

FISKEN OG HAVET, SÆRNUMMER 2 -1996
ISSN 0802 0620

MILJØRAPPORT 1996

Redaktør
Roald Sætre

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
MARS 1996

INNHold

FORORD	5
PROGNOSE FOR 1996	7
PROGNOSIS FOR 1996	8
SAMMENDRAG	9
SUMMARY	12
1. BARENTSHAVET	15
1.1 Havklima	15
1.2 Plankton og næringssalter	17
1.3 Yngelproduksjon	21
1.4 Forurensning	22
2. NORSKEHAVET OG KYSTEN	27
2.1 Havklima	27
2.2 Plankton, næringssalter, oksygen	34
2.3 Yngelproduksjon	39
3. NORDSJØEN OG SKAGERRAK	42
3.1 Havklima	42
3.2 Plankton, næringssalter, oksygen	48
3.3 Skadelige alger	54
3.4 Forurensning	57
4. AKTUELLE TEMA	60
Forvaltning av stortare - en ny og viktig oppgave for Havforskningsinstituttet.....	60
Algegifter i skjell - et problem til å leve med	69
Ligger den globale oppvarming skjult i havet?	72
Hva spiser silda?	75
Blekkspruten <i>Gonatus fabricii</i> - hvor gyter den og hvem blir den spist av?	77
Numeriske havmodeller - et nyttig verktøy for forskning og forvaltning	79
Hvordan påvirket ferskvannet fra storflommen på Østlandet i 1995 miljøforholdene i indre Skagerrak?.....	81
Karbondioksid og den biologiske karbonpumpen	84
Hvor mye dyreplankton er det i Norskehavet?	88
En ny giv i forvaltningen av norsk-arktisk torsk?	91
Påvirker norske utslipp av næringssalter situasjonen i Ytre Oslofjord?	95

Denne rapporten refereres slik: /This report should be referred to as:
Miljørapport 1996, Fisken og Havet, Særnr. 2 - 1996

FORORD

Havforskningsinstituttets oppgave er gjennom forskning å fremskaffe kunnskapsgrunnlaget for en bærekraftig forvaltning av havmiljøet og for en økologisk forsvarlig høsting av våre fiskeresurser. Det er et nært samspill mellom havmiljøet og fiskebestandene. Variasjoner i havmiljøet eller havklimaendringer virker inn både på den geografiske fordelingen av fiskebestandene og på deres vekst og rekruttering. Våre havområder tilføres årlig betydelige mengder forurensninger. Overvåkning 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.

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

Denne rapporten beskriver miljøtilstanden for norske hav- og kystområder i 1995. Med miljøtilstanden mener vi her havets fysiske og kjemiske tilstand, produksjonsforhold og næringsforhold for fisk samt forurensningssituasjonen.

Havforskningsinstituttet driver i hovedsak tre

typer overvåkning av miljøet i havområdene omkring Norge:

Kystovervåkning

Denne består av et system av:

- Faste hydrografiske kyststasjoner som tas av lokale observatører (fra 1935).
- Termografitjenesten - observasjoner av temperatur og saltholdighet fra rutegående fartøy (fra 1935).
- Fjordovervåkning - hydrografiske og kjemiske målinger i utvalgte fjorder (fra 1975).

Forurensningsovervåkning

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

Overvåkning av klima- og produksjonsforhold i havområdene

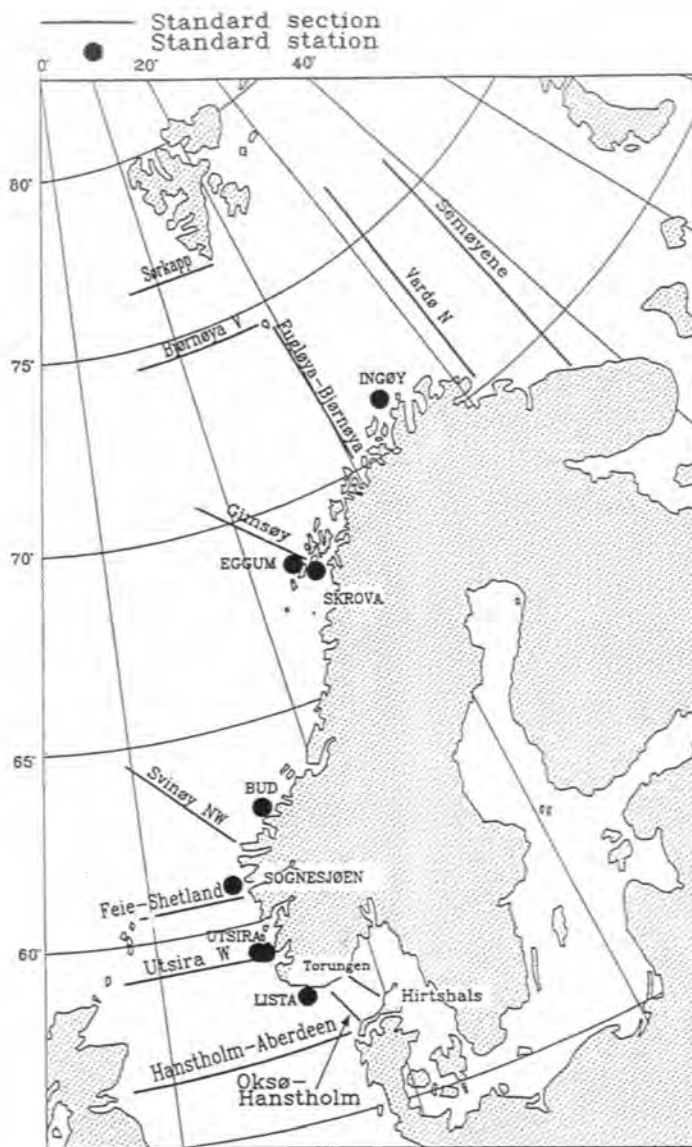
Dette er et system av faste oseanografiske snitt som gjentas med regelmessige mellomrom kombinert med en mindre hyppig regional dekning for overvåkning og tilstandsvurdering av:

- Havklima
- Plante- og dyreplanktonproduksjon
- Rekruttering og tilstanden i fiskebestandene

For å lette forespørsler om de emner som omtales i Miljørapporten, er det gitt en oversikt over hovedansvarlige for kapitlene 1-3 på neste side. I kapittel 4 er forfatter navngitt i artikkelen.

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

Redaksjonskomité for Miljørapporten 1996 har vært Roald Sætre (redaktør), Jan Aure og Kari Østervold Toft. Karen Gjertsen har vært ansvarlig for tegningene.



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

Barentshavet

Havklima	H. Loeng
Plankton og næringssalter	A. Hassel
Yngelproduksjon - lodde	P. Fossum
Forurensning	K. Stange og L. Føyn

Norskehavet og kysten

Havklima	J. Blindheim og E. Svendsen
Plankton og næringssalter	B. Ellertsen og F. Rey
Yngelproduksjon - sild	P. Fossum

Nordsjøen og Skagerrak

Havklima	D. Danielssen og E. Svendsen
Plankton og næringssalter	D. Danielssen, E. Dahl, J. Aure og B. Bøhle
Skadelige alger	E. Dahl
Forurensning	J. Klungsoyr

VARSLER FOR 1996

Havklimaet

- Tilførselene av atlantisk vann til Norskehavet ventes å være tilnærmet normale.
- Temperaturen ventes å synke under det normale i Barentshavet med større isutbredelse enn i 1995.
- Den vestlige delen av Norskehavet mot Færøyene og Island vil fortsatt være karakterisert ved en sterk innflytelse av relativt ferskt og kaldt arktisk vann.
- I øvre vannlag langs kysten kan det tidvis ventes lave vintertemperaturer på grunn av lokal avkjøling.
- Økt vinteravkjøling over Nordsjøplatået vil medføre temperaturer under normalen i de bunnære vannlagene i de sentrale og sørlige deler utover resten av året. I den nordlige delen vil denne avkjølingen motvirkes av relativt gode tilførsler av atlantisk vann og her ventes temperaturer over det normale.
- Den økte vinteravkjølingen i sentrale deler av Nordsjøen øker også muligens for innstrømning av relativt kaldt vann til Skagerrakbassenget i løpet av vinteren.

Produksjonsforhold

- En fortsatt relativt stor overvintringsbestand av dyreplankton i Barentshavet ventes å gi grunnlag for gode næringsforhold for lodde, sild og fiskeyngel i kommende år.
- Selv om beitepresset på loddelarver fra sild blir mindre enn i foregående år er gytebestanden nå så liten at det også i år kun ventes svak rekruttering av lodde.
- Dyreplanktonbestanden i Norskehavet synes å være god og er trolig tilstrekkelig til å sikre god vekst for en økende sildebestand.
- Innstrømningen av kaldere vann til Skagerrakbassenget vil kunne medføre svekket rekruttering til rekebestanden i området.

Fiskefordeling

- I vestlige deler av Norskehavet vil tilstrømningen av vann av arktisk opprinnelse medføre redusert vestlig utbredelse av silda. Vi venter derfor at sildefordelingen utover våren og sommeren blir omtrent som i 1995 hvor lite av bestanden trakk inn i islandsk sone.
- Lavere temperaturer i Barentshavet vil trolig medføre redusert tilgjengelighet av torsk i det såkalte "Smuthullet".

PROGNOSIS 1996

Ocean climate

- The inflow of Atlantic water to the Norwegian Sea is expected to be around normal.
- The temperature in the Barents Sea is expected to decrease to below normal. Ice conditions will be more severe than in 1995.
- The western part of the Norwegian Sea north of Iceland and the Faeroes will be characterised by relatively cold, low salinity Arctic water.
- Periods of low winter temperatures expected in the upper water layers along the Norwegian coast due to local cooling.
- Increased winter cooling at the North Sea plateau will give temperatures below normal close to the bottom in central and southern parts of the area. In the northern part, this cooling will be counteracted by a relatively high inflow of Atlantic water, and in this area we expect temperatures around normal.
- Increased winter cooling in central parts of the North Sea will increase the possibilities for inflow of relatively cold water to the deeper parts of Skagerrak during winter.

Ocean production

- A large stock of wintering zooplankton in the Barents Sea is expected to give good feeding conditions for capelin, herring and juvenile fish.
- Even if the predation pressure on capelin larvae will be reduced compared to last year, the spawning stock is still at such a low level that yet another year of weak recruitment is expected.
- The zooplankton stock in the Norwegian Sea appears to be high. It is most likely large enough to ensure good growth for an increasing herring stock.
- The inflow of colder water to the deeper parts of Skagerrak could result in reduced recruitment for the shrimp stock in the area.

Fish distribution

- The inflow of Arctic water in the western parts of the Norwegian Sea will result in a reduced western distribution of the herring. During spring and summer we therefore expect a herring distribution similar to 1995, when only a minor part of the stock entered into the Icelandic zone.
- Lower temperatures in the Barents Sea will most likely result in reduced availability of cod in the so-called "Loophole".

SAMMENDRAG

Vann fra Atlanterhavet strømmer inn i Norskehavet hovedsakelig gjennom Færøy-Shetlandkanalen. Det er innstrømmingen av det varme og salte Atlanterhavsvannet som i hovedsak bestemmer temperaturforholdene i våre havområder og er en viktig økologisk faktor som virker inn på den biologiske tilstanden i havet. Tilstanden i fiskebestandene er som regel best når temperaturen er høy, idet store årsklasser som regel rekrutteres i varme perioder.

I Norskehavet har det vært betydelige svingninger i temperatur og saltholdighet i de siste 15 årene i de norske standardsnittene fra Svinøy til Sørkapp. I slutten av 1970-årene og i 1985-87 var det relativt lave temperaturer i det innstrømmende atlantiske vannet, mens det var varme perioder rundt 1983 og 1990. I den kalde perioden i slutten av 1970 årene, var temperatur og saltholdighet i det innstrømmende Atlanterhavsvannet de laveste siden måleserien i dette området startet omkring århundreskiftet. Fra omlag 1987 til 1992 økte temperatur og saltholdighet med et lokalt maksimum i 1990. Perioden fra 1990 til 1995 var igjen karakterisert ved synkende temperaturer i Atlanterhavsvannet i hele området fra Gimsøy til Sørkapp. I 1995 var temperaturen sunket til nær det normale i Svinøysnittet mens den fortsatt lå over det normale lenger nord ved Gimsøy og Sørkappsnittet. I de dypere lag langs kysten var både saltholdighet og temperatur tilnærmet normale gjennom 1995.

I kontrast til de relativt høye temperaturene i de østlige og nordøstlige deler av Norskehavet, skjedde det nylig en stor omlegging av havklimaet nordøst av Island. Det relativt varme Atlanterhavsvannet ble fortrent i løpet av 1995 og området fikk den sterkeste dominans av arktisk vann siden de regelmessige målingene startet i 1952. Den økte østlige utbredelse av Øst-Islandstrømmen førte til lave temperaturene noe som kan ha medvirket til redusert innvandring av norsk vårgytende sild til islandsk sone. Ved

Færøyene og på Værskipsstasjon M i Norskehavet har også saltholdighet og temperatur i Atlanterhavsvannet avtatt gjennom de siste årene.

I Grønlandshavet har de milde vintrene og den relativt lave saltholdigheten i overflatevannet i de senere år medført en betydelig reduksjon i dannelsen av dyp- og bunnvann. Som et resultat av dette har det funnet sted en temperaturstigning i de dypere vannmasser. Disse forhold vil kunne virke inn både på sirkulasjonen og havklimaet i Norskehavet. Saltholdighetene i sentrale deler av Grønlandshavet økte imidlertid til nær det normale i 1995 og forholdene skulle dermed igjen ligge tilrette for dannelse av dypvann i løpet av vinteren 1996.

Etter at temperaturen avtok i hele Barentshavet i 1994 i forhold til året før og lå nær langtidsnormalen, var det ventet en fortsatt reduksjon i 1995. Imidlertid viste det seg at det som var antatt å være en kortvarig temperaturøkning høsten 1994, fortsatte i 1995. 1995 ble således et relativt varmt år i Barentshavet med temperaturer 0.3-0.5 °C over normalen i de vestlige og sentrale deler av Barentshavet. Den største temperaturøkningen ble observert i de østlige deler, med temperaturer ca 1°C over normalen i februar og 0.7° C i begynnelsen av september 1995.

I Nordsjøen var det et meget mildt klima i perioden 1988-1992, og vintrene 1989 og 1990 var sannsynligvis de varmeste i løpet av de siste 130 år. Også i Nordsjøen har vi sett en avkjøling i de siste par årene og i 1994 lå både saltholdighet og temperatur under det normale i den nordlige delen av havområdet. I 1995 stoppet avkjølingen opp og det var en svak økning i både temperatur og saltholdighet, noe som tilskrives økt innstrømming av atlantisk vann i siste halvdel av 1994 og utover våren 1995. Også på våre kyststasjoner sør for Stad ser vi klare indikasjoner

på den samme tendensen og i 1995 var temperatur og saltholdighet i dypere lag av kyststrømmen igjen nær det normale.

I Skagerrak var det uvanlig lave saltholdigheter i overflatelaget i løpet av sommeren og tidlig høst. De unormale saltholdighetsforhold skyldtes bla storflommen på Østlandet i juni måned. I Skagerrakbassenget, under ca 300 meters dyp, var det fortsatt temperaturer nær det normale, men på grunn av stagnerende vannmasser viste oksygenforholdene en synkende tendens i 1995. Når det gjelder næringsalter og plankton så er våre tidserier mye kortere og langt mindre komplette enn de vi har for saltholdighet og temperatur. Fra Norskehavet har vi observasjoner fra værskipstasjon M for endel år. Variasjonene fra år til år i utviklingen av planteplankton er som regel små. I 1995 startet våroppblomstringen omlag to uker tidligere enn normalt for perioden 1990-1994. Den hadde en langsom utvikling i starten, men avsluttet på nesten samme tidspunkt som i tidligere år. I Barentshavet tyder næringsstofffordeling og klorofyllkonsentrasjoner i september 1995 på at våroppblomstringen enten har hatt en senere start eller har utviklet seg langsommere enn i tidligere år.

Det ble foretatt omfattende innsamling av dyreplankton i Norskehavet i 1995. Vi har ingen lange tidserier å sammenligne med, men observasjonene fra 1995 tyder på at næringsforholdene for de viktigste planktonspisende fiskeartene som sild, kolmule, makrell og lodde var bedre i 1995 enn i 1994. Fra Barentshavet har vi en tidsserie for perioden 1986-94. Fra 1991 til 1994 var det en markert økning i planktonmengden i hele havområdet. I de nordøstre områdene var det en fortsatt økning i 1995, mens det var en mindre reduksjon i planktonmengdene i de øvrige områdene. Næringsforholdene for lodde, sild og fiskeyngel var fortsatt relativt gode i 1995.

Når det gjelder yngelproduksjon fikk vi for tredje året på rad en fullstendig rekrutteringsvikt for loddia i Barentshavet. Hvor lenge denne vil vare henger sterkt sammen med mengden og oppholdstiden av ungsild som beiter på loddeyngel. For sild fikk vi den tredje høyeste larveindeks siden 1985, men oppvekstmulighetene for sildelarver

i 1995 synes å ha vært dårlige. 0-gruppe undersøkelser om høsten bekrefter dette og sildeårsklassen 1995 må derfor karakteriseres som svak. Ytterlig reduksjon av årsklassen må forventes pga det høye beitepresset fra de store torskemengdene i Barentshavet.

Menneskelig virksomhet fører til belastninger på miljøet. I nordområdene har media i de senere årene fokusert spesielt på radioaktivitet. Våre målinger av radioaktivitet i fisk og bunnsedimenter i Barentshavet viser vesentlig lavere verdier enn feks i Nordsjøen og Østersjøen og at det faktisk har vært en reduksjon i verdiene sammenlignet med 1982. Også undersøkelsene i Karahavet og i fjordene på Novaja Semlja i 1994 viste generelt lave verdier av radioaktivitet. I løpet av året er det innsamlet vann og sedimentprøver ved den sunkne russiske atomubåten "Komsomolets," som ligger på ca 1600 meters dyp sørvest for Bjørnøya. Det var fortsatt lav radioaktivitet både i vann og sediment nær ubåten.

Kartlegging av utbredelsen av organiske miljøgifter i Barentshavet har foregått i flere år som et ledd i vår deltakelse i det internasjonale Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). Innholdet av organiske miljøgifter, som PCB i torskelever fra Barentshavet, er vesentlig lavere enn typiske verdier fra torsk i områder med høy miljøbelastning som sørlige deler av Nordsjøen og Østersjøen. I fisk fra nordlige delen av Nordsjøen er også verdiene lave, men forhøyede nivåer er observert i bunnsedimentene i de dypere delene av Skagerrak og Norskerenna, noe som reflekteres i verdiene fra fisk fra dette området. Konsentrasjoner av PAH (tjærestoffer) i sediment er også betydelig forhøyet i Skagerrakbassenget/Norskerenna og er i henhold til SFT's klassifikasjon karakterisert som «nokså dårlige».

Den omfattende olje- og gassproduksjonen i sentrale og nordlige Nordsjøen fører også til økt miljøbelastning. Til nå har forurensning knyttet til utslipp av oljeholdig borekaks hatt den største virkning på miljøet. Etterhvert som alderen på oljefeltene øker, har man også fått økende bruk av forskjellige kjemikalier og økt mengde

produksjonsvann. Det er påvist oljerester i fisk, men konsentrasjonene er så lave at de neppe påvirker fiskekvaliteten. I en omfattende kartlegging av havbunnen i Skagerrak utført i samarbeid med Norges Geologiske Undersøkelser (NGU), ble det avdekket spor av oljeaktiviteten i Nordsjøen ved at barium, som ikke naturlig er tilstede i sedimentene, ble funnet i sedimenter dannet etter ca 1970. Barium er en viktig komponent i boreslam og observasjonene viser at utslipp fra oljevirkksomheten i Nordsjøen har større spredning enn man tidligere har trodd og ofte ender opp i Skagerrak. Disse observasjonene sammen med tidligere observasjoner tyder på at Skagerrakbassenget og deler av Norskerenna kan karakteriseres som Nordsjøens "søppelbunge".

I løpet av vinteren/våren 1995, var det som i 1994, en betydelig innstrømning til Skagerrak av uvanlig næringsrikt vann fra sørlige Nordsjøen. Årsaken til de uvanlig høye næringsaltkonsentrasjonene var sannsynligvis flommen på kontinentet rundt årskiftet 1994-95. I mai fikk vi, som i 1994, en blomstring av den potensielt skadelige algen *Chrysochromulina* spp., men miljøforholdene i Skagerrak i slutten av mai og i begynnelsen av juni gjorde at blomstringen ble kortvarig. Testing av vannets giftighet viste at *Chrysochromulina* spp. i 1995 bare ga en svakt giftighet i vannet og det var små proble-

mer for oppdrettsfisk. Problemene med andre skadelige alger for oppdrettsfisk og for konsum av skjell langs norskekysten var forholdsvis små i 1995, selv om det var endel lokale problemer.

En fem års oppsummering av miljøforholdene langs Sørlandskysten, utarbeidet i samarbeid med NIVA, viser tegn til regional eutrofipåvirkning, som i hovedsak skyldes store tilførsler av næringssalter fra sydlige Nordsjøen og Kattegat. I indre Skagerrak gir påvirkningen seg utslag i forhøyete konsentrasjoner og skjev sammensetning av næringssalter om våren og forsommeren, høyt innhold av partikulært organisk materiale i øvre vannlag, redusert oksygeninnhold i kystvannmassene om høsten, økt oksygenforbruk i fjordbasseng og økt biomasse av bunndyr.

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

SUMMARY

Water from the Atlantic Ocean flows into the Norwegian Sea mainly through the Faroe-Shetland Channel. It is this inflow of warm water with high salinity that controls the temperature fluctuations in Norwegian waters, and it is an important ecological factor which influences the biological conditions in the oceans. The conditions for the fish stocks are usually best during periods with high temperatures. Strong yearclasses are more frequently recruited during warm periods.

In the Norwegian Sea, substantial fluctuations in temperature and salinity have been observed during the last 15 years in the standard section from Svinøy to Sørkapp. In the end of the 1970s and in 1985-1987, the inflowing Atlantic water was relatively cold, while there were periods with warm inflowing water in 1983 and again in 1990. During the cold period in the end of the 1970s, temperatures and salinities in the inflowing Atlantic water were at their lowest since around the turn of the century, when measurements started in this area. From 1987 to 1992 the temperature and salinity increased to a local maximum in 1990. The period from 1990 to 1995 was again characterised by decreasing temperatures in the Atlantic water in the whole area from Gimsøy to Sørkapp. In 1995 the temperature decreased to below the long-term mean in the Svinøy section, while it was still above the mean further north at the Gimsøy and Sørkapp sections. In the deeper layers along the coast, both the salinities and the temperatures were around normal during 1995.

In contrast to the relatively high temperatures in the eastern and northeastern parts of the Norwegian Sea, the ocean climate northeast of Iceland turned colder. The warm Atlantic water was pushed back during 1995, and the area experienced the strongest influence of Arctic water since routine observations started in 1952. The low temperatures, and the increased easterly propagation of the East-Iceland Current, may

have contributed to reduced migration of the Norwegian spring spawning herring to the Icelandic zone. Temperatures and salinities have also decreased at the Faroes and at the Ocean Weather Station Mike in the Norwegian Sea during the last years.

In the Greenland Sea, the mild winters and the relatively low salinity in the surface layer during the last years have caused a significant reduction in the formation of deep water and bottom water. As a consequence, a temperature increase in the deeper water masses has occurred. This increase may influence both the circulation and the ocean climate of the Norwegian Sea. However, the surface salinity in the central parts of the Greenland Sea increased to around the average value in 1995, and the conditions should therefore again be right for the formation of deep water during the winter of 1996.

The temperature decreased in the whole Barents Sea in 1994. This decrease was expected to continue in 1995. However, 1995 turned out to be a relatively warm year with temperatures around 0.3 - 0.5° C above the normal in the western and central parts of the Barents Sea. The highest increase was observed in the eastern part, with temperatures of around 1° C above the normal in February and 0.7° C above normal in September.

The North Sea had a very mild climate in the period 1988 - 1992. The winters of 1989 and 1990 were most likely the warmest during the last 130 years. There has been a cooling of this ocean area during the last years. In 1994, both salinities and temperatures were below the long-term average in the northern part. In 1995, the cooling ceased and a slight increase in temperatures and salinities occurred. This was most likely due to an increase the inflow of Atlantic water in the end of 1994 and spring of 1995. The same tendency may be seen at the coastal stations south of 62°N. In 1995, the

temperatures and salinities in the deeper layers of the Norwegian Coastal Current were again close to the normal values.

In the Skagerrak, unusually low salinities in the surface layers during summer and early autumn were observed. These abnormal conditions were caused by the floods in eastern Norway in June. In the deeper layers of the Skagerrak, the temperatures were around normal. The oxygen concentrations showed a decreasing trend in 1995 due to stagnation of the water masses.

The time series for nutrients and plankton are much shorter and less complete than those for temperature and salinity. From the Norwegian Sea there are observations from Ocean Weather Station Mike for certain years. The interannual fluctuations in the development of phytoplankton are usually small. In 1995, the spring bloom started approximately two weeks earlier than what was normal in the period 1990 - 1994. It was a slow development initially, and it ended approximately at the same time as in previous years. In the Barents Sea, the distribution and concentrations of both nutrients and chlorophyll in September 1995 indicated a later start or a slower development of the spring bloom than in earlier years.

Extensive sampling of zooplankton was carried out in the Norwegian Sea in 1995. We are not able to compare this with long time series. However, the observations from 1995 indicate that the feeding conditions for the most important plankton-eating fish species such as herring, blue whiting and mackerel were better in 1995 than in 1994. From the Barents Sea, time series exist for the period 1986 - 1995. From 1991 to 1994, there was a distinct increase in plankton biomass in the whole area. In the northeastern parts there was still an increase in 1995, while in the other areas a minor decrease occurred. However, feeding conditions for capelin, herring and juvenile fish were still relatively good in 1995.

For the third consecutive year there was a complete recruitment failure for the Barents Sea capelin. How long this situation will last depends

on the presence and amount of herring, which feed heavily on the capelin larvae. For herring, 1995 gave the highest larval index since 1985. However, the survival rate appears to be low, and the 1995 herring yearclass is thus characterised as weak. Further reduction of this yearclass is expected due to increased predation from a large cod stock.

Human activities have impacts on the environment. In the northern areas there has been a focus on radioactivity in recent years. Our observations of radioactivity in fish and bottom sediments show lower values in the Barents Sea than in the North Sea and in the Baltic. In fact, there has been a reduction in the concentration levels since 1982. Our investigations in the Kara Sea and around Novaja Zemlya showed generally low levels of radioactivity. Samples of sediments and water from the area around the sunken nuclear submarine «Komsomolets» southwest of the Bear Island continue to show low radioactive levels, both in sediments and in the water close to the wreck.

A survey for organic contaminants in the Barents Sea has been carried out over several years as a contribution to the international Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). The levels of contaminants such as PCB in cod liver from the Barents Sea are significantly lower than similar observations from the southern North Sea and the Baltic. Fish from the northern North Sea also show relatively low values of organic contaminants. However, elevated levels are observed in the bottom sediments in the deeper parts of the Skagerrak and in the Norwegian Trench. These elevated levels are also reflected in fish.

The offshore oil industry in the central and northern North Sea lead to environmental stress on the area. Until recently, the pollution from drill cuttings has had the greatest impact on the environment. With increasing age of the oil fields there has also been an increase in the use of various chemicals and in the volume of production water. Oil components have been found in fish. However, the concentrations are below levels where the quality of the fish are

affected. A comprehensive survey of the bottom sediments in the Skagerrak area has been carried out in the last years in cooperation with several other Norwegian institutions. This study has revealed that barium from the offshore oil activities can be found in the sediments settled after 1970. This indicates that the oil production has a much wider impact area than previously thought, and that the deeper parts of the Skagerrak and the Norwegian Trench may be characterised as the «dust bin» of the North Sea.

During winter and spring of 1995 there was, as in 1994, a significant inflow of extremely nutrient-rich water to the Skagerrak from the southern North Sea as a result of a flood event in continental Europe. As in 1994, there was a bloom of the potentially harmful algae *Chrysochromulina* spp. in May. However, the environmental conditions in the Skagerrak reduced the development of the bloom. The *Chrysochromulina* spp. was only weakly poisonous in 1995, and neither this species nor other harmful algae represented any serious problem for the fish farmers in 1995.

A summary of five years of monitoring environmental conditions along the southern

Norwegian coast shows signs of regional eutrophication. This is mainly caused by transport of nutrients from the southern North Sea and the Kattegat. In the eastern Skagerrak, this effect is seen both as elevated levels of nutrients and in the ratio between nutrients in spring and summer. Other signals are; high content of particulate organic material in the upper water layer, reduced oxygen concentrations in the coastal water masses in autumn, increased consumption of oxygen in fjord basins, and increased biomass of benthic organisms.

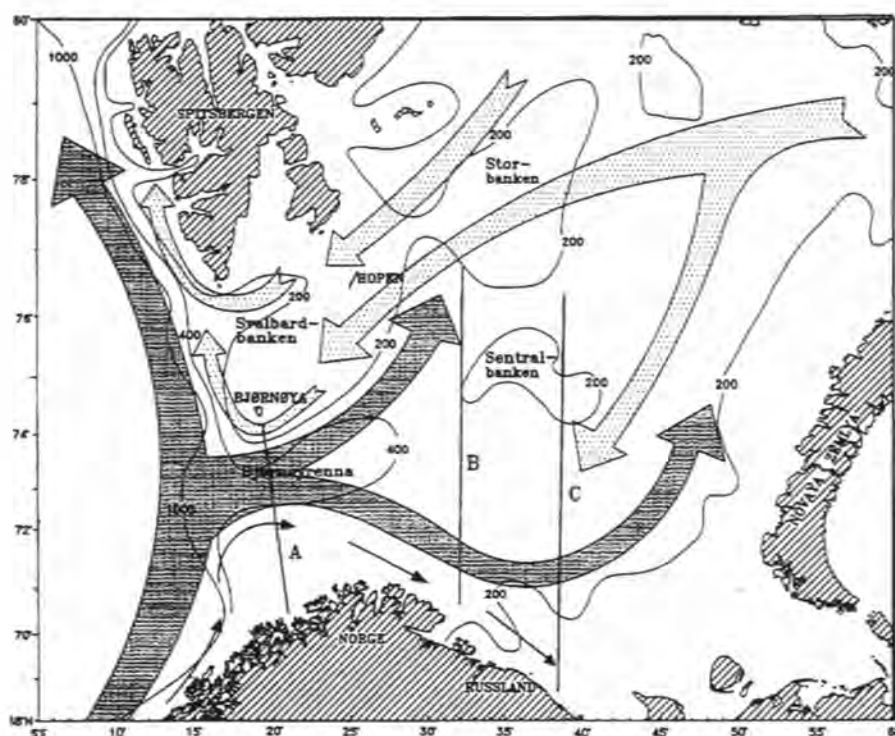
That the environment has an impact on our fish stock seems obvious. However, it may also be the other way around. Since 1988, the whole stock of the Norwegian spring spawning herring (3 - 4 million tonnes) has spent the winter in small fjords in Northern Norway. This has caused a dramatic decline in the oxygen contents and has increased the nutrient concentrations in the fjords during the winter months. The low oxygen contents have remained unchanged in the deeper layers of the fjord during the last years. The oxygen decline is greatest during January, just before the herring leave the fjord to start their annual spawning migration.

I. BARENTSHAVET

I.1 Havklima

Barentshavet er et sokkelhav på omtrent 1.4 millioner km² hvor størstedelen er grunnere enn 300 meter og det midlere dypet er 230 meter (figur 1.1). Buntopografien har stor innflytelse på fordeling og bevegelse av vannmassene. Innstrømningen av atlantisk vann til Barentshavet (Nordkappstrømmen) deler seg i en nordlig og en sørlig del. Innstrømning av kaldt arktisk vann skjer fra nordøst mot sørvest (figur 1.1). Barentshavet er karakterisert ved store variasjoner fra et år til et annet både i varmeinnhold og i isdekke. Den viktigste årsaken til dette er endringer i innstrømningsvolum og egenskaper hos det atlantiske vannet. Siden 1989 har temperaturen i Barentshavet vært høyere enn langtidsnormalen.

Etter at temperaturen avtok i hele Barentshavet i 1994 i forhold til året før og var nær langtidsnormalen, var det ventet en fortsatt reduksjon i 1995. Imidlertid viste det seg at det som vi antok var en kortvarig temperaturøkning høsten 1994, fortsatte i 1995. 1995 ble dermed et år hvor temperaturen i vest lå 0.3-0.5°C over langtidsnormalen og litt høyere enn året før. Høyest over langtidsnormalen lå temperaturene i mars. I månedsskiftet august/september var temperaturene 0.4°C over normalen og 0.2 °C høyere enn i 1994 (figur 1.2). I de mer sentrale deler av Barentshavet langs snittet Vardø-Nord lå temperaturene omtrent en halv grad over normalen i størstedelen av året, men var i august likevel lavere enn i 1994. I de østlige deler av Barentshavet



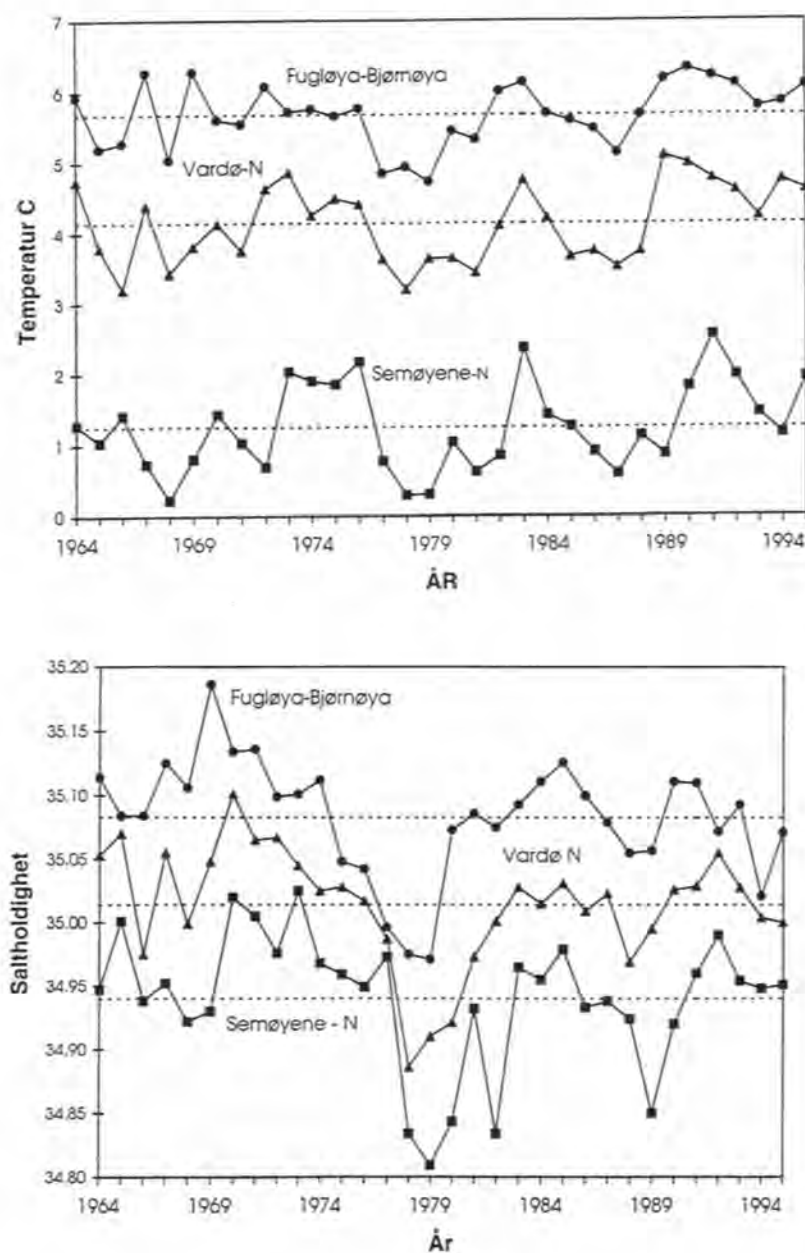
Figur 1.1

De viktigste trekkene i sirkulasjonsmønsteret og dybdeforholdene i Barentshavet. Hydrografiske snitt A) Fugløya - Bjørnøya, B) Vardø-Nord, C) Semøyene - Nord. *The most conspicuous features of the circulation and bathymetry of the Barents Sea. Hydrographic sections A) Fugløya - Bjørnøya, B) Vardø - North, C) Sem Island - North.*

observerte vi den største temperaturøkningen både i forhold til normalen og til 1994. Her lå temperaturene ca. 1°C over normalen i februar og 0.7°C over i begynnelsen av september. Det var små endringer i saltholdighetene fra 1994 til 1995. I vestlige og sentrale deler av Barentshavet ligger nå saltholdighetene omtrent på langtidsnormalen, mens de i øst ligger 0.03-0.06 over det normale.

Isforholdene i 1995 endret seg lite fra året før (figur 1.3). Det var relativt lite is i løpet av vin-

teren, og isgrensene lå størstedelen av vinteren mellom 75°N og 76°N. I løpet av sommeren 1995 ble hele Barentshavet så godt som isfritt. Temperaturene i Barentshavet er hovedsaklig bestemt av tilført varmemengde fra Atlanterhavsstrømmen. Temperaturøkningen i 1995 skyldes mest sannsynlig økt tilførsel av atlantehavsvann forårsaket av vinddrift. Den atmosfæriske sirkulasjon i 1995 var preget av hyppige lavtrykkspassasjer nordover i Norskehavet og inn i Barentshavet med dominerende sørlige vinder. Samtidig var den lokale avkjølingen i Barents-

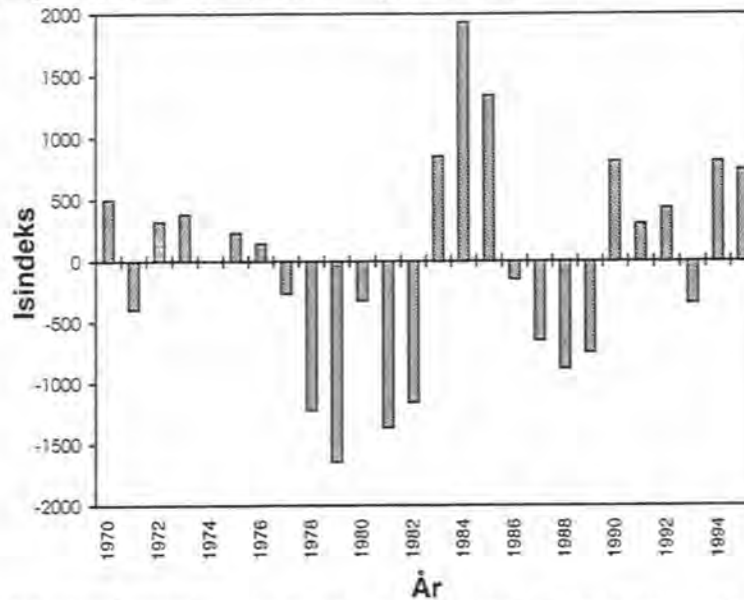


Figur 1.2

Midlere temperatur og saltholdighet i august/september mellom 50 og 200 meters dyp i snittene Fugløya-Bjørnøya, Vardø-Nord og Semøyene-Nord i perioden 1964-95.
Mean temperature and salinity between 50 and 200 meter in August/September in the sections Fugløya-Bjørnøya, Vardø-North and Sem Islands-North, 1964-95.

havet vinteren 1994/95 liten. Inntil nå har vinteren 1995/96 vært betydelig kaldere enn 1994/95, og det synes å ha vært en omlegging i den atmosfæriske sirkulasjon med færre lavtrykkspassasjer enn året før. Det forventes derfor en betydelig større avkjøling av vannmassene i forhold til 1994, og temperaturene forventes å

komme under langtidsnormalen i løpet av våren. Resten av året vil temperaturene trolig ligge nær eller under langtidsnormalen. Isforholdene vil også trolig forverres, men på grunn av de høye utgangstemperaturene i vannmassen, vil isgrensen først kunne passere 75° N relativt seint på vinteren.



Figur 1.3 Isindeks for Barentshavet i perioden 1970-1995. Positive verdier betyr lite is, negative verdier indikerer mye is.
Ice index for the period 1970-1995. Positive values indicate little ice, while negative values show more severe ice conditions.

1.2 Plankton og næringsalter

Havforskningsinstituttet har siden begynnelsen av 80-tallet gjort undersøkelser av vertikal- og horisontalfordelingen av dyreplanktonet i Barentshavet. Biomassedata og data på arts sammensetningen av dyreplanktonet er et viktig bidrag til flerbestandsforskningen. Tidsserier av biomasse og nøkkelarter kan avsløre tendenser i utviklingen i samspillet mellom byttedyr og predatorer (beitere) og forklare de langsiktige variasjoner i veksten hos våre viktigste planktonspisende fiskeslag.

Siden 1986 har det vært en regelmessig overvåking av dyreplankton, næringsalter og klorofyll. I september er vanligvis den isfrie delen av Barentshavet maksimal i utstrekning slik at

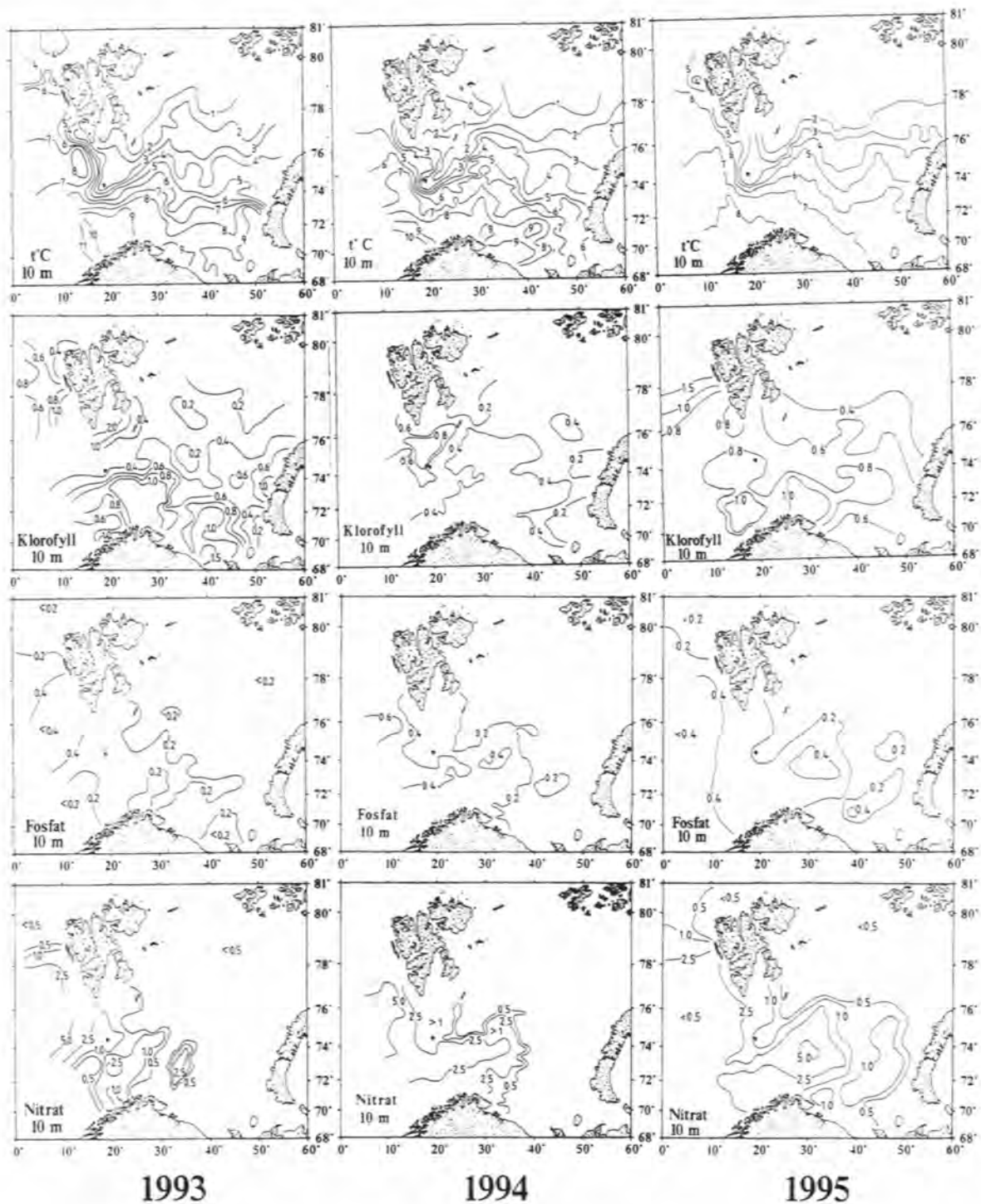
et størst mulig område kan kartlegges, også områder med arktisk vann. På denne tiden er det slutt på den viktigste beitesesongen for lodda, og videre nedbeiting av dyreplankton er derfor liten. Raudåta har vandret ned på dypere vann for å overvintre. Overvintringsbestandens størrelse er en god indikator på størrelsen av neste års generasjon.

Barentshavet som økosystem er i stor grad avhengig av innstrømming av atlantisk vann med plankton fra Norskehavet. Særlig viktig er tilførsler av krill og raudåte som byttedyr for både sild og lodde. Under avkjøling av vannmassene i nord møter disse artene ugunstige forhold for reproduksjon. Innstrømningsintensiteten vari-

erer, og tidspunktet for innstrømming er viktig for mengden av transportert plankton. De senere år har en derfor også gjennomført planktonovervåkning på de faste snittene Vardø-Nord og Fugløya-Bjørnøya (figur 1.1). Om vinteren står raudåta i Norskehavet stort sett under terskel-

dypet til Barentshavet, og det innstrømmende vannet vil derfor bringe lite raudåte til Barentshavet på denne årstiden.

