

MILJØRAPPORT 1994



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

INSTITUTE OF MARINE RESEARCH

FISKEN OG HAVET, SÆRNUMMER 2 - 1994

ISSN 0802 0620

MILJØRAPPORT

1994

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Mars 1994

INNHold:

Forord	5
Prognoser for 1994	6
Prognosis for 1994	7
Sammendrag	8
Summary	11
Innledning	14
Barentshavet	17
Norskehavet	33
Nordsjøen og Skagerrak	60
Aktuelle tema:	
Lund og sild ved Røst, hva hendte sommeren 1993?	81
Import av fiskeyngel til norske farvann?	94

MILJØRAPPORT 1994

FORORD

Miljørapporten fra Senter for Marint Miljø ved Havforskningsinstituttet utgis årlig . For å lette evt forespørslers om et eller flere av de emner som omtales i rapporten er det under gitt en oversikt over forskere som har hatt hovedansvaret for de enkelte kapitler:

Barentshavet

Havklima: H. Loeng

Dyreplankton: A. Hassel og H.R. Skjoldal

Yngelproduksjon-lodde: P. Fossum

Miljøgifter: K. Stange

Radioaktivitet : L. Føyn

Norskehavet og kysten

Havklima : J. Blindheim og E. Svendsen

Plankton og næringssalter: J.H. Fosså, H.R. Skjoldal og F. Rey

Yngelproduksjon-sild: P. Fossum

Sunket atomubåt : L. Føyn, J. Blindheim og B. Ådlandsvik

Oljeulykken ved Shetland: T. Knutsen og J. Klungsøyr

Miljø og sild i Ofotfjorden: F. Rey

Nordsjøen og Skagerrak

Havklima: D. Danielssen og E. Svendsen

Næringssalter, oksygen, planteplankton og maneter: E. Dahl, D. Danielssen og B. Bøhle

Skadelige alger: E. Dahl

Fjorder på Sørlandet : J. Aure og D. Danielssen

Miljøgifter og tungmetaller: J. Klungsøyr

Redaktør: Jan Aure

Roald Sætre

Senterleder

PROGNOSER FOR 1994

Temperaturnedgang i alle kyst -og havområder

Barentshavet- temperaturen vil falle under langtidsnormalen i løpet av året, størst avkjøling i de østlige områdene, mindre tydelig i vest.

Norskehavet- temperaturreduksjon men fortsatt over langtidsnormalen. Størst reduksjon i nordlige Norskehav.

Kysten- temperaturen under langtidsnormalen for hele kysten.

Nordsjøen- reduksjon til verdier omkring langtidsnormalen. Temperaturen i Skagerrak dypvann vil avta men vil trolig fortsatt ligge over langtidsnormalen de nærmeste årene.

Forverrete isforhold i Barentshavet

Økt isdekke vinteren 1994 i forhold til de siste 2-3 vintrene. Størst endring i isforholdene vil en trolig få i de østlige deler og i området Bjørnøya-Sentralbanken.

Fortsatt dårlig rekruttering av lodde

Skyldes liten gytebestand og ungsildas nedbeiting av loddelarver

Gode næringsforhold og derved god individuell vekst for den reduserte loddebestanden

Det forventes en høy overvintringbestand av dyreplankton som gir gode vekstutsikter for lodde i sentrale og nordlige deler av Barentshavet

Redusert sannsynlighet for god rekruttering av sild, torsk og hyse

Skyldes forverrete klimaforhold. Stor gytebestand av torsk og sild kan imidlertid motvirke den klimatiske effekten på rekrutteringen

PROGNOSIS FOR 1994

Reduced temperatures in all coastal and oceanic areas

The Barents Sea- temperature will decline to below the long- term mean during the year, highest cooling in the eastern areas, less pronounced in the western areas.

The Norwegian Sea- reduction in temperature but still above the long-term mean. The largest reduction in the northern part of the ocean.

Coastal areas- temperatures below the long- term mean along the whole coast.

The North Sea- fall in temperature to around the long- term mean. Temperature reduction in the Skagerrak deep water but probably still above the long- term mean for the nearest years.

More severe ice condition in the Barent Sea

Increase in ice covered areas during the winter of 1994 compared to the last 2-3 winters. The largest change in the ice condition will probable occur in the eastern part and in the Bear Island-Central Bank area.

Continual poor recruitment to the capelin stock

Due to small spawning stock and grazing on capelin larvae by juvenile herring.

Good feeding conditions and thereby high individual growth for the reduced capelin stock

The expected high wintering population of zooplankton will result in favourable growth conditions for capelin in the central and northern Barent Sea.

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

Due to more severe and unfavorable climatic conditions. However, high spawning stocks of cod and herring may reduce the climatic effect.

SAMMENDRAG

Den gunstige klimaperioden i de "norske" fiskeriområdene, som siden 1988/89 har bidratt til god rekruttering og vekst i våre viktigste fiskebestander, ser nå ut til å være på hell.

I Barentshavet var det et maksimum i sjøtemperaturene omkring 1990/91. Etter 1991 har det vært et lite og jevnt temperaturfall, men temperaturene lå fortsatt over langtidsmiddelen høsten 1993. Temperaturene i Barentshavet vil trolig fortsatt synke i 1994 og etterhvert ligge noe under langtidsnormalen. Avkjølingen vil bli størst i de østlige delene og noe mindre tydelig i vest. Det ventes også forverrete isforhold vinteren 1994.

Som for Barentshavet, tyder de siste observasjonene på at temperaturene i de atlantiske vannmassene i Norskehavet fortsatt vil synke, men trolig vil de også i 1994 ligge noe over langtidsnormalen. Det relativt største temperaturfallet vil trolig inntreffe i de nordlige delene av Norskehavet, langs norskekysten og i de grunnere områdene av Nordsjøen hvor temperaturene vinteren 1994 trolig igjen vil ligge under langtidsnormalen. I de dypere lag av Skagerrak var temperaturene i 1993 fortsatt betydelig over normalen, men også her ventes en temperaturnedgang de nærmeste årene

Loddebestanden i Barentshavet har de siste årene hatt en kraftig nedgang til tross for de tilsynelatende gode klimatiske forhold for rekruttering. Lodda synes å ha vært utsatt for en massiv nedbeiting av andre fiskeslag, og det er i første rekke ungsilda som ser ut til å være den største "synderen". Det ventes imidlertid en god dyreplanktonproduksjon i de sentrale og nordlige områdene av Barentshavet i 1994. Dette vil kunne bidra til god individuell vekst for den reduserte loddebestanden.

Den gode rekrutteringsbølgen av sild fra og med 1988, knyttet til den økte gytebestanden i 1988 og den generelle bedringen i havklimaet, fortsatte også i 1993 med den høyeste silde-larveindeks observert de siste 11-12 årene. Observasjoner senere på året i 1993 viste at også 1993-årsklassen av sild var betydelig og trolig den fjerde beste siden sammenbruddet av sildestammen på 60-tallet. Den ventete temperaturnedgang vil redusere sannsynligheten for god rekruttering i 1994 og trolig også for de nærmeste årene.

Den første kartleggingen av dyreplankton i forbindelse med Norskehavsprogrammet, *Mare cognitum*, foregikk sommeren 1993. Hovedformålet var å kartlegge utbredelse og mengde av dyreplankton i forhold til storskala sirkulasjon (havstrømmene). Hovedinnsatsen ble lagt til Norskehavet, hvor man antar at den voksende bestanden av norsk vårgytende sild vil ha sine

beiteområder i årene som kommer.

I Ofotfjorden og Tysfjord i Nordland “overvintrer” ca 3 millioner tonn sild. Dette har foregått siden 1988 og har resultert i en kraftig nedgang i oksygenivået i fjordsystemet i vintermånedene. Den siste tids målinger viser også at oksygenivået i de dypere delene av fjorden ikke klarer å “ta seg opp igjen” før silda igjen vandrer inn i Ofotfjorden utover senhøsten.

I 1991-93 har Havforskningsinstituttet drevet en omfattende kartlegging av miljøgifter i Barentshavet (AMAP= Artic Monitoring Assesment Programme). Foreløpige resultater viser feks at innholdet av PCB i torskelever er lavere enn typiske verdier målt i torsk fra Nordsjøen og Skagerrak. Det er likevel betenkelig at disse naturfremmede syntetiske stoffene kan påvises i all fisk så langt nord som i Barentshavet, selv om de ligger godt under de verdiene mange land har definert som grense for omsetning av fiskeprodukter. Dette retter søkelyset på hvor viktig det er å få kartlagt forurensningssituasjonen i Arktis og ikke minst betydningen av arbeidet med utfasing av miljøgifter både på nasjonalt nivå og gjennom internasjonale avtaler.

I 1993 ble det gitt tillatelse til å undersøke dumpsteder for fast radioaktivt avfall i enkelte fjorder på Novaja-Semlja og ute i selve Karahavet. Det ble høsten 1993 gjennomført et felles norsk-russisk tokt med deltagere fra en rekke norske institusjoner, og med Havforskningsinstituttet som operativt ansvarlig. De foreløpige resultatene fra undersøkelsene ga ingen indikasjoner på økte nivåer av radioaktivitet i områdene med dumpet fast radioaktivt avfall.

Undersøkelser av vann og sediment omkring den sunkne russiske atomubåten “Komsomolets”, som ligger på ca 1650 m dyp sørvest av Bjørnøya, viste at det var svært lave Cesium-137-verdier i vann og sediment like rundt ubåten. Ut fra undersøkelsen foran, fra strømmålinger og modellsimuleringer kan det konkluderes med at de små mengdene av radioaktivt materiale fra den sunkne ubåten ikke representerer noen fare for fiskeriområdene i Barentshavet eller andre steder. Heving av vraket er derimot en meget risikofylt operasjon, og evt. uhell kan medføre betydelig spredning av radioaktivitet i overflatelaget.

Oljeulykken i januar 1993, da oljetankeren M/V “Braer” gikk på grunn på sydspissen av Shetland skapte bl.a. sterk bekymring for endel viktige gyteområder mellom Shetland og Orkenøyene. Da F/F “Michael Sars” ankom Shetland, hadde hovedtyngden av oljen fra M/V “Braer” lekket ut og spredd seg til et 40 km langt belte oppover langs land på vestsiden av Shetland. Den kraftige, sørvestlige vinden resulterte også i at de flyktige og lettere olje-komponentene ble ført inn over land umiddelbart etter havariet og forurenset et større område

beiteland og dyrket mark. De første synlige effekter av oljeforurensing på det marine miljø viste seg i form av død sjøfugl, sel og sjøoter. Svært utsatt var også de lokale fiskeriene og spesielt lakseoppdrettsanleggene som er tallrike på vestkysten av Shetland. Myndighetene innførte derfor allerede 8. januar en fiskeforbudssone rundt den sørlige del av øygruppen, for å hindre oljeforurenset fisk i å komme ut på markedet. De spesielle strømforholdene på sydspissen av Shetland med vestlig og nordlig strøm nær land, og den store nedblandingen av olje pga av det dårlige været, reduserte etterhvert oljeutslippet på ca 85 000 tonn fra M/V "Braer" til et "lokalt" problem for Shetland.

I april 1993 var det relativt små tilførsler av menneskeskapt næringsalter til Skagerrak fra sørlige Nordsjøen. På bakgrunn av næringsaltsituasjonen og algesammensetningen i april ble risikoen for oppblomstring av skadelige alger i Skagerrak i løpet av mai vurdert til å være liten. Det var ingen alvorlige "algeepisoder" med fiskedød langs kysten i 1993, men i mars mistet et par lakseoppdrett på Vestlandet forholdsvis mye fisk under kiselalgenes våroppblomstring. I april/mai var det noe dødelighet blant oppdrettsfisk i Sørfjorden ved Osterøy nord for Bergen, og i mai døde oppdrettsfisk i brønnbåt i Byfjorden ved Bergen. Under begge de siste episodene ble det registrert ulike arter *Chrysochromulina* i sjøen. I begynnelsen av august forårsaket *Prymnesium* appetittmangel og endel dødelighet blant oppdrettsfisk i Sandsfjordområdet i Ryfylke. *Gyrodinium aureolum*, som har vært den vanligste årsaken til fiskedød i oppdrettsanlegg langs vår kyst, forekom bare i små mengder i 1993.

Problemerkene med alger som kan forårsake giftige skjell var forholdsvis store i 1993, spesielt i Sør-Norge i løpet av høsten. Det var særlig den diarégivende algen *Dinophysis* som forekom i uvanlig store mengder.

SUMMARY

Since 1988/89 favourable climatic conditions in the areas of Norwegian fisheries contributed to good recruitment and growth of the most important fish stocks in our areas. This period now seems to be coming to an end.

In the Barents Sea maximum water temperature was reached around 1990/91. Since 1991 there has been a slight but steady temperature decrease. However, in the fall of 1993 the temperature was still above the long term mean. This cooling will be more pronounced in the eastern parts and less in the western parts of the Barents Sea. More severe ice conditions are expected for the winter of 1994.

Recent observations indicate that temperatures in the Atlantic water masses of the Norwegian Sea will continue to decline. Still, the temperatures in 1994 are expected to be above the long term mean. In the deeper water layers of Skagerrak, temperatures in 1993 were considerably above the average. A decrease in temperatures in the deep water is expected the next few years.

The capelin stock in the Barents Sea declined considerably during the last years, even though the climatic conditions were favourable for recruitment. Apparently the capelin have been facing massive predation from other fish species. The young herring appears to be the "scapegoat". However, high production of zooplankton in central and northern areas of the Barents Sea is expected in 1994. This may contribute to good individual growth for the reduced capelin stock. Improvement in recruitment of herring started in 1988 due to the high spawning stock in 1988 and favourable ocean climatic conditions. This trend continued in 1993, illustrated by the highest herring larvae index measured in 11-12 years. Observations made in the fall of 1993 showed that the -93 year class of herring is large, probably the 4th largest since the collapse of the herring stock in the 1960'ies. The expected decrease in water temperatures will reduce the probability of good recruitment in 1994, and possibly also the next few years.

The first survey of zooplankton under the program Mare cognitum in the Norwegian Sea was conducted in the summer of 1993. The main objective was to measure distribution and mass of zooplankton in relation to large ocean circulation. The main effort was focused in the Norwegian Sea where the growing stock of Norwegian spring spawning herring is expected to have its feeding areas in the years to come.

Since 1988 about 3 million tons of herring have spent the winters in Ofotfjorden and Tysfjord in Nordland, northern Norway. As a result of this, the oxygen level in these fjords are greatly

reduced during the winter months. Surveys indicate that the deeper layers do not "recover" from this reduction in oxygen content before the herring migrate back into the fjords the next fall.

Sediments, fish and zooplankton from the Barents Sea have been collected in 1991-1993 for analyses of environmental pollutants under the program AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme). Preliminary results show that levels of PCB in cod liver is lower than typical values measured in cod from the North Sea and Skagerrak. The levels are well below limits several countries have defined as harmful in fish consumption advisories. It is still alarming that these man made pollutants are found in all fishes as far north as the Barents Sea. This highlights the importance of a pollution survey of the Arctic as well as the importance of the work in progress, both nationally and through international agreements, to restrict and ban the use of environmentally harmful pollutants.

In 1993 permission was given to collect samples at dumping sites for solid radioactive waste in selected fjords at Novaja-Semlja and in the Kara Sea. Institute of Marine Research arranged in the fall of 1993 a Norwegian-Russian joint cruise with participants from several Norwegian institutions. Preliminary results from this survey gave no indication of increased levels of radioactivity in the areas of solid radioactive waste dumping.

A survey of radioactivity in water and sediments around the sunken Russian submarine "Komsomolets", which is located at 1650 m depth south-east of Bjørnøya, showed very low levels of Caesium-137. Based on this survey and measurements of ocean currents and model simulations, it is concluded that the small amounts of radioactive materials in the sunken submarine do not represent any threat to the fisheries in the Barents Sea or other nearby areas. On the other hand, surfacing the wreck is associated with high risk. A possible accident during this operation could lead to considerable spread of radioactivity in the surface water layers.

The oil spill which occurred when the tanker M/V "Braer" foundered at the southern tip of the Shetland Islands in January 1993 led to concern regarding the important spawning grounds between the Shetlands and the Orkney Islands. When F/F "Michael Sars" arrived at the site, most of the oil had leached out from the wreck and formed a 40 km long oil slick along the western coast of the Shetlands. A strong south-westerly wind spread the more volatile, lighter oil components over a large area of coastal land. Pastures and cultivated soil were polluted. The first visible effects of oil pollution in the marine environment were observations of dead sea birds, seals and sea otters. The local fisheries, especially the numerous fish farms on the west coast of the Shetlands, were vulnerable to the oil spill. Fishing in areas around the southern part

of the islands was banned by the government to prevent fish affected by oil pollution from getting out on the market. A combination of the unique oceanographic conditions at the southern tip of the Shetland Islands and severe weather at the time of the accident restricted the effects of the 85 000 ton oil spill to local problems at the Shetland Islands.

*In April 1993 there was a relatively small contribution of anthropogenic nutrients to Skagerrak from the southern North Sea. Based on the nutrient situation and the species distribution of phytoplankton in April, the risk of facing a harmful algal bloom in Skagerrak was considered small. There were no serious episodes of algal blooms including fish deaths along the coast in 1993. However, in March some fish farms on the west coast lost fish during the diatom spring bloom. In April/May some losses were observed in fish farms in Sørffjorden (Osterøy north of Bergen). In May fish died in a well boat in Byffjorden (Bergen). During both these two episodes different species of *Chrysochromulina* were observed in the sea. In early August *Prymnesium* caused reduced appetite and some deaths in fish farms in Saudafjord in Ryfylke. *Gyrodinium aureolum*, which has been the most common cause of death in fish farms along our coast, appeared only in small numbers in 1993.*

*Algae which cause problems with poisonous mussels were relatively frequent in 1993, especially in southern Norway during the fall. The diarrhea-causing algae *Dinophysis* was more abundant than usual.*

1. INNLEDNING

Havforskningsinstituttets oppgave er gjennom forskning å fremskaffe kunnskapsgrunnlaget for en bærekraftig forvaltning av havmiljøet og for en økologisk forsvarlig høsting av våre fiskeressurser. 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 få varsel om mulige økologiske skadevirkninger og som en renhetsgaranti for norske fiskeprodukter. Miljøundersøkelser har derfor alltid hatt en fremtredende plass i Havforskningsinstituttets virksomhet.

Denne rapporten tar sikte på å beskrive miljøtilstanden for norske hav- og kystområder i 1993 og gjør et forsøk på å gi prognoser for utviklingen i 1994. Disse prognosene er statistiske predikasjoner som bygger på studier av våre lange tidsserier og på erfaringsgrunnlaget fra det som tidligere har skjedd i lignende klimatiske situasjoner. 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

Denne består av et system av:

- * Faste hydrografiske kyststasjoner som tas 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

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

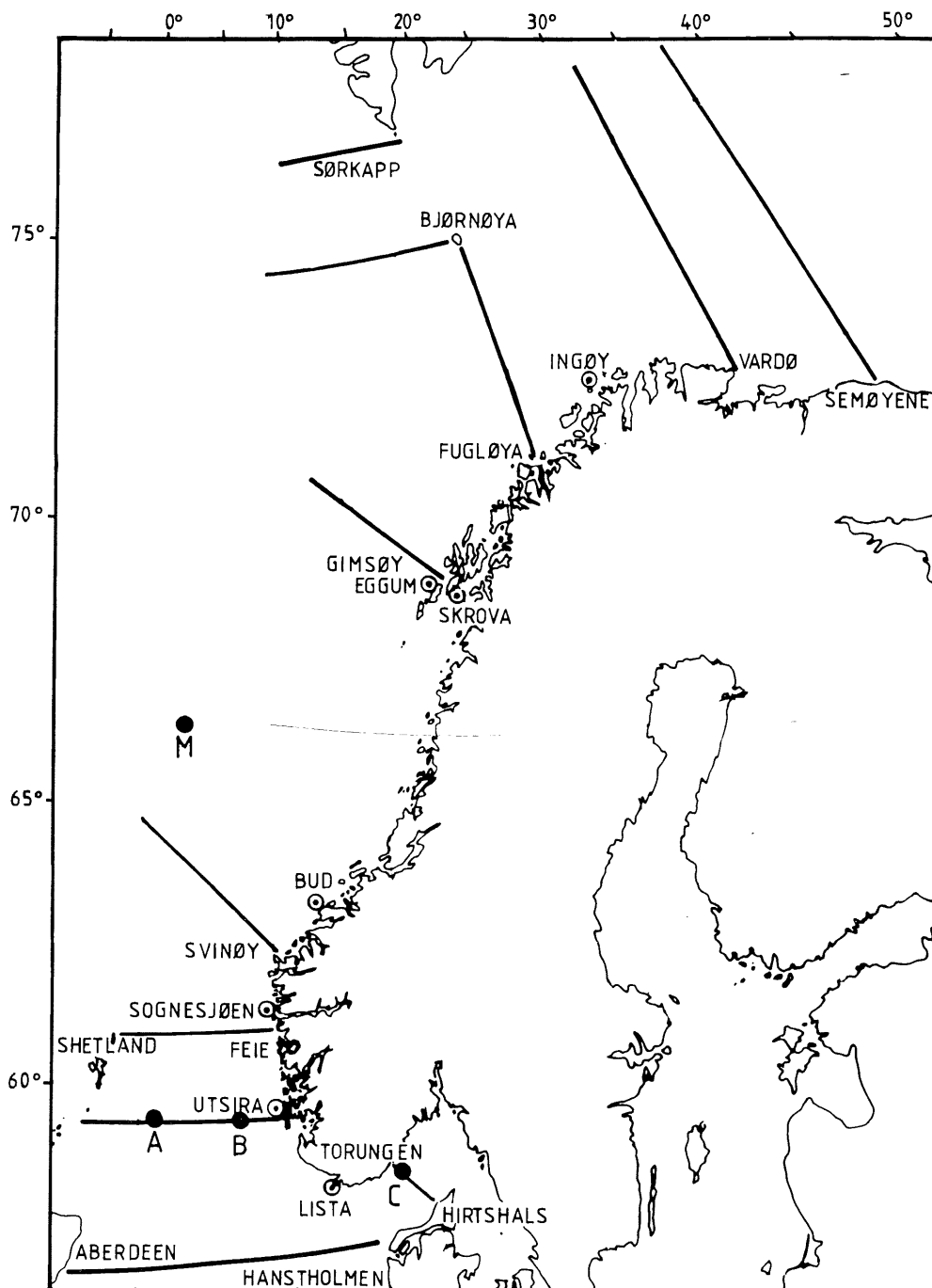
Overvåking av klima- og produksjonsforhold i havområdene

Dette er et system av faste oseanografiske snitt som gjentas med regelmessige mellomrom

kombinert med en mindre hyppig regional dekning for overvåkning og tilstandsvurdering av:

- Havklima
- Primær - og sekundærproduksjon
- Rekruttering og tilstand i fiskebestandene

Grunnstammen i overvåkingsprogrammet er en rekke faste hydrografiske snitt og stasjoner langs kysten (fig.1). På de faste stasjonene blir det observert 1-3 ganger i måneden av lokale



observatører mens standardsnittene blir gjennomført med egne fartøy, 1 - 6 ganger i året. Måleseriens lengde for de faste snittene er nå nesten 40 år for de lengste, mens tidsseriene for de faste stasjonene går nærmere 60 år tilbake. Disse måleseriene representerer et svært verdifullt materiale for å avdekke svingninger i havklimaet. Måleprogrammet på de faste stasjonene på Sørlandet er blitt utvidet de senere år som en del av Kystovervåknings-programmet administrert av SFT:

Tilstanden i våre havområder avgjøres i stor grad av egenskaper ved de store strømsystemene (fig.3.1). For Norge betyr Den norske atlantehavsstrøm og Den norske kyststrøm mest. Store mengder av temperert og salt vann fra Atlanterhavsstrømmen trenger inn i Norskehavet gjennom åpningen mellom Shetland og Færøyane. En del av vannmassene fra Atlanterhavsstrømmen tar midlertidig opphold i Nordsjøen, mens hoveddelen strømmer nordover langs norskekysten på utsiden av den mindre salte kyststrømmen som kommer fra Østersjøen og Skagerrak/Kattegat. Variasjoner i strømsystemenes vannføring og i deres fysiske egenskaper svarer for en vesentlig del av de klimavariasjoner som vi kan observere.

2. BARENTSHAVET

2.1 Klima

Siden 1989 har det vært en relativt varm periode i Barentshavet med et maksimum i sjøtemperaturene rundt årsskiftet 1990/91 (fig.2.1). Utover høsten 1992 ble det observert et lite, men jevnt temperaturfall, og det ble antatt at temperaturene ville reduseres til under det normale i løpet av vinteren 1993. Imidlertid stoppet fallet ved årsskiftet, slik at temperaturen i første halvår 1993 var omlag på samme nivå som året før. I siste halvår fortsatte imidlertid temperaturfallet med noe større temperaturreduksjon i de østlige deler i forhold til innstrømningsområdet for atlantiske vannmasser mellom Troms og Bjørnøya (fig.2.2). Den hurtigere avkjølingen i øst har sammenheng både med at tilførselene av atlantehavsvann generelt avtar østover i havet og med lavere lufttemperaturer i disse områdene.

Middeltemperaturen i Barentshavet falt med ca $0,4^{\circ}\text{C}$ i løpet av 1992/93, men lå allikevel høsten 1993 fortsatt ca. $0,3^{\circ}\text{C}$ over langtidsmiddelen. Det forventes et fortsatt temperaturfall i Barentshavet og temperaturforholdene vil derfor trolig nærme seg det normale i løpet av 1994.

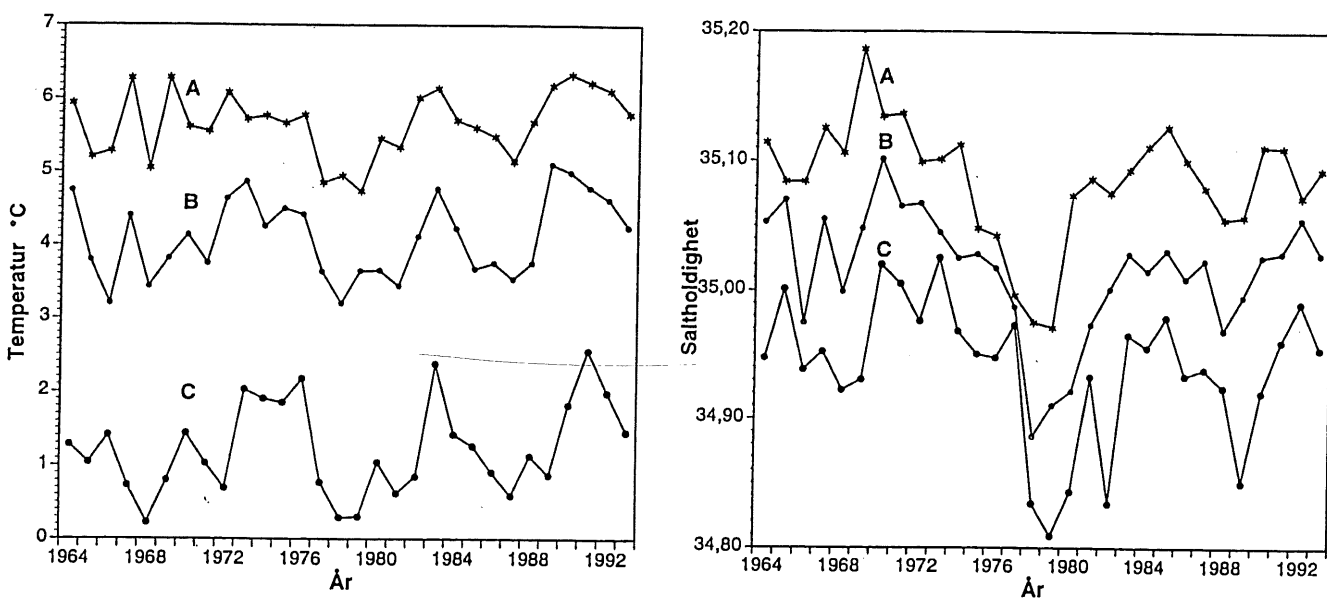


Fig. 2.1 Temperatur og saltholdighet i snittene Fugløya-Bjørnøya (A), Vardø-Nord (B) og Semøyene-Nord (C) i perioden 1963-93.

(Temperature and salinity in the sections Fugløya-Bjørnøya (A), Vardø-North (B) and Sem Islands-North (C), 1963-93).

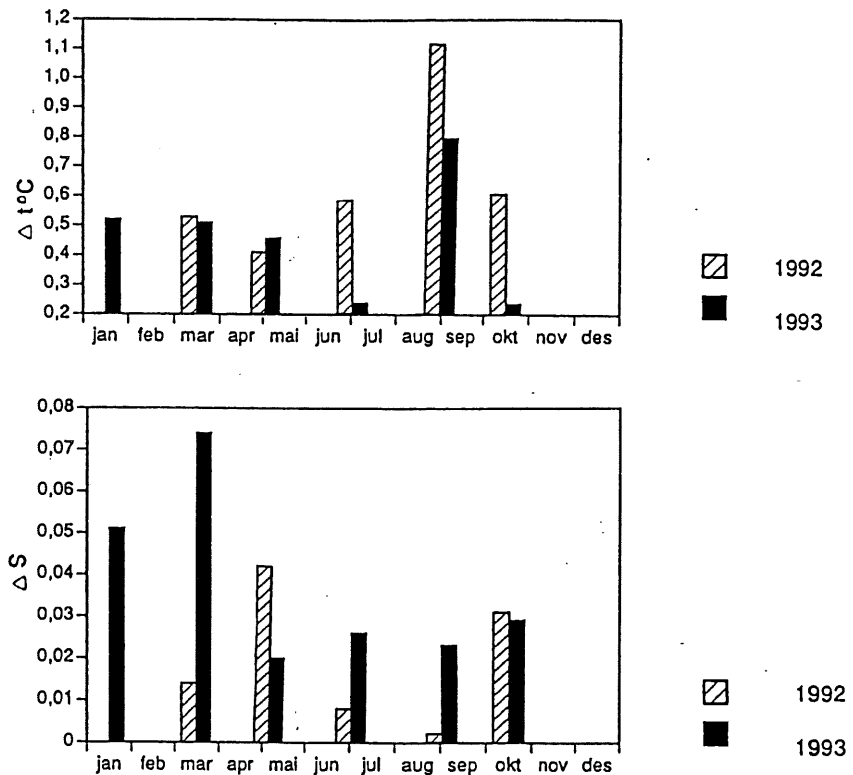


Fig. 2.2 Avvik fra middelverdien (1977-1993) i temperatur og saltholdighet i snittet Fugløya-Bjørnøya i 1992 og 1993.

(Temperature and salinity anomalies in the section Fugløya-Bjørnøya in 1992 and 1993. The anomalies are calculated from the mean period 1977-1993).

Saltholdigheten har ikke vist noen entydig utvikling i 1993, men er fortsatt høyere enn langtidsmiddelen. Fig 2.2. viser at i månedsskiftet august/september 1993 økte saltholdighet noe i vest i forhold til året før, mens den har avtatt i de sentrale og østlige områdene. Figuren viser også at det har vært store variasjoner i løpet av året, slik at tidpunktet for observasjonene tydeligvis har hatt betydning for de tilsynelatende forskjellene.

Fig.2.3 viser isindeksen for perioden 1970-1993. I årene 1990-1992 var det mindre is enn normalt i Barentshavet. I 1993 forverret isforholdene seg til tross for fortsatt høye sjøtemperaturer i det sørlige Barentshav. Dette skyldes hovedsakelig at ismeltingen sommeren 1992 var relativt liten.

Som nevnt foran viser de siste observasjonene et temperaturfall i Barentshavet. Vi regner med at den trenden vil fortsette i 1994. Avkjølingen vil trolig være størst i de østlige delene og noe mindre tydelig i vest. Det ventes derfor mer is vinteren og våren 1994 enn i de siste fire årene i Barentshavet. Størst endring i isforholdene vil en trolig få i de østlige og sørøstlige deler av Barentshavet, men også i området Bjørnøya-Sentralbanken kan isen komme noe lengre sør.

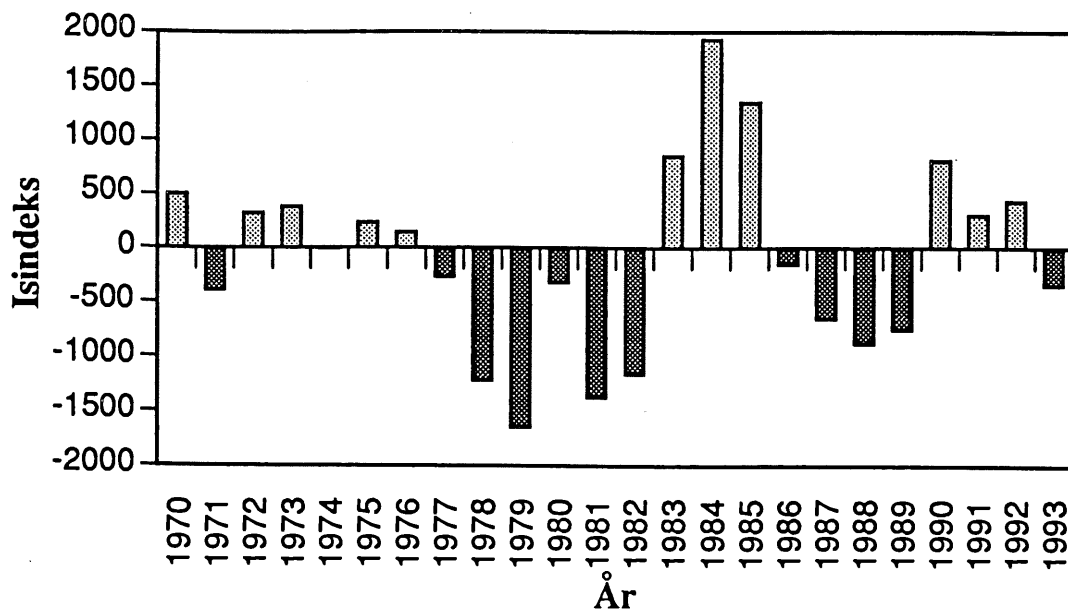


Fig. 2.3 Isindeks for Barentshavet i perioden 1970-1993. Positive verdier betyr lite is, negative verdier indikerer mye is.

(Iceindex for the period 1970-1993. Positive values indicate little ice, while negative values show more severe ice conditions).

2.2 Dyreplankton, klorofyll og næringsalter

Siden 1979 har HI drevet undersøkelser av dyreplanktonet i Barentshavet for å koble disse data opp mot beiting hos lodde og sild.

Siden 1986 har en under flerbekstandstoktene i september overvåket dyreplankton, næringsalter og klorofyll. Stasjonsnett for biologiske og kjemiske prøver i 1992 er vist som et eksempel (fig.2.4). Biomassedata og data på artssammensetning av dyreplankton vil sammen med et nyutviklet modellverktøy utgjøre et nyttig bidrag til flerbekstandsforskningen i Barentshavet. Tidsserier for biomasse og viktige planktonarter vil kunne avsløre utviklingstendensen i samspillet mellom dyreplankton og fisk. En stor loddebekstand representerer et stort beitepress som ofte fører til en redusert mengde dyreplankton. Det er således en sterk tilbakekobling fra lodde til dens egen nærings situasjon. Overvåkingen av dyreplanktonet vil derfor bidra til å forklare/predikere de store variasjonene i tilveksten hos lodde fra år til år i Barentshavet.

Barentshavet som økosystem er i stor grad avhengig av innstrømming av atlantisk vann med nytt 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. Innstrømmingsintensiteten varierer, og tidspunktet for innstrømming er viktig for mengden av inntransportert plankton. Om vinteren står raudåta i Norskehavet stort sett under terskeldypet til Barentshavet, og det innstrømmende vannet vil derfor bringe lite raudåte til Barentshavet i løpet av vinteren.

Det er flere grunner til at høsttoktene er valgt til overvåkning av dyreplankton i Barentshavet. I september er vanligvis den isfrie delen av Barentshavet maksimal i utstrekning, slik at et størst mulig område kan kartlegges, også områder med rent arktisk vann. På denne tida er raudåta for lengst nådd kopepodittstadium IV og V (krepsdyrene vokser ved såkalte skallskifter, og hoppkrepsene har seks skallskifter etter larvestadiet som er nummerert fra I=yngst til VI=eldst) og har vandret ned på dypere vann hvor de overvintrer ved å tære på opplagsnæringen. Neste vår går de inn i voksent stadium og gyter i forkant av det oppblomstrende planteplanktonet. Overvintringspopulasjonens størrelse er derfor en god indikator på potensialet for neste års generasjon. Tilsvarende betraktninger kan også anvendes på andre grupper overvintrende dyreplankton. September er dessuten slutten på beitesesongen for lodda slik at videre nedbeiting er minimal.

