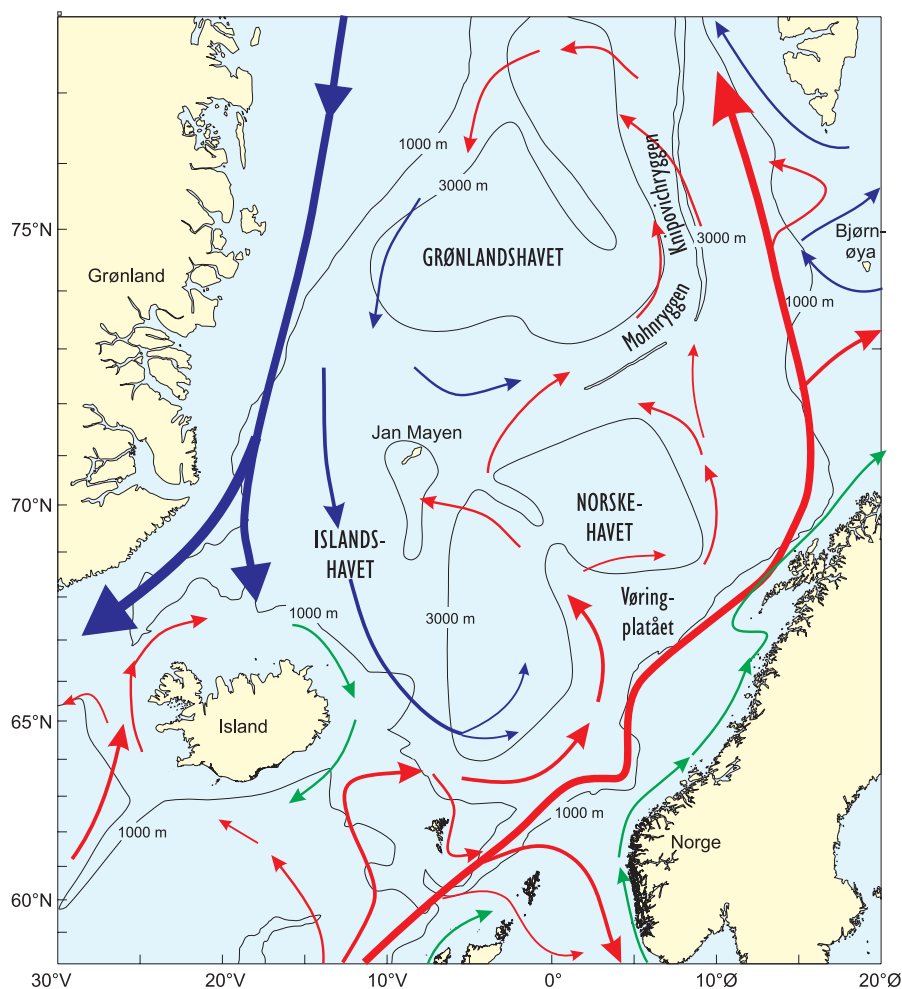


Det varmeste og salteste vannet som kommer inn i Norskehavet fra Atlanterhavet, går hovedsakelig gjennom Færøy-Shetlandsrennen der det følger eggkanten nord av Skottland (Figur 2.1). En annen strømgren som også fører atlanterhavsvann kommer inn nord av Færøyene, etter å ha krysset Grønland-Skottlandsryggen mellom Færøyene og Island. Lenger vest er det innstrømning av atlanterhavsvann til nordislandske kystfarvann. Atlanterhavsvannet

som strømmer inn i Norskehavet avgir store varmemengder til atmosfæren, slik at det nordvestlige Europa har et meget mildt klima i forhold til sin geografiske bredde. Dette fører til at hele Norskehavet og store deler av Barentshavet er isfritt og åpent for biologisk produksjon.

Variasjoner i transporten av atlantisk vann og de temperatursvingningene som dette fører til, er en



**Figur 2.1**

De viktigste trekkene i sirkulasjonsmønsteret og dybdeforhold i Norskehavet, Islandshavet og Grønlandshavet. Røde piler: atlantisk vann. Blå piler: arktisk vann. Grønne piler: kystvann.

*The main circulation pattern and bathymetry of the Iceland Sea, Norwegian Sea and Greenland Sea. Red arrows: Atlantic water. Blue arrows: Arctic water. Green arrows: Coastal water.*

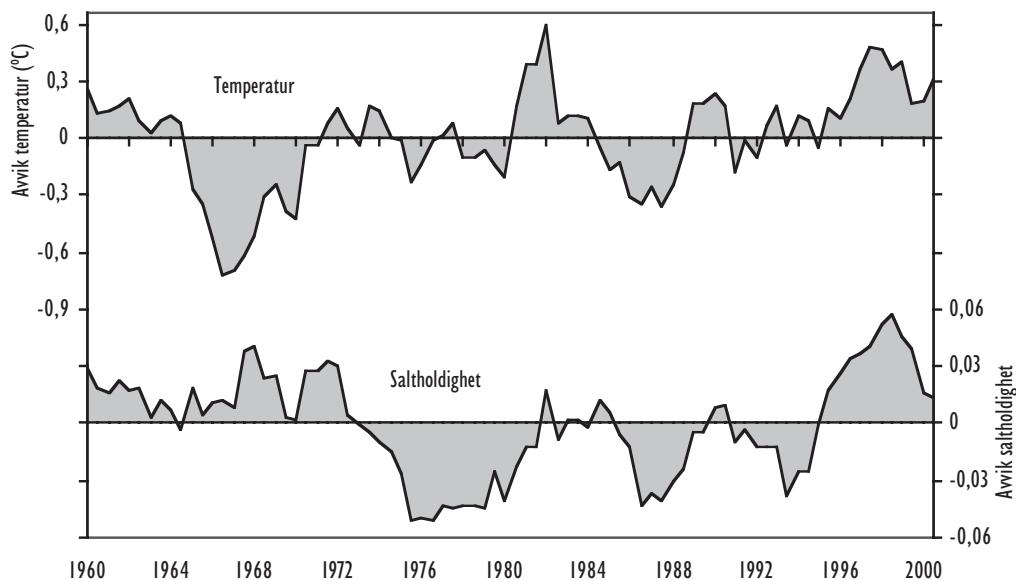
viktig økologisk faktor som virker inn på de biologiske forholdene i havet. Ofte rekrutteres store årsklasser av fiskebestandene i varme perioder. Temperaturvariasjonene er nødvendigvis ikke et mål for varmemengden som kommer inn i Norskehavet, fordi denne også avhenger av volumtransporten. Variasjoner i volumtransporten har vi langt mindre kjennskap til enn temperaturvariasjonene. Grunnen til dette er at transportmålinger er meget kostbare å gjennomføre.

### Langtidstrender

Atlantehavsvannet på den skotske siden av Færøy-Shetlandsrennen kommer i hovedsak inn i området sør av Færøybanken, spesielt langs kontinentalskråningen vest av De britiske øyer (Figur 2.1). Temperaturen og saltholdigheten i dette vannet har vært målt siden 1902. Figur 2.2 viser målingene fra og med 1960. De vanligste variasjonene har tidsskala på noen få år. Disse variasjonene har vanligvis også de største utslagene. Måleserien viser også at det er endringer over flere tiår. Vannet som strømmet inn fra Atlanterhavet på 90-tallet, var i gjennomsnitt ca. 0.3 °C varmere enn på 60-tallet. Korttidssvingningene kan

imidlertid være nesten en grad. Temperaturen har økt gradvis fra 1995, og var i 1998 nesten 0.5 °C over normalen, som er det høyeste siden begynnelsen av 1980-årene. Etter en nedgang fra denne toppen økte temperaturen igjen noe i 2000. Saltholdigheten var i 1976 den laveste siden begynnelsen av 1900-tallet. Siden da har den i gjennomsnitt vært økende, selv om det er observert svingninger med topper i 1982 og 1990, og bunnverdier i 1987 og 1994. Siden 1994 har det vært en bemerkelsesverdig økning i saltholdigheten, og i 1998 var den den høyeste i hele måleserien. Fra 1998 til 2000 har saltholdigheten sunket betydelig, men den lå fortsatt over normalen for perioden 1960-2000.

Figur 2.3 viser variasjonen siden 1978 i temperatur og saltholdighet i snittene Svinøy-NV, Gimsøy-NV og Sørkapp-V (se Figur 0.1 for posisjoner). Snittene viser forholdene i henholdsvis sørlige, sentrale og nordlige deler av østlige Norskehavet. Verdiene representerer sommerforholdene mellom 50 og 200 m dyp i kjernen av atlantehavsvann like utenfor eggkanten, og er basert på målinger tatt i perioden fra slutten av juli til begynnelsen av september.



