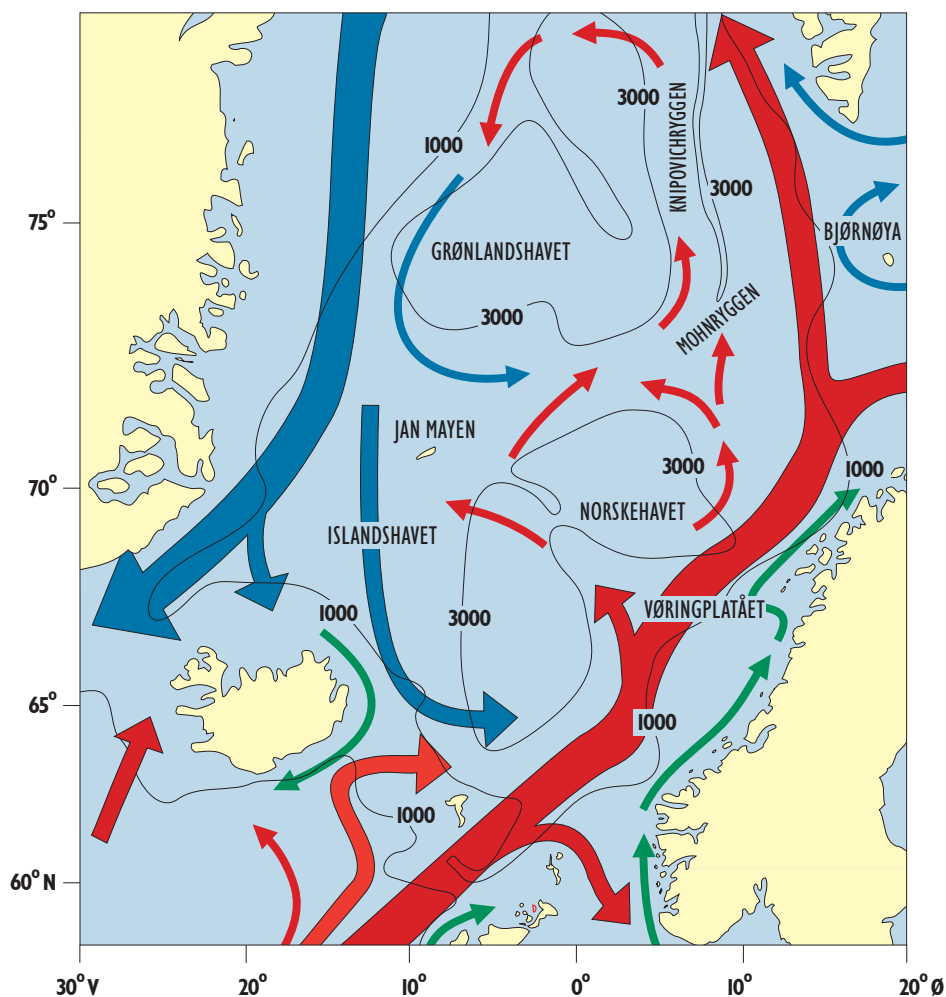


## 2.1 Havklima

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 atlantehavsvann kommer inn nord av Færøyene, etter å ha krysset Grønland/Skottlandsryggen mellom Færøyene og Island. Lenger vest er det innstrømning av atlantehavsvann 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 viktig økologisk faktor som virker inn på de biologiske forholdene i havet. Tilstanden i fiskebestandene er som regel best når temperaturen er høy, idet store årsklasser ofte rekrutteres i varme perioder. Temperaturvariasjonene som vi måler er nødvendigvis ikke et mål for varmemengden som



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.