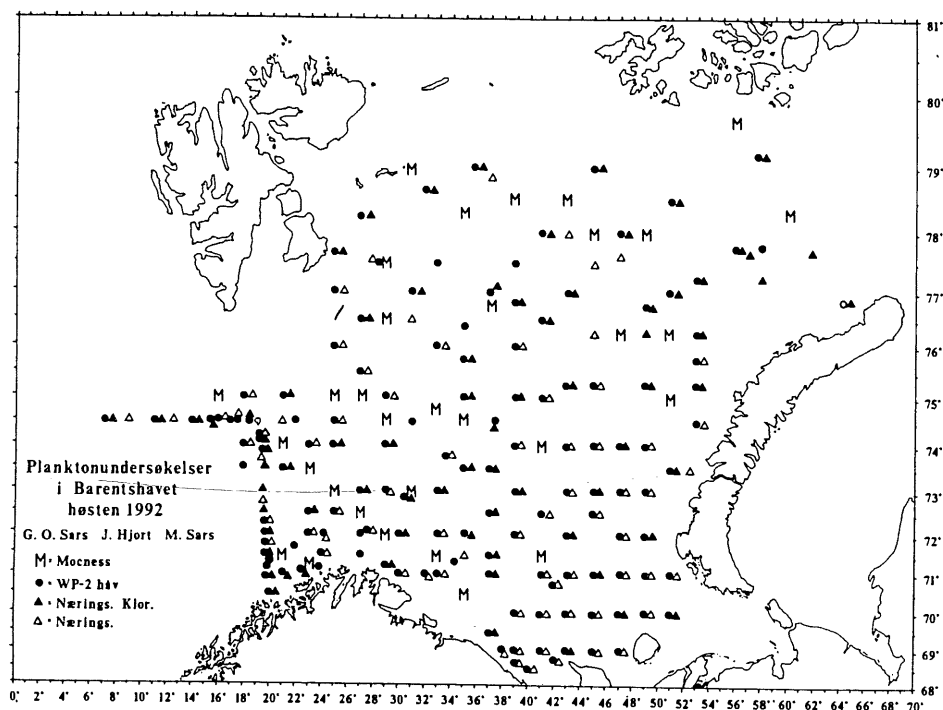


Fig.2.4. Stasjonskart fra plankton- og miljøundersøkelsene under flerbekstandstoktene med F/F "G.O. Sars", FF "Johan Hjort" og FF "Michael Sars" i perioden august - oktober 1992. M= Mocness profiler, ● = WP 2 håvtrekk, ▲= næringsalter og klorofyll. (Stations with plankton hauls, nutrients and chlorofyll-a from multispecies cruises from August to October 1992), including R/V "G.O. Sars", "Johan Hjort" and "Michael Sars". from August to October 1992)

De senere år har en også oppdatert resultatene med undersøkelser om sommeren. I tillegg blir det gjennomført planktonovervåkning av utvalgte stasjoner på de faste snittene Vardø - Nord og Fugløya - Bjørnøya. Fugløya - Bjørnøya snittet dekker det innstrømmende atlantiske vannet og er således viktig for overvåkning av planktontilførslene til Barentshavet. Når det er mulig blir snittene også dekket under flere tokt om vinteren og våren. Fig.2.5 viser temperatur, fosfat, nitrat og klorofyll-forholdene i Barentshavet i en høstsituasjon i årene fra 1991 til 1993.

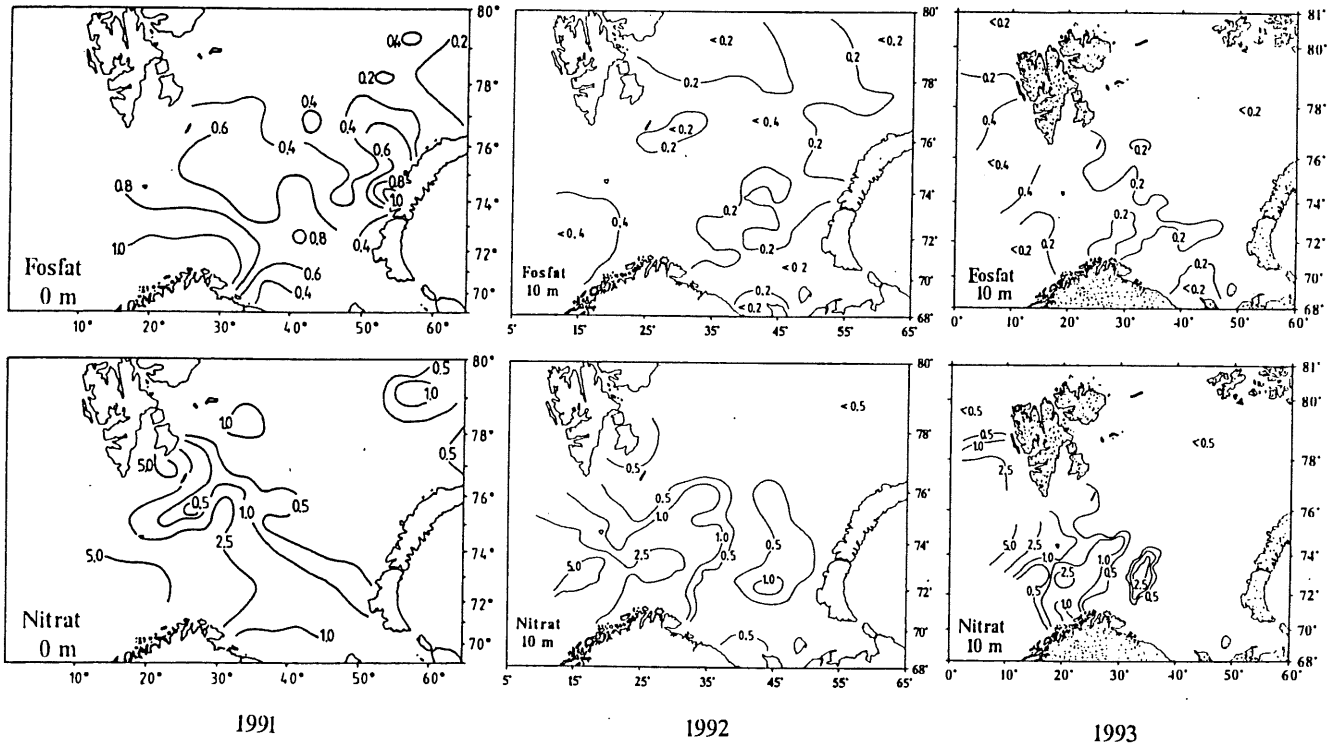


Fig. 2.5 Temperatur ($^{\circ}\text{C}$), nitrat ($\mu\text{mol l}^{-1}$), fosfat ($\mu\text{mol l}^{-1}$ og klorofyll-a ($\mu\text{g l}^{-1}$) i overflatelaget september/oktober for perioden 1991-93. Data fra flerb Bestandtoktene. (Temperature ($^{\circ}\text{C}$) nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$, phosphate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) and chlorophyll-a ($\mu\text{g l}^{-1}$) in the surface layer in September/October in the period 1991-93. Data from multispecies cruises).

Før dyreplanktonprøvene ble tørket for måling av tørrvekten ble de silt gjennom 2000, 1000 og 180 μm nylonduk. Den største størrelsesfraksjonen ($>2000 \mu\text{m}$) inneholdt gjennomgående mindre meduser (*Sarsia princeps*), amphipoder (*Parathemisto libellula*) og pilormer (*Sagitta elegans*). P.g.a. mer tilfeldige innslag av større meduser og ribbemaneter vil tørrvekten i den største fraksjonen variere forholdsvis mye. Krill, for det meste *Thysanoessa inermis*, ble også funnet i denne fraksjonen, men den var ikke særlig tallrik og ikke tilstede på alle stasjonene.

Fraksjonen 1000-2000 μm viste vanligvis den høyeste tørrvekten, særlig fra de nederste dypene med MOCNESS-trålen. Den var dominert av eldre stadier av overvintrende raudåte (*Calanus finmarchicus*), eller *C. glacialis* fra de arktiske områdene i nord.

Den fineste fraksjonen (180-1000 μm) inneholdt tidlige stadier av *Calanus* og andre, små kopepoder (*Pseudocalanus*, *Microcalanus*, *Oithona*), og noen ganger juvenile stadier av vingesnegl (*Limacina helicina*).

Tørrvekt (g m^{-2}) i hele vannsøylen og i de øverste 100 m tidlig på høsten i 1993 er vist grafisk i fig.2.6. De største verdiene var vanligst i nord. De lave verdiene i sør-øst kan delvis tilskrives grunne stasjoner med dyp mindre enn 100 m.

En tidsserie for perioden 1986-93 med gjennomsnittsverdier av tørrvekt innen flerbestands-områdene II-VIII viser tendenser til oppgang siden 1991 i den nordlige delen av Barentshavet (områdene VI-VIII). Data fra områdene II-III er basert på få prøver og må derfor tolkes med forsiktighet (fig.2.7).

Generelt var biomassen av dyreplankton høy i Barentshavet høsten 1993. Gode forekomster av *Calanus* bidro til dette. Større former av dyreplankton, som amphipoder (*Parathemisto*) og krill, var tilsynelatende mindre tallrike.

Snittene Fugløya - Bjørnøya / Vardø - Nord ble dekket i januar, mars, april, juni, juli og oktober. Dyreplankton tørrvekt er vist i Fig.2.8. I januar var det over 5 g m^{-2} på nordlige del av Vardø - Nord snittet, og mesteparten av dette var overvintrende raudåte (1000-2000 μm fraksjon) på dyp større enn 100 m. Noen av observasjonene på Fugløya - Bjørnøya viste over 10 g m^{-2} (>2000 μm). Mellom overflaten og 100 m dyp var det imidlertid lite plankton på begge snittene. I mars var det fremdeles lite dyreplankton, også lite raudåte under 100 m dyp. En antar derfor at overvintringspopulasjonen av voksen raudåte hadde dødd ut etter gytingen. I april ble kun Fugløya - Bjørnøya dekket, og en høy verdi nær kysten indikerte oppblomstring av en ny generasjon. I juni var det en tydelig økning i biomassen på Vardø - Nord-snittet, med over 15 g m^{-2} i den nordlige delen. Den sterkeste økningen i biomassen fant sted frem til juli, og maksimum på over 90 g m^{-2} ble funnet på ca $71^{\circ}30' \text{N}$ i Fugløya - Bjørnøya-snittet. Langt mesteparten av planktonet var da fordelt over 100 m dyp. Dyreplanktonet var tydelig redusert i oktober, og mesteparten av dyreplanktonet befant seg igjen på dypt vann.

Loddebestanden har gått kraftig ned, fra 5 mill. tonn i 1992 til 800 000 tonn i 1993. I den sørlige delen av havet er det en stor bestand av ungsild som nå er større enn loddebestanden. Det er ikke sild i nord, og beitepresset fra lodda er lavt. Med en relativt høy overvintringsbestand av dyreplankton vil derfor utsiktene for planktonproduksjonen neste år være gode i den sentrale og

nordlige delen av Barentshavet. Dette vil kunne bidra til god individuell vekst for den reduserte loddebestanden i Barentshavet.

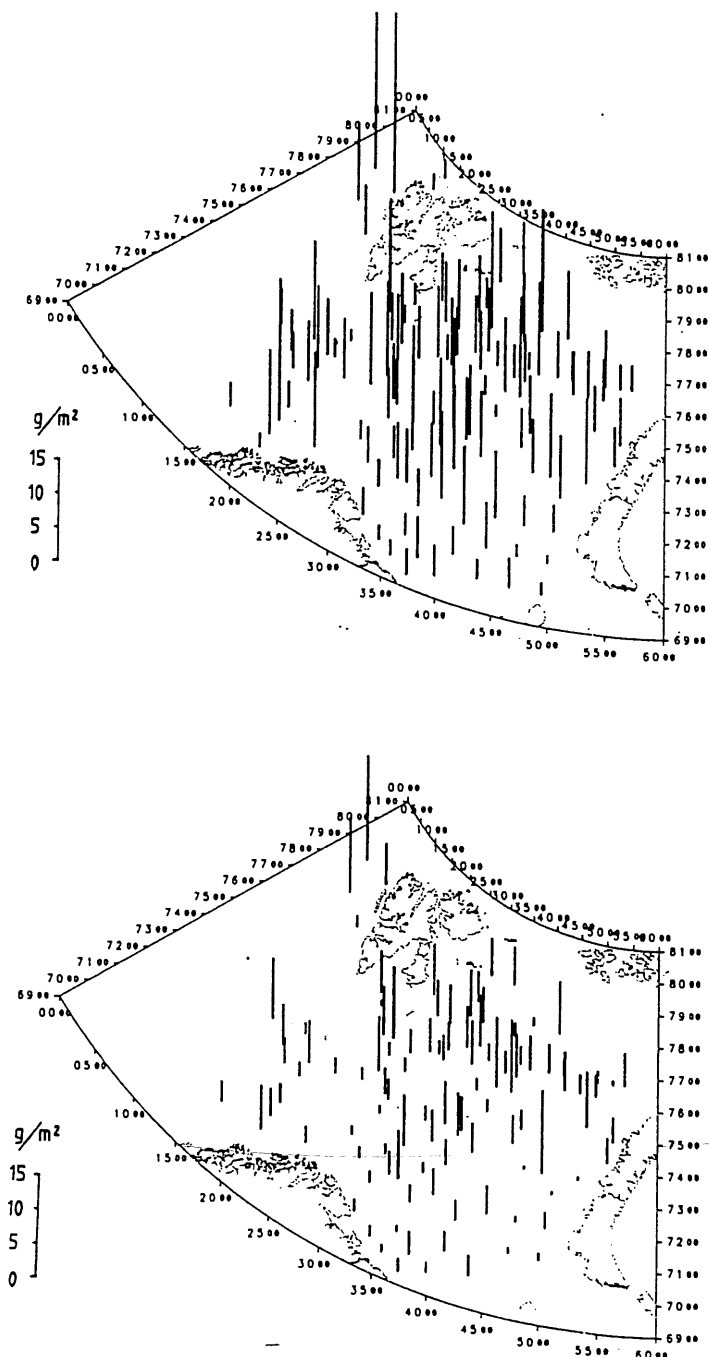


Fig.2.6 Horisontalfordeling av dyreplankton biomasse (g tørrvekt m^{-2}) fra WP2 - håv, bunn - 0 m. FF "G.O. Sars" og FF "Johan Hjort" 17. august - 4. oktober 1993. (*Horizontal distribution of zooplankton biomass (g dry weight m^{-2}) from bottom to surface. WP2-net. RV "G.O. Sars" and RV "Johan Hjort" 17. August - 4. October 1993*)

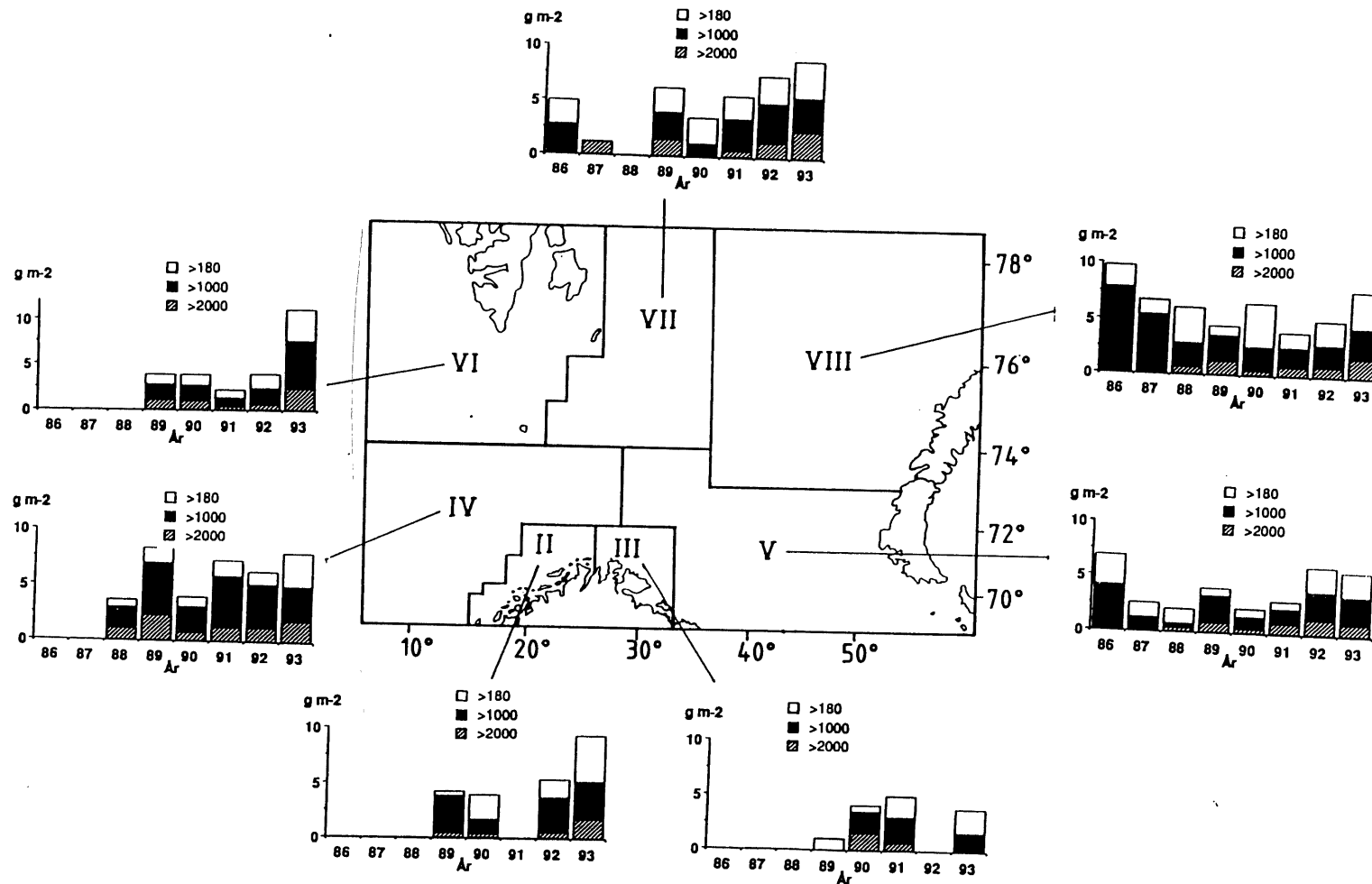


Fig.2.7 Dyreplankton biomasse fra WP2-håv i perioden 1986-93 i flerbestandsområdene II-VIII. Gjennomsnittsverdier av askefri tørrvekt (1986-90) og tørrvekt (1991-93) fra bunnen til overflaten. Hvide søyler: 180-1000 μm fraksjon. Svarte søyler: 1000-2000 μm fraksjon. Skraverte søyler: >2000 μm fraksjon. Askefri tørrvekt tilsvarer ca. 80% av tørrvekt.

(Average ash free dry weight (A.F.D.W) (1986-90) and dry weight (1991-93) from bottom to surface within the multispecies-regions II-VIII. White columns 180-1000 μm size fraction. Black columns 1000-2000 μm size fraction. Hatched columns >2000 μm size fraction. A.F.D.W. is about 80% of dry weight)

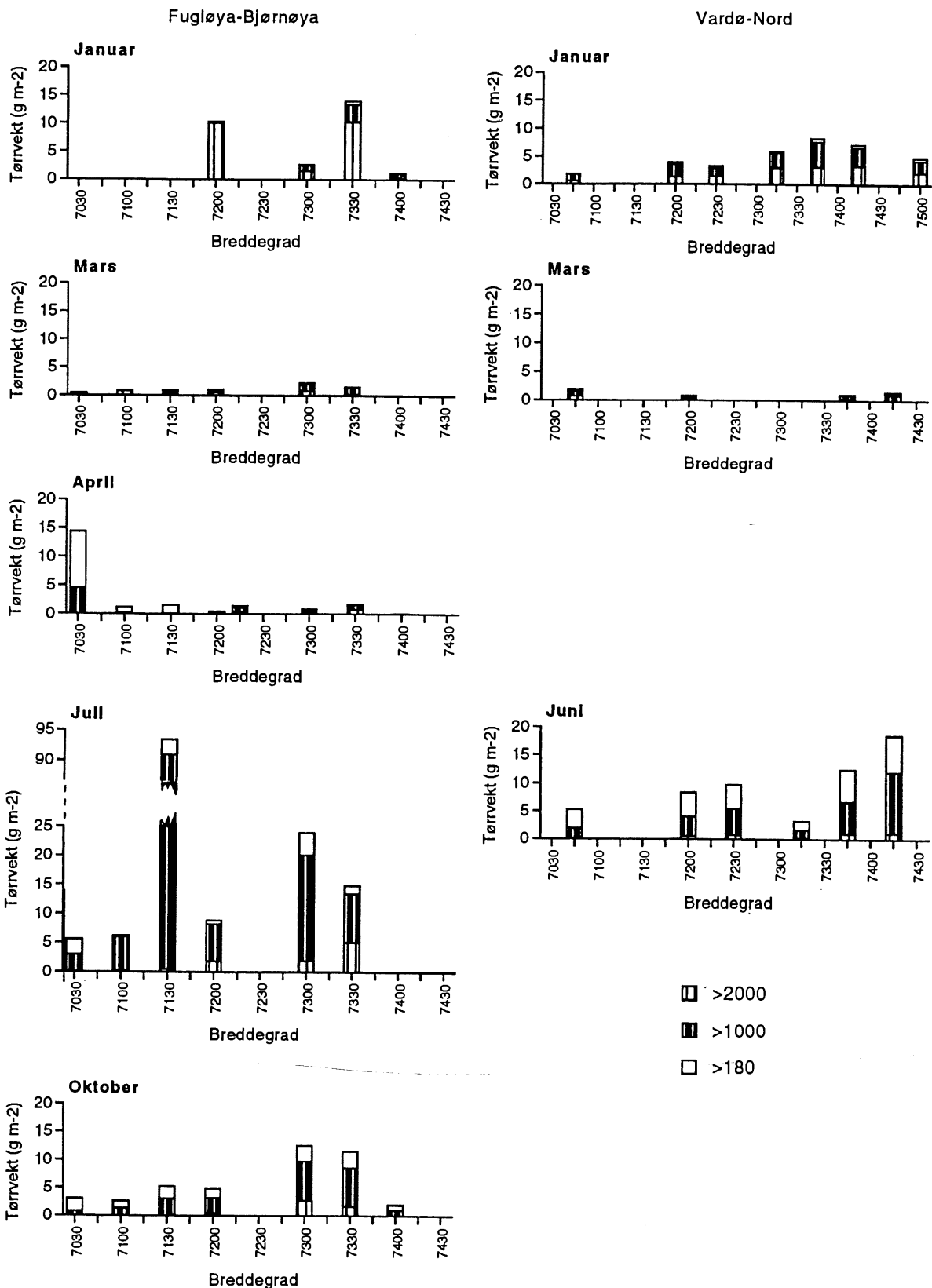


Fig.2.8. Dyreplankton biomasse fra bunn - 0 m på snittene Fugløya - Bjørnøya og Vardø - Nord fra januar til oktober 1993 (WP2-håv). Se Fig.1 for lokalisering av snittene.

(Zooplankton biomass from bottom to surface on the transects Fugløya - Bjørnøya and Vardø - Nord, January to October 1993 (WP2-net)).

2.3 Yngelproduksjon- lodde

Det ble samlet inn loddelarver på et tokt med F/F "G.O. Sars" i perioden 1.-28. juni 1993. Fordelingen av larver er vist i fig.2.9. Larvene ble funnet over den sørøstlige delen av Barentshavet med tettheter på over 500 pr m² overflate. Larveindeksen ble beregnet til å være 3.3×10^{12} , eller under halvparten av fjorårets måling. I perioden 1981-1985 lå indeksen rundt 10×10^{12} . Deretter brøt loddebestanden sammen, og svært lave indekser ble målt i 1986-1988. Bestanden tok seg opp igjen med rekordrekruttering i 1989 og en larveindeks i 1990 på over 13×10^{12} . Målinger av 0-gruppe yngel høsten 1992 og 1993 viste at årsklassene av lodde var omtrent radert ut i løpet av perioden juni-august, mens det ble funnet en svært høy 0-gruppe indeks av torsk og sild begge årene.

Lodda synes derfor å være svært utsatt for nedbeiting av andre fiskearter, og da er det i første rekke ungsilda som ser ut til å være den største "synderen". Det er derfor meget sannsynlig at lodda igjen har gått inn i en periode med svak rekruttering. Hvor lenge denne perioden vil vare synes å være avhengig av silderekrutteringen.

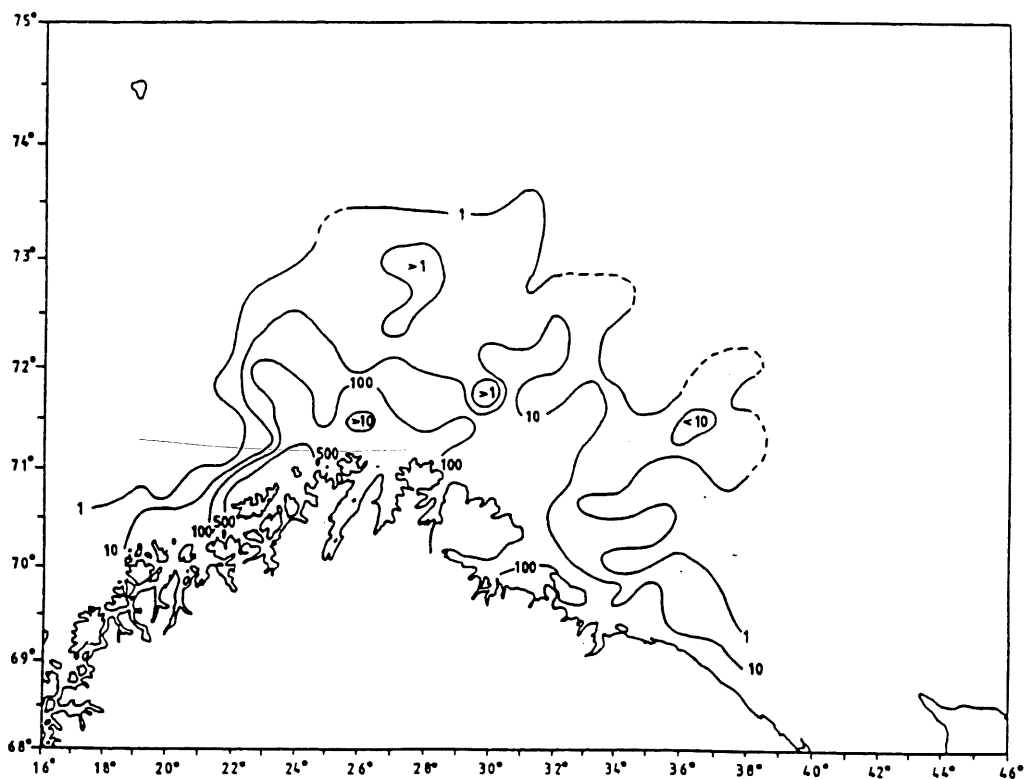


Fig. 2.9 Loddelarvefordeling i juni måned 1993 (1.-28. juni). (The abundance of capelin larvae in June 1993 (1.-28. June))

2.4 Miljøgifter

Illusjonen om at arktiske områder er fri for det industrialiserte samfunns forurensninger begynte å slå sprekker for flere tiår siden. I tiden etter at de første rapportene om global spredning av syntetiske stoffer som polyklorerte bifenyler (PCB) og plantevernmidler som DDT kom, på slutten av 1960-tallet, er det samlet mye kunnskap om disse stoffene og deres spredning i miljøet. Særlig bekymring er knyttet til de stoffene som er så stabile at de kan transporteres langt fra der de slippes ut og som har en tendens til å oppkonsentreres gjennom næringskjedene. Til denne kategorien hører de organiske miljøgiftene PCB, DDT og andre plantevernmidler som lindan, toxafen og klordan, og de polysykliske aromatiske hydrokarbonene (PAH). Også tungmetaller som kadmium og kvikksølv finnes i forhøyete konsentrasjoner i miljøet, langt fra industriområder hvor de slippes ut, og Arktis er intet unntak.

En kombinasjon av uheldige omstendigheter gjør at marine økosystemer i arktiske strøk er spesielt sårbare for miljøgifter. Luftstrømmer bringer med seg forurensede luftmasser fra sørligere breddegrader, og miljøgiftene kan vaskes ut ved regn og snø eller avsettes på grunn av de lave temperaturene luftmassene møter i nord. Havstrømmer som transporterer vann inn i Barentshavet bringer med seg forurenset vann fra tett befolkede områder i sør. En tredje kilde er de store russiske elvene, som passerer gjennom industrialiserte områder på veien mot nord.

Miljøgiftene akkumuleres i fettvev og for arter som er knyttet til arktiske strøk er fett viktig både som isolasjon og som opplagsnæring. For de som høster fra toppen av næringskjeden betyr dette høye inntaket av fett gjennom føden også høyt inntak av miljøgifter. Spesielt bekymringsfullt er dette for befolkningen i arktiske strøk, som tradisjonelt har benyttet den lokale faunaen til mat. Polarmåke og andre sjøfugl, sel og spesielt isbjørn er andre sårbare arter i Arktis. Biologiske effekter man tror har sammenheng med miljøgiftbelastning inkluderer nedsatt reproduksjonsevne, svekket immunsystem, forstyrrelse av nervesystemet og fremkalling av kreft. Fiskebankene i Barentshavet er et spiskammer for store befolkningsgrupper. Det ville være alvorlig for Norge og andre fiskerinasjoner om det ble reist tvil om våre fiskeressurser fra havene i nord er så rene som vi liker å tro.

Et stort internasjonalt samarbeidsprogram (AMAP - Arctic Monitoring and Assessment Programme) er satt i gang for å tette kunnskapshull om forurensningssituasjonen i Arktis. Norge deltar sammen med Danmark, Sverige, Finland, Island, Russland, USA og Canada. Med felles innsats skal det i 1996 produseres en tilstandsrapport om Arktis, som så skal danne grunnlaget for et videre overvåkningsprogram. Havforskningsinstituttet har hatt ansvaret for å utarbeide den marine handlingsplanen for AMAP. Programmet er nå inne i sitt andre år, en fase hvor innsamling av

prøver og analyser står sentralt. I 1991, -92 og -93 har Havforskningsinstituttet drevet omfattende innsamling av materiale fra Barentshavet.

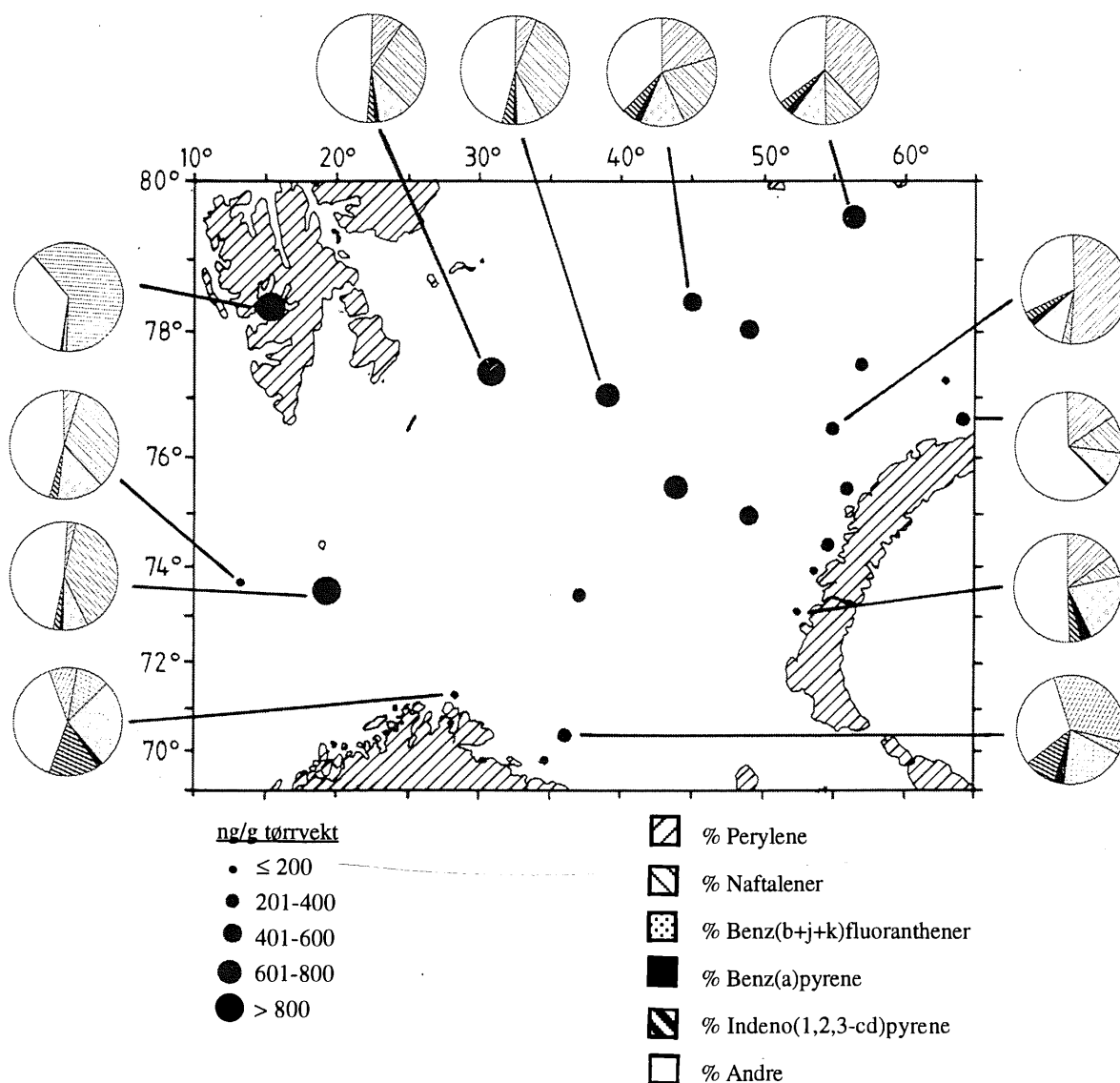
Tabell 2.1 PAH og PCB i overflatesedimenter og torskelever fra Barentshavet. Typiske konsentrasjoner i Nordsjøen og Skagerrak er gitt til sammenlikning. PAH = polysykliske aromatiske hydrokarboner, sum av 25 komponenter; PCB = polyklorerte bifenyls, sum av 13 kongener. (*PAH and PCB in surface sediments and cod livers from the Barents Sea. Concentrations measured in the North Sea and Skagerrak are given for comparison. PAH = polycyclic aromatic hydrocarbons, sum of 25 components; PCB = polychlorinated biphenyls, sum of 13 congeners.*)

Område	PAH	PCB	PCB
	Sediment	Sediment	Torskelever
	ng/g tørrvekt	ng/g tørrvekt	ng/g våtvekt
Barentshavet	30 - 1500	0.2 - 2	85 - 260
Isfjorden	1340 - 6060		
Nordsjøen	100 - 1000	0.5 - 3	250
Skagerrak	1000 - 3000	3 - 6	600

Grenseverdi for PCB i fisk til konsum: 2000 ng/g våtvekt
(praktisert i Sverige, Frankrike, Canada, USA m.fl.)

Sedimenter og fiskeprøver analyseres nå for miljøgifter ved HIs kjemilaboratorium. Noen foreløpige resultater er vist i tabell 2.1. I sedimentene er PCB-konsentrasjonene lave, mens PAH finnes i adskillig høyere konsentrasjoner. Spesielt høye verdier av PAH ved Svalbard tyder på lokal forurensning knyttet til menneskelige aktiviteter ved Longyearbyen og Barentsburg. Variasjon i PAH-konsentrasjon i sedimenter fra åpent farvann i Barentshavet skyldes bl.a. komponenten perylene, som også kan dannes naturlig i miljøet og ikke nødvendigvis indikerer menneskelig påvirkning (figur 2.10). Innholdet av PCB i torskelever fra Barentshavet er lavere enn typiske verdier målt i torsk fra Nordsjøen og Skagerrak. Filet av torskemuskel er mye magrere enn den fettrike leveren, og innholdet av miljøgifter i denne delen av fisken vil dermed være betydelig lavere. Nivåene av PCB i torsk fra Barentshavet ligger godt under de verdiene mange land har definert som grense for fri omsetning av fiskeprodukter. Et normalt konsum av fisk skal dermed ikke være forbundet med noen helserisiko. Det er likevel betenkelig at disse naturfremmede syntetiske stoffene kan påvises i all fisk fra Barentshavet. Dette retter søkelyset på hvor viktig det er å få kartlagt forurensningssituasjonen i Arktis, og ikke minst på betydningen av arbeidet med utfasing av miljøgifter både på nasjonalt nivå og gjennom internasjonale avtaler.

Som en del av det videre arbeidet med kartlegging av miljøgifter i nordområdene skal områder i Norskehavet undersøkes. Samtidig skal flere fiskearter inkluderes i analyseprogrammet, slik at en får mer kunnskap om miljøgiftenes fordeling i vannmassene og i næringskjeden. Ny informasjon som blir tilgjengelig gjennom programmer som AMAP vil gi oss et bedre grunnlag for å velge de mest effektive botemidler. Forståelse av miljøgiftenes transportveier og endelige "skjebne" i miljøet er en viktig brikke i arbeidet med å redusere miljøeffektene av disse stoffene.



Figur 2.10. PAH i overflatesedimenter i Barentshavet. Konsentrasjonen (ng/g tørrvekt) representerer summen av 25 identifiserte PAH-komponenter. Prosentvis andel av fem av komponentene er vist for utvalgte stasjoner. (PAH = polisykliske aromatiske hydrokarboner). (PAH in surface sediments from the Barents Sea. The concentration (ng/g dry weight) represents the sum of 25 identified PAH components. Percentage of the total of five components is shown for selected stations. (PAH = polycyclic aromatic hydrocarbons).)

2.5 Radioaktivitet i Barentshavet/Karahavet

Påstander om at tidligere Sovjet-unionen hadde dumpet 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. Ekspedisjonen var et ledd i samarbeidet under den norsk-russiske miljøvernkommissjonen som også har opprettet en egen felles ekspertgruppe på radioaktivitet.

I 1992 ble toktet gjennomført med det russiske forskningsfartøyet "Viktor Buinitskiy" og med Havforskningsinstituttet som operativ leder fra norsk side. Vann, sediment og biota ble samlet inn på 11 stasjoner i Karahavet. Foreløpige resultater av målinger foretatt ombord ble presentert i en toktrapport (Føyn, L. & A. Semenov, *Cruise report, Norwegian/Russian expedition to the Kara Sea. August-September 1992.*). Målingene viste at det generelle radioaktivitetsnivået i Karahavet var lavt. De foreløpige resultatene ble sammenlignet med tilsvarende russiske undersøkelser fra 1982. Sammenligningen viste at feks Cesium-137 nivået i vannet i Karahavet i 1992 var vesentlig redusert i forhold til 1982-nivået.

