H. R. Skjoldal

Krill er viktig føde for mange kommersielt og økologisk viktige fiskearter i Barentshavet; lodde, sild, torsk, hyse, uer og polartorsk. For loddene er krillen ofte den viktigste næringsorganismen, om våren kan opp til 98 % av loddas er-

næring regnet i kalorier komme fra krill. Loddebestanden i Barentshavet har vært overvåket i lang tid, fra og med 1984 har en også god oversikt over mengde og fordeling av krill i området.

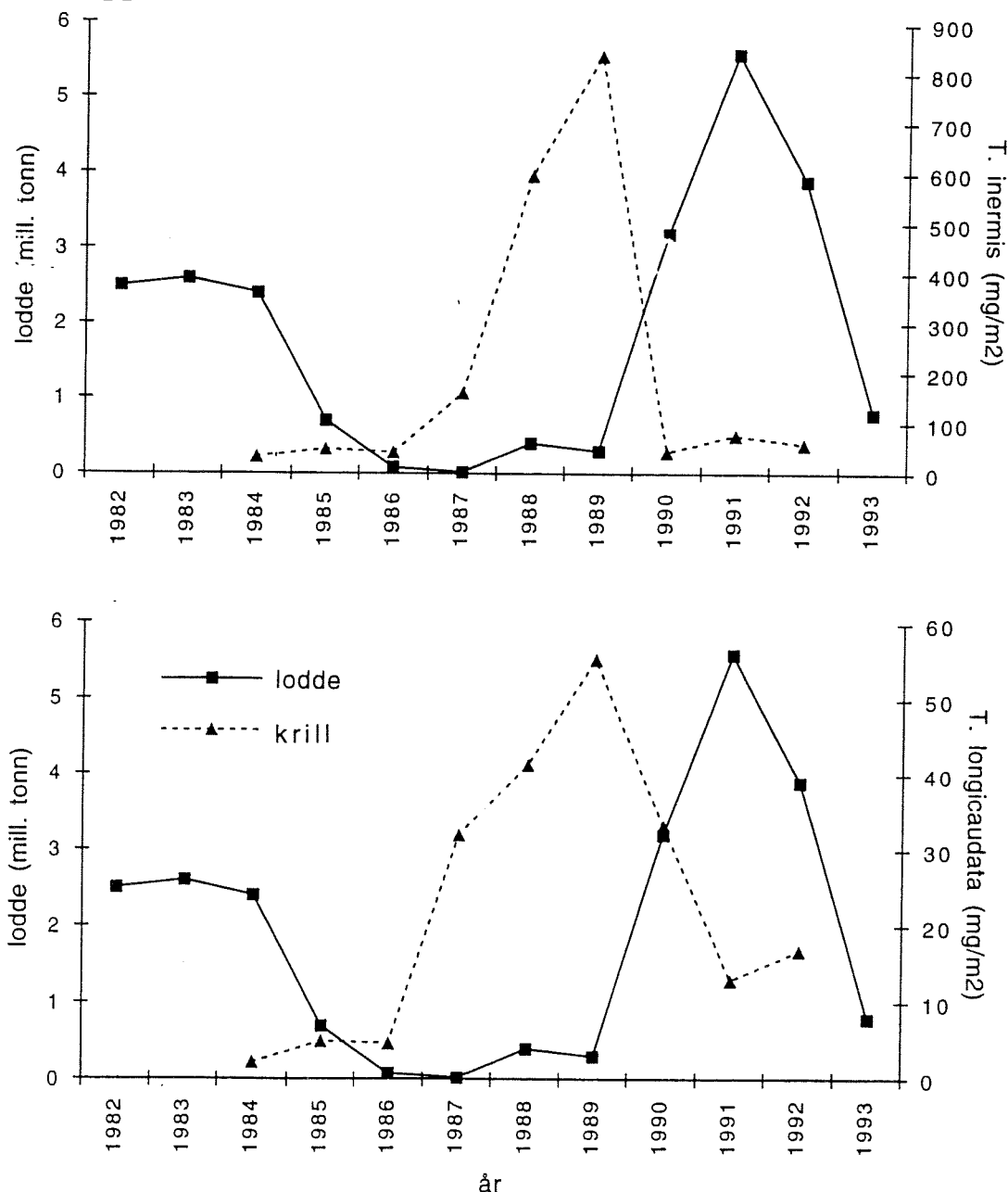


Fig. 4.15

Variasjon i mengden av krill (mg tørrvekt/m²) og bestanden av to år gammel og eldre lodde i Barentshavet i perioden 1982-1993.