En tidsserie med temperatur, klorofyll, fosfat og nitrat fra 10 meters dyp i august-september fra



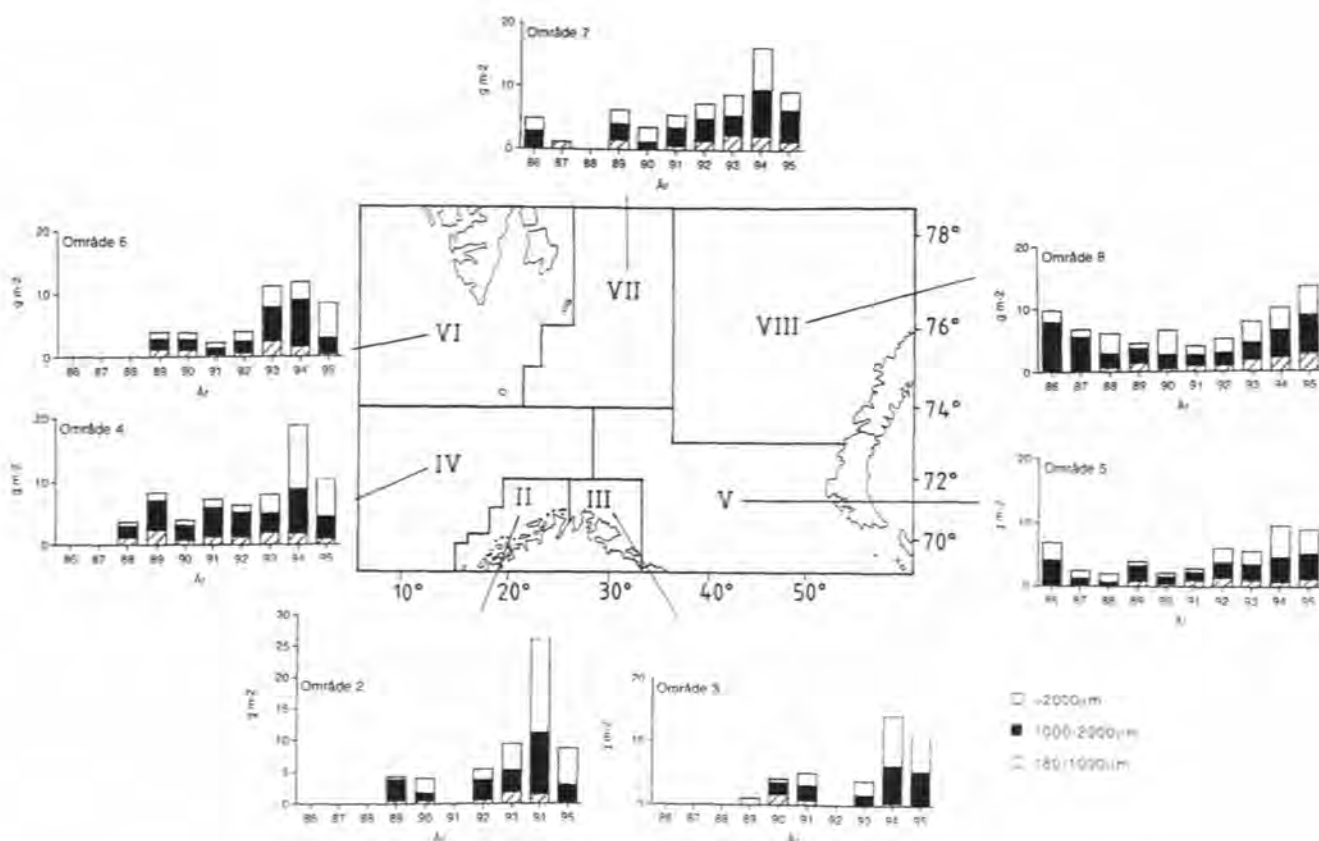
Figur 1.4. Temperatur, klorofyll a ($\mu\text{g l}^{-1}$), fosfat og nitrat ($\mu\text{mol l}^{-1}$) i 10 m i august - september 1993-95.
Temperature, chlorophyll a ($\mu\text{g l}^{-1}$), phosphate and nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) in 10 m in August-September 1993-95.

1993-1995 er vist i figur 1.4. En temperaturnedgang fra 1993 til 1995 i den sørlige/sørvestlige delen av Barentshavet kommer tydelig frem ved å observere lokaliseringen av 8°C-isoterme i forhold til 3°C-isoterme. Arealet mellom disse to isotermene viser en klar økning fra 1993 til 1995. Utbredelsen av området som er dominert av arktisk vann om sommeren (temperaturer mindre enn 3°C) viser kun små endringer i samme periode. Figuren viser temperaturfordelingen i overflatelaget. Denne er sterkt påvirket av lokale forhold og derved lite representativ for den atlantiske innflytelsen.

Nitratfordelingen i 10 meters dyp i august-september viser at området med nitratkonsentrasjoner mindre enn 0.5 μM er blitt betraktelig redusert i perioden 1993-1995. I områ-

der med nitratkonsentrasjoner mindre enn 0.5 μM er mesteparten av primærproduksjonen som regel basert på ammonia-nitrogen fra dyreplankton (regenerert produksjon). At et større område i 1995 viste nitratkonsentrasjoner større enn 0.5 μM tyder på at våroppblomstringen i det sørlige Barentshavet har enten hatt en senere start eller utviklet seg langsommere enn i de andre årene. Dette bekreftes også av relativt større klorofyll a-konsentrasjoner i overflatelaget i 1995.

I det sørlige Barentshavet er våroppblomstringen som regel avhengig av et stabilt overflatelag. Lavere temperaturer i vannet og i luften i 1995 kan ha forsinket etableringen av dette og dermed våroppblomstringen. Denne forsinkelsen kan ha stor betydning for dyreplanktonutviklingen siden større mengder alger blir dis-

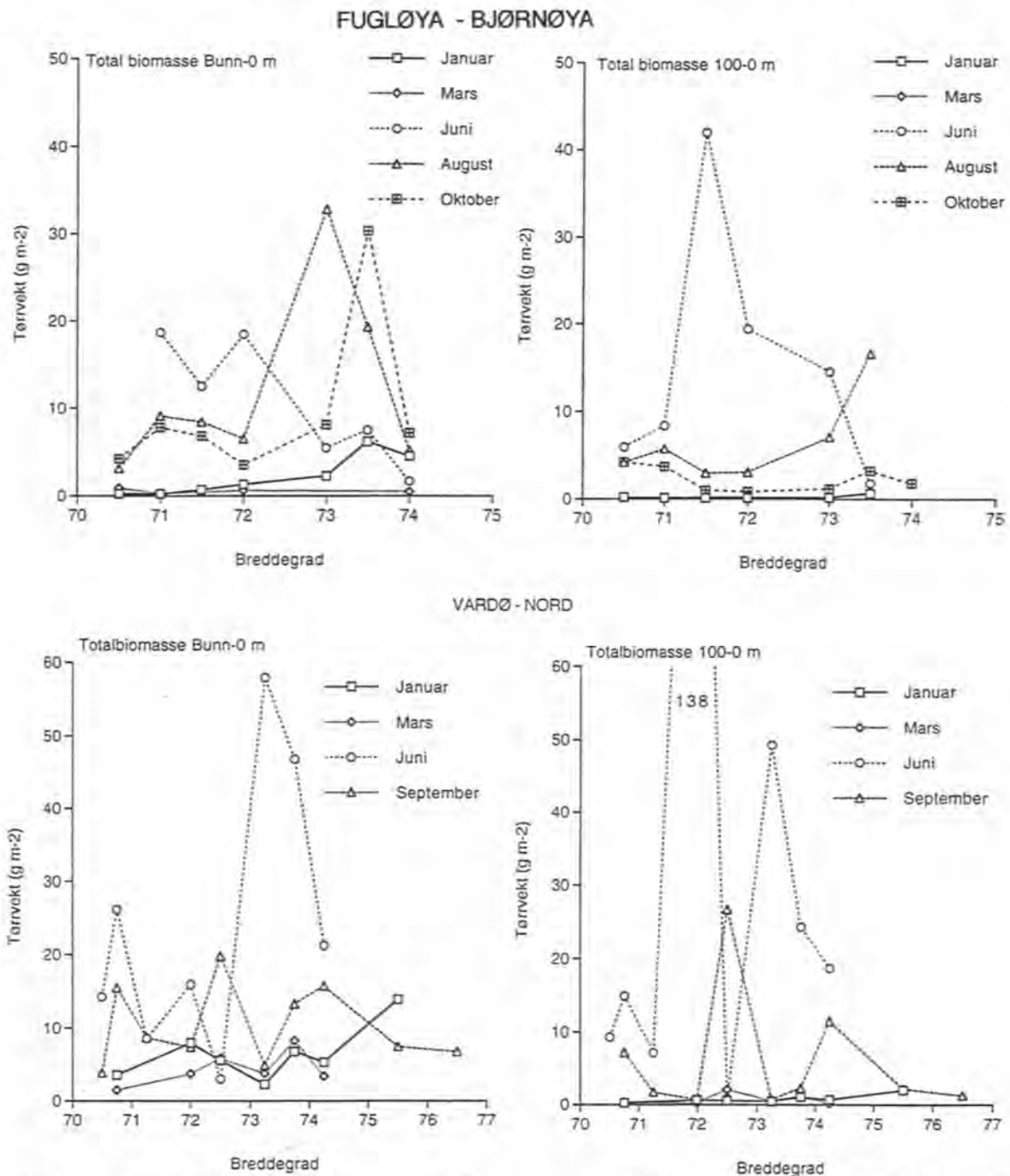


Figur 1.5. Middelerverdi av størrelsesfraksjonert dyreplankton-biomasse, g m^{-2} (askefri tørrvekt 1986-90 tørrvekt, 1991-95) fra bunn - 0 m i områdene II-VIII. Askefri tørrvekt tilsvarer ca 80% av tørrvekt.
Mean values of size separated zooplankton biomass, g m^{-2} (ash free dry weight 1986-90, dry weight 1991-95), from bottom - 0 m in the regions II-VIII. Ashfree dry weight is about 80 % of dry weight.

ponible for beiting på et senere tidspunkt når dyreplanktonet har sin maksimale vekst. De høye nitratkonsentrasjonene i det sørvestlige Barentshavet i 1995 (figur 1.4) kan tyde på at våroppblomstringen ikke nådde sitt maksimum, og dette kan igjen ha ført til en redusert vekst av dyreplankton. I den nordlige delen av Barentshavet som er dekket av arktisk vann, har det vært små variasjoner i sesongutviklingen av plante-

planktonet i perioden.

Tidsserien fra 1986-1995 over størrelsesfordelt dyreplankton-biomasse fra hele vannsøylen i forskjellige områder av Barentshavet viser en tydelig tendens til økende biomasse av dyreplankton fra 1991 til 1994 (figur 1.5). Dette kommer tydeligst frem i område VIII i nord-øst der dekkningen gjennomgående har vært god. Her var



Figur 1.6. Total dyreplankton-biomasse fra bunn - 0 m og 100 - 0 m på snittene Fugløya-Bjørnøya og Vardø-Nord i 1995.
Total zooplankton biomass from bottom - 0 m and 100 - 0 m on the transects Fugløya - Bjørnøya og Vardø-North in 1995.

det også økning fra 1994 til 1995, mens det var reduksjon i de øvrige områdene. Områdene II-III har den svakeste dekningen og resultatene derfra må tolkes med forsiktighet. Forskjellig beitepress fra planktonspisende fisk i regionene IV og VIII kan muligens forklare forskjellen i utviklingen fra 1994 til 1995.

Den største planktonfraksjonen (1000-2000 μm) inneholder typisk overvintrende rauåte (*Calanus finmarchicus*) og ishavsåte (*C. glacialis*) som er den viktigste næringen for planktonspisende fisk. Krill, amfipoder og pilormer er vesentlige bestanddeler i fraksjonen $>2000 \mu\text{m}$, mens småkopepoder og yngre stadier av *C. finmarchicus* dominerer i 180-1000 μm fraksjonen.

I 1995 ble de faste hydrografiske snittene Fugløya-Bjørnøya og Vardø-Nord dekket henholdsvis fem og fire ganger (figur 1.6). I januar tilsvarte planktonmengdene en tørrvekt mindre enn

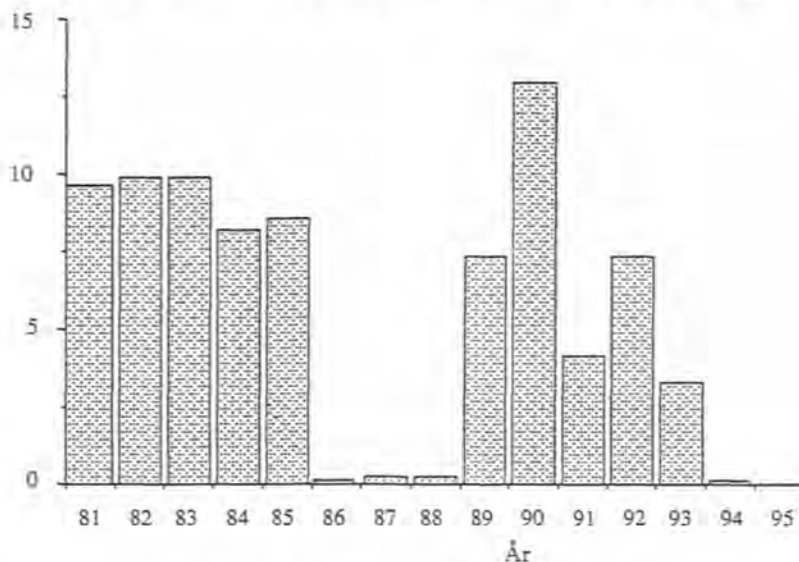
10 g m^{-2} på begge snittene, og de høyeste verdiene var på Vardø-Nord. Kun en liten del av dyreplanktonet var fordelt i de øvre 100 meter. I begynnelsen av mars var det fremdeles lav biomasse, og fremdeles mest på Vardø-Nord-snittet. Størstedelen var å finne i den mellomste størrelsesfraksjon av dyreplankton som var dominert av overvintrende rauåte. I slutten av juni hadde tilveksten av nytt plankton øket biomassen betydelig. Planktonet sto nå hovedsakelig i de øverste 100 meter og hadde et større innslag av mindre planktonformer. Typiske sommerverdier var 20-30 g m^{-2} , men det er ikke uvanlig at tette konsentrasjoner av raudåte kan bringe tallene opp i over 100 g m^{-2} . En nedvandring av rauåte (1000-2000 μm -fraksjonen) kunne spores i prøvene fra august. I oktober var planktonet dominert av mellomstort plankton (overvintrende raudåte) på Fugløya-Bjørnøya, mens det var større dominans av de minste planktonformene lengre øst, på Vardø-Nord.

1.3 Yngelproduksjon

Lodde

Det ble samlet inn loddelarver på et tokt med F/F "Michael Sars" i Barentshavet i perioden 7.-

18. juni 1995. Det ble tatt 75 Gulf-III-stasjoner og 60 stasjoner med håv på dette toktet, men det ble bare funnet loddelarver på fire av disse. Totalt ble det kun fanget 15 larver, mens det i 1992



Figur 1.7 Loddelarveindeksen for perioden 1981 til 1995.
The index of capelin larvae during the period 1981 to 1995.

og 1993 ble funnet over 5000 på tilsvarende deknings- larvene ble funnet i Varangerfjorden og ut for Fiskerhalvøya. Larveindeksen ble beregnet til å være tilnærmet lik 0, som er den laveste siden 1986.

Målinger av 0-gruppe-lodde høsten 1995 bekref-

tet at årsklassen var ekstremt liten. Dette er det tredje året på rad med fullstendig rekrutteringsvikt for Barentshavslodda. Hvor lenge denne rekrutteringssvikten vil vare, synes i første rekke å være avhengig av mengden og oppholdstiden av ungsild som beiter på loddeyngel i Barentshavet.

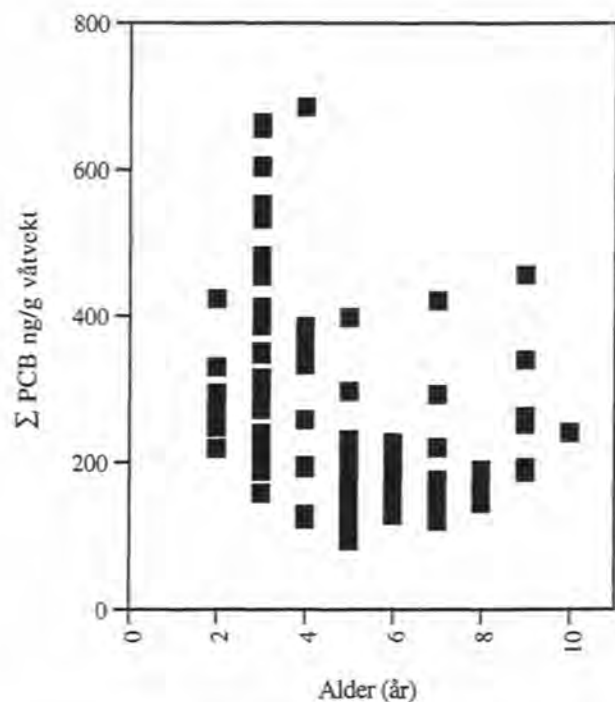
I.4. Forurensning

Miljøgifter

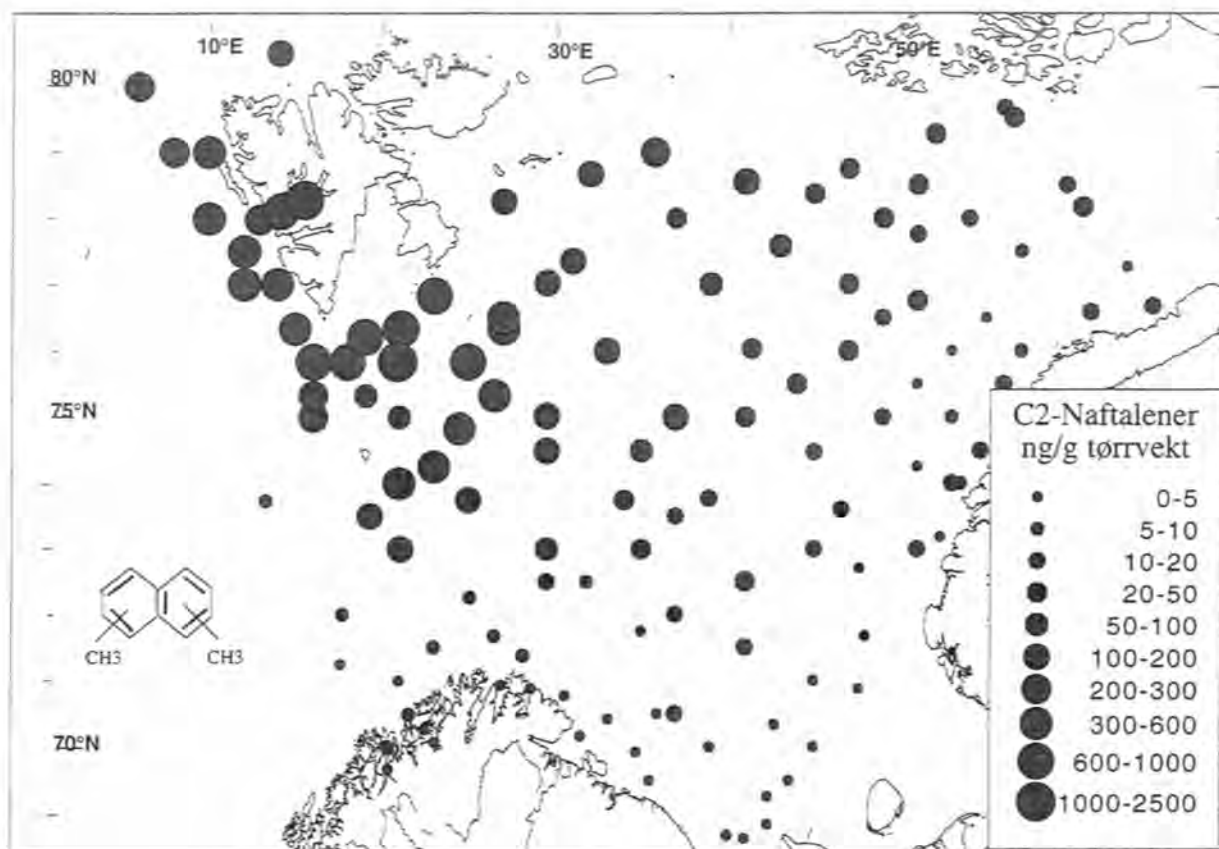
Havforskningsinstituttet har i de siste fire årene gjennomført en basisundersøkelse av miljøgifter i Barentshavet og Norskehavet. Prosjektet inngår som en del av det internasjonale overvåkningsprogrammet "AMAP" (Arctic Monitoring and Assessment Programme). Aktivitetene startet i 1991, med innsamling av overflatesediment, fisk og zooplankton fra deler av Barentshavet. Prøvetakingen fortsatte i 1992 og 1993, til en tilfredsstillende geografisk dekning av dette havområdet var oppnådd. I 1994 og 1995 ble undersøkelsesområdet utvidet til å inkludere deler av Norskehavet.

Analyser av miljøgifter er nå utført på en stor andel av prøvematerialet. Parametere som er prioritert i denne første fasen av analyseprogrammet er vist i tabell 1.1. Metall-analyser er gjennomført i samarbeid med Ernæringsinstituttet (Fiskeridirektoratet).

Lever fra tre fiskearter er undersøkt med hensyn til innhold av PCB og ulike plantevernmidler som DDT, lindan og klordaner. Resultatene viser at nivåene er betydelig høyere i torsk (Σ PCB 94-685 ng/g våtvekt) enn i polartorsk (Σ PCB 36-114 ng/g våtvekt) og gapeflyndre (Σ PCB 8-60 ng/g våtvekt). PCB-innholdet i lever fra en "gjennomsnittstorsk" fra Barentshavet (273 ng/



Figur 1.8 PCB-innhold i lever av torsk fra ulike aldersgrupper.
PCB concentrations in livers of cod of different age classes.



Figur 1.9 C2-naftalener i overflatesedimenter i Barentshavet (ng/g tørrvekt).
C2-naphthalenes in surface sediments in the Barents Sea (ng/g dry weight).

g våtvekt) er sammenlignbart med nivået i torsk fra nordlige deler av Nordsjøen. I torsk fra havområder med høy miljøgiftbelastning, som sørlige deler av Nordsjøen og Østersjøen, er det imidlertid funnet PCB-innhold tilsvarende ti ganger nivåene i torsk fra Barentshavet. På dette sammenlikningsgrunnlaget kan vi slå fast at innholdet av miljøgifter i fisk fra Barentshavet er generelt lavt. Likevel er det betenkelig at en finner et bredt spekter av miljøgifter i fisk fra dette havområdet, langt fra store befolkningssentra. Det bekrefter igjen at disse miljøgiftene transporteres over lange distanser og at selv ikke arktiske områder lenger kan regnes som uberørte av menneskelig påvirkning.

Forskjeller i nivåene av miljøgifter mellom de tre fiskeartene som inngikk i denne undersøkelsen kan forklares blant annet ved at torsken beiter høyere opp i næringskjeden enn polartorsk og gapeflyndre. Polartorskens spiseseddel består av planktonorganismer, mens gapeflyndre har ulike bunndyr på menyen. Ung torsk har en va-

riert meny som blant annet inneholder reker. Etter som torsken blir eldre spiser den gjerne mer lodde og annen fisk.

Nivået av PCB i torsk fra forskjellige aldersgrupper er vist i figur 1.8. De høyeste PCB-konsentrasjonene er funnet i lever av torsk som er tre-fire år gamle. Disse fiskene er tatt utenfor kysten av Finnmark og Kolahalvøya. De eldre fiskene er tatt fra åpne havområder i sentrale og vestlige deler av Barentshavet. At den unge torsken har større miljøgiftbelastning enn den eldre er litt overraskende, spesielt om man tar med i betraktningen at de eldre torskene i større grad beiter på fisk enn de yngre. En årsak kan være at gytemoden torsk, som årlig legger ut på vandring til gytefelt langs Norskekysten, kvitter seg med miljøgifter gjennom gyteproduktene. En annen forklaring kan være at fiskene fra de yngste årsklassene er hentet fra områder der vannmassene er dominert av Den norske kyststrømmen. Disse vannmassene kan transportere forurensninger fra havområder lengre sør og fra

Tabell 1.1 Komponenter analysert i fisk og sedimenter som et ledd i kartleggingen av miljøgifter i Barentshavet.
Components analysed in fish and sediments in the baseline study of contaminants in the Barents Sea.

Prøvetype	Stoffgruppe	Komponenter
Fisk	Metaller	Cr, Cu, Ni, Zn, As, Cd, Pb, Hg, Se
	PCB	PCB nr. 28, 31, 52, 101, 105, 118, 128, 138, 149, 153, 170, 180
	Pesticider	p,p'-DDD, p,p'-DDE, p,p'-DDT, α -HCH, β -HCH, γ -HCH, HCB, α -Chlordane, γ -Chlordane, Oxychlordane, Trans-nonachlor
	Radionukleider	Cs-137
Sedimenter	Metaller	Cr, Cu, Ni, Zn, As, Cd, Pb, Hg
	PAH	Naphtalene og C1-, C2- og C3 alkyl derivater, Anthracene, Phenanthrene og C1- og C2- alkyl derivater, Dibenzothiophene og C1, C2- og C3- alkyl derivater, Fluoranthene, Pyrene, Benz(a)anthracene, Chrysene, Benzo(a)fluoranthener, Benzo(e)pyrene, Benzo(a)pyrene, Perylene, Benzo(g,h,i)perylene, Indeno(1,2,3-cd)pyren og Dibenzo(a,c+a,h)anthracener
	Radionukleider	Cs-137

lokale kilder. En tredje faktor som spiller inn er at tilgangen på føde for torsk i Barentshavet varierer fra et år til et annet. Bestandene av lodde og sild har i de senere årene hatt store svingninger. Den eldre torsken kan dermed ha hatt lange perioder hvor menyen har vært dominert av blant annet reker, og i mindre grad av fisk. Den unge torsken, som har holdt seg langs kysten, kan i perioder ha hatt større tilgang på lodde som kommer inn til Finnmarkskysten for å gyte.

Innhold av tungmetallene bly (Pb), kadmium (Cd) og kvikksølv (Hg) i de tre undersøkte fiskeartene, er vist i tabell 1.2. For disse komponentene var det ingen store forskjeller i nivåene mellom artene.

Sedimenter fra 140 lokaliteter i Barentshavet er analysert for 23 komponenter fra stoffgruppen PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner), se tabell 1.1. Konsentrasjonen av enkeltkomponenter og komponentgrupper i overflatesediment varierer fra mindre enn 1 ng/g til over 2000 ng/g tørrvekt. Alkylerte naftalener er dominerende stoffgrupper i Barentshavsedi-

mentene, og særlig er nivået høyt i området rundt Svalbard. Distribusjon av C2-naftalener er vist i figur 1.9. Denne stoffgruppen finnes i råolje, og kan indikere naturlig eller menneskeskapt oljeforurensning. Kull inneholder også store mengder aromatiske hydrokarboner. Sedimentene i Svalbard-området kan inneholde større mengder kullpartikler enn i andre deler av Barentshavet som en følge av kullreservene og den tidligere gruveaktiviteten på Svalbard. Dette vil kunne gi seg utslag i forhøyete verdier av alkylerte naftalener i dette området.

Innholdet av metaller i overflatesedimentene er undersøkt ved 40 lokaliteter. Konsentrasjonene av de ulike elementene er i stor grad avhengig av den lokale geologien i området. En annen faktor av betydning er andelen av finkornet materiale i sedimentene. Den geografiske fordelingen av noen av elementene som er analysert er vist i figur 1.10.

Innholdet av metaller og de fleste PAH-komponentene i overflatesedimentene i Barentshavet er generelt lavt, og det er vanskelig å slå fast om

konsentrasjonene er forhøyet i forhold til det "naturlige" bakgrunnsnivået. Analyser av dypere sedimentlag kan gi informasjon om nivået av disse stoffene i sedimentene før menneskene for alvor begynte å påvirke miljøet gjennom utslipp til luft og vann.

Radioaktivitet

Det tidligere Sovjetunionens dumpinger av store mengder fast og flytende radioaktivt materiale i østlige Barentshav, Karahavet og i fjorder på østkysten av Novaja Semlja ble undersøkt av tre felles norsk-russiske ekspedisjoner til områdene, i perioden 1992-94 med Havforskningsinstituttet som norsk operativ leder. Hovedkonklusjonene fra de tre års undersøkelser ble presentert på London-konvensjonens (den globale konvensjonen som regulerer dumping i havet) møte i slutten av 1995.

Disse kan kort oppsummeres slik:

- Forhøyede verdier av kunstig produserte radionuklider i bunnsedimenter samlet kloss inn til det dumpede radioaktive avfallet demonstrerte at noe lekkasje finner sted.

- Kildene for radionuklider i vann, sedimenter og biologiske organismer i det åpne Karahavet er de tidligere atmosfæriske kjernevåpensprengningene, utslipp fra europeisk

reprosesseringsindustri, Tsjernobyl-uhellet og avrenning fra elvene Ob og Yenisey.

- Det kan ikke observeres bidrag fra det dumpede radioaktive materialet i åpent farvann.

- Nivåene av radionuklider i vann, sedimenter og organismer er meget små sammenlignet med andre havområder som Irskesjøen, Østersjøen og Nordsjøen.

Forholdene i Barentshavet viser altså et betryggende lavt nivå av radionuklider i sedimenter og fisk. Våre undersøkelser av cesium-137-innholdet i bunnsedimenter indikerer at hovedkilden til den beskjedne kontaminering vi registrerer må være utslipp fra kjernekraftindustrien i Europa. Spesielt har utslippene fra Sellafield til Irskesjøen vært betydelige, og disse gjør seg også gjeldende i våre nordlige farvann. I frontområdet vest av Svalbard finner vi de høyeste verdiene fra denne kilden.

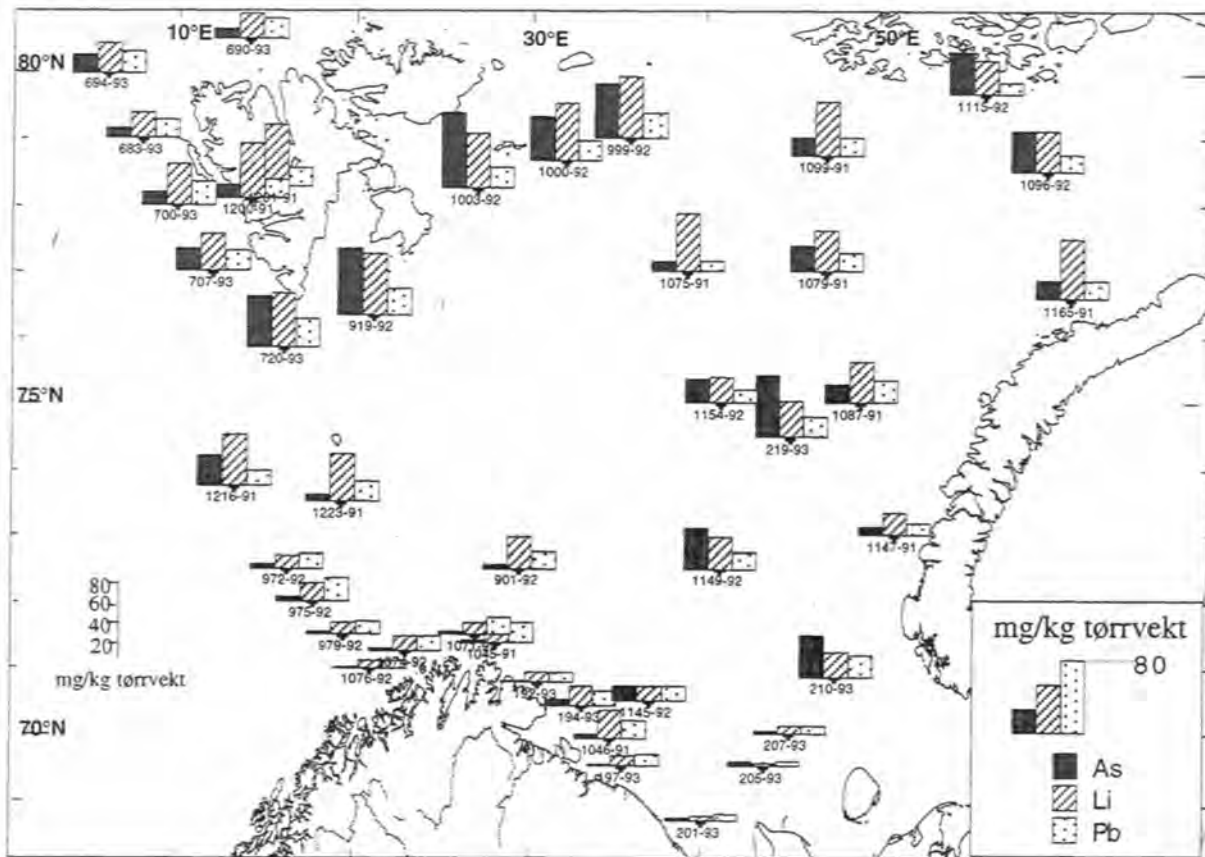
Den tidligere sovjetiske atomubåten "Komsomolets" ligger på 1658 meters dyp sydvest av Bjørnøya. Havforskningsinstituttet, som har ansvar for overvåkning av radioaktivitet i det marine miljø, har lagt inn en rutinemessig innsamling, tre til fire ganger pr. år, av vann- og sedimentprøver i området nær inntil ubåten. Foreløpig har vi konsentrert analysene til måling av cesium-137. Vi har bare registrert meget

Tabell 1.2. Tungmetaller i torsk (*Gadus morhua*), polartorsk (*Boreogadus saida*) og gapeflyndre (*Hippoglossoides platessoides*) fra Barentshavet. Kadmium (Cd) og bly (Pb) er målt i fiskelever, mens kvikksølv (Hg) er målt i muskelvev.
Heavy metals in cod (Gadus morhua), polar cod (Boreogadus saida) and long rough dab (Hippoglossoides platessoides) from the Barents Sea. Cadmium (Cd) and lead (Pb) is measured in fish liver, while mercury (Hg) is measured in muscle tissue.

Art	Antall individer	Stasjon id.	Posisjon		Kadmium	Bly	Kvikksølv
			lengde, N	bredde, Ø	mg/kg vv lever	mg/kg vv lever	mg/kg vv muskel
Torsk	25	593	76°39'	14°52'	0,17	0,03	0,04
	25	269	69°28'	35°49'	0,06	0,01	0,02
Polartorsk	25	274	73°04'	48°10'	0,17	0,05	0,01
	25	538	76°05'	41°00'	0,13	0,01	0,01
Gapeflyndre	25	593	76°39'	14°52'	0,06	0,02	0,02
	25	274	73°04'	48°10'	0,49	0,06	0,01
	25	533	74°22'	41°02'	0,10	0,02	0,01

lave verdier av cesium-137 i vannprøvene tatt i nærheten av ubåten, noe som er forventet som følge av den store fortyningen et eventuelt utslipp vil være gjenstand for. Målinger i bunnsedimenter samlet inn i umiddelbar nærhet av ubåten viser at det er en viss radioaktiv påvirkning fra ubåtens reaktor på disse. Gjennomsnittsverdiene i sedimentene registrert for cesium-137 i 1994 og 1995 er henholdsvis

$2,5 \pm 0,7$ og $5,9 \pm 1,5$ Bq.kg-1 (tørrvekt). Som det framgår har vi registrert en økning fra 1994 til 1995. Selv om nivået er å betrakte som lavt sammenlignet med cesium-137-nivået i sediment fra andre områder, som for eksempel i sedimenter fra Tyskebukta med 20 Bq.kg-1 (tørrvekt) og 30 Bq.kg-1 (tørrvekt) i Skagerrak, er det allikevel grunn til å fortsette overvåkingen av atomubåten «Komsomolets».



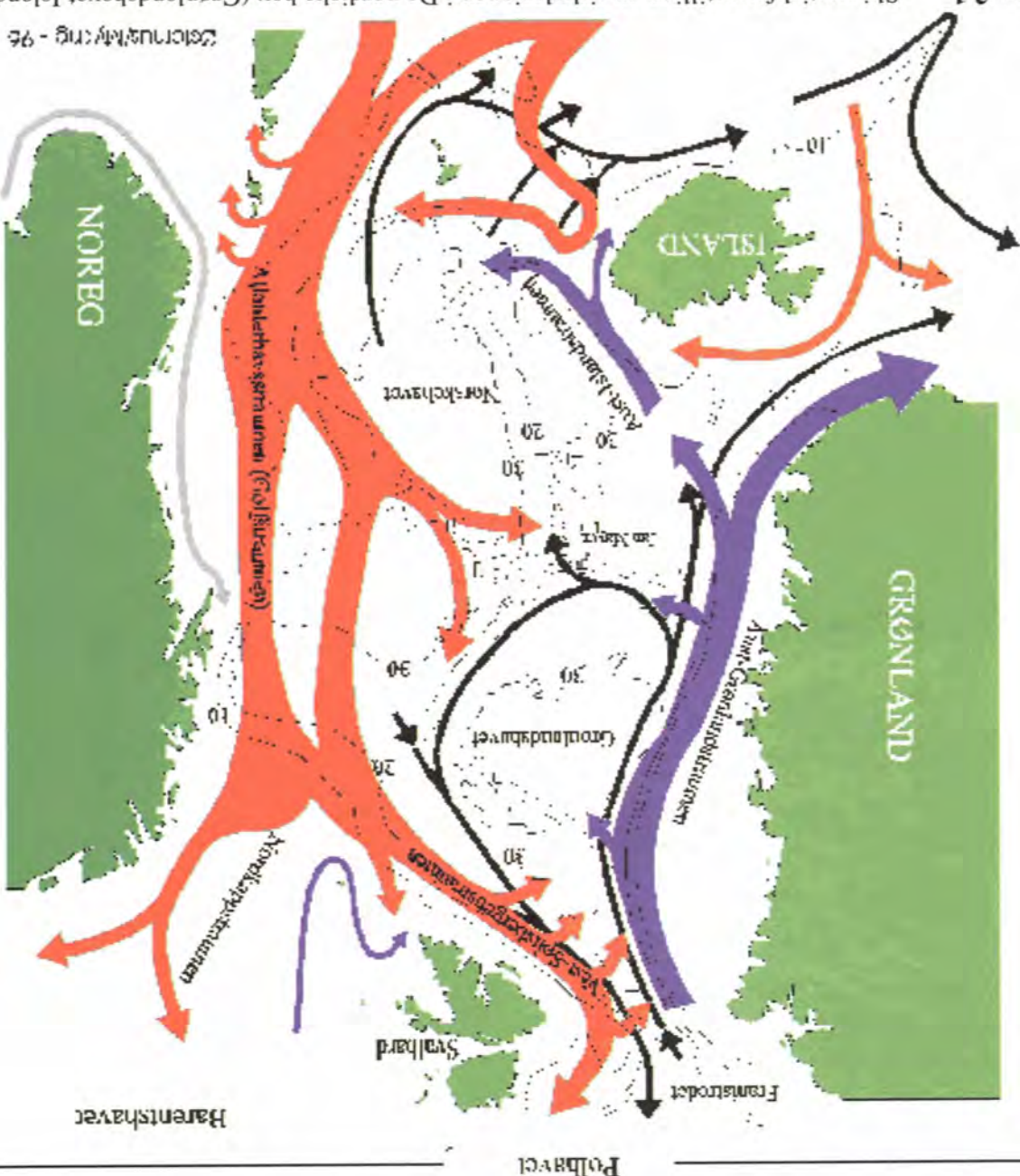
Figur 1.10.

Fordeling av utvalgte sporelementer; arsen (As), litium (Li) og bly (Pb), i overflatesedimenter i Barentshavet (mg/kg tørrvekt). Tallkoden ved stasjonene angir stasjonsidentitet og innsamlingsår. Litium er målt som normaliseringsparameter.

Distribution of selected trace elements; arsenic (As), lithium (Li) and lead (Pb), in surface sediments in the Barents Sea (mg/kg dry weight). Numbers by the stations refer to sample id. and year of sample collection. Lithium is measured as a normalising parameter.

2. NORSKEHAVET OG KYSTEN

2.1 Havklima



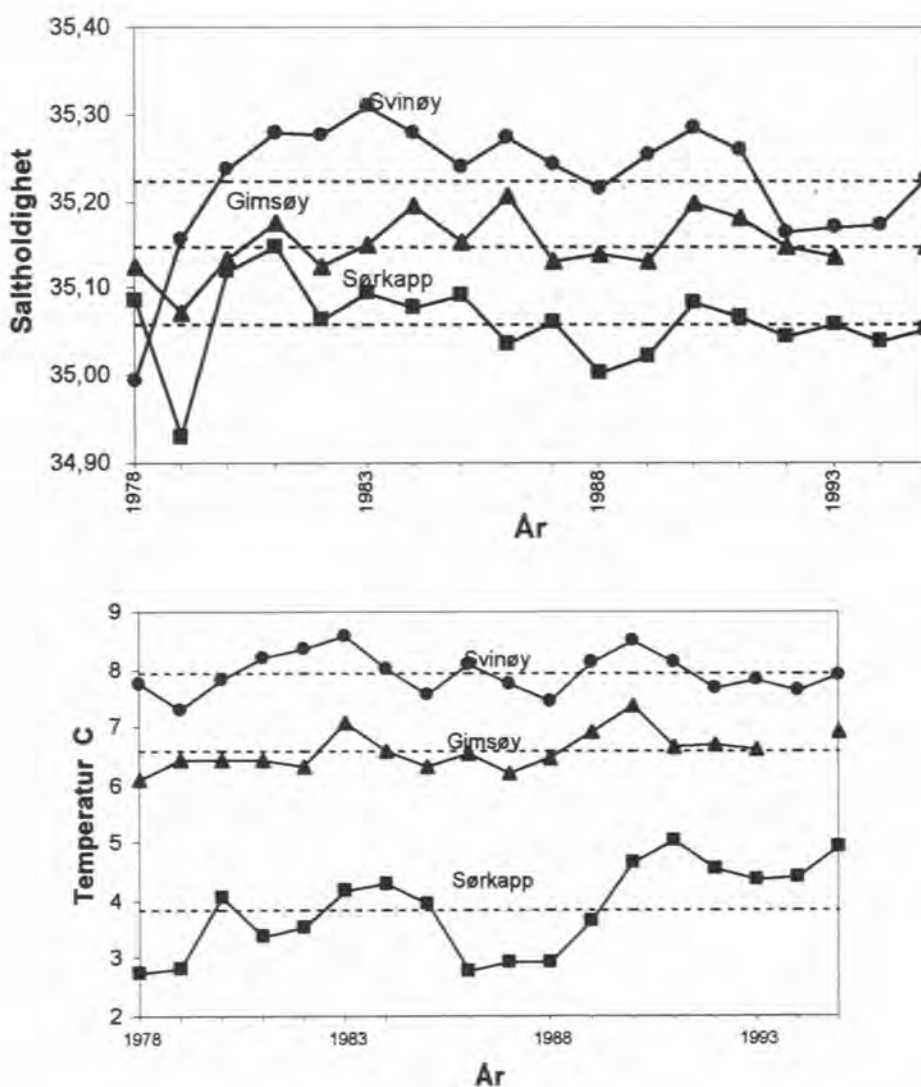
Figur 2.1

Skjematiskestilling av sirkulasjonen i De nordiske hav (Grønlandshavet, Islands-
havet og Norskehavet). Strømgrenen i rødt fører atlantiske vannmasser, blått represente-
rer arktiske og polare vannmasser mens de svarte pilene viser sirkulasjonen i dypannet
samt i vannet som strømmer over Grønland-Skottlandryggen til store dyp i Atlanterhavet.
Presentert med tillatelse fra Geofysisisk institutt, Universitetet i Bergen.
Schematic presentation of the circulation in the Nordic Seas (Greenland, Iceland and
Norwegian Seas). Current branches in red carry Atlantic water, blue represents Arctic
and Polar water while the black arrows indicate circulation in deeper waters, including
the overflow across the Greenland-Scotland Ridge to abyssal depths in the North
Atlantic. Courtesy of the Geophysical Institute, University of Bergen.

Innstrømningen av varmt og salt vann fra Atlanterhavet går hovedsaklig gjennom Færøy-Shetlandkanalen der den følger eggakanten nord av Shetland (fig. 2.1). En annen strømgren som også fører Atlanterhavsvann, kommer inn nord av Færøyene etter å ha krysset Grønland-Skottlanddryggen mellom Færøyene og Island. Lengre vest er det innstrømning av Atlanterhavsvann til nord-islandske farvann i en strømgren som går nordover langs vestkysten av Island. Atlanterhavsvannet som strømmer inn i Norskehavet, transporterer meget store varmemengder inn i området. Ved siden av at det sørger for

å holde hele Norskehavet og store deler av Barentshavet isfritt og åpent for biologisk produksjon, blir det også avgitt store varmemengder til atmosfæren slik at det nordvestlige Europa har et meget mildt klima i forhold til sin geografiske bredde.

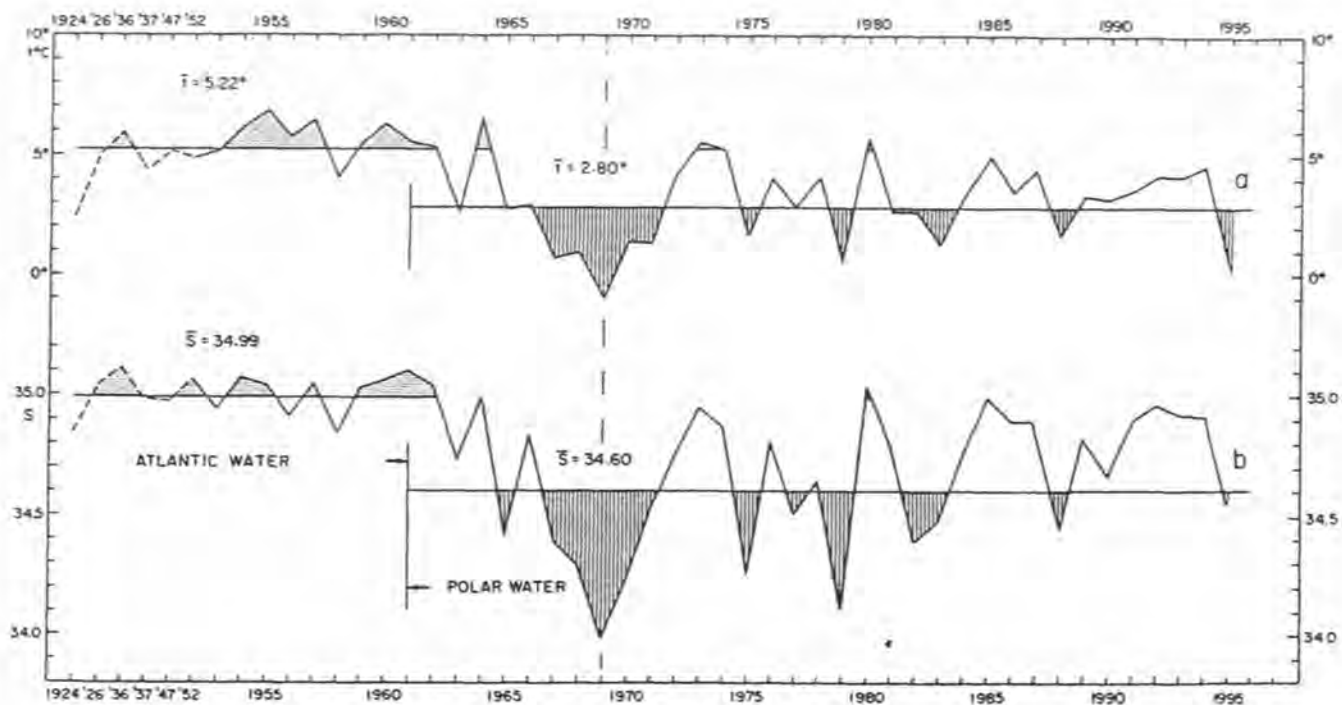
Variasjoner i denne atlantiske transporten og de temperatursvingningene som disse fører til, er en viktig økologisk faktor som virker inn på den biologiske tilstanden i havet. Tilstanden i fiskebestandene er som regel best når temperaturen er høy idet store årsklasser som regel rekrutt-



Figur 2.2

Temperatur og saltholdighet, observert i juli/august, i kjernen av atlantisk vann i snittene Svinøy-NV, Gimsøy-NV og Sørkapp-V, midlet mellom 50 og 200 m dyp (lokaliseringen av snittene er vist i fig. 0).