De foreløpige resultatene er senere bekreftet i den endelige rapporten som er presentert fra "Den norsk-russiske ekspertgruppen for undersøkelser av radioaktiv forurensning i nordområdene" august 1993, "A survey of artificial Radionuclides in the Kara Sea. Results from the Russian-Norwegian 1992 expedition to the Barents and Kara Seas." Analysene av det innsamlede materialet er foretatt i laboratorier i Norge, Russland, Danmark, Sverige og Frankrike. I forbindelse med analysearbeidet ble det organisert en interkalibrering mellom de deltagende laboratorier.

Resultatene fra undersøkelsene i 1992 kan oppsummeres som følger:

- Den radioaktive påvirkning i sydøstlige Barentshav og i Karahavet skyldes atmosfærisk nedfall, utslipp fra Sellafield, tilførsler via elvene Ob, Yenisey og nedfall fra "Chernobyl".
- I sjøvannsprøvene ble det målt nivåer av Cesium-137 mellom 3 og 22 Bq m⁻³. Strontium-90 ble målt til mellom 3 og 12 Bq m⁻³, mens Plutonium-239/240 ble målt til mellom 2 og 12 Bq m⁻³.
- I sedimentprøvene fra Karahavet ble Cesium-137 nivået, i de øverste 0-10 cm, målt til mellom 120 og 500 Bq m⁻² bunnoverflate og Plutonium 239/240 ble målt til mellom 2 og 24 Bq m⁻². På en stasjon rett vest for "Kara-porten" ble det målt 5-50 ganger høyere Plutonium 239/240 nivåer.
- Den mulige radiologiske virkning på mennesker og miljø som følge av de observerte nivåer av radioaktivitet er meget lav.

- Nivåene av radioaktiv påvirkning i Karahavet var klart lavere enn nåværende nivåer i Østersjøen, Svartehavet og Nordsjøen og generelt lavere eller likt det som finnes i andre sjøområder.
- Sammenlignet med resultater fra tidligere undersøkelser i Karahavet, er Strontium-90 nivået nå redusert sammenlignet med nivåene i 1960-årene.
- Undersøkelsen i 1992 viser at det dumpede radioaktive avfallet ikke har påvirket det generelle radioaktivitetsnivået i Karahavet.

På toktet i 1992 fikk vi ikke anledning til å undersøke de faktiske dumpestedene. Det ble derfor gjennomført et nytt felles norsk-russisk tokt i september - oktober 1993, denne gang også med Havforskningsinstituttet som operativt ansvarlig fra norsk side på toktet. Vi fikk anledning til å undersøke to fjorder på østkysten av Novaja-Semlja, Stepovogo og Tsivolki, hvor russiske myndigheter har dokumentert at det er dumpet betydelige mengder fast radioaktivt avfall, samt dumpestedene ute i selve Karahavet. I Tsivolki-fjorden er blant annet reaktoren og reaktorbrensel fra atomisbryteren "Lenin" dumpet, og i Stepovogo-fjorden er det bl.a. senket en atomubåt med reaktor og brensel på 30 meters dyp,.

Ved hjelp av en tauet sidesøkende sonar ble gjenstander på bunnen registrert. Deretter benyttet vi en undervannsfarkost (ROV) påmontert bl.a. videokamera, gammadetektor og sedimentsamler, for nærmere undersøkelse av de observerte gjenstandene. Dette arbeidet ble betydelig vanskelig gjort på grunn av svært dårlig sikt i vannmassene. Arbeidet med ROVen ble derfor betydelig mer tidkrevende enn forventet.

Tabell 2.2 Foreløpige resultater for måling av ^{137}Cs og ^{60}Co (bare på St. 6) i sedimenter. Verdiene er oppgitt i becquerel (Bq) pr. kg våt vekt. • = Prøver samlet med ROV. ** = Prøve samlet med ROV nær inn til sunket undervannsbåt. (Preliminary measurements of ^{137}Cs and ^{60}Co (detected only at St. 6) in sediments. Values in becquerel per kg wet weight. • = Sediment samples collected with the ROV. ** = Sediment sample collected with the ROV close to the submarine.)

St. 1 Tsivolki Cs-137	St. 4 Tsivolki Cs-137	St. 5 Stepovogo Cs-137	St. 6 Stepovogo Cs-137	St. 6 Stepovogo Co-60	St. 9 Karahavet Cs-137
6 Bq kg ⁻¹	8 Bq kg ⁻¹	5 Bq kg ⁻¹ •	25 Bq kg ⁻¹ •		6 Bq kg ⁻¹
7 Bq kg ⁻¹	6 Bq kg ⁻¹	10 Bq kg ⁻¹ •	40 Bq kg ⁻¹		
6 Bq kg ⁻¹		6 Bq **	90 Bq kg ⁻¹	5 Bq kg ⁻¹	
4 Bq kg ⁻¹			68 Bq kg ⁻¹	3 Bq kg ⁻¹	
4 Bq kg ⁻¹					
4 Bq kg ⁻¹					
5 Bq kg ⁻¹					

Det ble også samlet inn vann- og sedimentprøver ved de enkelte dumpeposisjonene. Tangprøver ble også samlet for senere analyse. Vi registrerte den dumpede ubåten og fikk tatt sedimentprøver helt inn til skroget der reaktoren er plassert. Vi fant imidlertid ikke reaktoren til "Lenin".

(Toktrappen (Føyn, L. & A. Nikitin, 1993. *The joint Norwegian/Russian expedition to the dumpsites for radioactive waste in the open Kara Sea, the Tsvolki fjord and the Stepovogo fjord. September - October 1993.*) med de foreløpige resultatene ble presentert på London konvensjonens årsmøte i november 1993.

De foreløpige målingene foretatt ombord ga ingen indikasjoner på forhøyte nivåer av radioaktivitet i områdene hvor vi fant dumpet materiale. Selv sedimentprøven tatt helt inn til skroget av den dumpede atomubåten viste "normale" Cesium nivåer. Tabell 2.2 viser foreløpige målinger av Cesium-137 i sediment.

3. NORSKEHAVET OG KYSTEN

3.1 klima

Norskehavet

Innstrømningen av varmt og salt atlantehavsvann like nord for Shetland har stor betydning for temperaturforholdene i de norske havområdene (fig.3.1). Atlanterhavsvannet strømmer nordover på østsiden av Norskehavet og kan føres langt inn i Polhavet og Barentshavet. Det meste av det kalde og ferske vannet i Øst-Grønlandstrømmen, med opprinnelse i Polhavet, strømmer ut gjennom Danmarkstredet mellom Island og Grønland. Strømforholdene i de dype vannmassene i Norskehavet er generelt lite kjent.

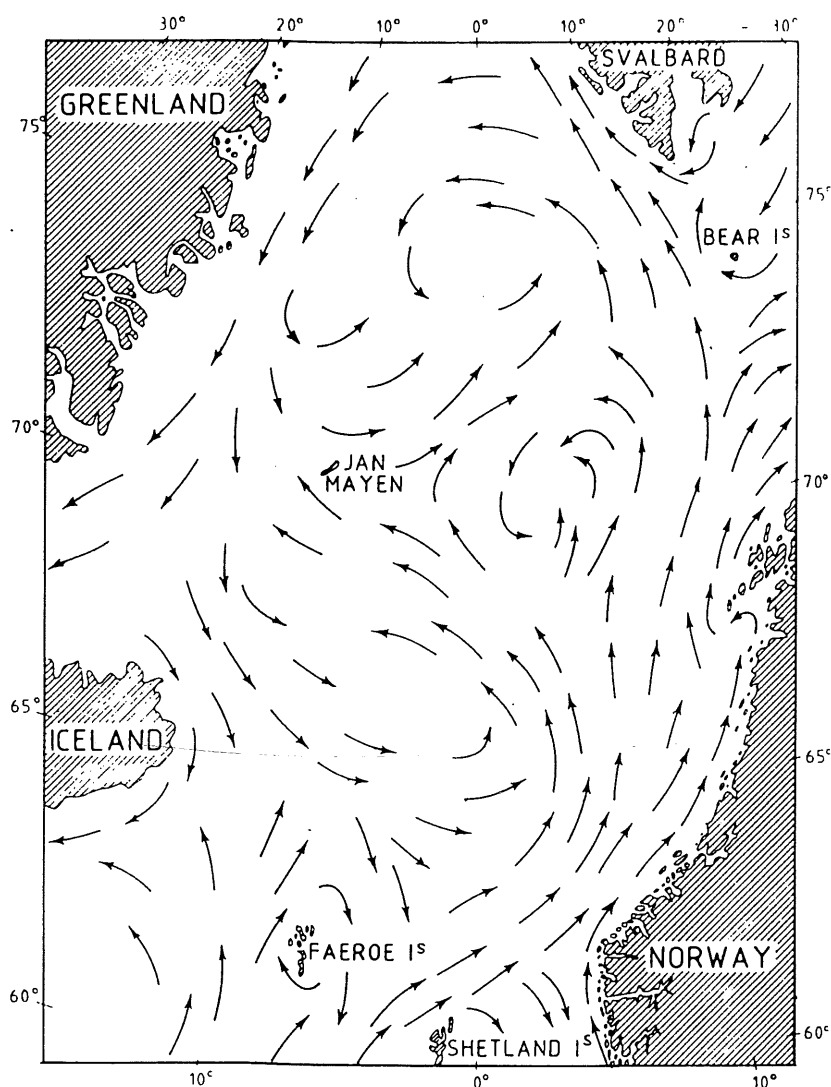


Fig.3.1 Skjematisk fremstilling av overflatestrømmene i De nordiske hav. (Schematic representation of the surface circulation in the Nordic Seas)

De senere års milde vintre har medført en betydelig redusert nedsynkning av kaldt og salt vintervann (bunnvannsdannelse) i Grønlandshavet nördøst for Jan Mayen, med en temperaturøkning i de dypere vannmassene som resultat.

Fig.3.2 viser temperatur, saltholdighet og tetthet i et vertikalsnitt i Grønlandshavet vestover fra Bjørnøya i november 1991. I dypvannet nærmest Bjørnøya varierte temperaturen mellom -0.9 og -1.1°C og saltholdigheten mellom 34.905 og 34.906 , mens dypvannet i Grønlandshavet vestenfor var kaldere, med temperaturer mellom -1.1 og -1.2°C , med saltholdigheter under ca 34.9 . Det relativt varme atlantehavsvannet strømmer nordover over ca 500 meters dyp vest for Bjørnøya, med temperaturer mellom 3 og 6°C og saltholdigheter over 35.0 . Omlag midt i snittet ser vi også det markerte grenseområdet mellom det varme atlantehavsvannet og de kalde vannmassene i den vestlige delen av Grønlandshavet (polarfronten).

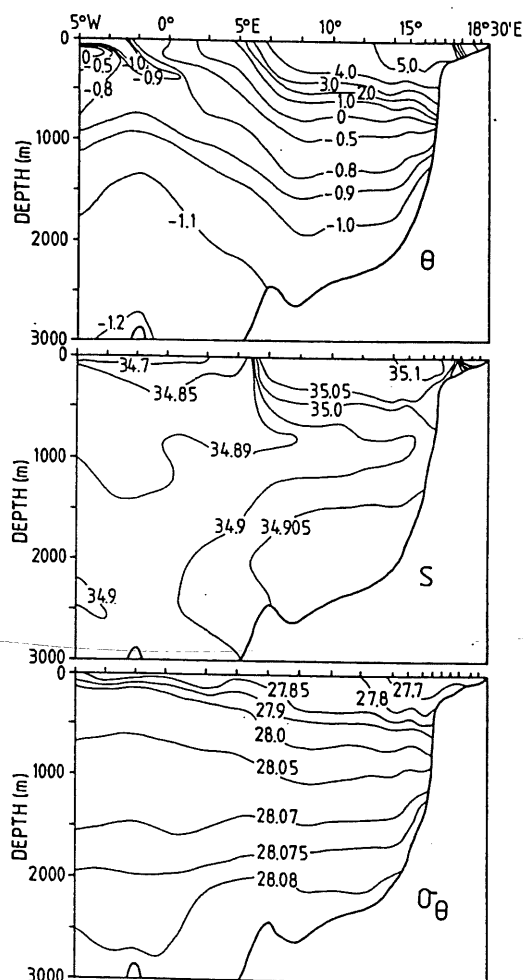


Fig. 3.2 Vertikalfordeling av temperatur (øverst), saltholdighet og tetthet (nederst) langs $74^{\circ}30' \text{N}$, mellom Bjørnøya og 5° vest, målt i november 1991. (Potential temperature (top), salinity, and density (bottom) along $74^{\circ}30' \text{N}$, between Bear Island and 5°W)

Atlantehavsstrømmen er som allerede nevnt transportøren 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

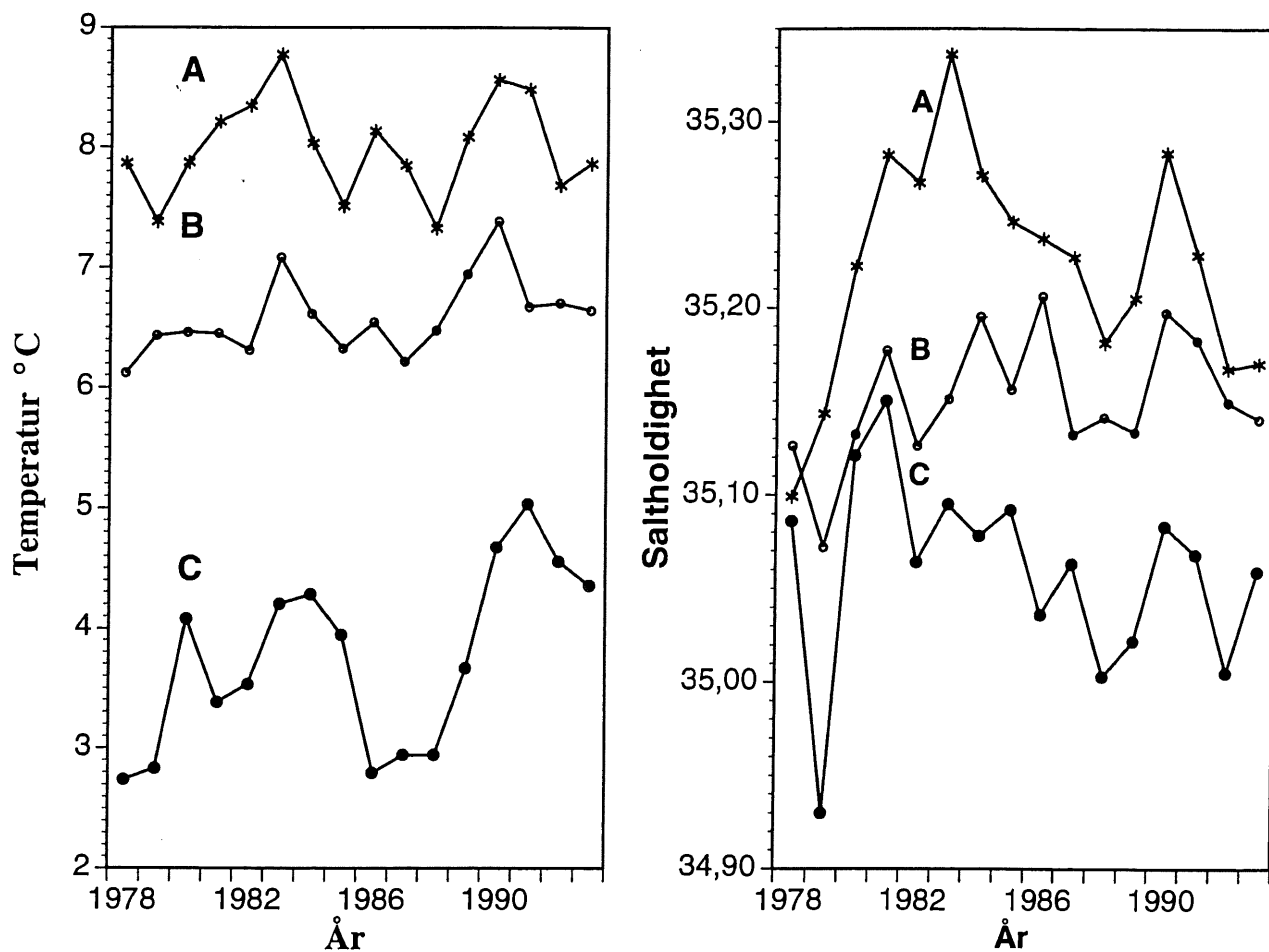


Fig. 3.3 Temperatur og saltholdighet i kjernen av atlantisk vann i snittene A) Svinøy-NV, B) Gimsøy-NV og C) Sørkapp-V, midlet mellom 50 og 200 m dyp (for lokalisering av snittene se fig.1). (Temperature and salinity in the core of Atlantic water in the sections A) Svinøy- NW, B) Gimsøy-NW and Sørkapp-W, averaged between 50 and 200 m depth)

miljøfaktorene temperatur og saltholdighet har derfor vært målt regelmessig over en årrekke i flere standardsnitt i Norskehavet og ved stn M (Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen) (se fig.1 for lokalisering). Fig.3.3 og 3.4 viser temperatur og saltholdighetsvariasjonene i august i kjernen av atlantehavsvannet i snittene Svinøy-NV, Gimsøy-NV og Sørkapp-V mellom 1978 og 1993 og ved stn M nordvest for Svinøysnittet for perioden 1948-93.

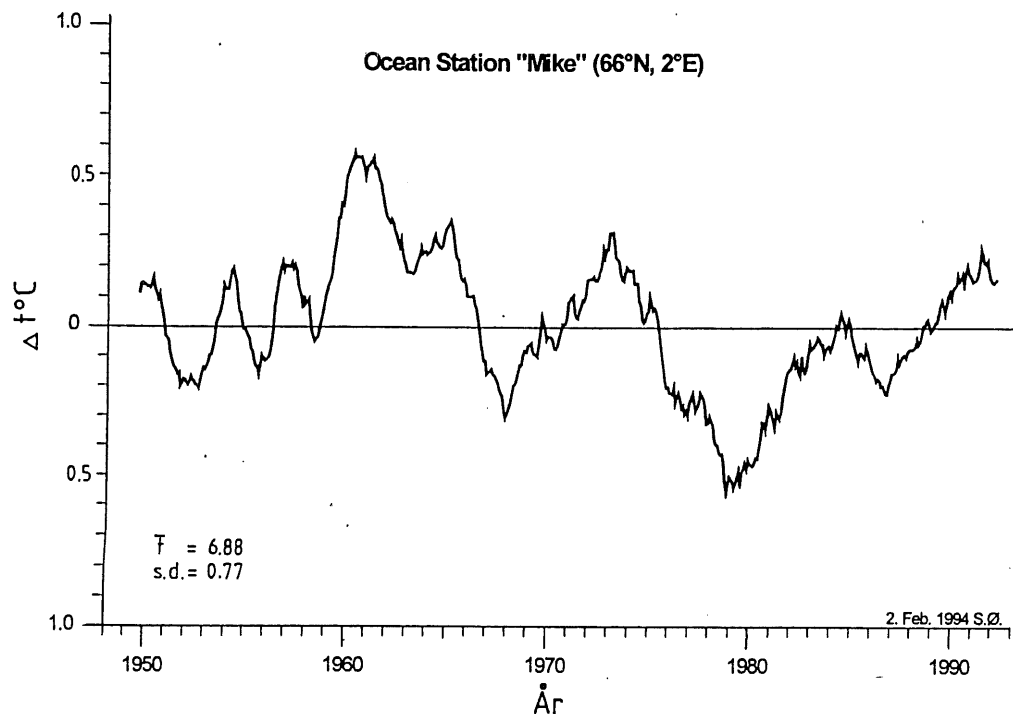


Fig.3.4 Avvik fra middeltemperaturen i 100m dyp ved stn M i perioden 1948-93. (Fra Geofysisk Institutt, Universitetet i Bergen. For lokalisering av stn M se fig.1). (*Temperature anomalies at 100m depth at stn M*)

Observasjonene viser at det har vært tildels betydelige svingninger i temperatur og salt-holdighet 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 der var varme perioder rundt 1983 og 1990. Begge de varme periodene falt sammen med store årsklasser i viktige fiskebestander som sild, torsk og hyse. Forholdene i 1992 og 1993 er karakterisert med litt lavere temperaturer sammenlignet med den siste varmpulsen rundt 1990, selv om temperaturene ved Svalbard ennå er forholdsvis høye (Sørkapp-snitt C). Dette skyldes sannsynligvis lite varmetap til atmosfæren i nordområdene gjennom de siste vintrene.

Før 1978 var det markerte varmere perioder i begynnelsen av 1970-årene og i første del av 1960-årene. I perioden mellom 1948 og 1993 har det således vært omlag 10 år mellom de varme periodene i Norskehavet.

Kysten

Miljøtilstanden i kystfarvannene knyttet til Norskehavet observeres regelmessig (2-3 ganger pr. uke) på faste stasjoner ved Bud, Skrova og Eggum (Fig.1). 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 (termografteren).

Fig.3.5 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 1993. Forholdene i 10m dyp representerer 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 1993 lå vintertemperaturene i Vestfjorden igjen nær det normale for årstiden. Den varme perioden omkring 1990 var også koblet til ekstra lave saltholdigheter, som vinteren 1993 igjen økte til nær det normale for årstiden .

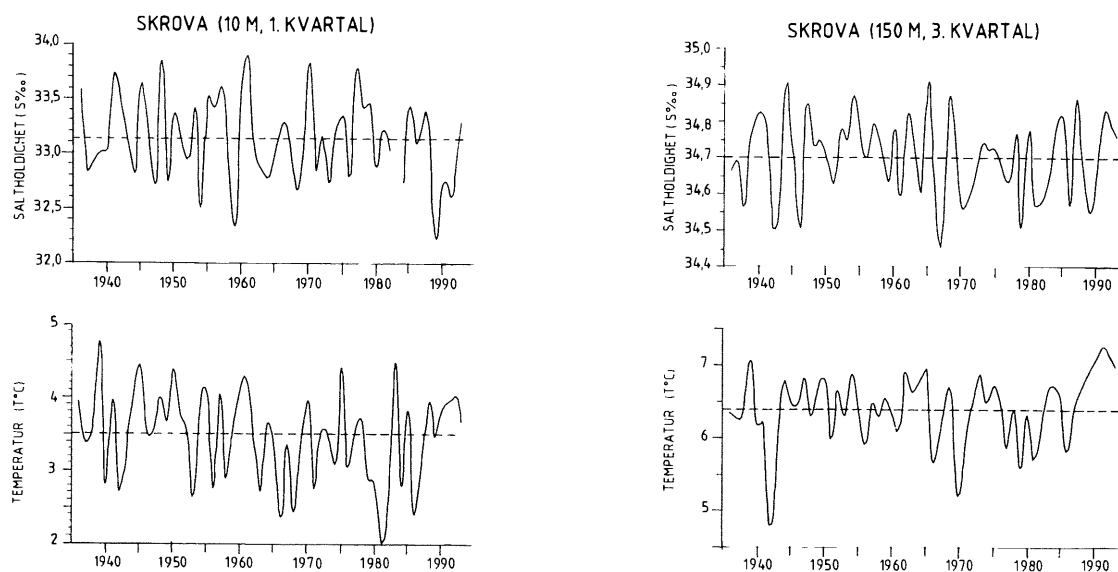


Fig.3.5 Middelerverdier og årlige variasjoner i temperatur og saltholdighet i 10m (1. kvartal) og 150m dyp (3.kvartal) ved Skrova. (Mean values and yearly variation of temperatures and salinity at 10 m (1. quarter) and 150 m depths (3. quarter) at Skrova during 1. and 3. quarter)

Temperatur og saltholdighetsforholdene i 150 meters dyp gjenspeiler de mer storstilte variasjonene i atlantehavsvannet (se foran). Etter et relativt kaldt år i 1987 steg temperaturen til et ekstremt maksimum i 1991. Dette gjenspeiler de siste års milde vintre, samt muligens 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.

Fig. 3.6 viser variasjonene av temperatur og saltinnhold i overflatelaget og i 150m dyp ved Skrova gjennom 1993 sammenlignet med de klimatologiske årsvariasjoner og standardavvik. Saltholdigheten i 10m dyp lå langt under det normale i løpet av våren og forsommeren, mens den økte igjen utover høsten. Temperaturen i overflatelaget lå stort sett over normalen i første halvår med ekstremt høye temperaturer i forbindelse med det fine sommerværet juli-august. Utover høsten 1993 sank temperaturen etterhvert under det normale for årstiden.

De ekstra høye temperaturene som har vært observert i de dypere lag av kyststrømmen fra slutten av 1980-årene fortsatte i 1993 med temperaturer omlag ett standardavvik over normalen i 150 m dyp. Den reduserte saltholdighet og temperatur i månedsskiftet februar-mars var forårsaket av en kortperiodisk kraftig nedblanding av kaldere kystvann.

Som for Barentshavet tyder de siste observasjonene på at temperaturene i de atlantiske vannmassene i Norskehavet fortsatt vil synke, men trolig vil de også i 1994 ligge over langtidsnormalen. Det relativt største temperaturfallet vil trolig inntreffe i den nordlige delen av Norskehavet og i kyststrømmen hvor temperaturen allerede høsten 1993 falt til under det normale for årstiden .

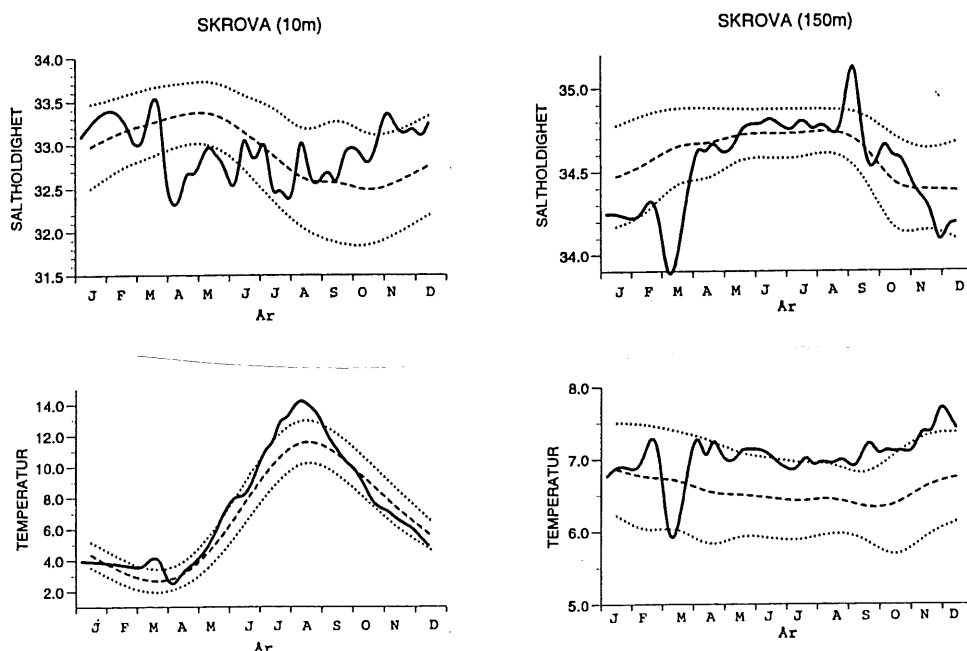


Fig.3.6 Temperatur og saltholdighet i 10 m og 150m dyp målt ca. hver 10. dag ved Skrova i 1993. Midlere årsvariasjon og standardavvik (prikket) er også vist. (Temperature and salinity at 10 m and 150 m depth measured about every 10th day at Skrova in 1993. Mean yearly variations and standard deviations (dotted) are also shown)

3.2 Plante og dyreplankton, næringssalter

Generelt

Den første kartleggingen av dyreplankton i forbindelse med Norskehavsprogrammet, *Mare cognitum*, foregikk sommeren 1993. Hovedformålet var å kartlegge utbredelse og mengde av dyreplankton i forhold til storskala sirkulasjon (havstrømmene). Hovedinnsatsen ble lagt til Norskehavet hvor man antar at den voksende bestanden av norsk vårgytende sild vil ha sine beiteområder i årene som kommer. Deler av Islandhavet mellom Island og Jan Mayen og Grønlandshavet ble også dekket.

Den hydrografiske situasjonen under toktet i juli/august 1993 er vist i fig.3.7 og 3.8 (se også kap 3.1 foran). Temperatursnittet gikk fra kysten av Troms og vestover i Norskehavet mot Jan Mayen og Grønland. I denne delen av Norskehavet strekker atlantehavsvannet seg langt vestover via en forgrening av hovedstrømmen som går nordover nærmere norskekysten (Fig.3.1). Atlantehavsvannet er vann med saltholdigheter over 35 psu og med temperaturer mellom ca 8 og 3 °C. I Fig.3.7 ser vi tydelig hvordan den oseaniske polarfronten ligger på skrå ned i dypet og skiller de kalde arktiske og varme atlantiske vannmasser. På ca 400 m dyp var feks temperaturen ca. 0 °C på den "arktiske" og ca. 4.5 °C på den "atlantiske" siden. Inn mot norskekysten avgrenses atlantehavsvannet mot det ferskere kystvannet i en "kystvannsfront".

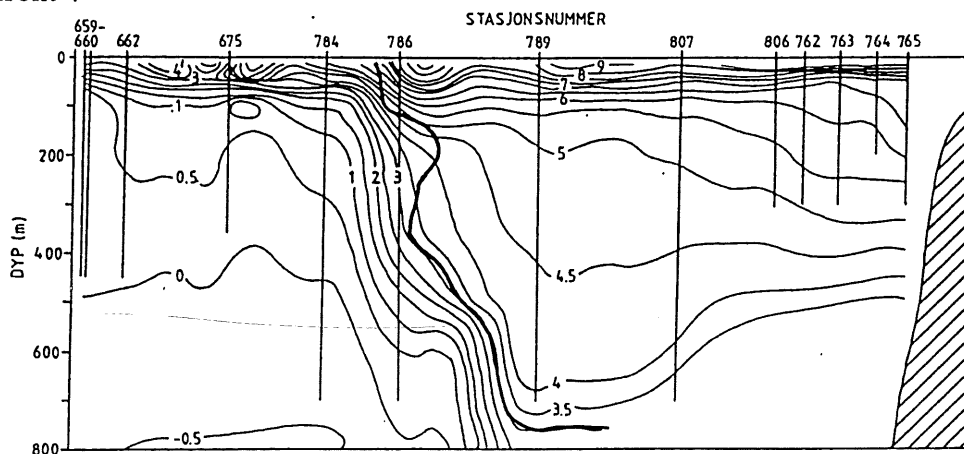


Fig.3.7 Temperaturen i et snitt fra kysten utenfor Troms, (70° 36' N, 17° 01' E) over Norskehavet og Islandhavet sør for Jan Mayen og mot Grønland (68° 11' N og 16° 32' W) i juli/august 1993. Den tykke streken viser saltholdighet=35.0 som skiller atlantehavsvannet fra arktisk vann i vest. De vertikale strekene markerer de vertikale planktontrekkene som er vist i Fig.3.10 og 11. (*The temperature across the Norwegian Sea and Iceland Sea from the coast of Norway, 70° 36' N, 17° 01' E, south of Jan Mayen and toward Greenland at 68° 11' N og 16° 32' W, in July/August 1993. Thick lines represents the 35 ‰ isohalines which delineate Atlantic water from arctic water in the west. Vertical lines show the position and depth of the plankton hauls.*)

Fig.3.8 viser den oseaniske polarfronten sommeren 1993. Beliggenheten kan variere noe fra år til år avhengig av mektigheten av den kalde sørgående Østgrønlandsstrømmen og Øst-Islandstrømmen, og mektigheten i den nordgående atlantehavstrømmen . Imidlertid styres strømforholdene og dermed polarfronten av bunntopografien og den vil derfor stort sett ligge langs den undersjøiske Mohn's ryggen som strekker seg fra Jan Mayen mot nordøst.

Den oseaniske polarfronten med store endringer i temperatur og saltholdighet over relativt korte avstander har stor innflytelse på det biologiske liv i Norskehavet. Over denne type frontområder er det ofte store forskjeller i biologiske tilstander. Artssammensetning og dominerende arter endres raskt og produksjonen av både planteplankton og dyreplankton kan variere sterkt og tildels være meget høy i polarfrontområdet.

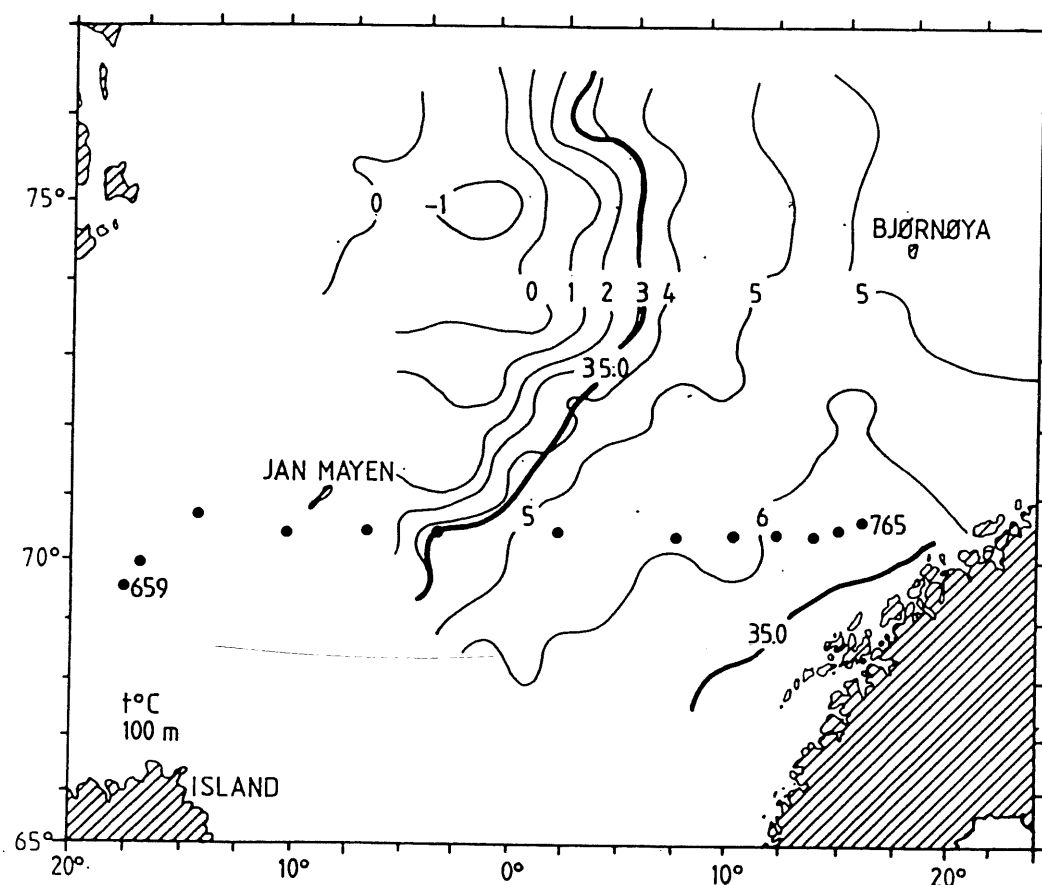


Fig 3.8 Temperaturen i 100 m dyp i juli/august 1993. De tykke strekene viser saltholdighet=35.0 som avgrensner atlantehavsvannet i vest og mot det norske kystvannet i øst. Stasjonene for biomassetvernsnittet er vist i Fig.3.11. (The temperature at 100 m depth in July/August 1993. Thick lines represent the 35 ‰ isohalines which demarcate the Atlantic water. Cross section is shown in Fig. 3.11.)

Planteplankton og næringssalter

Ved å måle mengden klorofyll-a på et sted får man en indikasjon på biomassen av planteplankton og i de fleste situasjonene også produksjonen. Planteplanktonproduksjonen danner vekstgrunnlaget for det plantespisende dyreplanktonet og er således en av nøkkelfaktorene for å forstå utbredelse og mengder av både dyreplankton og fisk.

I grove trekk økte mengden klorofyll fra sør i Norskehavet (0.40 mg/m^3) mot nordøst i retning Barentshavet (1.0 mg/m^3) (fig.3.9). I Norskehavet var de høyeste verdiene (0.8 mg/m^3) midt mellom Jan Mayen og norskekysten. I den østlige delen av Grønlandshavet var klorofyllmengden lav ($< 0.40 \text{ mg/m}^3$), mens mengdene økte kraftig vestover mot Grønland. På den vestligste stasjonen ved iskanten var de høyeste klorofyllmengdene omlag 3.0 mg/m^3 .

De fysiske forhold i havets øverste lag har stor betydning for utviklingen av primærproduksjonen i Norskehavet. Viktigste i denne sammenheng er faktorer som lysforhold og lagdeling. Undersøkelser foretatt siden 1948 på værskipet Mike (66°N ; 02°Ø), bedre kjent som stasjon M, har hatt stor betydning for utforming av teorien som utgjør grunnpilaren i forklaringen om hvordan de fysiske forhold påvirker utviklingen av planteplanktonets vekst om våren (for lokalisering av stn M se fig.1).