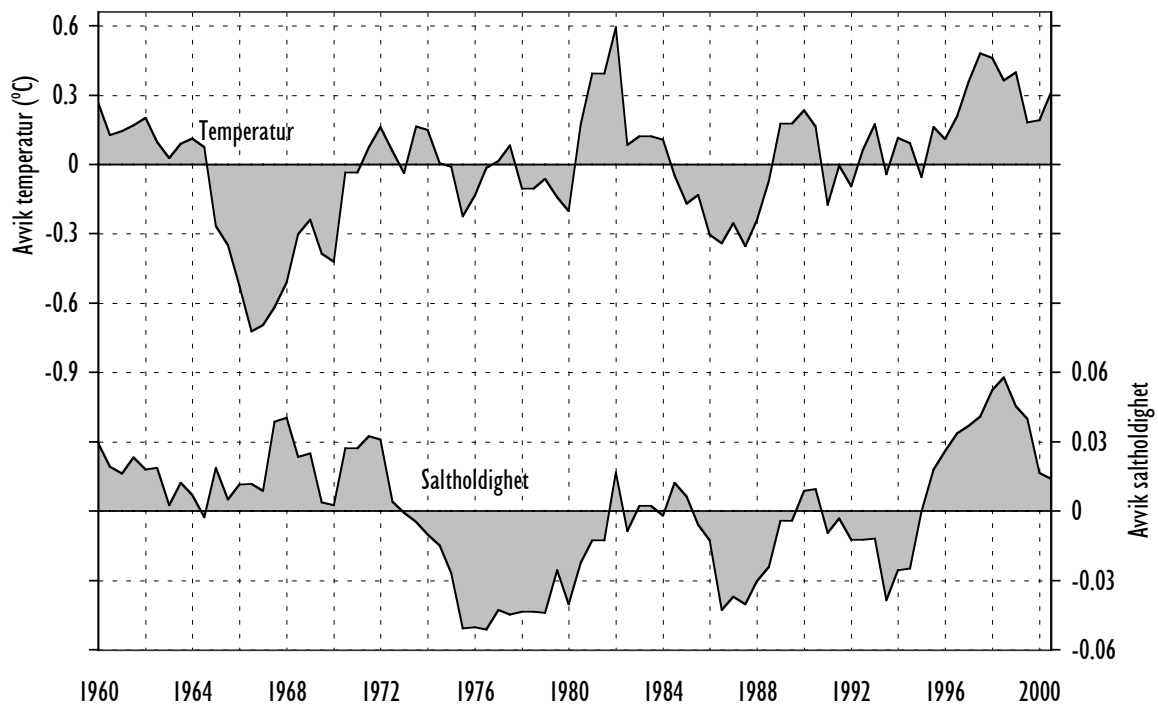
*The main circulation pattern and bathymetry of the Iceland Sea, Norwegian Sea and Greenland Sea. Red arrows: Atlantic water. Blue arrows: Arctic water. Green arrows: Coastal water.*

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.

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 noe igjen 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 meters dyp i kjernen av atlantehavsvann like utenfor



Figur 2.2

Tidsserier av temperatur og saltholdighet i atlantehavsvann over eggakanten 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 as 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.*