**Figur 2.2**

Tidsserier av temperatur og saltholdighet i atlantehavsvann over eggkanten nord av Skottland. Verdiene er vist som avvik idet sesongvariasjonen er fjernet. Kurven viser 24 måneders glidende midler, beregnet for seks månedersintervaller. Gjengitt med tillatelse fra Marine Laboratory, Aberdeen. *Time series of temperature and salinity in surface waters lying at the shelf edge north of Scotland. Values are presented as anomalies since the seasonal cycle has been removed. The curves are the result of 24 month centered running means, calculated at 6 months intervals. Courtesy of the Marine Laboratory, Aberdeen.*

Noen likhetstrekk med forholdene nord av Skottland (Figur 2.2) forekommer også i snittene, som for eksempel de lave saltholdighetene i slutten av 1970-årene og perioden med høye verdier i temperatur og saltholdighet rundt 1990.

I alle tre snittene har det vært en langtidstrend mot høyere temperatur. Figur 2.3 viser at temperaturøkningen har vært større nord i Norskehavet enn i sør. Årsaken til dette har blant annet vært redusert varmetap til atmosfæren på grunn av økt lagdeling i øvre lag og varmere vintervær. I 2001 har det vært en nedgang i både temperatur og saltholdighet i det sørlige Norskehavet sammenlignet med 2000. I det sentrale og nordlige Norskehavet har det derimot vært en økning i 2001 i både temperatur og saltholdighet.

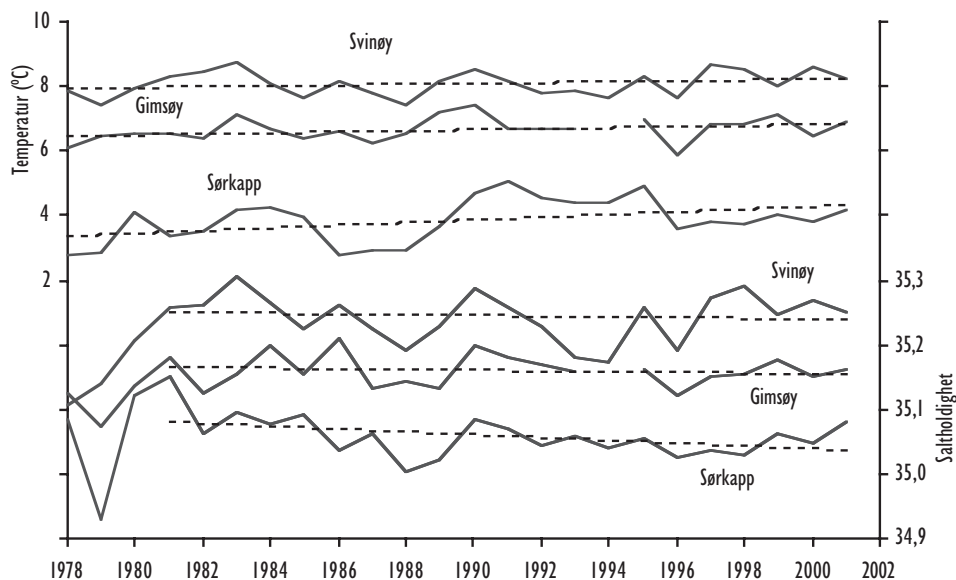
I det innstrømmende vannet i Færøy-Shetlandsrennen har saltholdigheten vist en økende trend etter 1980, og da spesielt etter 1994 (Figur 2.2). Denne økningen ser vi ikke i Norskehavet, hvor alle tre snittene har vist en tendens mot lavere saltholdighet siden 1981. Forskjellen skyldes at det sørlige og sentrale Norskehavet er blitt påvirket av arktisk vann

fra vest via Øst-Islandsstrømmen. Videre mot nord er det igjen økende innblanding av arktisk vann fra vest, slik at Sørkappsnittet viser en mer nedadgående langtidstrend i saltholdigheten. Siden 1996 har det derimot vært en saltholdighetsøkning for alle de tre snittene i Norskehavet.

Tidsserier i sentrale og vestligere deler av Norskehavet ved værskipsstasjon Mike (St. M, Figur 0.1) viser også en langtidstrend, beregnet fra 1950 til 1999, mot lavere saltholdighet. Dette fremgår i Figur 2.4 som viser tidsseriene av temperatur og saltholdighet i 150 m dyp for august måned ved stasjon M. Vi ser at det har vært en beskjeden langtidstrend mot lavere temperatur, men denne trenden er veldig svak. Etter at temperaturen og saltholdigheten hadde relative høye verdier i 1998, sank de igjen og lå i 1999 nær langtidstrenden.

### Variasjoner i vannmassefordeling

Variasjoner i areal og i middeltemperatur av atlantisk vann i Svinøysnittet om sommeren er vist i Figur 2.5. Atlantisk vann er her definert som alt vann med saltholdighet høyere enn 35. Høye verdier av areal



**Figur 2.3**

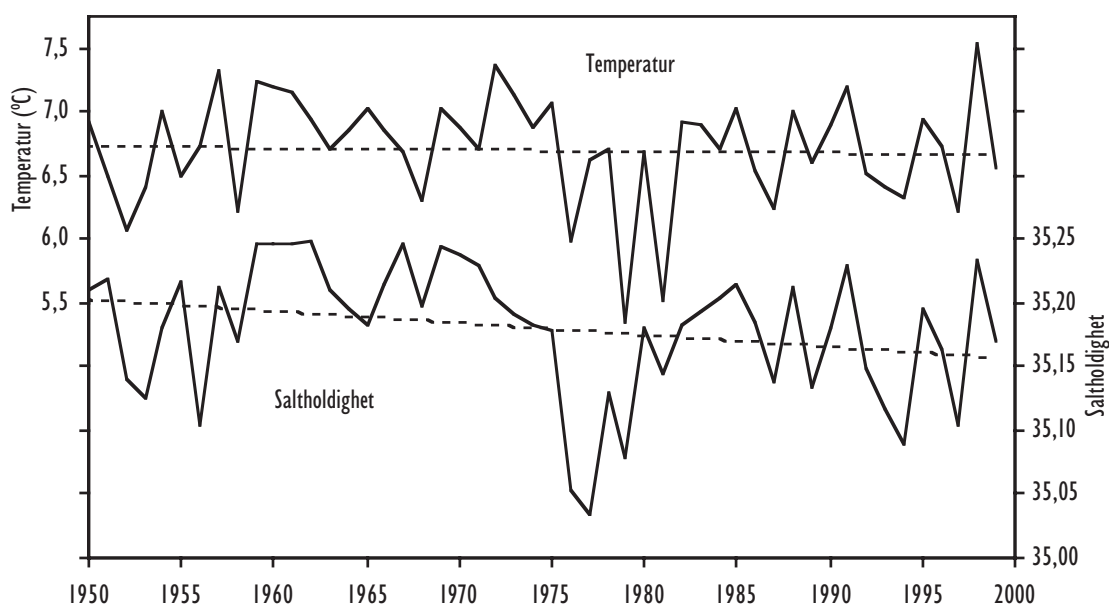
Temperatur og saltholdighet, juli/august i kjernen av atlantisk vann i snittene Svinøy-NV, Gimsøy-NV og Sørkapp-V, midlet mellom 50 og 200 m dyp (1978-2001). (Lokalisering av snittene er vist i Figur 0.1).  
*Temperature and salinity, July/August in the core of Atlantic water in the sections Svinøy-NW, Gimsøy-NW and Sørkapp-W, averaged between 50 and 200 m depth (1978-2001). (Positions of the sections are indicated in Figure 0.1).*

er et resultat av en større utbredelse av atlantisk vann i snittet. En større utbredelse kan forekomme ved at det atlantiske vannet har en mer vestlig utbredelse, eller ved at det har en dypere utstrekning i et eller flere områder. Mye vestavind vil føre til at det atlantiske vannet blir presset østover, dvs. mindre vestlig utbredelse som gir et lavere areal i snittet. I 1992-95 var arealet av det atlantiske vannet i snittet langt lavere enn langtidstrenden fra 1981 til 2001, og 1993 hadde den laveste verdien siden 1979. Selv om arealet av det atlantiske vannet har steget de to siste årene, er langtidstrenden nedadgående. I årene 1997-1999 hadde det atlantiske vannet de høyeste temperaturene i hele tidsserien, mens temperaturen i 2000 falt til under langtidstrenden. I 2001 var temperaturen omtrent den samme som i 2000. Langtidstrenden viser at det atlantiske vannet har blitt ca. 0.5 °C varmere fra 1978 til 2001.

Endringene i havklima og vannmassefordeling som er observert i Norskehavet, styres i hovedsak av den storstilte fordeling av atmosfæretrykk i den

nordatlantiske sektoren og tilhørende vindforhold. En indeks for variasjon i trykkforskjellen mellom Azorene utenfor Portugal og Island er mye benyttet som et mål for intensiteten i vindsystemet over det nordlige Atlanterhavet. Denne trykkvariasjonen er kjent som "Den nordatlantiske oscillasjon" (NAO) og står i nær sammenheng med vindforholdene i Norskehavet, og dermed med utbredelsen av de ulike vannmassene. Med høy NAO som gir mye vestavind, blir påtrykket av arktiske vannmasser fra vest også større. Endringene mot mer arktiske og kaldere forhold i vestlige og sentrale deler av Norskehavet siden slutten av 1960-årene står således i forbindelse med en økt NAO-indeks.