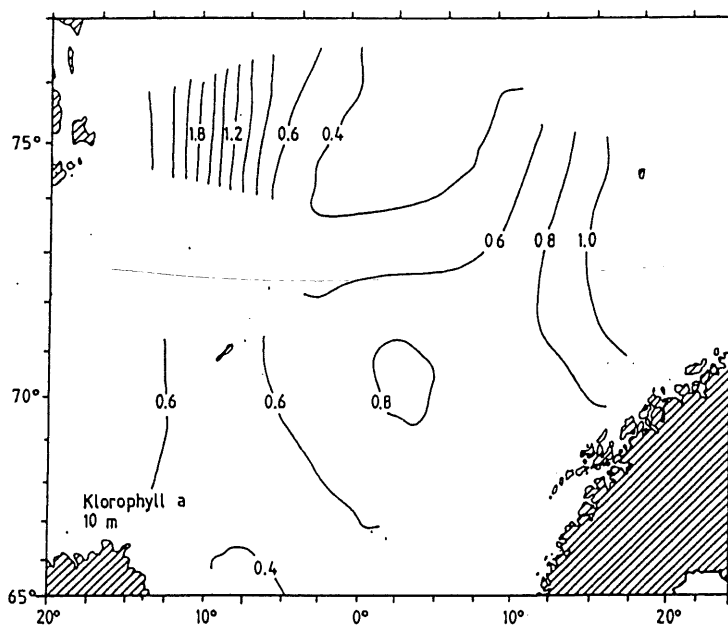


Fig.3.9 Mengden klorofyll-a (mg/m^3) i 10 m dyp i De nordisk hav i juli/august 1993. (*Chlorophyll a as mg/m^3 at 10 m in the Nordic Seas in July/August 1993.*)

I forbindelse med Havforskningsinstituttets undersøkelser i Norskehavet, er det siden 1990 gjennomført innsamling av biologiske data på stasjon M. Observasjonshyppigheten av den enkelte parameter varierer fra daglige til ukentlige målinger.

En av de mest sentrale parametre er de daglige observasjonene av siktedypet. (dette måles med en rund hvit skive (30 cm i diameter) som senkes ned et visst antall meter før den til den forsvinner ut av syne). Siktedypet er en indikator på vannets gjennomskinnelighet og dermed også av den totale mengde partikler som finnes i vannet mellom sikteskiven og overflaten. I åpne havområder som stn M representerer, er mesteparten av partiklene av biologisk opprinnelse og denne type målinger gir derfor en oversikt over utviklingen av planteplanktonets biomasse over tid. Lave siktedypverdier indikerer høyt innhold av planteplankton og omvendt.

Siktedypverdiene målt i løpet av 1993 vises i fig 3.13 A sammen med gjennomsnittverdiene for perioden 1990-1992. Vi ser at fra 1.januar og fram til ca. dag 80 (ca. 20. mars) var siktedypverdiene konstant høye mellom 20-30 meter. Denne perioden representerer vintersituasjonen karakterisert av lavt innhold av planteplankton. Fra dag 80 til ca. dag 110 (ca. 20. april) er siktedypet redusert til like under 20 meter. Denne perioden representerer det første tegn til planteplanktonvekst som finner sted pga bedre lysforhold utover våren. Fra dag 110 til dag 150 (ca. 30. mai) inntreffer den største reduksjonen i siktedypet med verdier ned til 7-8 meter. Denne perioden representerer selve våroppblomstringen. Fra dag 150 til dag 250 (ca. 7. september) er siktedypet fortsatt lavt med en svak økning til verdier omkring 10 meter i slutten av perioden. Denne perioden kalles sommersituasjonen. Etter dag 250 og ut året er det en sakte men konstant økning i siktedypet tilbake til vinterverdier på 20-30m. Det økte siktedypet i denne perioden er hovedsakelig forårsaket av den økte vindblandingen utover høsten .

Det har vært små variasjoner i planteplanktonetsutviklingen ved stn M de siste årene og utviklingen i 1993 var også tilnærmet lik de forgående år.

Utviklingen av planteplanktonveksten kan også følges opp med å se på deres forbruk av næringssalter. I fig 3.13 B vises den årlige fordelingen av nitrat i de øverste 200 m ved stn M i 1992. Typiske vinterkonsentrasjoner for nitrat er ca 12 $\mu\text{mol l}^{-1}$, mens planteplanktonet forbruker nitrat i de øverste 50-60m i løpet av sommersesongen. Som for siktedypet, har det for næringssaltutviklingen vært små variasjoner fra år til år siden målingene startet i 1990.

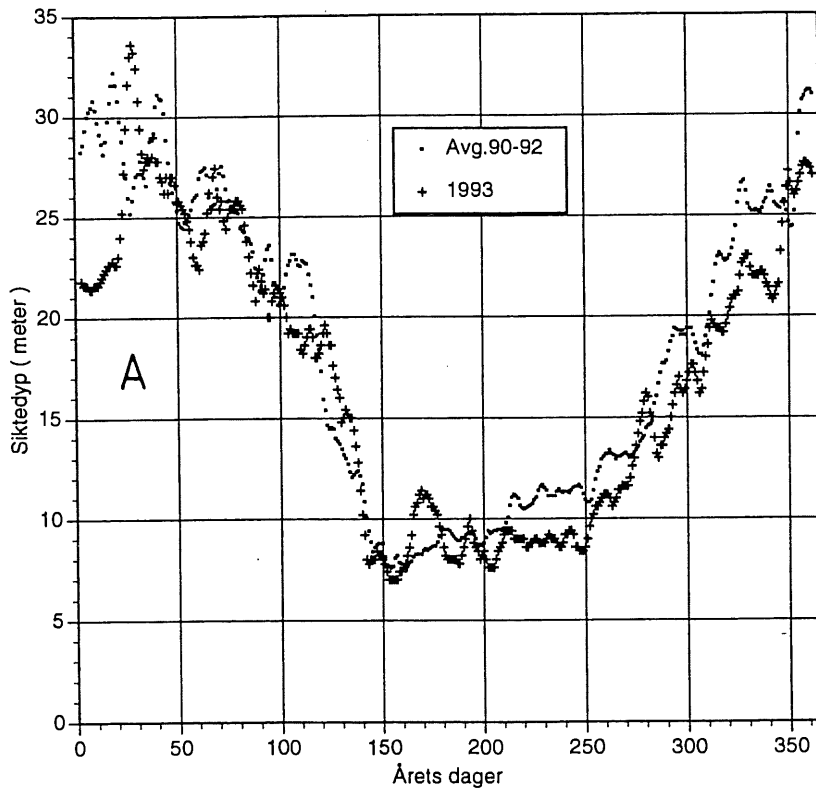


Fig.3.10 A (•) Midlere variasjon av siktedypet (meter) gjennom året ved stasjon Mike for perioden 1990-92, (+) siktedypet i1993. ((•) Five day running average of the Secchi disc depth (meter) for the period 1990-1992 at stasjon Mike, (+) values for 1993)

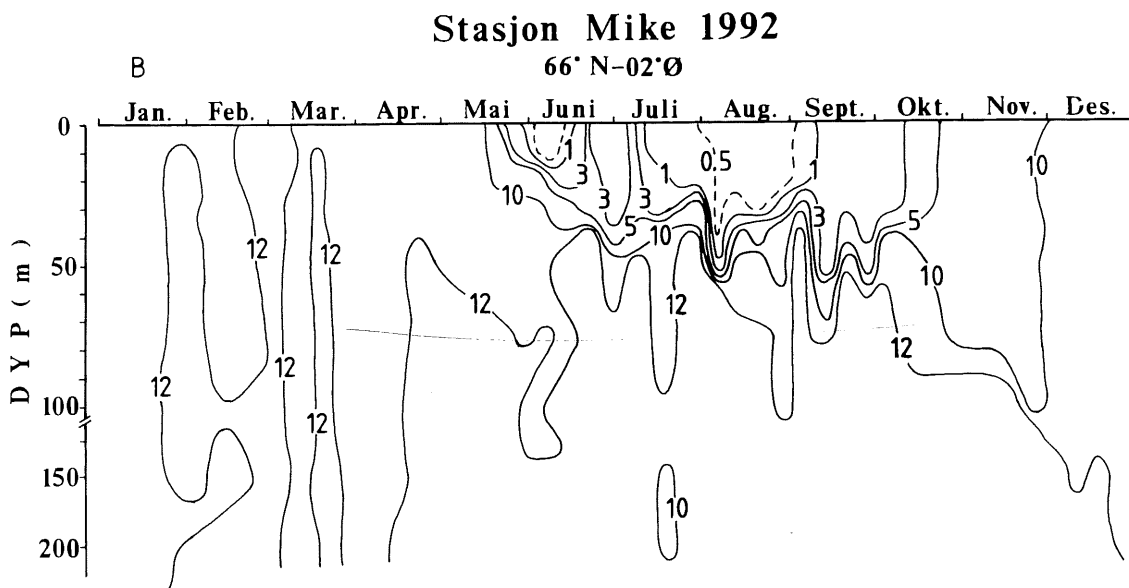


Fig.3.10 B Vertikalfordelingen av nitrat ($\mu\text{mol l}^{-1}$) i de øverste 200m ved stn M i løpet av 1992. (Vertical distribution of nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) at station Mike in 1992.)

Dyreplankton

Fordeling av dyreplankton-biomasse mellom 0 og 300 m dyp sommeren 1993 fremgår av fig. 3.11. De høyeste biomasseverdiene finnes fra Jan Mayen og nordover langs polarfronten. Det var også høye verdier lenger øst i Norskehavet og nordover mot Svalbard. Stasjonene nærmest norskekysten hadde relativt lav biomasse.

Den vertikale fordeling av dyreplankton-biomasse langs et snitt fra kjernen av Øst-Islandstrømmen til norskekysten er vist i fig.3.12. Mange av håvtrekkene startet på 300-450m dyp, og slik situasjonen var i 1993 gikk en glipp av betydelige mengder dyreplankton i dypere vannlag. 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.

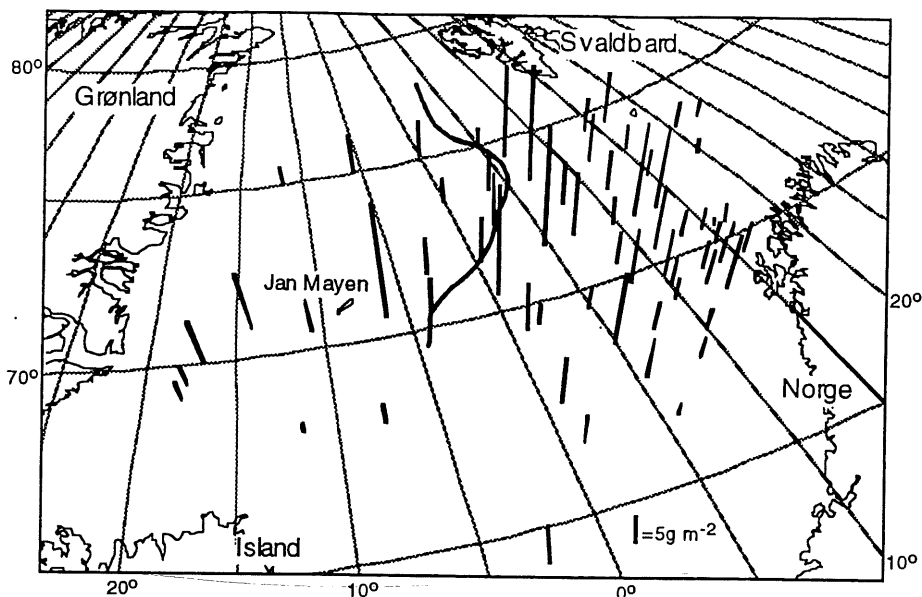


Fig 3.11. Biomasse av dyreplankton (g tørrvekt/m²) for en vannsøyle 0-300 m dyp i juli/august 1993. Prøvene er tatt med MOCNESS og Multinet. Den oseaniske polarfronten er markert med tykk strek. (*Zooplankton biomass (g dry weight/m²) for a water column 0-300 m of depth in July/August. The samples were taken with MOCNESS and Multinet. The Polar ocean front is marked.*)

De fem østligste stasjonene i snittet ligger i det kalde arktiske vannet. Mengden dyreplankton varierte endel, men på Stn 675 var det spesielt mye dyreplankton mellom 25 og 50 m. På Stn 784 som ligger i arktisk vann nær polarfronten var det svært mye plankton mellom 0 og 25 m

dyp (561 mg tørrvekt/m³) og relativt mye også på midlere dyp. Stn 786 ligger midt i frontområdet og prøvene herfra inneholdt relativt mye plankton, men det mangler prøver fra overflatelagene. Også Stn 789 som ligger nær fronten i atlantehavsvann var rik på plankton, men herifra og inn mot norskekysten avtok planktonmengden.

Det er omtrent de samme artene vi finner langs hele snittet, men det skjer endringer i dominans og hvor langt de forskjellige artene er kommet i sin livssyklus og stadiutvikling. Krepsdyrene vokser ved såkalte skallskifter. Hoppkrepsene har seks skallskifter etter larvestadiet som er nummerert fra I (yngst) til VI (eldst). Stadiutviklingen er avhengig av når oppblomstringen av planteplankton inntreffer og av temperaturforholdene. Dette kan illustreres ved at det på Stn 786 i polarfronten var en overvekt av *Calanus finmarchicus* copepodittstadium IV, mens det på Stn 765 nær norskekysten var copepodittstadium V som dominerte. På Stn 765 hadde *C. finmarchicus* altså fullført mer av sin livssyklus enn på Stn 786. Ellers var det *C. finmarchicus* som dominerte i overflatelagene på begge de nevnte stasjonene. Generelt dominerer denne arten i biomasse av de plantespisende artene i Norskehavet. I denne delen av Norskehavet var det foruten *C. finmarchicus*, hoppekrepsene *Metridia* og *Oithona* som var vanligst sammen med pilormer.

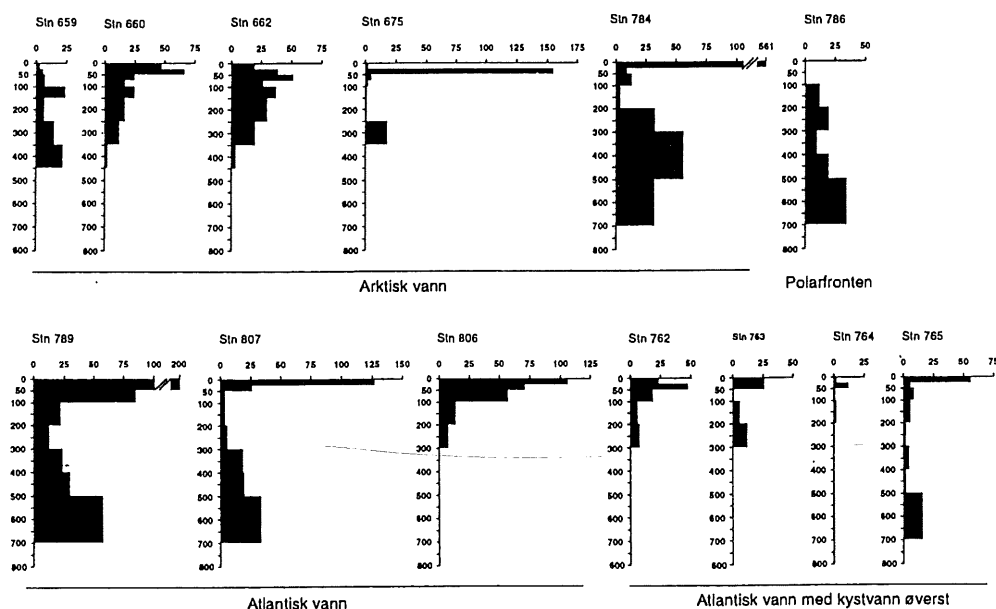


Fig.3.12 Vertikalfordeling av biomasse av dyreplankton (mg tørrvekt/m³) i juli/aug. 1993 langs et øst-vest snitt i Norskehavet og Islandhavet. Se fig.3.7 og 3.8. Merk at trekkene har begynt på forskjellig dyp og at prøve fra de øverste 100 m savnes for stasjon 786. (Vertical distribution of zooplankton biomass (mg dry weight/m³) in July/August 1993 along an east-west transect in the Norwegian and Iceland Seas. See fig. 3.7 and 3.8 Note that the samples are taken from different depths and that samples from the 0-100 m lacks at Stn 786.)

Ved iskanten i Grønlandshavet på ca. 75 °N, dominerte *C. finmarchicus* som var enda tidligere i stadiet utviklingen enn i polarfrontet ved stn 786. (copepodittstadium I og II-reproduksjonsfasen). Dette faller sammen med klorofyllmaksimumet som ble observert ved iskanten (fig.3.9). Lenger mot vest, men fortsatt i arktiske vannmasser, dominerte copepodittstadium II og III. Like på østsiden av polarfronten fantes alle stadier av *C. finmarchicus* i overflaten, i dypet dominerte stadium V. Av andre viktige arter i Grønlandshavet fantes den arktiske *Calanus glacialis* og *Calanus hyperboreus*. I den sentrale delen av Grønlandshavet var også hoppekrepsene *Pseudocalanus*, *Oithona*, *Microcalanus*, *Oncaea* og *Metridia* tallmessig viktige.

De fire kommersielt viktige planktonspisende fiskeartene i Norskehavet er sild, kolmule, makrell og lodde (islandsk), og disse bestandene blir kartlagt sammen med planktonet. Norsk vårgytende sild er i kraftig vekst og gytebestanden er nå ca. 3 millioner tonn og i Barentshavet er det en tilsvarende mengde ungsild. I de nærmeste årene forventes bestanden å vokse til et høyt nivå og Norskehavet igjen å bli et viktig beiteområde for sild. Det blir et av Norskehavsprogrammets hovedinnsatsområder å følge og forstå endringene i sildas populasjonsdynamikk, valg av gyteplasser, oppvekst- og beiteområder (ernæringsforhold) og interaksjoner med f.eks loddebestandene i Barentshavet og Norskehavet.

Fig.3.13 viser utbredelsen av sild i Norskehavet sommeren 1993. De skraverte områdene representerer omlag 3 mill. tonn, med endel ungsild medregnet. Sammenligner vi med dyreplanktonfordelingen i Fig 3.10 ser en at det var relativt lite dyreplankton i området med sild, noe som trolig var en effekt av sildas nedbeiting av dyreplanktonet.

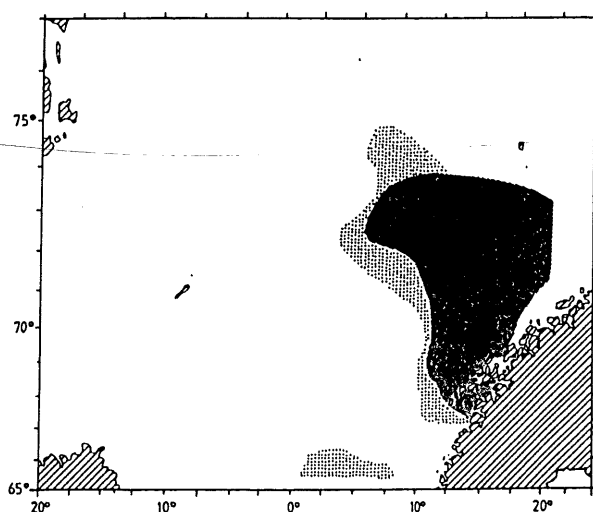


Fig.3.13. Fordelingen av norsk vårgytende sild i Norskehavet i juli/august 1993. Tettprirket området viser de tetteste forekomstene. (Distribution of Norwegian spring spawning herring in the Norwegian Sea in July/August 1993. The darkest shading represents the highest concentrations.)

3.3 Yngelproduksjon - Sild

Ubredelsesområdet for sildelarver ble dekket under et tokt med F/F "M. Sars" i perioden 6.-18. april 1993 (fig.3.14). De høyeste tetthetene av sildelarver (≥ 1000 pr. m² overflate), ble funnet over Haltenbanken og over Buagrunden. Dette var larver som hadde brukt opp plommesekken og var i vekst. I tillegg til disse høye konsentrasjonene ble det funnet larver i store deler av undersøkelses-området. En larveindeks ble beregnet til 21×10^{12} ut fra de tilgjengelige data. Dette er den høyeste indeksen som er målt siden 1981. Indeksen for perioden 1981-1993 er vist i fig.3.15. Påliteligheten til denne indeksen er avhengig av hvor godt dekket undersøkelsesområdet er, tidspunktet for innsamlingsperioden i forhold til sildeeggnes klekking og effektiviteten til de redskapene en benytter. Med så mange usikkerhetsmomenter kan ikke indeksen gi noe annet enn en grov indikasjon på hvor store sildelarvemengder det er i havet. Den viser imidlertid den store forandringen i larvemengder da den sterke 1983 - årsklassen tok til å gyte i 1988. Larveindeksen har holdt seg høy i perioden 1988-1993, og de variasjonene en ser ligger hovedsakelig i de tidligere nevnte usikkerhetene.

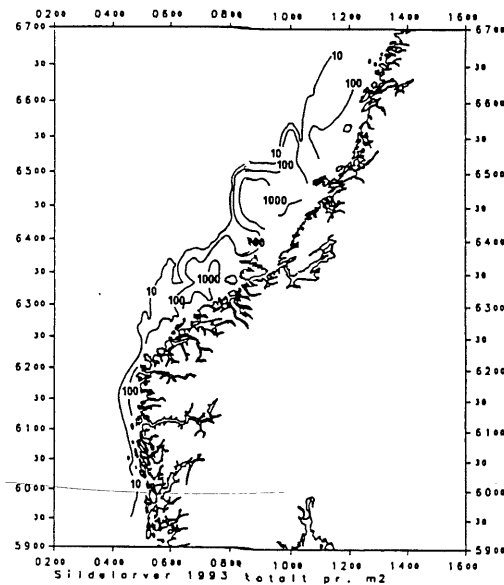


Fig. 3.14 Utbredelsen av sildelarver på norsk sokkel mellom 60-66° N i perioden 6.-18. april 1993. (*The distribution of herring larvae on the Norwegian shelf between 60-66° N during the period 6.-18. April 1993*)

I perioden 18.mai - 1.juni ble det samlet inn fiskeyngel med F/F "G. O. Sars" over norsk sokkel fra Frøyabanken til Tromsøflaket. I år ble det benyttet en mindre, men mer effektiv pelagisk trål enn tidligere, slik at resultatene ikke er direkte sammenlignbare med resultatene fra tidligere års undersøkelser. Hovedvekten ble lagt på sild, og det ble funnet store mengder

sildeyngel i hele utbredelsesområdet. De høyeste tetthetene av sildeyngel ble funnet nordvest av Frøyabanken og nordøst av Trænabanken. Det ble registrert mer sildeyngel i 1993 enn i noen av de andre årene i perioden 1985-93 (fig.3.16). Figuren viser også den gode rekrutteringsfølgen av sild fra og med 1988, knyttet til den økte gytebestanden i 1988 og den generelle bedringen av havklimaet i samme perioden.

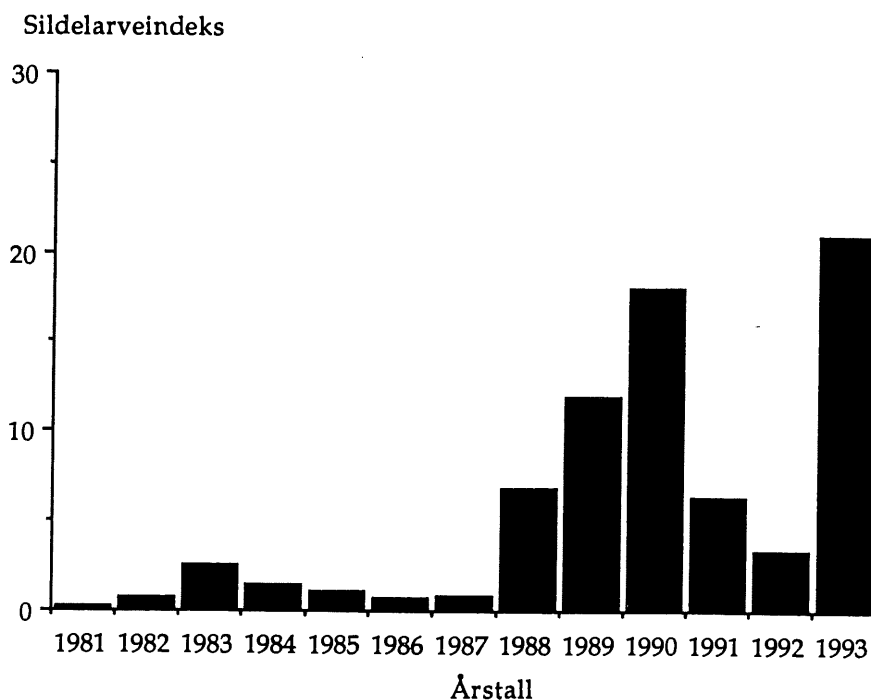


Fig.3.15 Sildelarveindeks for perioden 1981-1993. (An index of the abundance of herring larvae during the period 1981-1993)

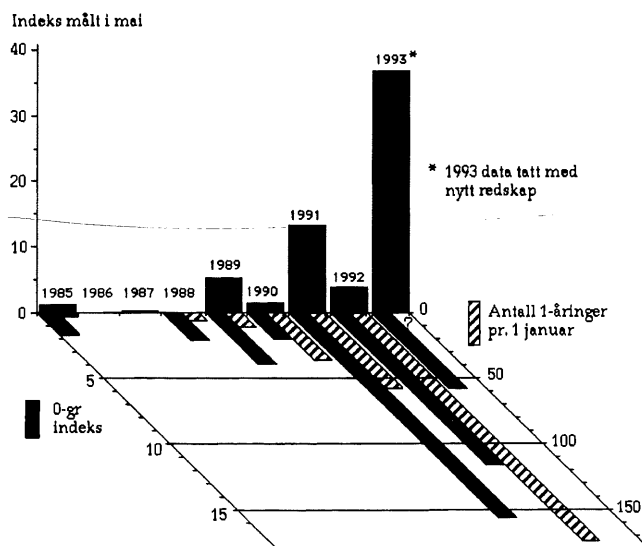


Fig. 3.16 Sildeyngelindeks i mai, 0-gruppe indeks av sild og antall 1-åringer (sild) i milliarder for perioden 1985-1993. (An index of the abundance of juvenil herring in the month of May, the 0-group index and the number of one-year-old herring in billions)

3.4 Atomubåten “Komsomolets”

Fysiske forhold

Omlag 180 km sørvest for Bjørnøya ligger vraket av den atomdrevne ubåten “Komsomolets” som også førte torpedoer med nukleære stridsoder. Vraket ligger på ca 1650 m dyp i nedre del av skråningen opp mot kontinentalhylla i Barentshavet. I senere tid har faren for spredning av radioaktivitet fra ubåten, spesielt til de rike fiskefeltene i Barentshavet, fått stor oppmerksomhet i media. Havforskningsinstituttet foretar derfor en del undersøkelser ved vraket. Blant annet er det foretatt målinger for å undersøke strømforholdene. En måleserie fra 4. mai til 4. august 1993 viser at strømmen i hovedsak har retning langs bunnkonturene som i dette området er tilnærmet nord-sør. Da instrumentene i de øvre lag ble slitt vekk, sansynligvis av trål, ble strømmen bare målt i dypene 667, 1567 og 1642 meter dyp. Fig.3.17 viser de høyeste døgnlige strømhastighetene i cm/sek i strømmens hovedretninger, med positiveverdier for strøm mot nord. Det fremgår av plottet at strømhastighetene var temmelig like i alle de tre måledypene og at bevegelsen i vannmassene hadde karakter av periodevise pulseringer mot nord og sør. I midten av mai gikk strømmen i en 10-dagersperiode mot nord mens den var sørlig i resten av måneden. Etter en kort periode med nordlig strøm i beynnelsen av juni gikk den igjen mot sør gjennom det meste av juni. I resten av måleperioden gikk strømmen for det meste mot nord. Den høyeste strømhastigheten nær bunnen ble målt til 35 cm/sek. Slike strømforhold vil medføre at eventuelle oppløste radioaktive komponenter fra ubåten blandes ut i dypvannet og spres både sør og nord for ubåten (plutonium, som ikke løses vann, men er bundet til partikler, vil deponeres på bunnen i vrakets nærområde). Fordi vannmassene har en stabil lagdeling med økende tetthet mot økende dyp, vil utblandingen av evt oppløst radioaktivt materiale stort sett skje i samme dybdenivå som ubåten (ca 1650 m).

Med bakgrunn i modellforsøk er det blitt hevdet at radioaktivitet fra “Komsomolets” kan blandes ut langs en tetthetsflate opp til overflatelaget i Grønlandshavet og videre mot fiskefelter nord av Island. Det har lenge vært kjent at tetthetsflatene skråner nedover fra sentrum av Grønlandshavet, men som vist i Fig.3.2 er dette bare tilfelle i de øverste ca. 1000 m av vannsøylen. Isolinjen for tetthet lik 1028.0 kg/m^3 (som tilsvarer tetthetsavviket kalt $\sigma_0 = \text{tetthet} - 1000$) går fra ca 100 m dyp i Grønlandshavet til ca 800 m dyp ved skråningen mot Barentshavet. Tettheten av vannet der ubåten ligger på ca 1600m dyp har σ_0 -verdier mellom 28.075 og 28.08, som i motsetning til isolinjene for tetthet i de øverste 800m går mot større dyp i Grønlandshavet. Spredning av evt oppløst radioaktivt materiale fra ubåten vil derfor over meget lange tidsskalaer være begrenset til de større havdyp. Etter en meget lang oppholdstid i de dype bassengene i De nordiske hav og i Polhavet vil dette vannet evt kunne

strømme over de dypeste passasjene mellom Skottland og Grønland og synke mot bunnen i Atlanterhavet, for deretter å gå inn i den globale dyphavssirkulasjonen. Der vil det forbli gjennom århundrer. De mengdene som evt blandes vertikalt og når overflaten i De nordiske hav, vil være ubetydelige og vil nå overflaten i meget lave konsentrasjoner.

Det kan derfor konkluderes med at de tross alt små mengdene av oppløst radioaktivt materiale fra ubåten ikke representerer noen fare for fiskeriområdene i Barentshavet eller andre steder. Det beste er at vraket ligger der det er, gjerne godt "innpakket". Heving av vraket er en meget risikofylt operasjon, og uhell kan medføre en betydelig spredning av radioaktivitet i overflatelaget.

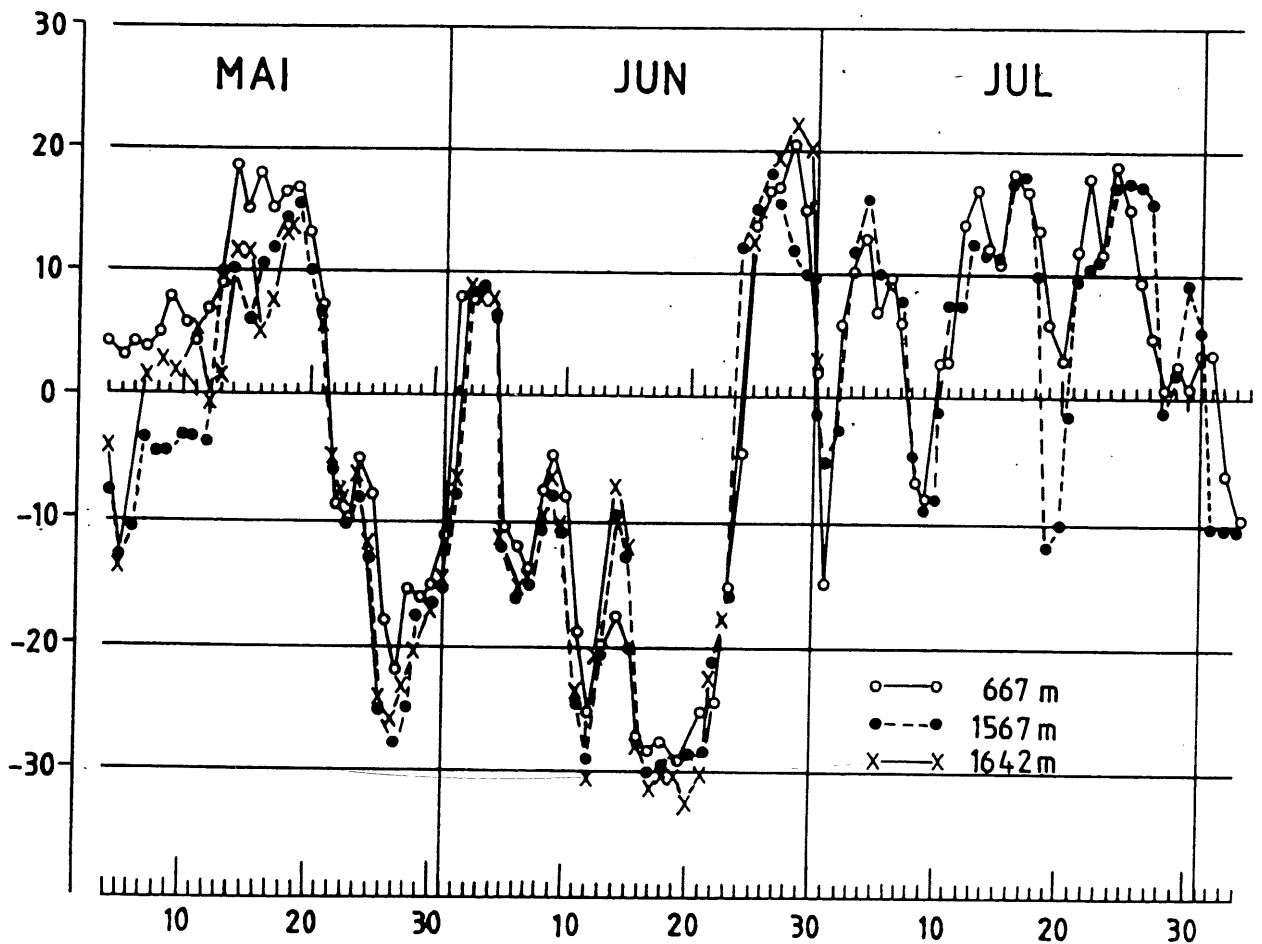


Fig.3.17 Daglige maksimalverdier av strømhastighet ved den sunkne ubåten "Komsomolets" i perioden 4. mai - 4. august 1993. Kurvene viser målinger i 667, 1567 og 1642 m dyp. Strøm i dominant retning, SV-NØ, langs dybdekonturene er vist. (Daily maximal values of the current velocities near the wreck of the nuclear submarine "Komsomolets" during the period 4 May - 4 August 1993. The Graphs show measurements at 667, 1567 and 1642 m depth. The dominant current component along isobaths in direction NE-SW is shown)

Radioaktivitet

Havforskningsinstituttet har lagt inn en rutinemessig overvåkning av vann- og sedimentprøver i området nær opptil ubåten. Foreløpig har vi konsentrert analysene til måling av Cesium-137. Tabell 3.1 viser noen resultater fra de to siste års undersøkelser.

Tabell 3.1. Cesium-137 verdier målt i vann- og sedimentprøver innsamlet nær inntil skroget av den sunkne atomubåten "Komsomolets". Verdiene for sediment er oppgitt i becquerel (Bq) pr. kg tørket sediment. (*Cesium-137 values measured in water and sediment samples collected close to the hull of the sunken nuclear submarine "Komsomolets". The sediment values are given in becquerel per kg dry weight.*)

Å r	Prøvetype	¹³⁷Cs aktivitet
1992	vann	< 10 Bq m ⁻³
1992	vann	21 ±5 Bq m ⁻³
1993	vann	14 ±5 Bq m ⁻³
1993	vann	< 10 Bq m ⁻³
1993	sediment	< 1 Bq kg ⁻¹
1993	sediment	< 1 Bq kg ⁻¹
1993	sediment	2 ±1 Bq kg ⁻¹
1993	sediment	< 2 Bq kg ⁻¹
1993	sediment	2 ±1 Bq kg ⁻¹
1993	sediment	2 ±1 Bq kg ⁻¹

Som det framgår av tabellen ble det registrert svært lave verdier nær bakgrunnsnivået både for vann og sediment. Russiske målinger, innsamlet ved hjelp av en bemannet miniubåt, har vist at det kan registreres noe forhøyede verdier tett inntil skroget av ubåten. Våre prøver, som er samlet inn ved hjelp av sedimentprøvetaker og vannhentere senket ned til ca 1600 meter, vil nødvendigvis ikke kunne observere med en slik presisjon. Imidlertid er observasjonene tatt innenfor ubåten's nærområde, slik at eventuell vesentlig utlekking av radioaktivitet ville ha blitt registrert.