Temperature and salinity, observed in July/August, in the core of Atlantic water in the sections Svinøy-NW, Gimsøy-NW and Sørkapp-W, averaged between 50 and 200 m depth (Positions of the sections are indicated in fig. 0).



Figur 2.3 Variasjoner i temperatur og saltholdighet i 50 m dyp nord av Siglunes, Nord-Island i mai/juni 1924-1995. Presentert med tillatelse fra Havforskningsinstituttet i Reykjavik. *Temperature and salinity variations at 50 m depth north of Siglunes, northern Iceland, in May/June 1924-1995. Courtesy of the Marine Research Institute, Reykjavik.*

eres i varme perioder. Temperaturvariasjonene som vi måler, behøver ikke nødvendigvis å være et mål for varmemengden som kommer inn i Norskehavet fordi denne også avhenger av volumtransporten. Variasjoner i volumtransporten har vi langt mindre kjennskap til enn temperaturvariasjonene. Grunnen til dette er at transportmålinger er meget kostbare å gjennomføre.

Figur 2.2 viser variasjonen siden 1978 i temperatur og saltholdighet, midlet mellom 50 og 200 meters dyp i kjernen av atlantehavsvannet like utenfor eggakanten, i snittene Svinøy-NV, Gimsøy-NV og Sørkapp-V (figur 0). Disse snittene representerer forholdene i henholdsvis sørlige, sentrale og nordlige deler av Norskehavet. Verdiene er basert på snitt som er tatt i perioden fra slutten av juli til begynnelsen av september og viser derfor sommersituasjonen. Figuren viser at noen av variasjonene fremtrer klart i alle snittene, som for eksempel perioden med høye verdier i temperatur og saltholdighet rundt 1990. Men figuren viser også at det siden 1989 har vært en lokal oppvarming i det nordlige Norskehav.

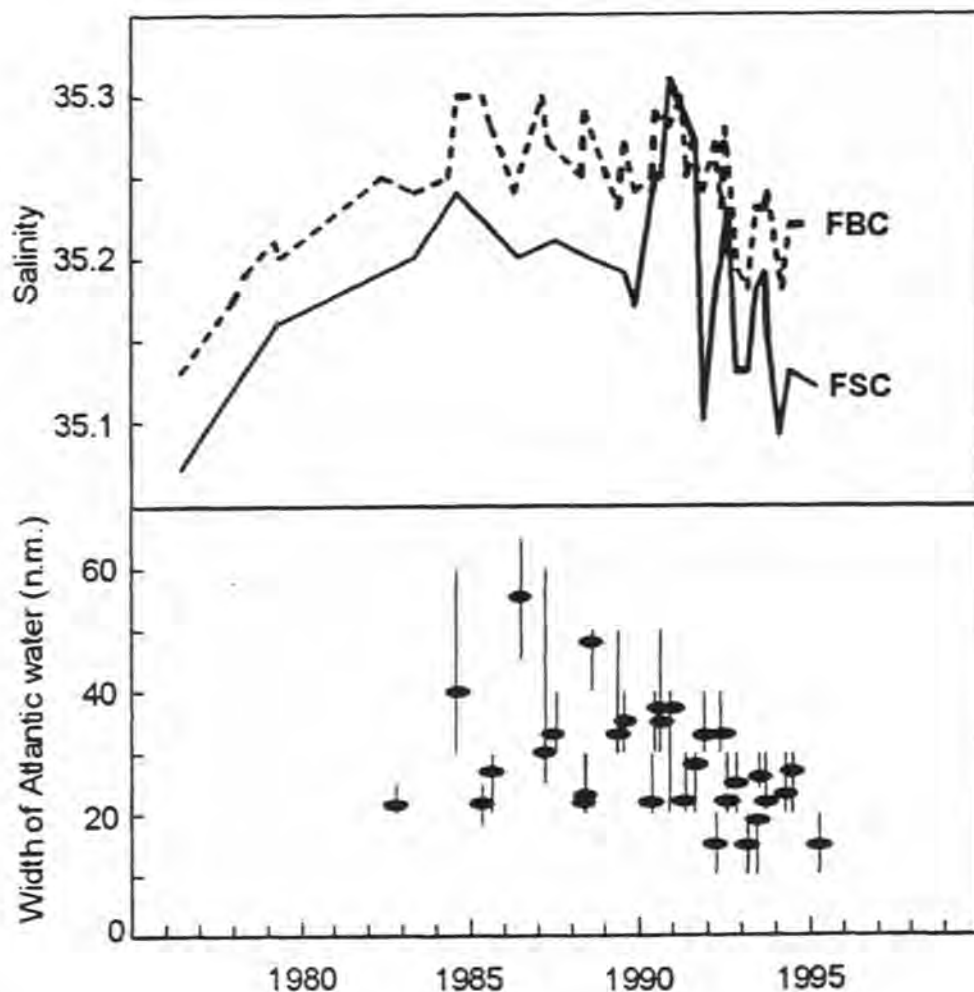
I Svinøysnittet har det siden 1994 vært en svak stigning i temperatur og en mer markant stigning i saltholdighet, slik at verdiene sommeren 1995 lå på gjennomsnittet for perioden 1978-1995. Lengre nord, i Gimsøy- og Sørkappsnittene, var saltholdigheten også nær middelveidene, mens temperaturen i 1995 lå over gjennomsnittet, med økende avvik mot nord.

Verdiene i disse tre snittene står noe i kontrast til andre observasjoner i De nordiske hav (Grønlandshavet, Islandshavet og Norskehavet). Observasjoner ved Nord-Island (figur 2.3) viste med andre ord en markant nedgang fra 1994 til 1995. Ifølge islandske rapporter skyldtes dette meget store tilførsler av arktiske vannmasser. I en periode var "påtrykket" av arktisk vann så stort at det blokkerte for innstrømmingen av atlantehavsvann langs vestkysten av Island. En oppvarming med større innslag av atlantehavsvann gjennom de siste fem årene ble dermed avbrutt (figur 2.3), og området nord av Island fikk den sterkeste dominans av arktisk vann siden målingene begynte i 1952.

Også ved Færøyene har saltholdigheten i

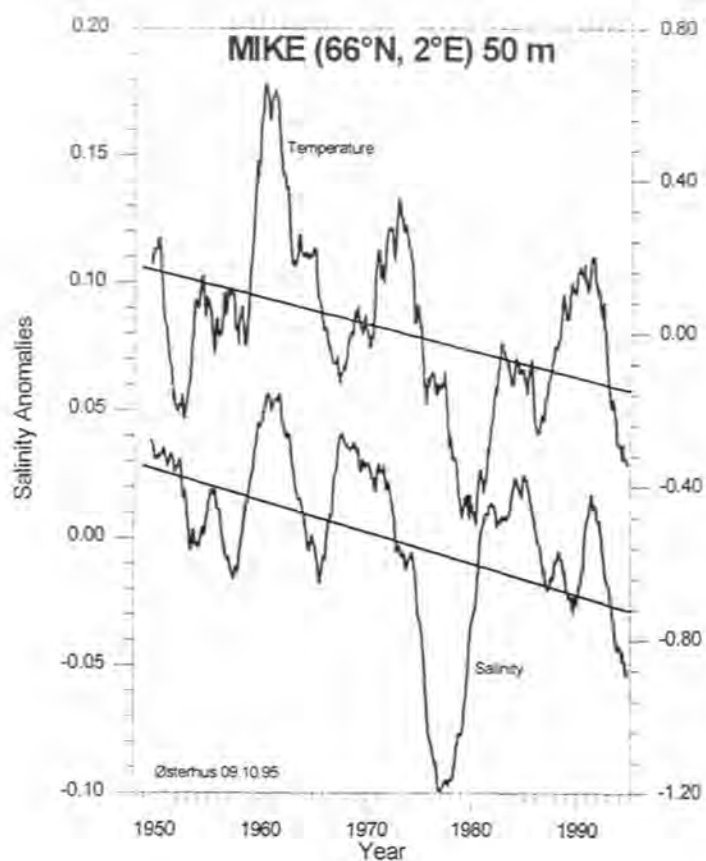
atlanterhavsvannet avtatt gjennom de siste årene. I strømgrenen nord av Færøyene kan dette forklares av økt innflytelse av arktisk vann som er transportert inn i området av Øst-Islandstrømmen. Dette kan imidlertid ikke forklare en lignende trend i atlanterhavsvannet i Færøybankkanalen, sør av Færøyene (figur 2.4). En lignende trend er også observert på Værskipsstasjon M i Norskehavet (figur 0), som siden 1991 har vist en markert nedgang i temperatur og saltholdighet i de øvre lag. Dette fremgår i figur 2.5 som viser tidsserien av temperatur og saltholdighet i 50 meters dyp.

I sum viser dette at mens saltholdigheten har gått markant ned nord av Island, ved Færøyene og i mer sentrale deler av Norskehavet ved Stasjon M, ser vi ikke en lignende nedgang i Atlanterhavsstrømmens hovedgren som følger egga utenfor norskekysten. En mulig årsak til dette kan være forholdsvis store mengder av arktisk overflatevann i Øst-Islandstrømmen. I en årrekke har det nå vært forholdsvis ferskt overflatevann i Grønlandshavet, og et blandingsprodukt av dette vil nettopp bli en forholdsvis lett arktisk vannmasse som kan gå inn i storskala-sirkulasjonen via Øst-Islandstrømmen. Dette



Figur 2.4

Variasjoner i atlantisk vann ved Færøyene. Øvre panel: Den heltrukne kurven viser middelverdier av saltholdighet mellom 25 og 200 meter øst av Færøyene, i Færøygrenen av den atlantiske innstrømningen. Den stiplede kurven viser middelverdier mellom 100 og 300 meter i Færøybankkanalen, sørvest av Færøyene. Nedre panel: Bredden av den atlantiske strømgrenen nord av Færøyene. Gjengitt med tillatelse fra Fiskirannsóknarstovan, Torshavn. *Variations in Atlantic water around the Faroes. Upper panel, full line: Salinity averaged over the 25-200 m layer to the east of the Faroes, in the Faroe Branch of the Atlantic inflow. The broken line shows salinity averaged over the 100-300 m layer in the Faroe Bank Channel to the southwest of the Faroes. Courtesy of the Fisheries Laboratory of the Faroes.*



Figur 2.5 Variasjoner i temperatur og saltholdighet i 50 meters dyp på Værskipsstasjon M i Norskehavet, i posisjon 66°N, 02°Ø. Gjengitt med tillatelse av Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen.

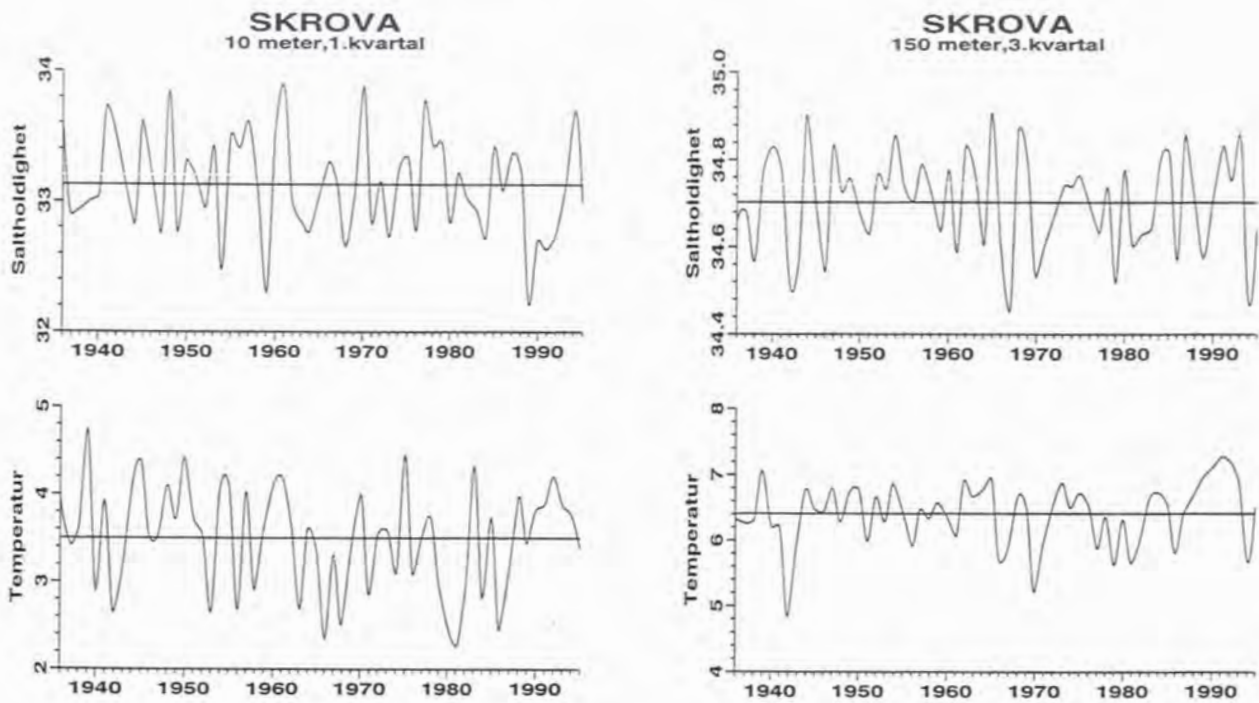
Temperature and salinity variations at 50 m depth at Ocean Weather Station M in the Norwegian Sea, in position 66°N, 02°E. Courtesy of the Geophysical Institute, University of Bergen.

vil gjøre seg mer gjeldende både ved Færøyene og på Stasjon M enn ved eggkanten langs norskekysten, og tilblending av slikt arktisk vann kan være årsak til at Færøygrenen (figur 2.1) av den atlantiske innstrømningen er blitt svekket.

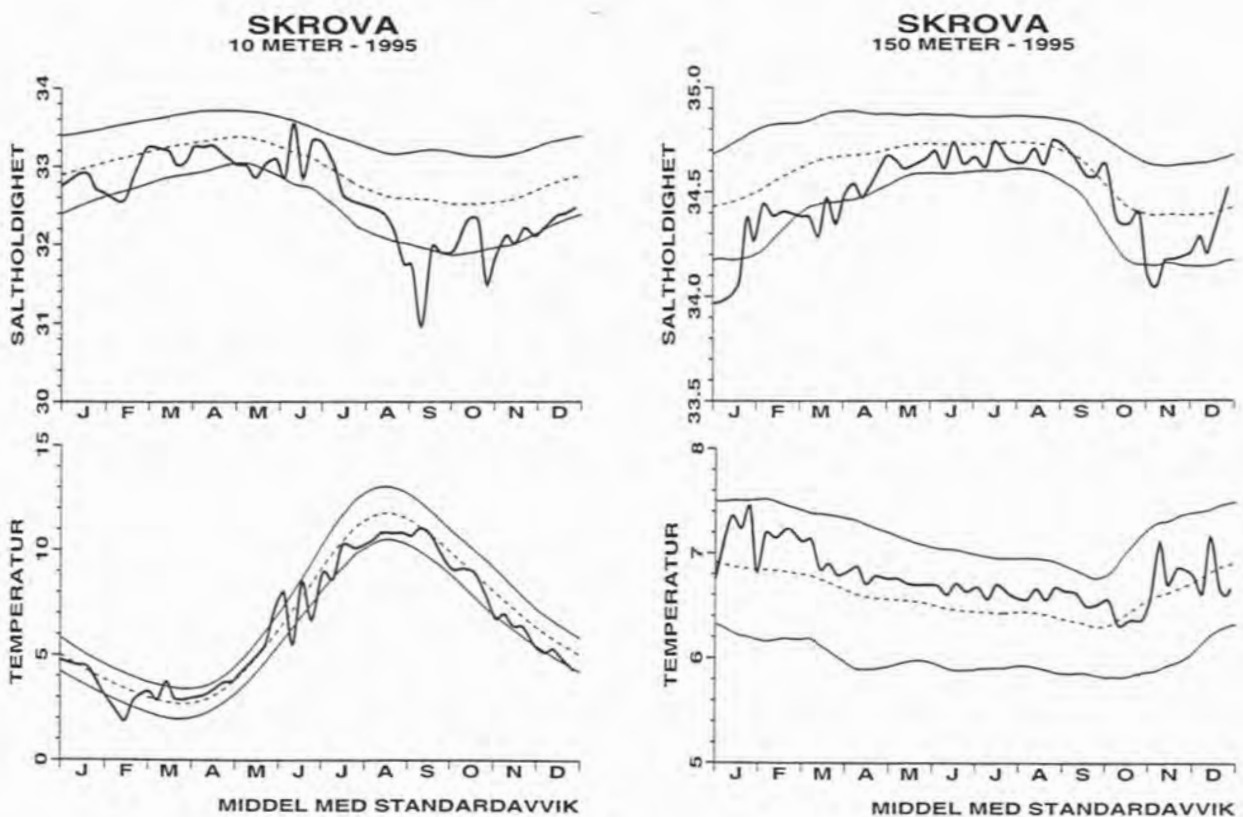
Det ferske overflatevannet som har vært observert i Grønlandshavet i de senere årene har nå vakt stor mediainteresse. Grunnen er at sentrale deler av Grønlandshavet er kjent som et av de få stedene i verdenshavene hvor avkjølingen om vinteren kan gjøre overflatevannet så tungt at det kan synke til bunns og fornye bunnvannet i de dype havbassengene. Men når saltholdigheten i overflatevannet er for lav, vil det ikke kunne bli tungt nok til å synke til store dyp selv om det avkjøles til frysepunktet. I Grønlandshavet har temperaturen i bunnvannet steget siden begynnelsen av 1970-årene fordi litt varmere vannmasser fra nabobasseng i Polhavet og Norskehavet gradvis fyller de dypere lag. Dette tyder på at det har vært dannet lite eller intet bunnvann i Grønlandshavet i løpet av denne perioden. Dette er nå mye omtalt i ulike media og satt i sammenheng med den mye omtalte økningen i den atmosfæriske drivhuseffekten. På grunn av

lite observasjoner i dette området vet vi ikke om dette er en naturlig variasjon eller ikke. Det er allikevel rimelig å anta at perioder med stagnasjon i bunnvannsdannelsen har funnet sted tidligere. Havforskningsinstituttets observasjoner tyder på at perioden med ferskt overflatevann i Grønlandshavet er over for denne gangen. Den gjennomsnittlige saltholdigheten i de øvre 100 meter i sentrale deler av Grønlandshavet har således steget fra 34.6 i 1991 og 1992 til 34.89 i 1995. Saltholdigheten i overflatelaget er derfor ikke lengre til hinder for at bunnvann kan dannes i løpet av vinteren 1995-1996.

Som et resultat av at det i noen år ikke har vært dannet bunnvann i Grønlandshavet, har det vært fremsatt spekulasjoner om at "Golfstrømmen" vil kunne stoppe opp eller forandre retning fordi det hevdes at det er denne bunnvannsdannelsen som driver den atlantiske innstrømningen til Norskehavet. Kompensasjonsstrømmen ut av De nordiske hav, går som en bunnstrøm gjennom de dypeste passasjene over Grønland-Skottlandryggen (figur 2.1). Sadeldypet i disse passasjene er 620 meter i Danmarkstredet og 850 meter i Færøybänkrenna sør for Færøyene. Utstrømning-



Figur 2.6 Middelerverdier og årlige variasjoner i temperatur og saltholdighet i 10 meter (1.kvartal) og 150 meters dyp (3. kvartal) ved Skrova.
Mean values and yearly variation of temperature and salinity at 10 meter (1. quarter) and 150 meter depth 3. quarter) at Skrova.



Figur 2.7 Temperatur og saltholdighet (tykkeste linje) i 10 meter og 150 meters dyp målt ca. en gang i uken ved Skrova i 1995. Langtidsmiddel (stiplet linje) med standardavvik er også vist.
Temperature and salinity (thickest line) at 10 meter and 150 meter depth measured ca. once a week at Skrova in 1995. Long term mean with standard deviations (dotted line) are also shown.

ene består derfor hovedsakelig av intermediært vann som kommer fra lagene mellom ca. 600 og 900 m dyp i De nordiske hav. Vann som synker ned til disse dypene har vært dannet også gjennom de senere årene og vi har ingen observasjoner som tyder på at denne prosessen har avtatt. Selv i år når det dannes bunnvann består utstrømningen hovedsakelig av slikt intermediært vann fordi det nye bunnvannet bare fører til at det eldre blir løftet opp slik at et tynt topplag, som allerede er sterkt oppblandet med intermediært vann, kan strømme ut. Basert på observasjoner fra stasjon M i 1950-årene, ble det anslått at dypvannssjiktet på denne måten kunne bli hevet ca 30 meter pr år. Dette vil først og fremst kunne gjøre seg gjeldende i den dypeste delen av strømmen gjennom Færøybankrenna, mens utstrømningen gjennom Danmarkstredet kan betraktes som en strøm av intermediært vann.

Kysten

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

Figur 2.6 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 1995. Forholdene i 10 meters dyp representerer vinterforholdene i den øvre del av kystvannet som er sterkt påvirket av lokale og regionale vær- og strømforhold. Dette medfører ofte store endringer i temperatur og saltholdighet fra år til år. I den øvre del av kystvannet var

det som ellers i Norskehavet en varm periode omkring 1983 og 1990, mens de laveste vintertemperaturene for hele måleperioden ble observert i begynnelsen av 1980-årene. I 1995 lå vintertemperaturen og saltholdigheten i Vestfjorden nær det normale for årstiden.

Temperatur- og saltholdighetsforholdene i 150 meters dyp gjenspeiler de mer storstilte variasjonene i atlantehavsvannet som er beskrevet tidligere. Etter et relativt kaldt år i 1987 steg temperaturen til et ekstremt maksimum i 1991. Dette gjenspeiler de milde vintrene i perioden 1988-93, samt økte tilførsler av varmt atlantisk vann til kystområdene. De laveste temperaturene i de dypere lag av kyststrømmen ble observert i begynnelsen av 1940-årene og omkring 1970 og lå omlag 20°C under de ekstra høye temperaturene observert i 1991. I 1994 observerte man både lavere temperaturer og reduserte saltholdigheter, som er en klar indikasjon på reduserte tilførsler av atlantisk vann. I 1995 var forholdene igjen nær det normale.

Figur 2.7 viser variasjonene av temperatur og saltinnhold i overflatelaget (10 meters dyp) og i 150 meters dyp ved Skrova gjennom 1995 sammenlignet med de gjennomsnittlige sesongvariasjoner og standardavvik. Både temperaturen og saltholdigheten i overflatelaget var ganske normale gjennom året. De ekstra høye temperaturene som ble observert i de dypere lag av kyststrømmen fra slutten av 1980-årene og fram til og med 1993, tok brått slutt i 1994. I tidsrommet fra februar til april 1994 var det også et meget dypt kaldtvannslag med relativt lav saltholdighet i Vestfjorden, som i perioder hindret innsig av gytetorsk til Lofoten. Ellers i 1994 lå både temperatur og saltholdighet i de dypere lag godt under normalen for årstiden. Omtrent ved årsskiftet 94/95 steg saltholdigheten til nær det normale og temperaturen til i overkant av normalen, og disse normale forhold fortsatte gjennom hele 1995.

2.2 Plankton og næringsalter



Figur 2.8 Midlere variasjon av siktedypet (i meter) gjennom året ved værskip stasjon M for perioden 1990-1994 (tykk linje), siktedypet i 1995 (tynn linje).
Five days running average of the Secchi disc depth (in meters) for the period 1990-1994 at Ocean Weather Station M (thick line), Secchi disc depth values for 1995 (thin line).

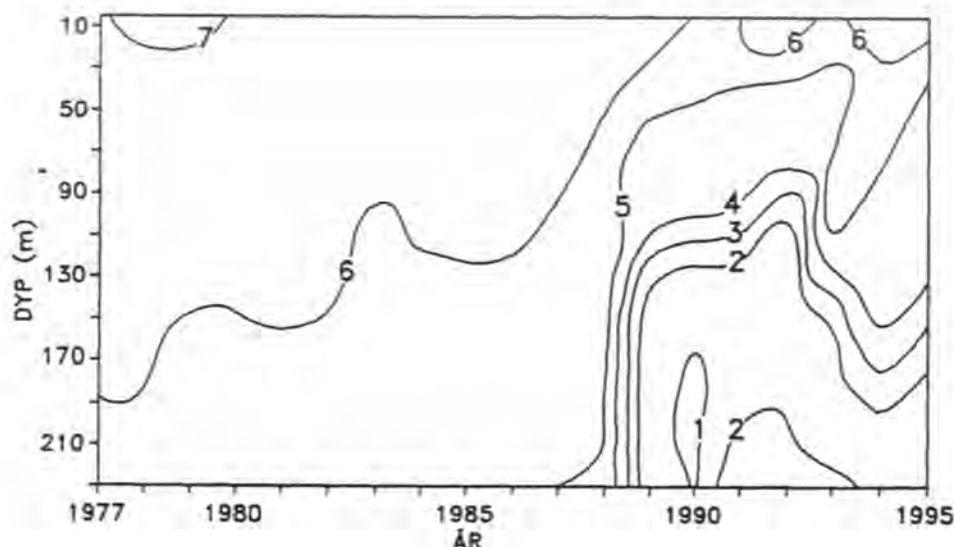
Værskip stasjon M (66°N, 02°Ø)

De fysiske forhold i overflatelaget har stor betydning for utviklingen av primærproduksjonen i Norskehavet. Viktigste i denne sammenheng er faktorer som lysforholdene og den vertikale lagdelingen. Oseanografiske undersøkelser foretatt siden 1948 på Værskipstasjon M i Norskehavet (figur 0), har bidratt til utforming av teorien om hvordan de fysiske forhold påvirker utviklingen av planteplanktonets vekst om våren. I forbindelse med Havforskningsinstituttets undersøkelser i Norskehavet har instituttet siden 1990 gjennomført innsamling av fysiske og biologiske data på stasjon M. Innsamlingshyppigheten er avhengig av type parameter og varierer fra daglige til ukentlige målinger.

En av de mest sentrale målingene er daglige observasjoner av siktedypet. Disse gjennomføres

ved middagstid med en rund hvit skive, 30 cm i diameter, som senkes i vannet. Deretter noteres dypet der den forsvinner ut av syne. Siktedypet er en indikator på vannets gjennomskinnelighet og dermed også på den totale mengde partikler som finnes i vannet. I åpne havområder, som Stasjon M representerer, er mesteparten av partiklene av biologisk opprinnelse. Denne type målinger gir derfor en oversikt over utviklingen av planteplanktonets biomasse over tid. Lave verdier av siktedyp betyr således lav gjennomskinnelighet og høyt innhold av planteplankton.

Siktedypverdiene målt i løpet av 1995 vises i Figur 2.8 sammen med gjennomsnittverdier for perioden 1990-1994. Fram til ca. dag 75 (ca. 15. mars) er siktedypverdiene konstant høye, mellom 25-30 meter. Denne perioden representerer vintersituasjonen karakterisert av lavt innhold av planteplankton. Fra dag 75 til ca. dag



Figur 2.9

Vertikalfordelingen av oksygen (ml/l) i Ofotfjorden utenfor Narvik i perioden 1977-1995.

(Vertical distribution of oxygen (ml/l) at a stasjon off Narvik (Ofotfjorden) during the period 1977-1995.)

110 (ca. 20. april) ser man en svak nedgang i verdiene til like over 20 meter. Denne perioden representerer de første tegn til planteplanktonvekst som finner sted på grunn av bedre lysforhold etter vinterens mørke. Fra dag 110 til dag 150 (ca. 30. mai) finner man den største reduksjon i siktedypet som da reduseres til verdier omkring 8 meter. Denne perioden representerer selve våroppblomstringen. Fra dag 150 til dag 250 (ca. 7. september) er variasjonen i siktedypet lav, men en svak økning til verdier omkring 10 meter ble observert mot slutten av perioden. Denne perioden kalles sommersituasjonen. Etter dag 250 og ut året øker siktedypet gradvis til det igjen når vinterverdier. Denne økningen er hovedsakelig forårsaket av den større vertikalblanding i den øverste del av vannmassene som finner sted på grunn av vindøkningen om høsten.

Variasjonene fra år til år i planteplanktonets utvikling på stasjon M er som regel ganske små. I 1995 kunne man observere en vist reduksjon i siktedypet allerede i begynnelse av mars, noe som er tidligere enn normalt. Selve våroppblomstringen startet ca. to uker tidligere enn gjennomsnittet og hadde en langsom utvikling i begynnelsen, men avsluttet på nesten samme

tidspunkt som normalt. Om sommeren var siktedypverdiene som året før noe lavere enn gjennomsnittet. Overgangen til høst/vinterverdier i 1995 skjedde ca to uker tidligere enn normalt som resultat av kraftig vind tidlig om høsten.

Miljøforholdene i Ofotfjorden

Etter at beitesesongen er over vandrer den norske vårgytende silda til overvintringsområdene hvor den danner tette konsentrasjoner. I disse områdene blir silda inntil gytevandringen begynner igjen tidlig på vinteren. I de siste 40 år har man kunne identifisere flere overvintringsområder. I løpet av 1950-årene da bestanden var stor (omkring 10 millioner tonn), overvintret silda i et område øst for Island. Senere, i 1963-1966, var bestanden redusert til 3-4 millioner tonn og da overvintret mesteparten av silda utenfor norskekysten i de nordlige deler av Norskehavet. Etter at bestanden brøt sammen på slutten av sekstitallet, overvintret det som var igjen av den i flere fjorder langs norskekysten. Under gjenoppbygging av bestanden i de siste år, hvor 1983-årsklassen var den dominerende, har silda begynt å overvintre i Ofotfjorden og tildels i Tysfjorden. Denne overvintringen begynte i 1987

og har fortsatt frem til nå. Den store konsentrasjonen av biomasse i dette begrensede området om høsten og vinteren har ført til en reduksjon av oksygeninnholdet i disse fjordene.

Havforskningsinstituttet har fulgt disse forholdene med en serie undersøkelser hvert år i november måned samt spesielle undersøkelser i løpet av 1991 -1992. Figur 2.9 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) i oksygenkonsentrasjonen under ca. 100 meters dyp til verdier helt ned til under 1 ml/l i 1990. Disse lave oksygenkonsentrasjonene har holdt seg ganske uforandret i de siste årene i den dypeste del av stasjonen. De laveste oksygenverdiene finner en i januar måned like før silda igjen vandrer ut av fjordene.

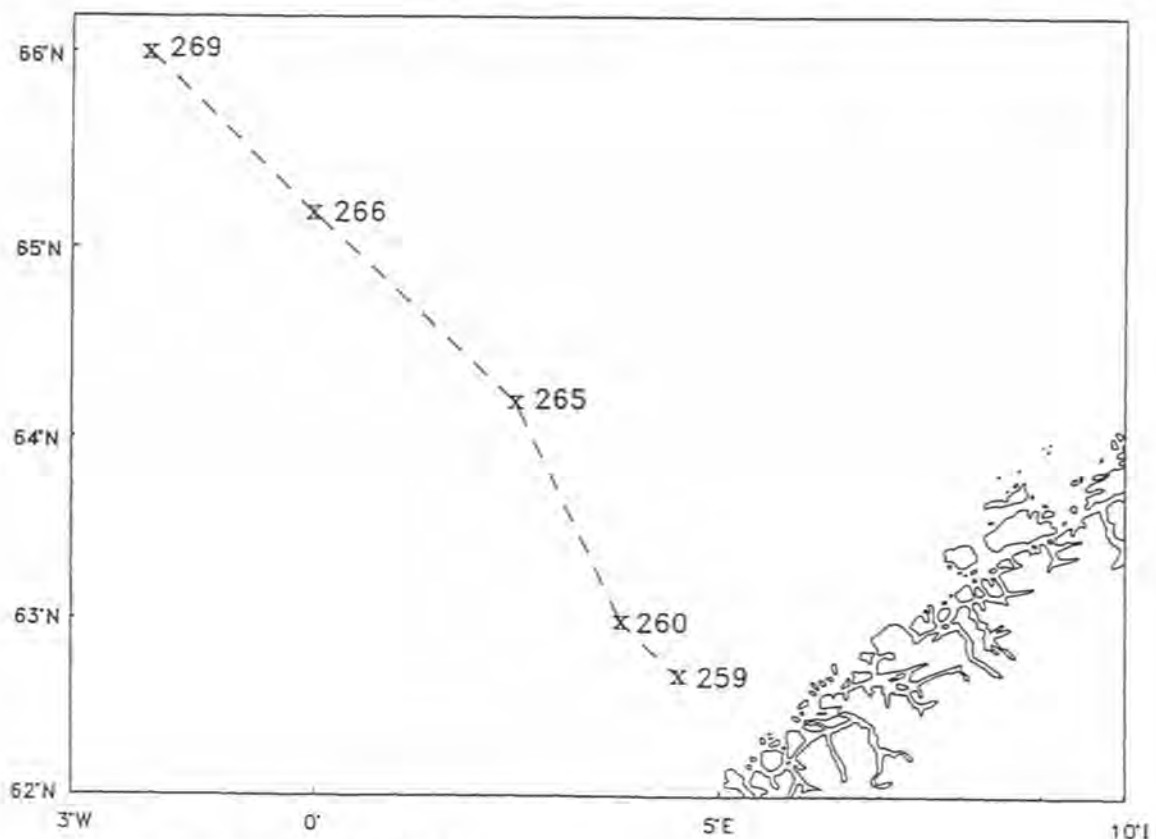
Dyreplankton

Innsamling av dyreplankton i Norskehavet ble som tidligere år foretatt med en planktontrål

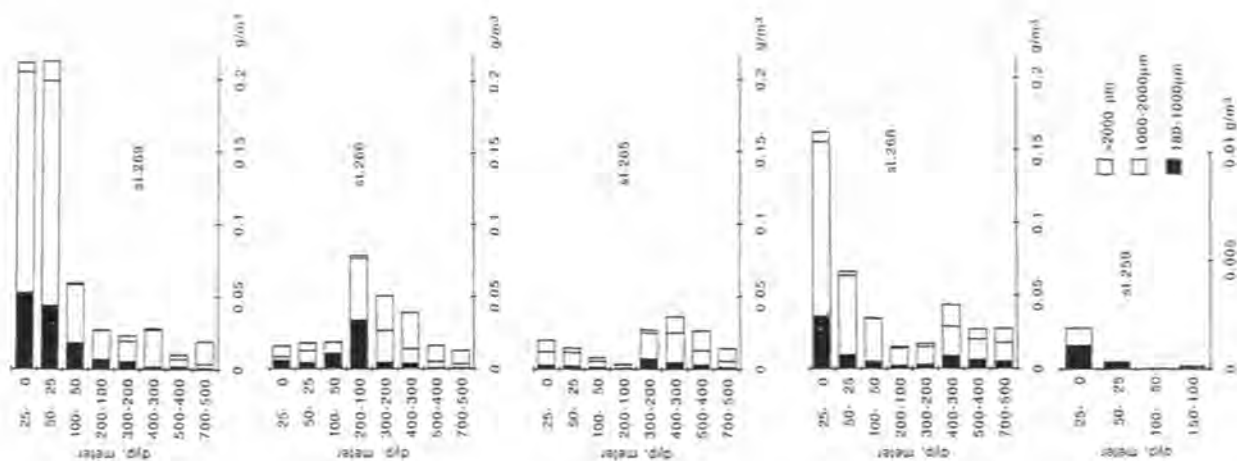
(MOCNESS) utstyrt med åtte nett som kan åpnes og lukkes i ønsket dyp på kommando fra overflaten. På en rekke stasjoner ble det også tatt prøver med en tradisjonell håv. Større planktonorganismer som krill, amfipoder m.m. fanges dårlig i disse relativt små fangstredskapene. Slike organismer blir fanget ved hjelp av en finmasket trål.

Det ble foretatt en omfattende dekning av store deler av Norskehavet sommeren 1995 hvor to båter deltok. Dessuten ble det samlet inn planktonprøver flere ganger i året på to snitt fra norskekysten i nordvestlig retning ut i havet, det ene ved Svinøy (Møre og Romsdal), det andre ved Gimsøy (Nordland) (figur 0).

Figur 2.11 viser et eksempel på biomassefordeling langs et snitt fra Svinøy (figur 2.10), her i siste halvdel av april. Det var svært lite plankton nærmest norskekysten, men mengden økte ut fra kysten. På de fleste stasjonene var planktonmengdene størst nær overflaten, i de øverste 25 meter. Planktonprøvene deles i tre størrelsesfraksjoner. Figur 2.11 viser at organismer mindre enn 2 mm (hovedsaklig rauåte) do-



Figur 2.10 Snitt undersøkt 19.-22.04.95
Transect investigated during 19-22 April 1995



Figur 2.11 Fordeling av størrelsesgruppene 0.2 - 1.0 mm, 1.0 - 2.0 mm og større enn 2 mm av dyreplankton langs snittet i forhold til dyp (g/m³)
The distribution of the size categories 0.2 - 1.0 mm, 1.0 - 2 mm and larger than 2 mm of zooplankton along the transect in relation to depth (g/m³).

minerer i de øverste dypene, mens større organismer, over 2 mm (hovedsaklig krill), er mer vanlig på større dyp. Det er omtrent de samme artene en finner langs hele snittet, men mengdeforholdet mellom dem og hvor langt de forskjellige artene er kommet i sin livssyklus og stadiet utvikling varierer.

En nærmere undersøkelse av planktonet viste at hovedmengden besto av hoppekrepsen *Calanus finmarchicus* (raudåte). Raudåta gjennomgår tolv utviklingsstadier eller skallskifter (NI-NVI og CI-CVI, hvorav CVI betegner voksne individer). På stasjonene nærmest land ble det observert endel tidlige stadier (CI-III) i tillegg til de tallrike stadiene CIV-CVI. Dette viser at produksjonen av en ny vårgenerasjon hadde startet i dette området, som er influert av kystvannmasser (raudåta overvintrer på dypet i våre fjorder og på kysten hovedsakelig i stadiene CIV-CVI).

Straks en kom utenfor sokkelen i østlige del av Norskehavet var situasjonen en annen. Her var det relativt store mengder av overvintringsstadier nær overflaten. Raudåtebestanden i de atlantiske vannmassene var på dette tidspunkt i en overgangsfase fra overvintringsområdet i dypet til en vårlig overflatefordeling. Produksjonen av vårgenerasjonen var ennå ikke kommet i gang; det ble ikke observert unge individer. Observasjonene i 1995 er ikke i samsvar med de tilsva-

rende undersøkelsene i 1991. Tidlig i april dette året var det en stor overvekt av unge raudåtestadier fra en ny vårgenerasjon.

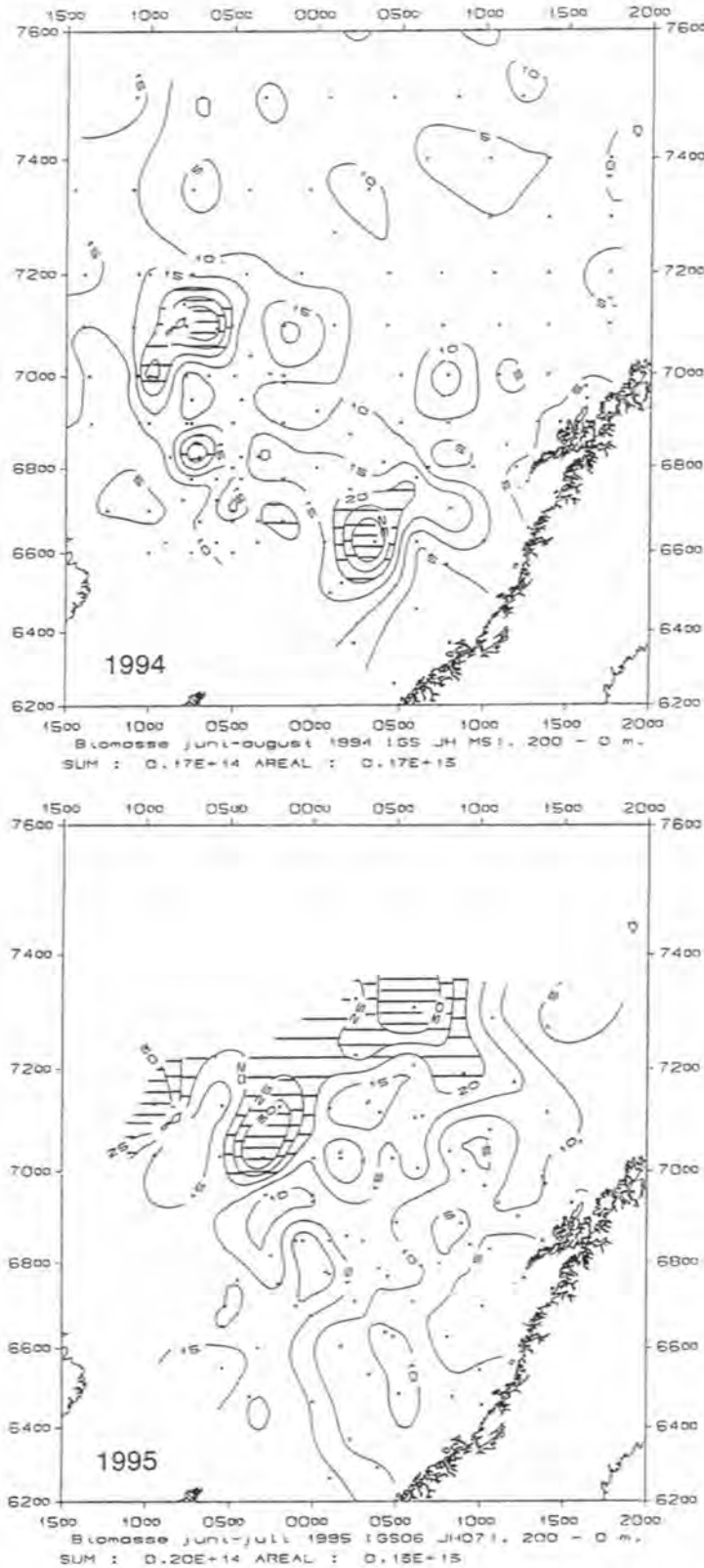
I de mer sentrale deler av Norskehavet var planktonet mer jevnt fordelt med dypet (figur 2.11). En relativt stor del av planktonet ble observert under 300 meters dyp, og en liten del hadde fullført «gyte-oppvandringen» mot overflaten.

På den vestligste stasjon på snittet var artssammensetningen av planktonet og stadietfordelingen av raudåta forskjellig fra det øvrige snittet. Hoppekrepsen *Calanus hyperboreus* var vanlig. Dette er en art som oftere forekommer i kalde vannmasser, og dette området er influert av de kalde vannmassene i Øst-Islandsstrømmen. Biomassene var også høyest nær overflaten, i de øvre 50 meter. Det ble observert endel raudåte CIII, antakelig tilhørte disse den overvintrende generasjonen. Siden yngre stadier ikke ble observert, antas det at produksjonen av en ny vårgenerasjon ikke hadde startet i april.

Fordelingen av biomasse og raudåte fra norskekysten og vestover i Norskehavet i april 1995 var ganske lik den en har observert tidligere år. Produksjonen av raudåte om våren starter først over kystbankene og forsinkes jo lengre vest en kommer. Ytterligere planktonundersøkelser på det aktuelle snittet i 1995 indikerer at plankton-

utviklingen i området i 1995 fulgte omtrent samme mønster som tidligere år, men at produksjonen av raudåte i østlige deler av Norskehavet kom senere igang enn tidligere år.

Det har vært foretatt en omfattende dekning av dyreplankton i omtrent hele Norskehavet om sommeren de siste årene. Dette gir grunnlag for å sammenlikne planktonsituasjonen fra år til år.



Figur 2.12

Planktonmengder i "Norskehavet" somrene 1994 og 1995, basert på innsamling med MOCNESS i dypet 200-0 meter (g/m^2)
Biomass of zooplankton in the "Norwegian Sea" in summers 1994 and 1995, from MOCNESS sampling in 200-0 meters depth (g/m^2)

Fordeling av biomasse sommeren 1994 og 1995 er vist i figur 2.12, basert på innsamling med MOCNESS planktontrål i dyp mellom 0 og 700 meter. Figurene viser at biomassen var omtrent like store disse to årene og varierte fra mindre enn 5 til vel 30 gram tørrvekt pr.m² overflate. Beregninger over total biomasse i det felles område som er undersøkt disse årene gir omlag 11 millioner tonn tørrvekt i 1994 og omlag 14 millioner tonn i 1995, det vil si en økning på ca. 30% det siste året. Den observerte økningen kan trolig delvis forklares ved at de samme delene av Norskehavet ikke har vært undersøkt til helt den samme tid disse to årene, men den kan også reflektere en reell økning i planktonmengdene fra 1994 til 1995.

De prøvene og biomassene som er vist til ovenfor er basert på innsamling med MOCNESS planktontrål. Dette redskapet er velegnet til å fange små planktonorganismer, mens dyregrupper som krill, reker, lysprikkfisk osv. kun i liten grad blir fanget i MOCNESS pga sin svømmeevne. Slike organismer fanges mer effektivt med større tråler, og en oversikt over fordeling og mengde av disse gruppene er gitt i egen artikkel (Kap. 4).

Den kommersielt viktigste planktonspisende fisken i Norskehavet er sild, og sildebestanden er kartlagt sammen med planktonet. Sommeren

1994 ble de største sildekonsentrasjonene funnet vest og nord for Vesterålen, dessuten ble det observert mye sild spredt over store deler av den sørlige og vestlige del av Norskehavet, og betydelige mengder sto også øst for kaldtvannsfronten mellom Jan Mayen og Island, dvs. i Jan Mayensonen og i internasjonalt farvann («Smutthavet»). Fordelingen av silda sommeren 1995 var ganske lik foregående år. Som foregående år var det en stor utbredelse i sydøstlige del av Jan Mayensonen og i internasjonalt farvann som grenser opp mot islandsk sone, noe sild ble også observert i islandske farvann. I sentrale deler av Norskehavet var konsentrasjonene lave, mens det var store mengder sild i det kystnære området fra Vesterålen og sydover til Møre. De største planktonkonsentrasjonene ble vanligvis funnet i områder med lite sild. I Jan Mayensonen var silden sommeren 1995 konsentrert i sydøstlige del av sonen, planktonet i sentrale og nordlige deler. Det ble funnet store planktonmengder i «Smutthavet», spesielt i nordlige del hvor det var svært lite sild. Likeens var planktonkonsentrasjonene svært lave langs Norskekysten, hvor det ble observert betydelige sildemengder.