Klimaforhold og utbredelse av vannmasser har stor betydning for produksjon og fiskefordeling i Norskehavet. I flere år har for eksempel silda ikke vandret inn i islandsk sone på grunn av økt østlig utbredelse av kaldt arktisk vann. De siste årene har det om våren vært en stor tilførsel av arktisk vann til det sørlige Norskehavet. Dette er kanskje



**Figur 2.4**

Månedsmidler for august av temperatur og saltholdighet i 150 m dyp på værsstasjon M i Norskehavet, i posisjon 66°N, 02°Ø. Gjengitt med tillatelse fra Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen.

Monthly mean values for August of temperature and salinity at 150 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.

forklaringen på at silda har hatt en nordøstlig utbredelse de siste somrene.

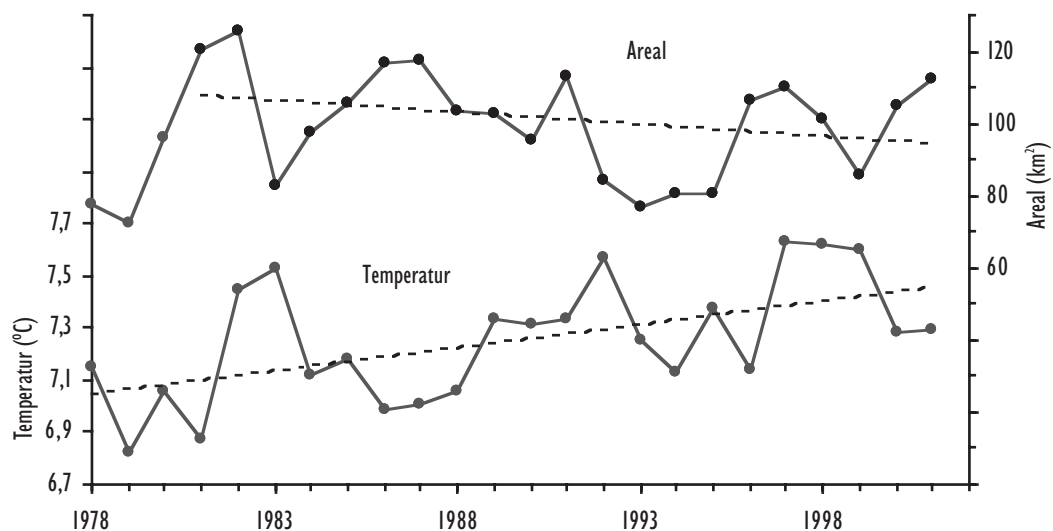
### Horisontal fordeling av overflatetemperatur

Ved hjelp av satellitter kan man måle temperaturen ved havoverflaten for store havområder samtidig. Øverst til venstre i Figur 2.6 vises temperaturen ved havoverflaten i mars 2001 målt ved hjelp av satellitter. Tidlig på våren er de øvre vannmassene fortsatt godt gjennomblandet, slik at temperaturen ved havoverflaten også gjenspeiler temperaturen dypere ned i vannkolonnen. Fra figuren kan man tydelig se tungen av relativt varmt vann som strømmer gjennom Færøy-Shetlandsrennen og inn i det østlige Norskehavet. Arktisk vann som kommer fra Øst-Islandsstrømmen kan også ses øst for Island. Området hvor temperaturen øker relativt mye, fra vest mot øst over en relativt kort distanse, er Den arktiske fronten. Temperaturavviket for mars 2001, fra et gjennomsnitt for mars måned, vises i figuren øverst til høyre. Gjennomsnittstemperaturen er beregnet ved hjelp av både hydrografiske observasjoner og satellittdata over de siste 30 årene. I store deler av Norskehavet har det vært en temperaturøkning på over 0.5 °C og i enkelte områder også over 1 °C.

Nederst i Figur 2.6 vises temperaturen ved havoverflaten i desember 2001 til venstre, mens avviket fra gjennomsnittet for desember vises til høyre. Generelt har det vært en liten temperaturøkning i mesteparten av Norskehavet. Den største økningen har vært sør for Spitsbergen med over 0.5 °C og maksimum 1 °C. I Grønlandshavet har det derimot vært en temperaturnedgang.

### Volumtransport

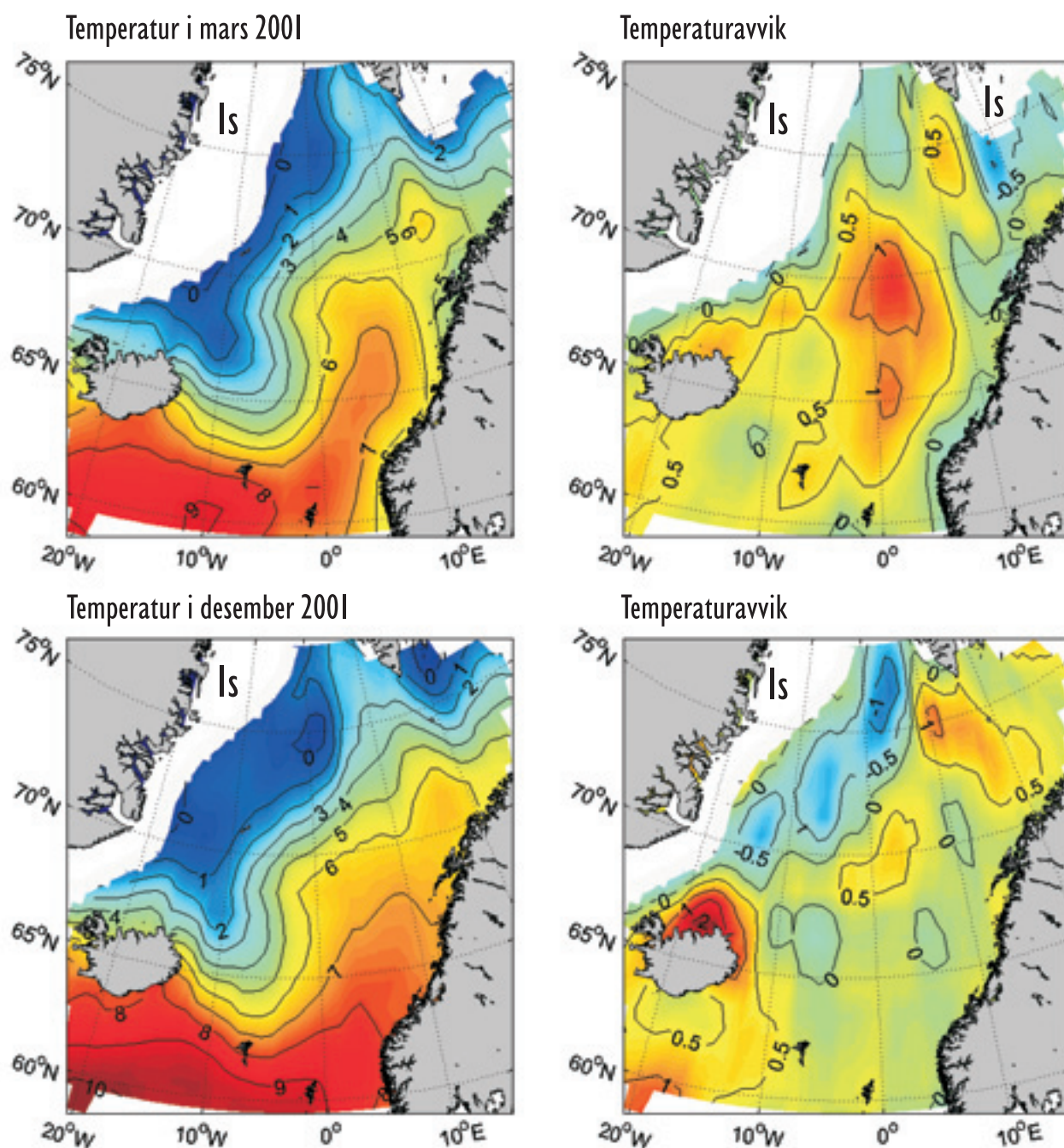
Volumtransporten av atlantisk vann inn i Norskehavet er de siste årene blitt målt med strømmålere i Svinøysnittet. Målerne er plassert slik at de fanger opp variasjoner av strømmen i kjernen av det atlantiske vannet ved eggakanten. Målerne fanger derimot ikke opp strøm lengre ute i snittet. Figur 2.7 viser tre måneders og et års glidende midler av transporten fra mai 1995 til august 2001. Innstrømningen er størst om vinteren og lavest om sommeren og høsten. Selv om tidsserien viser mange og raske svingninger, eksisterer det også langperiodiske svingninger. Siden 1999 har det vært en nedadgående trend, og i 2001 hadde årsmiddelet av transporten, sammen med 1997, de laveste verdiene i hele tidsserien.



**Figur 2.5**

Areal (i km<sup>2</sup>) og middeltemperatur av atlantisk vann i Svinøysnittet, observert i juli/august 1978-2001. Atlantisk vann er her definert som vann med saltholdighet høyere enn 35. Høye verdier av areal er et resultat av en større utbredelse av atlantisk vann i snittet.