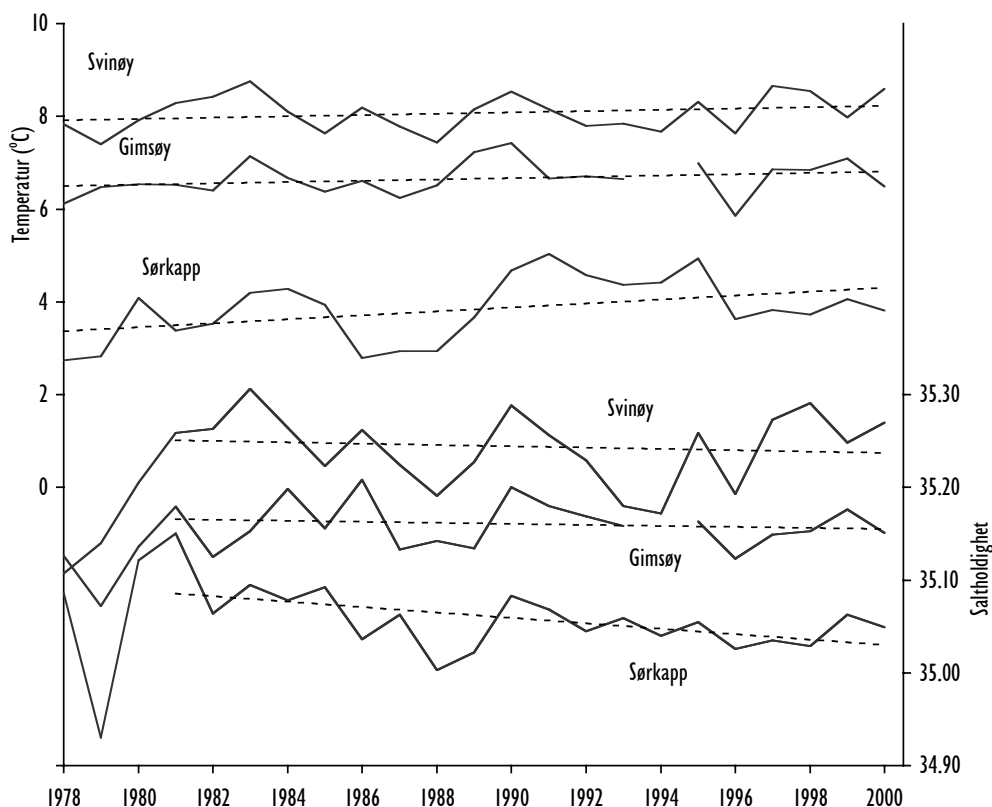
eggakanten, og er basert på målinger tatt i perioden fra slutten av juli til begynnelsen av september. Noen likhetstrekk med forholdene nord av Skottland (Figur 2.2) forekommer også i snittene, som for eksempel de lave saltholdighetene i slutten av 1970-årene og perioden med høye verdier i temperatur og saltholdighet rundt 1990.

I Svinøy- og Gimsøysnittet har temperaturen fra 1996 økt betydelig, selv om det i Gimsøysnittet for år 2000 var en reduksjon i temperaturen til under trendlinjen for 1978-2000. De nordligste områdene i Norskehavet, representert ved Sørkappsnittet, hadde ikke samme temperaturøkning fra 1996 til 2000 som de sørligere snittene. Siden 1996 har temperaturen i Sørkappsnittet dermed ligget nær gjennomsnittsverdien, men under trendlinjen for perioden 1978-2000. Figur 2.3 viser imidlertid at langtidstendensen mot høyere temperatur var 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.

Langtidsøkningen av temperatur i atlantisk vann i det østlige Norskehavet har vært mindre enn temperaturutviklingen i Færøy/Shetlandsrennen ved innløpet til Norskehavet (Figur 2.2), hvor det har vært en jevnt økende temperatur siden 1960-tallet. I det innstrømmende vannet i Færøy/Shetlandsrennen, har også saltholdigheten vist en økende trend etter 1980, og da spesielt etter 1994. Denne økningen ser vi ikke i Norskehavet hvor alle tre snittene har vist en tendens mot lavere saltholdighet siden 1981. Denne 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.