Spredningsmodell

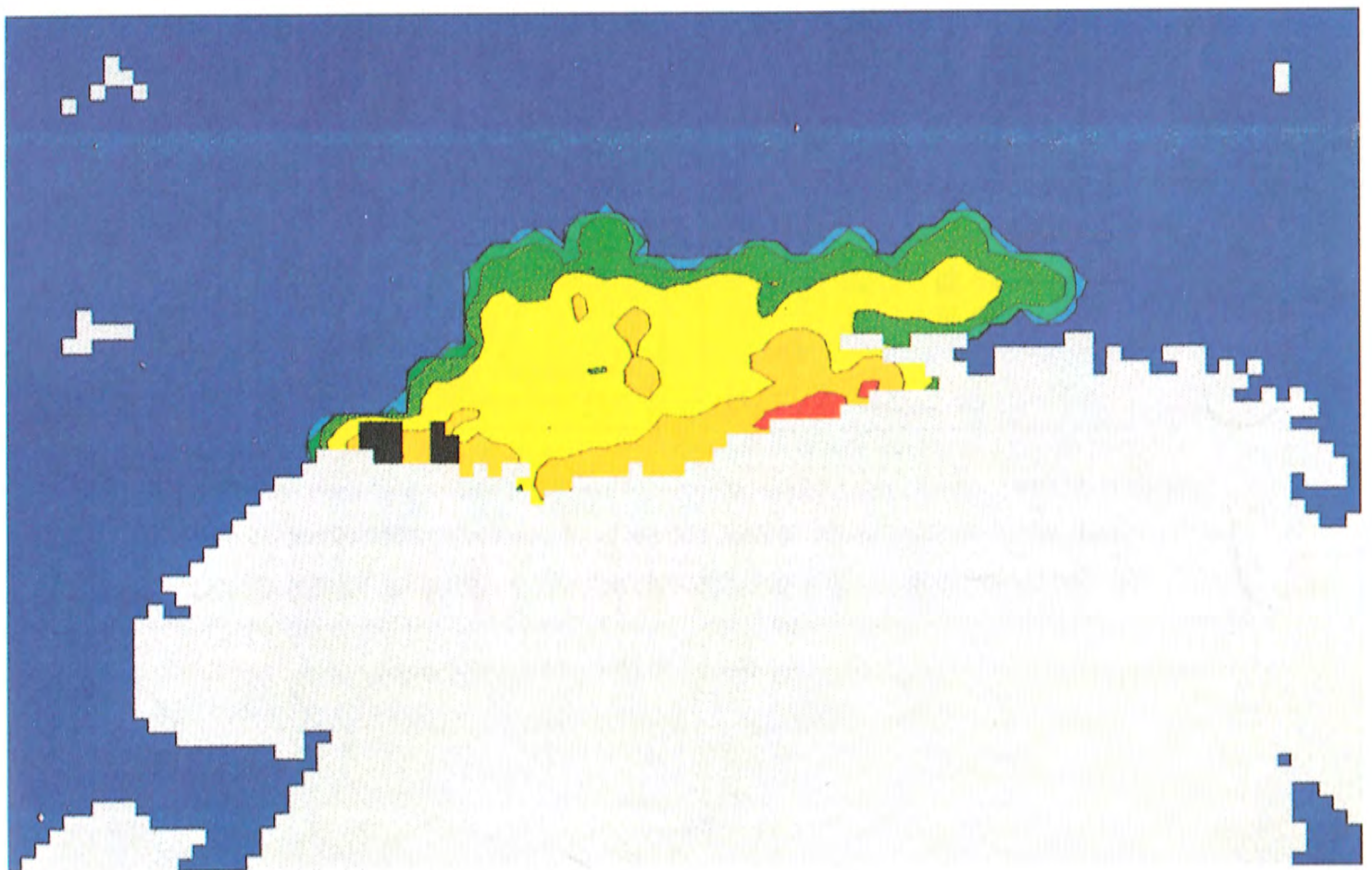
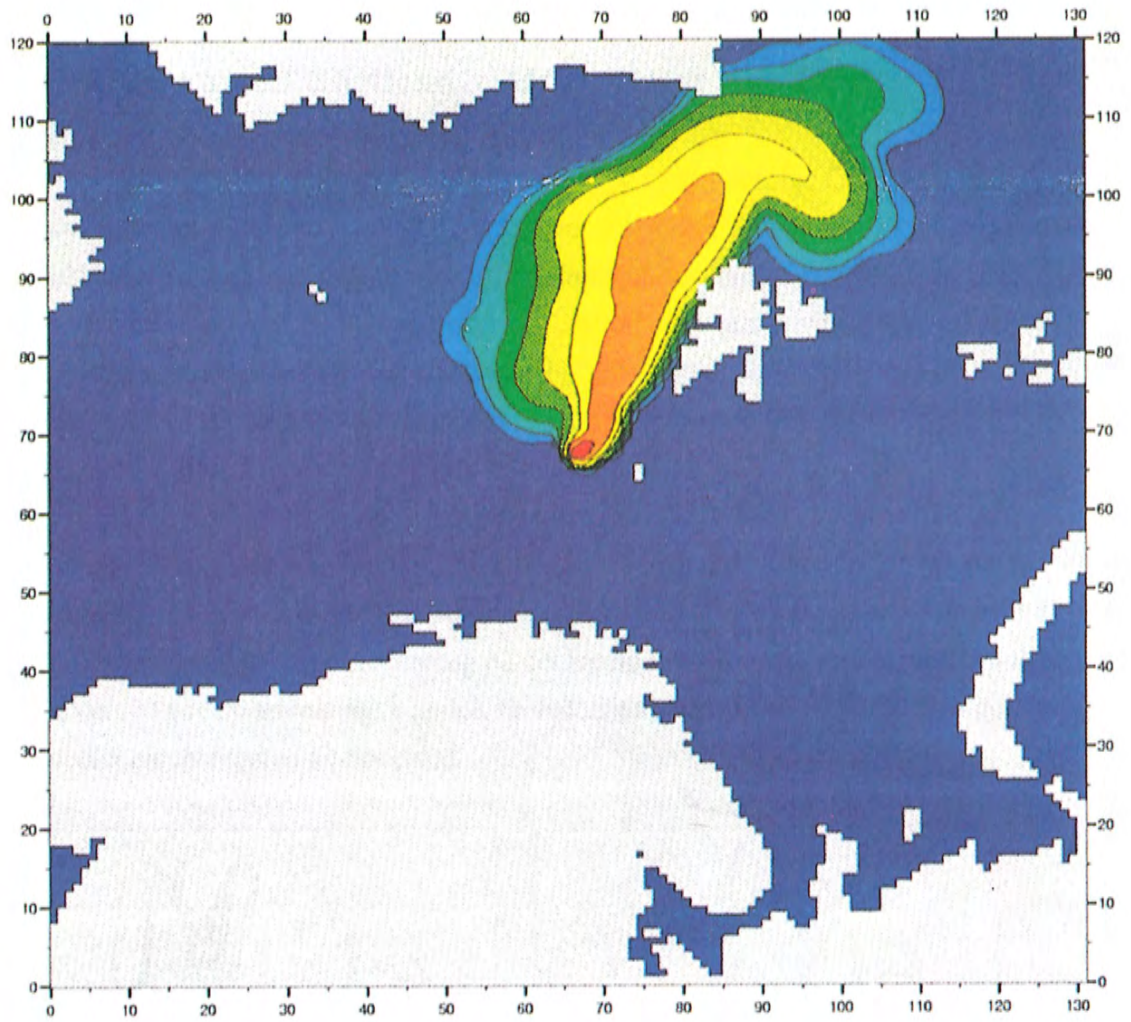
Eventuelle utslipp av radioaktive stoffer fra ubåten, som Cesium-137, løses opp i sjøvann og transporteres passivt med havstrømmene. Det er også antatt at feks Cesium-137 stort sett spres ut i ubåtens dybdenivå (ca 1600m). Miljøsentret har i samarbeid med Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI) gjort en modellstudie for å få mer kunnskap om hvordan et eventuelt utslipp vil spre seg i havområdet. Først ble en numerisk strømmodell kjørt for området. Drivkreftene til modellen er den normale fordelingen av salt og temperatur i havet samt realistisk vind. Resultatene fra strømsimuleringen ble brukt som inngangsdata til en partikkeltransport-modell. Partiklene "legges" inn i strømmodellen ved ubåtens posisjon, og partiklene flyttes deretter stegvis framover med strømmen. Horisontal og vertikal spredning av partiklene blir simulert.

Bildet på side 53 viser midlere partikkelkonsentrasjonene etter ca 300 dager. Hver av isolinjene innover gir en 10-dobling av konsentrasjonen. Vi ser at hovedtyngden av partiklene ble transportert nordover langs vestkysten av Spitsbergen, og de første har allerede kommet inn i Polhavet og har dreid mot øst. En mindre del av partiklene har nådd sokkelen øst for Grønland og vil deretter bli transportert sørover i Grønlandshavet.

En rimelig antakelse er at eventuelle utslipp av løste radioaktive stoffer fra ubåten transporteres nordover og havner på store dyp i polbassenget og Grønlandshavet. Oppholdstiden for vann i de dypere lag av polbassenget og Grønlandshavet er meget lang, og eventuell tilført radioaktivitet vil bli svært fortennet før det en gang i framtiden strømmer ut av de forannevnte havområdene. Det er viktig å huske på at modellresultatene bare er en enkel simulering av virkeligheten på en datamaskin, men samtidig støtter de opp om de konklusjonene som er basert på målinger.

Øverst side 53: Modellert spredning av et tenkt utslipp av radioaktive stoffer i omlag 1600 meters dyp fra den sunkne ubåten "Komsomolets" sørvest av Bjørnøya (simuleringstid ca. 300 døgn). (*Top: Modelled distribution of an imaginary leakage of radioactive substances at 1600 m depth from the sunken submarine "Komsomolets" southwest of Bear Island (300 days simulation time).*)

Nederst: Drift av sildelarver: Modellen simulerer driften av sildelarver nordover langs norskekysten fra gytefeltene utenfor Sunnmøre og på Buagrunden (svart merke). "Kartet" viser fordelingen (modellert) 20. mai 1983 (=75), 30. mai 1983 (=85). (*Transport of herring larvae: The model simulates the transport of herring larvae northwards along the Norwegian coast from the hatching areas outside Sunnmøre and at Buagrunden (in black). The map shows the simulated distribution at May 30 1983 (=85).*)



3.5 Oljeulykken ved Shetland - M/V "Braer"

Den 5 januar 1993 gikk oljetankeren M/V "Braer" på grunn utenfor Garthness på sydspissen av Shetland. Tankeren var lastet med 85 000 tonn råolje fra Gullfaksfeltet i Nordsjøen. Olje begynte umiddelbart å lekke ut fra fartøyet, og innen et par dager etter havariet hadde ca. 1/4 del av oljelasten lekket ut til sjøen omkring. Da nyheten om havariet ble kjent, besluttet Havforskningsinstituttet umiddelbart å sende F/F "Michael Sars" til Shetland for å delta i undersøkelsene i et samarbeidsprosjekt initiert av skotske myndigheter og deres forvaltningsinstitusjon, Marine Laboratory i Aberdeen.

Da F/F "Michael Sars" ankom Shetland hadde hovedtyngden av oljen fra M/V "Braer" lekket ut og spredd seg til et 40 km langt belte langs land på vestsiden av Shetland (fig.3.18). De første synlige effektene av oljeforurensing på det marine miljø viste seg i form av død sjøfugl, sel og sjøoter. Svært utsatt var også de lokale fiskeriene og spesielt lakseoppdrettsanleggene som er tallrike på vestkysten av Shetland

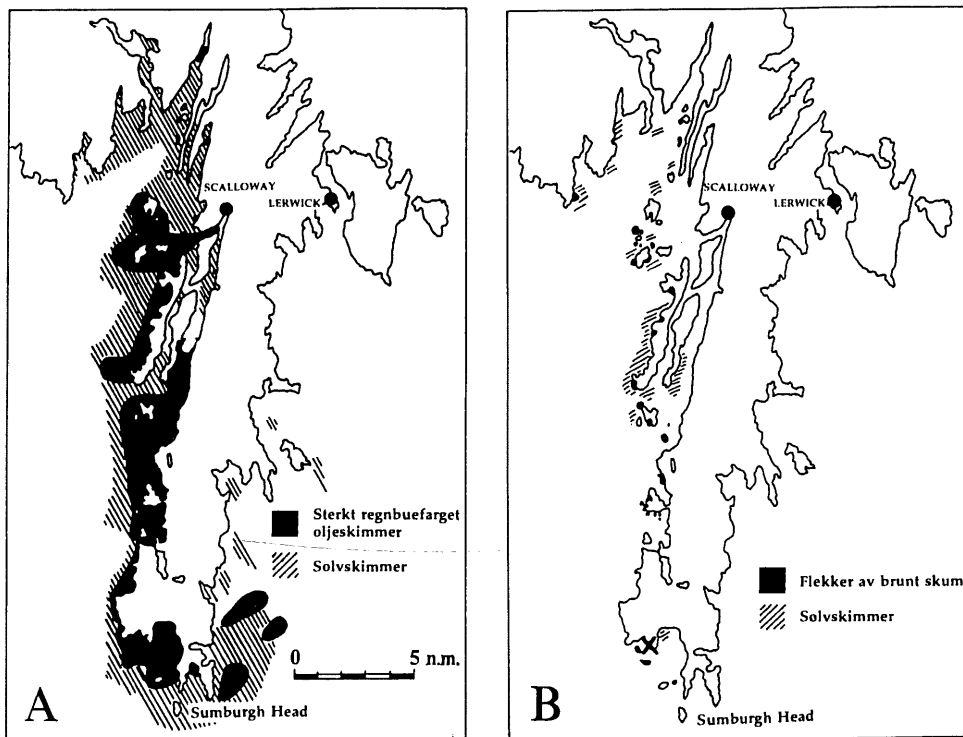


Fig. 3.18 A- Fordeling av olje observert fra overvåkingsfly den 12. januar 1993, B-Fordeling av olje den 21. januar 1993. Havaristedet er merket med X. (State of oil pollution based on aerial surveys. A. January 12th 1993, B. January 21st 1993. Wrack of MV Braer marked with X)

Mengdene av mindre dyreplankton og raudåte var lav (fig.3.20). Ingen synlige effekter av oljeforurensing kunne spores på sildeyngel og dyreplankton og begge gruppene syntes å være i god kondisjon. Krillen ble hyppig observert med mat i tarmkanalen, og alle levende individer syntes å ha en normal adferd. Som ventet ble det funnet sildeyngel på de fleste lokalitetene, både på vest- og østkysten av Shetland. Seiyingel ble ikke funnet, og det ble bare sporadisk observert annen yngel av ikke kommersielle fiskearter. Værforholdene gjorde det imidlertid vanskelig å foreta innsamling av plankton og fiskeyngel på flere av lokalitetene, spesielt på vestkysten.

En rekke oljedriftsmodeller forutsa at oljen ville drive mot Norge og nå norskekysten relativt kort tid etter havariet. Prøvetakningen ble derfor konsentrert til et transekt på østkysten for om mulig å fange opp eventuell drift mot norskekysten (fig.3.19). Samtidig ble to Argos-drivbøyer satt ut for å dokumentere de rådende strømforholdene og drivmønster i området. Resultatene viste at det var svært lave verdier av total mengde olje målt ved UV-fluorescence i dette området. De målte verdiene lå i størrelsesområdet 1-11 ppb ($\mu\text{g l}^{-1}$), altså bare svakt over bakgrunnsnivået.

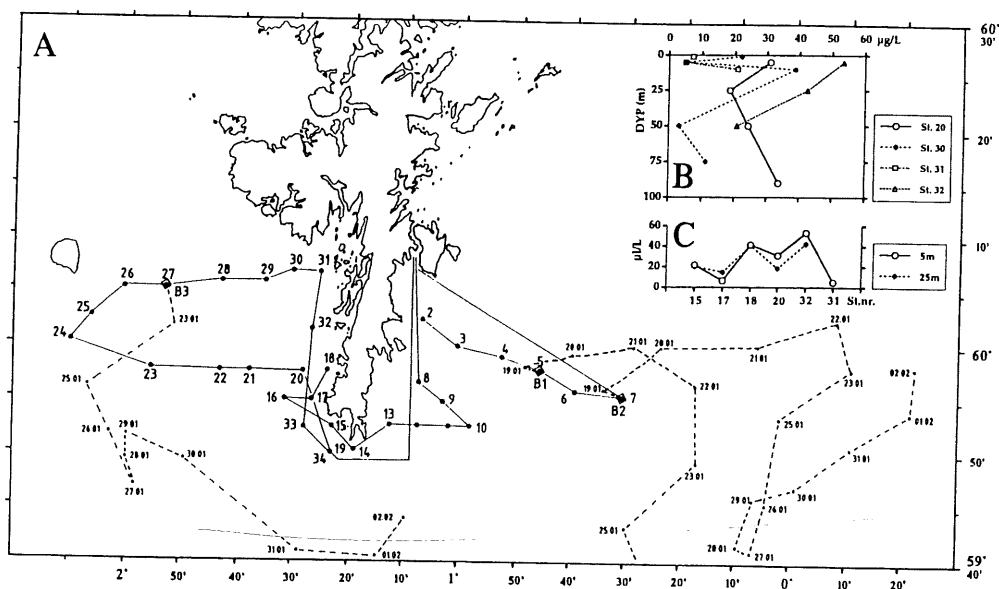


Fig. 3.19 A - Undersøkte lokaliteter (•), utsetting av Argos-bøyer (◊) og driftsruter (•- - - •). B - Vertikal-fordeling av total mengde olje i ppb ($\mu\text{g l}^{-1}$). C - Total mengde olje i ppb ($\mu\text{g l}^{-1}$) på lokalitetene nærmest land fra havaripunktet og opp langs vestkysten av Shetland. Alle målinger gjort med gasskromatografi (GC), på Havforskningsinstituttet.

(A. Map of surveyed area. Sampling stations (•), Argos-drifters deployed (◊) and drift of Argos buoys (•- - - •). B. Vertical distribution of total oil in ppb ($\mu\text{g l}^{-1}$). C. Total oil in ppb ($\mu\text{g l}^{-1}$) on near shore sampling sites from the wreck of MV Braer up along the west coast of Shetland. All measurements done with gas chromatography (GC), at the Institute of Marine Research, Bergen.)

I området rundt havaristedet og på vestkysten av Shetland konsentrerte undersøkelsene seg sterkere om den vertikale nedblanding av olje. Vannprøver ble tatt fra overflaten og ned til ca. 90m på to transekter på vestkysten av Shetland (fig.3.19). Konsentrasjonen av olje på vestsiden var også lav, 2-30 ppb ($\mu\text{g l}^{-1}$), men høyere enn på østkysten. Til sammenligning var oljekonsentrasjonen like utenfor havaristen (St15) ca. 37 ppb ($\mu\text{g l}^{-1}$). Målinger foretatt med gasskromatografi (GC), på Havforskningsinstituttet viser en markert nedblanding av olje på flere kystnære lokaliteter og i noen tilfelle også en økning mot bunnen på ca. 90 meter dyp. Selv om verdiene i dette dypet ikke overskrider ca. 35 ppb ($\mu\text{g l}^{-1}$) (fig3.19), er de i samme størrelsesorden som verdier målt i nærheten av havaristedet. Den ekstreme værtypen med tildels meget sterk vind i lange perioder har sannsynligvis bidratt til at olje har blitt nedblandet i vannmassene i langt sterkere grad enn det man på forhånd antok. I flere av håvprøvene fra lokaliteter på vestkysten ble det funnet en betydelig innblanding av finkornet sand, foraminiferer og rester av muslingskall, noe som viser den betydelige effekt vindforholdene har hatt for blandingsprosesser i vannsøylen. Funnet av denne type partikler av biologisk og uorganisk opprinnelse, betyr at det var tilgjengelig et substrat i vannmassene som oppløste oljekomponenter kunne feste seg til. Ved roligere værforhold kan dette ha vært en viktig mekanisme for å transportere olje ut av vannsøylen til bunnsedimentene.

3.6 Miljø og sild i Ofotfjorden.

Etter at sommerbeitesesongen er over vandrer den norske vårgytende sild til overvintringsområdene, hvor den danner tette konsentrasjoner. I disse områdene blir silda stående inntil gytevandringen starter igjen tidlig på vinteren. I 1950-årene, da bestanden var stor (omkring 10 millioner tonn), overvintret silda i et område øst for Island. Senere, i 1963-1966, da bestanden var redusert til ca. 3-4 millioner tonn, overvintret mesteparten av silda utenfor kysten av Nord-Norge. Etter at bestanden brøt sammen på slutten av sekstitallet, overvintret det som var igjen av sildestammen i flere fjorder langs norskekysten. Under gjenoppbygging av bestanden i de siste årene, hvor 1983-årsklassen var den dominerende, har silda begynt å overvintre i Ofotfjorden og tildels i Tysfjorden innenfor Vestfjorden i Lofoten. Overvintringen i disse fjordene startet i 1987 og har fortsatt frem til nå. Den store

ansamlingen av biomasse (ca 3 millioner tonn i 1993/94) om høsten og første del av vinteren har ført til en betydelig forverring av oksygenforholdene i de to fjordområdene.

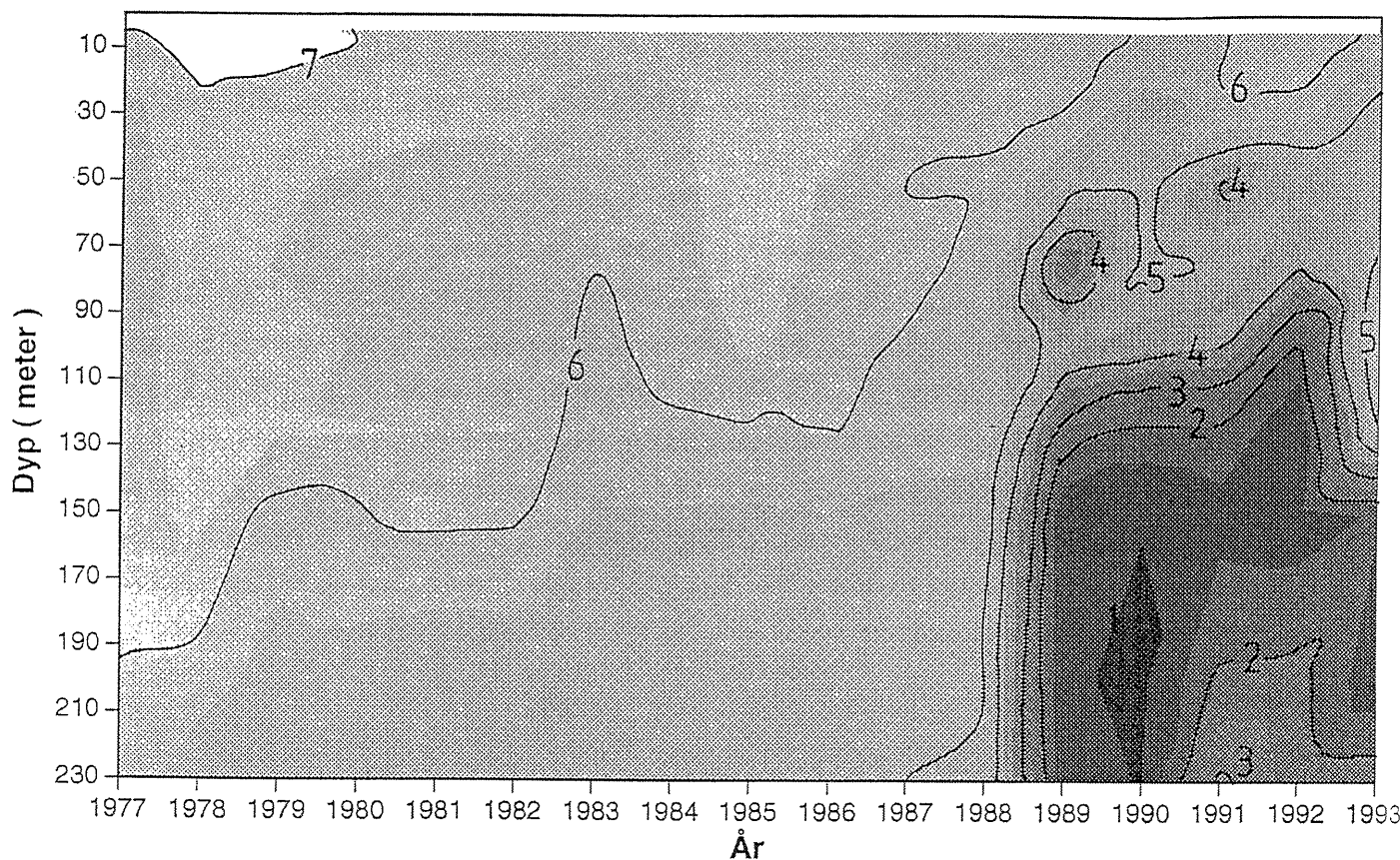


Fig.3.20 Vertikalfordelingen av oksygen (ml/l) i Ofotfjorden utenfor Narvik i perioden 1977-1993. (Vertical distribution of oxygen (ml/l) at a stasjon off Narvik (Ofotfjorden) during the period 1977-1993.)

Havforskningsinstituttet har overvåket forholdene nøye med en serie undersøkelser hvert år i november måned, samt med spesielle undersøkelser i 1991-1992. Fig.3.20 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 siden 1988 (året etter at silda begynte å vandre inn) med oksygenkonsentrasjoner lavere enn 1 ml/l under ca. 100 meters dyp i Ofotfjorden. De lave oksygenkonsentrasjonene har holdt seg ganske uforandret i de siste årene. Nedgangen er størst i januar måned like før silda igjen vandrer ut av fjordene. Dette vises i Fig.3.21 hvor man i tillegg til de lave verdiene, som sprer seg ut gjennom hele fjorden under ca 100 m dyp, også kan se en ytterligere nedgang omkring 50 meters dyp. De to minimumsområdene med lave oksygenkonsentrasjoner gjenspeiler sildas vertikale døgnvandring i fjorden. Senere på vinteren, og etter at silda har forlatt fjorden, forbedres oksygenforholdene betraktelig i de øverste 50 meter, mest som følge av den vertikale vinterblandingen i vannmassene. I de dypere lag av fjorden blir også oksygenforholdene noe

forbedret i løpet av året, men det er fortsatt lave oksygenkonsentrasjoner i de dypere vannlag av fjorden når silda ut på høsten igjen vandrer inn i Ofotområdet.

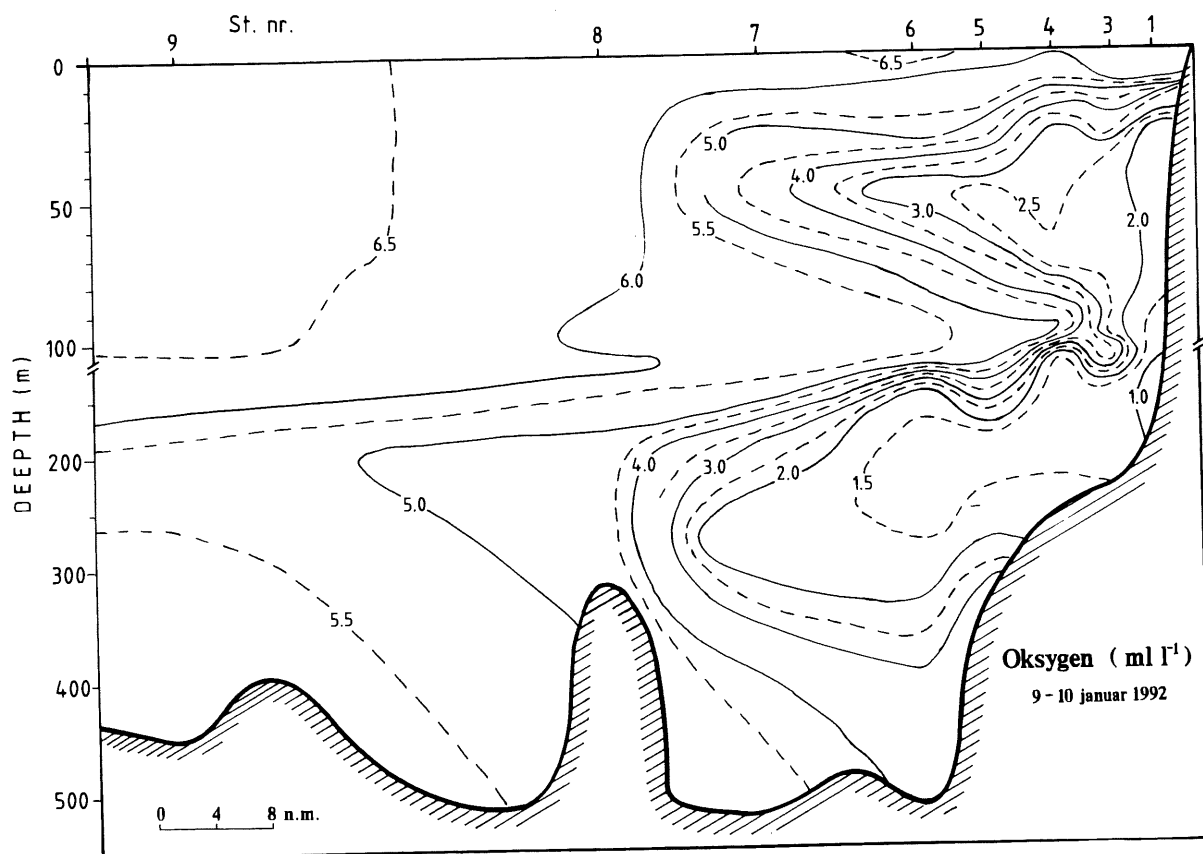


Fig. 3.21 Vertikalfordeling av oksygen (ml/l) i Ofotfjorden i januar 1992. Stasjon nr. 3 ligger utenfor Narvik, mens stasjon 8 ligger ved Bærøy. Stasjon 9 ligger i Vestfjorden og brukes som referanse. (Vertical distribution of oxygen (ml/l) along the Ofotfjorden in January 1992. Station nr. 3 is situated off the city of Narvik while station nr 8 lays off Bærøy. Station nr. 9 lays in the Vestfjorden and it is used as a reference)

4. NORDSJØEN OG SKAGERRAK

4.1 Klima

Nordsjøen

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 lokaliteter er avhengig av strømforholdene som påvirkes hovedsakelig av vind og varierende tilførsler av atlantehavsvann, lokalt elvevann og brakkvann fra Østersjøen. Varierende tilførsler av og temperaturforholdene i atlantehavsvannet bestemmer i stor grad klimaforholdene i Nordsjøen.

Atlantehavsvannet kommer hovedsakelig inn i Nordsjøen og Skagerrak sørover langs vestskråningen av Norskerenna mellom 50 og 200 meters dyp (fig.4.1). Mindre grener kommer inn både nord og sør av 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.

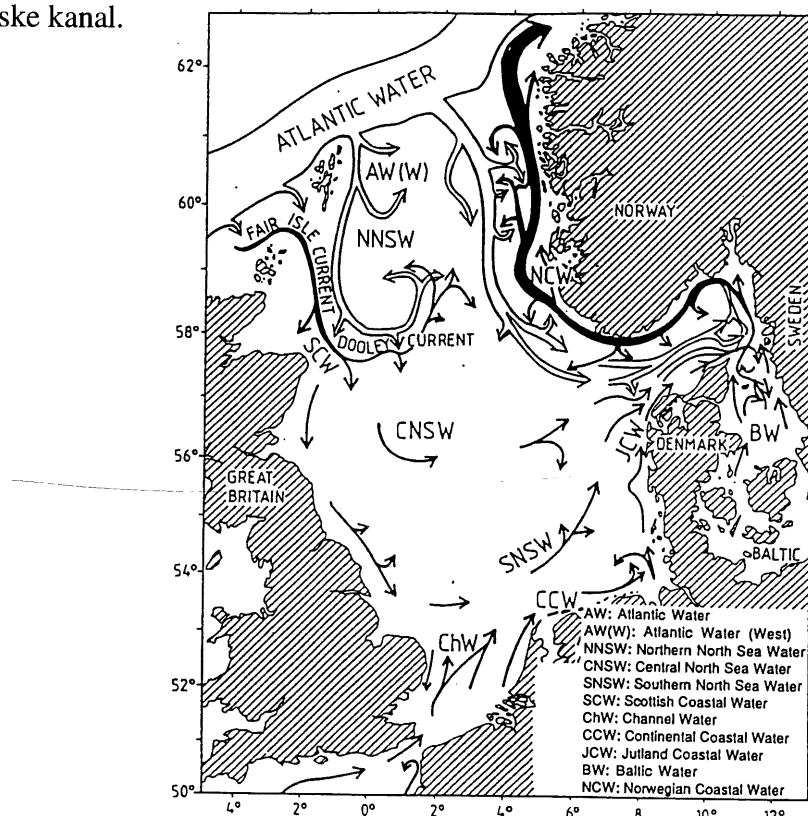


Fig.4.1 Skisse av typisk sirkulasjon/vanntransport i Nordsjøen. Pilbredden indikerer transportenes relative størrelse. (Schematics of the typical circulation/water transport in the North Sea. The width of the arrows indicates the relative magnitude of the transports)

Fig.4.2 viser tidsserier av sommermålinger av saltholdighet og temperatur nær bunnen i en fast posisjon i nordlige Nordsjøen (punkt A- se Fig.1 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 (Fig.4.2) vises også tilsvarende målinger fra en stasjon på vestskråningen av Norskerenna i kjernen av det atlantiske vannet (punkt B- se Fig.1 for lokalisering). I gjennomsnitt er temperaturen 1-2 $^{\circ}\text{C}$ lavere, og saltholdigheten 0.1 lavere over Nordsjøplatået i forhold til det innstrømmende vannet i Norskerenna

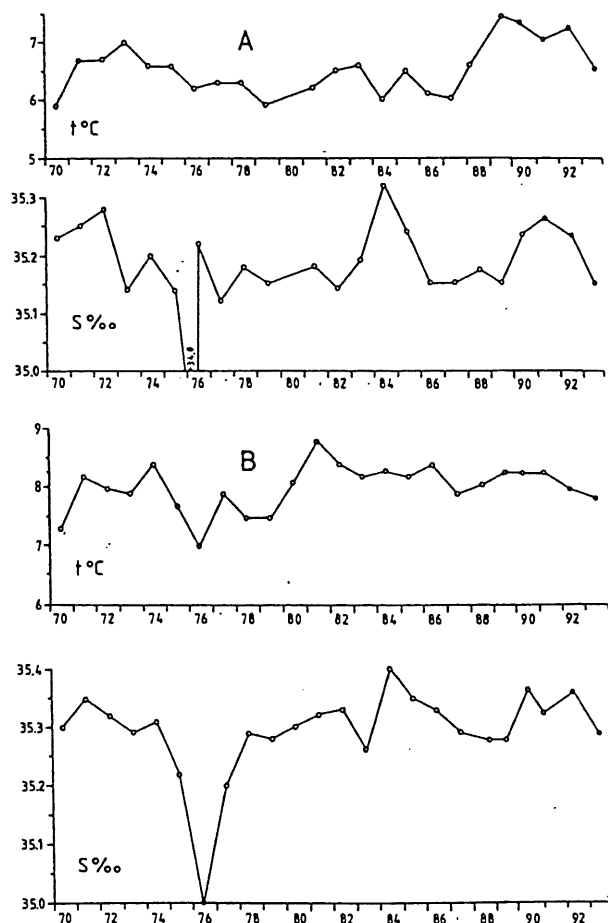


Fig.4.2 Temperatur og saltholdighet nær bunn i nordvestlige del av Nordsjøen (posisjon **A**: 59017'N, 00022'Ø), og i kjernen av atlantisk vann i vestskråningen av Norskerenna (posisjon **B**: 59017'N, 03022'Ø) om sommeren i årene 1970-1993. For lokalisering av posisjonene **A** og **B** se Fig.1. (*Temperature and salinity near bottom in the northwestern 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 1970-1993. Location of A and B in Fig.1*)

I 1989, 90, 91 og 92 var temperaturene ekstremt høye i de dypere lag av sentrale og nordlige Nordsjøen, med et ekstremt temperaturmaksimum i 1989-90. Dette er et fenomen som ble observert i store deler av vannmassene i Nordsjøen og Skagerrak. Årsaken til de høye temperaturene de siste årene skyldes derfor trolig både de ekstremt milde vintrene og økt innstrømming av atlantisk vann. Det er interessant å merke seg at bortsett fra overflatelaget var

sjøtemperaturene omkring 1990, i store deler av Nordsjøen og Skagerrak, sannsynligvis de høyeste i de siste 120 år.

Fig.4.3 viser tidsserier av temperatur og saltholdighet i 600 meters dyp i Skagerrakbassenget (fig.1-posisjon C). De senere års variasjoner viser en kraftig utskiftning av Skagerrakbassenget i 1990-91 etter en stagnasjonsperiode på flere år. Temperaturene omkring 1990 var de desidert høyeste siden målingene startet i 1947. Våren 1993 var det en ny utskiftning av bunnvannet med litt kjøligere vann, sannsynligvis fra den sentrale og nordlige del av Nordsjøen .

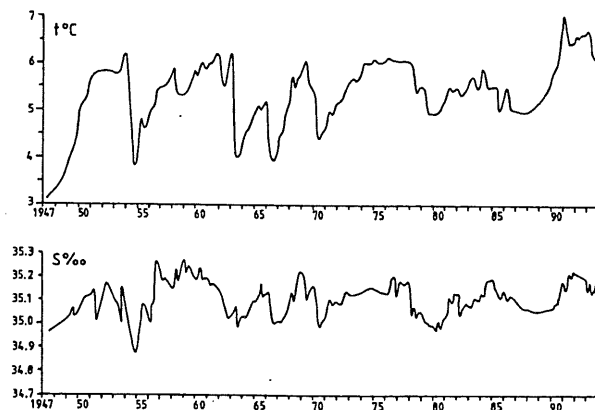


Fig.4.3 Variasjoner i temperatur og saltholdighet i 600 m dyp i Skagerrakbassenget, posisjon 58008'N, 09011'Ø, for årene 1947-1993. (Variations in the temperature and salinity of the bottom water (600 m depth) in Skagerrak for the years 1947-1993)

Kysten

Miljøtilstanden i kystfarvannene knyttet til Nordsjøen-Skagerrak observeres regelmessig (2-3 ganger pr. uke) på de faste hydrografiske stasjonene ved Torungen, Lista, Utsira og Sognesjøen (for lokalisering se fig.1). 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.4.4 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) i perioden 1942-1993 ved den faste stasjonen like vest av Utsira. Tidsseriene fra 10 m dyp, som representerer variasjonene i overflatelaget, er sterkt avhengig av lokale og regionale vær- og strømforhold som kan medføre store svingninger fra år til år. Spesielt interessant var langtidsendringen i overflatesaltholdigheten om vinteren ved Utsira. Fra midten av 40-tallet og fram til begynnelsen av 1980-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 °C over

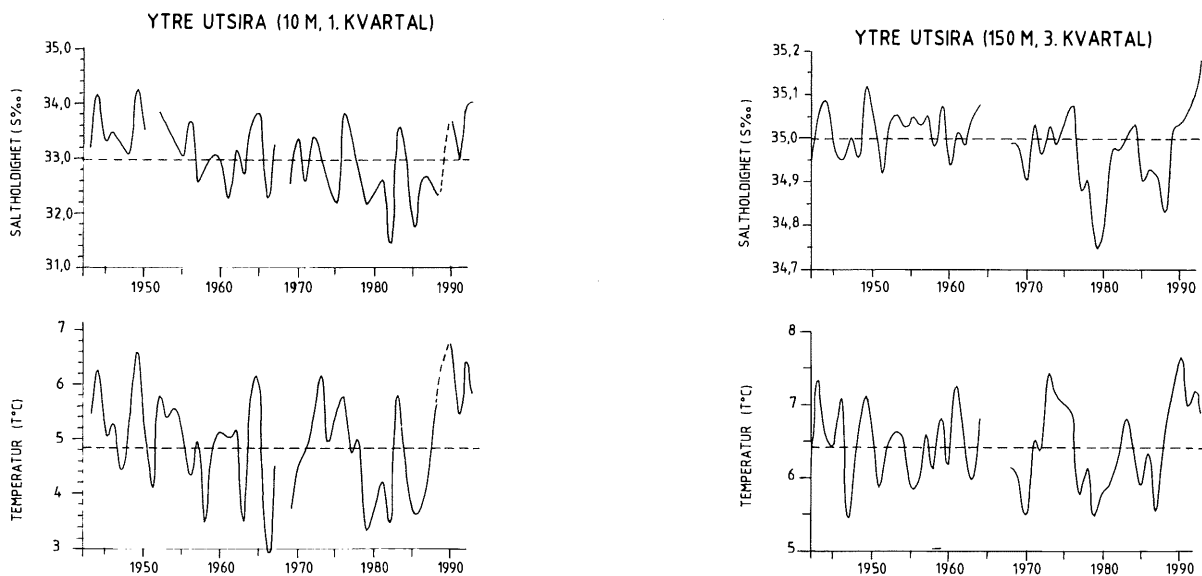


Fig.4.4 Middeler og årlige variasjoner i temperatur og saltholdighet i 10 m (1. kvartal) og 150 m dyp (3. kvartal) ved Utsira. (Mean values and yearly variation of temperatures and salinity at 10 m (1. quarter) and 150 m depths (3. quarter) at Utsira during 1. and 3. quarter)

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.