Våre plankton-undersøkelser dekker ikke islandsk sone. Islandske data viser imidlertid at det var relativt mye plankton i østlige del av den islandske sonen, et område hvor det også sto noe sild.

2.3 Yngelproduksjon

Sild

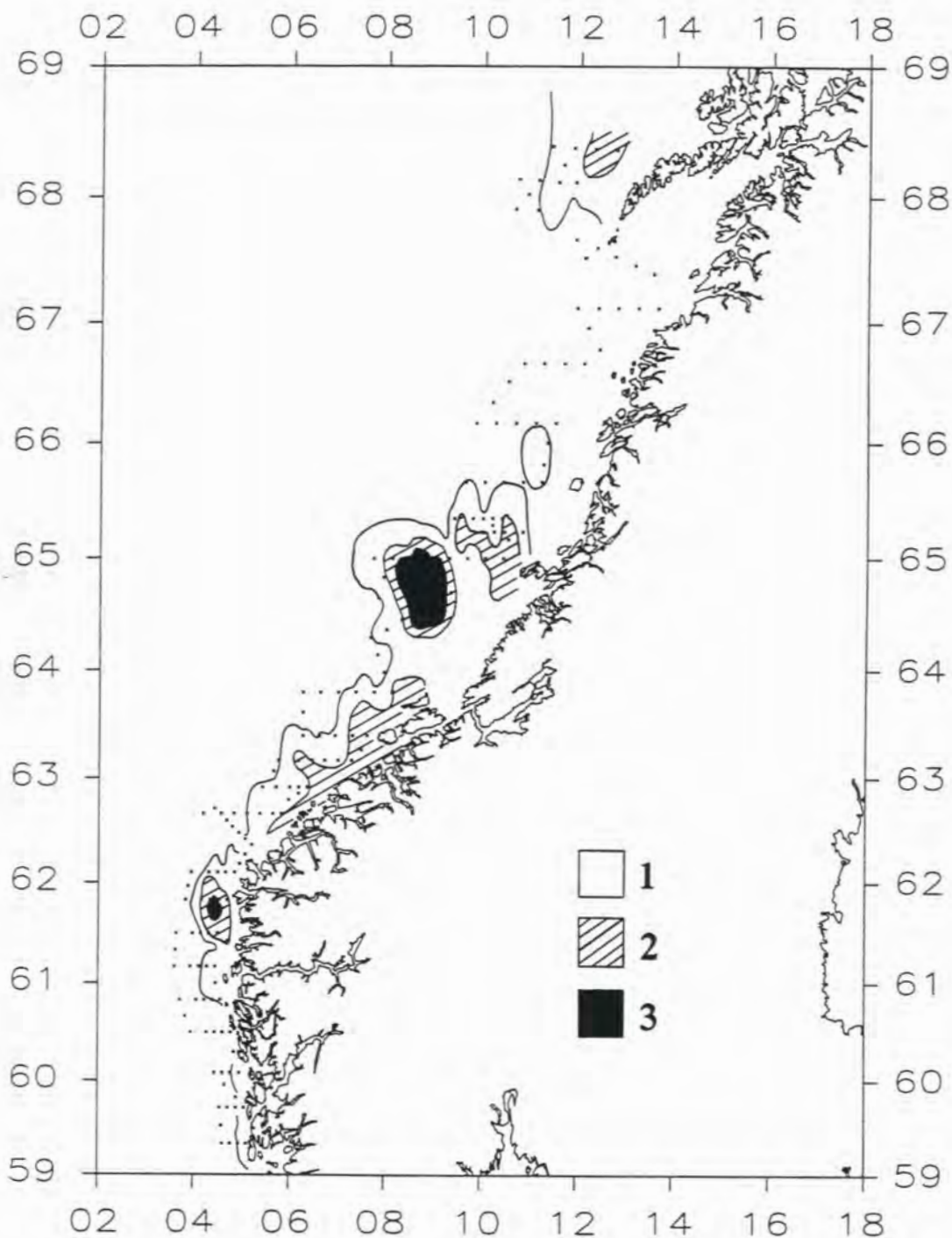
Utbredelsesområdet for sildelarver ble dekket under et tokt med F/F "M. Sars" i perioden 3.-19. april 1995 (figur 2.13). Det ble funnet svært høye sildelarve-konsentrasjoner (mer enn 1000 larver pr. m²) over Haltenbanken og utenfor Bremanger. Høye konsentrasjoner (mellom 100 og 1000 larver pr m²) fant en også på Røstbanken, ved Sklinna og ved Griptaren. Over Buagrunden, Sunnmørsfeltene og ved Utsira var larve-

konsentrasjonene moderate (mindre enn 100 larver pr. m²).

Årets sildelarve-indeks ble beregnet til 18.0 x 10¹² (figur 2.14). Dette er den tredje høyeste indeks siden 1985. Påliteligheten til denne indeksen er avhengig av hvor godt dekket utbredelsesområdet er og hvor godt innsamlingsperioden og sildelarvenes klekking faller sammen. Med så store usikkerhetsmomenter kan ikke indeksen gi annet enn et relativt grovt tall på larve-

mengdene i sjøen, og derav en indikasjon på gytebestandens størrelse. Antallet sildelarver sier imidlertid lite om den kommende årsklassens styrke. Denne er avhengig av en rekke forhold i sildas første leveår. Oppvekstmulighetene til sildelarvene i 1995 synes å være dårlige. Årsaken

til dette er at det ble funnet svært lave plante- og dyreplanktonkonsentrasjoner på sokkelen nord for Stad under sildelarvetoktet. Hvis ikke vår-oppblomstringen kom igang umiddelbart etter larvetoktet, ville sildelarvene ha vært svært sårbare for sult og beiting.

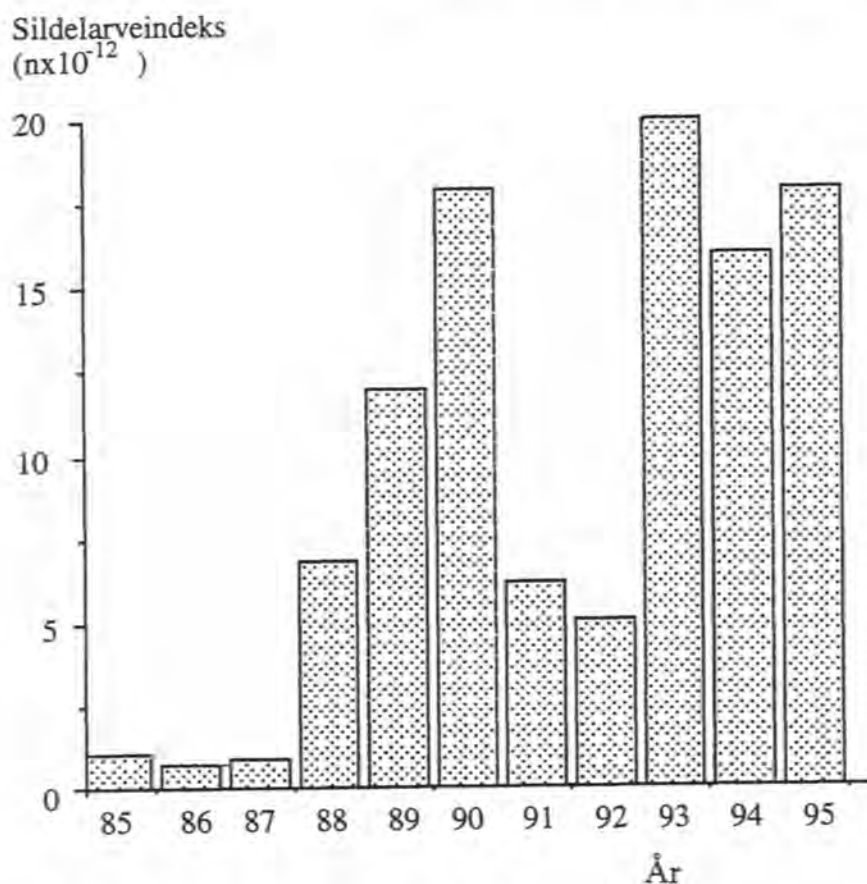


Figur 2.13

Utbredelsen av sildelarver (alle stadier) på sokkelen mellom 59°- 68° 30' N i perioden 3.-19. april 1995. 1) 10-100 larver/m²; 2) 100 - 1.000 larver/m²; 3) > 1.000 larver/m².
Abundance of herring larvae on the shelf between 59°-68°30' N during the period 3.-19. April 1995. 1) 10-100 larvae/m²; 2) 100 - 1.000 larvae/m²; 3) > 1.000 larvae/m².

I begynnelsen av juni ble det tatt noen få trålstasjoner etter sildelarver på et tokt med F/F "M. Sars". Prøvene ble tatt over norsk sokkel fra Frøyabanken til Røst, og ble samlet for å studere mikrostrukturen i otolittene, og derav alderen og vekstmønsteret til larvene. Det ble imidlertid bare funnet noen få sildelarver, hvor vi i samme periode i 1993 hadde høye konsentrasjoner av sildelarver på alle stasjonene.

Det ble heller ikke registrert mye 0-gruppesild under høstens tokt, og årsklassens styrke må derfor karakteriseres som svak. Dette er den svakestes årsklassen som er produsert siden 1988-årsklassen rekrutterte til gytebestanden. I tillegg kan en forvente at mesteparten av 1995-årsklassen vil bli beitet ned i løpet av høsten 1995 og vinteren 1996 pga det høye beitepresset fra de store torskemengdene som nå er i Barentshavet.



Figur 2.14 Sildelarveindeksen for perioden 1985 - 1995.
The index of herring larvae for the period 1985 to 1995.

3. NORDSJØEN OG SKAGERRAK

3.1 Havklima

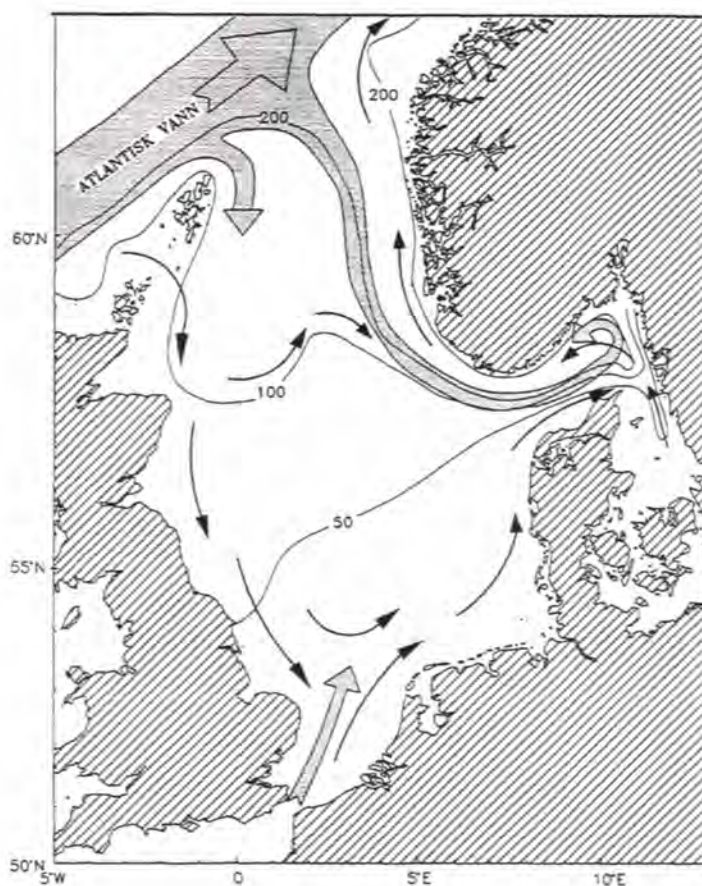
Nordsjøen og kysten

Nordsjøen er hovedsakelig et grunnhav hvor omkring 2/3 av området er grunnere enn 100 meter (figur 3.1). Norskerenna er et karakteristisk trekk hvor dypet går ned til over 700 meter i Skagerrak. Dybdeforholdene er viktige for sirkulasjonen i Nordsjøen da topografien i stor grad styrer vannmassenes bevegelse.

Vannmassene i Nordsjøen har sin opprinnelse i

innstrømningen av atlantisk vann med høy saltholdighet fra Norskehavet (figur 2.1) og ferskvannstilførsel fra land. Om vinteren er vertikalblandingen stor i de grunne områdene slik at det blir små temperaturforskjeller mellom overflaten og bunn. Oppvarmingen om sommeren lager et klart temperatursprang i 20-50 meters dyp.

Vannmassene i Nordsjøen strømmer hovedsakelig mot klokken (figur 3.1) og nesten alt vannet



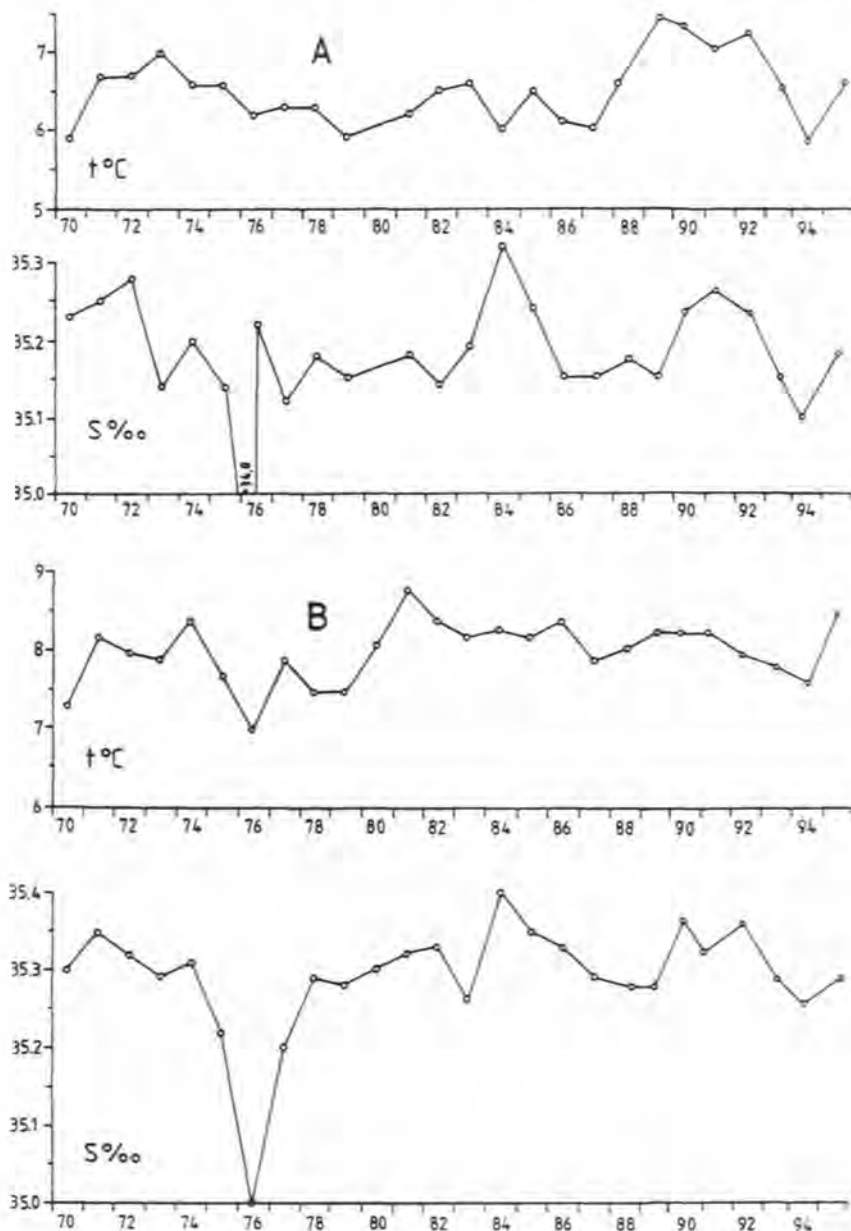
Figur 3.1.

Skisse av den generelle sirkulasjonen i Nordsjøen, sammen med de viktigste dybdeforholdene.

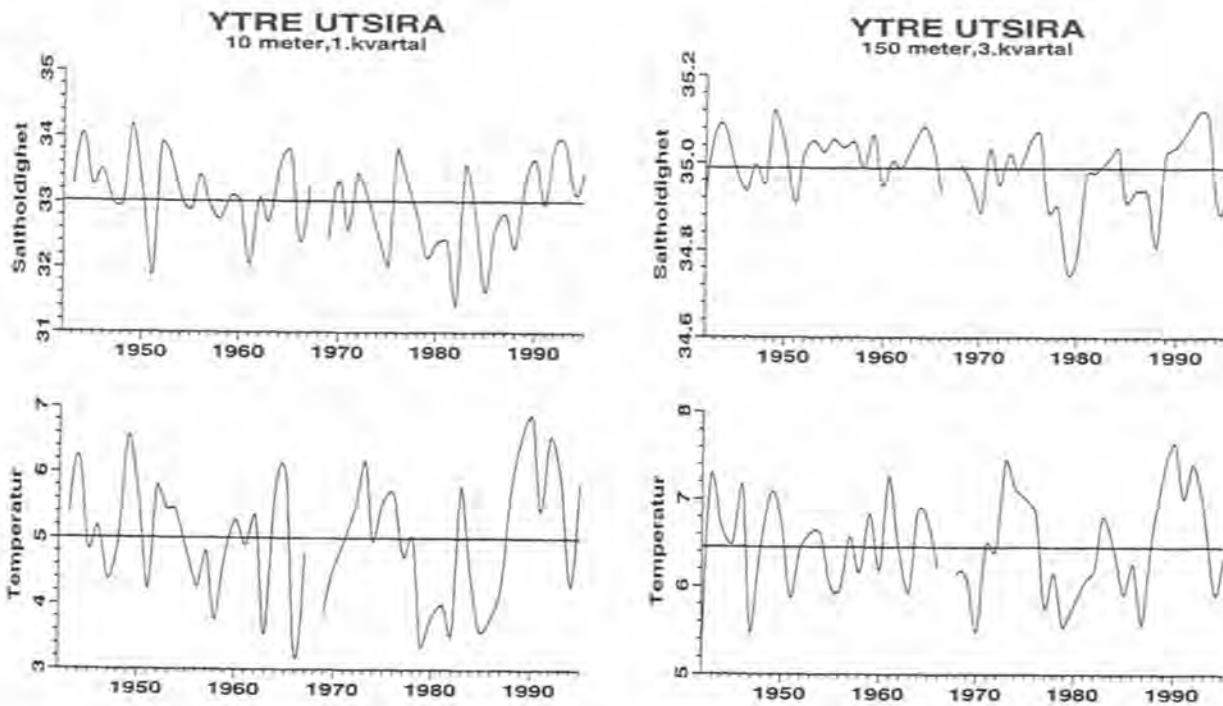
Sketch of the general circulation of the North Sea together with the most conspicuous bathymetric features.

må innom Skagerrak før det forlater området nordover via Den norske kyststrømmen. Dette bildet er hva vi kan kalle en klimatisk gjennomsnittssituasjon. Variasjoner i dette bildet fra et år til et annet, det vi kaller havklima-variasjoner, har stor innflytelse på hele det økologiske systemet i Nordsjøen. De viktigste årsakene til disse klimavariasjonene er endringer i innstrømmingen av atlantisk vann, vindforhold, varmeutveksling med atmosfæren og ferskvann-tilførselen.

Figur 3.2 A viser tidsserier av sommermålinger av saltholdighet og temperatur nær bunnen i nordlige Nordsjøen (posisjon A - se figur 0 for lokalisering). Målingene er antatt å representere årets "vintervann" i den vestlige grenen av det innstrømmende Atlanterhavsvann, som i løpet av vinteren er innblandet med litt ferskere overflatevann over Nordsjøplatået. Figur 3.2.B viser tilsvarende målinger fra en stasjon på vestskråningen av Norskerenna i kjernen av det innstrømmende atlantiske vannet fra Norskeha-



Figur 3.2. Temperatur og saltholdighet nær bunn i nordvestlige del av Nordsjøen (posisjon A: 59°17'N, 00°22'Ø), og i kjernen av atlantisk vann i vestskråningen av Norskerenna (posisjon B: 59°17'N, 03°22'Ø) om sommeren i årene 1970-1995. For lokalisering av posisjonene A og B se fig.0
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 1970-1995. Location of A and B in fig.0)



Figur 3.3 Middelværdier og årlige variasjoner i temperatur og saltholdighet i 10 meter (1. kvartal) og 150meter dyp (3.kvartal) ved Utsira.
Mean values and yearly variation of temperatures and salinity at 10 meter(1. quarter) and 150 meter depths(3. quarter) at Utsira during 1. and 3. quarter.

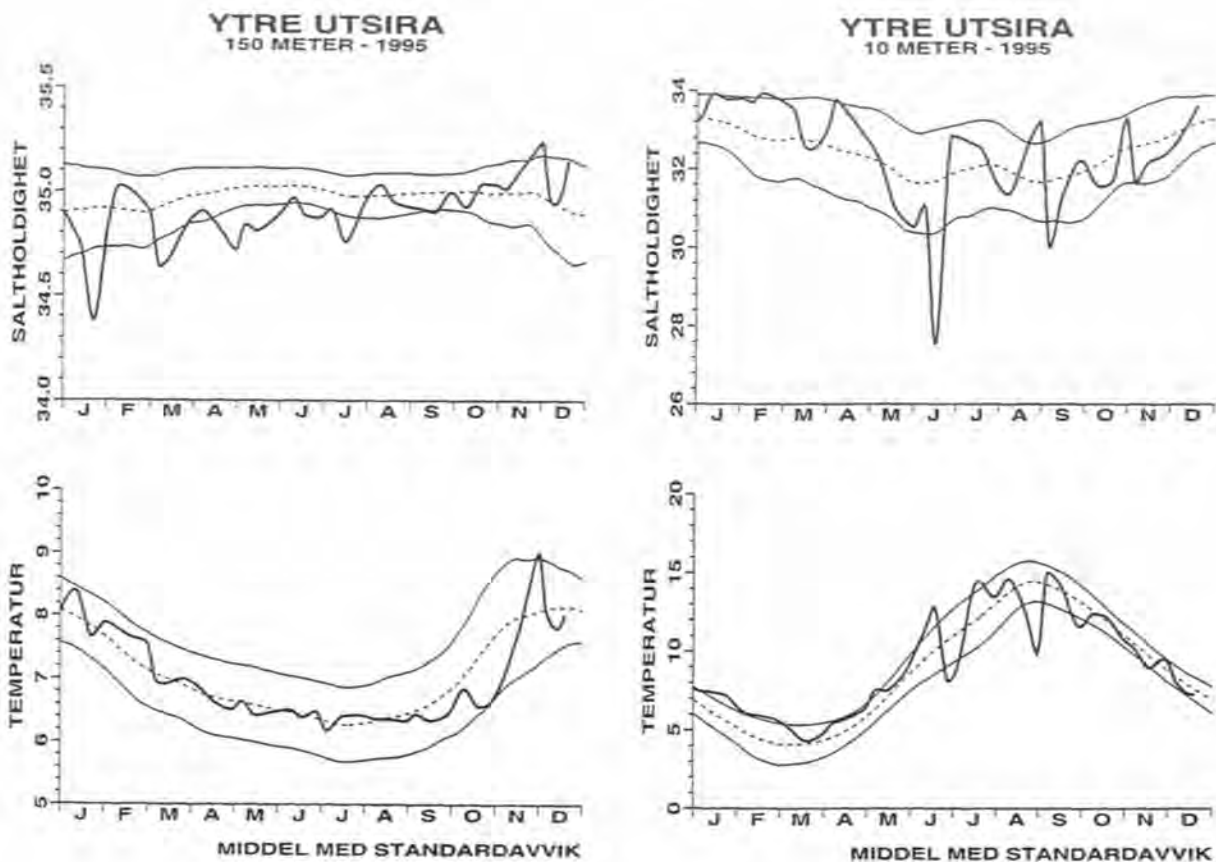
vet (posisjon B - se figur 0 for lokalisering). I middel er temperaturene 1-2°C lavere og saltholdighetene ca 0.1 lavere over Nordsjø-plataet i forhold til det innstrømmende atlantiske vannet i Norskerenna.

I perioden 1988 til 1992 hadde Nordsjøen et eksepsjonelt mildt klima, og vintrene 1989 og 1990 var sannsynligvis de mildeste i løpet av de siste 130 årene mens 1977-79 og 1942 var de kaldeste. Etter 1992/93 har det vært en gradvis temperaturredgang og i 1994 lå både saltholdighet og temperatur under det normale i nordlige Nordsjøen. Dette tyder på at det både har vært en gradvis redusert innstrømning av atlantisk vann til Nordsjøen og økt lokal avkjøling. I 1995 hadde den synkende tendensen i temperatur og saltinnhold snudd, noe som samsvarer med økt innstrømning av atlantisk vann i siste halvdel av 1994 og utover våren 1995.

Miljøtilstanden i kystfarvannene knyttet til Nordsjøen-Skagerrak observeres regelmessig (to - tre

ganger pr måned) på de faste hydrografiske stasjonene ved Torungen, Lista, Utsira og Sogne-sjøen (for lokalisering se figur 0). På disse stasjonene blir temperatur og saltholdighet observert i standarddyp fra overflaten til bunnen.

Figur 3.3 viser tidsutviklingen av temperatur og saltholdighet i 10 og 150 meters dyp for henholdsvis 1. kvartal (januar, februar, mars) og 3. kvartal (juli, august, september) i perioden 1942-1995 ved Utsira. Tidsseriene fra 10 meters dyp, som representerer variasjonene i overflatelaget, er sterkt avhengige av lokale og regionale vær- og strømforhold som kan medfører store svingninger fra år til år. Spesielt interessante er langtidsendringene i overflatesaltholdigheten om vinteren ved Utsira. Etter 1950 og fram til begynnelsen av '80-tallet sank saltholdigheten gradvis til 1-1.5 under langtidsnormalen, mens den deretter igjen økte til omlag 1 over normalen. Målingene fra Utsira viser at overflatetemperaturene den ekstra varme vinteren 1990 lå ca. 2°C over langtidsnormalen. Vin-



Figur 3.4 Temperatur og saltholdighet (tykkeste strek) i 10m og 150m dyp målt ca. hver 10. dag ved Utsira i 1995. Langtidsmiddel (stiplet) med standardavvik er også vist.
Temperature and salinity /thickest line) at 10 m and 150 m depth measured ca. every 10th day at Utsira in 1995. Long term mean (dotted line) with standard deviations are also shown.

trene fra 1991, 1992 og 1993 var også relativt varme med temperaturer henholdsvis 0.6, 1.5 og 0.9°C over det normale for årstiden, mens både saltholdighet og temperatur falt til nær det normale i 1994. I 1995 lå overflatetemperaturene igjen noe over det normale for årstiden.

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

innstrømning av Atlanterhavsvann i perioden etter 1990, med et mulig foreløpig maksimum i 1993. I 1994 falt både temperatur og saltholdighet til under det normale, en klar indikasjon på reduserte tilførsler av atlantisk vann til Nordsjøen. I 1995 var temperatur og saltinnhold igjen nær det normale blant annet grunnet forutgående økt innstrømning av atlantisk vann.

Fig. 3.4 viser variasjonene i temperatur og saltinnhold i 10 og 150 meters dyp ved Utsira i løpet av 1995 sammenlignet med langtidsmiddelet. Saltholdigheten i overflatelaget varierte som ventet mye gjennom året, og dette skyldes i stor grad variasjoner i de lokale vindforhold og utstrømninger av vann med lavere saltholdighet fra Skagerrak. Vann med meget lavt saltinnhold og relativt høye temperatur ble observert 19. juni ved Utsira. Dette var knyttet til ekstremt store ferskvannstilførsler til Skagerrak med storflom blant annet i Glomma i juni. Saltholdighetene i 150 meters dyp hadde en økende tendens gjennom året sannsynligvis grun-

net de tidligere nevnte økte innstrømning av atlantisk vann fra midten av 1994. Temperaturene var stort sett normale med relativt små svigninger gjennom året.

Skagerrak og vestkysten av Danmark

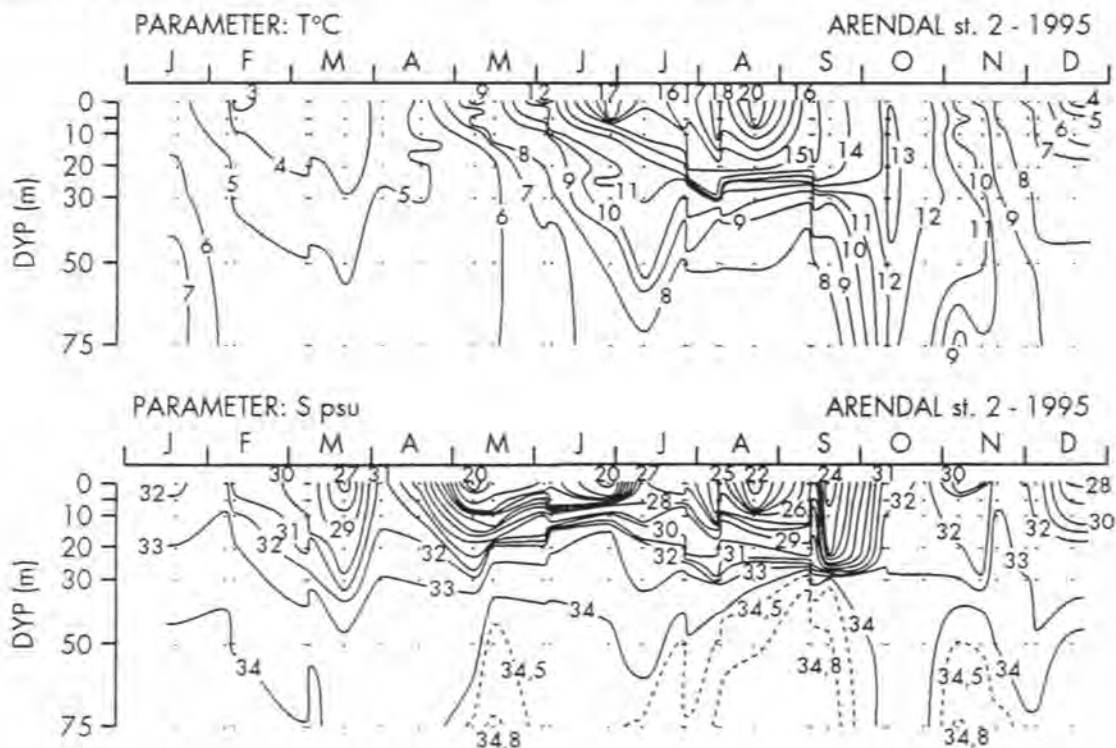
Vannmassene i Skagerrak kan deles inn i tre hovedmasser. Skagerrak-kystvann som har saltholdigheter mellom 25.0 og 32.0 og temperaturer mellom 0°C og 20°C, Skagerrakvann med saltholdighet mellom 32.0 og 35.0 og temperaturer vanligvis mellom 3°C og 16°C og atlantisk vann med saltholdighet over 35.0 og temperaturer mellom 5.5°C og 7.5°C. Atlantisk vann tilføres Skagerrak fra Norskehavet via nordlige Nordsjøen og lagrer seg inn under det lettere Skagerrakvannet (figur 3.1).

Tykkelsen av Skagerrak-kystvann varierte i 1995 mellom 5 og 30 meter (figur 3.5). Skagerrakvannet lå stort sett dypere enn 20 meter, og atlantisk vann ble i 1995 ikke observert over 75 meters dyp. Store mengder brakkevann med saltholdigheter under 25 ble registrert fra slutten av april til begynnelsen av juli og periodevis i august- september. Den store brakkevann-

påvirkningen i 1995 skyldtes blant annet den store flommen på Østlandet i juni. En nærmere beskrivelse av hvordan flommen virket inn på miljøforholdene i Skagerrak finnes i kapittel 4 i denne rapporten.

Temperaturutviklingen i øvre vannlag ved Flødevigen (figur 3.6) viste vintertemperaturer betydelig over langtidsnormalen. Fra slutten av april til midten av juni varierte temperaturen omkring normalen, mens august og første halvdel av september var tildels meget varme. Utover høsten lå temperaturen omkring det normale til første del av desember da kaldt vintervær førte til en kraftig avkjøling. Det kalde været påvirket også overflatetemperaturene ute i Skagerrak-kystvann (figur 3.5) hvor temperaturen falt raskt, og var betydelig lavere enn i desember 1994.

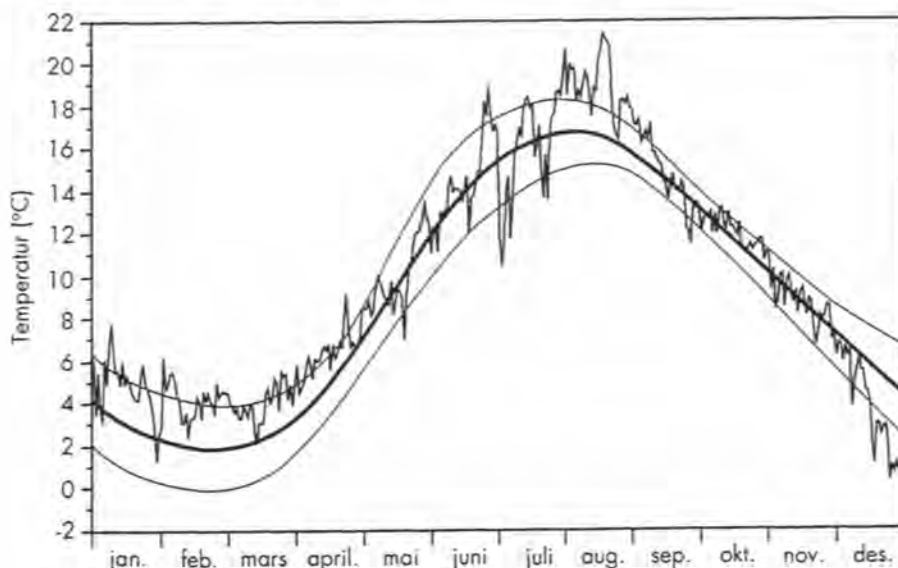
Figur 3.7 viser tidsserier av temperatur og saltholdighet i 600 meters dyp i Skagerrakbassenget (posisjon C - figur 0). De senere års observasjoner viser at det var en storstilt utskifting av vannmassene i Skagerrakbassenget i 1991 etter en stagnasjonsperiode på flere år. Temperaturene i 1990, like før innstrømningen, var de desidert høyeste siden målingene startet i



Figur 3.5. Temperatur og saltholdighet i 1995 i de øverste 75 meter, ca 1 n.m. utenfor Torungen fyr ved Arendal.
Temperature and salinity at station 1 n.m. outside Torungen lighthouse near Arendal.

1947. Våren 1994 var det nye utskiftninger av bunnvannet med kjøligere og ferskere vann, sannsynligvis fra de grunnere områdene i sentrale og nordlige Nordsjøen. I 1995 har de dypeste vannmassene vært relativt stabile, og den svakt økende temperatur og saltholdighet skyl-

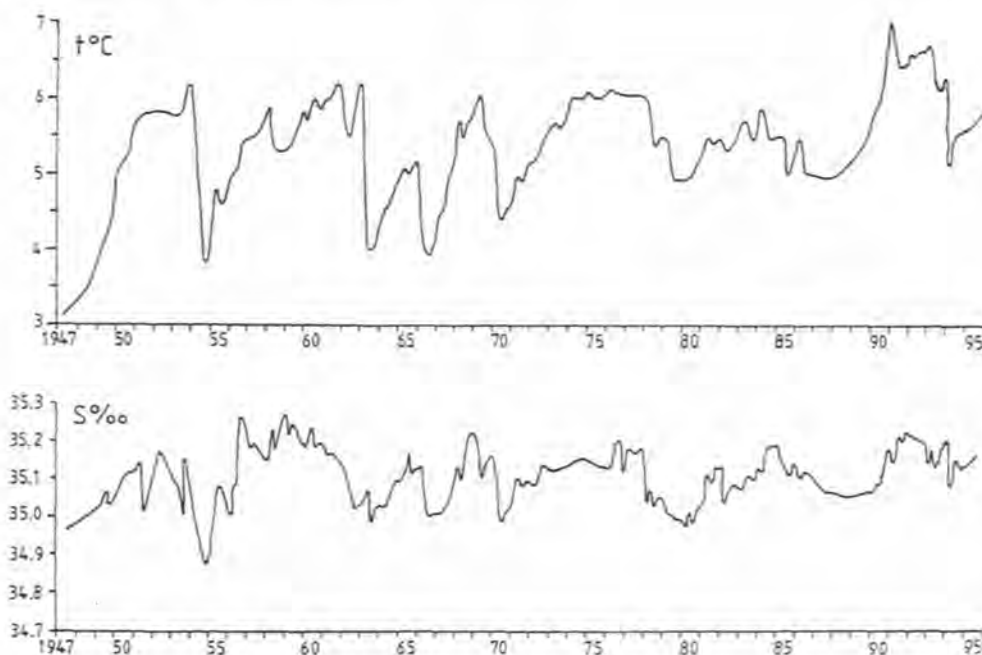
des sakte innblanding av det ovenforliggende varmere og saltere Atlanterhavsvannet i Norskerenna. Stagnasjonen i 1995 påvirket også oksygenforholdene i dypvannet som viste en synkende tendens gjennom hele 1995.



Figur 3.6.

Daglige temperaturobservasjoner på 1 meters dyp i 1995 ved Forskningsstasjonen Flødevigen. Den tykke linjen viser glattet middeltemperatur i 1 meters dyp sammen med standardavviket (tynne linjer) for 30-årsperioden 1961-1990 samme sted.

Daily temperature observations at 1 meters depth 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.



Figur 3.7

Variasjoner i temperatur og saltholdighet i 600 meters dyp i Skagerrakbassenget, posisjon 58°08'N, 09°11'Ø, for årene 1947-1995.

Variations in the temperature and salinity of the bottom water (600 meters depth) in Skagerrak for the years 1947-1995.

3.2 Plankton, næringsalter, oksygen

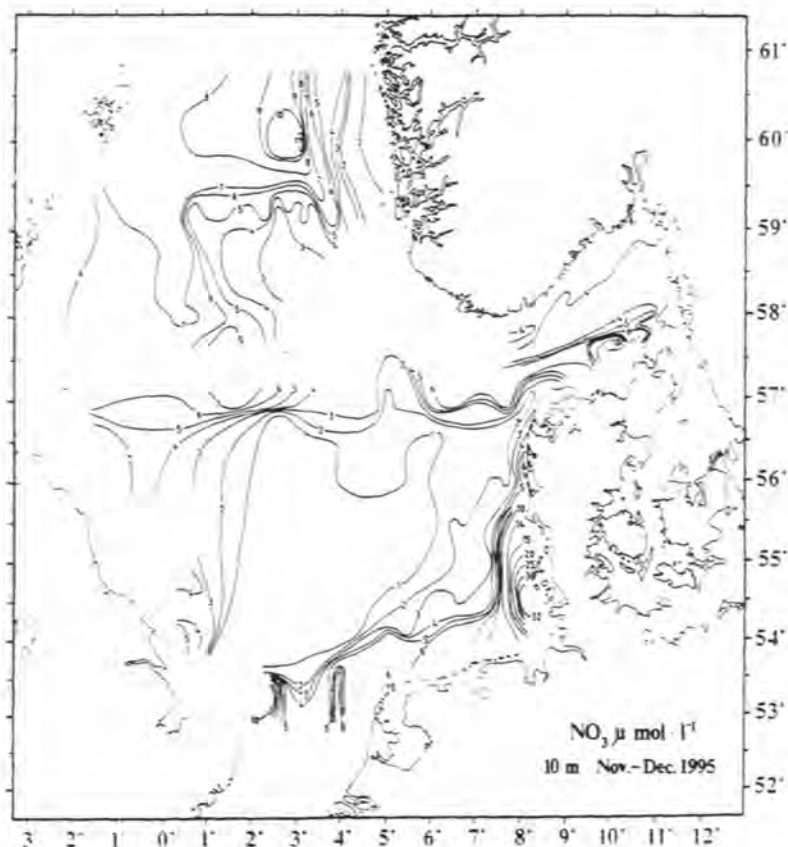
Nordsjøen

Næringsaltsituasjonen i Nordsjøen, Skagerrak og Kattegat ble undersøkt på et tokt med F/F "G. O. Sars" i november og med F/F "Johan Hjort" i desember. Tilsammen gir dette en tilsvarende dekning som i tidligere år. Når vi har valgt en periode som er en sen høst - vintersituasjon, er dette vesentlig fordi det på denne tiden av året er sterkt redusert planteplanktonproduksjon og derved lite forbruk av næringsalter. De største tilførslene av menneskeskapte næringsalter kommer fra de store elvene som munner ut i den sydlige del av Nordsjøen.

Nitratfordelingen i den nordlige delen av Nordsjøen følger det samme mønster som tidligere år med lave verdier i den norske kyststrømmen og

forholdsvis høye nitratverdier i det innstrømmende atlantiske vannet langs vestkanten av Norskerenna (figur 3.8).

Karakteristisk var også de lave nitratkonsentrasjonene i sentrale og sørlige deler av Nordsjøen, med nitratverdier under $1 \mu\text{mol.l}^{-1}$. Fosfatverdiene, som også er lave, viser at dette vannet er så godt som tømt for næringsalter. Årsaken til dette er at i disse grunne områdene har vi en planktonproduksjon omtrent hele året. Figur 3.9 viser saltholdighetsverdiene i 10 meters dyp og vi ser at de økte næringsalkonsentrasjonene i sørlige del av Nordsjøen er knyttet til innstrømmende Atlanterhavsvann gjennom Den engelske kanal og tilførsler av næringsaltrikt ferskvann fra land.



Figur 3.8

Nitratinnholdet i 10 meters dyp i november - desember 1995.

Distribution of nitrate, in $\mu\text{mol.l}^{-1}$ at 10 m depth in November - December 1995.

I Tyskebukta, utenfor den sterkt forurensede Elben observerte vi nitratverdier over $30 \mu\text{mol.l}^{-1}$, noe som er en økning i forhold til foregående år. I slutten av 80-åra registrert vi over $40 \mu\text{mol.l}^{-1}$ nitrat innerst i Tyskebukta, mens årene deretter ikke viste nitratverdier over $10 \mu\text{mol.l}^{-1}$ i desember måned. Variasjonene i næringssaltkonsentrasjonene fra et år til et annet er her sterkt avhengig av ferskvannavrenningen fra land.

Vanligvis er det på denne årstiden liten innstrømming av menneskeskapt næringssalter til Skagerrak fra sørlige Nordsjøen. Imidlertid registrerte vi i 1995 et område på den danske nordvestkyst med nitratverdier opp mot $10 \mu\text{mol.l}^{-1}$ utenfor nordspissen av Jylland (figur 3.8). Figur 3.10 viser saltholdighet og nitratverdier i snittet Torungen - Hirtshals, og som det framgår av figuren finner vi her de høyeste nitratverdiene i Atlanterhavsvann med saltholdighet over 35.

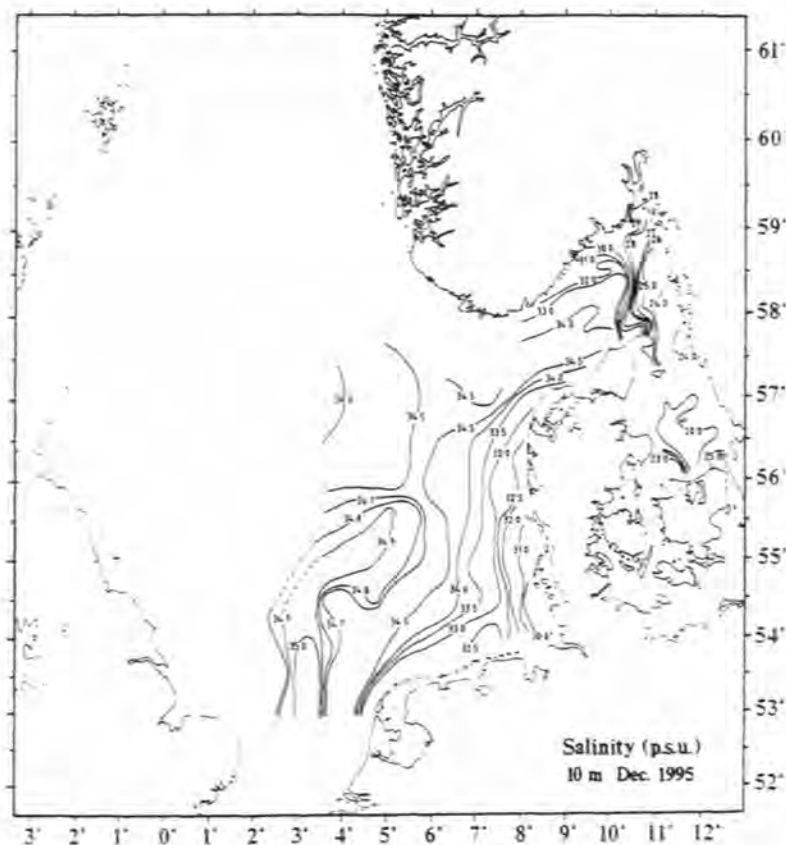
Karakteristisk på denne tiden av året er de lave

næringssaltverdiene i overflatelaget i Kattegat (figur 3.8). Nær utløpet av Øresund registrerte vi imidlertid noe høyere nitratinnhold enn det vi har gjort tidligere år. Et annet særtrekk fra observasjonene i desember 1995 var de lave saltholdighetene i hele indre Skagerrak (figur 3.9), som skyldes stor utstrømning av brakkvann fra Østersjøen.

Indre Oslofjord, hvor vi i likhet med i 1994 målte en nitratverdi på over $25 \mu\text{mol.l}^{-1}$ i 10 meters dyp i Bunnefjorden, kan tjene som et godt sammen-ligningsgrunnlag for verdiene i belastede områder som Tyskebukta.