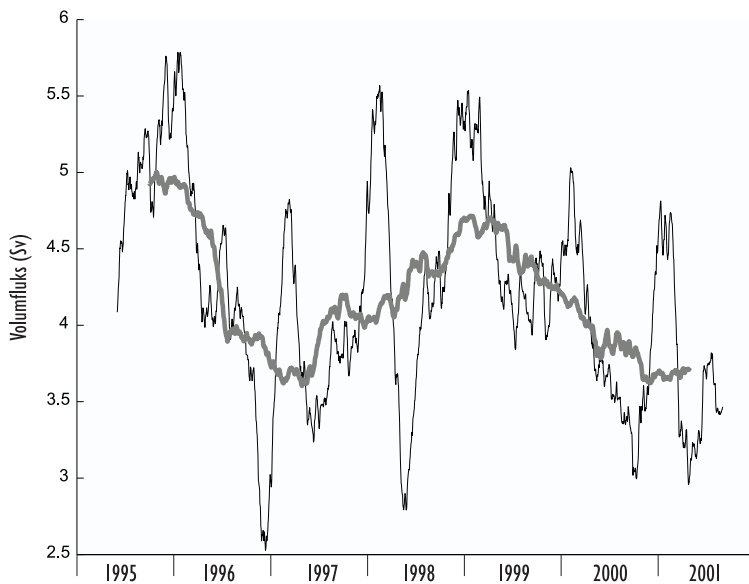
Area (in km<sup>2</sup>) and averaged temperature of Atlantic water in the Svinøy section, observed in July/August 1978-2001. Atlantic water is defined as water with salinity above 35. High values of area are results of a larger distribution of Atlantic water in the section.



**Figur 2.6**

Overflatetemperatur og temperaturavvik i Norskehavet målt fra satellitt. Hvitt felt angir et isdekke på over 50 %. Øverst og nederst til venstre: overflatetemperatur i mars og desember 2001. Øverst og nederst til høyre: temperaturavvik i overflaten i mars og desember 2001 fra et gjennomsnitt i årene 1970-2000. Blå farge betegner relativt kaldere vann. Intervallet mellom kotelinjene er 0.5 °C. Satellittdata er fra National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA.

Sea surface temperature and anomalies in the Norwegian Sea measured with satellite. White area indicates an ice cover of more than 50 %. Upper and lower left: sea surface temperature in the Norwegian Sea in March and December 2001. Upper and lower right: temperature anomaly of sea surface temperature in March and December 2001 from mean temperatures in the years 1970-2000. Blue colour indicates relatively colder water. Intervals: 0.5 °C. Satellite data are from National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA.

**Figur 2.7**

Volumtransporter av atlantisk vann fra mai 1995 til august 2001 ved eggakanten gjennom Svinøysnittet. Tidsseriene er 3 måneders og 1 års glidende midler av dataene. Verdiene er gitt i Sverdrup (en Sverdrup er  $10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ). Gjengitt med tillatelse fra Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen.

*Volume transports of Atlantic water from May 1995 to August 2001 at the shelf edge through the Svinøy section. The time series are 3 months and one year running means of the data. The values are in Sverdrup (one Sverdrup is  $10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ). Courtesy of the Geophysical Institute, University of Bergen.*

## 2.2 Plankton og næringsalter

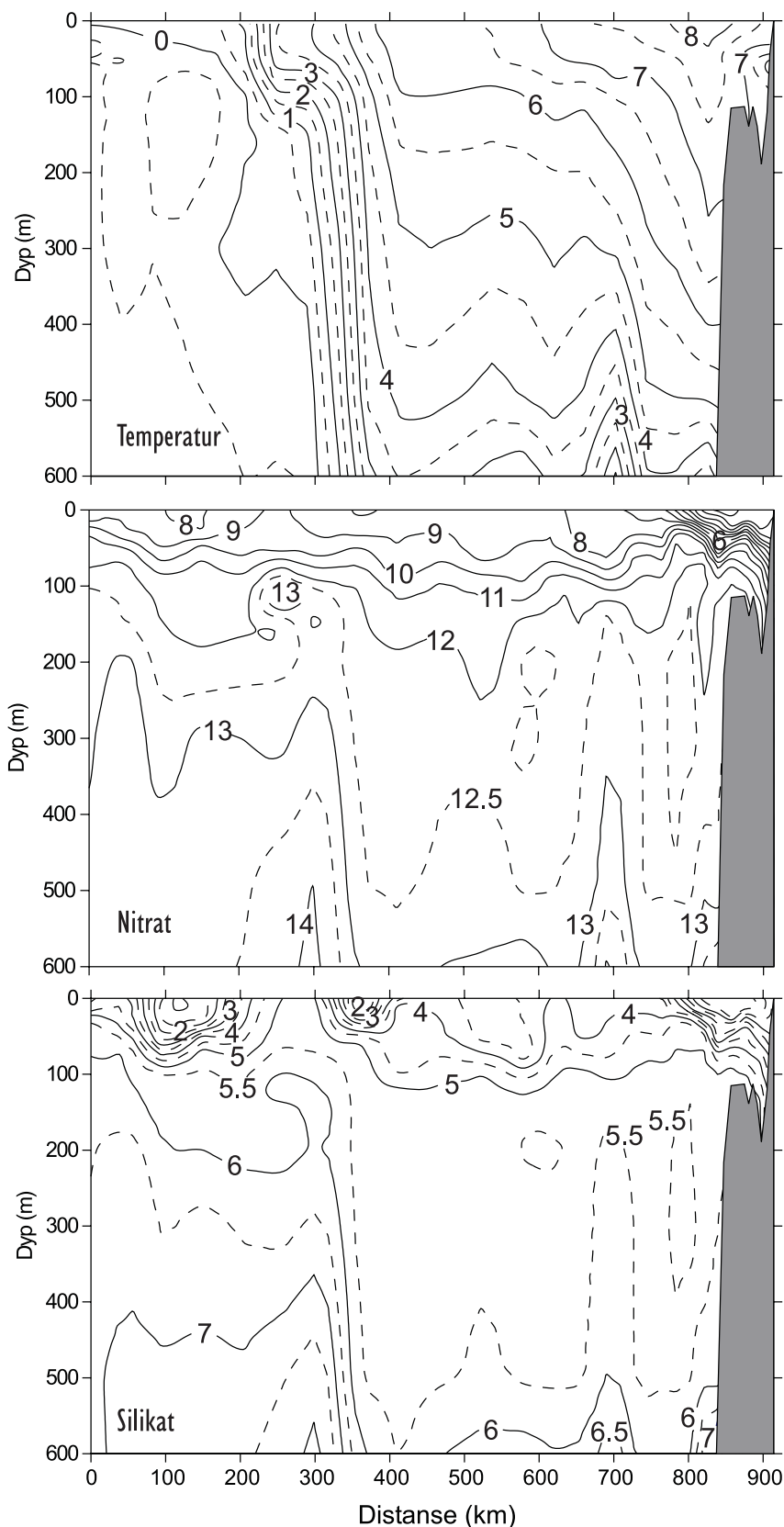
### Plantep plankton og næringsalter

Norskehavet og Grønlandshavet er to viktige områder for instituttets virksomhet. Norskehavet pga. sin betydning som beiteområde for viktige fiskeslag som sild, kolmule, makrell og laks, og Grønlandshavet som et område for dypvannsdannelse. Dypvannsdannelsen er regnet som en av flere viktige drivkrefter i strømsystemene i De nordiske hav. Havforskningsinstituttet har styrket overvåkingen i disse havområdene i de siste tre årene med et tokt i mai/juni. På disse toktene gjennomføres undersøkelser av fysikk, kjemi og biologi.

Noen av de viktigste faktorene for den biologiske produksjonen i Grønlandshavet er isutbredelsen om vinteren og våren, og ismeltingen om sommeren. Når isen smelter, dannes det et lett ferskvannslag som flyter øverst og er så stabilt at det ikke lett blandes med det saltene vannet under. Et slikt stabilt lag er en nødvendig betingelse for oppblomstring av plantep plankton tidlig om våren. I områder som ikke blir dekket av is om vinteren, utvikler stabiliteten i overflatelaget seg mye langsommere, og da hovedsakelig som et resultat av oppvarmingen fra atmosfæren. Undersøkelsene gjennomført i perioden 1993-99 har vist at oppblomstringen begynner ved iskanten og deretter i de sentrale deler av Grønlandshavet. Som regel er oppblomstringen

dominert av kiselalger (diatomeer). Utover våren blir kiselalgenes vekst hemmet av silikatmangel, og flagellaten *Phaeocystis pouchetii*, som ikke er avhengig av silikat, overtar. Utover sommeren forbruker denne algen det meste av nitraten i overflatelaget.