Forskjellig fra standardsnittene, viser tidsserier



Figur 2.3

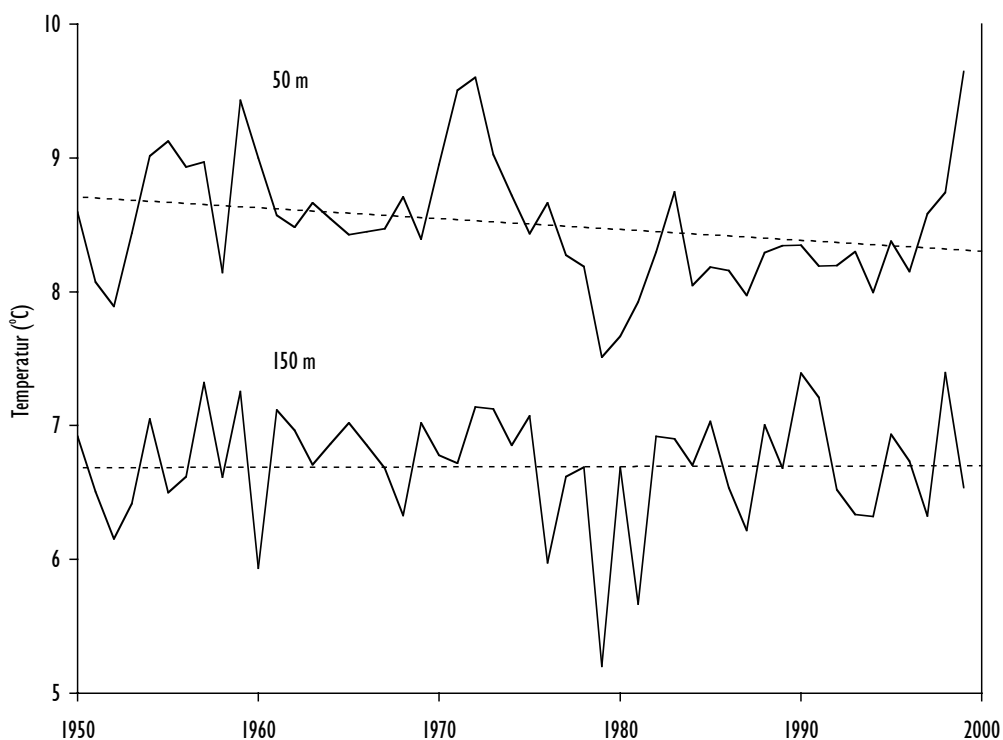
Temperatur og saltholdighet, observert i juli/august, i kjernen av atlantisk vann i snittene Svinøy-NV, Gimsøy-NV og Sørkapp-V, midlet mellom 50 og 200 m dyp (1978-2000) (lokalisering av snittene er vist i Figur 0.1).  
 Temperature and salinity, observed in July/August, in the core of Atlantic water in the sections Svinøy-NW, Gimsøy-NW and Sørkapp-W, averaged between 50 and 200 m depth (1978-2000), (positions of the sections are indicated in Figure 0.1).

i sentrale og vestligere deler av Norskehavet ved værskipsstasjon Mike (St. M, Figur 0.1) en langtidstrend, ikke bare mot lavere saltholdighet, men også mot lavere temperatur. Effektene av langtidstrenden varierer imidlertid både med årstid og dyp. Forholdene i august var således mindre preget av denne utviklingen enn andre årstider. Dette fremgår i Figur 2.4 som viser tidsseriene av temperatur i 50 og 150 m dyp i august ved stasjon M. Vi ser at temperaturen i 50 m dyp viste en synkende tendens, mens det i 150 m dyp ikke var en tilsvarende nedgang. Mens temperaturen i 150 m dyp lå litt under gjennomsnittet, viste målingene i 50 meters dyp at det øvre laget i Norskehavet ved stasjon M, sommeren 1999, hadde unormalt høye temperaturer.

Langtidstrenden av temperatur og vannmassefordeling ved Nord-Island har vært noe forskjellig fra Norskehavet. Som det fremgår av Figur 2.5, var det der en markant endring mot kaldere forhold med lavere saltholdighet, altså mot mer arktiske forhold, gjennom siste halvdel av 1960-årene. Siden da har gjennomsnittet for både temperatur og saltholdighet

ligget lavere enn før 1965, og forholdene har vært mye mer variable. I 1994-1995 var "påtrykket" av arktisk vann så stort at det blokkerte for innstrømmingen av atlantisk vann til det nordislandske kystområdet. En oppvarming med større innslag av atlantisk vann gjennom de fem foregående årene ble dermed avbrutt (Figur 2.5). Fra 1998 til 1999 var det igjen en kraftig økning i tilførselen av atlantisk vann, og temperaturen steg med to grader og saltholdigheten økte betydelig. I 2000 sank temperaturen og saltholdigheten litt ned igjen, men de er fortsatt relativt høye i forhold til gjennomsnittene fra 1965 til 2000. Temperaturøkningen ved Nord-Island står i kontrast til de store mengdene av kaldt arktisk vann som kommer inn i Norskehavet via Øst-Islandsstrømmen. Dette viser at forholdene på de nordislandske kystbankene kan være uavhengige av forholdene i Øst-Islandsstrømmen lenger ut fra kysten.