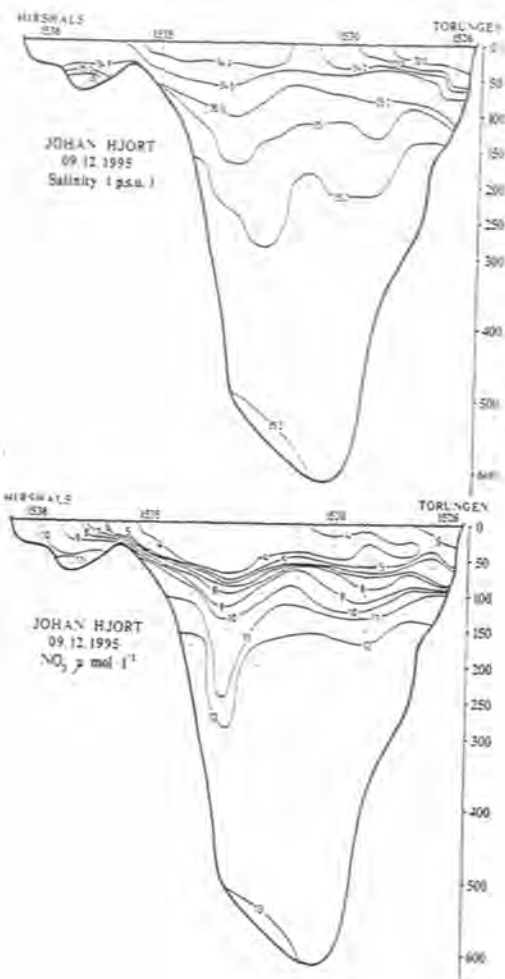
Skagerrak og vestkysten av Danmark

I siste del av februar var det en betydelig innstrømming av menneskeskapt næringssalter fra sørlige Nordsjøen til Skagerrak med opptil $43 \mu\text{mol.l}^{-1}$ nitrat ved Hirtshals (figur 3.11). Konsentrasjonen av nitrat var av samme størrelses-



Figur 3.9

Saltholdighetsfordelingen i 10 meters dyp registrert fra «Johan Hjort» i desember 1995. *The salinity distribution in 10 m depth in November - December.*



Figur 3.10 Saltholdighet og nitrat registrert på snittet Torungen - Hirtshals 9. desember 1995.
Salinity and nitrate observed at the section Torungen -Hirtshals 9 December 1995.

orden som i 1994 som er de høyeste som er målt siden regelmessige observasjoner av nærings-salter startet i 1980. De store mengdene av næringsrikt vann skyldtes flommen på kontinentet vinteren 1995 på samme måte som i 1994. Innstrømningen av næringsrike vannmasser i 1995 kom tidligere og hadde en kortere varighet enn i 1994 (figur 3.12). Det var også tildels stor ubalanse mellom nitrogen og fosfor i innstrømningsperioden. Det ble bare registrert lave næringssaltkonsentrasjoner i brakkvannet i Skagerrak utover våren og sommeren (figur 3.12).

Som følge av de store næringssaltmengdene som ble registrert i februar/mars langs den danske Skagerrakkysten og det skjeve forholdet mellom nitrogen og fosfor, ble algesituasjonen nøye overvåket. Det syntes å være en økt risiko for oppblomstring av skadelige alger. I mai 1995 var det som i 1994, relativt høye konsentrasjoner av den potensielt skadelige algen *Chrysochromulina* spp. I brakkvannet i indre Skagerrak ble det i forbindelse med storflommen på Østlandet re-

gistrert store mengder av diatomeen *Skeletonema costatum*, med et maksimum i midten av juni. (Se spesialartikkel i kap.4).

I 1995 var det en forholdsvis langvarig vår-oppblomstring av diatomeer eller kiselalger, men med relativt moderate konsentrasjoner langs kysten av Skagerrak (figur 3.13). Det var arter som *Coscinodiscus concinnus* og *Skeletonema costatum* og representanter fra slektene *Chaetoceros*, *Detonula*, *Thalassiosira* og *Thalassionema* som dominerte. Som nevnt foran var det i mai forholdsvis mye *Chrysochromulina* spp, opptil 5.5 millioner celler/l og i juni ble det funnet forholdsvis mye kiselalger, særlig *Skeletonema costatum*, med opptil 2.5 millioner celler/l. I perioden juni-august var som vanlig kalkflagellaten *Emiliania huxleyi* rikelig tilstede med konsentrasjoner opptil 1 million celler/l. Gjennom september og oktober var det forholdsvis mye av store dinoflagellater, mest *Ceratium furca*, men også noe *Gyrodinium aureolum*. Det var også et betydelig innslag av ulike kiselalger.

I sum var det relativt mye algebiomasse, både dinoflagellater og kiselalger gjennom sensommeren og høsten 1995 (figur 3.13).

Maneter

Fra Skagerrak finnes ikke systematiske registreringer av manetforekomster samtidig som det er en oppfatning at det må være "mye" maneter i havet og at de har stor betydning i næringsnettet. Da det fra tid til annen har vært rapporter om at garn- og trålfiske blir hindret av maneter, har det vært gjennomført en enkel, men systematisk observasjonsserie i Flødevigen.

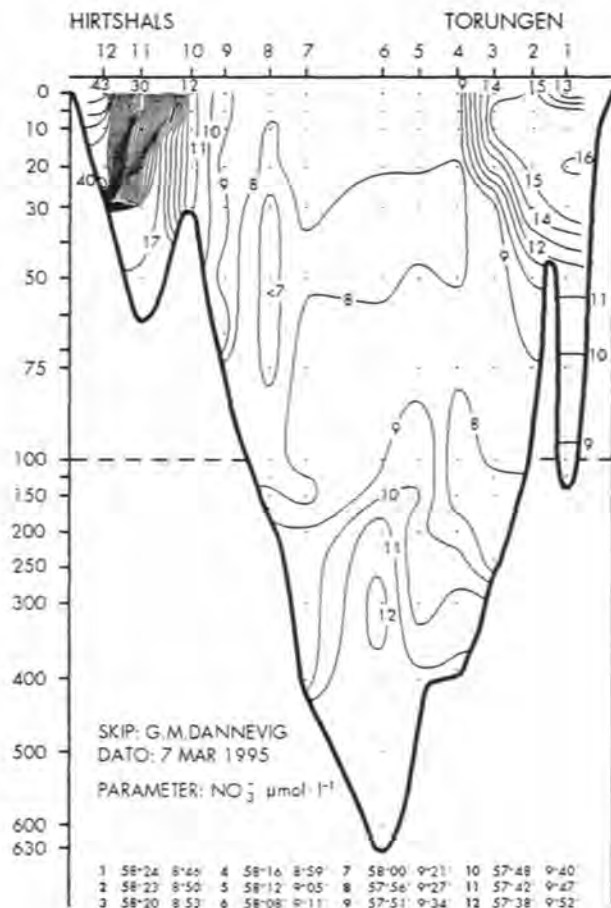
I tilknytning til de daglige observasjoner er det i Flødevigen siden juni 1992 registrert forekomst av glassmanet (*Aurelia aurita*) og brennmanet (*Cyanea capillata*). Det telles opp hvor mange maneter som kan sees i et visst område utenfor kaien (figur 3.14). Antall maneter blir ofte konsentrert av vind og strøm og er derfor ikke alltid representative for forekomster over større områder.

Glassmanetene dominerte i antall fra april til langt ut i august, men var ikke så tallrike som i 1993 og 1994. Brennmanetene kom allerede i april, noe som er tidligere enn i de foregående årene. De hadde en forholdsvis jevn tallrikhet utover sommeren, men det var en topp i slutten av juli. Det er vanlig at glassmanetene har de største konsentrasjonene før brennmanetene opptrer i noe antall men i 1995 opptrådte de mer samtidig og i moderate tettheter. Fra oktober og ut året var det så å si ikke stormaneter å se i sjøen.

Zooplankton - krill

Forekomster av krill ble i 1995 undersøkt med MIK-planktonhåv langs snittene Oksøy-Hanstholm og Torungen-Hirtshals i mai og august med tilsammen ca 50 trekk. Alle trekkene ble utført i mørke i dyp ned til 100 meter men enkelte trekk ned til 250 meter.

De artene som fantes i Skagerrak i mai og som vanligvis er dominerende var *Meganyctiphanes norvegica* og *Thysanoessa inermis*. Også

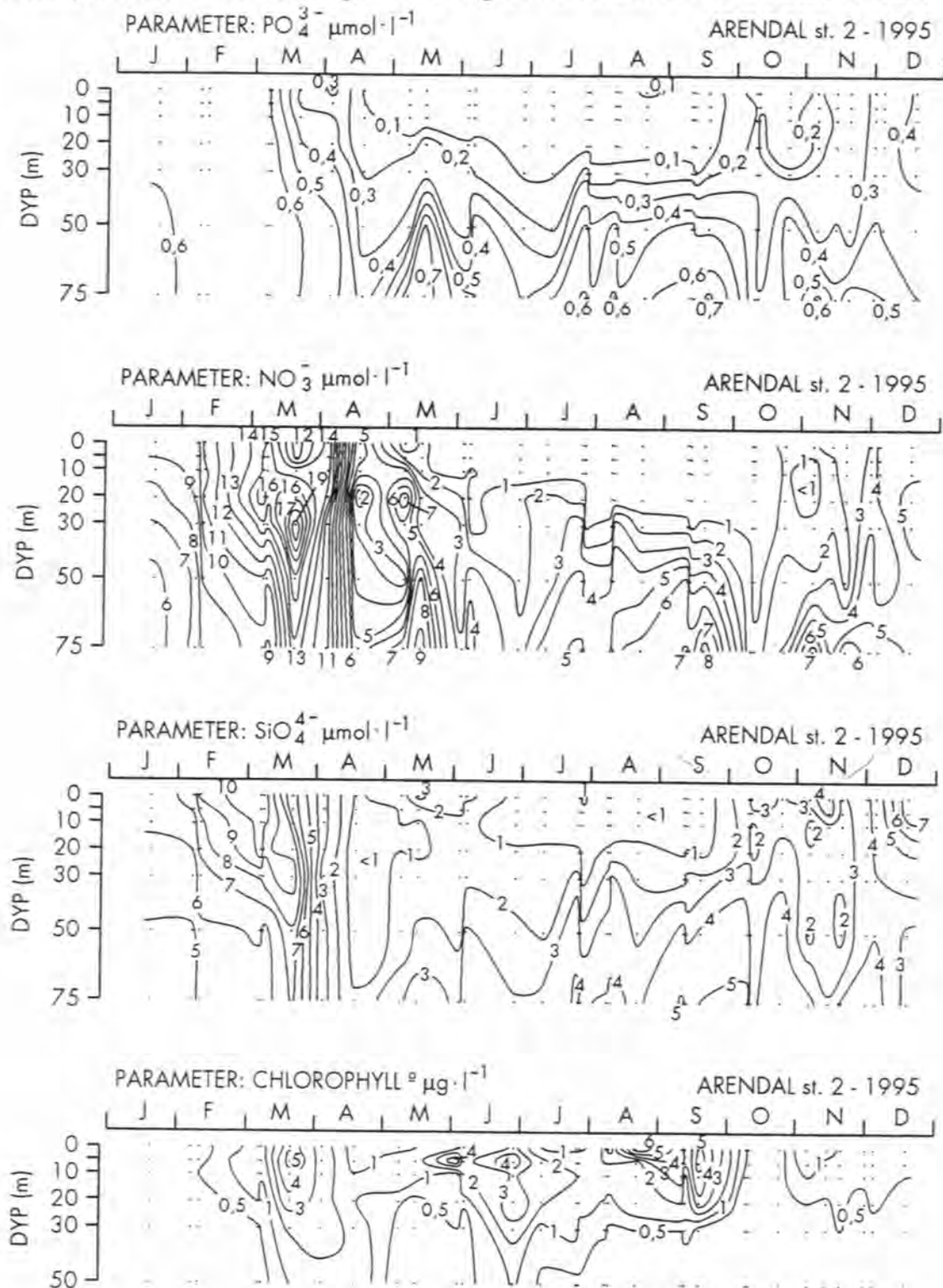


Figur 3.11 Vertikalfordeling av nitrat på snittet Torungen-Hirtshals 7. mars 1995.
Vertical distribution of nitrate in March 1995 at the transect Torungen - Hirtshals.

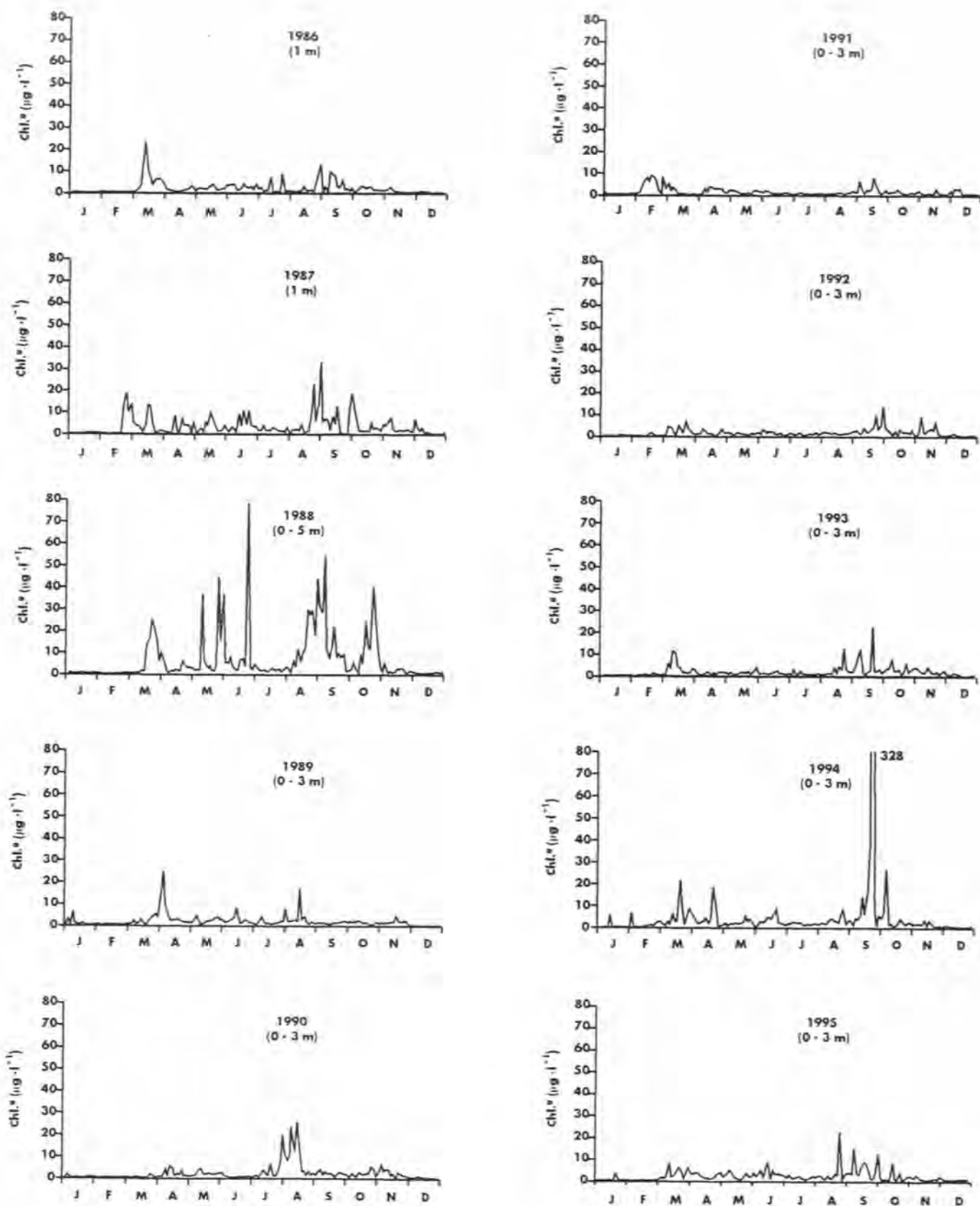
Nyctiphanes couchii var vanlig forekommende mens *Thysanoëssa longicaudata* var mindre vanlig. Det ble registrert bare tynne bestander av krill. Unntaket var over skråningen ved ekko-dyp 240-200 meter utenfor Hanstholm hvor det ble funnet forhøyet tetthet av ett - to år gamle

M. norvegica i det innstrømmende atlantiske vannet. *M. norvegica* av 1995-generasjonen og 6-14 mm total lengde ble funnet i lave antall langs Hirtshalssnittet og utenfor Oksøy.

I august var tettheten av krill i hele det under-



Figur 3.12 Fosfat, nitrat, silikat og klorofyll-a i 1995 i de øverste 75 meter, ca 1 n.m. Utenfor Torungen fyr ved Arendal.
Phosphate, nitrate, silicate and chlorophyll-a during 1995 at station 1 n.m. outside Torungen lighthouse near Arendal.



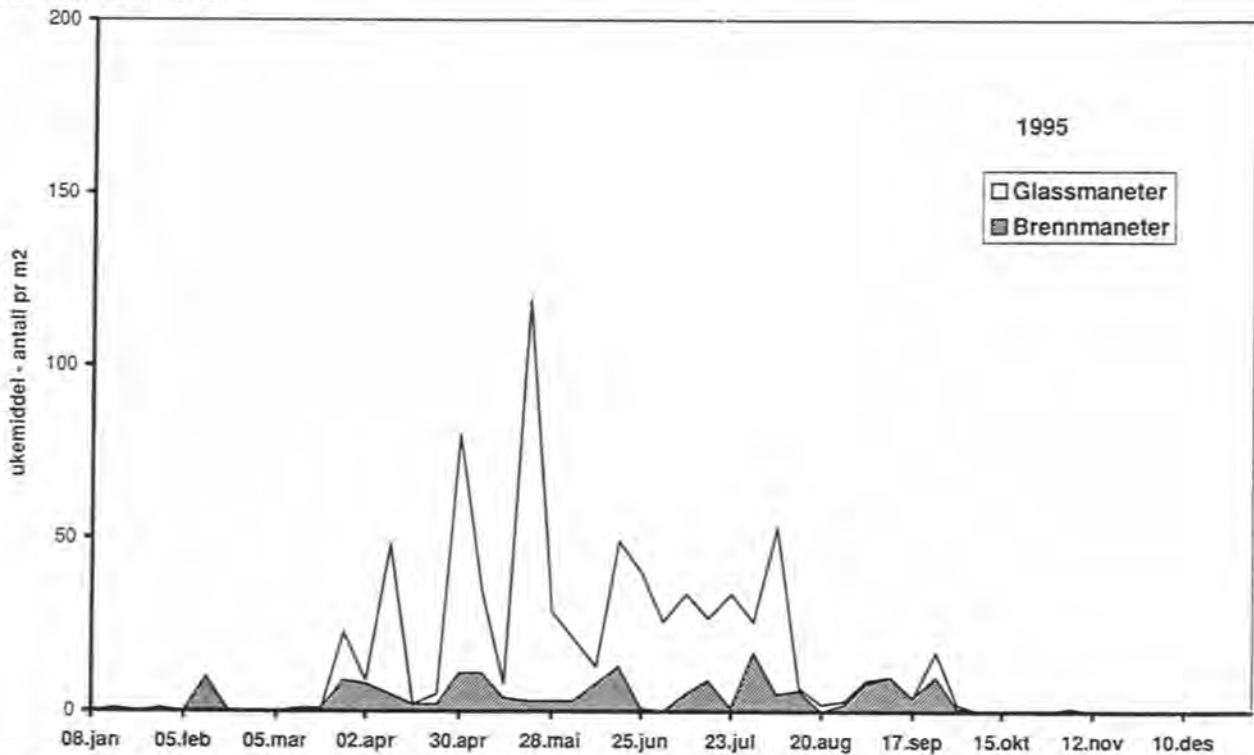
Figur 3.13

Klorofyll-a i overflaten ved Forskningsstasjonen Flødevigen gjennom de siste ti år, 1986-1995.

Chlorophyll-a in the surface layer at Flødevigen Marine Research Station during the last 10 years, 1986-1995.

søkte området meget høyere enn det vi har observert tidligere og bestående av kun *M. norvegica* og *T. inermis*. Det langt største antallet bestod av 1995-generasjonene som var henholdsvis 7-20 og 8-17 mm i total lengde. Det aller meste av krillen stod i 10-20 meters dyp om natten. De største individtettheter ble beregnet til over 32 *M. norvegica* og 7.8 *T. inermis* pr m³. Bare meget få var 1-2 år gamle *M. norvegica* som var 27-39 mm i total lengde. Disse var likevel de dominerende målt som biomasse.

Fordelingen av krillforekomstene i august kunne ikke knyttes opp mot fordelingen av atlantisk vann. Betydningen av eventuell rekruttering av krill fra Norskehavet med innstrømmende vann langs skråningen i Norskerenna kunne derfor ikke verifiseres. Hvis næringsforholdene for krill var gode utover høsten og vinteren 1995, ville det kunne gi gode næringsforhold for for eksempel sild i Skagerrak som er en viktig predator på krill.



Figur 3.14 Forekomst av brennmanet (*Cyanea capillata*) og glassmanet (*Aurelia aurita*) i Flødevigen i 1995.
Number of the scyphozoan jellyfish *Cyanea capillata* and *Aurelia aurita* given as weekly mean.

3.3 Skadelige alger

For å kunne varsle fiskeoppdrettere og skjelldyrkere om risiko for skadelige planteplanktonforekomster før problemer oppstår, har Havforskningsinstituttet siden 1981 overvåket *Gyrodinium aureolum*, som kan gi brun sjø og fiskedød, og siden 1984 slekten *Dinophysis*, som regnes som årsaken til problemene med diaréfremkallende gift i skjell. Etter en stor og dra-

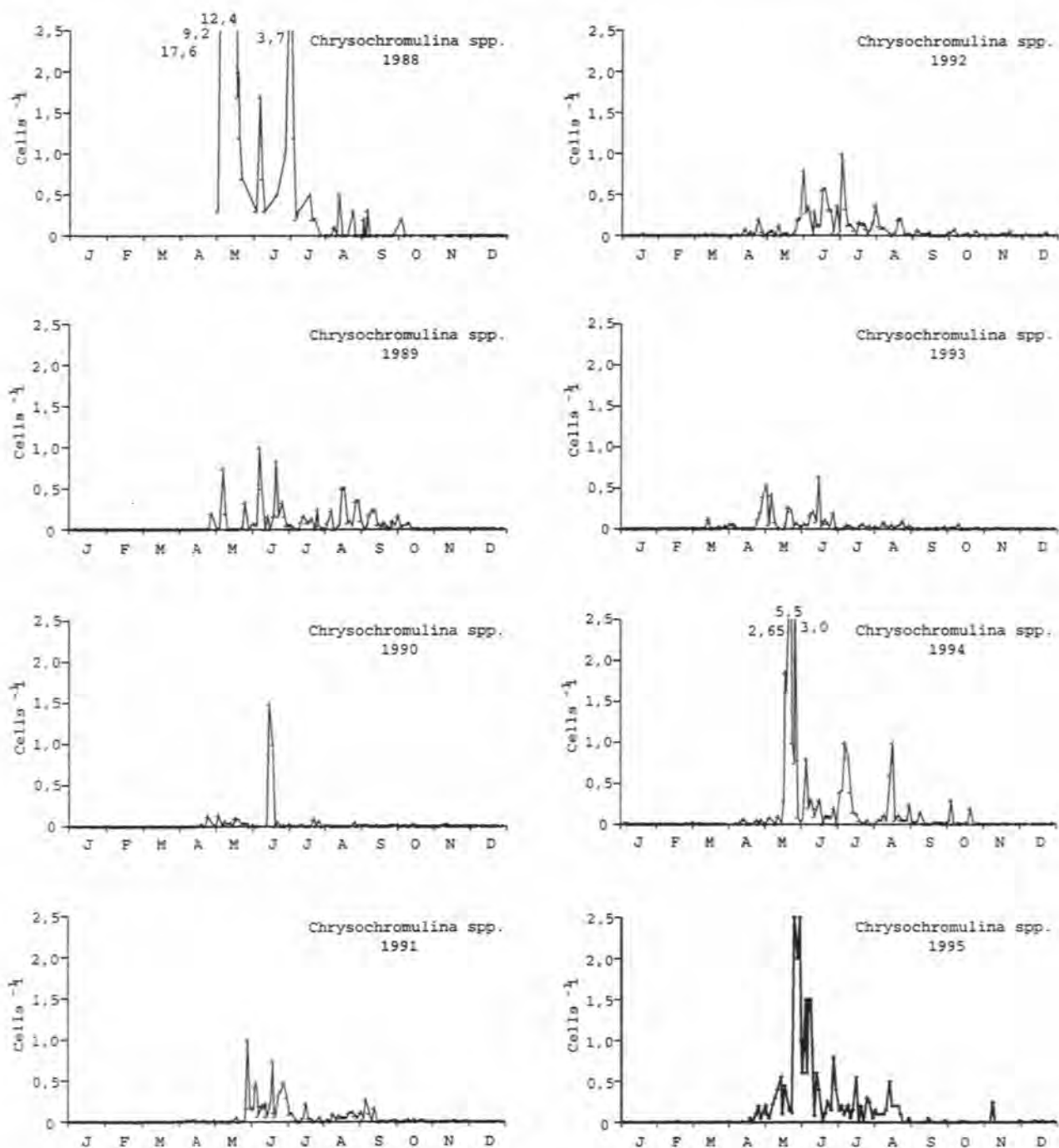
matisk oppblomstring av *Chrysochromulina polylepsis* i mai 1988 kom også *Chrysochromulina*-slekten med i overvåkningsprogrammet. Resultatene av overvåkingen har etterhvert også fått en videre interesse både innen forvaltning og forskning. Man spør seg om oppblomstringer av skadelige alger skjer hyppigere enn tidligere og om slik oppblomstringer i noen

grad kan skyldes menneskelig aktivitet. En systematisk overvåking, som går over tid, vil kunne gi innsikt i slike problemstillinger.

Erfaringsmessig har de fleste større, skadelige algeoppblomstringer startet i Skagerrak, for så å bli spredd med kyststrømmen. En overvåking

i Skagerrak, hvor kyststrømmen starter, har derfor gitt et grunnlag for også å si noe om mulig oppreden av disse algene på Sørvest- og Vestlandet.

Idag bygger overvåkningsprogrammet i regi av Havforskningsinstituttet på følgende prøvesett:



Figur 3.15

Chrysochromulina spp. (106 celler/l) i overflaten ved Forskningsstasjonen Flødevigen gjennom de siste åtte år, 1988-1995.

Chrysochromulina spp. (106 cells/l) in the surface layer at Flødevigen Marine Research Station during the last 8 years, 1988-1995.

1) vannprøver i et snitt på tvers av Skagerrak ca hver måned, 2) vannprøver (0-3meter) annen hver dag fra Flødevigen og 3) eventuelt ekstraprøver i perioder med økt risiko for oppblomstring av skadelige alger.

Etter oppblomstringen av *Chrysochromulina polylepis* i 1988 økte etterhvert den nasjonale innsatsen på algeovervåkning. I 1995 var foruten Havforskningsinstituttet også Fiskeridirektoratet/Fiskerisjefen for Skagerrak, OCEANOR, Nordlandsforskning, NIVA, Veterinærhøgskolen, Næringsmiddelkontrollen i Dalane og Statens Næringsmiddeltilsyn involvert i algeovervåkning.

Skagerrak

I 1995 var det relativt lite skadelige planktonalger langs kysten av Skagerrak og derved også få problemer. *Chrysochromulina*-slekten var, som vanlig, mest tallrik i mai-juni og ble registrert med opptil 5,5 millioner celler/l i Flødevigen i slutten av mai, deriblant en betydelig andel av *Chrysochromulina polylepis*. Testing av vannets giftighet på krepsdyret *Artemia salina* viste at det var svakt giftig (Bente Edvardsen, Universitetet i Oslo, Biologisk Institutt). Det ble også registrert økt dødelighet i et lakseoppdrett i Grønsfjorden like vest for Lindesnes som kan ha skyldtes *Chrysochromulina*. Ellers ble det ikke meldt om problemer under denne oppblomstringen.

Gyrodinium aureolum forekom rikelig i september, men uten at det opstos masseforekomster som gir brunlig sjø. På det meste ble det registrert ca 100 000 celler/l på snittet Torungen-Hirtshals 12. september, og 220 000 celler/l i Flødevigen den 18. september. På den tiden skyldtes spor av brunlig sjø langs kysten store forekomster av dinoflagellaten *Ceratium furca*, som også tidligere år har gitt brunlig sjø. Den høyeste konsentrasjonen som ble registrert av *C. furca* i Flødevigen var 350 000 celler/l den 25. august. *C. furca* er ikke giftig, men kan gi grumset sjø og uønsket stor biomasse, som krever oksygen fra sjøen ved nedbrytning.

I månedskiftet august-september kom det mel-

dingen om rødlige striper i sjøen langs land i enkelte bukter på kysten av Skagerrak, blant annet i Fossingfjorden ved Kragerø (Gunnar Kvalnes, Kragerø Lensmannskontor). Krabber og reker så ut til å mistrives i slikt vann, som i hovedsak skyldtes masseforekomst av den heterotrofe dinoflagellaten *Polykrikos schwartzii*. Den har også tidligere år opptrådt som striper av rødlig sjø.

Forekomsten av algeslekten *Dinophysis*, med *D. acuminata*, *D. acuta* og *D. norvegica* som de vanligste artene, var relativt beskjeden i 1995 og fulgte det vanlige mønsteret. Derved var også problemene med diarégivende gift i skjell små. Gjennom hele vinteren til ut i mars var det spor av gift i skjellene. Det var trolig rester av gift som hadde hopet seg opp i løpet av senhøsten. I perioden mai-juli var det et par registreringer av diarégivende gift i skjell langs kysten, og publikum ble også ut fra algesituasjonen advart mot dette. Fra slutten av juli til november var skjellene fri for gift, men mot slutten av året ble det igjen registrert litt diarégift i skjell fra Flødevigen.

Den farlige, paralytiske eller lammende skjellgiften ble bare såvidt registrert i Oslofjorden i mengder godt under faregrensen. Algeslekten *Alexandrium* som kan bære slike gifter i seg, ble bare påvist som enkeltceller i håvtrekk.

I oktober kom det meldinger, både fra torske- og lakseoppdrettere langs kysten av Skagerrak, om økt dødelighet blant fisken. I enkelte torskeoppdrett døde det meste i merdene. Oppdretterne hadde det samme problemet omtrent på samme tid i 1994. Trolig skyldtes dødeligheten forekomst av relativt mye små maneter i sjøen som kan tenkes å tette igjen gjellene på fisken, blant annet det såkalte Ephyra-stadiet av vanlig brennmanet. Ephyra-stadiet av brennmanet kan i tillegg tenkes å lage sårskader ved sine nesleceller. Det ble registrert økte mengder av små maneter i Flødevigen på samme tiden.

Det er Norges Veterinærhøgskole, med professor Tore Aune som ansvarlig, som utfører testingen av algegifter i skjell og hjelper Statens Næringsmiddeltilsyn med å utarbeide råd til pu-

blikum for bruk av viltlevende skjell langs kysten. Det kan leses mer om giftige alger, som kan hoppe opp i skjell og gjøre dem uegnet til konsum, i artikkelen lenger bak: "Algegifter i skjell - et problem til å leve med."

Resten av kysten

Langs kysten, fra Rogaland og nordover, var det i første rekke andre institusjoner enn Havforskningsinstituttet som overvåket alger. I sum var forekomsten av skadelige alger i 1995 relativt beskjeden. I Rogaland var det som vanlig, noe *Prymnesium* i juli-august, og i den forbindelse noe fiskedød i oppdrettsanlegg, men sammenhengen mellom forekomst av algen *Prymnesium* og fiskedød var ikke så klar som tidligere år. Nord for Rogaland var det i løpet av året også noen episoder med forhøyet dødelig-

het blant oppdrettsfisk uten at det kunne knyttes spesielt til forekomst av skadelige alger og derfor også kan ha hatt andre årsaker.

Mens forekomsten av diarégift i skjellene i store trekk var mindre på Vestlandet enn langs kysten av Skagerrak, så var forekomsten av paralytisk gift i skjell mer fremtredende på Vestlandet, særlig på Nordvestlandet. I 1995 ble det lokalt registrert slik gift i skjell på hele strekningen fra og med Rogaland til og med Trøndelag, mest i perioden mai-juni. Nord for Trøndelag har det vært få problemer med skadelige alger, det var det heller ikke i 1995. Gjennom september, den siste måneden skjellovervåkingen var landsdekkende i 1995, var skjellene giftfrie fra Svenskegrensen til Troms, det vil si langs hele kysten som omfattes av overvåkningsprogrammet.

3.4 Forurensning

Havforskningsinstituttet har hatt flere prosjekter i 1995 knyttet til miljøeffekter av forurensning i Nordsjøen og Skagerrak. To prosjekt kan trekkes frem som eksempler på denne aktiviteten.

Et program på Maringeologisk kartlegging av norske havbunnsområder (MGK) ble startet i 1988 da Norges geologiske undersøkelser (NGU) ble tillagt et koordineringsansvar for kartlegging av øvre lag innen norske havbunnsområder. Det første store prosjektet innen dette programmet har vært en kartlegging av havbunnen i Skagerrak. Prosjektet som startet i 1992, er en tverrfaglig studie gjennomført som et samarbeidsprosjekt mellom NGU, Havforskningsinstituttet, Universitetet i Bergen, Statens Kartverk-Sjøkartverket, Statens Forurensningstilsyn, Universitetet i Oslo, Universitetet i Gøteborg og Laboratoriene i Risø. Prioriterte oppgaver i Skagerrakprosjektet har vært:

- forurensningsundersøkelser

- ressursundersøkelser (ikke-levende ressurser)
- undersøkelser relevante for petroleumsaktiviteter
- klimaundersøkelser
- regionale geologiske sammenstillinger

Havforskningsinstituttets faglige interesse i MGK-programmet er i første rekke knyttet til fiskerier og miljø. Skagerrak er et viktig område for oppvekst og produksjon av fisk. Samtidig tilføres området betydelige mengder forurensning. Store deler av vannet fra Nordsjøen og Østersjøen, samt deler av avrenningen fra landområder i Norge og Sverige, strømmer gjennom Skagerrak. Området er det dypeste i Nordsjøen og vannmassene som går igjennom fører med seg finkornige sedimenter som sedimenteres. Skagerrak er i volum det klart viktigste avsetningsområde for partikkelmateriale fra Nordsjøen. Av de ca. 25 millioner tonn finkornig materiale som årlig tilføres Nordsjøen, transporteres ca. 17 millioner tonn til Skagerrak med havstrømmene.

Totalt er det anslått en total årlig sedimenttilførsel til Skagerrak på ca. 30 millioner tonn. Mange miljøgifter, både metaller og organiske forbindelser er bundet til dette finkornige materialet..

Analyser av kjerneprøver som NGU har utført, viser at innholdet av giftige tungmetaller i sedimentene i Skagerrak ikke er spesielt høyt. For ca. 75 % av arealene på norsk side er tilførselene av tungmetaller uforandret eller mindre enn i 1950. I den dypeste delen av Skagerrak øker derimot fortsatt innholdet av for eksempel bly og kvikksølv. Mindre områder har mer enn dobbelt så høyt innhold som i 1950. Nedgangen i konsentrasjonene av tungmetaller i sedimentene reflekterer muligens reduserte utslipp i naturen, mens økningen i de dypeste delene trolig skyldes tidligere forurenset erodert materiale fra den sørlige Nordsjøen som fortsatt transporteres inn i Skagerrak.

Havforskningsinstituttet har påtatt seg et ansvar for analyser av organiske miljøgifter i sedimentprøver fra Skagerrak og øvrige deler av Nordsjøen, både i forbindelse med Skagerrakprosjektet og i forbindelse med utarbeidelsen av en miljøstatusrapport for Nordsjøen. De høyeste konsentrasjonene av organiske miljøgifter finner vi i Skagerrak og Kattegat, mens verdiene i Nordsjøen er lavere. Dette har sammenheng med at slike miljøgifter i stor grad er bundet til organisk materiale og finkornige partikler som synker ut. Kartet (figur 3.16) viser fordelingen av benzo(a)pyrene, en kreftrfremkallende PAH-forbindelse (tjærestoffer). Konsentrasjonene i Skagerrak er betydelig forhøyet i forhold til naturlige bakgrunnsverdier, og må i henhold til SFTs klassifikasjon karakteriseres som "nokså dårlig". Tilsvarende bilde over forhøyete konsentrasjoner vises også for andre organiske miljøgifter som PCB og klorerte plantevernmidler. Havforskningsinstituttet vurderer det som en risiko at de sedimentbundne miljøgiftene kan transporteres inn i de marine næringskjeder og påvirke fisken i området. Dette undersøkes nå i et eget prosjekt.

Skagerrakprosjektet har også avdekket spor av oljeaktiviteten i Nordsjøen ved at en økning av barium er registrert i sedimentene etter ca. 1970.

Mineralet barytt som inneholder mye barium, er den viktigste ingrediensen i boreslam. Store mengder blir sluppet ut i forbindelse med oljeboringen i Nordsjøen. Dette er transportert med havstrømmene mot indre deler av Skagerrak, noe som demonstrerer at utslipp fra oljevirkomheten i Nordsjøen har en større utbredelse enn man tidligere har trodd og ofte ender opp i Skagerrak.

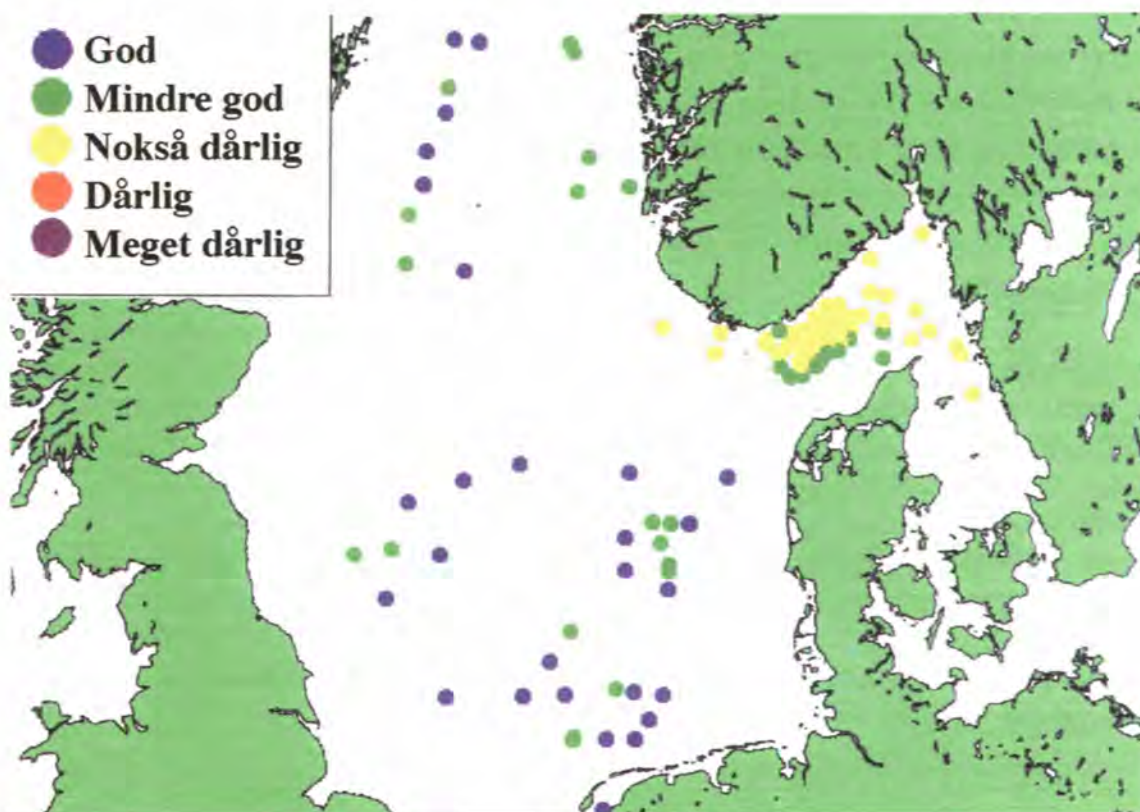
Skagerrak utgjør et nøkkelområde for fremtidig overvåkning av miljøtilstanden i Nordsjøen. I 1993 North Sea Task Force Quality Status Report fremheves området sammen med Kattegat under "issues of concern" på grunn av problemer som skyldes økte tilførsler av næringssalter, og på grunn av den høye forekomsten av miljøgifter i bunnsediment. MGK-programmet gir grunnlagsdata som er viktige for anvendelse av bunnsediment i fremtidig overvåkning av Skagerrak. Utover det å registrere forekomst og konsentrasjoner av forurensning, fremskaffes også detaljert kunnskap om sedimentasjonshastighetene og bunntypene i de ulike delene av området. Dette er informasjon som er av stor betydning for en riktig tolkning av forurensningsdataene.

Miljøgiftundersøkelser i Byfjorden/Bergen og tilliggende fjordområder, som ble gjennomført som et samarbeidsprosjekt med Norsk institutt for vannforskning (NIVA), kan trekkes frem som et eksempel på lokale undersøkelser som Havforskningsinstituttet har vært engasjert i i 1995. Målsetningen ved undersøkelsen var blant annet å kartlegge nivåene av tungmetaller og organiske miljøgifter i sedimenter, fisk og skalldyr som følge av tilførsler fra lokale kilder. Videre var oppgaven å vurdere nivåene av miljøgifter i forhold til foreslåtte kvalitetskriterier og bidra til næringsmiddelmyndighetenes bedømmelse av kvaliteten av sjømat. Havforskningsinstituttet deltok i denne undersøkelsen først og fremst for å gi et bedre bilde av betydningen lokale kilder kan ha for forurensningsbelastningen i norske kystområder.

Undersøkelsene viste at bunnsedimentene fra flere lokaliteter i Bergen og tilliggende fjorder var sterkt metallforurensede med høye konsen-

trasjoner av kvikksølv, kadmium, bly, kopper og krom som følge av tilførsler fra lokale kilder. Et tilsvarende bilde ble funnet for polyklorerte bifenyler (PCB), olje (THC) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH). I torsk, lomre, ål og krabbe ble det på de fleste fangsstedene funnet tydelig til sterk grad av forurensning av PCB. Jevnført med antatt nivå i mer åpne områder uten direkte innflytelse av punktkilder, er det i lever av torsk registrert klare overkonsentrasjoner med opptil 13 ganger høyere verdier enn det som naturlig kan observeres. Blåskjellresultater fra Byfjorden vitner om PCB-belastning på overflatelaget i enkelte om-

råder. I blåskjellene ble det flere steder påvist oljepåvirkning (høyt THC-innhold). Det fremkom også resultater på andre stoffgrupper som viste at undersøkelsesområdet var forurenset. Resultatene aktualiserer et omfattende arbeid med å få sporet kilder som grunnlag for iverksetting av forurensningsbegrensende tiltak. Likeledes vil det være behov for å følge situasjonen ved overvåking. Situasjonen ved Bergen er dessverre ikke et enkeltstående tilfelle. Undersøkelser fra andre norske byer viser også at utslipp fra lokale kilder gir grunn til bekymring.



Figur 3.16. Kartet viser fordelingen av Benzo(a)pyrene, et kreftfremkallende stoff, i overflate sediment. Konsentrasjonene i Skagerrak er betydelig forhøyet i forhold til naturlige bakgrunnsverdier og må i henhold til SFT's klassifikasjon karakteriseres som "nokså dårlig".

This map shows the distribution of Benzo(a)pyrene, a well known carcinogen, in surface sediments. The concentrations in Skagerrak are elevated compared to natural background concentrations and are classified according to the Norwegian State Pollution Control Authority (SFT) as "fairly bad".

4. AKTUELLE TEMA

FORVALTNING AV STORTARE - EN NY OG VIKTIG OPPGAVE

av
Jan Helge Fosså

Forvaltningsansvaret for tang- og tareresursene ble 13. juli 1995 formelt tillagt Fiskeridepartementet med Fiskeridirektoratet som det utøvende organ. Tang og tare omfattes av kontinentalsokkeloven, men inntil nylig hadde myndighetene ikke etablert noen regulering i medhold av denne loven, og derfor har forvaltningsansvaret tidligere ikke vært delegert til noe bestemt departement.

Fiskeridirektoratet har hatt myndighet til å fastsette forskrifter om taretråling og fiske der disse skjer på samme område i medhold av saltvannsfiskekollen. Dette hadde til hensikt å hindre interessekonflikter mellom fiskere og taretrålere. Fiskeridirektoratet har ved forskrift foretatt en fylkesvis inndeling av kystområder i trålfelter som har vært trålt med 4 års mellomrom (nå utvidet til 5 år). Næringen har i forståelse med Fiskeridirektoratet begrenset sin virksomhet til bestemte områder.

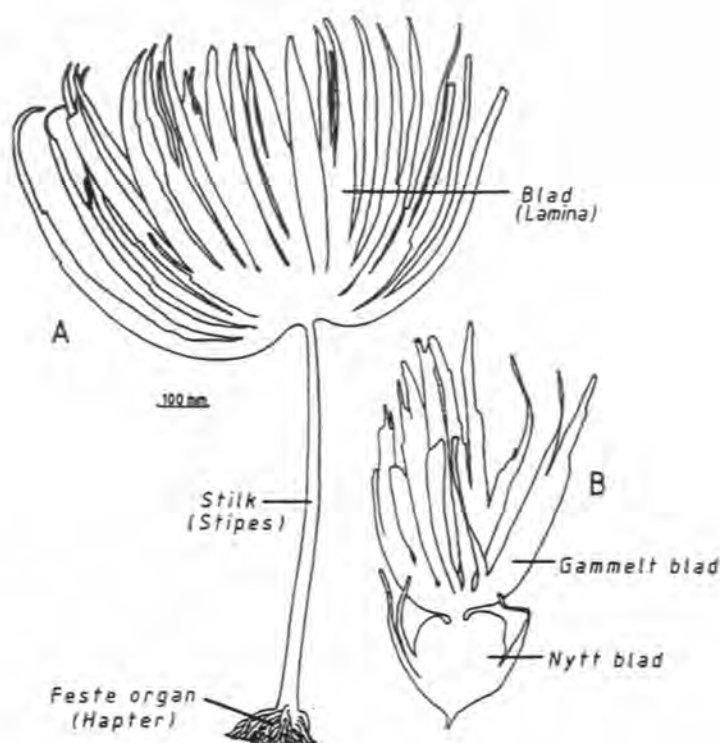
Mangelen på formelt forvaltningsansvar har ført til mangel på en målrettet og koordinert forvaltningsrettet forskning. Bakgrunnen for endringen i forvaltningsansvaret er den økende interessen for utnyttelse av tare og de motsetningsforhold utnyttelsen har medført i forhold til bl.a. fiske og naturverninteresser. Fiskere hevder bl.a. at tareskogen er viktig som oppvekstområde for fiskekyngel og spisested for fisk, og tradisjonelle taretrålingsfelt blir stengt ved opprettelsen av naturreservat og fuglefredningsområder. Mange ser gjerne at taretrålingen opphører, eller at man i hvert fall ikke åpner nye trålfelt før man har fått mer kunnskap om konsekvensene for annet liv i havet.

Tareskogen sies å ha en bølgedempende virkning, og på Jæren mener man at taretrålingen har vært en medvirkende årsak til en øket erosjon av sandstrendene de senere år. Usikkerheten blant deler av kystbefolkningen omkring taretrålingens effekter, og den manglende kunnskapen, hindrer planleggingen av et optimalt ressursuttak i forhold til både tareressursene, fiskeressursene og naturmiljøet.