Etter mange års undersøkelser av næringsalter og plantep planktonvekst i Grønlandshavet og Norskehavet, kan man av erfaring si noe om forløpet av våroppblomstringen ved å betrakte mengden av næringsalter og temperaturforholdene i de forskjellige vannmassene. Figur 2.8 viser (ovenfra og ned) fordeling av temperatur, nitrat og silikat i juni 2001 langs et utvidet Gimsøy-NV-snitt fra norskekysten og ut til de sentrale delene av Grønlandshavet. Den arktiske fronten ses som tette, nesten vertikale temperaturisolinjer som skiller de kalde vannmassene i Grønlandsbassenget fra de varme vannmassene i Norskehavet. Man ser også at en horisontal temperaturgradient forårsaket av oppvarmingen av overflatelaget er under utvikling over den norske kontinentalsokkelen og på vestsiden av Den arktiske fronten. Disse temperaturgradientene har stor betydning for plantep planktonoppblomstringen. Lave nitrat- og silikatverdier indikerer at næringsalter forbrukes og at oppblomstring er i gang. Nedgangen i nitrat og



**Figur 2.8**  
 Vertikalfordeling av temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ , øverst), nitrat ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ , midten) og silikat ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ , nederst) i de øverste 600 m langs Gimsøy-NV-snittet i juni 2001.  
 Vertical distribution of temperature ( $^{\circ}\text{C}$ , upper), nitrate ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ , middle) and silicate ( $\mu\text{mol kg}^{-1}$ , lower) in the upper 600 m along the Gimsøy-NW section in June 2001.

silikat er som regel noenlunde lik når planteplankton-samfunnet består av en blanding av diatomeer og andre mikroalger. I juni 2001 derimot (Figur 2.8) ble det observert tre områder langs Gimsøysnittet hvor silikat var nesten uttømt, mens det fortsatt var betydelige mengder nitrat igjen. Disse områder var nesten fullstendig dominert av diatomeer.

### Dypvannsdannelse

Grønlandshavet er blitt kjent for å være et av de få steder i verden hvor det dannes nytt bunnvann, noe som har stor betydning for fornyelsen av dypvannmassene i Nord-Atlanteren. Dannelsen av nytt bunnvann i Grønlandshavet har imidlertid ikke forekommet siden begynnelsen av 70-årene. De sentrale deler av Grønlandshavet har i de senere år vært karakterisert ved forholdsvis lave saltholdigheter i overflaten, og en gradvis økning av temperatur og saltholdighet dypere enn 1 500 m. Denne økningen er mest sannsynlig et resultat av den reduserte bunnvannsdannelsen, kombinert med økt innstrømming av relativt saltere og varmere vann fra Polhavet.

Forholdene i de sentrale deler av Grønlandshavet har blitt overvåket av Havforskningsinstituttet siden 1992. Fra 1992 og frem til 2000 er oksygenet i de dypeste deler av Grønlandshavet fra ca. 315 til 305  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  (tilsvarer henholdsvis 7.05 og 6.83 ml  $\text{l}^{-1}$ ). I 2001 var oksygeninnholdet fortsatt lavt, og i tillegg fant man et lag ved ca. 2 000 m dyp med et oksygeninnhold lavere enn 300  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  (6.72 ml  $\text{l}^{-1}$ ) som strakte seg over hele havet.

Hva er årsaken til at oksygeninnholdet i de dypeste lagene har sunket med ca. 10  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  fra 1992 til 2001? De endrede oksygenforholdene er trolig et resultat av den reduserte dypvannsutskiftingen i Grønlandshavet, noe som betyr at de dypeste delene av havet ikke får tilført nytt oksygenrikt vann. Oksygeninnholdet kan endres på flere måter; oksygenoppløseligheten er avhengig av temperatur og saltholdighet, oksygenet kan forbrukes av biologisk aktivitet og man kan få inn vannmasser med lavere oksygeninnhold. Et regnestykke viser imidlertid at bare 6 % av nedgangen kan skyldes forskjellen i oksygenoppløselighet på grunn av økt temperatur og saltholdighet. Oksygenforbruket i dyphavet ligger på ca. 0.125  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  per år. I perioden 1992-2001 ble det dermed forbrukt ca. 1  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  eller ca. 10 % av den totale nedgangen. Da har vi igjen en reduksjon på ca. 8.5  $\mu\text{mol kg}^{-1}$  oksygen som må forklares på en annen måte. Den mest sannsynlige forklaringen

er innstrømming av forholdsvis oksygenfattig vann til dyp under 1200-1500 m, men hvorfra? En mulighet kan være innstrømming fra Norskehavet, mens en annen kan være innstrømming av arktisk dypvann som kommer sørover langs kontinentalskråningen ved Grønland. Hydrografiske data og resultater fra et sporstoffeksperiment i 1996-99 tyder på at den siste forklaringen er den mest sannsynlige.

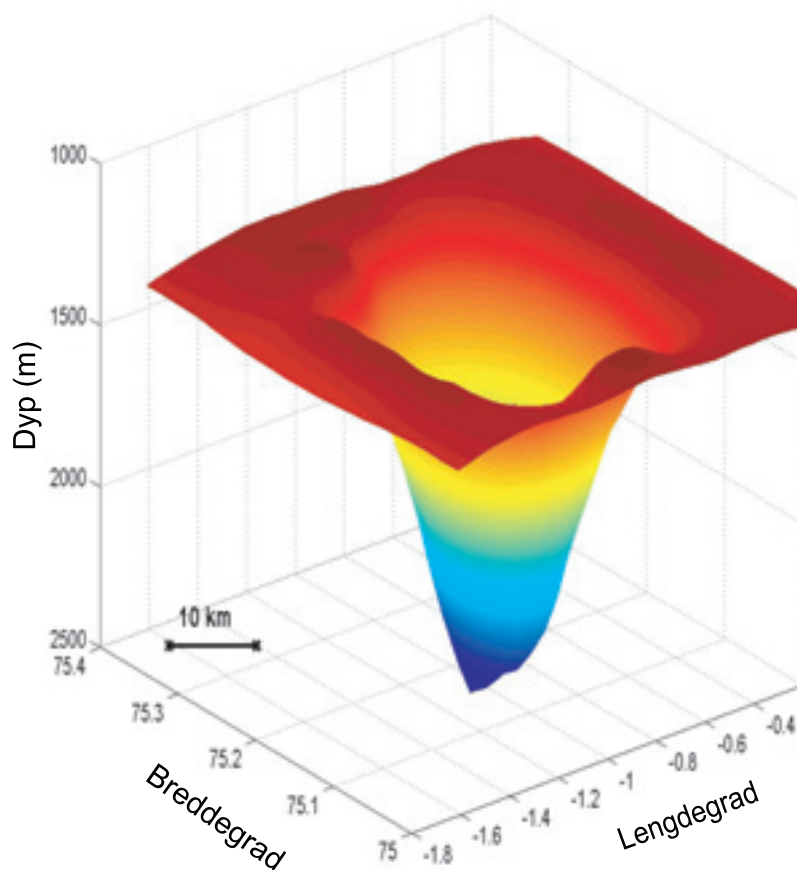
### Kaldtvannsvirvler

Selv om storstilt dypvannsdannelse har uteblitt de siste årene i Grønlandshavet, er flere mindre kaldtvannsvirvler observert siden 1997. En slik virvel ble studert av Havforskningsinstituttet i 2001 (Figur 2.9). Slike virvler kan bli dannet i vintersesongen når avkjølingen av de øvre vannlagene fører til at de avkjølte vannmassene synker ned til dyphavet. Den sterke vertikale blandingen medfører at virvlene har konstant temperatur og saltholdighet i hele vannkolonnen fra overflaten og ned til dens nedre grense. Etter hvert vil egenskapene til virvelen i de øverste metre bli blandet ut med omgivende vannmasser, mens de i det indre vil være bevart. Virvelen som Havforskningsinstituttet studerte i juni 2001 strakte seg fra ca. 200 til 2000 m dyp. Størrelsen til slike virvler er typisk noen få kilometer i diameter. Man antar at virvlene kan ha en levetid på minst et år. Virvlenes betydning for dypvannsdannelsen er ennå ikke klarlagt, men noen få slike virvler er ikke nok til å kompensere for den manglende klassiske dypvannsdannelsen.

### Værskipsstasjon M

Som nevnt ovenfor har de fysiske forholdene i overflatelaget stor betydning for utviklingen av primærproduksjonen i Norskehavet. Viktigst i denne sammenheng er faktorer som lysforhold og vertikal lagdeling i vannmassene. Oseanografiske undersøkelser foretatt siden 1948 på Værskipsstasjon M i Norskehavet (se Figur 0.1), har bidratt til utforming av teorien om hvordan fysiske forhold påvirker utviklingen av planteplanktonets vekst om våren. Havforskningsinstituttet har siden 1990 utført fysiske og biologiske observasjoner på Stasjon M i Norskehavet. Observasjonene tas fra værskipet MS "Polarfront". Innsamlingshyppigheten er avhengig av type undersøkelse, og har variert fra daglige til ukentlige målinger.