I 150 meters dyp, hvor vannmassene er sterkt oppblandet med atlantehavsvann, gjenspeiler målingene de mer storstilte variasjoner som har sin opprinnelse i den atlantiske innstrømningen til Nordsjøen. Her varierte temperaturen (som i 3. kvartal er nær årets minimum) som regel i samsvar med saltholdigheten, idet atlantehavsvann er varmere og saltet 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 temperaturnedgang, mens saltinnholdet nådde et ekstremt maksimum i 1993. Svært høye saltholdigheter ble også observert i store deler av Skagerrak i 1993. Dette tyder på at det har vært en relativt stor innstrømning av atlantehavsvann i perioden etter 1990, med et mulig foreløpig maksimum i 1993.

Fig.4.5 viser variasjonene (i 10 og 150m) av temperatur og saltinnhold ved Utsira gjennom 1993 sammenlignet med de klimatologiske årsvariasjoner og standardavvik. Ved Utsira var saltholdigheten i overflatelaget ganske variabelt, og da spesielt i perioden april-juli. Dette skyldes nok i stor grad variasjoner i de lokale vindforhold. Saltholdigheten i 150 m dyp var ekstremt høy det meste av året. Som nevnt foran indikerer dette stor innstrømning av

atlanterhavsvann til Nordsjøen og Skagerrak i 1993. I løpet av høsten 1993 var det en betydelig avkjøling av overflatelaget, og temperaturene i 150 dyp normaliserte seg også i løpet av høstperioden.

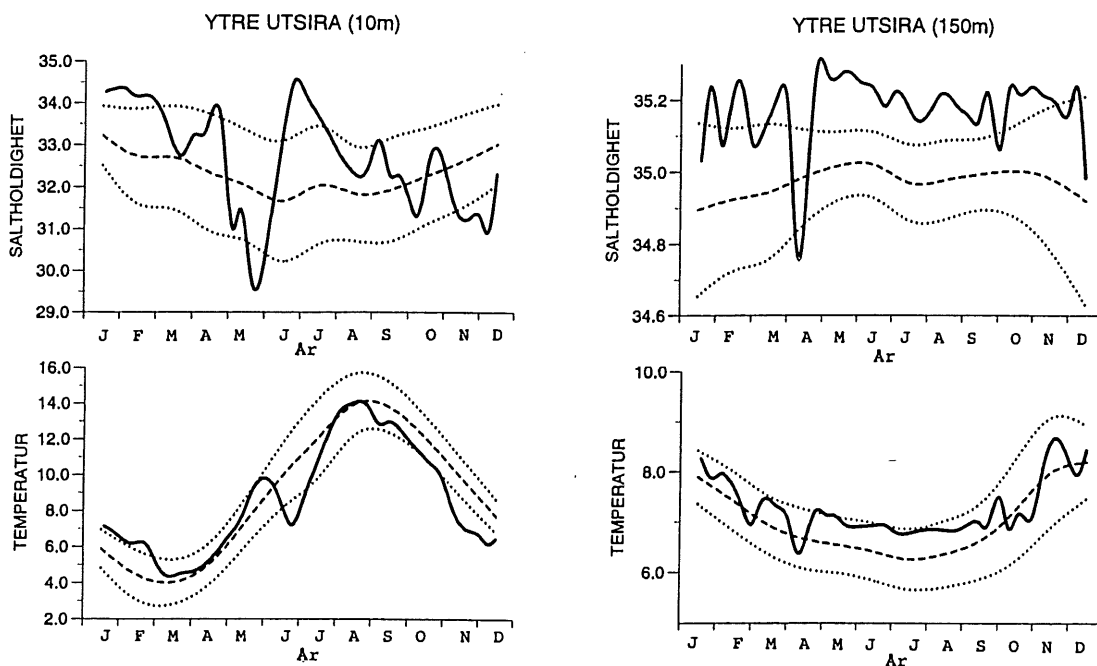


Fig.4.5 Temperatur og saltholdighet i 10 m og 150 m dyp målt ca. hver 10. dag ved Utsira i 1993. Midlere årsvariasjon og standardavvik (prikket) er også vist. (*Temperature and salinity at 10 m and 150 m depth measured about every 10th day at Utsira in 1993. Mean yearly variations and standard deviations (dotted) are also shown*)

Skagerrak og vestkysten av Danmark

To forhold syntes å være spesielle for 1993, nemlig perioder med meget høye saltholdigheter i overflatelaget langs danskysten og fornyelsen av bassengvannet i Skagerrak.

Nær danskysten ved Hirtshals (fig.1), ble det i 1993 observert atlantiske vannmasser ($S > 35$ psu) helt opp i overflatelaget både i mars, april og oktober (fig.4.6). Slike salte, tunge vannmasser av atlantisk opprinnelse er det sjelden å observere helt opp til overflatelaget i dette området. Siden 1955, dvs i de siste omlag 40årene, er det bare i syv av årene (1966, 1968, 1971, 1972, 1976, 1980 og 1991) det er blitt observert atlantisk vann så nær overflaten ved Hirtshals. De innstrømmende salte vannmassene i 1993 ble også registrert i ytre Kattegat med saltholdighet over 35.0 i den dypeste delen av snittet mellom Gøteborg og Fredrikshavn. Den store innstrømningen av atlantisk vann til Skagerrak førte også til ekstremt høye saltholdigheter i det utstrømmende dypvannet ved Utsira.

Det var en betydelig utskiftning av bassengvannet i Skagerrak i 1993, med en gradvis økning av oksygeninnholdet i 600m dyp fra 5.63 ml/l til 6.64 ml/l i perioden fra januar til april. Konsentrasjonene av næringssalter i bassengvannet gikk samtidig ned som et resultat av innstrømmingen.

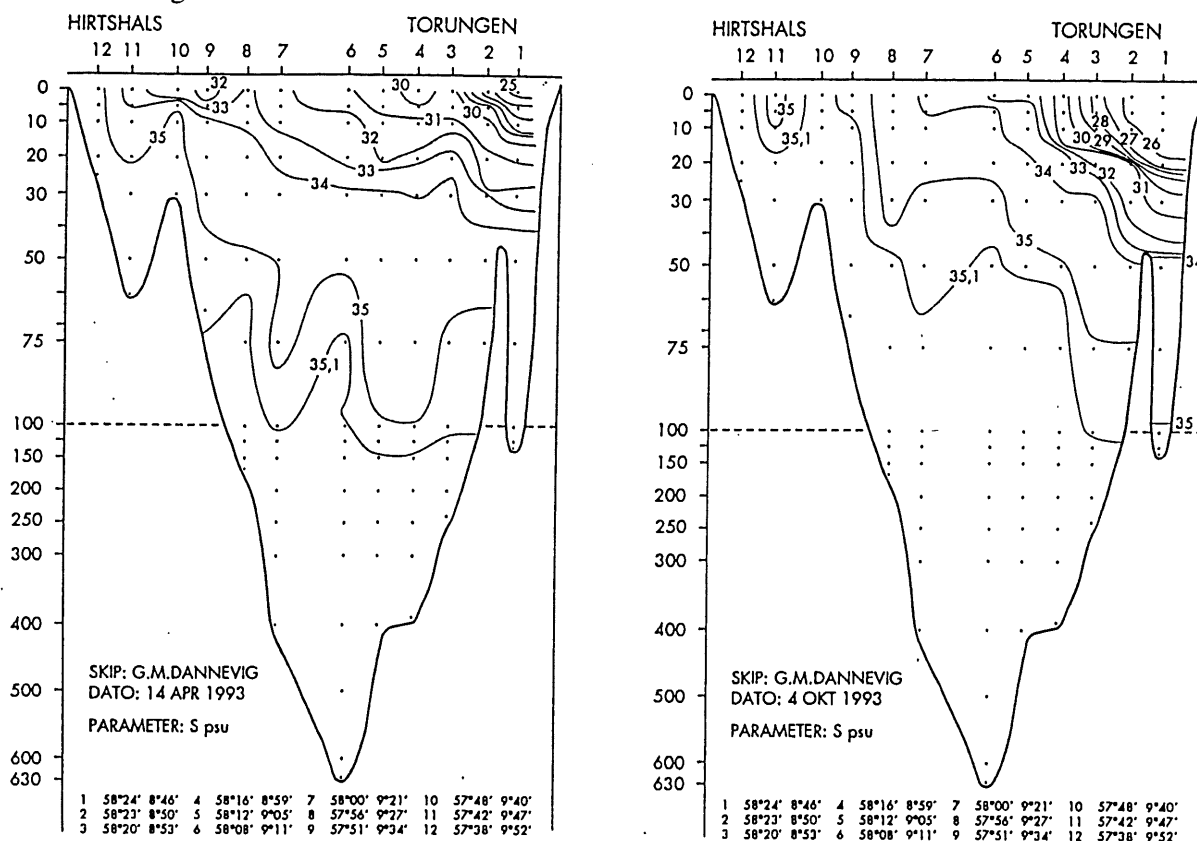


Fig. 4.6. Vertikalfordelingen av saltholdighet i april og i oktober 1993 mellom Torungen og Hirtshals. (Isopletes of salinity in April and October 1993 along the hydrographical section Torungen - Hirtshals).

I 1993 registrerte man for sjette året på rad en mild vinter i Skagerrak (fig.4.7). Temperaturutviklingen gjennom første del av året i overflatelaget ved Forskningsstasjonen Flødevigen liknet mye på forholdene i 1992. Fra begynnelsen av januar til utgangen av mars lå temperaturen 2 - 3° C over middeltemperaturen for perioden 1961-1990, mens den var tilnærmet normal i april måned. I hele mai og første del av juni lå derimot temperaturen tildels langt over det normale, og årets maksimumstemperatur på ca 16°C ble registrert i denne perioden. Resten av sommeren og høsten var relativt kald med temperaturer tildels langt under det normale for årstiden.

Fig.4.8. viser temperatur og saltholdighet mellom 0 til 75 m dyp ca 1 nautisk mil utenfor Torungen fyr ved Arendal. Figuren er stort sett representativ for forholdene i kyststrømmen utenfor Sørlandet. De høye overflatetemperaturene (og saltholdighetene) i vintermånedene

skyldtes oppstrømning av dypvann pga dominerende sydvestlige vinder i Skagerrak. I månedskiftet februar/mars, i en periode med fremherskende nordlige til østlige vinder, ble kystområdet tilført vann med betydelig lavere temperatur og saltholdighet. I april og mai var

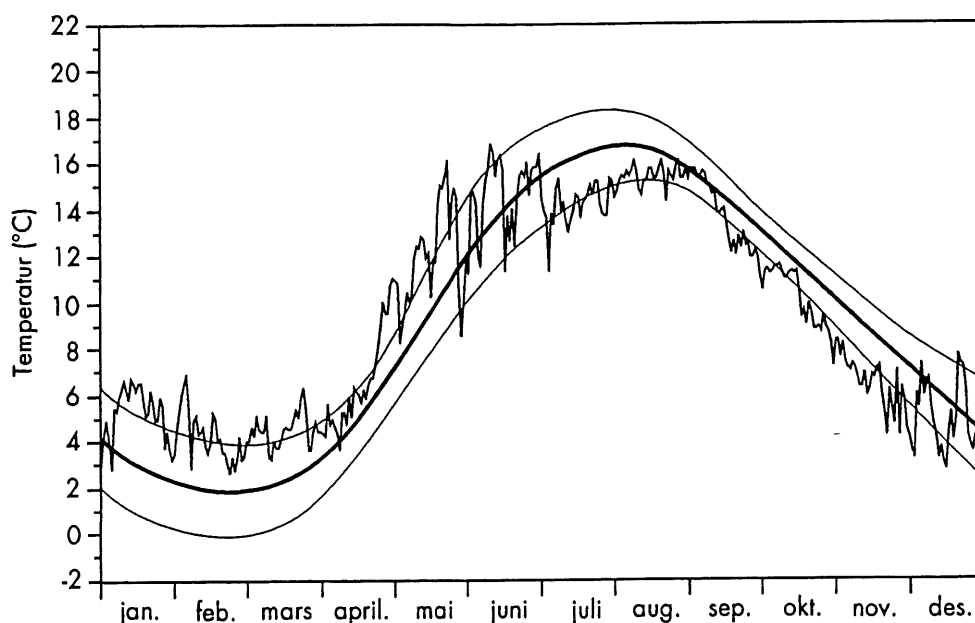


Fig. 4.7 Daglige temperaturobservasjoner på 1 m dyp i 1993 ved Forskningsstasjonen Flødevigen. Den tykke kurven viser glattet middeltemperatur i 1 m dyp sammen med standardavviket (tynne linjer) for 30 - årsperioden 1961 - 1990 samme sted. (Daily temperature observations at 1 m depth in 1993 at the Flødevigen 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 at the same place).

det rolige vindforhold med stigende temperaturer og lav saltholdighet i overflatelaget. Den lave saltholdigheten i kyststrømmen skyldes først og fremst ferskvannstilførsler fra Østersjøen og Kattegat, men i tillegg også bidrag fra norske elver. Som ifjor var igjen saltholdigheten i oktober meget lav i overflatelaget på grunn av stor ferskvannsavrenning fra land. Atlantisk vann, d.v.s. vann med en saltholdighet større enn 35 ble i september registrert helt opp til omlag 50 m dyp. I desember var det igjen en kraftig oppstrømning av salte vannmasser helt opp i overflatelaget forårsaket av kraftig sørvestlig vind i Skagerrak.

I løpet av 1993 ble både temperatur og saltholdighet redusert til nær det normale og det ser ut til at den varme perioden vi har hatt i Nordsjøen siden 1988 nå i hovedsak er over. Dette var også tilfellet i de kystnære norske områdene i Nordsjøen og i Skagerrak hvor det var en betydelig avkjøling av overflatelaget og en normalisering av temperaturforholdene i de dypere

vannlag i løpet av høstperioden. I Skagerrakbassenget, på dyp under ca 300m, vil det trolig også bli en temperaturnedgang de nærmeste årene.

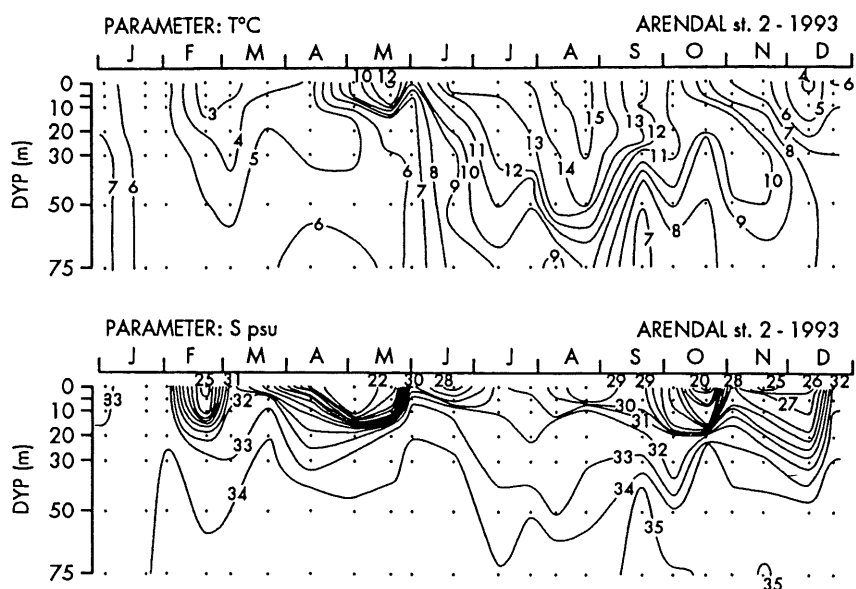


Fig. 4.8. Isopleter for temperatur, saltholdighet og tetthet for en stasjon 1 n.m. utenfor Torungen fyr ved Arendal i 1993. (Isopletes of temperature, salinity and density at a station 1 n.m. outside Torungen lighthouse near Arendal).

4.2 Næringssalter, oksygen, planteplankton og maneter

Nordsjøen

Næringssaltsituasjonen i Nordsjøen, Skagerrak og Kattegat ble undersøkt på et tokt med F/F "G. O. Sars" i november - desember 1993 (Fig.4.9). Toktet som dekker de faste snittene fra Feie-Shetland i nord til Den engelske kanal i sør samt til Øresund i sydøst er et rutinetokt som også har til oppgave å samle inn data for beregning av ungsildbestanden i området. Vi har valgt å foreta undersøkelsene i en sen høst - vintersituasjon med liten planteplanktonproduksjon og relativt høye næringssaltkonsentrasjoner i vannmassene. I tillegg til næringssalter blir det også observert temperatur, saltholdighet og klorofyll-a.

Fig.4.10 viser horisontalfordelingen av nitrat i 10 m dyp fra toktet med F/F "G. O. Sars" i november - desember 1993. Det er helt klare generelle trekk som går igjen i fordelingen fra år til år, og ett av disse karakteristiske trekkene er de forholdsvis høye konsentrasjonene langs vestkysten av Jylland og i Tyskebukta. I sammenligning med enkelte tidligere år, hvor vi har registrert over 40 $\mu\text{mol l}^{-1}$ nitrat innerst i Tyskebukta, var 1993 - konsentrasjonene lave. Det

var bare på noen få stasjoner nordover fra munningen av Elben vi registrerte nitratverdier over $10 \mu\text{mol l}^{-1}$. Konsentrasjonsfordelingen slik figuren viser kan tyde på at tilførslene gjennom Elben og de andre elvene bare gjør seg gjeldende kloss i land hvor vanddyptet er så grunt at det ikke tillater oss å få tatt prøver. Vannmassene utenfor vestkysten av Jylland var derimot kraftig påvirket av elveutslippene med konsentrasjoner opp mot $18 \mu\text{mol l}^{-1}$. Et annet karakteristisk trekk på denne tiden av året var også de relativt lave konsentrasjonene i de grunne områdene i de sentrale delene av Nordsjøen, med et minimum på ca $1 \mu\text{mol l}^{-1}$ i Doggerbank-området. I nordlige del av Nordsjøen var det en tydelig innflytelse av næringsrikt atlantehavsvann med konsentrasjoner mellom 6 og $10 \mu\text{mol l}^{-1}$.

Nitratkonsentrasjonene i Skagerrak og Kattegat var tilnærmet normale for årstiden, med unntak av området like nord av Sjælland hvor nitratkonsentrasjonene tydeligvis var påvirket av lokal avrenning av næringsrikt vann og tilførsler fra Østersjøen.

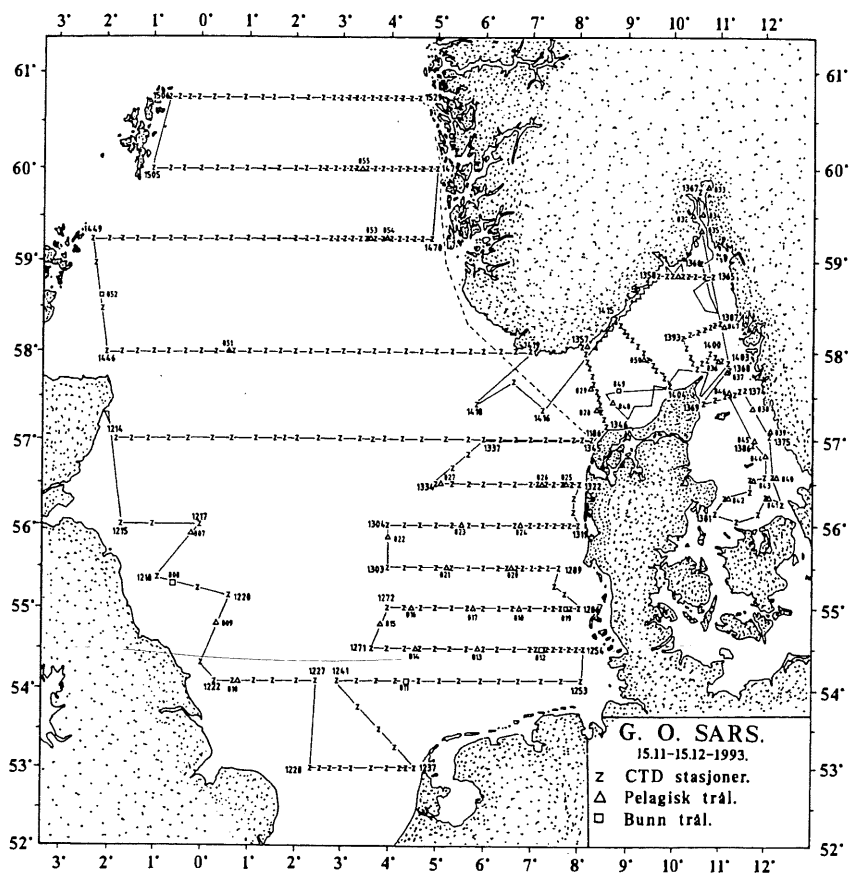


Fig. 4.9 Kurs- og stasjonskart for toktet med F/F "G. O. Sars" fra 15. november til 15. desember 1993. (Stations and courslines for the cruise with R/V "G. O. Sars" in the periode from November 15. to December 15. 1993)

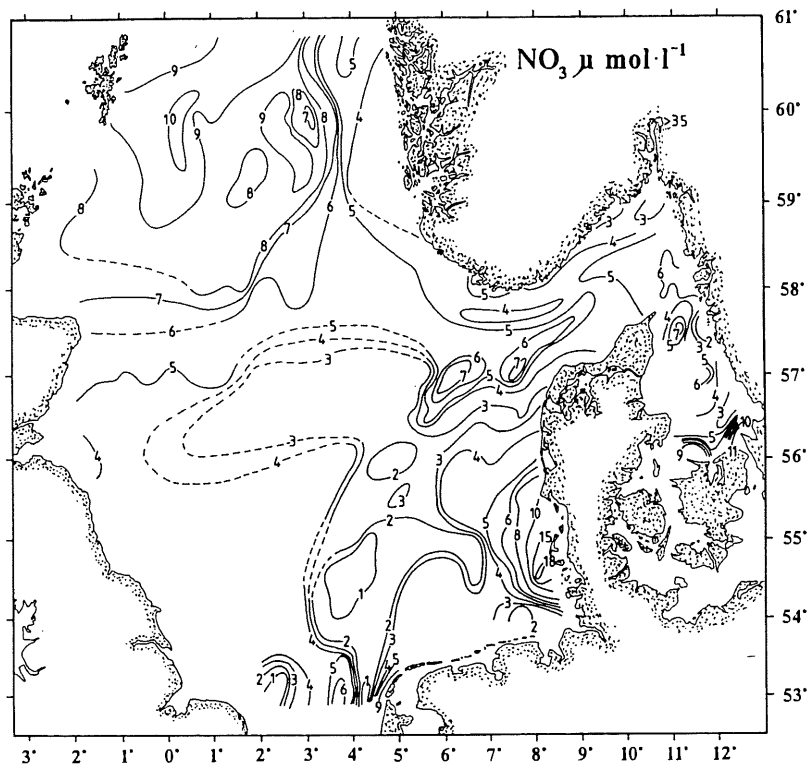


Fig.4.10 Fordelingen av nitrat, angitt som $\mu\text{mol l}^{-1}$, i 10 meters dyp i november - desember 1993. (*The distribution of nitrate, in $\mu\text{mol l}^{-1}$, at 10 m depth in November - December 1993.*)

Skagerrak

Næringssaltforholdene i kyststrømmen utenfor Arendal gjennom 1993 viste typiske, sesongmessige svingninger (fig. 4.11). Etter et vintermaksimum i januar-februar, startet forbruket av næringssalter i mars, og allerede midt i april var det $< 0,1 \mu\text{mol l}^{-1}$ fosfat og $< 1 \mu\text{mol l}^{-1}$ nitrat i de øvre 10 meter. I august måned var konsentrasjonen av fosfat blitt redusert til $< 0,1 \mu\text{mol l}^{-1}$ og nitrat til $< 1 \mu\text{mol l}^{-1}$ helt ned til 50 m dyp, før næringssaltkonsentrasjonene igjen begynte å øke utover høsten. Det ble ikke registrert noen spesielt høye næringssaltkonsentrasjoner i Skagerrak i 1993, men noen ganger gjennom våren en ubalanse mellom næringssaltene i form av forholdsvis mye nitrat+nitritt i forhold til fosfat. Mest utpreget ble ubalansen registrert i sørvestlige Skagerrak utenfor Jyllandkysten, på deler av den svenske vestkysten og i Nordsjøen langs vestkysten av Jylland i siste del av april måned (fig.4.12). Men, en ubalanse ble også registrert enkelte ganger gjennom vårperioden utenfor Sørlandskysten, som oftest på 20-30 m dyp, men også et par ganger helt opp i overflatelaget nærmest land. Nitratoverskuddet i vårmånedene skyldes, som nevnt foran, antropogene tilførsler av næringssalter fra de store europeiske elvene. Den ekstreme ubalansen mellom

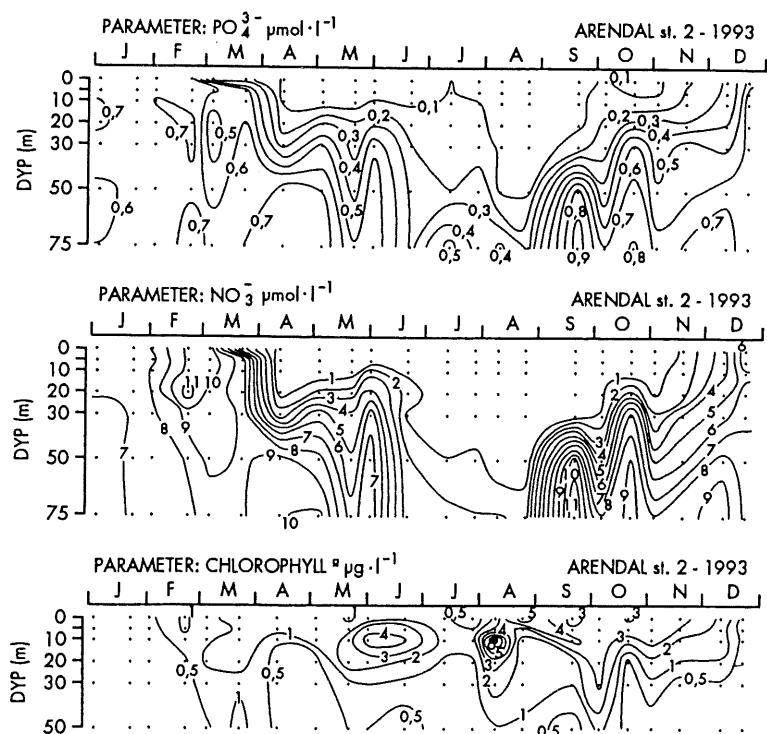


Fig.4.11 Isopleter for fosfat, nitrat og klorfyll-a gjennom 1993 for en stasjon 1 nautisk mil utenfor Torungen fyr ved Arendal. (Isopletes of phosphate, nitrate and chlorophyll-a during 1993 at a station 1 nautical mile outside Torungen lighthouse nearby Arendal.)

nitrat og fosfat observert utenfor vestkysten av Jylland i april 1993, stammer i hovedsak fra Elben, som renner ut i Tyskebukta. Det er i hovedsak disse vannmassene som periodevis påvirker næringsstoffforholdene i Skagerrak og Kattegat like under overflatelaget mens evt skjeve forhold knyttet til relativt lave saltholdigheter i overflatelaget skyldes lokale ferskvannstilførsler.

Våren 1993 var det relativt små tilførsler av menneskeskapt næringsstoffer til Skagerrak fra vestkysten av Jylland i forhold til f.eks. de store innstrømmingene våren 1988, som var medvirkende til blomstringen av den skadelige algen *Chrysochromulina polylepis*. Oksygenforholdene i Skagerrak har blitt registrert langs snittet Torungen-Hirtshals på enkelte stasjoner og i enkelte dyp helt tilbake til tidlig på 50-tallet (fig.1). Gjennom 80- og 90-tallet har antall målinger blitt økt etter at det i de tilgrensende havområdene, sydøstlige Nordsjøen og Kattegat, flere ganger har vært registrert omfattende oksygenvinn. Så langt er ikke tilsvarende oksygenvinn registrert i Skagerrak. Også i 1993 var oksygenforholdene relativt gode, både i de innstrømmende vannmassene utenfor Hirtshals, hvor det er årlige svingninger med minimum på ca 5 ml l⁻¹ hvert år i løpet av ettersommeren og høsten (fig.4.13), og i dypet av Norskerenna midt i Skagerrak, hvor det ofte går opptil 2-3 år mellom hvert minimum på 5-6

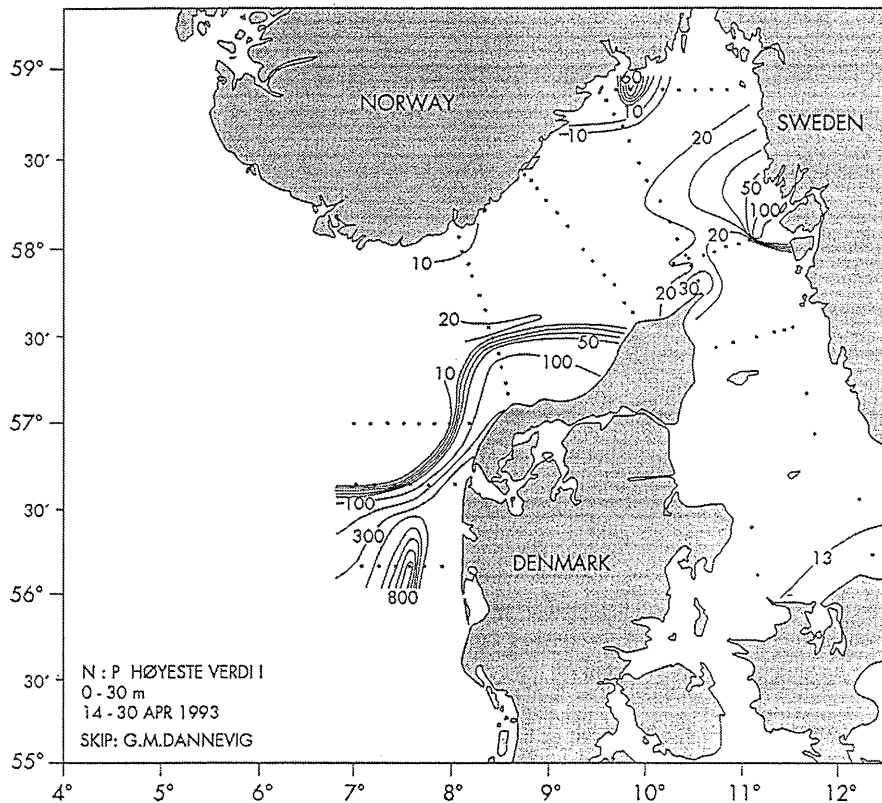


Fig. 4.12. Høyeste N:P (nitrat+nitritt/fosfat) registrert i de øvre 30 m i løpet av et tokt, 14.-30. april 1993. (Maximum N:P (nitrate+nitrite/phosphate) recorded in the upper 30 m during a cruise 14.-30. April 1993.)

ml l⁻¹ (fig.4.13). Den laveste oksygenkonsentrasjonen som ble registrert på snittet Torungen-Hirtshals i 1993 på 3,15 ml l⁻¹ (47,4% metning), ble målt på 125 m dyp i Ærøydypet innenfor Torungen 14. desember. Dette er et basseng i skjærgården med periodevis stagnerende forhold i dypet. Nye analyser viser at oksygenforbruket i slike kystbasseng og innenforliggende fjordbasseng er høyt, og at det har vært en trend mot økende forbruk det siste tiåret (se kap 4.5).

Planteplanktonforholdene i Skagerrak registreres først og fremst som biomasse i form av klorofyll. I kyststrømmen utenfor Arendal ble det registrert forholdsvis lite alger i vårperioden, men forholdsvis mye i løpet av høsten, men uten episoder av misfarvet sjø (fig.4.14). I Flødevigen, hvor det måles klorofyll hver annen dag, var bildet det samme, bortsett fra at det ble registrert en markert våroppblomstring i mars (fig.4.14). Klorofyllmålingene på snittet Torungen-Hirtshals viste i grove trekk det samme bildet, og som vanlig var det midt i Skagerrak stadig høye klorofyllkonsentrasjoner i spranlaget gjennom sommeren. På toktet 2. juni 1993 ble det registrert over 10 µg l⁻¹ klorofyll helt nede på 60 m dyp på stasjonen 9 nautiske mil nord av Hirtshals. Denne algebiomassen var i hovedsak ulike kiselalger.

Kiselalgene preget også, som vanlig, våroppblomstringen. De var dessuten tallrike resten av vårhalvåret og i spranglaget gjennom sommeren. Gjennom høsten var slekten *Pseudonitzschia* vanlig, noe den har vært de siste årene. Dinoflagellatene begynte å prege spranglaget på ettersommeren, og utover høsten også de øvre vannlag. Enkelte potensielt skadelige alger forekom relativt rikelig.

I de senere år er det blitt en 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 vanlig oppfatning at det i perioder må være "mye" maneter i havet og at de har betydning i det økologiske samspillet. Det er stadig flere rapporter om at garn- og trålfiske blir hindret av maneter. Dessuten er publikum om sommeren sterkt opptatt av manetforekomster. For "å gjøre noe" har det siden juni 1992 vært gjennomført en enkel men systematisk observasjonsserie på Sørlandskysten ved Arendal.

I tilknytning til de daglige observasjonene i Flødevigen er det registrert forekomst av glassmanet (*Aurelia aurita*) og brennmanet (*Cyanea capillata*). Denne registreringen har pågått siden juni 1992. Det telles opp hvor mange maneter som kan sees i et visst område utenfor kaien. Samtidig anslås manetenes størrelse (klokkediameter). Antall maneter i bukta ved Flødevigen blir ofte konsentrert av vind og strøm, og observasjonene er derfor ikke alltid representative for forekomster over større områder. Dessuten er det muligheter for at observasjonene er påvirket av sikten i vannet og krusninger og bølger i sjøoverflaten. Manetregistreringen er blitt sammenholdt med hydrografiske og meteorologiske data. I februar 1993 var det i 2-3 dager forholdsvis mye små brennmaneter, men disse forsvant like fort som de hadde kommet. Forekomst av brennmaneter var jevn om sommeren, med de største forekomstene fra august til oktober. Det var færre brennmaneter i 1993 enn i 1992.

Fra slutten av april og ut juli var det svært meget glassmaneter i sjøen, betydelig mer enn i 1992. Forekomstene kulminerte i juli med flere tusen maneter pr 100 m² sjøoverflate. Observasjonene hittil synes å vise at glassmanetene opptreer tidlig på sommeren, og at brennmanetene overtar i midten av juli og er tilstede til slutten av oktober. Den 22. juli med stille pent vær og med ekstrem god sikt i vannmassene (19 m siktedyp), ble antallet maneter talt i sjiktet 0-10 m langs Torungen-Hirtshalssnittet fra Flødevigen ut til omlag 18 km av Torungen. I skjærgården og ved Torungen ble tettheten beregnet til 1-3.5 individer pr 1000 m³ (eller ca 22 000 individ pr km²) for begge artene. Fra 3.5-18 km av Torungen var

tetthetene redusert til ca 0.1 individ pr 1000 m³. Dette var i en periode hvor det var "mye" maneter og da spesielt glassmaneter i skjærgården.

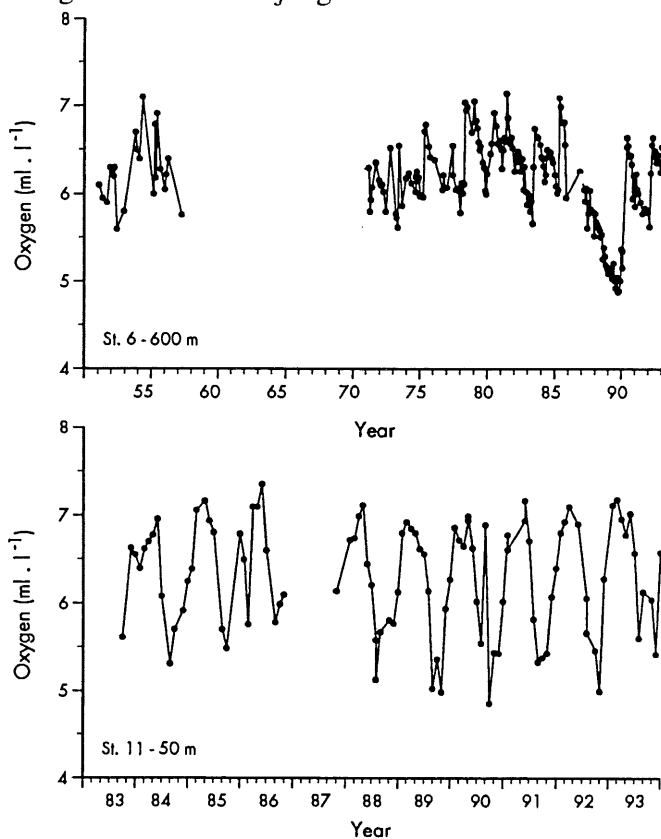


Fig. 4.13 Oksygen på 50 m dyp i Skagerrak på en stasjon 9 nautiske mil nord for Hirtshals i Danmark (1983-1993) og på 600 m dyp i Norskerenna i Skagerrak (1952-93). (Oxygen at 50 m depth in the Skagerrak at a station 9 nautical miles to the north of Hirtshals, Denmark, and at 600 m in the Norwegian Trench, Skagerrak).