Stortareskogen langs norskekysten danner en naturtype på omtrent 5 000 km² og i tillegg kommer 5 000 km² hvor også andre makroalger kan dominere. De samlede algebevokste områdene tilsvarer altså landets samlede jordbruksareal som er 10 826 km² eller det produktive lauvskogsareal som er 13 534 km². Produksjonen i en tareskog er meget høy og er på nivå med produksjonen i en tropisk regnskog eller en hveteåker. De offentlige bevilgningene til forskning omkring stortareskogen står neppe i forhold til den økologiske betydningen av denne naturtypen og til stortare som utnyttbar ressurs.

Generelt om stortare

Stortare finnes bare i den Nordøstlige delen av Atlanterhavet. Den vokser fra Portugal i sør, til litt inn i Russland i nord. Den vokser langs hele norskekysten, på vestkysten av Sverige og inn i Kattegat og på de nordlige delene av Danmark. På Island finnes den rundt hele øyen bortsett fra deler av sørkysten. Den finnes på Færøyene, Orknøyene, det meste av de Britiske øyer og kanaløyene. Den finnes på Helgoland, men ikke i resten av Tyskland, og den mangler i Holland. I Frankrike forekommer arten fra Normandie og sørover til Biskaibukten hvor den forsvinner på grunn av for høy temperatur. Den kommer igjen på den spanske nordkyst hvor vannet blir kal



Figur 4.1

A. Stortare (*Laminaria hyperborea*) består av tre hoveddeler; blad, stilk og festeorgan. Stortare har ikke røtter, men tar næringsstoffene fra vannet gjennom bladets overflate. B. Stortarens blad er ettårig mens stilken og festeorganet er flerårige. På senvinteren begynner et nytt blad å dannes fra toppen av stilken. Det gamle bladet skyves foran og "kastes" i mai måned. Det nye bladet vokser ved å ta næringsstoffer fra det gamle bladet og ved fotosyntese.

A. *Laminaria hyperborea* is differentiated into three parts; frond, stipe and holdfast. B. The frond is annual and the stipe and holdfast are perennial. During winter a new frond is formed. The new blade pushes the old blade ahead and in May it is thrown away. The new frond grows by taking nutrients and energy from the old frond and from photosynthesis.

dere, og har sin sørgrense ved Kapp Mondego i Portugal. Den sørlige grensen er trolig forårsaket av en vekst- og reproduksjonsgrense.

Stortaren er mest utbredt på den eksponerte delen av kysten og danner her de typiske stortare-skogene på 1.5-2 m høyde. Optimumsområdet regnes å være i Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag. I Skagerrak har stortaren et atypisk utseende og forekommer bare på større dyp, og i ytre Oslofjorden blir den nokså puslete av vekst. Morfologisk består stortaren av et festeorgan (hapter) som fester planten til substratet, og en stiv stilk (stipes) som holder det flikete bladet (lamina) oppreist (figur 4.1).

Stortaren tåler i langt mindre grad enn andre algearter å bli tørrlagt og vokser stort sett under vann,

selv om den ved stor fjære kan stikke opp over havoverflaten. Den nedre utbredelsesgrensen bestemmes i hovedsak av lyset og finnes på dybder hvor 0.5-1.4 % av overflatelystet er tilbake. Den nedre grensen for såkalt tareskog går ved en lysmengde på omtrent 5 % av overflatelystet. Stortarens nedre grense varierer derfor mellom 1 meter i meget forurenset vann til 36 meter i klart vann. Langs norskekysten i områdene hvor stortaren høstes, ligger dybdegrensen rundt 30 meter. Dybdeutbredelsen kan ellers bestemmes av andre forhold som kråkebollebeiting, substrattypen, topografi og eksponering. De høyeste biomassene finnes grunnere enn 6 meter og generelt vil antall individer, individvekt og følgelig også biomasse per arealenhet avta med dypet.

Veksten av stortare har et sterkt sesongmessig

preg, og er kontrollert av en indre rytme hvor daglengden virker synkroniserende. Hvert år vokser det ut et nytt blad fra toppen av stilken og det gamle bladet felles (se figur 4.1). Korte dager som følger lange dager setter i gang veksten av stortare og synkroniserer på den måten veksten til årstiden. Det nye bladet begynner å dannes i den mørkeste tiden, desember-januar. Denne prosessen kan foregå selv i mørke. Om høsten er (det gamle) lamina rikt på lagringsstoffene laminaran og mannitol, og det nye bladet vokser ved blant annet å forbruke disse lagringsstoffene. Det nye bladet får tilskudd ikke bare fra reservene fra det gamle bladet, men også fra assimilering av det gamle bladet. Når lyset om våren når over kompensasjonsnivået overtar fotosyntesen og fra da av er veksten av plantene avhengig av lys og tilgjengelige næringsalter. Det gamle bladet felles i mai. Det nye bladet vokser frem til juni, og gjennomsnittlig veksthastighet for stortarebladet på den tiden av året det vokser best er for en tre-åring 0.94 cm per døgn. Resten av sommeren og høsten er veksten meget lav og fotosynteseproduktene blir brukt til å bygge opp lagrene av hydrokarboner for neste vinter. Vekststagnasjonen om forsommeren skyldes lange dager (> 16 timer lys).

Ved å starte veksten av det nye bladet om vinteren ved hjelp av opplagsnæring, oppnår stortaren å stå klar med et nytt blad når lysnivået blir høyt nok til netto fotosyntese. På denne tiden av året er også temperaturen på det laveste. Det betyr at respirasjonen, som øker sterkt med temperaturen, er lav, og mest mulig av opplagsnæringen går til vekst. Samtidig er også næringskonsentrasjonene høye etter vinterens regenerering. Plantene kan også dra mest mulig nytte av oppstrømningssituasjonene som ofte forekommer langs vestkysten om våren. Biomasse og produksjon varierer med faktorer som geografisk sted, eksponering og dyp. Biomassen i en velutviklet tareskog kan ligge på 15 kg m⁻². Ved en slik biomasse vil produksjonen være omtrent 6 kg m⁻² år⁻¹, eller 540 g C m⁻² år⁻¹.

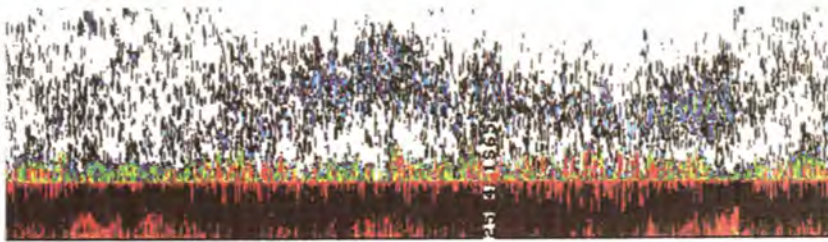
Høsting av stortare

I Europa brukes stortare som råstoff til alginatindustrien og er en av de artene som høstes i størst

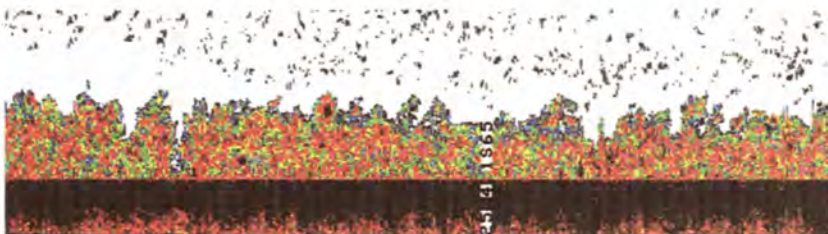
kvanta. I de seneste årene har uttaket ligget rundt 165 000 tonn i Norge. Dette representerer en førstehåndsverdi på godt og vel 20 millioner kr og en eksportverdi av alginatprodukter på 400-500 millioner kr. Utnyttelsen i andre land er til sammenligning liten; Irland 9500 tonn, Skottland 3000 tonn og Frankrike 490 tonn. I Skottland høstes taren på strendene etter vinterstormene. Dette er også den mest utbredte høstemetoden i de andre landene. Både i Frankrike og Skottland har man forsøkt å mekanisere innhøsting av taren i havet, men har så langt ikke lykket som i Norge. Forsøkene i Frankrike ble skrinlagt bl. a. etter protester fra fiskere som var bekymret for at fjerning av tare ville føre til nedgang i mengden fisk og skjell. Frankrike har i det aller seneste tatt opp igjen tanken på å utnytte stortaren.

Trålingen foregår på fjell- og steinbunn i og utenfor skjærgården hvor bunnen ikke er for bratt. Det beste er å tråle på flat eller svakt skrånende fjellbunn hvor vegetasjonen er tett og jevn. På Jæren står det meste av stortaren som tråles på store rullesteiner. Trålen ser nesten ut som en kjempestor bærplukker og henger i en wire og blir operert av en kraftig hydraulisk kranarm og vinsj. Trålen samler taren mellom kraftige tinner og rykker opp hele planten med blad, stilk og festeorgan.

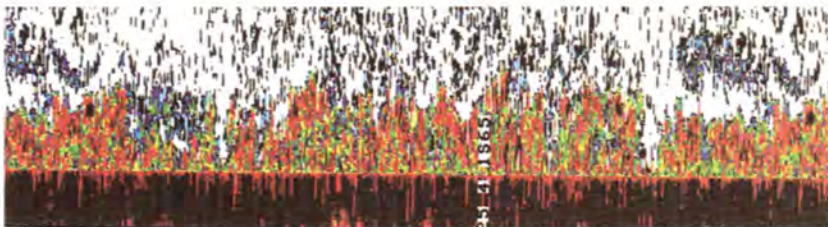
Innhøstingen drives hele året, og man tar gjerne de mest eksponerte og værharde områdene om sommeren og de mer beskyttede om vinteren. Brukbare felter kan letes opp med ekkolodd. På ekkoloddet leser man lett av tarehøyden og med erfaring kan man også bestemme mengden. Et trålhal varer noen få minutter og gjennomsnittlig fangst per hal er rundt 800 kg. Ved gunstige værforhold kan en båt høste 40-50 tonn i timen. Taretrålerne kan ta fra 50 til 120 tonn i en last. Omkring halvparten av taren høstes av trålere som er utviklet og eid av Pronova Biopolymer a.s. Den andre halvparten høstes av næringsdrivende med egne høsteredskaper, basert på Pronovas teknologi. Totalt er 15 fartøyer involvert i høsting av tare. Taren leveres til selskaps mottaksstasjoner som er Kvitsøy og Vor-medal i Rogaland, Buskøy i Sogn og Fjordane, og Steinshamn og Vevang i Møre og Romsdal.



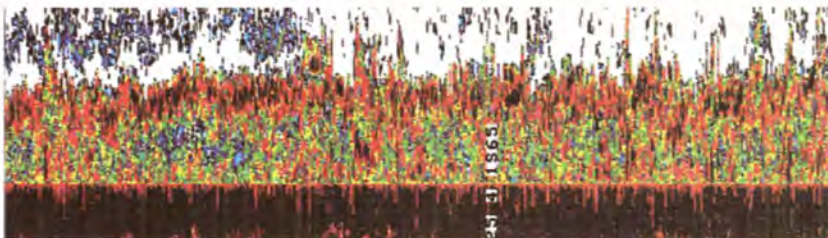
A. $0,5 \text{ kg m}^{-2}$



B $4,2 \text{ kg m}^{-2}$



C $3,6 \text{ kg m}^{-2}$



D $20,5 \text{ kg m}^{-2}$

Figur 4.2

Stortare på ekkogram fra fire forskjellige steder på Mørekynten (A-D) hvor biomassene ble bestemt ved dykkerprøver. Figuren viser bunnskanalen hvor bunnen er tett brun og vi ser 3 m over bunnen på hver figur. A viser et område hvor det egentlig ikke er tareskog, men hvor vi finner arten. B viser en tett og jevn tareskog med en høyde på godt og vel 1 m. C er fra et sted hvor det har vært trålt og høyden varierer mellom 40 og 170 cm. Taren er her flere steder kraftigere og tettere enn på B, men trålingen gjør at gjennomsnittlig biomasse er lavere. D representerer et område med stor (høyde opp til 2.5 m) og gammel tare (opp til 13-14 år) med en gjennomsnittlig biomasse på over 20 kg m^{-2} . Resultater fra samarbeidsprosjekt mellom Havforskningsinstituttet og Møreforsking.

Laminaria hyperborea on echogram from four different places at Møre (A-D). Kelp biomass was determined from sampling with SCUBA diving. The bottom has a dense brown colour and we see 3 m above the bottom on each figure. A shows a locality where no kelp forest is formed but the species is found in low quantities. B shows an even kelp bed with height of about 1 m. At location C trawling has been performed and the height of the kelp is between 40 and 170 cm. At several places the kelp is denser than at B, but the impact from trawling has reduced the overall density to below that of locality B. D represents an area with high (height up to 2.5 m), dense (20.5 kg m^{-2}) and old (up to 13-14 years) kelp bed.



Figur 4.3

Stortareskog hvor man tydelig ser stortarens kraftige stilk og store blad. Spesielt stilken gir alginater av høy kvalitet. Bildet er tatt på Kvitsøy av E. Svensen.

Kelp bed showing the strong stipe and large blade of Laminaria hyperborea. The stipe gives alginates of high quality. Photo taken in the archipelago of Kvitsøy, southern Norway, by E. Svensen.



Figur 4.4

En atypisk situasjon med mange sjøstjerner i tareskogen. En forklaring på de store mengdene kan være at blåskjellene, som kan skimtes som et teppe på bunnen, utgjør en rik fødekilde. Bildet er tatt av E. Svensen utenfor Egersund.

Kelp bed environment with an unusually high density of starfish. An explanation can be the large numbers of blue mussels on the bottom, which probably serve as a rich food supply. Photo taken by E. Svensen outside Egersund, southern Norway.

Høstingen foregår etter en syklus på fem år, noe som betyr at taren i gjennomsnitt får 4.5 år til gjenvekst før den igjen blir høstet på det samme feltet. Gjenveksten er god, og på de feltene som blir utnyttet er det i følge næringen ingen ressursnedgang.

Rådgivningsoppgaver for Havforskningsinstituttet

I sin rådgivning overfor forvaltningsorganene vil HI stå overfor konkrete oppgaver som:

- Vurdere åpning av nye trålfelt eller av felt som har vært stengt
- Vurdere stenging av trålfelt
- Vurdere trålingscyklus

I slike vurderinger vil kjennskap til ressursen og miljømessige effekter av taretrålingen være nødvendig. Det tenkes her på effekter som er knyttet til enkeltarter, økologiske forhold og eventuelle endringer i de hydrodynamiske forhold der det tråles. For mange av disse effektene er det bare påvist kvalitative endringer og den kvantitative forståelse mangler (se under). En viktig forutsetning for å kunne gi råd og vurdere effektene av høsting, er en oversikt over ressursen og over ressursuttakets størrelse og geografiske fordeling, og hvordan trålingsmønsteret på trålfeltene er. I dag mangler nødvendig kunnskap på de fleste av disse områdene.

Ressurssituasjonen

For å kunne forvalte en ressurs på en forsvarlig måte må man ha kjennskap til hvor mye som finnes av ressursen. I Norge er stortare utbredt fra Oslofjorden til og med Finnmark, og den høstes i området Jæren - Nord-Møre. En kartlegging av stortareressursene langs kysten fra Rogaland til Øst-Finnmark ble foretatt på 50- og 60-tallet i regi av det nå nedlagte Norsk institutt for tang- og tareforskning. Denne kartleggingen var ikke fullstendig og det fremkom ikke noe estimat på hvor mye tare som fantes langs kysten. I de senere år er det bare én undersøkelse som har hatt kartlegging som det primære formålet. Denne gikk i regi av FORUT og kartla tare- og tangforekomster i Finnmark med tanke på ressursutnyttelse. Det som er referert til ovenfor er vitenskapelige undersøkelser. Næringen

selv har nylig foretatt en grov kartlegging av drivbare forekomster i Trøndelag og Nordland.

I 1970-årene ble man klar over at drøbak-kråkebollen, *Strongylocentrotus droebachiensis*, var i ferd med å beite ned store områder av stortareskogen i de tre nordligste fylkene. Dette førte til undersøkelser som hadde som primærmål å undersøke nedbeitingen. Nedbeitingen av stortareskogen i Nord-Norge ble oppfattet som alvorlig, og man var redd den skulle bre seg sørover. Det ble derfor satset på økt kunnskap om stortares biologiske og interaksjoner mellom tare og kråkeboller og overvåkning av nedbeitede områder gjennom forskningsprogrammet om nordnorsk kystøkologi, Mare Nor. I dag regner vi med at ca. 50 % av tareskogen er nedbeitet i de tre nordligste fylkene. Kråkebollene har således en nøkkelrolle i kystøkosystemet. For 150 år siden ble det rapportert om nedbeiting i Rogaland, og så lenge vi ikke vet hva som initierer en nedbeitingssituasjon må vi også regne Sør-Norge som nedbeitingstruet. Hvis nedbeiting skulle starte i Sør-Norge, vil det kunne bety en katastrofe for tarenæringen og store endringer i kystøkosystemet.

Gjenveksten på trålfeltene er god. Imidlertid har næringen behov for å sikre seg tilgang til nye trålfelt lenger nord, blant annet fordi trålfelt i sør er blitt stengt på grunn av opprettelsen av verneområder for fugl. Nord for områdene som blir utnyttet i dag (kanskje med unntak av Sør-Trøndelag) har imidlertid kråkebollene beitet ned halvparten av tareskogen, og det er foreløpig usikkert om taretråling bør foretas i nedbeitingstruede områder. For næringen er således ressursituasjonen usikker og problematisk.

Stortaren former miljøet for andre planter og dyr. Stortaren danner substrat og former miljøet for en rekke arter. Mange algearter har stortarestilkene som et av sine viktigste substrater (figur 4.3). Faunaen av hvirvelløse dyr i tareskogen er rik både på fastsittende og frittlevende arter. De fastsittende artene bruker tarestilkene og festeorganene som substrat og de frittlevende finnes både på stilkene, festeorganene og i algene som vokser på tarestilkene. Det er kjent at disse dyrene inngår i føden til fisk, men det er

ikke kjent hvor stor produksjonen er eller hvor stor betydningen som føde er. For noen fiskearter har tareskogen mange funksjoner; yngleplass, oppvekstområde, skjulested, spisested, osv (figur 4.4). Det er imidlertid mye arbeid som gjenstår før man får en kvantitativ forståelse av fiskeartenes avhengighet av tareskogen og om taretrålingen påvirker dette forholdet. Dette gjelder også hummer og krabbe. Noen fuglearter bruker tareskogen som spisested og i visse situasjoner kan kanskje tarehøsting ha betydning for fugl. Sel og oter finnes også i tareskogsområdene, men ser ikke ut til å være knyttet spesielt til tareskogen som habitat.

Økologiske effekter og konflikter av taretråling

Med det nåværende trålingsmønsteret ser det ikke ut til at rekrutteringen av tareplanter på nytrålte felt er noe problem. Nye planter vokser raskt opp. Taretrålingen påvirker imidlertid tareskogens alders- og størrelsessammensetning, noe som igjen påvirker den fauna og flora som er knyttet til stortaren. På helt unge tareplanter er det ingen eller lite påvekst av alger og dyr, og siden hapterene og hulrommet under disse er små, er det også få dyr her. Ettersom taren vokser, øker mengden av både smådyr i hapterene, påvekstalger på stilkene, og smådyr som lever i påvekstalgene. Det synes å ta minst fire - seks år før flertallet av plante- og dyreartene har etablert seg igjen. Dette betyr at den delen av en tareskog som er trålt (på et felt kan dette dreie seg om 5-20 %) har et miljø som tilbyr endrede muligheter for skjul (små planter) og mindre mengder og til dels annen sammensetning av byttedyr enn en naturlig tareskog. Det bør tilføyes at dette ikke er godt nok undersøkt.

Forvaltningsrettede forskningsoppgaver

Havforskningsinstituttet har analysert den kunnskap man har om stortarens biologi og økologi og de konfliktene som har oppstått på grunn av utnyttelsen. På bakgrunn av dette har vi utarbeidet en plan for den forvaltningsrettede forskning som bør komme. Av de oppgavene som foreslås trenger ikke HI stå for hele utførelsen. HI vil

prioritere de oppgavene som det er mest naturlig å ta på seg. For andre oppgaver er det viktig å samarbeide med andre institusjoner, og mer spesialiserte oppgaver kan HI være med å formulere, men overlate utførelsen til andre.

A. Metodeutvikling og ressurskartlegging

En oversikt over ressursen er en grunnleggende forutsetning for at man skal kunne forvalte en ressurs på en forsvarlig måte, som for eksempel å vurdere hvor høy beskatningen kan være og hvordan effekten av uttaket på andre dyr og planter blir. Kunnskap om hvor mye stortare som finnes langs kysten vil også være en viktig forutsetning for mer grunnleggende forskning omkring stortarens rolle som primærprodusent og substrat- og habitatdanner i kystøkosystemet. For å sette i gang kartlegging og overvåkning, må man ta i bruk ny teknologi som gjør at man kan få en effektiv og hurtig kartlegging av ressursen tilpasset den store skalaen det er tale om. Det blir derfor nødvendig å ta dette i to skritt; først metodeutvikling, dernest planlegging av program for kartlegging og overvåkning. Metoden for kartlegging som er under utvikling er basert på bruk av ekkolodd.

B. Kartlegge høstingsprosent og trålingsmønster

Å kvantifisere mengdene som blir høstet på de forskjellige feltene i forhold til tilgjengelig total mengde vil være av stor betydning for vurdering av de miljømessige konsekvensene av høstingen. Det gjelder også trålingsmønsteret; om høstingen er systematisk eller usystematisk og flekkvis fordelt og hvordan høstingen er fordelt på dypet.

C. Optimalisering av ressursuttaket

Havforskningsinstituttet bør ta initiativet til og prioritere forskning om faktorer som bestemmer stortarens vekst og produksjon og en nøyaktig studie av hvordan gjenvæksten på trålfeltene foregår. Målet med forskningen bør være å utvikle en produksjons- og høstmodell som både kan bli til nytte for næringen og til bruk i forvaltningen.

D. Effekten av taretråling på andre arter

Det er usikkert om taretrålingen påvirker andre arter på en måte som fører til at for eksempel viktige bestandsparametre som rekruttering, vekst og dødelighet påvirkes, på større skala. Det er imidlertid sannsynlig at fordeling av for ek-

sempel fisk påvirkes lokalt. Derfor bør kunnskapen om tareskogens betydning for fisk og andre organismer økes. Ved å studere fisk i forhold til tareskog vil man også indirekte få kunnskap om taretrålingens betydning for andre arter, for eksempel fiskespisende fugl som kan tenkes å bli påvirket gjennom endringer i mattilbudet.

E. Tarens hydrodynamiske virkning

Taren sies å ha en bølgedempende virkning. Et av de viktigste klagepunktene mot taretrålingen er at denne er skyld i en økt erosjon på sandstrender innenfor trålfelt. Dette problemet er spesielt aktuelt på Jæren. Angående økologiske forhold i tareskogen er det flere undersøkelser som viser at tarens dempende virkning på strøm og bølger fører til økt sedimentering og dermed økt matmengde til filterere i tareskogsområdene. Andre undersøkelser kan ikke bekrefte dette. Det er således motstridende opplysninger og stor mangel på kunnskap om stortarens hydrodynamiske virkning. Den manglende kunnskapen vanskeliggjør således å ta beslutninger om høsting kan foretas utenfor løsmassestrender eller i andre områder hvor dette kan tenkes å få betydning.

F. Kråkebollebeiting

Drøbak-kråkebollenes beiteatferd har avgjørende betydning for om stortareskog finnes, eller ikke finnes, på egnede voksesteder. Kråkebollene har således en nøkkelrolle i kystøkosystemet. Nedbeitingssituasjonen må overvåkes og en bør fortsette bestrebelsene etter å forstå dynamikken mellom kråkeboller og tareskog bør fortsette. Spesielt viktig vil det være å undersøke om en nedbeitingssituasjon påvirkes av menneskelig aktivitet.

G. Energistrømmen i stortareskogen

For å kunne klarlegge stortarens betydning som primærprodusent og omsetter av næringssalter, blir det nødvendig med prosessorientert forskning på økosystemnivå. Kvantitative data om både systemets struktur og funksjon mangler. Det må til en innsats gjennom flere år fra flere institusjoner for å løse denne oppgaven. Flere av de undersøkelsene som Havforskningsinstituttet har prioritert vil være med som byggesteiner i dette arbeidet.

H. Biodiversiteten i stortareskogen

Stortareskogen som har sin hovedutbredelse i Norge er i global målestokk et unikt økosystem

bl.a. på grunn av stortarens morfologi og spesielle funksjon som substrat for andre arter. Det er ingen andre tarearter som har den stilktypen som stortare har og med en liknende tilknyttet flora og fauna. Norge har derfor et internasjonalt ansvar for å sørge for en grundig beskrivelse og for å ta vare på dette økosystemet og alle dets tilhørende arter.

Pågående forskning

HI har nå startet opp forvaltningsrettet forskning. Det satses på utvikling av akustisk metodikk til bruk i ressurskartlegging, bestemmelse av høstingsprosent og overvåkning av kråkebollebeiting for å nevne noen av anvendelsesområdene. I dette prosjektet samarbeider vi med Møreforskning. Vi deltar i et prosjekt ledet fra Universitetet i Oslo hvor beskrivelse av energistrømmen i tareskogen står sentralt. I dette prosjektet undersøker HI blant annet fiskenes fødemessige tilknytning til tareskogshabitatet. Vi vil også snart være i gang med å undersøke taretrålingens betydning for fisk, og her har vi et samarbeid med Universitetet i Bergen. HI er altså involvert i forskning som kommer inn under flere av de prioriterte punktene nevnt ovenfor.

Prosjekter

1. Kartlegging og overvåkning av tang- og tare ressursene. Vurdere de økologiske effektene av ressursuttaket. Faglig rådgivning og kunnskapsoverføring til forvaltningen. Utvikle og initiere forvaltningsrettet forskning innen området tang og tare. HI.
2. Utvikling av en akustisk metodikk for ressurskartlegging av stortare. Prosjektledelse ved HI, Møreforskning og Pronova Biopolymer a.s. som samarbeidsparter.
3. Tareskogsøkologi. NFR-prosjekt. Prosjektledelse ved Universitetet i Oslo, HI og NINA er samarbeidsparter
4. Taretrålingens betydning for fisk. NFR-prosjekt med prosjektledelse ved HI, samarbeid med Universitetet i Bergen

I utviklingen av en akustisk metode for biomassekartlegging av stortare brukes moderne ekkolodd og programvare som er utviklet til bruk

i fiskeriforskning. Det er nødvendig med visse tilpasninger til tarekartlegging, men stort sett kan systemene brukes uten større modifikasjoner. Den første oppgaven blir å finne sammenhengen mellom de akustiske signalene og mengden tare per arealenhet, og den neste blir å utvikle

metoden til et effektivt redskap til kartlegging og overvåkning. Ekkogrammene i figur 4.2 er plukket ut for å vise mulighetene med metoden. Tareskog blir tydelig avbildet på ekkogrammene og det er relativt enkelt å vurdere tareskogens høyde og for eksempel å oppdage trålgater.

Algegifter i skjell - et problem til å leve med

av
Einar Dahl

De senere år har algegifter i skjell stadig vært i fokus og blitt betraktet som en avgjørende hemsko for bruk av skjell langs kysten og for utvikling av en større skjellnæring her i landet.

I våre farvann har vi til nå hatt problemer med to typer av algegifter i skjell: 1) Paralyserende eller lammende gifter, som kan opphopes i skjell og gi konsumenten PSP (Paralytic Shellfish Poisoning - Lammende skjellforgiftning), og 2) diarégifter, som tilsvarende kan gi konsumenten DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning - Diarégivende skjellforgiftning). Disse algegiftene er vanlig langs mange av klodens kyster. Ialt er ca 20 forskjellige algearter kjent for å kunne bære en av disse gifttyper i seg. Langs vår kyst opptrer ca fem arter som kan inneholde lammende gifter og fem som kan inneholde diarégifter. Globalt finnes også andre typer av algegifter, som opphopes i skjell. Vi kan ikke utelukke at nye typer kan dukke opp i våre farvann. Det vi trolig har mest grunn til å følge med på, er fare for algegifter som kan gi konsumenten skjellforgiftning med hukommelsestap (ASP - Amnesic Shellfish Poisoning). Alger, som andre steder på kloden kan bære i seg slike gifter, finnes også langs vår kyst, men de har til nå ikke forårsaket noe giftighet av skjell.

La oss her konsentrere oss om algegifter som vi til nå har registrert langs vår kyst, paralyserende gifter og diarégifter. Gjennom de siste årene har våre kunnskaper om disse giftenes forekomst økt betydelig gjennom et bredt overvåknings-samarbeid finansiert av Statens Næringsmiddeltilsyn (SNT).

Paralyserende gifter

De paralyserende giftene er farligst. De forårsaket to dødsfall i 1901 etter konsum av blåskjell som var samlet i indre Oslofjord, og har også senere gitt alvorlige forgiftningstilfeller. Når

faren for slike har vært til stede, har det erfaringsmessig vært et begrenset problem både geografisk og i tid. Det har i hovedsak forekommet i april-juni og ofte bare vært noen få uker på de steder som er blitt rammet. Tidligere mente man at problemet i første rekke var knyttet til noen næringsrike og gjerne ferskvannpåvirkede fjorder, som f.eks. Oslofjorden og Trondhjemsfjorden, men de senere års erfaringer har vist at også andre områder kan rammes. De siste tre-fire år har ulike lokaliteter i Møre og Romsdal og i Trøndelag vært hardest og hyppigst hjem-søkt, mens Skagerrakkysten og kysten nord for Trøndelag knapt har hatt problemer.

Giftbærende alger er i første rekke arter av slekten *Alexandrium* (tidligere kalt *Gonyaulax*). Denne algeslekten er relativt vanskelig både å identifisere og å kvantifisere. I overvåknings-sammenheng vurderes fare for opphopning av paralyserende gifter i skjell utfra forekomsten av *Alexandrium*-celler i håvtrekk. Bare noen få celler tilstede i et håvtrekk utløser en advarsel mot konsum av skjell. I tillegg overvåkes en eventuell giftopphopning i skjell, i situasjoner og områder hvor *Alexandrium* påvises, ved å teste ekstrakter av skjellmat på mus; de såkalte musetester. Dette er en internasjonal, godt innarbeidet metode, som gir meget pålitelige og følsomme svar på om skjellene inneholder paralytiske gifter. I 1995 ble det advart mot PSP-fare allerede fra slutten av mars i Romsdal og området ble ikke frigitt før i slutten av juni. Langs resten av Vestlandet, fra og med Rogaland til og med Trøndelag, var det kortere perioder med PSP-fare i tidsrommet april-juni. På kysten av Skagerrak og nord for Trøndelag ble det ikke registrert paralytiske gifter i skjell over faregrensen, likevel var det enkelte advarsler mot PSP-fare på grunn av tilstedeværelse av *Alexandrium*.

Algeslekten *Alexandrium* danner hvilesporer når en oppblomstringsperiode er over og sporene

synker raskt til bunnen og overvintret i sedimentet. Om våren, gjerne i mars-april, "spirer" noen av hvilesporene og gir opphav til vegetative celler, som svømmer opp i vannet og vokser videre ved to-delning. Det er først og fremst vekstbetingelsene for disse vegetative cellene som avgjør om de blir mange *Alexandrium*, og det derved oppstår fare for giftopphopning i skjell som spiser disse algene. I et fjordområde hvor det har vært en større oppblomstring av *Alexandrium*, vil det trolig være noe økt risiko for nye oppblomstringer de påfølgende år på grunn av ansamlinger av hvilesporer i sedimentet. *Alexandrium*-slektens livssyklus forklarer hvorfor PSP-fare er et mer flekkvis problem langs kysten.

Diarégifter

Det algegiftproblemet som i størst grad har hindret bruk av skjell langs kysten og hemmet skjellnæringen, er risiko for diarégift i skjellene. Beskrivelser i legetidsskrift tidlig i dette århundre sannsynliggjør at problemet er gammelt, men det var høsten 1984, da minst et hundretalls personer ble syke etter konsum av blåskjell, at problemet ble fokusert, og en overvåkning etablert. Siden da har algene som kan bære i seg disse giftene, i første rekke dinoflagellatslekten *Dinophysis* med tre fremtredende arter, *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis acuta* og *Dinophysis norvegica*, blitt regelmessig overvåket, og det er utført atskillige gifttester av skjellmat. Gjennom de siste årene har metodene for overvåkning av algene og for påvisning av diarégifter i skjell, blitt videreutviklet og forbedret, slik at vi idag har fått et godt bilde og derved en god kontroll av diarégiftproblemet langs vår kyst.

Mens *Alexandrium*-slekten har en mer lokal og flekkvis forekomst langs kysten, synes *Dinophysis*-slekten i større grad å være knyttet til Kyststrømmen. *Dinophysis*-slekten forekommer derved over større områder langs kysten og også ofte over lenger tid. Tilsvarende blir det med faren for opphopning av diarégift i skjell. Av de tre *Dinophysis*-artene er *D. norvegica* den vanligste og kan opptre relativt tallrikt det meste av året bortsett fra midt på vinteren (figur 4.6). *D. acuminata* er nest vanligst. Den har sin

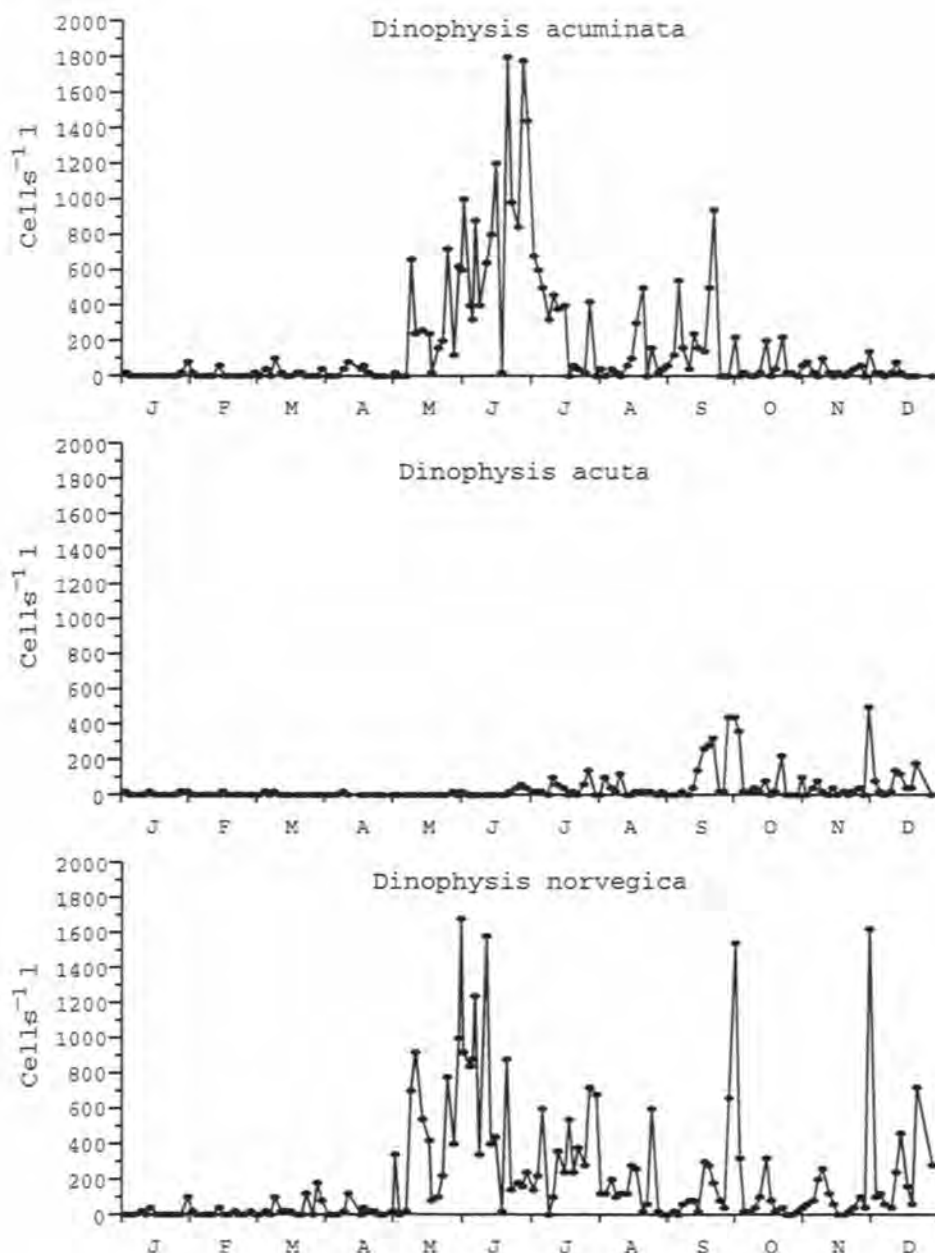
hovedsesong i mai-juli, men kan også dukke opp i større mengder på høsten (figur. 4.6). *D. acuta* er minst vanlig av de tre og har sin hovedsesong på høsten. Heldigvis er giftigheten av de tre omvendt. Det vil si at *D. acuta* er mest potent og *D. norvegica* minst. Giftigheten innen hver art varierer imidlertid i meget stor grad, av årsaker vi ikke kjenner. Stor variasjon i giftighet av alger med et potensial til å bli giftige synes å være et generelt fenomen og gjør at algeovervåkning alene er utilstrekkelig som en pålitelig overvåkning av algegifter i skjell. Fordi *D. acuta* er mest potent blant *Dinophysis*-artene, og den har sin sesong om høsten, betyr det at faren for diarégifter i skjell er størst på høsten. Et problem i den forbindelse er at skjellene ofte ikke greier å kvitte seg med et eventuelt giftinnhold på senhøsten, selv om *Dinophysis*-artene forsvinner fra sjøen. Det kommer av at det også blir lite andre, ikke-giftige, alger å spise og kaldt i vannet, slik at skjellenes stoffskifte settes ned. Derved holder skjellene på giften helt til kiselalgens våroppblomstring i mars-april når det igjen er mye mat å spise.

Dinophysis-slekten forekommer ofte bare i konsentrasjoner på noen titalls celler/l. Det betyr at en algeovervåkning må utføres med stor grad av nøyaktighet. Selv under "oppblomstringer" av denne algeslekten er det sjelden mer enn noen få tusen celler/l (figur 4.6). Men høsten 1993 var det striper av rød sjø i enkelte bukter langs kysten av Sør-Norge på grunn av masseforekomster av *Dinophysis*. I de rødeste stripene var det 20-30 millioner celler/l, mest av *D. norvegica*. Dette er de høyeste konsentrasjoner som overhodet er rapportert for denne algeslekten. Skjellene inneholdt uvanlig mye diarégift gjennom høsten 1993.

Kysten av Skagerrak og de indre deler av store fjorder på Vestlandet, for eksempel Sognefjorden synes å ha størst forekomster av *Dinophysis* og mest problemer med diarégift i skjell. De ytre deler av Vestlandet er mindre rammet, og i Nord-Norge er det minst problem. Lokalt langs Skagerrakkysten synes litt ferskvannspregede og næringsrike fjorder, med redusert sirkulasjonsmessig kontakt med Kyststrømmen, å være mindre utsatt for DSP-fare enn den mer

åpne delen av kysten. Særlig langs vestkysten av Sverige er dette godt dokumentert. Ved at algeovervåkning og testing for påvisning av diarégift i skjell de siste årene er modifisert og utvidet, så har bildet av forekomsten av diaré-

gifter i skjell langs vår kyst blitt klarere, og ikke så pessimistisk, som det fremkom bare få år tilbake.



Figur 4.6

Dinophysis. Konsentrasjonen av *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis acuta* og *Dinophysis norvegica* i overflaten (0-3m) ved Forskningsstasjonen Flødevigen gjennom 1995.

The concentration of Dinophysis acuminata, Dinophysis acuta and Dinophysis norvegica in the surface layer (0-3m) at Flødevigen Marine Research Station during 1995.

Ligger den globale oppvarming skjult i havet?

av
Tor Gammelsrød

Utslipp av drivhusgasser på grunn av forbrenning av fossilt brensel har ført til en økt drivhus effekt, som man venter skal gi en temperaturøkning i atmosfæren. Mens økningen i drivhusgassene viser en eksponensiell økning, har oppvarmingen gått mere i rykk og napp. Den globale oppvarmingen de siste 100 år har vært på ca 1°C, noe som er noe mindre enn beregningene basert på økningen i drivhusgassene gir. Grunnen til dette er ikke klar, det er antydnet at økt utslipp av aske og støv i atmosfæren blant annet fra vulkanutbrudd har forsinket oppvarmingen. En annen mulighet er at oppvarmingen for en stor del har foregått i havet.

Havet styrer klimaendringer i atmosfæren

Vann har en mye større varmekapasitet enn luft, slik at en vannsøyle på en to-tre meter har den samme evne til å lagre varme som hele atmosfæren. Sagt på en annen måte, den globale oppvarmingen på 1°C tilsvarer en oppvarming på bare 0.1 °C av en vannsøyle på 30 meter, eller en oppvarming på 0.01 °C av en vannsøyle på 300 meter, og nå er vi allerede ned mot målenøyaktigheten for instrumenter brukt i oseanografien.

Observerer vi da ingen temperaturvariasjoner i havet? Jo, i høyeste grad. For eksempel påviste forskningskipet "Dr. Fridtjof Nansen" i mars 1995 en storstilt temperatureffekt på Angolkysten med en temperaturøkning på mer enn 1 °C i de øverste 200 meter. Hadde man sluppet den samme varmemengde løs i atmosfæren, hadde altså temperaturøkningen vært på nærmere 70 °C. Dette illustrerer at store varmemengder ligger lagret i havet, og det er meningsløst å diskutere klimaendringer basert på bakketemperaturer alene. Tvert i mot har eksperimenter med globale, matematisk-numeriske, meteo-

rologiske modeller vist at værsystemene i stor grad lar seg simulere ved bare å bruke observerte sjøoverflatetemperaturer som drivkraft. Værsystemene er altså i vesentlig grad styrt av prosessene i havet.

Vil Golfstrømmen snu?

Av spesiell interesse i klimasammenheng er havområder hvor dyp- og bunnvannsdannelse finner sted. Slike områder vil aktivisere store vannmasser som kan bringe med seg varme og virke som et svinghjul i klimadynamikken. Det er også velkjent at dypvannsdannelse frigir store varmemengder til atmosfæren. Hvis en dypvannsdannelse stopper opp, vil altså store varmemengder kunne ligge skjult i havet. Det er nettopp dette som er skjedd i Grønlandshavet, hvor bunnvannsdannelsen ble kraftig redusert (med ca. 80%) for ca 15 år siden. Dette ser ut til å ha ført til en omlegging av dyphavsirkulasjonen i Norskehavet, og en oppvarming av vannmassene dypere enn ca 1000 meter er i gang. Denne oppvarmingen er påvist ved hjelp av værskipet "Polarfront" og våre høykvalitets CTD-målinger og er på ca. 0.02 °C dypere enn ca. 2000 meter, og på mere enn 0.05 °C mellom 2000 og 1000 meter. Dette kan synes som små tall, men det tilsvarer en varmemengde på ca 1 Watt/m², som er det samme som den økte drivhuseffekten på grunn av menneskelig aktivitet.

Dyp- og bunnvannsdannelsen i de Nordiske hav er en av drivkreftene for forlengelsen av Golfstrømmen som velsigner oss med det behagelige klimaet sjøl ved disse høye breddegrader. Man tror at dypvannsdannelsen virker som ei pumpe: Vann som blir avkjølt og synker ned i de Nordiske hav strømmer sørover over de dypeste tersklene mellom Shetland og Grønland, se (figur 4.7). Dette vannet erstattes av en nordgående strøm, som består av varmt, salt atlantisk vann. Mangelen på dannelse av bunnvann i Grønlandshavet i de senere år har ført til spekulasjoner om

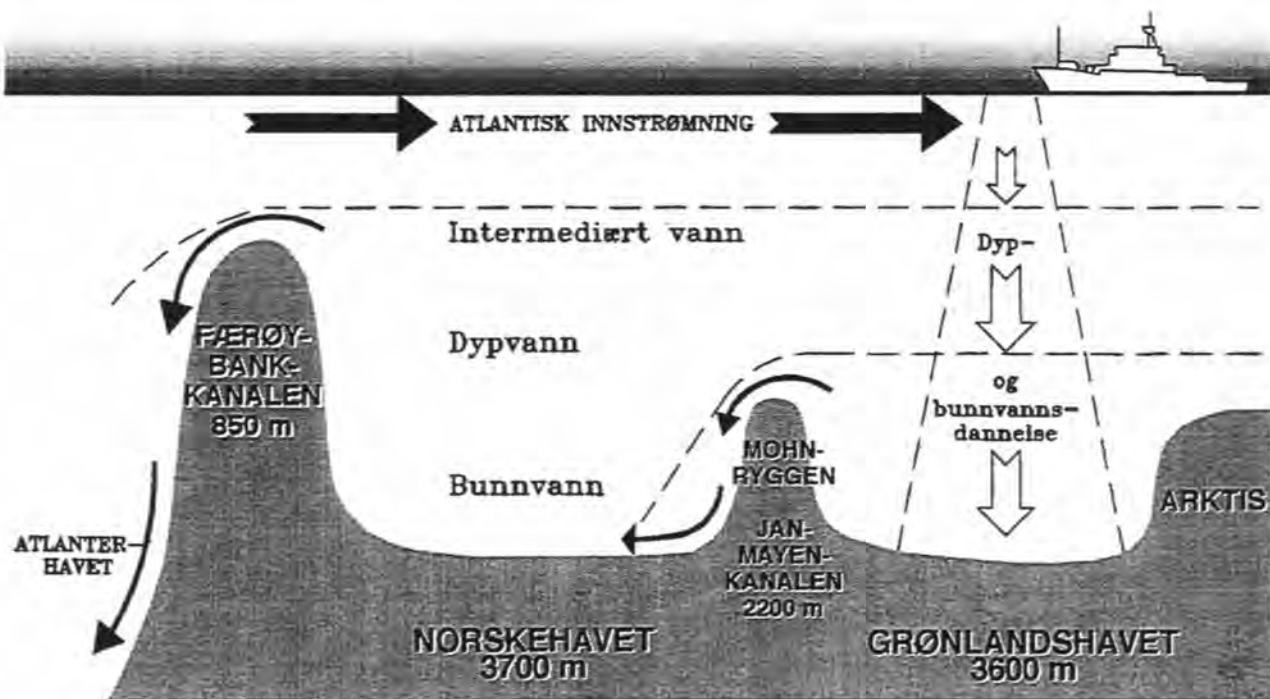
at Golfstrømmen vil kunne stoppe opp eller forandre retning. Fig 4.7 illustrerer at vannet som strømmer ut av de Nordiske hav over tersklene mellom Shetland og Grønland er intermediært vann, ikke bunnvann. Foreløpig er det ingen ting som tyder på at dannelsen av dyp- eller intermediært vann har avtatt. Økt bunnvannsdannelse vil løfte det intermediære vannlaget opp, slik at det kan strømme hurtigere over tersklene. Desverre finns det ingen målinger av denne utstrømningen fra tiden før bunnvannsdannelsen i Grønlandshavet stoppet opp, så vi vet ikke om dette har hatt en direkte innflytelse på massebalansen i de Nordiske hav. Vi kan allikevel ikke se bort fra muligheten for en redusert innstrømning av varmt vann til våre områder.