Konsentrasjonen av klorofyll *a* (et mål på algemengde) brukes for å beskrive utviklingen i planteplankton-samfunnet. Tidligere (jf. *Havets Miljø 2000*) har vi vist at utviklingen av planteplanktonvekst kan



**Figur 2.9**

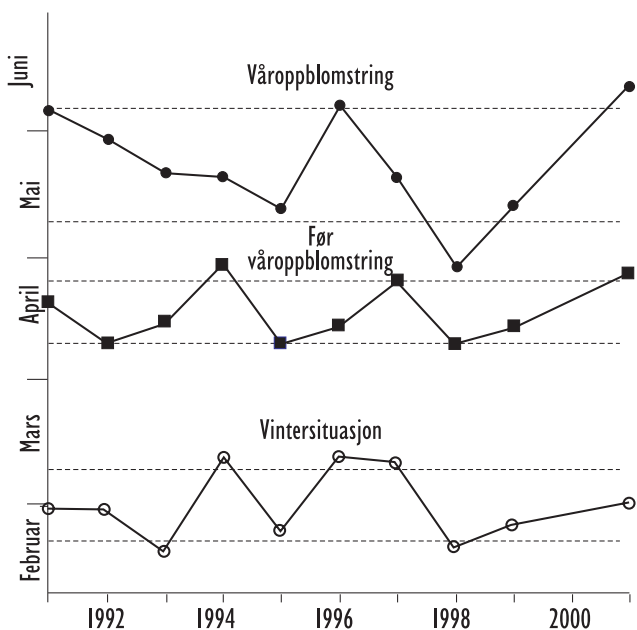
Utbredelsen til en kaldtvannsvirvel i den sentrale del av Grønlandshavet i juni 2001. Virvelsenteret lå ved  $75^{\circ}10.01'N$  og  $01^{\circ}00.96'W$ .  
*A coldwater eddy in the central Greenland Sea in June 2001. The center of the eddy was situated at  $75^{\circ}10.01'N$  and  $01^{\circ}00.96'W$ .*

deles i tre faser; en vintersituasjon med meget lave klorofyllverdier, en føroppblomstringsperiode med en betydelig økning i klorofyll, men fortsatt uten de store konsentrasjonene og våroppblomstringen hvor algemengden i en kort periode vokser meget raskt.

Den nå elleve år lange tidsserien av målinger ved Stasjon M (1991-2001) viser hvordan tidspunktet for våroppblomstringen varierer fra år til år (Figur 2.10). Vinterperioden varer fram til begynnelsen av mars. I 1991-2000 lå varigheten av vinterperioden innenfor ett standardavvik fra normalen. Føroppblomstringsperioden strekker seg i gjennomsnitt fra begynnelsen av mars til midten av april. Også her lå de årlige variasjonene som regel innenfor ett standardavvik. Våroppblomstringen starter vanligvis i midten av april og kulminerer i slutten av mai, men her har de årlige variasjonene vært langt større og da særlig i de siste årene. I perioden 1991-1998, med unntak av 1996, ser det ut som

om våroppblomstringen har begynt tidligere og vart kortere for hvert år. Men fra 1998 til 2001 har oppblomstringen vart lenger og kulminert senere.

Årsaken til den stadig tidligere våroppblomstringen i perioden 1991-1998 er uklar, men mye tyder på at økt transport av arktisk vann til Norskehavet via Øst-Islandsstrømmen kan ha vært en viktig faktor. Disse vannmassene har større vertikal stabilitet og kan ha redusert dybden på blandingslaget om vinteren. Dette kan medføre en raskere oppvarming om våren og en tidligere lagdeling i overflatelaget, med en tilsvarende tidligere våroppblomstring. Volumtransporten av atlantisk vann ved Svinøysnittet (se Figur 2.5) ser ut til å bekrefte dette. Her ble det observert en reduksjon i transporten siden 1995 med et minimum i 1998, det året da oppblomstringen på St. M inntraff tidligst. Siden 1998 har transporten økt jevnt med årene, og således har oppblomstringen tatt til på et senere tidspunkt.



**Figur 2.10**

Utviklingen av planteplanktonproduksjonen ved Stasjon M kan deles inn i tre faser; vintersituasjon (åpne sirkler); før våroppblomstring (firkanter); våroppblomstring (fylte sirkler). De tre fasene starter og slutter på forskjellig tidspunkt i forskjellige år. Prikket linje viser ett standardavvik fra gjennomsnitt i perioden 1991-2001.

*Year to year variations in the different phases of the development of phytoplankton at Ocean Weather Station Mike in the period 1991 to 2001. Open circles: winter phase; squares: pre-bloom phase; filled circles: spring bloom. Continuous lines represent the average for each period. Stippled lines represent one standard deviation for each period.*

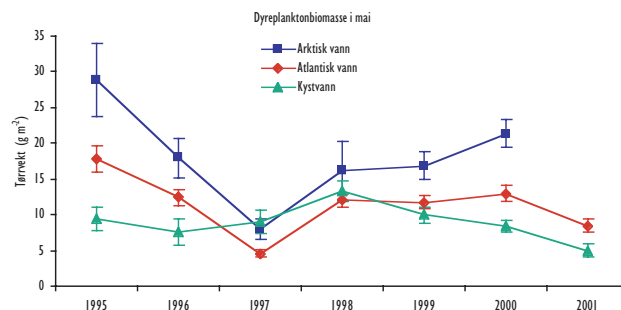
## Dyreplankton

Innsamling av dyreplankton i Norskehavet er som tidligere år foretatt med en flerpose-planktonhåv (MOCNESS) og med en ordinær loddrett trukket planktonhåv, WP-2. Dyreplanktonbiomassen i store deler av Norskehavet måles i mai med håv i de øvre 200 m. Når dataene presenteres, deles Norskehavet inn i tre vannmasser basert på vår kunnskap om hydrografien. Dette er viktig fordi produksjonsforholdene er svært forskjellige i de ulike vannmassene. Vannmassene i øst, med en saltholdighet under 35, blir definert som norsk kystvann. Vannmassene i det sentrale Norskehavet med en saltholdighet over 35, blir definert som atlantisk vann, og vannmassene i vest, med en saltholdighet under 35 blir definert som arktisk vann.

Dyreplanktonbiomassen er generelt høyest i arktisk vann, mens variasjonen i biomasse mellom år er relativt lik i atlantisk og arktisk vann (Figur 2.11). I begge vannmasser var biomassen høy i 1995, for så å avta til et minimum i 1997. Deretter økte biomassen igjen. I kystvannet var endringene i biomasse forskjellige fra det som ble observert lenger vest i havet. Det synes altså som om prosessene som bestemmer dyreplanktonproduksjonen i de norske sokkelområdene er forskjellige fra prosessene lenger ute i havet. Dyreplanktonbiomassen i atlantisk vann i 2001 viste en klar nedgang sammenlignet med 2000. I kystvann fortsatte den nedadgående trenden som har vært tydelig siden 1998. På grunn av redusert toktid kunne dyreplanktonbiomassen i arktisk vann ikke måles i 2001.

I tillegg til innsamlingen i Norskehavet i mai ble det også tatt planktonprøver på to snitt fra norskekysten og ut i Norskehavet, det ene ved Svinøy (Møre og Romsdal), det andre ved Gimsøy (Nordland) (Figur 0.1). Svinøysnittet ble dekket kun fire ganger, Gimsøysnittet seks ganger i løpet av året.

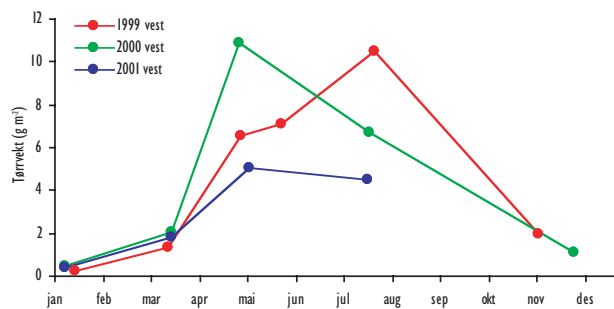
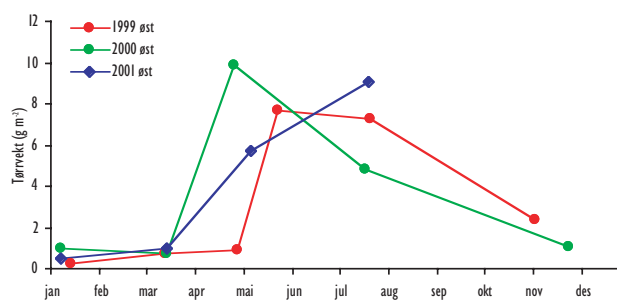
Figur 2.12 viser mengdene av dyreplankton i de øvre 200 meter på Svinøysnittet i 1999-2001 som et gjennomsnitt for henholdsvis de østlige og vestlige deler av snittet. Den østlige delen omfatter stasjoner over kontinentalsokkelen og noe av kontinentalskråningen, og er i hovedsak karakterisert av kystvannmasser. Den vestlige delen av snittet strekker seg fra kontinentalskråningen og nordvestover mot den arktiske fronten, hovedsakelig i atlantiske vannmasser.