Variasjoner i areal og i middeltemperatur av atlantisk vann i Svinøysnittet om sommeren er vist i Figur 2.6. Atlantisk vann er her definert som alt vann med saltholdighet høyere enn 35. I 1992-95 var



Figur 2.4

Tidsserier av månedsmidler for august av temperatur i 50 og 150 m dyp på værskipsstasjon M i Norskehavet, i posisjon 66°N, 02°Ø. Gjengitt med tillatelse fra Geofysisk institutt, Universitetet i Bergen.

*Time series of monthly mean values for August of temperature at 50 and 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.*

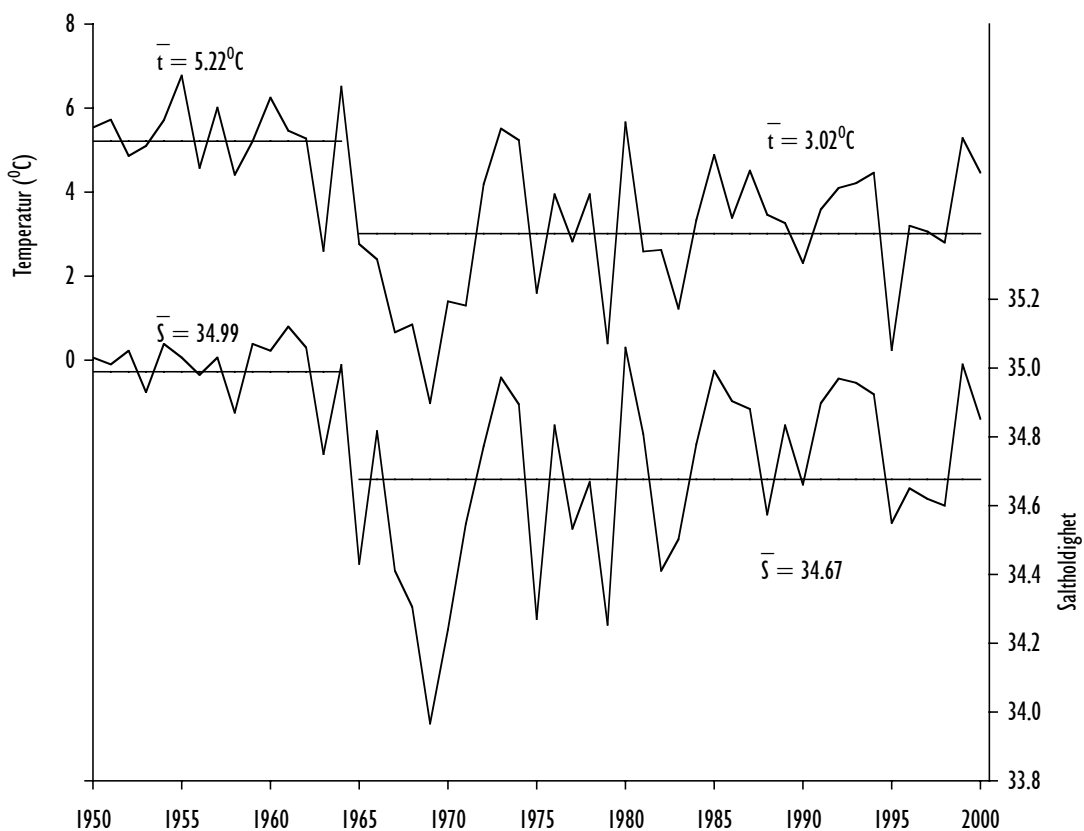
arealet av det atlantiske vannet i snittet langt lavere enn langtidstrenden, og 1993 hadde den laveste verdien siden 1979. Selv om arealet av det atlantiske vannet steg fra 1999 til 2000, er langtidstrenden fra 1981 til 2000 nedadgående. I årene 1997-1999 hadde det atlantiske vannet de høyeste temperaturene i hele tidsserien, mens temperaturen i 2000 falt til under langtidstrenden. Langtidstrenden viser at det atlantiske vannet har blitt 0.5 °C varmere fra 1978 til 2000.