Vi kan da oppleve den paradoksale situasjon at en globale oppvarming fører til en lokal avkjøling.

Klimaendringer er ikke nødvendigvis langsomme

Det er grunn til å merke seg at Golfstrømmen

har endret bane før, det var nettopp det som skjedde under siste istid, da den ikke nådde opp i våre farvann. Men med en global oppvarming i gang er vel ikke dette noen aktuell problemstilling? Dette var en generell oppfatning inntil man fikk resultatene av to uavhengige iskjerneprøver på Grønland i 1993. Disse viste at en under forrige mellomistid, som i gjennomsnitt hadde en temperatur på ca 2°C høyere enn nå, hadde et meget ustabil klima med temperaturvariasjoner på opptil 10°C på bare 20 år. Modellforsøk har vist at det kalde modellklimaet hang sammen med en redusert vertikal-sirkulasjon i de Nordiske hav. Det som skjedde var følgende: Når temperaturen øker i tropene blir det økt fordamping og dermed økt nedbør. Den økte nedbøren vil øke stabiliteten i havet, idet et brakvannslag vil virke som et lokk. Dette reduserer vertikalsirkulasjonen i havet, og hindrer dypvannsdannelse i de Nordiske hav. Dette førte igjen til at Golfstrømmen fikk en mer sørlig bane og man fikk istids-lignende tilstander på våre breddegrader. Disse eksperimentene har ført til en diskusjon om at den menneskeskapte drivhuseffekten kan forårsake at klimaet blir



Figur 4.7 Prinsippskisse over dyp- og bunnvannsdannelsen i Grønlandshavet, dypvannsutstrømningen fra de Nordiske hav og den atlantiske innstrømningen (Golfstrømmen). Sketch showing deep- and bottom water formation in the Greenland Sea, the deep water outflow from the Nordic Seas and the Atlantic inflow (The Golfstream)

ustabilt. Igjen vil våre farvann være spesielt utsatt siden klimavariasjonene vil være størst her. Men det er grunn til å merke seg at globalt sett foregår en stor del av matvareproduksjonen i marginale områder, det vil si at klimavariasjoner i den størrelsesorden det er snakk om her vil være helt katastrofale. Det er kanskje ikke tilfeldig at de menneskelige sosio-økonomiske strukturer fikk anledning til å utvikle seg de siste 5000 år, hvor jordens klima for første gang ser ut til å ha vært optimalt og stabilt.

Hvem tar ansvaret for klimaovervåkningen?

Havforskningsmiljøet i Bergen har et spesielt ansvar for å følge opp overvåkningen av klimarelaterte prosesser i havet av minst to grunner; For det første har disse miljøene allerede etablert oseanografiske tidsserier som er av uvurderlig betydning i klimaforskningen. For det andre foregår prosesser som styrer variasjonene i det globale klimaet praktisk talt rett utenfor vår kyst.

Hva spiser silda?

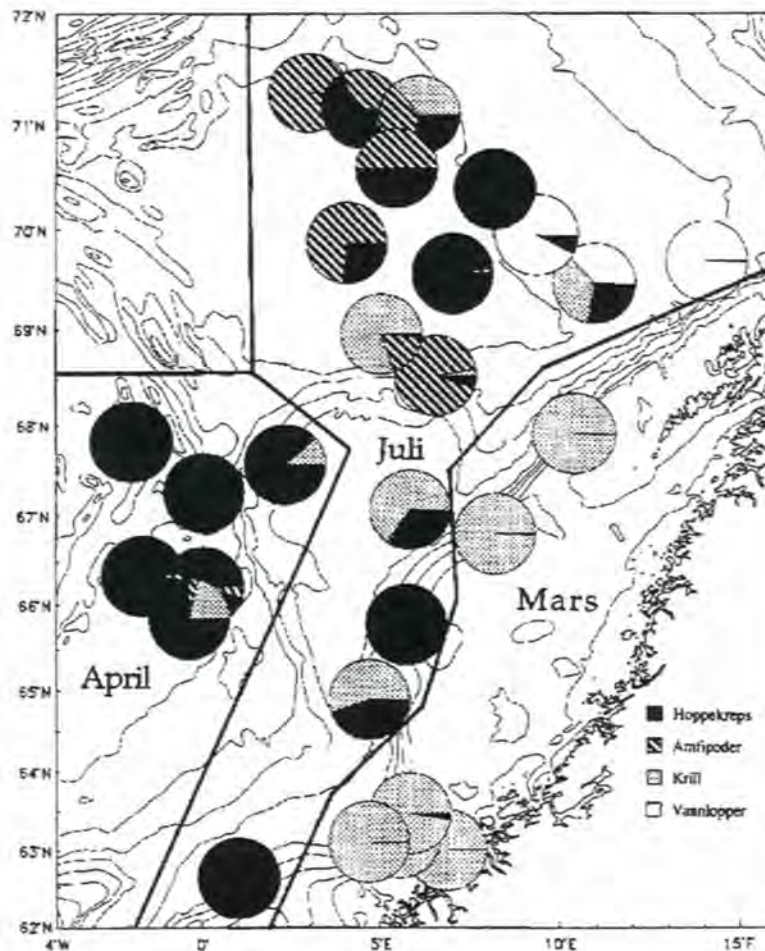
av
Arne Hassel

Havforskere har alltid vært interessert i å vite hvor mye fisken spiser og hva slags føde den foretrekker. Hva er det som gjør at noen fiskebestander minker og andre øker? Er det overfiske, endringer i det fysiske miljø eller begrenset nærings-tilgang eller konkurranse om føden? Undersøkelser av mageinnholdet kan gi en bedre forståelse av energiflyten gjennom økosystemet og kan bidra til en bedre ressursforvaltning.

Silda er en pelagisk fisk som lever i de frie vannmassene og ernærer seg av dyreplankton. Planktonet blir fanget når silda svømmer med åpen

munn slik at vannet filtreres gjennom gjelle-gitteret. Større byttedyr blir tatt gjennom en mer aktiv jakt. I september kommer silda inn til fjordene i Vestfjordområdet for å overvintre, og i januar-februar vandrer den sørover kysten for å gyte, særlig på Møre. Deretter drar den på næringsvandring ut i Norskehavet hvor den beiter på dyreplankton gjennom sommeren.

I 1995 ble det lagt ned et stort arbeid med å kartlegge matvanene til sild, kolmule og makrell i Norskehavet. Mesteparten av sildematerialet er analysert, og her vises en del av resultatene fra



Figur 4.8. Prosentvis fordeling (tørrvekt) av forskjellige grupper av krepsdyr i mageinnhold hos sild i mars, april og juli 1995.
Relative distribution (dry weight) of different groups of crustaceans in stomach content of herring in March, April and July 1995.

tokt i mars, april og juli. Resultatene er basert på 31 trålstasjoner. På 18 av disse ble det trålt i overflaten, på de andre på dyp ned til 385 m.

Totalt ble 420 sildemager undersøkt. På laboratoriet ble innholdet tatt ut og byttedyrene sortert til art eller så langt det var mulig å identifisere avhengig av fordøyelsesgraden. Innholdet fra hver byttedyrkategori ble tørket i ovn og veiet. Det oppgis her som mg tørrvekt per mage eller som relativ sammensetning basert på vekt.

Toktet i mars dekket området på sokkelen ned til ca 400 meters dyp (figur 4.8). De fleste tråltrekkene dekket en større del av vannsøylen. I april ble innsamlingen gjort i dypvannsområdet vest for Vøringplataet over bunndyp fra 1500 til 3000 meter. I juli ble materialet samlet inn fra dypområdene nord for 68°N der bunndypet var større enn 2700 meter. I tillegg ble det i juli tatt noen stasjoner på skråningen utenfor sokkelen. De aller fleste trekkene i juli ble tatt som overflatehal.

Undersøkelsene viste at byttedyrsammensetningen til silda varierte både med årstid og med lokalitet. I mars stod mesteparten av silda ennå nær kysten, og mesteparten av mageinnholdet bestod av storkrill, *Meganyctiphanes norvegica*, og småkrill, *Thysanoessa inermis*. I gjennomsnitt var det over 400 mg krill i hver mage. Det ble funnet få hoppekreps (kopepoder), kun 2.8 mg/mage. Dette kan forklares med at det var tidlig på året og produksjonen av hoppekreps ikke hadde kommet skikkelig igang.

I april ble det fanget sild også lenger ute i havet, og mageprøvene derfra viste et omvendt forhold mellom krill og hoppekreps. *Calanus finmarchicus*, («raudåte») var den viktigste hoppekrepsen, etterfulgt av *C. hyperboreus*, *Metridia* sp. og *Euchaeta norvegica*. I alt utgjorde hoppekrepsene rundt 160 mg i gjennomsnittsmagen.

De nordligste mageprøvene fra toktet i juli hadde et sterkt innslag av amfipoder, og den dominerende arten var *Themisto abyssorum*. Også hoppekreps og krill var tilstede i prøvene. Et særtrekk ved de tre stasjonene i nordøst under dekkningen i juli var et sterkt innslag av vannlopper (cladocerer) i mageinnholdet. Disse krepsdyrene ble også observert i store mengder i planktonet på samme tid. Som byttedyr ble de ikke funnet på de andre stasjonene. De fire stasjonene langs kontinentalskråningen fra Vøringplataet og sør-øst viste at silda hovedsakelig hadde spist hoppekreps og krill.

Av andre byttedyr som mer sporadisk ble funnet var vingesnegl, *Limacina* sp., pilormer og appendikularier. På syv stasjoner var det et innslag av fisk, og det ble identifisert både lysprykkfisk og laksesild. Den sistnevnte ble funnet i ti mager på tilsammen tre stasjoner i det vestlige dypområdet. På den ene stasjonen utgjorde laksesild 45 % av byttedyrene regnet i vekt.

I mars og april var det gjennomsnittlige mageinnholdet henholdsvis 412 og 307 mg tørrvekt/mage, mens det i juli var redusert til 91 mg/mage. Hvis en antar at magestørrelsen eller fiske lengden ikke varierte vesentlig, indikerer dette et redusert næringsopptak fra mars til juli. 19 % av alle de undersøkte magene var tomme. Faktorer som kan tenkes å påvirke magefyllingen er tid på døgnet silda ble fanget og hvor i vannsøylen trålen gikk. I prøvematerialet ble det imidlertid ikke funnet noen klar sammenheng mellom antall tomme mager og klokkeslett eller tråldyp.

Det gjenstår å sammenlikne mageinnholdet hos sild med mageinnholdet funnet hos kolmule og makrell for å se om de tre artene konkurrerer om føden. Planktonprøvene som ble tatt i samme område kan fortelle noe om hvor silda beitet i dypet og om den var selektiv i valget av føde.

Blekkspruten *Gonatus fabricii* - hvor gyter den og hvem blir den spist av?

av
Herman Bjørke og
Karsten Hansen

***Gonatus fabricii* er den vanligste blekk-spruten i det arktiske og subarktiske området av Nordatlanten og er i dag den kaldtvanns-blekkspruten en har mest kjennskap til. Til tross for dette vet en meget lite om gyteområdene og gyte-periodene til arten.**

I litteraturen er det nå kun registrert åtte kjønnsmodne individ som varierer i lengde fra 21 til 39 cm. Av disse er én funnet et godt stykke utenfor Vesterålen og fire ved Jan Mayen. Alle disse ble fanget på dyp mindre enn 300 meter. En hunn på 23 cm ble fisket på omkring 2500 meters dyp i Norskehavet, og to hanner ved Vestgrønland. I grønlandske farvann regner en med at hunnene blir kjønnsmodne ved en kappelengde på 22 cm, hannene ved 28-33 cm. I mai-august finner en unge gonatus fordelt i overflatelagene i Norskehavet og i det vestlige Barentshavet.

Små gonatus dukker vanligvis opp i overflatelagene i mai og kan utgjøre en stor del av biomassen i overflatelaget om sommeren. Figur 4.9 viser fordelingen av gonatus i juli 1994 hvor middellengden var ca. 4 cm. Vi ser at de største konsentrasjonene finnes i polarfrontområdet mellom Jan Mayen og Svalbard. Dette var tidligere et av beiteområdene til silda om sommeren. Silda spiste forøvrig mye gonatus i den tiden silda var vanlig i Norskehavet. Biomassen av de små gonatus som er vist på figuren utgjør minst 1,5 millioner tonn. Verdens totalfangst av blekksprut i 1991 var 2,6 millioner tonn. Det må antas at de kjønnsmodne individene av gonatus i Nordatlanten utgjør en betydelig biomasse.

Vi vet at bottlenosehvalen spiser store mengder av gonatus, og det har tidligere vært antydning at fangstfeltene for bottlenose kunne vise seg å være gyteområder for gonatus. Disse feltene finner vi utenfor Møre, utenfor Vesterålen, vest for

Svalbard og mellom Island og Jan Mayen. Vi vet også at spermhvalen spiser mye gonatus. I 1971 ble mageinnholdet av ti spermhval som var fanget utenfor Andenes undersøkt. Dette er et sted hvor en for tiden driver hvalsafari og den mest populære hvalen er nettopp spermhvalen. Åtte av hvalmagene hadde innhold og i alle ble det funnet blekksprutnebb. Disse nebbene ble ikke nærmere undersøkt, men mye taler for at det var nebb av gonatus og at de må være fra større individer.

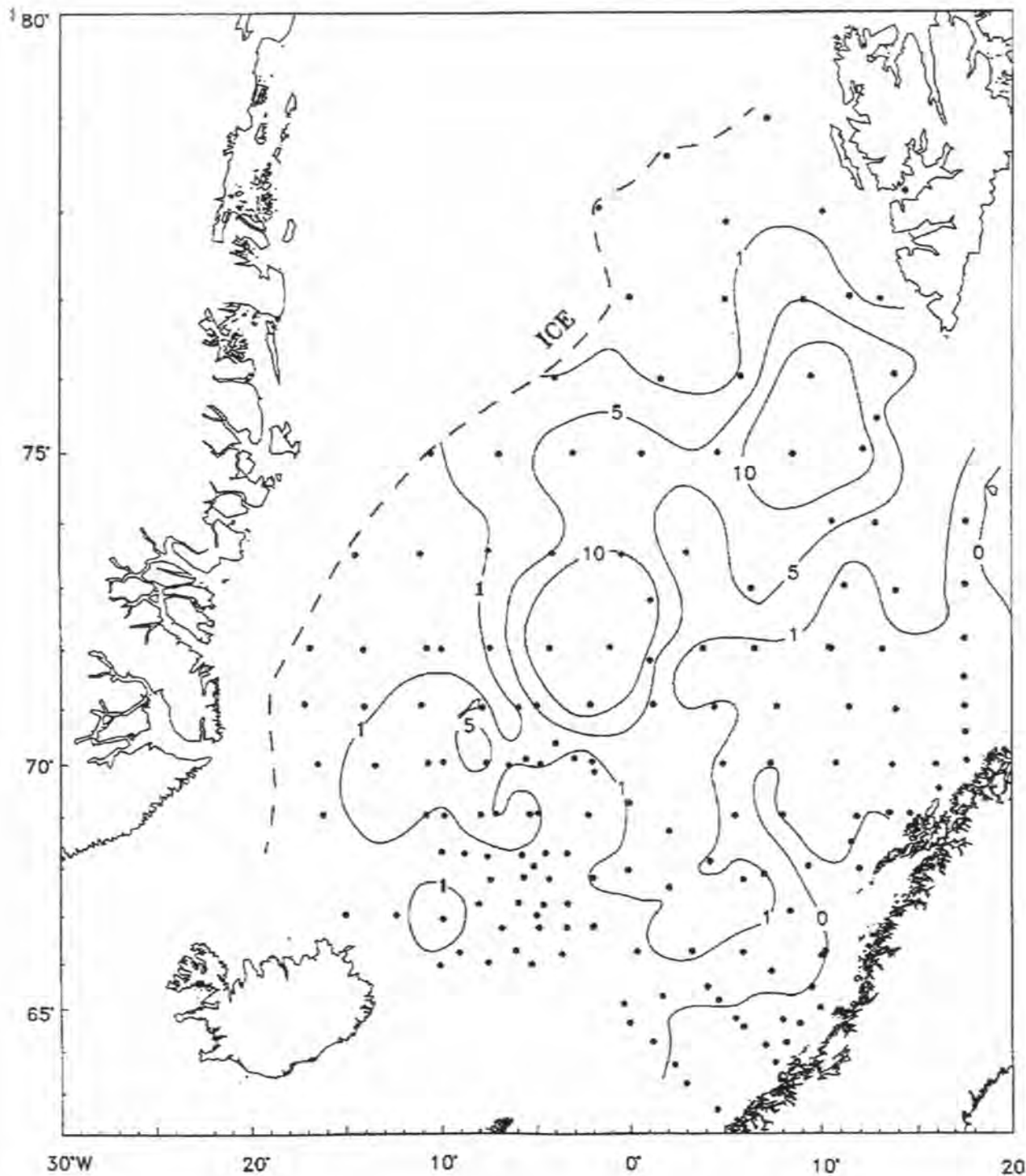
Sannsynligvis er området utenfor Andenes et av gytefeltene for gonatus. For å undersøke dette, ble det i 1995 foretatt to hal med pelagisk trål i større dyp. Det ene ble foretatt 10. mai i posisjon 69°45'N, 15°41'Ø, på kontinentalskråningen nord av Andøya. Det ble trålet en time i henholdsvis 1200, 1000 og 700 m dyp. Fangsten var fem gonatus med kappelengder mellom 12 og 24 cm. Natt til 1. august ble det trålet i posisjon 69°32'N, 15°14'Ø på 827m og 270 m dyp med hal på henholdsvis to timer og en halv times varighet. Denne gangen ble fangsten tre gonatus med kappelengde på henholdsvis 16,5, 31 og 33,5 cm. Alle eksemplarene hang etter armene i trålmaskene fremme i trålen, noe som kan tyde på at de er hurtige og vanskelige å fange. Prøvene er nå bearbeidet, og i maiprøvene fant vi tre kjønnsmodne hanner. Disse var 17,5, 19 og 24 cm lange. Vi fant også en umoden hann og en umoden hunn. I prøvene fra august fant vi to befruktete hunner på 30 og 33,5 cm og en umoden hunn på 16,5 cm. Det er svært sannsynlig at disse hunnene var nær ved å gyte siden de var befruktet. Dette tyder på at området ved Andenes er ett av gyteområdene for gonatus.

Et naturlig spørsmål er følgende: Hvor blir det av all gonatus en finner i overflaten om sommeren? I oktober-november er de vekk. Undersøkelser av mageinnholdet hos sild og kolmule fra

Norskehavet i 1995 viser at gonatus utgjør en liten del av næringen til disse artene.

Vi vet at klappmys spiser mye gonatus. Det samme gjør bottlenoshval, spermhval, grindhval

og narhval. Et åpent spørsmål er da hvorvidt mesteparten av de større gonatus blir spist av sjøpattedyr på dypere vann.



Figur 4.9

Fordeling av *Gonatus fabricii* i juli 1994. Tallene viser fangst i kilo pr. 30 min tråltrekk i overflaten.

Abundance of Gonatus fabricii in July 1994. Catch in kilogrammes per 30 min. trawl-haul in the surface layers.

Numeriske havmodeller - et nyttig verktøy for forskning og forvaltning

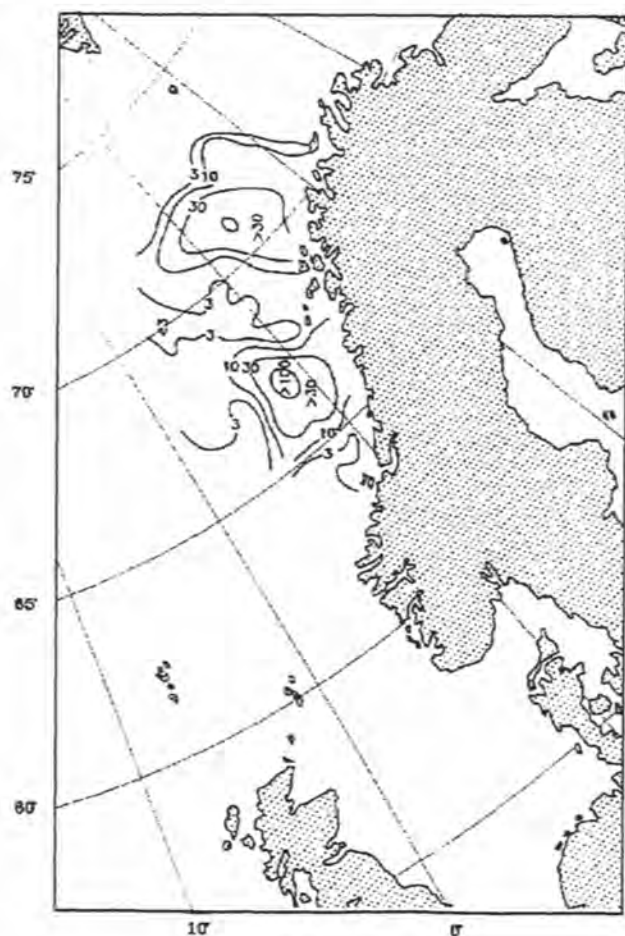
av
Einar Svendsen

Hovedårsaken til at man i sterkt økende grad tar i bruk numeriske modeller innenfor anvendt havforskning og forvaltning, er at man med målinger fra skip, satellitter og bøyer som oftest ikke har god nok måledekning i rom og/eller tid av de ulike parametre som er nødvendig for å kunne trekke sikre konklusjoner. I tillegg kan man med modelleksperimenter studere effekter av eventuelle fremtidige menneskelige tiltak som ikke er mulig å måle før etter at tiltakene er gjennomførte.

Innen værvarsling står numeriske modeller helt sentralt, men opptil nå har etterspørselen etter tilsvarende varsler for havet vært begrenset.

Hva er en numerisk havmodell ?

En numerisk havmodell er et sett med matematiske ligninger som mer eller mindre realistisk beskriver havets fysiske og/eller biologiske tilstand og endringene i denne. For at det skal være mulig å løse ligningsettet må dette forenkles. Det kan gjøres ved å legge inn visse forutsetnin-



Figur 4.10

Observert (venstre) og modellert (høyre) fordeling i juli 1987 av sildelarver klekket på Møre i april samme år.

Observed (left) and modelled (right) distribution in July 1987 of herring larvae hatched at Møre in April the same year.

ger som må være oppfylt, og det er viktig at disse er så realistiske som mulig.

De mest avanserte modellene har tre romlige dimensjoner. Dette betyr at havet er delt opp i bokser både horisontalt og vertikalt der løsninger av ligningsettet beregnes innenfor hver av disse boksene som funksjon av tiden. Et slikt modellsystem over et havområde kan bestå av flere hundre tusen bokser, der den horisontale størrelsen på boksene er avhengig av størrelsen på de prosesser og det området man ønsker å studere. Å simulere forholdene gjennom et helt år for alle disse boksene i et havområde hvor hvert tidsteg kun er på noen minutter krever store regneressurser. Simuleringen krever også inngangsdata over tidsutviklingen av drivkreftene i modellen - først og fremst vind og lufttrykk.

I et samarbeid mellom HI, DNMI og Universitetet i Bergen har vi utviklet modellsystemet NORWECOM (the NORwegian ECOlogical Model system) som i tillegg til å beregne de fysiske oseanografiske variablene også kan inkludere næringssaltkonsentrasjoner, primærproduksjon og konsentrasjon av planteplankton samt lysforholdene i havet. Dette er det første koblede fysiske-kjemisk-biologiske modellsystem som kan gi realistiske resultater over et stort havområde som Nordsjøen. Den kjemisk-biologiske modelldelen drives av de fysiske variable samt informasjon om lysforholdene ved overflaten. Denne delmodellen holdes idag på et relativt enkelt nivå, ettersom kvantitative kunnskaper om de kompliserte biologiske prosessene er begrenset. Hele modellsystemet krever at man ved oppstart har tilgjengelig startverdier i alle bokser av de ulike parametre. Dårlige startverdier medfører at modellen må kjøres en tid (oppspinning) før man kan regne med at den gir realistiske resultater.

Hva brukes modellene til ?

Ved HI benyttes modellapparatet i dag til å studeres havsirkulasjonen og strømningsmønstrene i våre havområder samt transport og spredning av fiskelarver knyttet opp mot rekrutteringsundersøkelser. Modeller er videre brukt for å se på transporten av næringssalter og forurensningskomponenter mot

norske farvann. Modellen brukes også for å teste effekten av tiltak som f.eks. rensning av næringsalter fra norske og utenlandske utslipp eller mulige effekter av styrt storskala gjødsling av havet.

Fordeler med numeriske modeller i forhold til måledata

Modellene gir et sammenhengende bilde i rom og tid som ikke kan fåes ved hjelp av konvensjonelle målinger. De kan beskrive og kvantifisere parametre som det er vanskelig å måle i felten uten meget store ressurser, som f.eks. havsirkulasjon eller primærproduksjon over større havområder. Med modeller kan man før gjennomføring studere effekter av tiltak, for eksempel rensing av kloakk, og utføre statistiske analyser i områder og til tider hvor det ikke foreligger måledata. Til en viss grad kan modellene også benyttes for prognoser på ulike tidsskalaer avhengig av de parametre en ønsker å varsle.

Svakheter med numeriske modeller

Modellresultatene er spesielt avhengig av hvordan man spesifiserer forholdene på de åpne grenseflatene til modellen. Dette kan delvis løses ved å flytte grensene i modellen lengst mulig unna områder av interesse. Pga begrensede regneressurser oppnår man sjelden den ideelle romlige oppløsning i modellene. Mange av prosessene i økosystemet er ikke kvantitativt kjent og kan derfor heller ikke modelleres realistisk. Men resultatene av disse prosessene kan tildels måles i felten, som for eksempel mengden av en bestemt fiskebestand.

Konklusjon

Numeriske modeller kan i dag ikke erstatte tradisjonelle målinger av havmiljøet og fiskeresursene. Imidlertid vil en fornuftig og avveid satsing på koblet bruk av modeller og målinger fra skip og andre observasjonsplattformer kunne gi store fremskritt i vår forståelse av hvordan økosystemene i havet fungerer. Bruk av modeller vil også kunne bidra til en vesentlig bedret og mer kostnadseffektiv rådgivning ovenfor forvaltningen. Flere publikasjoner og rapporter hvor havmodellering står sentralt er nå tilgjengelige ved Senter for marint miljø.

Hvordan påvirket ferskvannet fra storflommen miljøforholdene i indre Skagerrak?

av
D.S. Danielssen,
M. Skogen, J.Aure og E.
Svendsen

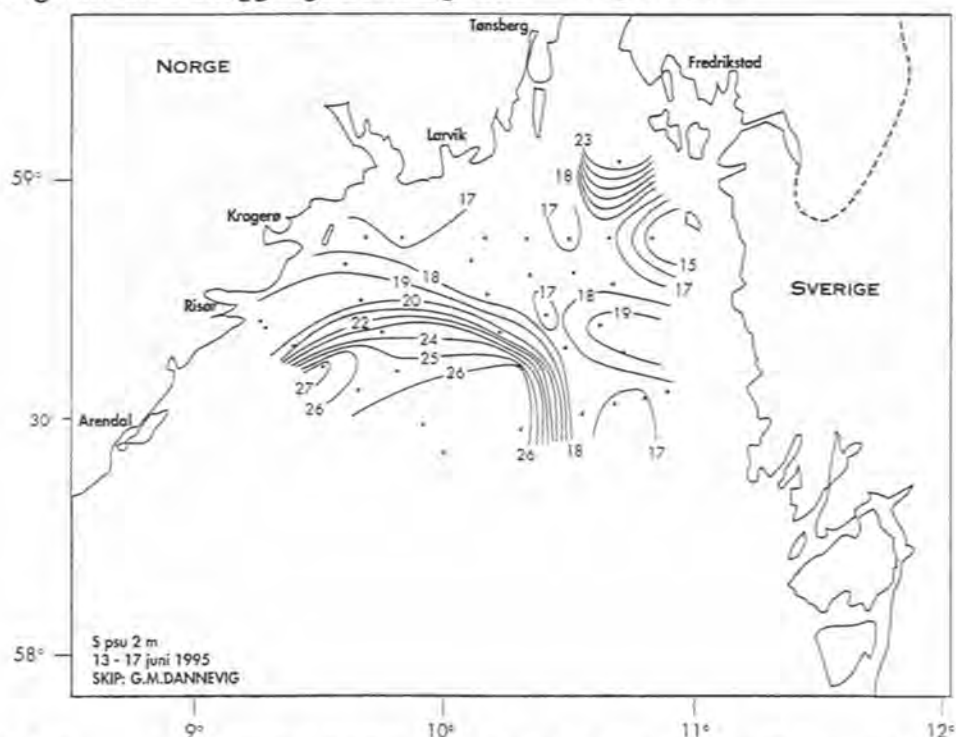
I forbindelse med storflommen på Øslandet i mai/juni 1995 ble indre Skagerrak tilført store mengder ferskvann og næringssalter. Vannføringen i Glomma var i en periode ca 3.5 ganger større enn det normale og også en rekke andre elver var flomstore. Det var derfor viktig å kartlegge i hvilken grad de unormale tilførselene av ferskvann og næringssalter påvirket miljøforholdene i indre Skagerrak, og om det eventuelt kunne oppstå en unormal algesituasjon.

Foruten feltundersøkelser i juni og juli 1995, ble effektene av den ekstreme ferskvannsavrenningen simulert med en matematisk modell (NORWECOM).

Ferskvannspåvirkningen fra flommen i juni til indre Skagerrak skapte et uvanlig og meget ferskt overflatelag med en kraftig lagdeling i saltholdighet. Virkningen av vannmasser med uvanlig lave saltholdigheter ble i tillegg registrert langs hele

den norske Skagerrakkysten, østover mot kystområdet mellom Koster og Väderø på den svenske vestkysten og helt over mot kysten av nord-Jylland på dansk side. Det har ikke vært observert så lave saltholdigheter i Skagerrak langs Torungen-Hirtshalssnittet siden 1958. Utstrømning av brakkvann over det normale fra Østersjøen/Kattegat og stor vannføring i Gøtaelven har trolig også påvirket forholdene.

Før flomvannet gjorde seg gjeldende i indre del av Skagerrak i juni var det tilnærmet normale saltholdigheter i overflatelaget. Omlag en uke senere (13.-17. juni), da flommen i Glomma var på sitt største, ble det observert ekstremt lave saltholdigheter (17-19) over store områder av indre Skagerrak (figur 4.11). I første del av juli var det en markert økning av saltholdighetene i overflatelaget og horisontalutbredelsen av brakkvann med saltholdigheter under 25.0 var betydelig redusert.



Figur 4.11. Saltholdighetsfordelingen i 2 meter dyp i nordøstre Skagerrak 13-17 juni 1995
Salinity at 2 meter depth in the north eastern part of the Skagerrak in June 1995

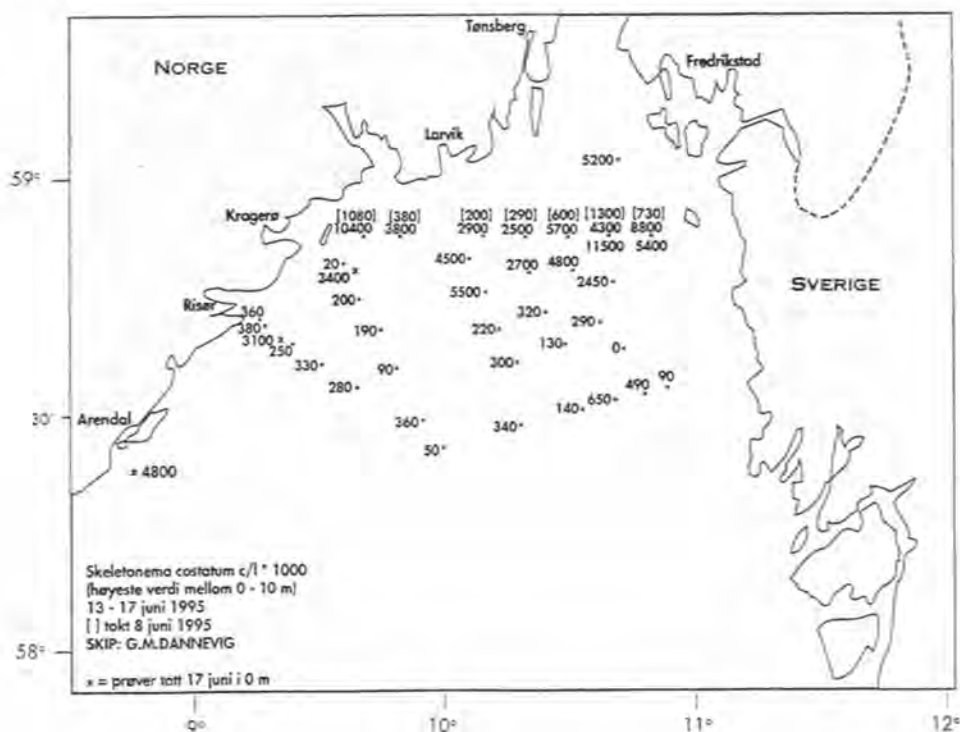
Under flomperioden i juni ble det observert meget lave konsentrasjoner av uorganisk fosfor og nitrogen i det ferske overflatelaget. I midten av juni, da flommen var på sitt største, ble imidlertid endel silikat funnet i overflatelaget på hele snittet mellom Jomfruland og Koster, mens det i juli bare ble registrert nær Jomfruland. Konsentrasjonene av totalfosfor og totalnitrogen i overflatelaget ved Jomfruland i første del av juli lå betydelig over langtidsmiddelet for juli 1990-94.

Unormalt store klorofyllkonsentrasjoner ble registrert i "Glomma"-brakkvann langs snittet Jomfruland-Koster i midten av juni og det var fremdeles endel klorofyll igjen i begynnelsen av juli. Klorofyllkonsentrasjonene og beregnet primærproduksjon i Koster-Jomfruland-snittet økte med en faktor på omlag 3 under flomperioden i juni. Det var også i "Glomma"-brakkvann hvor uvanlig store konsentrasjoner av diatomeen *Skeletonema costatum* ble registrert (figur 4.12). Større konsentrasjoner av denne algen var fremdeles tilstede i dette kystområdet i begynnelsen av juli. Det ble for øvrig bare fun-

net ubetydelige konsentrasjoner av potensielt skadelige alger i undersøkelsesperioden.

De høye konsentrasjonene av totalnitrogen, totalfosfor og klorofyll, sammen med de lave konsentrasjoner av uorganiske næringssalter mellom 8.juni og 8.juli, viser at tilførte uorganiske næringssalter fra Glomma og andre vassdrag meget hurtig ble omsatt i algeproduksjon i indre Skagerrak. Overskuddet av silikat i det tilførte ferskvannet medførte at algeproduksjonen hovedsakelig var dominert av diatomeer.

I modellsystemet NORWECOM, som inkluderer både fysiske, kjemiske og biologiske prosesser, er alt "Glommavann" merket. Figur 4.13 viser et eksempel på spredningen av dette vannet i Skagerrak i en periode hvor flommen var på sitt største. Modellsimuleringene viste også hvordan flomvannet fra Glomma i løpet av juni spredte seg langs Skagerrakkysten i pulser fra ytre Oslofjord. Beregnet diatoméproduksjon (figur 4.14), med og uten flom i Glomma og andre vassdrag, gir et bilde av flommens innvirkning på produksjonsforholdene i indre Skagerrak med

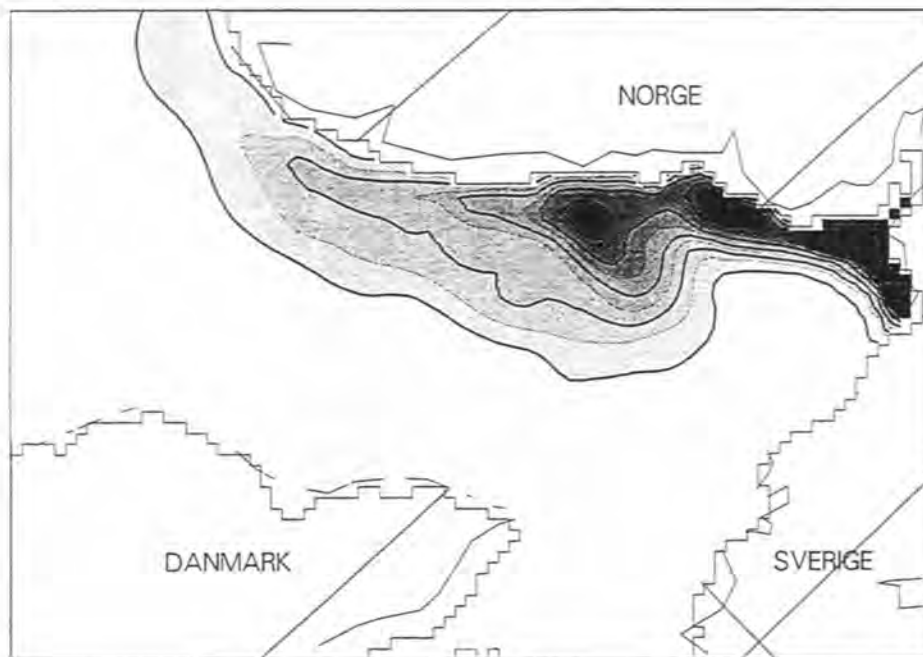


Figur 4.12. Høyeste antall av *Skeletonema costatum* celler.l⁻¹.1000 som ble observert mellom 0 og 10 meters dyp på toktet 13.-17. juni 1995.
Maximum recordings of Skeletonema costatum (cells.l⁻¹.1000) between 0 and 10 m depth in the northeastern Skagerrak in June 1995.

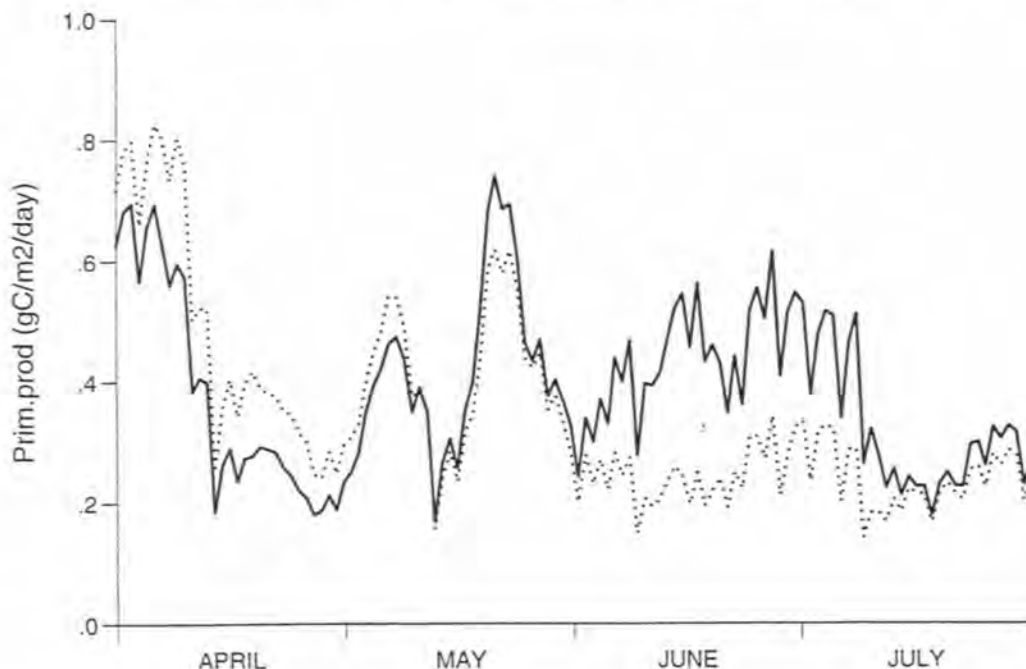
en raskt økende diatoméproduksjon i juni og en markert nedgang i juli etter at flommen avtok. Både observasjonene og modellresultatene an-

tyder en økning av primærproduksjonen i indre Skagerrak med en faktor på 2-3 i forhold til det normale for årstiden.

(Se ellers egen rapport i Fisken og Havet, HI, febr.96)



Figur 4.13 Simulert fordeling av "Glommavann" 13. juni 1995
Simulated distribution of "Glomma water" 13. june 1995.



Figur 4.14 Simulert produksjon av diatomeer ($\text{gCm}^{-2} \text{dag}^{-1}$) innenfor snittet Larvik-Koster med (heltrukken linje) og uten (stiplet linje) flomvannføring.
Simulated production of diatoms inside the section Larvik-Koster including the flood (solid line) and without (dotted line)

Karbondioksid og den biologiske karbonpumpen

av
Francisco Rey og
Thomas Noji

Menneskelig virksomhet kan påvirke det klima og det miljøet vi lever i. Det mest aktuelle diskusjons-emne i denne sammenheng er hvorvidt økende utslipp av gasser fra menneskelig aktivitet har bidratt til en økning i drivhuseffekten og derved påvirket den globale temperaturen.

Karbondioksid utgjør vel noe over halvparten (55%) av de gassene i atmosfæren som bidrar til drivhuseffekten og betraktes dermed som den viktigste i denne sammenheng. De øvrige gassene inkluderer klorfluorokarboner (24%), metan (15%) og nitrogenoksider (6%). Det videre arbeid med bedre å forstå hvordan klimaet eventuelt kan bli påvirket av menneskelige aktiviteter, må blant annet være å avklare hvilken rolle, både kvalitativ og kvantitativ, karbondioksid spiller i denne prosessen.

Karbondioksidinnhold i atmosfæren har ikke økt i samme takt som utslippene. Kun halvparten av den karbondioksiden som har blitt sluppet ut i de siste 100 år har bidratt til den observerte økningen i atmosfærisk karbondioksid. Dette indikerer at den andre halvparten må være lagret enten på land eller i havet. Viten om hvordan og hvor mye karbondioksid som tas opp av havet og/eller land er et nøkkelspørsmål i arbeidet for en bedre beregning av karbondioksidkonsentrasjoner i fremtiden og varsling av eventuelle klimaforandringer.

Karbondioksiden er en gass som lett tas opp av havet, hvor størstedelen omdannes til uorganisk oppløst karbon. Havets evne til å holde på karbon, samt at det er en fast likevekt mellom hav og atmosfære, gjør at havet er et betydelig "sluk" for karbondioksid. Denne prosess foregår kun i de øverste lag i havet. Dersom denne "sluken" skal fungere er det viktige å fjerne karbondioksiden fra overflatelaget og bringe den ned til de store havdypene. På denne måten får en ubalanse mellom havet og atmosfæren slik at mer karbondioksid blir overført fra atmosfæren

til havet. Det er to prosesser som bidrar til å transportere karbondioksid ned til de store havdyp. Den ene er de rent fysiske prosessene som turbulens, nedsynking av vannmasser og denorstilte sirkulasjonen i havet. Den andre prosessen er koblet til livet i havet og kalles ofte for den biologiske karbonpumpen. Det er denne siste som er tema for dette bidraget.

Forholdene i nordområdene

Som regel betraktes nordlige sub-polare områder å være av den største betydning for både opptak og fordeling av karbondioksid på verdensbasis. Dette på grunn av av den sterke avkjølingen av vannmasser med relativ høy saltholdighet, noe som øker opptaket av karbondioksid, og den kraftige vertikalblanding som foregår om vinteren. Denne siste bringer næringsalter til det øvre vannlaget som via fotosyntesen neste vår setter igang den biologiske karbonpumpen.

Den største delen av det partikulært organiske karbonet som produseres via fotosyntesen, primærproduksjonen, blir beitet ned av dyreplanktonet, og senere regenerert i næringskjedene som uorganisk karbon. Mesteparten av disse prosessene foregår i det øverste lag i havet hvor lysforholdene er gunstige for å opprettholde fotosyntesen. Det regenererte uorganiske karbonet i dette laget er som regel i likevekt med karbondioksiden i atmosfæren. Men av og til blir en vesentlig del av primærproduksjonen ikke nedbeitet og synker ut til dypere vannlag som partikulært eller oppløst organisk karbon. Når organisk materiale nedbrytes i det laget som senere om vinteren blir gjennomblandet, blir regenerert uorganisk karbon som regel resirkulert opp til overflaten igjen og utvekslet med atmosfæren. Men dersom materialet fraktes enda dypere, nedenfor vinterens blandingslag, blir det regenererte uorganiske karbonet fanget i dypvannet siden dette sjelden er i kontakt med atmosfæren. Da har det skjedd en netto transport

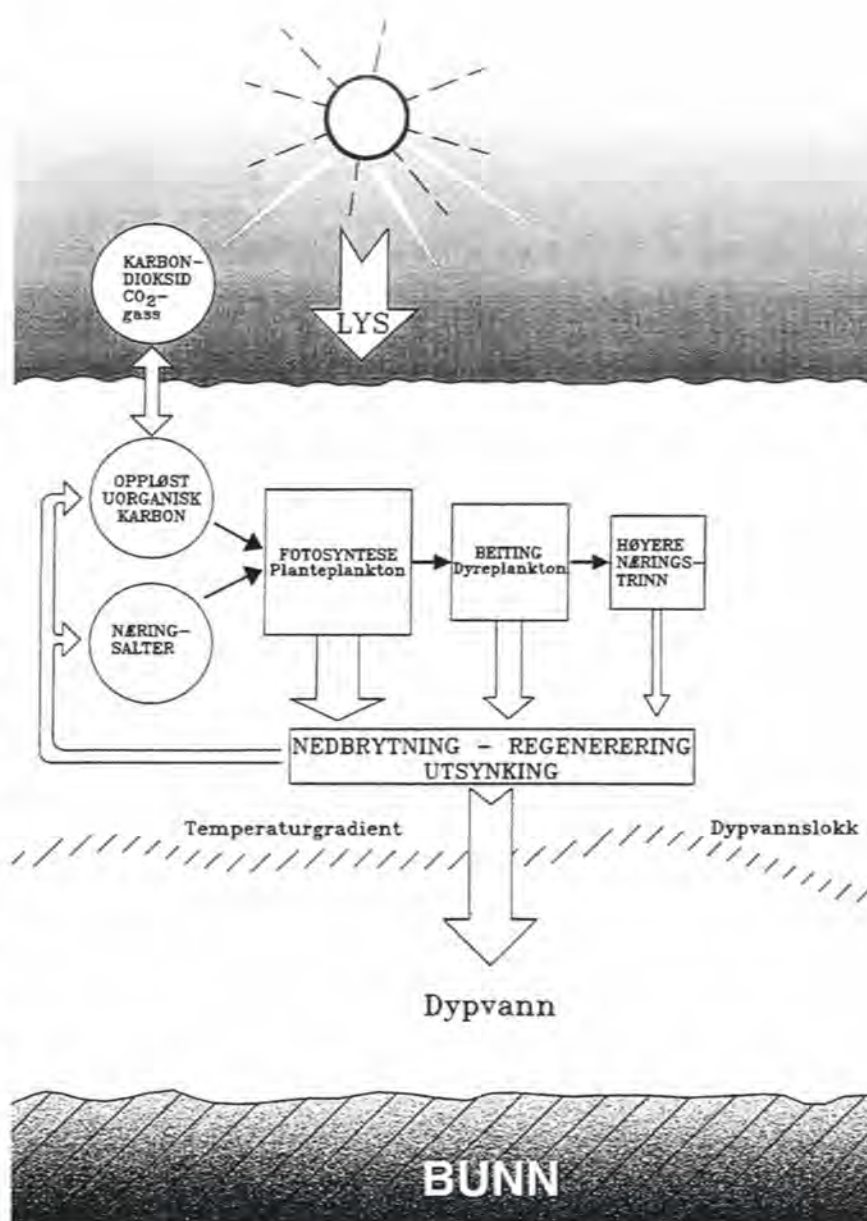
Figur 4.15. Den biologiske karbon pumpen.
The biological carbon pump.

av karbon fra atmosfæren til havet. Alle disse prosessene samlet har fått betegnelsen "den biologiske karbonpumpen".