**Figur 2.11**

Dyreplanktonbiomasse (tørrvekt  $\text{g m}^{-2}$ ) i ulike vannmasser i Norskehavet i mai 1995-2001.

*Zooplankton biomass ( $\text{g dry weight m}^{-2}$ ) in different water masses in the Norwegian Sea in May 1995-2001.*



**Figur 2.12**

Dyreplanktonmengder ( $\text{g tørrvekt m}^{-2}$ ) på Svinøysnittet fra 1999 til 2001. Venstre: østlige del av snittet; sokkel og kontinentalskråning. Høyre: vestlige del av snittet; kontinental skråning og dyphav. Zooplankton biomass ( $\text{g dry weight m}^{-2}$ ) at the Svinøy transect from 1999 to 2001. Left: Eastern part of the transect. Right: Western part of the transect.

Miljøundersøkelser av denne typen har de senere årene vært gjenstand for en redusert prioritering ved Havforskningsinstituttet. Snittet ble dekket 10 ganger i 1998, dette ga et godt innblikk i plankton dynamikken og de sesongmessige variasjonene i planktonmengde og -sammensetning. Totalantallet dekninger de påfølgende årene har vært seks (1999), fem (2000), og siste året kun fire. Den siste deknings i 2001 ble gjennomført i juli. Denne frekvensen medfører at en sammenlikning av plankton dynamikken med tidligere år er vanskelig.

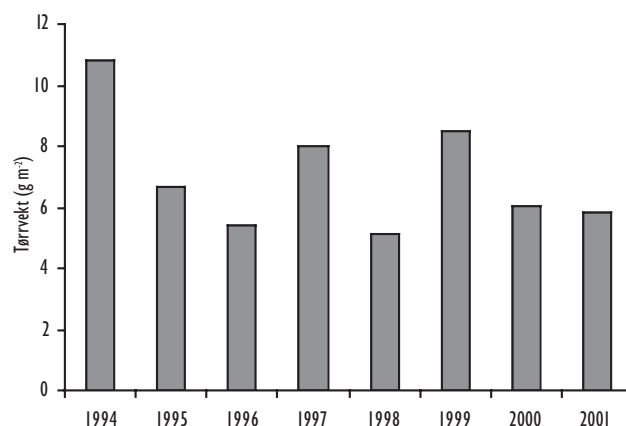
På hele snittet var planktonmengden lav fram til og med midten av mars. Økningen innenfor denne perioden var større i vestre del av snittet, dvs. hovedsakelig i atlantiske vannmasser, hvilket var i overensstemmelse med observasjonene gjort tidligere år. Fra knapt  $0.5 \text{ g m}^{-2}$  i de øvre 200 m i januar økte biomassen til ca.  $5 \text{ g m}^{-2}$  tidlig i mai, både i øst og vest. Biomassen var betydelig lavere enn på samme tidspunkt i 2000.

Den neste og siste deknings av snittet ble foretatt 20.-21. juli. I den østlige del av snittet var biomassen vel  $9 \text{ g m}^{-2}$ , dvs. noe høyere enn i 1999 og mye høyere enn i 2000 ( $4.8 \text{ g m}^{-2}$ ). Lengre til havs, i den vestlige del av snittet, var utviklingen fra mai til juli forskjellig fra den en observerte lengre inne, da det ble funnet en reduksjon i planktonbiomassen til  $4.5 \text{ g m}^{-2}$ .

Planktonmengden på dette tidspunkt er langt lavere enn på samme tidspunkt de to foregående årene som viste  $10.5 \text{ g m}^{-2}$  (1999) og  $6.7 \text{ g m}^{-2}$  (2000), men omtrent i samme størrelse som årene 1997

og 1998. En relativt stor årlig variasjon mellom planktonbiomassene i overflatelaget om sommeren må forventes, siden stadiet utviklingen hos de viktigste planktonorganismene varierer noe i tid mellom årene. Det samme er tilfelle for tidspunktet når store deler av planktonmengden søker mot større dyp for overvintring.

Figur 2.13 viser gjennomsnittlig biomasse av dyreplankton i Norskehavet i juli-august fra 1994 til 2000. Planktonmengdene om sommeren varierer relativt mye fra år til år. I 1999 var gjennomsnittsmengden  $8.4 \text{ g m}^{-2}$ , i 2000 var den redusert til ca.  $6.1 \text{ g m}^{-2}$ . Planktonmengdene varierer også mye



**Figur 2.13**

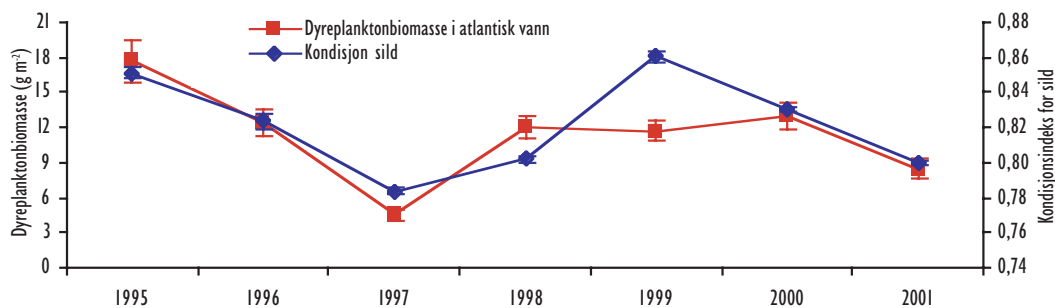
Midlere biomasse av dyreplankton ( $\text{g tørrvekt g m}^{-2}$ ) i Norskehavet i juli-august fra 1994 til og med 2001. Mean zooplankton biomass ( $\text{g dry weight m}^{-2}$ ) in the Norwegian Sea in July-August, 1994-2001.

mellom de ulike delene av Norskehavet. I juli-august 2000 varierte planktonmengdene i østlige del av Norskehavet fra mindre enn  $1 \text{ g m}^{-2}$  til over  $10 \text{ g m}^{-2}$ . I vest var konsentrasjonene høyere og det ble funnet planktonmengder opptil  $22 \text{ g m}^{-2}$ . Fordelingen var ganske lik den som ble observert i 1999; de største mengdene i vestlige deler av dekningsområdet, de laveste tetthetene mot øst og nord.

### Beiteforhold for sild

Silda beiter hovedsakelig i atlantisk vann og i blandingsvannmassene nær Den arktiske fronten vest i Norskehavet. For å studere sildas mattilbud er det derfor naturlig å sammenlikne veksten

hos sild med dyreplanktonbiomassen i atlantiske vannmasser. Det ble funnet en god sammenheng mellom dyreplanktonbiomasse i atlantisk vann om våren og kondisjonen hos sild ved tilbakekomst til overvintringsområdet i desember (Figur 2.14). I 1999 så vi en klar endring i vandringsadferden hos sild, i og med at silda hadde en mer vestlig fordeling. Det året beitet derfor silda i større grad i arktiske vannmasser der dyreplanktonbiomassen er betydelig høyere. Det kan forklare den høye kondisjonen hos sild i 1999 i forhold til dyreplanktonbiomassen i atlantisk vann (Figur 2.11). Kondisjonen hos sild i 2001 var lavere enn de foregående år, som ventet ut fra den lave dyreplanktonbiomassen i mai samme år.



Lineær regresjon av kondisjon hos sild på dyreplanktonbiomasse:

$$y = 0.0053x + 0.7614$$

$$R^2 = 0.5896$$

**Figur 2.14**

Dyreplanktonbiomasse (tørrvekt  $\text{g m}^{-2}$ ) i Norskehavet i mai og kondisjonsindeks for sild målt i desember.

Zooplankton biomass ( $\text{g dry weight m}^{-2}$ ) in the Norwegian Sea in May and condition factor for herring in December.