Krill (mg dryw./m²) and the capelin stock (2 years and older) in the Barent Sea during 1982-1993

Undersøkelsen er basert på innsamling av krill i Barentshavet i perioden 1984-1992, en periode hvor det skjedde drastiske endringer i loddebestanden.

Krillen ble fanget i MOCNESS, en liten planktontrål utstyrt med åtte nett. Organismene ble artsbestemt, lengdemålinger, kjønnsbestemmelse etc. ble foretatt. På bakgrunn av lengdefordelingene var det også mulig få en oversikt over alderssammensetningen hos krillen.

Det er to krillarter som dominerer i Barentshavet; *Thysanoessa inermis* og *T. longicaudata*. Begge artene har sin hovedutbredelse i atlantiske og subarktiske vannmasser i Barentshavet, og forekommer kun i små mengder i rene arktiske vannmasser. De største forekomstene av *T. inermis* og *T. longicaudata* ble funnet sør og sørvest for Svalbardbanken, med tettheter på henholdsvis 207 og 100 ind./m².

Lengdefordelinger av de to viktigste artene viste vanligvis at *T. inermis* besto av 3 eller 4 ulike aldersgrupper, *T. longicaudata* av en eller to. Fig.5.15 viser biomassen av *T. inermis* og *T. longicaudata* i perioden 1984-1992 sammen med mengden av voksen lodde i Barentshavet mellom 1982 og 1993. Loddemengdene avtok drastisk fra ca. 2.6 mill. tonn i 1984 til ca. 0.02 mill. tonn i 1987. Den sterkt reduserte loddebestanden i 1987 skyldes delvis de små planktonmengdene i Barentshavet som ga en redusert individuell vekst hos lodda. Loddebestanden økte igjen sterkt i 1990 og nådde et maksimum på ca. 6 mill. tonn i 1991. For krillens vedkommende ble

det observert et motsatt forløp; mens loddemengden var liten økte mengden krill til den nådde et maksimum for *T. inermis* og *T. longicaudata* på h.h.v. ca. 50 og 35 ind/m² som gjennomsnitt i utbredelsesområdet. Den sterke økningen i loddebestanden i 1990 ga et samtidig drastisk fall i mengden krill, for *T. inermis* fra ca. 50 til ca. 3 ind/m². Omregnet i vekt ble det målt en reduksjon i *T. inermis* fra ca. 1100 mg/m² i mai 1989 til ca. 50 mg/m² i september året etter.

Også lengdefordelingen av krillen synes å ha sammenheng med mengden lodde. De største (>20 mm) og eldste individene (3 og 4 år) av *T. inermis* ble funnet i perioden 1987 til 1989, på en tid da loddebestanden var på det laveste. Da beitingen på krillen var lavt, var det mulig for en større del av krillbestanden å vokse opp til en alder av 3-4 år. Senere, da loddebestanden hadde tatt seg opp igjen, forsvant denne gruppen av gamle og store individer.

Reduksjonen i loddebestanden i midten av 80-årene lettet sannsynligvis beitepresset på krillen, noe som resulterte i økning i krillmengdene. De høye krillmengdene ga så en rask individuell vekst hos lodda og en hurtig oppbygging av loddebestanden.

Undersøkelsen antyder at krillforekomsten i Barentshavet i stor grad er bestemt av predasjon fra lodde. Andre undersøkelser viser også at mengdene av amfipoder varierer i forhold til loddebestanden.