Hva gjør vi?

Havforskningsinstituttet har i de siste tre år gjennomført et prosjekt for å forsøke å kvantifisere betydningen av den biologisk karbonpumpen i de Nordiske hav. Vi har konsentrert undersøkelsene i de sentrale deler av Grønlandshavet, hvor også fysisk oseanografiske prosesser spiller en vesentlig rolle for fjerning av karbon-dioksid fra overflatelagene. I tillegg til å kvantifisere primærproduksjonen, har vi også undersøkt hvor stor del av denne som finner veien enten til videre trinn i næringskjeden eller synker ned til dypere vannlag. Til det siste har vi tatt i bruk sedimentfeller plassert i tre dyp, 200, 800 og 2000 meter. Sedimentfelleriggen ble forankret i Grønlandshavet ved ca 3700 meter bunn-dyp. Fellene blir satt ut for et år av gangen og samler synkende materiale splittet opp i 20 tidsintervaller av varierende lengde. Til nå har vi hatt to utsetninger, 1993-1994 og 1994-1995, og vi er igang med den tredje som skal avsluttes sommeren 1996.

Materialet samlet av fellene blir analysert med hensyn til mengden av sedimentert materiale og dets biologiske og biokjemiske sammensetning. En del av materialet blir sendt til andre forskningsinstitusjoner både i Norge og i utlandet for videre analyse.



Hva har vi funnet?

Hvor mye organisk karbon produseres? Primærproduksjonen i Grønlandshavet begynner som regel i mai og når sitt maksimum i juni etter en relativt intens våroppblomstring. Etter denne oppblomstringen blir næringssaltene uttømt, og produksjonen er lav resten av året. I grenseområde mot Øst-Grønlandsstrømmen kan de spesielle fysiske forhold forlenge produksjonssesongen til juli-august. Uansett område er våroppblomstringen som regel dominert av kiselalger eller diatoméer. Diatoméenes vekst blir raskt hemmet av silikatmangel, slik at betydelige deler av nitratmengden blir igjen i vannet. Nitraten brukes da av små flagellater, blant dem *Phaeocystis pouchetii* som er en kolonidannende alge. Grønlandshavet er ikke noe

særlig forskjellig fra andre nordeuropeiske subpolare områder som for eksempel Barentshavet. Den nitratbaserte primærproduksjonen, også kalt nyproduksjon i motsetning til den ammoniabaserte regenererte produksjonen, er blitt estimert til ca 55 gC m⁻² år⁻¹. Det er hovedsakelig denne produksjonen som kan høstes i systemet.

Blir det spist opp?

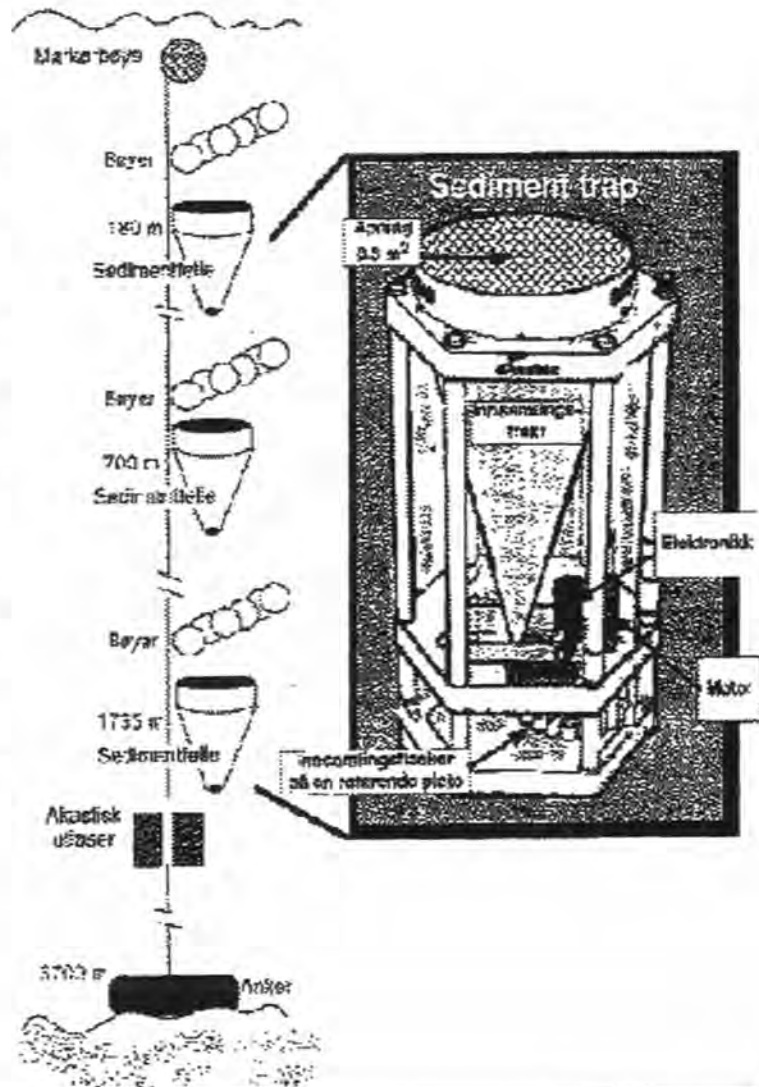
Biomassen av dyreplankton varierer i takt med mengde planteplankton. Samtidig har det eksperimentelle arbeidet vist at beiting fra dyreplanktonet er relativt stor, og at det beiter på samtlige type alger uten noe særlig preferanse. Dette tyder på at i de tre undersøkte årene har beitepresset fra dyreplanktonet vært stort og at en betydelig del av primærproduksjonen er blitt kanalisert videre i næringskjedene.

Eller synker det ut?

Sedimentering av partikulært materiale viser en stor sesongmessig variasjon. Den er som ventet størst i 200 meter og minker kraftig nedover med dypet, særlig om våren og sommeren. Denne sedimentering er koblet til våroppblomstringen og tyder på at en betydelig del av primærproduksjonen i det førte halvåret blir igjen i det pelagiske systemet. Om høsten derimot ser den totale sedimentering ut til å være større enn om våren på samtlige dyp. I begge de undersøkte periodene fant vi at betydelige mengder partikulært materiale sank i løpet av noen få dager helt ned til 2000 meter. Denne plutselig synking av materiale kan ikke forklares av sedimentering på grunn av tyngdekraften, men må være knyttet til en aktiv

vertikaltransport av materiale, for eksempel, ved nedsynking av vannmasser. Det er lite sannsynlig at dette materialet kommer fra de sentrale deler av Grønlandshavet siden planteplanktonbiomassen her er ganske lav om høsten. Det er mer sannsynlig at dette materialet stammer enten fra Polarfronten eller fra grenseområdet mot Øst-Grønlandsstrømmen. Hvis så er tilfelle, betyr dette at de sentrale deler av Grønlandshavet fungerer som en slags akkumuleringslokalitet for organisk material produsert i et større område.

Et annet resultat av interesse er at betydelige mengder oppløst organisk karbon er blitt observert i forbindelse med partiklene i fellene. Foreløpige beregninger viser at mengden av dette karbonet kan bli opptil to ganger så stor som partikulært organisk karbon. Dette betyr at modellresultatene, som ikke tar i betraktning denne oppløste formen for organisk karbon, har



Figur 4.16. Skisse av sedimentfellerigg brukt i Grønlandshavet.

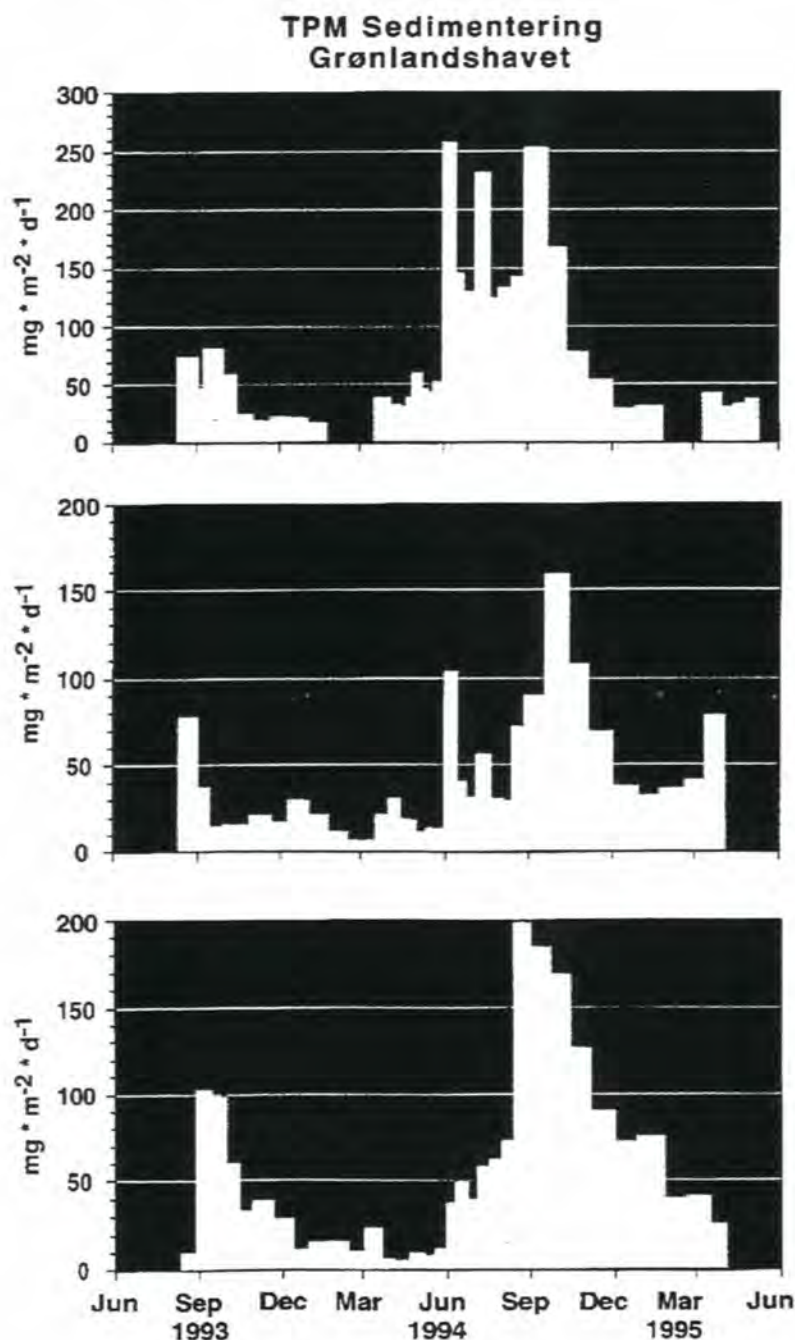
Sketch of the sediment trap rig in use in the Greenland Sea.

alvorlig underestimert mengden av organisk karbon som transporteres til de store havdyp.

Hvor står vi idag?

For å oppsummere kan vi si at Grønlandshavets økosystem om våren/sommeren ser ut til å være preget av en kraftig resirkulering av organisk materiale. Bare en liten fraksjon av partikulært

biogent karbon produsert i overflaten synker til de store dyp. Mesteparten ender i næringskjedene eller blir brutt ned til oppløst organisk karbon. Om høsten er situasjonen mer uklar idet det ser ut til å være det motsatte som skjer med relativt store mengder av materiale som synker ut. Videre arbeid med dataene vil forhåpentlig bidra til å avklare denne situasjonen.



Figur4.17. Sedimenteringsrater for totalmengden av partikulært materiale ved tre forskjellige dyp i sentrale deler av Grønlandshavet i perioden september 1993 - juni 1995. *Sedimentation rates of total particulate matter at three depths in the central Greenland Sea during September 1993 and June 1995.*

Hvor mye dyreplankton er det i Norskehavet ?

av
Bjørnar Ellertsen

Mengde og type av planktonet i Norskehavet, har vært av stor interesse for forskere i mange år. Spesielt har sovjetiske vitenskapsmenn tidligere foretatt en rekke mengdeberegninger av plankton. Kunnskaper om den totale produksjon av planktonorganismer er av betydning når en blant annet skal beregne hvor mye planktonspisende fisk som kan produseres i et havområde.

Norskekysten

En teoretisk beregning av produksjon av dyreplankton på norskekysten kan gjøres på flere måter:

- I juni 1975 fant havforsker Wiborg at det i snitt var 50 g (våtvekt) dyreplankton pr. m² på deler av kysten. En beregning for hele norskekysten, i en bredde på 150 km, ga 14 millioner tonn. For enkelthets skyld ble den observerte biomasse beregnet til å tilsvare produksjonen av én generasjon dyreplankton. Han antok at den dominerende arten, hoppekrepsen *Calanus finmarchicus* (raudåte), og mange andre planktonarter i snitt har to generasjoner, og beregnet den totale årsproduksjonen av dyreplankton til minst 28 millioner tonn.

- Sovjetiske beregninger er basert på gjentatte undersøkelser i løpet av året hvor vekt og mengde av raudåte på de enkelte tidspunkt ble målt. Produksjonen av raudåte på norskekysten ble beregnet til 100 tonn/km²/år, for hele kysten ca. 28 millioner tonn. Den totale produksjonen av alt dyreplankton ble anslått til ca. 40 millioner tonn.

- Havforsker G. Berge beregnet i sin tid at produksjonen av planteplankton på norskekysten var ca. 50 gC (karbon)/m²/år. 10-20% av karbonet overføres til neste ledd i næringskjeden, som selv inneholder ca. 10 % karbon og gir en potensiell produksjon av dyreplankton på 20-50 mill. tonn (Senere beregninger ved Havforskningsinstituttet antyder en produksjon av planteplankton på 70-90 gC/m²/år i snitt for Norskehavet).

Dette viser at ganske omtrentlige beregninger basert på ulike utgangspunkt gir total produksjon av dyreplankton på norskekysten i størrelsesorden ca. 20-50 millioner tonn våtvekt.

Norskehavet

Begrepet "Norskehavet" er uklart, enkelte mener med det hele havområdet mellom Island, Grønland og Norge, et område på 2.6 millioner km². Vårt undersøkelsesområde omfatter ca. 1.7 mill. km² av den østligste del av dette området (figur 4.18).

De siste årene har det vært foretatt omfattende undersøkelser av dyreplankton i Norskehavet og deler av Grønlandshavet innen Havforskningsinstituttets program Mare Cognitum. Redskapene som har vært brukt er MOCNESS, som er en flernetts planktontrål hvor de enkelte nettene kan lukkes og åpnes i dypet på kommando fra skipet, og en finmasket fisketrål. MOCNESS synes å være et effektivt redskap for fangst av mindre planktonorganismer. Voksen krill og arter med større bevegelighet vil derimot kun i liten grad fanges i MOCNESS, ved innsamling av disse benyttes fisketrålen.

Biomasser

Planktonfordelingen somrene 1994 og 1995, basert på prøver fra MOCNESS, er vist i fig. 2.12 for en del av undersøkelsesområdet.

Sommeren 1994 ble følgende planktonmengder beregnet basert på MOCNESS og trålfangster:

Plankton tatt i MOCNESS	(200-0 meter)	100 mill. tonn
Krill tatt i trål	(500-0 meter)	50 mill. tonn
Amfipoder tatt i trål	(500-0 meter)	110 mill. tonn

Alt planktonet blir ikke fanget i disse redska-

pene. Som det framgår av tabellen er prøvene tatt i en begrenset del av vannsøylen, og vi vet at det er ganske store planktonmengder også under disse dypene. Maskevidden i MOCNESS er 0.18 mm, organismer mindre enn dette fanges ikke. Trålen er beheftet med andre og større kilder til usikkerhet. Åpningen i fronten av trålen er hele 900 m². Den fremste delen består av svært store masker som ikke kan holde organismene tilbake, bare i bakre del av trålen er maskene fine nok til å fange organismer som f.eks. krill og amfipoder. Det er svært usikkert hvor stor del av trålen en kan anta fanger disse organismene med stor effektivitet. I beregningene ovenfor har vi antatt en effektiv fangst åpning på 10 m² for krill og amfipoder. Dersom dette arealet i realiteten er for eksempel 20 m², skal estimatet halveres.

Våre foreløpige beregninger viser at de totale mengdene av dyreplankton i det området vi undersøkte sommeren 1994 er ca. 300-500 millioner tonn. Dette innbefatter organismer med størrelse fra brøkdeler av en millimeter til store maneter.

Produksjon

Skal en vurdere planktonet kvantitativt må en skille mellom den øyeblikkelige biomassen og produksjonen av biomasse. En stor biomasse behøver nødvendigvis ikke bety en stor produksjon, den kan være samlet opp gjennom lengre tid, og kan også være resultat av lav beskatning. Mens en liten bestand ofte betyr en lav produksjon, kan den også være resultat av en høy omsetning. Beregninger av dyreplanktonbiomasse er vanskelige, men å beregne produksjonen er langt verre. For et noenlunde korrekt estimat av produksjonen må en ha gode data over mengder av de ulike artene, deres fysiologi og livssyklus m.m.

For en enkel tilnærming har en ofte benyttet gitte forholdstall mellom produksjon (P) og biomasse (B). Det har vært ganske vanlig å benytte et teoretisk P/B-forhold på 2:1 i tempererte områder, ikke minst fordi svært mange planktonorganismer har to generasjoner i løpet av året. Dette forholdet varierer fra art til art, fra sesong

til sesong og mellom år. For f.eks. raudåte i Norskehavet varierer beregningene utført av sovjetiske forskere mellom 1:1 og 4.5:1, for krill mellom 1:1 og 8:1, avhengig av område og år.

La oss, med de feil som dette medfører, benytte forholdet 2:1 også i våre beregninger, dvs. vi kan doble de tallene som er gitt i tabellen ovenfor. Totalt gir dette en produksjon på 500-600 millioner tonn. Planktonet som befinner seg dypere enn 200 m (unntatt krill, amfipoder etc. som fanges i trålen) er da ikke tatt med i beregningene, heller ikke organismer som er for små til å fanges i MOCNESS. Biomassen av disse små organismene er nødvendigvis ikke svært stor, men de har ofte flere generasjoner i året, og dermed en betydelig produksjon. Den usikkerhet som er nevnt tidligere mht. fangsteffektiviteten i trålen, medfører at estimatet for spesielt krill og amfipoder blir svært usikkert.

Beregninger av en karbonproduksjon på 70-90gC/m²/år i Norskehavet tilsier at det kan produseres ca. 200-500 millioner tonn, basert på at 10-20% av karbon produsert overføres til dyreplanktonet og at 30% av tørrvekten av dyreplankton består av karbon. Dette er under forutsetning av at alt planteplanktonet blir spist av dyreplankton, noe som ikke er tilfelle, siden endel av planteplanktonet synker ned og sedimenterer. Med andre ord er det et visst avvik mellom de teoretiske beregninger av dyreplankton-produksjon basert på a) karbonproduksjon av planteplankton og b) observerte mengder av dyreplankton. Imidlertid bør en ikke forvente bedre overensstemmelse på bakgrunn av de beregningene som er foretatt. Feilkildene er mange og store:

- Den estimerte karbonproduksjonen er beheftet med endel usikkerhet
- Karboninnholdet av dyreplanktonet kan variere noe, dette påvirker de indirekte beregningene av produksjonen
- Forholdet P/B er usikkert og varierende
- Planktonmengdene varierer gjennom året, og produksjonsestimater basert på observert biomasse vil variere avhengig av når på året undersøkelsene foretas
- Beregnet biomasse fra trålfangst er svært usikker
- Planktonet er ujevnt fordelt i Norskeha-

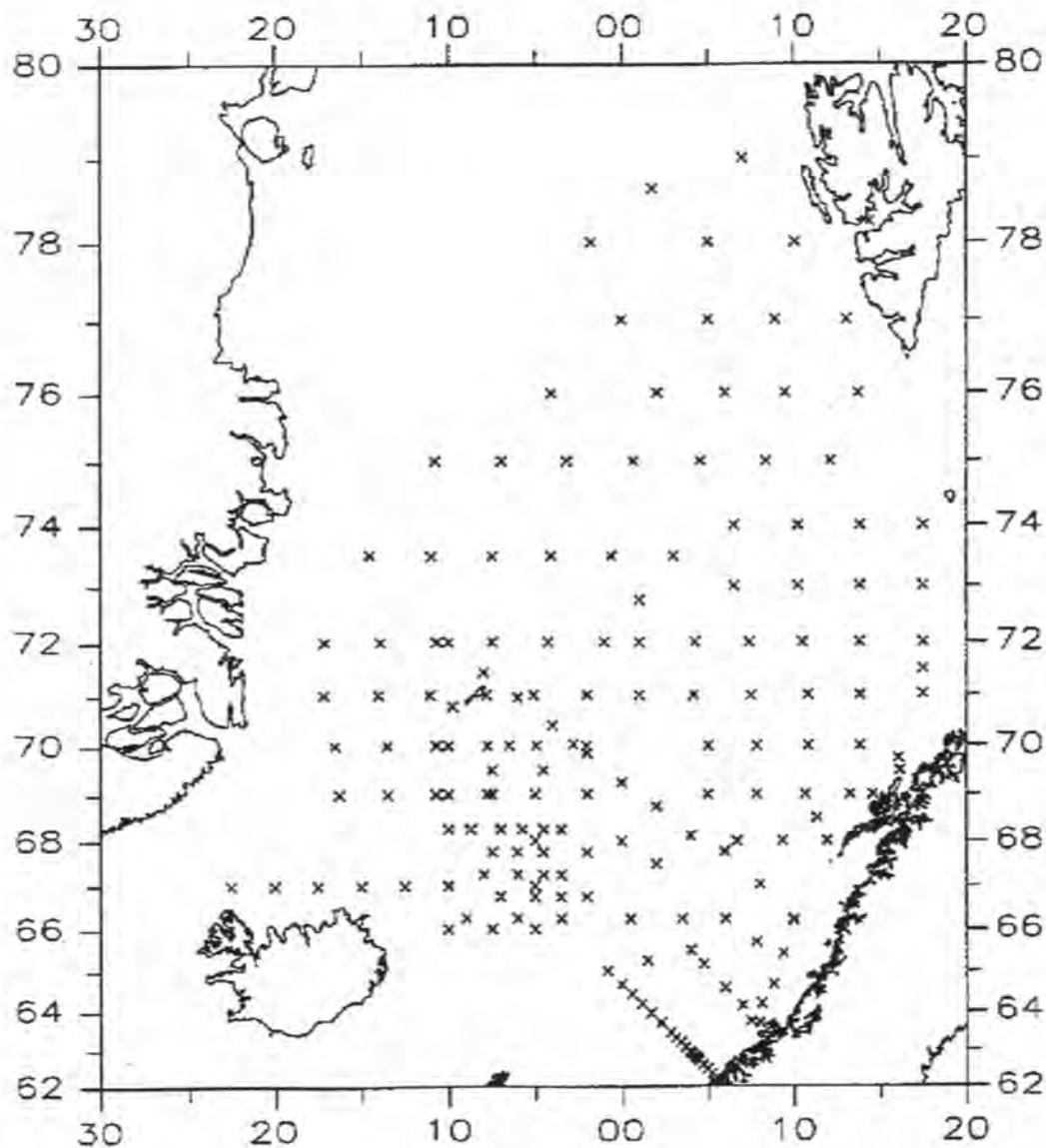
vet, dekningsgraden av undersøkelsene påvirker resultatet

- En viss del av det planktonet som blir observert er tilført Norskehavet både fra Atlanterhavet og fra Arktis, og er ikke produsert i Norskehavet.

Undersøkelsene i 1994 og 1995 hadde som siktemål å beskrive dyreplanktonet i forhold til de ulike vannmassene i Norskehavet, til strømsystemene og til pelagisk fisk, og produksjonsberegninger har vært lavt prioritert. Ved kommende undersøkelser ved Havforskningsinstituttet, bl.a. innen et stort internasjonalt prosjekt på rauåte, vil en legge vekt på å studere

fordeling, reproduksjon, vekst m.m. Dette vil gi oss et bedre grunnlag for å beregne planktonproduksjonen.

Uansett feilkilder i estimatene ovenfor må en anta at den årlige produksjonen av dyreplankton i Norskehavet er på flere hundre millioner tonn, og at biomassen er svært stor. Produksjonen av krill i Antarktis er beregnet til å være i samme størrelsesorden, noe som har gjort det interessant å forsøke å utnytte disse bestandene kommersielt. Bestanden av dyreplankton i Norskehavet synes mer enn en stor nok for en økende bestand av sild, muligens kan den i framtiden også bli gjenstand for en direkte utnyttelse.



Figur 4.18. Posisjoner hvor det er tatt prøver av dyreplankton sommeren 1994.
Zooplankton sampling sites during summer 1994.

En ny giv i forvaltningen av norsk-arktisk torsk?

av
Per Solemdal,
Olav Sigurd Kjesbu og
Tara Marshall

En prognosekatastrofe for ti år siden førte til at mye ubrukt biologisk kunnskap har kommet til heder og verdighet i arbeidet med bestandsprognosene. Etterdønningene har ennå ikke lagt seg, og vi ser også i dag en stor interesse hos bestandsforskerne for andre biologiske felt, for eksempel forhold som fører til variasjoner i fiskens eggantall og kvaliteten hos egg og fiskelarver.

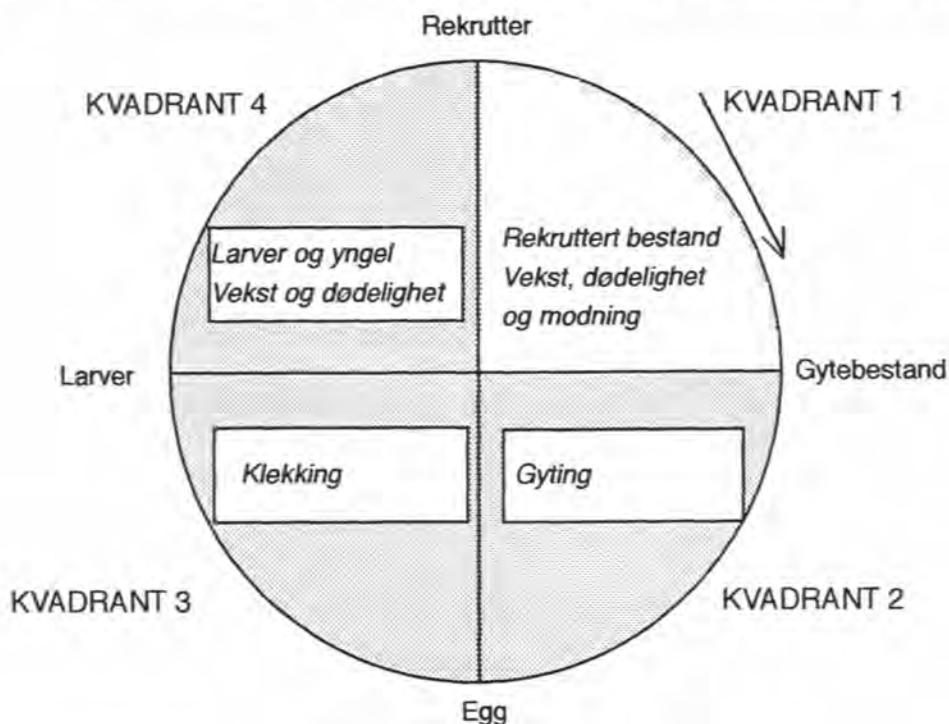
Usikkerheten i bestandsberegningene har tvunget miljø- og ressursforskerne til å samforske. Slik forskning burde være en selvfølge også under mer "fredelige" forhold.

Ubrukt kunnskap reduserer usikkerhet

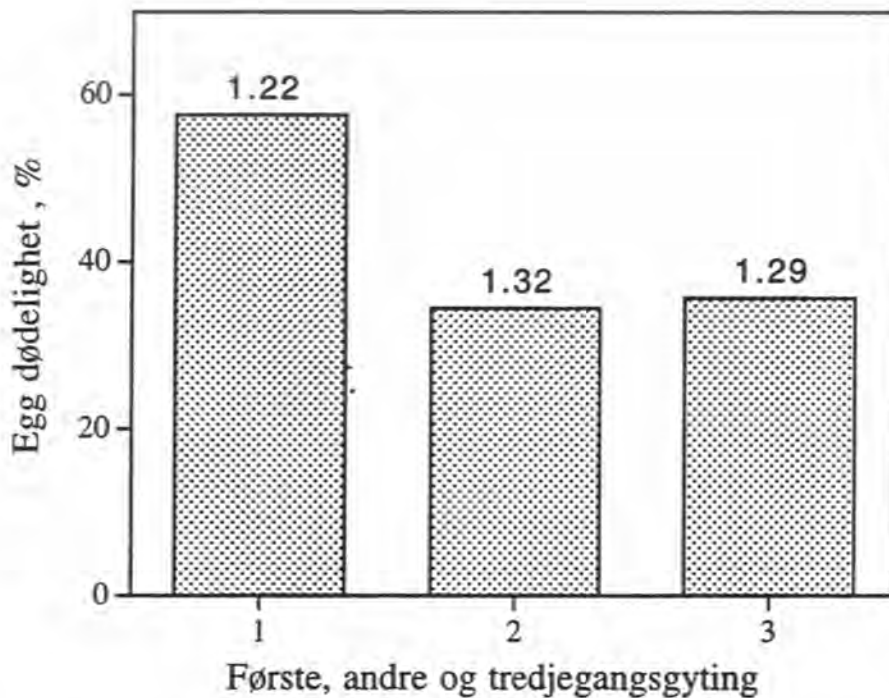
Vanligvis er det svært vanskelig å se noen sam-

menheng mellom gytebestandens størrelse og rekrutteringen i en fiskebestand. Variasjonene i miljøet fra år til år utgjør de dominerende faktorer for hvor vellykket rekrutteringen skal bli. Dette er et komplisert spill av mange faktorer, som vi ikke skal gå inn på her.

Et nytt prosjekt, "Populasjonsdynamisk modellering av norsk-arktisk torsk", har som mål å bruke mer av den eksisterende biologiske og fysiske kunnskap for å redusere usikkerheten i beregningen av bestandsutviklingen. Det er spesielt når det gjelder å forutsi fornyelse (rekruttering), naturlig dødelighet og kjønnsmodning at slik "ekstra"-kunnskap er interessant, enten den allerede foreligger eller forholdsvis lett kan bringes tilveie. Særlig når det gjelder rekruttering vil slike kunnskaper kunne forbedre både de kort- og langsiktige bestandsberegningene.



Figur 4.19. De viktigste biologiske hendelser i fiskens liv. De skraverte feltene inngår ikke i det tradisjonelle bestandsvurderingsarbeidet.
The life cycle with its different processes and transitions in a clockwise direction. Shaded area: "Black box" in traditional stock assessments.



Figur 4.20. Gjennomsnittlig eggdødelighet, i prosent, hos fire kysttorsk. Middeldiameteren på eggene er vist på toppen av histogrammene.
Mean egg mortality, in percent, from four coastal cod. The mean egg diameter is shown at the top of the histograms.

Figur 4.19 viser de viktigste biologiske hendelsene, skjematisk plassert i sirkelens fire kvadranter. Den opplyste kvadranten inneholder de typer data som hittil har vært brukt til bestandsberegninger: rekruttering til fiskbar bestand og vekst, dødelighet og kjønnsmodning. De resterende tre kvadrantene viser de andre delene av livssyklusen med tilhørende biologiske teorier og data som ikke har vært i bruk, eller som ikke har vært klar til å bli tatt i bruk av bestandsforskerne. Det gjelder antall egg i den enkelte hunnfisk (fekunditeten), det totale antall egg i gytebestanden (populasjonsfekunditeten), variasjon i egg- og larve kvalitet på bakgrunn av alders- og kondisjonsforholdene i gytebestanden og vekst og dødelighet hos de yngste aldersgruppene.

Kysttorsk baner veg

Det har lenge vært påstått at egg fra flergangsgytere av torsk produserer mer levedyktig avkom enn avkom fra førstegangsgytere. Ved Havforskningsinstituttet har kysttorskene vært under lupen for å se nærmere på disse forhold i en årrekke. Det har vist seg at eggstørrelsen øker kraftig fra første til andre gangs gyting når

samme fisken blir undersøkt over flere år. Samtidig ble eggdødeligheten vesentlig redusert (figur 4.20). Torskene gyter sine egg i mange porsjoner, der eggene blir mindre og mindre. Det viser seg at eggdødeligheten øker kraftig på slutten av gytingen, da eggene er minst. På dette tidspunkt er også hunnfisken ganske utmattet av den langvarige gyteprosessen. Også denne kunnskapen hører til i kvadrant to, og er av åpenbar interesse for å redusere usikkerheten i bestandsprognosene.

Ny kunnskap om gytebestanden

Men gytebestanden er også karakterisert av variasjon, og ikke bare i størrelse. Den enkelte hunnfisk av en bestemt lengde har varierende vekt, avhengig av næringsforholdene, og antall egg påvirkes kraftig av disse kondisjons-svingningene. Særlig tydelig var dette på slutten av 80-årene, da vekten hos 70 cm lange torsk (figur 4.21A) og eggantallet (fekunditeten) (figur 4.21B), varierte sterkt over en kort periode. Fekunditeten vil derfor også være utsatt for en miljøpåvirkning. Effekten av dårlige ernæringsforhold påvirker fekunditeten hos de minste fiskene mest (figur 4.22). Begge disse eksemplene

er ny kunnskap som ligger i den mørklagte kvadrant to, og som nå er klar til å raffinere de etablerte bestandsmodellene.

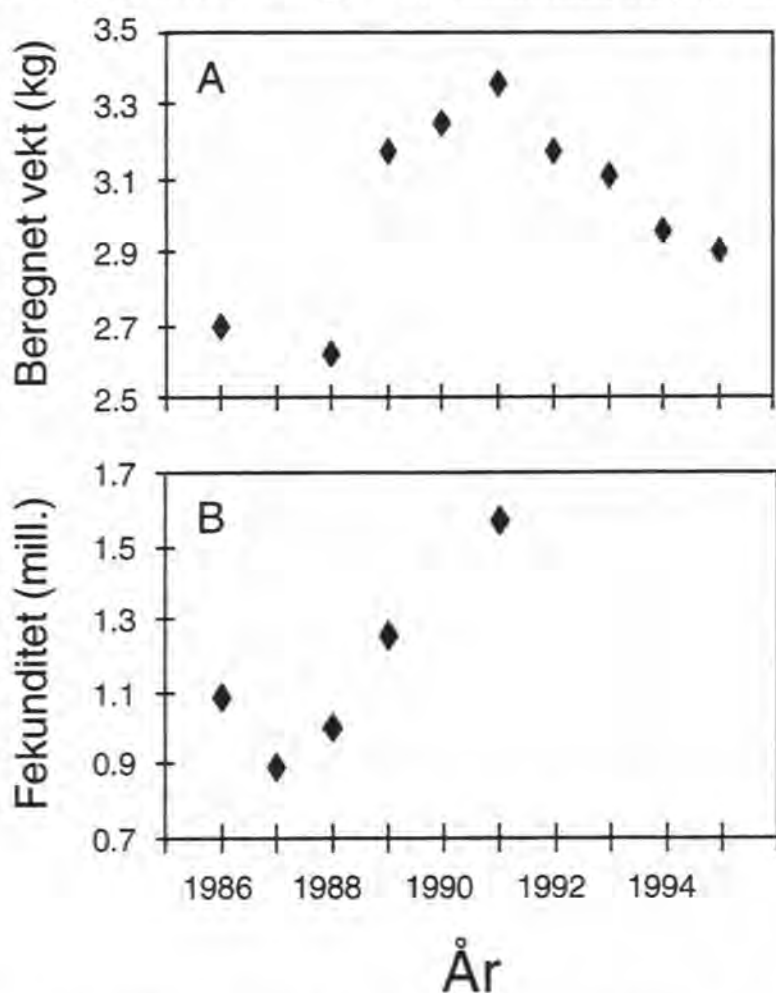
Populasjonsfekunditeten vil altså ikke bare være avhengig av størrelsen på gytebestanden, men av alderssammensetningen og næringsforholdene.

Det er en ofte gjentatt påstand at en gytebestand som består av mange aldersgrupper har en lengre gyteperiode enn en som bare består av noen få aldersgrupper. Sjansen for at en stor del av de nyklekte larvene klekkes på riktig tid mht. næringsforhold øker når gyteperioden er lengst

mulig. Hos mange arter er det de største fiskene, med de største eggene, som gyter først. Foreløpig er dette ikke vist hos torsk, men en større undersøkelse på norsk-arktisk torsk i Barentshavet på ettervinteren 1996 vil forhåpentligvis gi et avklarende svar på dette interessante spørsmålet. Denne kunnskap hører også hjemme i kvadrant to, og vil sannsynligvis bli interessant for bestandsforskerne om en tid.

Katastrofen som ga det store puffet fremover

Dette prosjektet er noe av etterdønningene etter den katastrofale feilprognose for årsklassene



Figur 4.21A. Beregnet vekt hos en 70 cm lang norsk-arktisk hunntorsk i perioden 1986-1995. Merk den gode kondisjonen hos torsken i 1991 sammenliknet med 1988. Data fra Havforskningsinstituttets vintertokt.
Predicted weight of a 70 cm North-East Arctic cod female cod from 1986-1995. Note the good condition of cod in 1991 compared to 1988. Data are from winter surveys of the Barents Sea conducted by the Institute in Marine Research.

Figur 4.21B. Fekunditet hos en 70 cm lang norsk-arktisk hunntorsk.
Fecundity of a 70 cm North-East Arctic cod female cod.

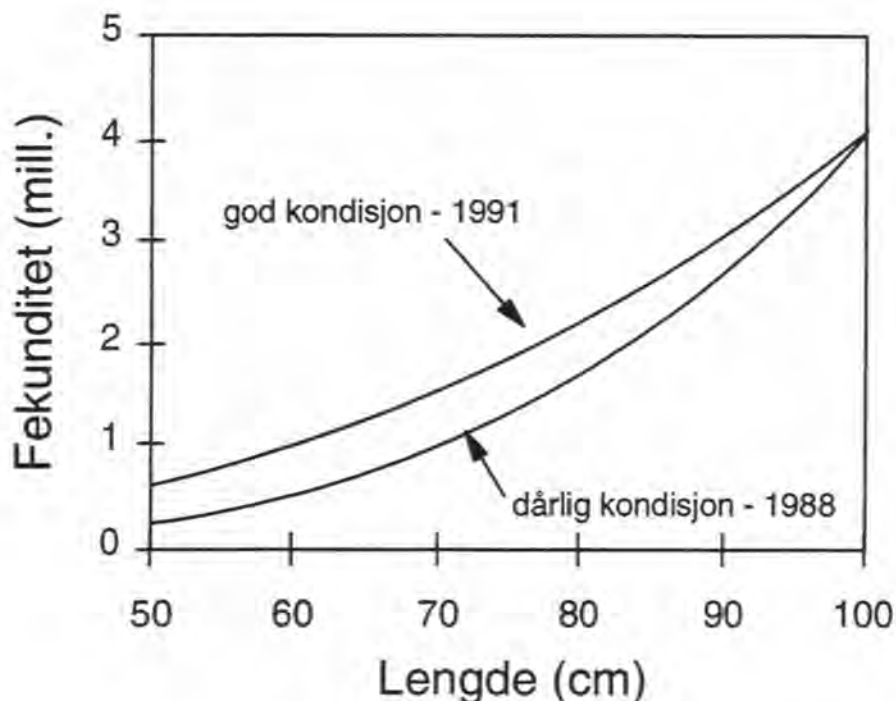
1984-85, som førte til altfor optimistiske planer og investeringer langs kysten.

Forståelsen av denne hendelsen lå nettopp i forhold som ikke ble fanget opp av de vanlige bestandsmetodene. Årene 1983-85 ga tre sterke år på rad på halvårsstadiet. Tre sterke årsklasser på rad i den voksne bestanden har imidlertid aldri tidligere forekommet. Isteden foregikk en omfattende kannibalisme som igjen ga en u naturlig høy naturlig dødelighet. Man startet opp et arbeid for å klargjøre torskens matkonsum og diettliste.

Vekstmønsteret hos torsken viste også et avvikende mønster, avhengig av variasjonen i loddebestanden, som ikke ble fanget opp i den tradisjonelle bestandsanalysen. Dette har blitt studert nærmere i Havforskningsinstituttets flerbestandsprogram.

Det foreløpige siste trekk fra Havforskningsinstituttet for å redusere usikkerheten i bestandsberegningene er ønsket om å inkludere variasjoner i forplantningsevnen i bestandsvurderingene. Med slike forventninger er denne forskningen nå i ferd med "å ta av".

For å klare denne oppgaven gir vi ordet til prosjektlederen, professor Øyvind Ulltang: "Ekstra omtanke må gis til spørsmålet om hvordan bestandsarbeidet skal organiseres for å skape bedre forhold for å utnytte slik kunnskap. Den nåværende praksis er karakterisert av et for skarpt skille mellom eksperter i fiskeribiologi og eksperter innenfor forskjellige felt av marinbiologi. For å få en bedre forståelse av dynamikken i fiskebestander må vi hele tiden se på mekanismene bak observasjonene. Rådgivning i bestandsvurdering og forvaltning kan ha stor fordel av en tettere, mer regulær kommunikasjon på grunnleggende felt i marin fiskeribio-



Figur 4.22.

Fekunditet i år med blant annet god (1991) og dårlig (1988) kondisjon hos norsk-arktisk torsk. Merk den økende forskjellen i fekunditet hos mindre fisk.

Fecundity in years of good (1991) and poor (1988) condition of North-East Arctic cod. Note the increasing difference in fecundity with decreasing length.

Påvirker norske utslipp av nærings-salter situasjonen i Ytre Oslofjord?

av
Hein Rune Skjoldal

Det er klare tegn på påvirkninger fra nærings-salter i Ytre Oslofjord både fra regionale og lokale kilder. Graden av påvirkning fra gjødsling, også kalt eutrofiering, er svak til moderat. Siden Ytre Oslofjord er et relativt åpent system med god resipientkapasitet, er tilstanden rimelig god og dagens situasjon er ikke akutt.

Dette er hovedkonklusjonen til en ekspertgruppe som har vurdert tilførselene av nærings-salter til Ytre Oslofjord.

Basert på Nordsjøavtalen av november 1987 formulerte miljøvernmyndighetene de nasjonale mål slik:

“Utslippene av nærings-salter til utsatte deler av Nordsjøen skal reduseres med 50% innen 1995, med 1985 som basisår”.

I 1990 besluttet Miljøverndepartementet at kyststrekningen Svenskegrensa - Lindesnes var å regne som sårbare områder i forhold til Nordsjøavtalens bestemmelser. Senere har det både innen norske fagmiljøer og i massemedia vært ført en diskusjon om betydningen av de norske utslipp av nærings-salter i forhold til tilførsler fra sørlige Nordsjøen og Kattegat. I den senere tid har diskusjonen fokusert på forholdene i Ytre Oslofjord. Spesielt har nytteverdien av å rense kommunalt avløpsvann for nitrogen vært omdiskutert.

Som et resultat av denne diskusjonen nedsatte SFT en ekspertgruppe for å vurdere effektene av en eventuell reduksjon i nærings-saltutslippene til Ytre Oslofjord. Havforskningsinstituttet ledet denne ekspertgruppen som gav sin rapport i januar 1996. Det følgende er en kortfattet oppsummering av denne.

Regional eutrofipåvirkning skyldes hovedsaklig tilførsler av nærings-salter fra sørlige Nordsjøen

og Kattegat. Denne påvirkning viser seg ved forhøyete konsentrasjoner og endret sammensetning av nærings-salter om våren og forsommeren, høyt innhold av partikulært organisk materiale i øvre vannlag, redusert oksygeninnhold i vannmassene om høsten og stor organisk tilførsel til bassengene i Ytre Oslofjord.

De norske tilførselene av nærings-salter påvirker forholdene i brakkevannslaget i de indre deler av Ytre Oslofjord og i Glommas influensområde. Her bidrar de tydelig til innholdet av nærings-salter og fører til økt algevekst og redusert sikt. Virkningen er moderat. Beregninger viser at planktonmengden blir omtrent doblet og sikten redusert med ca. 20 % i området innenfor Fulehuk-Missingen. På grunn av lav oppholdstid vil denne biomassen bli transportert ut av fjorden og raskt fortynnet, og den vil ikke rekke å påvirke de dypere vannlag ved utsynking i særlig grad. Bidraget fra norske tilførsler er lite i de åpne ytre deler av Ytre Oslofjord.

Reduksjon av de norske tilførselene vil føre til en reduksjon i algemengde og en bedring i siktforholdene i brakkevannslaget i Ytre Oslofjord. Bedret sikt vil føre til at lyset trenger lengre ned og produksjonen vil flytte seg noe dypere. Dette vil delvis motvirke den reduserte produksjonen i overflatelaget og den totale produksjonen vil bare i begrenset grad bli redusert.

Reduksjon i de langtransporterte tilførselene fra de store kildene oppstrøms vil føre til en bedring i situasjonen i kystvannmassene i indre Skagerak og Ytre Oslofjord. Dette vil blant annet føre til redusert organisk belastning og bedring i oksygenforholdene i tilgrensende bassenger. Situasjonen er nå preget av et nitrogenoverskudd om våren og forsommeren i vannmasser fra sørlige Nordsjøen. Selv om tilførselene av nærings-salter har vært noe redusert de senere år i tråd

med Nordsjøavtalen, forventes ubalansen mellom nitrogen og fosfor å holde seg. Dette fordi reduksjonene i nitrogen har vært små i forhold til reduksjonene i fosfor.

legges å tilstrebe en balanse med naturlig sammensetning av næringssalter i de marine områder. Dette gjelder både langtransporterte og norske tilførsler.

Ved vurderinger av tiltak bør det derfor vekt-