## 2.3

### Yngelproduksjon

#### Sild

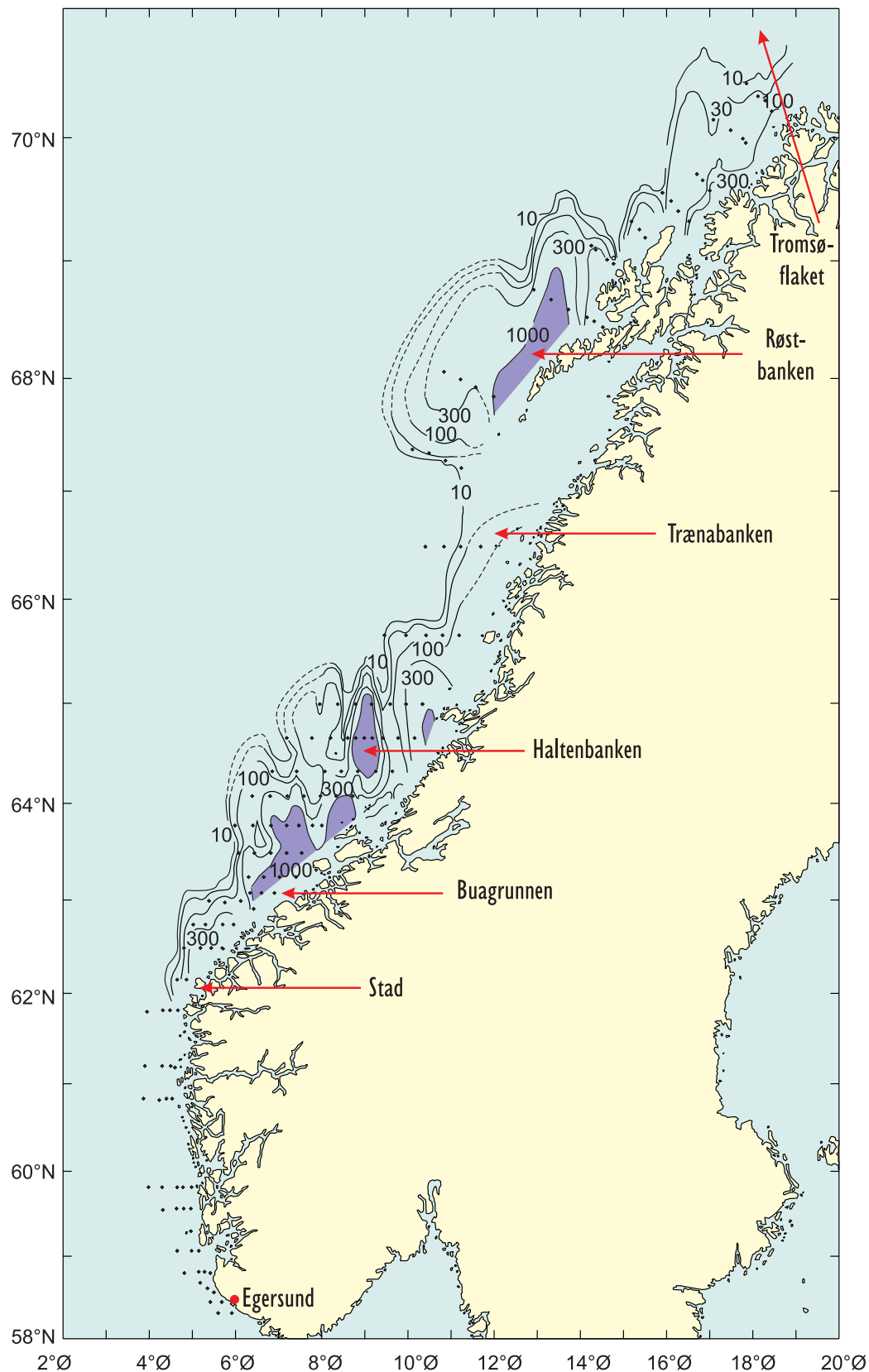
Årets sildelarvetokt startet fra Bergen 4. april og ble avsluttet i Tromsø 19. april. Store deler av norsk sokkel fra Egersund til Fugløybanken ble dekket med i alt 148 stasjoner. Det ble som Figur 2.15 viser nesten ikke funnet sildelarver sør for Stad. Årsaken til dette kan være at klekkingen ikke hadde kommet i gang på de sørligste gytedefeltene ennå. Disse feltene er tradisjonelt seint ute med

klekkingen. Store mengder sildelarver ble derimot funnet nord for Stad, og et felt med høye tettheter av larver strakte seg nordover til Træna. En ytre rute avsnørte seg ved Buagrunden, mens hovedvekten av larvene fulgte kyststrømmen nordover langs land. Et maksimumsområde ble lokalisert over Haltenbanken, der det ble registrert mer enn 12 000 larver pr  $\text{m}^2$  overflate. I området rundt Trænabanken

var det lite larver. På Røstbanken og videre nordover på kystbankene til Tromsøflaket ble det funnet larver i til dels høye konsentrasjoner.

Resultatene fra årets undersøkelse tyder på at hovedgytingen fant sted på Mørefeltene og Halten-

banken i månedskiftet februar/mars, med påfølgende klekking rundt 20. mars. Det har også vært en utstrakt gyting på Røstbanken. Denne fant sted fjorten dager senere enn på Møre. Antallet sildelarver ble under årets dekning beregnet til å være  $40.7 \times 10^{12}$  (Figur 2.16). Dette er en kraftig oppgang fra 2000,



**Figur 2.15**  
 Utbredelsen av sildelarver (alle stadier) på sokkelen mellom 58 og 71 °N, i april 2001.  
 Distribution of herring larvae in April 2001.

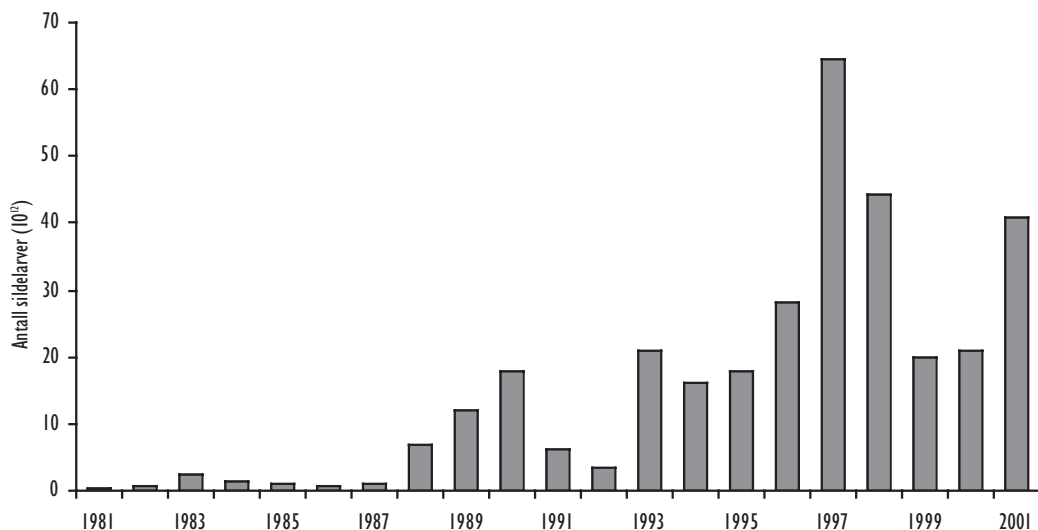
og det er bare rekordårene 1997 og 1998 som er sterkere. Dette er likevel et underestimat da en eventuell larveproduksjon sør for Stad ikke ble fanget opp. Det er imidlertid ikke mer enn 2-3 % av gytebestanden som tradisjonelt gyter sør for Stad, så det antas ikke å bety så mye for totalestimatet.

Rundt halvparten av larvene som ble funnet i april var i stadium 2a (begynnende utvikling av ryggfinner) og totalantallet i dette stadiet var  $19.3 \times 10^{12}$ , det nest høyeste antallet i dette stadiet vi har funnet. Bare 1998-estimatet var høyere ( $21.9 \times 10^{12}$ ).

Fangsten av fiskelarver er totalt dominert av silde- larver. Vi finner allikevel noen andre arter på sokkelen i april, og av dem er seilarver mest tallrike. Bankene utenfor Møre og Trøndelag er viktige områder for seilarver, og av disse er det Haltenbanken som peker seg ut som det viktigste funnstedet. Ellers er Røstbanken av varierende betydning, og det samme er andelen seilarver sør for 62 °N. I tillegg til sildelarver og seilarver ble det i april 2001 funnet ti andre arter fiskelarver. Det ble funnet flest øyepållarver, så følger tobis- og torskelarver i hyppighet. I tillegg til disse artene ble det observert sandflyndre, steinbit, uer,

kutling, kystringbuk, langebarn og ulke.

Under årets undersøkelse ble det funnet et høyt antall sildelarver som var i god vekst. Mange faktorer må imidlertid falle på plass for at disse larvene kan skape en tallrik årsklasse. Larvene må finne gode oppvekstforhold på sokkelen utover våren og sommeren. Predasjon fra fisk, sjøfugl og pattedyr på sokkelen og i Barentshavet må holde seg på et lavt nivå, og strømforholdene må være gunstige slik at larvene, yngelen og ungsilda blir ført inn i områder med gode oppvekstbetingelser. I år ser det ut til at det første næringsopptaket gikk fint, og at overlevingen utover våren og sommeren var god. Dette bygger på observasjoner av lundene på Røst som hadde god hekkesuksess i år. Situasjonen utover sommeren må imidlertid ha forverret seg radikalt. Innstrømmingen til Barentshavet var liten, beiteforholdene var dårlige og utstrakt predasjon fra kolmule, voksen sild og sjøpattedyr kan være forklaring på at sildeårsklassen 2001 ble sterkt redusert utover sommeren, slik at den på 0-gruppenivå ble karakterisert som svak. Se for øvrig flere detaljer om dette i temaartikkelen "Spesielle økologiske forhold i Barentshavet høsten 2001 - hva hendte?" på side 69.



**Fig. 2.16**

Beregnet antall sildelarver på norsk sokkel, 1981-2001.

*Calculated number of herring larvae on the Norwegian continental shelf, 1981-2001.*