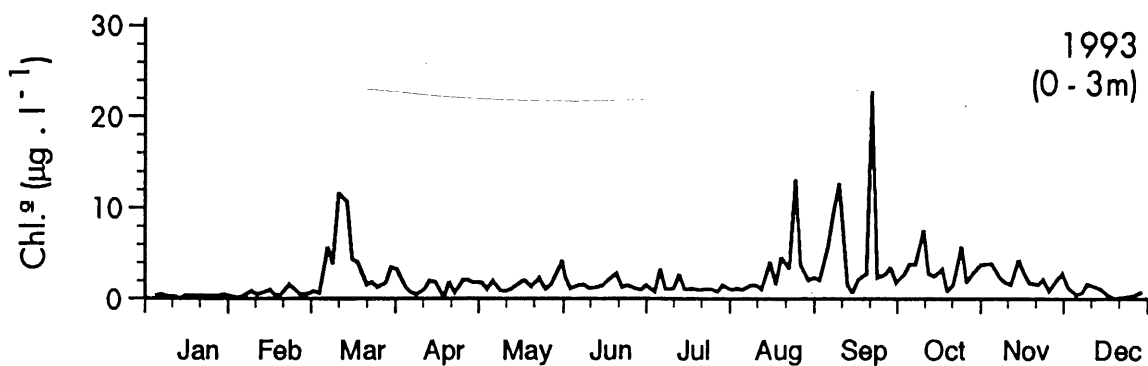


Fig.4.14. Klorofyll-a i de øvre 0-3 m i Flødevigen ved Arendal gjennom 1993. (Chlorophyll-a in the upper 0-3 m in the Flødevigen Bay nearby Arendal during 1993.)

4.3 Skadelige alger

I Norge gjennomføres en relativt omfattende overvåkning av planktonalger langs kysten, med hovedvekt på forekomsten av potensielt skadelige alger. Denne overvåkingen er et samarbeid mellom en lang rekke institusjoner. Havforskningsinstituttet konsentrerer sin innsats om Skagerrak, blant annet fordi det er der Den norske kyststrømmen har sitt utspring. Storstilte, skadelige oppblomstringer langs kysten kan oppdages i en tidlig fase i dette området, før de sprees, men ikke oppblomstringer med lokalt utspring. I denne oversikten vil vi bruke data også fra andre institusjoner for å kunne gi et grovt bilde av algeforholdene langs hele kysten i 1993. HOV-senteret i Bergen har en sentral koordinerende rolle når det gjelder innsamling av algedata og bruk av slike i en løpende varsling om fare for skadelige oppblomstringer. Som en del av den nasjonale algeovervåkingen har Statens Næringsmiddeltilsyn (SNT) finansiert og administrert en alge- og skjellovervåkning som har gitt grunnlag for å varsle allmennheten om fare for giftige skjell langs kysten.

Det er registrert ca 30 arter potensielt skadelige planktonalger langs vår kyst, men mindre enn 10 har til nå skapt problemer og av disse bare ca arter 5 gjentagende ganger. Med skadelige alger i denne sammenheng menes alger som forårsaker dødelighet eller unormal adferd blant oppdrettsfisk og eventuelt også frittlevende organismer, eller alger som gjør skjell uegnet eller farlig å spise. I tillegg kan en lang rekke planktonalger forekomme med uønsket stor biomasse. Foruten at sjøen da ofte blir misfarvet og grumset, kan slike oppblomstringer, når algene dør og synker mot dypet, føre til økt oksygenforbruk i stagnerende basseng langs kysten.

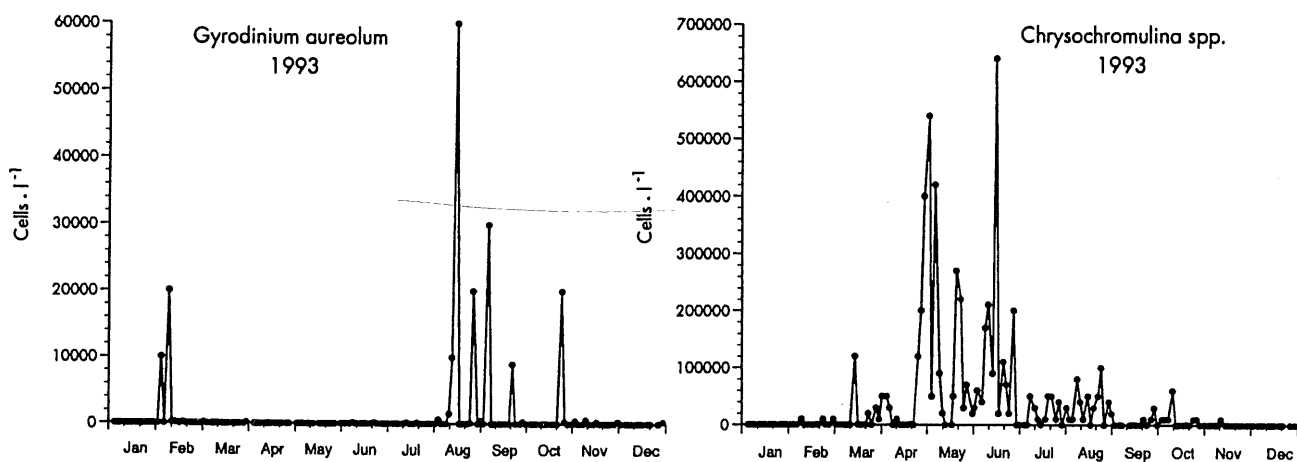


Fig.4.15 *Gyrodinium aureolum* og *Chrysochromulina* spp. i de øvre 0-3 m i Flødevigen utenfor Arendal gjennom 1993. (*Gyrodinium aureolum* and *Chrysochromulina* spp. in the upper 0-3m in the Flødevigen Bay outside Arendal during 1993.)

Det var ingen alvorlige episoder med fiskedød langs kysten i 1993, men i mars mistet et par lakseoppdrett på Vestlandet forholdsvis mye fisk under kiselalgenes våroppblomstring. I april-mai var det noe dødelighet blant oppdrettsfisk i Sørfjorden ved Osterøy nord for Bergen, og i mai døde fisk i brønnbåt ved Bergen. Under begge de siste episodene ble det registrert ulike arter *Chrysochromulina* i sjøen, og det ble påvist giftighet i algevannet (opplysninger fra Anne-Sophie Meldahl, Forsvarets Forskningsinstitutt, Avdeling for Mikrotoksikologi). I august forårsaket *Prymnesium* appetittmangel og endel dødelighet blant oppdrettsfisk i Sandfjordsområdet i Ryfylket. *Gyrodinium aureolum*, som har vært den vanligste årsaken til

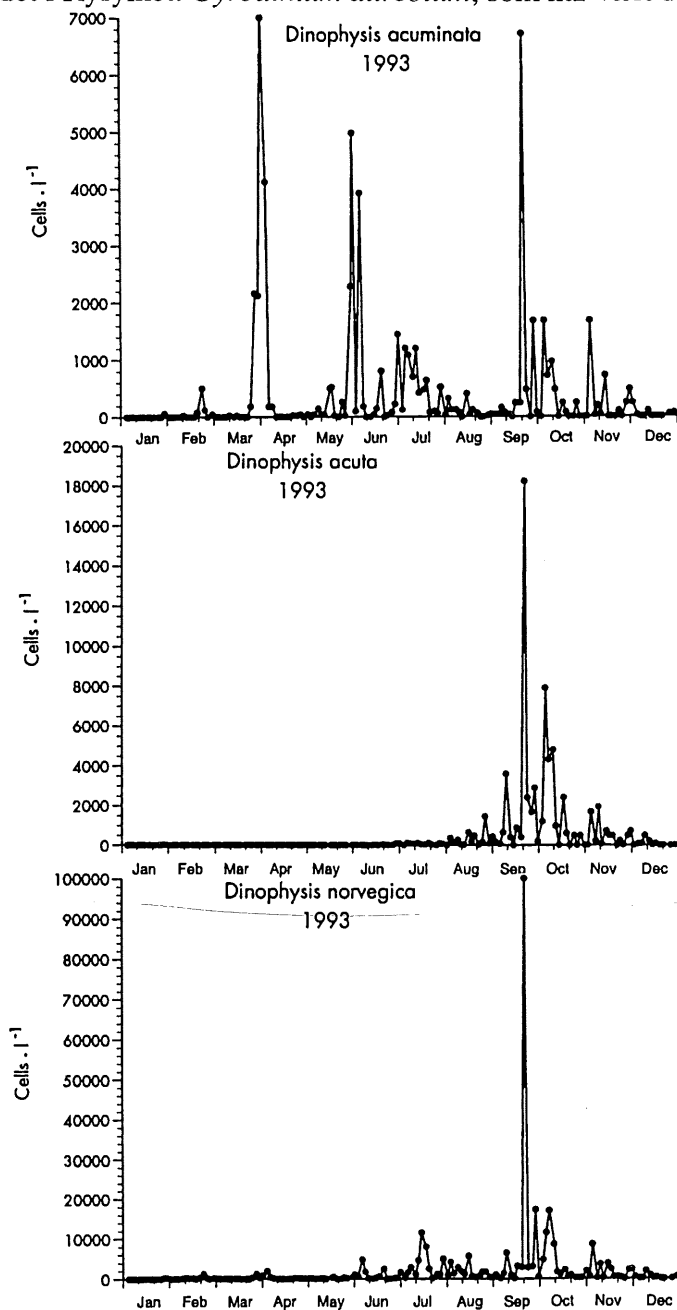


Fig.4.16. *Dinophysis acuminata*, *D. acuta* og *D. norvegica* i de øvre 0-3m i Flødevigen utenfor Arendal gjennom 1993. (*Dinophysis acuminata*, *D. acuta* and *D. norvegica* in the upper 0-3m in the Flødevigen Bay outside Arendal during 1993.)

fiskedød langs vår kyst, forekom bare i moderate mengder i 1993. Ute i Skagerrak ble det ved et par anledninger registrert ca 400 000 celler pr. liter i spranlaget, mens det nær overflaten ved kysten utenfor Arendal bare ble registrert opptil noen titusen celler pr. liter, som vanlig mest på ettersommeren og høsten (fig.4.15). Heller ikke *Chrysochromulina* ble registrert i større mengder i kystvannet ved Arendal i 1993 (fig.4.15) eller på tokt i Skagerrak og tilgrensende områder i april 1993 (fig.4.17).

Alger som kan forårsake giftige skjell er en naturlig del av planktonalgevegetasjonen langs kysten. I deler av året og på deler av kysten forekommer de av og til i slike mengder at det er fare for giftopphopning i skjell. Til nå har vi hatt problemer med to typer skjellgifter i Norge, lammende eller paralytiske og diarégivende gifter. De sistnevnte har forekommet mye hyppigere og over større deler av kysten enn de paralytiske, med en tendens til reduserte forekomster nordover kysten. I 1993 var problemene forholdsvis store, særlig i sør-Norge i løpet av høsten. Algene som kan bære i seg diarégivende gift, *Dinophysis*, forekom i uvanlig store mengder (fig.4.16) og forårsaket til og med flekker av rødlig sjø langs land enkelte steder. Ved årets utgang var skjellene i Flødevigen fortsatt sterkt diaréfremkallende (data fra Tore Aune, Norges Veterinærhøyskole). Opphopning av paralytisk gift i skjell har forekommet mye mer sjeldent og lokalt. Trøndelag og Møre og Romsdal har vært oftest hjemsoekt de siste årene. I 1993 ble det på grunnlag av algeovervåkingen advart om fare for paralytisk gift i skjell langs deler av kysten, men direkte testing av skjell på mus viste ingen farlig høye konsentrasjoner. I Canada og USA har skjellgift som kan gi hukommelsestap vært et problem siden 1987. Algeslekten *Pseudonitzschia* som kan bære i seg denne giften er vanlig i våre farvann, men for andre år på rad kan vi konstatere at de forholdsvis store konsentrasjonene av *Pseudonitzschia* spp. som ble registrert langs deler av kysten i 1993 ikke førte til opphopning av giften, "domoic acid", i skjell (data fra Tore Aune, Norges Veterinærhøyskole).

Kalkalgen *Emiliana huxleyi*-farvet kystvannet fra grønn til turkis minst 10 nautiske mil til havs utenfor Vestlandet i juni, i en oppblomstring som trolig er av de større denne algen har hatt i våre farvann. I løpet av året kom det flere rapporter om farve på sjøen på grunn av alger, ofte som tynne striper helt i overflaten eller som smale belter langs land. Således forekom *Halosphaera* i tynne gressgrønne striper i overflaten om våren, mens *Noctiluca* forårsaket tilvarende lyserøde striper på sommeren. Gjennom høsten kom forholdsvis mange rapporter om rødbrunt vann og også noen få om rødlig vann. Det rødbrune vannet skyldtes ulike dinoflagellater tilhørende slekten *Ceratium*, på Vestlandet særlig *C. furca*, mens det rødlig skyldtes *Dinophysis*, hovedsakelig arten *D. norvegica* og den heterotrofe dinoflagellaten *Polykrikos*.

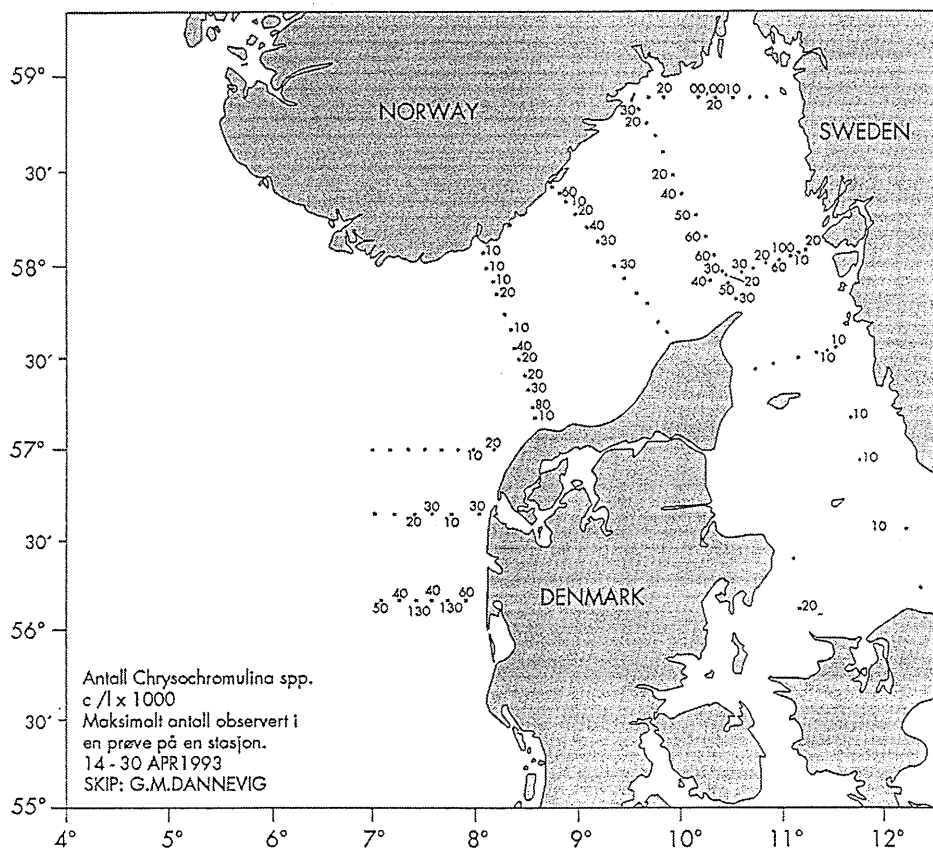


Fig.4.17 Registreringer av *Chrysochromulina* spp. i Skagerrak og tilgrensende havområder i april 1993.
(Recordings of *Chrysochromulina* spp. in the Skagerrak and the surrounding seas in April 1993).

4.4 Fjorder på Sørlandet - økt organisk belastning?

Det har i de senere år vært en økende bekymring for eutrofieringsgraden i Skagerrak, om den er økende og i tilfelle hvilken rolle lokale tilførsler spiller i forhold til langtransport av næringssalter og organisk materiale fra sørlige Nordsjøen og Kattegat/Østersjøen. I Kattegat, langs den svenske vestkysten og i ytre Oslofjord er det i denne sammenheng, på grunnlag av observasjoner de siste 15-20 år, påvist forandringer både i bunnsfauna og flora. Nedre grense for makroalger er feks hevet de senere år, og det har vært en økende biomasse av bunndyr og endret bunndyrsammensetning i Kattegat, i svenske vestkystfjorder og i ytre Oslofjord. Økt partikkelmengde i sjøen og økt sedimentasjon av partikler, som resultat av økt eutrofiering, er antydnet som årsak til dette. Det har også vært en nedadgående trend i oksygenkonsentrasjonene i bassengvannet i svenske fjorder i Skagerrak i perioden fra 1950-60 til 1984. Dette antas også å være forårsaket av en generell eutrofiering i kystvannet. Selv i frie intermediære vannmasser i ytre Oslofjord er det observert en signifikant nedgang i oksygenverdiene de siste tiårene.

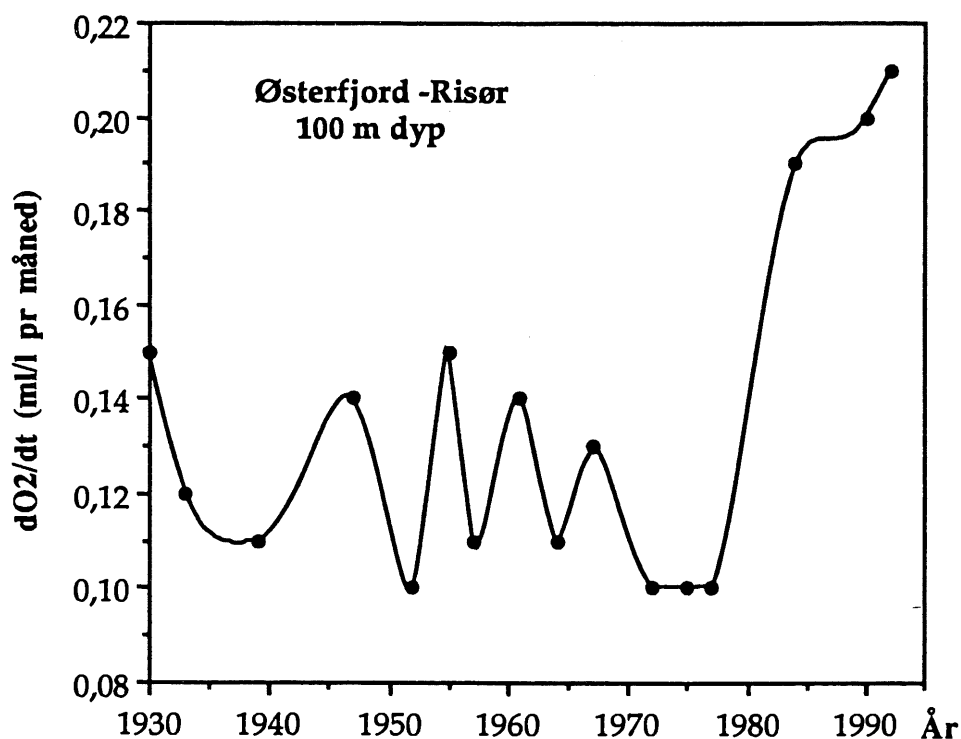


Fig.4.18 Oksygenforbruket (dO_2/dt) i 100 meters dyp i Østerfjord ved Risør, 1930-93 (*Oxygen consumption (dO_2/dt) at 100 m depth in Østerfjord-Risør, 1930-93.*)

Sedimentering av organisk materiale er ofte vanskelig å bestemme i de frie vannmasser. I kystnære åpne fjorder, som i liten grad er påvirket av lokale utslipp, vil konsentrasjonen av organisk materiale i terskelnivå være tilnærmet lik konsentrasjonen i kystvannet utenfor pga den intensive vannutvekslingen mellom fjord og kyst over terskelnivå. Fjordenes terskelbasseng vil derfor i stor grad virke som "sedimentfeller" for organisk materiale i kystvannet, og i stagnasjonsperioder kan en beregne den vertikale transport av organisk materiale i terskelnivå ved hjelp av oksygenforbruket i bassengvannet.

I 1990-91 ble oksygenforbruket i ca 11 terskelbasseng mellom Arendal og Risør beregnet ut fra månedlige observasjoner. Observasjonene viste at den organiske belastning i terskelbassengene langs Sørlandskysten lå omlag 50% høyere enn på Nordvestlandet i 1986. Observasjoner av oksygenforbruket i Østerfjord nær Risør fra 1930-årene fram til idag tyder på at den økte organiske belastningen inntraff omkring 1980 (fig.4.18). Det ser dermed ut til at også Sørlandskysten er påvirket av den generelt økte organiske belastningen observert i Kattegat og østlige Skagerrak i 1980-årene. Den økte organiske belastningen har trolig ført til et generelt dårligere oksygenmiljø i sørlandske fjordbasseng i 1980-årene. Konsekvensen er at

periodene med lave oksygenkonsentrasjoner trolig vil øke med større risiko for oksygenfrie forhold.

4.5 Miljøgifter og tungmetaller

Nordsjøen tilføres årlig betydelige mengder forurensning fra ulike kilder. 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 havnebasseng. Tilførslene av forurensning er størst i kystnære områder, og det er i disse områdene de største negative effektene av forurensningen er påvist. Et eksempel på dette er nedsatt reproduksjonsevne for sel som lever i den sydlige Nordsjøen og Vadehavet, sannsynligvis som følge av store tilførsler av PCB (polyklorerte bifenyler). TBT (tributyltinn), et antibegroingsmiddel, har også vist seg å gi alvorlige skadeeffekter spesielt på skalldyr.

De høyeste nivåene av forurensning registreres naturlig nok nær kildene. NIVA og Havforskningsinstituttet gjennomførte i 1993 undersøkelser av forurensningssituasjonen ved marinebasen "Håkonsvern" og i Bergen havn. Det ble gjennomført analyser av PCB, olje og PAH i bunnsediment, skalldyr og fisk. I prøvene fra Bergen havn ble det også utført analyser av tungmetaller. Konklusjonen av undersøkelsene var at begge områdene var betydelig forurenset av olje, PAH og PCB. I Bergen havn var det også et problem med høye nivåer av tungmetaller som bly og kvikksølv. Disse og andre undersøkelser viser at det er klare lokale effekter i enkelte fjorder og kystområder som følge av utslipp av forurensning. I fisk fra områder av norskekysten med utslipp fra industri og nær tett befolkete områder er nivåene av enkelte organiske miljøgifter foruroligende høye. Innholdet av PCB som ble funnet i fisk fra Bergen havn er et typisk eksempel på dette. I forbindelse med arbeidet innen North Sea Task Force (NSTF) gjennomførte Havforskningsinstituttet i 1990-91 en omfattende kartlegging av organiske miljøgifter og tungmetaller i bunnsediment fra Nordsjøen og Skagerrak.

De høyeste nivåene av tungmetaller, PAH, PCB og klororganiske plantevernmidler ble funnet i bunnsediment i de dypere delene av Skagerrak og i Norskerenna. Dette har sammenheng med at disse områdene er viktige oppsamlingsområder for sedimenterende materiale fra hele Nordsjøen. Lever i enkelte arter av dypvannsfisk fra Norskerenna inneholder relativt høye mengder PCB og dette kan ha sammenheng med at fisken i stor grad lever av organismer som

befinner seg på bunn, i eller like over sedimentene. Som oppfølging av undersøkelsene av bunnsediment foregår det nå en maringeologisk kartlegging i den norske delen av Skagerrak for å innhente mer detaljert informasjon om forurensningsbelastningen både i tid og rom.

I nordlige og sentrale deler av Nordsjøen domineres vannmassene av relativt rent innstrømmende atlantisk vann. Miljøkvaliteten i området er derfor generelt god. Innholdet av tungt nedbrytbare organiske miljøgifter som PCB og DDT i fisk er lavere enn i sørlige Nordsjøen, men det gir grunn til bekymring at også fisk fra nordlige Nordsjøen inneholder disse naturfremmede stoffene. Innholdet av tungmetaller i fisk fra åpne deler av Nordsjøen er på et normalt bakgrunnsnivå.

Miljøbelastningen i sentrale og nordlige deler av Nordsjøen skyldes i stor grad utslipp i forbindelse med omfattende olje- og gassproduksjon. Forurensning og nedslamming av havbunnen omkring installasjonene som følge av utslipp av oljeholdig borekaks har hatt størst innvirkning på miljøet. Effektene av disse utslippene i form av forhøyete nivåer av olje er registrert over bunnareal på flere tusen km² og biologiske effekter på bunndyr er registrert 0.5-1 km og i enkelte tilfelle opp til 5 km fra installasjonene. Det er påvist oljerester i fiskelever nær installasjonene. Konsentrasjonene er imidlertid så lave at det ikke i vesentlig grad forringer kvaliteten på fisken. Produksjonsvann som inneholder olje og produksjonskjemikalier 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 forventes at mengdene produksjonsvann vil øke betydelig med feltenes levealder.

AKTUELLE TEMA

Lunde og sild ved Røst, hva hendte sommeren 1993?

Tycho Anker-Nilssen, Petter Fossum og Einar Svendsen

Generelt om sjøfugl-fisk

Sjøfugl er fiskespisere og langs hele kysten vår er det sjøfugl som til en stor grad finner sin næring i havet. Men spiller dette noen rolle da? kan en spørre seg. Det kan ikke være mye disse fuglene får i seg. Men stopp nå litt, nyere målinger utført av forskere ved NINA har vist at lundene i koloniene på Røst alene er istand til å spise et antall sildeyngel som kunne gitt en god årsklasse av norsk vårgytende sild hvis de hadde fått vokse opp. Dette får en til å spørre seg om våre antagelser om dødelighet og antall av de yngste stadiene av fisk er altfor lave, og setter pekefingeren på at dette vil bli viktige forskningsfelt i årene som kommer.

De mest karakteristiske gruppene av sjøfugl vi har er alkefugler, måker, stormfugler, skarver og suler. Noen grupper har en variert diett, mens f. eks. de fleste av alkefuglene er typiske fiskespisere. Lunden (*Fratercula arctica*) tilhører alkefuglene. Den er Norges mest tallrike sjøfugl, men hekker bare på 35-40 lokaliteter langs kysten. Likevel er det like mange lunder som nordmenn her i landet, og i sommerhalvåret er det flere lunder enn andre sjøfugler tilsammen langs fastlandet.

Lundefuglkolonien på Røst

De største tetthetene av lunde finner vi i fuglefjellene fra Runde til Finnmark. En viktig årsak til at fuglefjellene ligger der de ligger, er at det finnes store ansamlinger av velegnet mat til ungene i flyveavstand fra kolonien. I Lofoten er det sild som er den viktigste maten, mens øst for Nordkapp har lodde dominert. Derfor har sjøfuglbestanden i Øst-Finnmark tatt seg kraftig opp i perioden 1965-1985 da lodda har vært tallrik.

Men tilbake til området vest for Nordkapp, nærmere bestemt fuglefjellene på Røst, ytterst i Lofoten. Her ligger Norges "lundehovedstad". Hver tredje norske lunde hekker på Røst.

Dette er en av årsakene til at denne lundebestanden har vært gjenstand for undersøkelser siden midten av 1960-årene. Forskningen er imidlertid ikke tradisjon for tradisjonens skyld. Langsiktig innsats er nøkkelen til å belyse hvilken rolle sjøfuglene har i det marine økosystemet på våre breddegrader.

Av disse grunner har vi i fortsettelsen valgt å skrive om lundekolonien på Røst og lundens interaksjoner med fiskeyngel som driver forbi. Hva er det som gjør denne kolonien og dette området så spesielt? Jo, svaret på det må være de spesielle forholdene i havområdet utenfor Røst. Her smalner kontinentalsokkelen inn til en bredde på under 100 km, fra å strekke seg over 300 km ut fra kysten lenger sør, og siden Atlanterhavsstømmen går langs eggakanten vil forekomstene av fiskeyngel som er spredt ut over sokkelen lenger sør, konsentreres opp i et relativt smalt belte ut for Røst. Dette beltet av fiskeyngel driver vanligvis forbi i flyveavstand fra kolonien i den perioden lundeungene skal fores opp.

Fuglelivet på de karakteristiske "Nykene" og de andre fuglefjellene på Røst er overveldende, selv om enkelte kanskje finner det noe ensidig. I dette samfunnet er det bare én av 30 fugler som ikke er en lunde. På land, i luften og på sjøen er det tett i tett med fugler når lundene svermer. Gressbakkene er underminert av 1-2 m dype reirganger; i mange områder er det mer enn én inngang pr kvadratmeter. Lengst inn legger lunden sitt ene egg i mai og ruger i 6 uker. Ungen blir i reiret omtrent like lenge, eller lenger hvis det er lite mat. I ekstreme tilfeller kan den forlenge reiroppholdet med 3-4 uker og bli der til begynnelsen av september. Siden Røstlundene ankommer koloniene allerede i slutten av mars, er hekkesesongen gjerne 5 måneder lang. Som typisk for sjøfugl som beiter ute i åpent hav er parene svært trofaste fra år til år, både til hverandre og reirhulen, og de deler på rugingen og matingen av ungen.

Konsekvenser av sildekrakket

Store endringer i fiskebestandene kan få dramatiske konsekvenser for fiskespisende sjøfugler. Lundebestanden på Røst fremstår etterhvert som et av de klassiske eksemplene på hvordan mangelfull ressursforvaltning og endrede miljøbetingelser i havet kan ramme sjøfugl. Sammenbruddet i stammen av norsk vårgytende sild på slutten av 1960-tallet førte til en langvarig mangel på sildeyngel langs norskekysten om sommeren. 0-gruppe sild på drift nordover langs kysten var et av lundeungenes viktigste næringsemner, og i de første 20 årene etter sildekrakket hadde lundene på Røst bare tre virkelig gode hekkesesonger (1974, 1983 og 1985). I de andre årene døde de fleste ungene av sult i reiret.

De mange årene uten ungeproduksjon fikk dramatiske følger. I løpet av 1980-årene ble hekkebestanden på Røst mer enn halvert fordi det nødvendige tilskuddet av nye, unge hekkefugler uteble år etter år (fig.1). Det er også data som tyder på at dødeligheten blant eldre fugler var høyere enn normalt. Dette kunne i så fall skyldes at de ble utsatt for harde påkjenninger i hekketiden, og det er godt mulig at de periodevis hadde problemer med å finne nok mat til seg selv. Ofte hadde de også uvanlig lang vei til næringsområdene ute i åpent hav. I 1988 dro noen opptil 140 km ut fra Røst bare for å hente hjem en porsjon med 10 g sild til

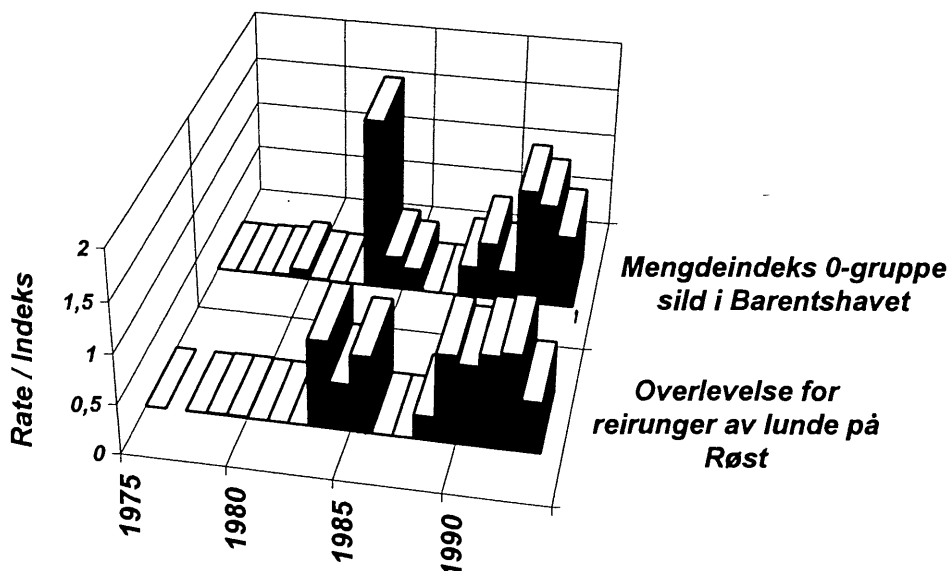


Fig. 1. Sammenheng mellom ungeproduksjonen av lunde på Røst og indeksen av 0-gruppe sild i Barentshavet målt i slutten av august for perioden 1975-1993. (*The connection between the production of Puffinchicks and the 0-group herring index for the period 1975-1993*)

ungen. En slik tur i døgnet er trolig nær grensen for hva en voksen lunde kan koste på seg uten å sette sin egen helse på spill, og hjelper lite når ungen bør ha en dagsrasjon på omkring 100 g for å være sikret god vekst.

Lunden hekker sjelden før den er 5 år gammel, men den lever lenge (15-20 år er vanlig) og har mange sjanser til gode hekkeresultat. Dette er en god tilpasning til usikker næringstilgang, såfremt den voksne fuglen ikke har problemer med å livberge seg. Derfor er de som regel best tjent med ikke å slite seg ut for én enkelt unges skyld. Som en tilpasning til dette har lundeungene utviklet en fantastisk toleranse overfor sult, og kan gå på "sparebluss" i lang tid. Undersøkelser på Røst har vist at lundeungene som forlater kolonien med en vekt på under 250g har små muligheter til å komme seg gjennom den første vinteren, og selv tyngre unger kan bli utsatt for stor dødelighet. I gode sesonger veier ungene omkring 300g når de forlater

reiret. Den voksne fuglen er mer robust og vil i de aller fleste tilfelle komme inn fra havet neste vår for å forsøke en ny hekkesesong.

Mot bedre tider

Et vendepunkt for lunden kom i 1988 med rekrutteringen av den sterke 1983-årgangen av sild til gytebestanden. En økning i gytebestanden av sild på i størrelsesorden 1 mill. tonn førte til at det igjen ble produsert store mengder sildeyngel.

Siden sammenbruddet i sildestammen på 60-tallet har sildegytingen stort sett foregått ut for Mørkekysten. Fra klekkeområdet brer sildelarvene seg ut over kontinentalsokkelen, og driver nordover langs kysten. Dette driftsmønsteret er temmelig komplisert, og det er styrt av kyststrømmen, hovedstrømmen av atlantehavsvann og de rådende vindforholdene. Den første sildeyngelen når Lofotenområdet i begynnelsen av mai, og det vil normalt være sildeyngel i området ut i august måned. Det som da kan påvirke lundefuglens hekkesuksess er derfor overlappingen i tid og rom med sildelarvene som passerer fuglekolonien.

Fra og med 1988 har det vært relativt gode oppvekstvilkår for sildeyngel, og resultatet lot ikke vente på seg. I 1989-92 fant lundene på Røst hver sommer atter bra med sild til ungene. Hekkesuksessen ble da også jevnt god, dersom en vurderer den i forhold til hvor mange unger som kom seg på sjøen, og hvilken kondisjon de da hadde. Ved hjelp av Havforskningsinstituttets data tilbake til 1975 kan vi altså vise at det som regel er nøye samsvar mellom ungeproduksjonen i denne bestanden og mengden av 0-gruppe sild som når Barentshavet tidlig på høsten (fig.1). Røstlundenes ernæring og reproduksjon kan derfor være en tidlig og god indikasjon på årsklassestyrken av sild.

Også andre byttedyr

Det er viktig å understreke at silda ikke er det eneste saliggjørende. Både i 1983 og i 1992, som begge var gode sildeår, var ca. 10 cm lang havsil (tobis) det viktigste innslaget i ungenes diett på Røst. Sil er en fisk vi vet relativt lite om. Den har en stor bestand i Nordsjøen der sjøfugl til en stor grad synes å være avhengige av denne arten. Nordover langs norskekysten synes det å være lokale bestander, men om lunden utnytter disse eller det er yngel som driver inn fra Nordsjøen er usikkert. Silen har imidlertid en høy fettprosent og er et utmerket fôr for ungene. I 1983 og 1992 vokste også ungene raskere og var i en bedre kondisjon enn i de årene de har vært totalt avhengige av sild. På Røst er imidlertid sil et sjeldent innslag i kosten,

til tross for at dette er et meget viktig og regelmessig forekommende byttedyr for lunde i de fleste andre kolonier som er undersøkt.

0-gruppe sild er et magrere bytte, og det er trolig i første rekke mengden og tilgjengeligheten som forklarer hvorfor denne ressursen har vært så viktig på Røst. I de mange årene uten sild var sei (6-10 cm) ofte viktig tidlig i ungeperioden. Seien klekkes tidlig på året, og er blitt forholdsvis stor når lundeungene skal ha sitt. Men senere i sesongen, når sei yngelen normalt hadde trukket inn i tareskogen, var lundene bare unntaksvis i stand til å finne alternativ til silda. Likevel var sesonger med total ungedødelighet trolig en sjeldenhet før sammenbruddet i sildestammen for 25 år siden. På Røst, hvor lundeunger var et viktig tilskudd til kosten, kan ingen huske et eneste nullår "i gamle dager", noe som antyder at lundene da hadde flere ben å stå på.

Hva skjedde i 1993?

Året 1993 viste seg å bli et dårlig år for lundefuglen på Røst. Til tross for at dette er et vanlig fenomen, ble det av enkelte tolket som indikasjon på svikt i rekrutteringen av norsk vårgytende sild, noe som senere viste seg å være en forhastet slutning. Lundenes økologiske særtrekk tilsier også at en og annen dårlig sesong ikke er katastrofalt for bestanden. Fuglene kompenserer for dette ved å leve lenge og spre hekkeinnsatsen over mange år. Det er først når hekkingen går galt i en årrekke som i perioden etter sammenbruddet i sildestammen at situasjonen blir alvorlig. Derfor kunne nyhetsoppslagene om ungedøden på Røst i 1993 virke noe forvirrende, siden de foregående sesongene tilsynelatende var gode. Imidlertid kan dette være en litt for enkel slutning. For selv om 1993 ble en helt spesiell hekkesesong, så synliggjorde den noe som kan ha vært et årlig problem for bestanden siden silda kom tilbake fra og med 1988. I månedskiftet juli/august disse årene sluttet de voksne fuglene ganske brått å mate ungene, og de fleste forlot også kolonien før ungene forlot reiret. Dette er ikke normalt, og indikerer at selv erfarne fugler ikke fant nok mat til eget underhold innenfor rimelig avstand fra koloniene. Det er derfor nærliggende å stille spørsmålstegn ved hvilke levevilkår ungene, uansett kondisjon, har hatt i sin første tid på havet. Fra ungen forlater reiret, skal den greie seg på egenhånd. Flere av disse årene kom det en rekke meldinger om døde lundeunger som ble funnet langs kysten tidlig på høsten.

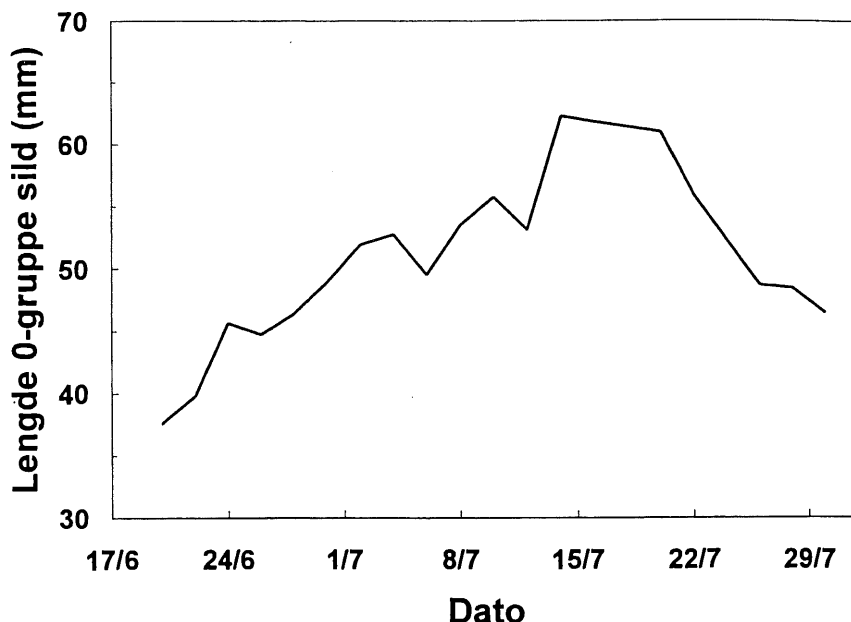


Fig. 2. Gjennomsnittlig lengde av sildeyngel i lundeungenes diett gjennom 93-sesongen. (*Mean length of herring juvenils in the diet of the Puffinchicks during the 93-season*)

Det spesielle med 1993-sesongen var at næringssvikten inntreffer allerede 19. juli, etter en periode med god tilgang på fin sildeyngel (fig.2). Vi hadde hatt en rik sildegyting i slutten av februar, som førte til at vi målte det høyeste antallet sildelarver siden disse målingene startet igjen etter sammenbruddet i sildestammen (se kap 3.3 og fig. 3.15). Disse larvene spredde seg ut over sokkelområdet på vanlig måte, og da vi foretok en ny innsamling i slutten av mai fant vi sildelarver på alle stasjoner i tildels høye konsentrasjoner (fig.3). De første sildelarvene hadde allerede i slutten av mai kommet inn i området rundt Røst, men ennå var disse sildelarvene trolig for små til å være interessante for lunden, og lundeungene klekkes ikke før i slutten av juni. Senere ble det ikke foretatt noen systematisk innsamling av sildeyngel, men på et tokt med "G.O. Sars" i siste halvdel av juli syntes den sørligste utbredelsen av sildeyngel å være ut for Vesterålen. Mens det i området opp mot Lofoten ble registrert betydelige mengder makrell og hestemakrell (fig.4).

På Røst hadde sesongen gått normalt for seg helt til midt i juli, og ungene var i stabil og god vekst. Så kom omslaget omtrent som om noen skrudde av en bryter. Fra den ene dagen til den neste opphørte det meste av matingsaktiviteten, og senere var det aldri store antall med voksne fugler i koloniene. Bildet fra år med gode ernæringsforhold for lunden gjennom hele sesongen er et helt annet. De første sildestimene finner lunden som i 1993 sør for kolonien, og den foretrekker å beite i stimer eller knuter av sild som er blitt blanke. Tokt med Havforskningsinstituttets fartøy i det samme området til samme tid får gjennomsluktig og mye mindre

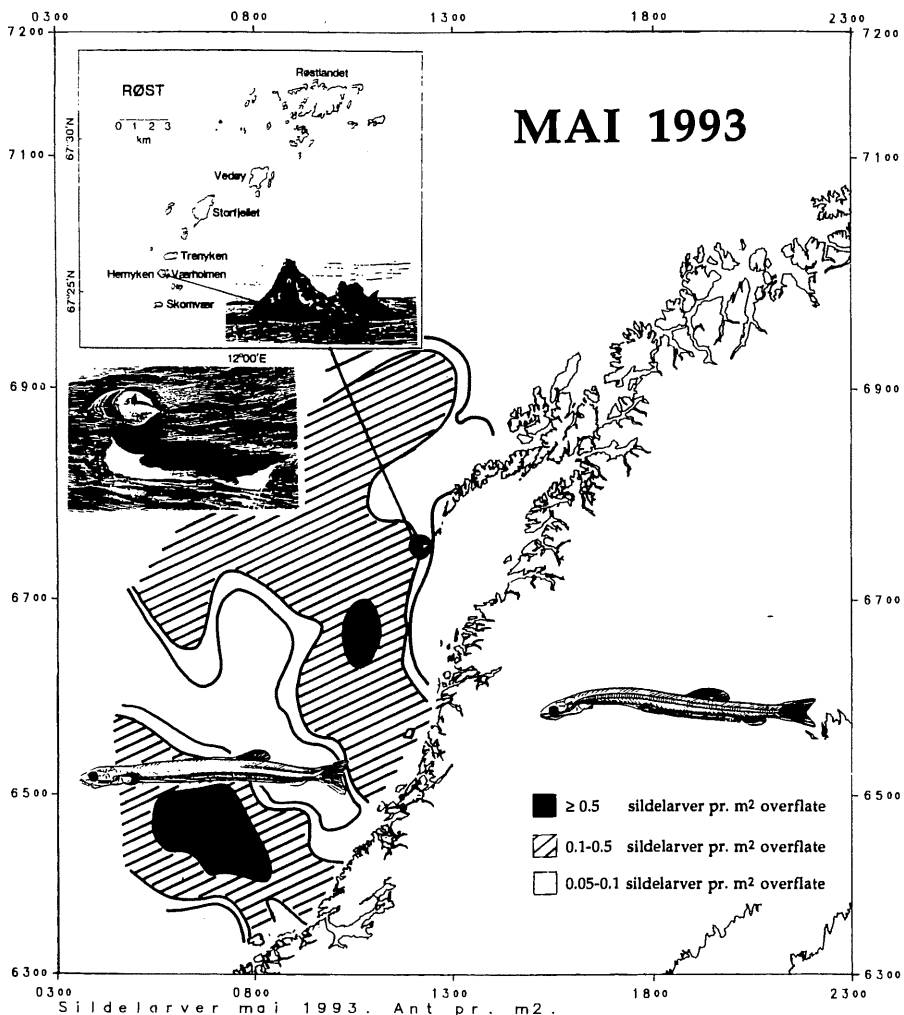


Fig. 3. Fordelingen av sildelarver i antall pr. m² overflate ut for norskekysten i mai måned. Innfelt i figuren er Røstarkipelet med øya Heryken (tegnet av Theodor Kittelsen i 1888), lunden er tegnet av Viggo Ree. (The distribution of herring larvae in number per. m² surface along the Norwegian coast in May 1993. In the figure is shown the Røst archipelago and the island Heryken (drawn by the famous Norwegian painter Theodor Kittelsen in 1888), the Puffin is drawn by Viggo Ree)

sildeyngel. Senere i sesongen flyr lunden ut rett mot vest, og mot slutten av hekkesesongen er det typiske mønsteret at lunden flyr i nordvestlig retning på jakt etter de siste sildestimene. Så blir brått matingstrafikken mye dårligere, før det hele sluttet av, og de voksne fuglene forlater kolonien.

Hva hadde så skjedd i lundekolonien i 1993? Starten på hekkesesongen gikk altså normalt for seg, eggene klekket, og matingen av ungene gikk som normalt. Så den 19. juli, mens lunden ennå var på leting etter sildeyngel i sørlig retning, blåste det opp til en sørlig kuling. Etter at denne kulingen hadde lagt seg stoppet altså utflyvningen helt opp, og etter noen dager forlot de voksne fuglene kolonien. Samtidig med at de voksne lundene forlot kolonien forsvant

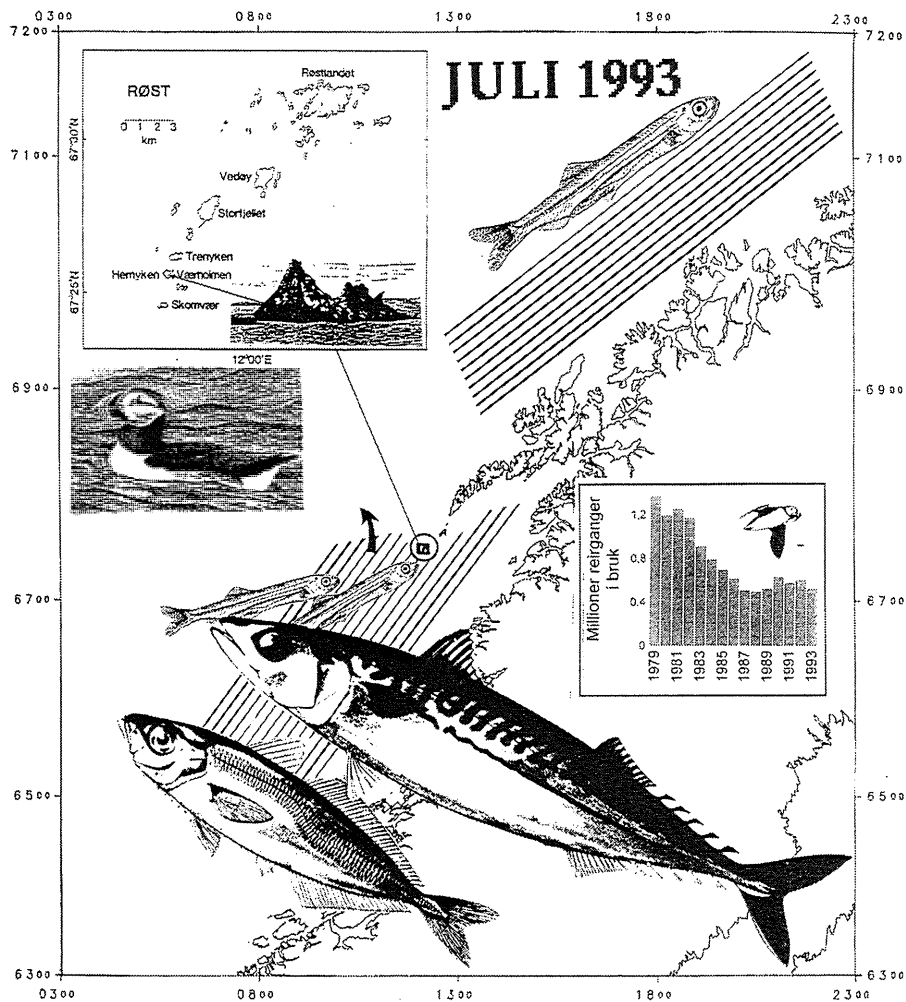


Fig.4. Den nordlige skraveringen indikerer forekomsten av sildeyngel i slutten av juli 1993, det sørlige skraverete området indikerer innslagsfeltet av makrell og hestemakrell i den samme perioden. Bestandsutviklingen i lundekolonien på Røst siden 1979 er også innfelt i figuren.

(The northern hatched area indicates the distribution of the juvenile herring in late July 1993, the southern hatched area indicates the distribution of mackerel and horse mackerel during the same period. In the figure is also shown the relative abundance of Puffins in the colony at Røst compared to 1979).

også spekkhoggerne fra Røstområdet. Lundeungene var i god kondisjon, men bare 3-4 uker gamle da dette skjedde. Til tross for sin seiglivethet, døde halvparten av dem i reiret, og de fleste andre bukket under på vei til sjøen eller på sjøen like utenfor kolonien noen uker senere (fig. 5).

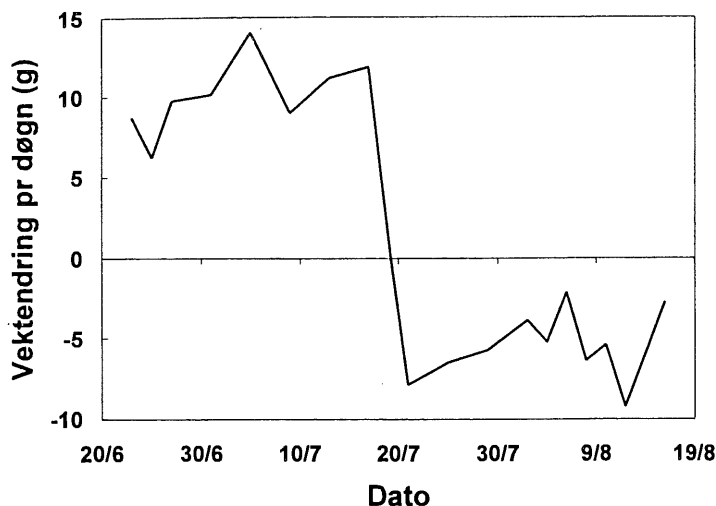


Fig. 5. Gjennomsnittlig vektending pr. døgn for lundeungene på Røst i 1993. (*The mean daily weightchange of the Puffinchicks on Røst in 1993.*)

Vi mener det kan være flere alternative forklaringer på det som skjedde. Den ene forklaring kan være at sildeyngelen i stor grad har drevet vestenfor rekkevidden til lundefuglen. Dette skyldes ekstremt mye nordlig vind denne våren. Vanligvis driver hovedmengden av sildelarvene som klekkes på Møre-kysten nordover kontinentalsokkelen relativt nær kysten, og de vil da passere i ulik avstand fra Røst avhengig av de lokale vindforholdene om våren. Fig. 6 viser den midlere retningsfordelingen av vinden målt på Røst i 2. kvartal i 1993 sammenlignet med tilsvarende klimatologisk middel. Ekstra mye vind fra nord og spesielt fra nord-nordøst (30 grader) har nok drevet yngelen i vestlig retning ut over kontinentalskråningen. Her blir de ført nordover med den forholdvis permanente hovedstrømmen av atlantisk vann som på det nærmeste er lokalisert ca. 100 km utenfor Røst. Eventuelt har de spesielle vindforholdene drevet større eller mindre mengder også videre vestover ut av dette strømsystemet, men observasjoner av større mengder yngel nord for Lofoten indikerer at disse i stor grad har drevet relativt raskt nordover med hovedstrømmen langs kontinentalskråningen.

En forklaring kan derfor være at størsteparten av sildeyngelen i 1993 drev forbi Røst i en avstand av minst 100 km. Dette er i overkant av flyrekkevidden for lunder, og er hovedårsaken til at ungene ikke kunne skaffes tilstrekkelig mat og tilslutt ble forlatt av foreldrene. Sildekonsentrasjonene som de beitet på sør for kolonien var bare en rest av totalfordelingen, og etter uværperioden var denne også spredd og forsvunnet utenfor lundens rekkevidde.

En annen forklaring er at det var en kontinuerlig sildeyngelfordeling også langt sør for Røst inntil sammenbruddet i juli. Så kom det et innslag av makrell og hestemakrell i området. Disse beitet effektivt ned sildeyngelen, også den som var innenfor lundens rekkevidde, slik at det

bare var yngelen nord for Vesterålen som overlevde. I tiden som kommer vil mageinnholdsanalyser av makrell tatt i området muligens gi svar på om denne teorien er riktig.

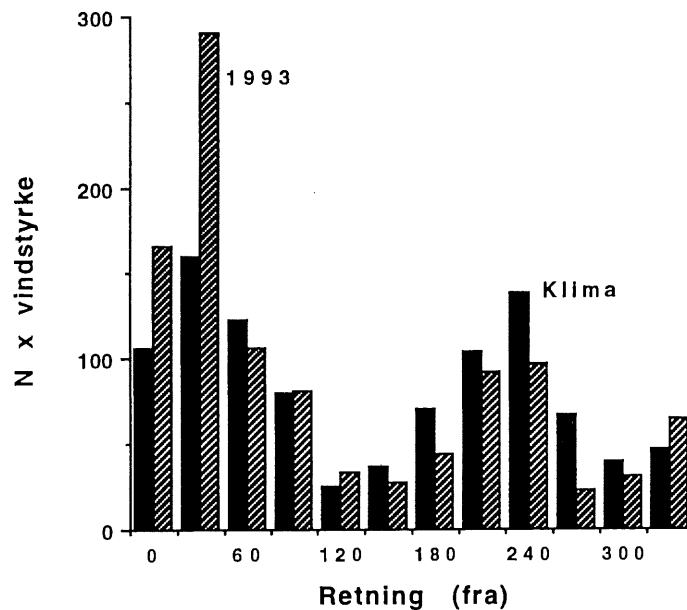
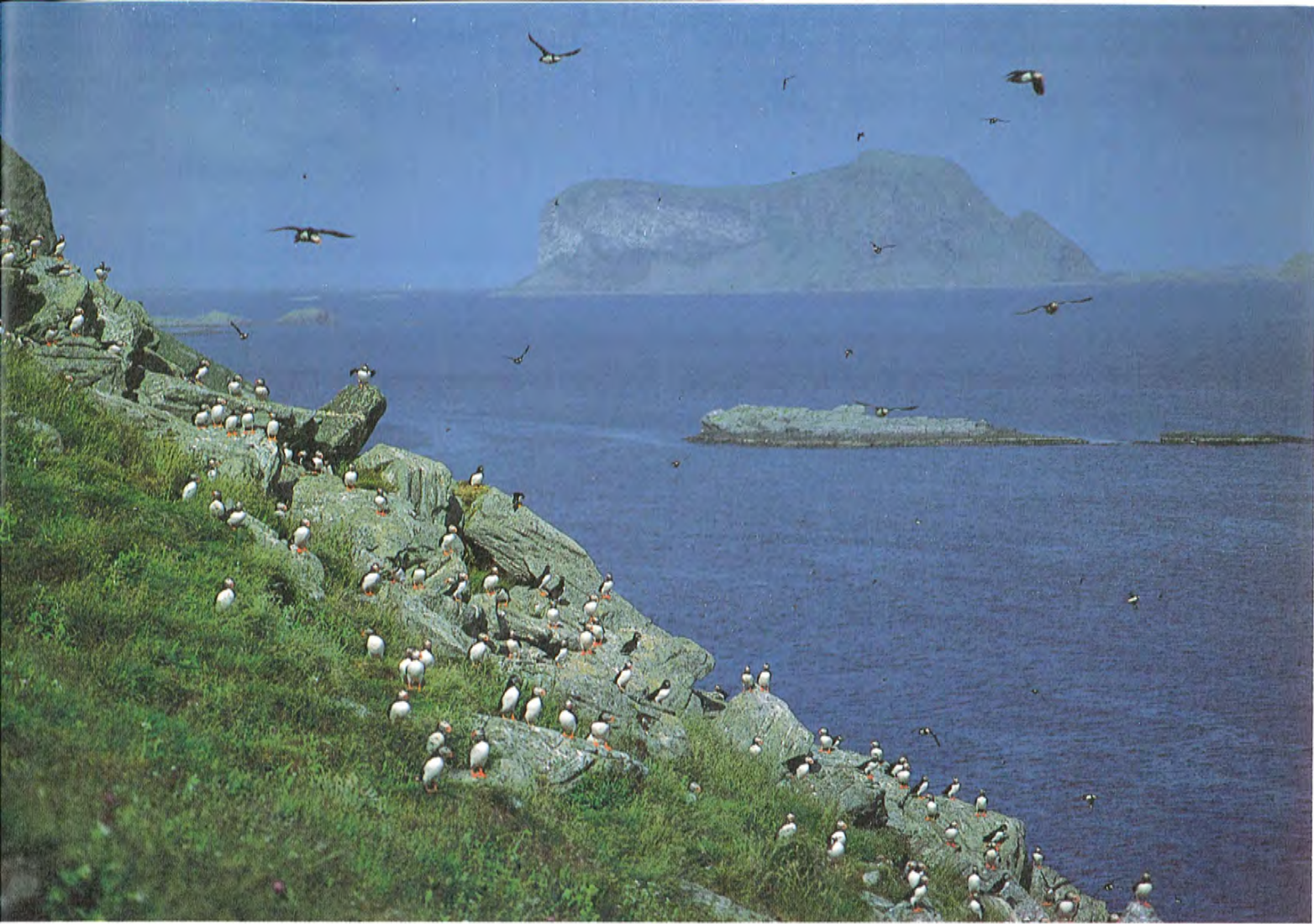


Fig. 6. Retningsfordeling av vindmålinger på Røst (vindstyrke x antall målinger i hver 30 graders retningssektor) midlet for 2.kvartal (april-juni) i 1993 sammenlignet med tilsvarende 15 års klimatologisk middel (1979-1993). (*Directional distribution of wind measurements at Røst (windspeed x number of observations in each 30 degree directional sector) averaged for the 2. quarter (April-June) of 1993 compared to the similar 15 year climatological mean (1979-1993).*)

Imidlertid er det fremdeles mye vi ikke vet, bl. a. om sildas vertikalfordeling og stimadferd. Kan fysisk påvirkning eller tilstedeværelsen av predatorer føre til at silda endrer adferd slik at den ikke lenger er tilgjengelig for lunden? Dette blir bare spekulasjoner, men det som i hvert fall er klart er at noe dramatisk hendte i denne perioden slik at silda ikke lenger var tilgjengelig for lunden. Den forsvant ikke helt og holdent, for det er intet som tyder på at silderekrutteringen i 1993 var dårlig, og målingene av årsklassens størrelse viser at 1993-årsklassen av sild føyer seg inn i en rekke gode årsklasser med 1992-årsklassen som den sterkeste. Den er faktisk den fjerde sterkeste siden sammenbruddet i sildestammen på 60-tallet, og det er bare 1983, 1991 og 1992-årsklassene som er sterkere målt på 0-gruppe stadiet. Så svaret er kanskje at vi må lete videre for å forstå det hele og fulle samspillet mellom disse to aktørene i det marine økosystemet.

Øverst neste side: Trafikk til og fra lundeura. Nederst:Lunde med sildeyngel i nebbet. (Foto T. Anker-Nilsen)
 (On top: Traffic to and fro the Puffin-scrree. At the bottom: Puffin with juvenile herring.)



Noen perspektiver

Forskningen på Røst har gitt oss viktig kunnskap om sammenhengen mellom to nøkkelarter i kystøkosystemet. Bl.a. er det nå mulig å beregne hvor mye sild som må til for å sikre lundene et godt hekkeresultat. For å gi en pekepinn om omfanget så konsumerer lundene på Røst og deres unger tilsammen mer enn 400 millioner yngel (ca 500 tonn) i løpet av én eneste dag hvis de bare spiser 0-gruppe sild av den størrelsen de normalt henter til ungene (5-7 cm). Dersom 75 % av dietten i ungeperioden er sild, vil det samlede uttaket være i størrelsesorden 15 milliarder individer. Den totale lundebestanden i Nordland og Troms er dessuten 2-3 ganger større enn den på Røst. Selv for en rimelig sterk årsklasse av sild kan lunden derfor være en forholdsvis betydelig predator. Men ennå vet vi lite om bl. a. 0-gruppe silde tidlige overlevelse, deres stimodynamikk og hvilke faktorer som bestemmer hvor tilgjengelige de er for lundene. Kunnskap om slike viktige forhold vil trolig gjøre det lettere å forklare hva som egentlig skjer når lundene plutselig avbryter hekkingen. Det er også viktig å få bekreftet om de voksne spiser det samme som de gir til ungen, siden de selv konsumerer 90% av det de henter opp av havet.

Men historien på Røst er langt fra slutt. Ennå har vi bare studert samspillet mellom sild og lunde i en periode hvor sildestammen mest har vært en skygge av hva den engang var. De siste gode årsklassene har imidlertid styrket troen på en gjenoppbygging av sildebestanden. Samtidig er det fremdeles håp om at et så betydelig antall av lundeungene fra 1989-92 har overlevd at det vil føre til en viss vekst i hekkebestanden på Røst, som fremdeles er under halvparten av hva den var på slutten av 1970-tallet. Det er heller ikke galt å hevde at lundene på Røst kan være gode miljøindikatorer og en målestokk på hvor godt vi er i stand til å ta vare på livet i havet.

Import av fiskeyngel til norske farvann?

av Herman Bjørke

Lodde

Under tokt etter fiskeyngel langs norskekysten i juli 1988 og 1989 ble det oppdaget loddeyngel utenfor Romsdalskysten langt til havs. Dette er langt sør for de sørligste kjente gytefeltene for lodde, som i nyere tid har strukket seg sør til Senja. Når en så vet at strømmen langs norskekysten går nordover, er dette litt underlig. Rundt århundreskiftet ble det sporadisk funnet voksen lodde sør til Trondheimsfjorden, og det ble til og med påstått at den gytte her. I 1880 ble det funnet stimer like ned til Haugesund, og i 1860-årene ble enkeltindivid registrert i Christianiafjorden! Hva så med loddeyngelen som ble funnet utenfor Romsdalskysten?

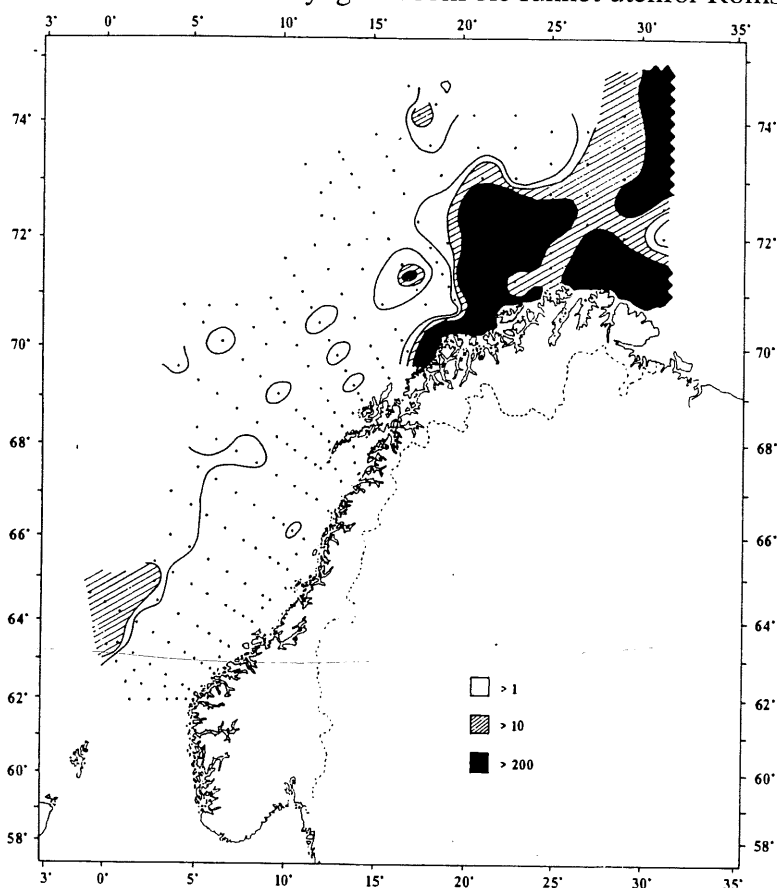


Fig. 1. Fordeling av loddeyngel i juli 1998. (*Distribution of juvenile capelin in July 1998*)

Utbredelseskartet (fig.1) tyder på at den er kommet vestfra. Nærmeste kjente loddegytefelt vest for Norge finner vi langs sørkysten av Island. Importerer vi lodde fra Island!? Ja, det er svært sannsynlig! Flere drivflasker fra Island har havnet langs norskekysten, og omkring

halvparten har havnet sør for 67°N. De har da fulgt Øst-Islandsstrømmen mot Norge (fig.2) . Lengden på loddeyngelen viser at den ble klekket året før. Forklaringen på at lodde ble funnet fra Trondheimsfjorden og sørover i det forrige århundre kan derfor være at den kom fra Island. Ikke nok med det: i 1992 ble det levert levende lodde til akvariet i Ålesund, og den var fanget i Vigrafjorden! Hvor vanlig er så dette? Begge årene undersøkelsen strakte seg sør til Stad ble det funnet loddeyngel i samme området, og dette tyder på at det kan være en årlig foreteelse. Denne lodda bidrar likevel neppe til det norske loddefisket!

Sild

Er det andre arter som kan komme samme veien? Havforskningsinstituttet har i mai siden 1985 foretatt et tokt etter sei yngel langs norskekysten fra Lindesnes til Vesterålen. Under disse toktene har vi funnet konsentrasjoner av sildeyngel i samme området der det ble funnet loddeyngel i juli. Lengden viser at de er klekket året før, og de er ganske sikkert kommet fra Island. I 1989 og 1990 fant vi også loddeyngel i samme området.

Under disse maitoktene finner vi sildeyngel over hele området fra Lindesnes til Vesterålen. Mange av disse er klekket langs norskekysten nord for Stad, men lengden på enkelte av dem tyder på at de er klekket om høsten, og høstgytere finner en i Nordsjøen og vest for Skottland. Transporten av disse vil sannsynligvis skje langs to ruter: via Dooleystrømmen som krysser Nordsjøen mellom 57°N og 58°N og med Jyllandsstrømmen opp mot Skagerrak (fig.2). Slik sildeyngel finner vi helt til 70°N. I ressursammenheng spiller denne silda sannsynligvis liten rolle.

Hyse

Lokaliseringen av gytefelt for hyse langs norskekysten er ikke helt klarlagt, men vi finner de sørligste gytefeltene ved Stad. Ellers finnes det gytefelt i den nordlige delen av Nordsjøen, vest for Orknøyene og ved Færøyane. Et trekk som har gått igjen i juliundersøkelsene er at hyseyngelen sør for Lofoten er betydelig større enn den nordafor. Selv om hysa ved Stad gyter ca. to uker før den som gyter sørøst for Tromsøflaket, er ikke dette nok til å forklare den store lengdeforskjellen. Forsøk med Argos drivbøyer, som sender posisjonssignal til satellitter, har vist at i juli vil yngelen som er gytt ved Stad minst være kommet nord for 65°N. Andelen av hyseyngel som ble funnet sør for dette var i 1988 og 1989, henholdsvis 16% og 41%. Disse tallene vil selvsagt variere med hastigheten på den nordgående strømmen. Noe av denne hyseyngelen vil stamme fra lokale stammer. Men mesteparten er nok importert.

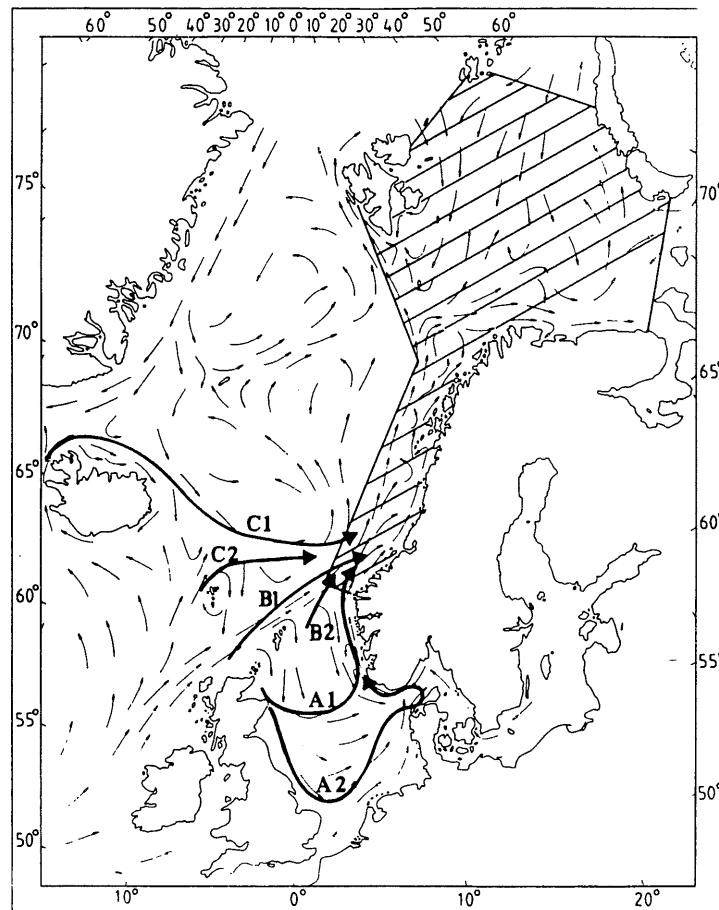


Fig. 2. Mulige transportruter fra utenforliggende gytefelt til norskekysten og Barentshavregionen. (Proposed routes of transport from external spawning sites into the north Norwegian coast and the Barents Sea region)

Færøyane, området vest for Skottland og den nordlige delen av Nordsjøen er mulige opphavssted for denne yngelen (fig.2). Dømmer en ut i fra gyteperiode og fordelingsmønster er nok transporten fra den nordlige del av Nordsjøen den mest fremtredende.

Sei

Under toktene etter sei yngel i mai viser fordelingskartene at de høyeste konsentrasjonene finnes et stykke fra kysten i vann som har tilknytning til atlantiske vannmasser. De sørligste gytefeltene for sei langs norskekysten finner en ved Stad. Som for hyse, viser driften av Argosbøyer at sei gytt ved Stad i februar-mars minst ville være kommet til 64°N i mai. Andelen av sei yngel i området 62°N (Stad)-64°N i perioden 1986-1991 varierer mellom 0,5 og 76% og ligger i snitt på 33%. Det synes derfor klart at i det minste noen år, er en betydelig del av seien langs norskekysten rekruttert fra områder utenfor de norske kystområdene, først og fremst fra Nordsjøen. Vi finner også en høy konsentrasjon av sei yngel i samme området der

en fant loddeyngel enkelte år. Lengden viser at de er klekket samme året de ble fanget. Disse stammer sannsynligvis fra gytefelt ved Færøyane eller vest for Skottland. Mangel på sei yngel i dette området enkelte år viser at denne tilførselen er variabel.

Torsk

Er det mulig at torsk kan rekrutteres fra områder utenfor norsk økonomisk sone? Det er ingenting i fordelingen av torskeyngel i juli som klart tyder på import fra andre områder. Både torsk og hyse er bunnfisk, og de bunnslår seg den første høsten de lever. En mulig transport fra Island, som for lodde og sild, ville derfor måtte foregå i løpet av to måneder siden hovedklekkingen av torsk foregår i mai. Som nevnt var både lodda og silda fra Island nærmere ett år da de ble fanget ved norskekysten i mai og juli.

Sammendrag og konklusjoner.

Økosystemene som omfatter den norske kontinentalsokkel nord for 62°N, Barentshavet og Spitsbergenområdet er ikke isolerte systemer. Fordelingen av fiskeyngel viser klart at det foregår en "import" inn i området fra områder utenfra. De mulige transportruter er vist i fig.2 :- Rute A er ruten for høstgytt nordsjøsild. Ruten er delt i to; A1 følger den østgående strømmen mellom 57° og 58°N, og A2 er ruten via den sørlige Nordsjøen og Jyllandsstrømmen inn i Skagerrak.

- Rute B er ruten for larver og yngel av sei og hyse fra den nordlige Nordsjøen (B2) og området vest for Skottland (B1). Også høstgytt sild fra gytefeltene nord for Skottland kan følge denne ruten.

- Lodde og sild klekket året før kan følge rute C1 fra Island, og sei og hyse klekket samme år kan følge rute C2 fra Færøyane.

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
NORDNESPARKEN 2 - POSTBOKS 1870 NORDNES
5024 BERGEN
TELEFON 55 23 85 00 - TELEFAX 55 23 85 31

FORSKNINGSSTASJONEN FLØDEVIGEN
4817 HIS
TELEFON 37 01 05 80 - TELEFAX 37 01 05 15

AUSTEVOLL HAVBRUKSSTASJON
5392 STOREBØ
TELEFON 56 18 03 42 - TELEFAX 56 18 03 98

MATRE HAVBRUKSSTASJON
5198 MATREDAL
TELEFON 56 36 60 40 - TELEFAX 56 36 61 43

ØNSKES MER INFORMASJON, KONTAKT
HAVFORSKNINGSINSTITUTTET, INFORMASJONEN
TELEFON 55 23 85 21 ELLER 55 23 85 38
TELEFAX 55 23 85 86

MORE INFORMATION? CONTACT
INSTITUTE OF MARINE RESEARCH, INFORMATION
NORDNESPARKEN 2 - BOX 1870 NORDNES
N-5024 BERGEN, NORWAY
PHONE: + 47 55 23 85 21 OR + 47 55 23 85 38
FAX: + 47 55 23 85 86