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 (se også Figur 6.4).

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 vært en stor tilførsel av arktisk vann om våren til det sørlige Norskehavet. Dette er kanskje forklaringen på at silda har hatt en nordlig utbredelse de siste somrene.

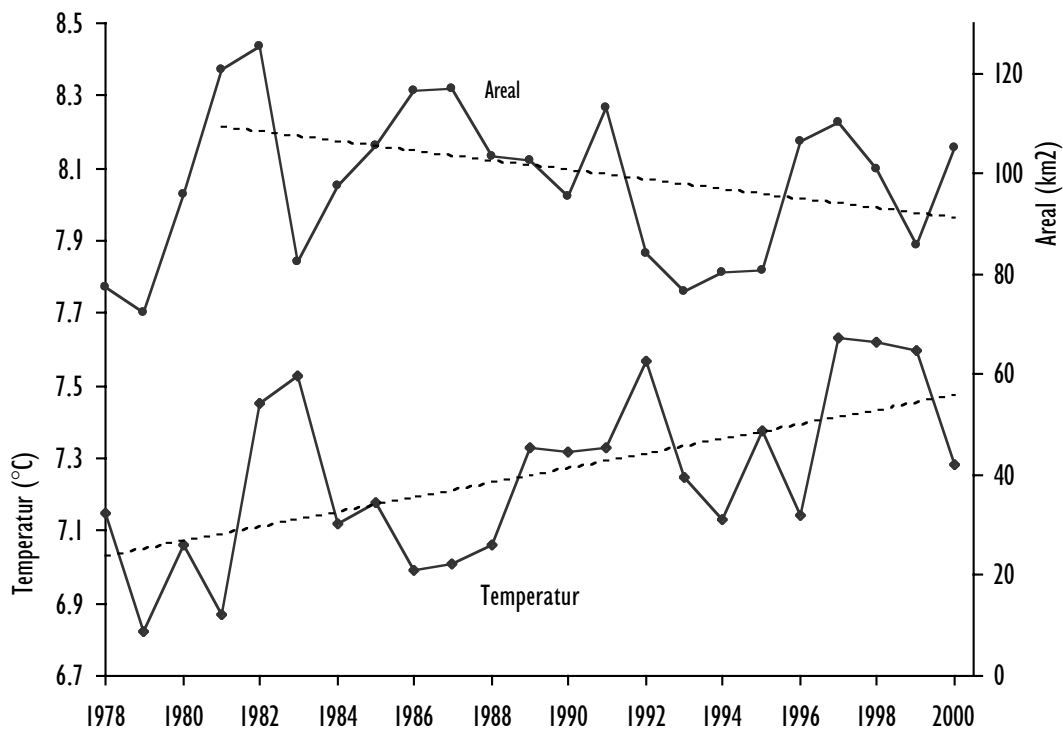
Øverst i Figur 2.7 vises temperaturen på 100 m dyp i mai 2000. Nederst er avviket fra gjennomsnittstemperaturen de ti siste årene fremstilt. Den arktiske fronten kan ses i sør hvor temperaturen varierer fra 4 til 7 °C over relativt kort distanse. I den sørøstlige delen av Norskehavet har det vært en temperaturøkning på opptil 0.5 °C, mens i resten av det sørlige Norskehavet har det vært en



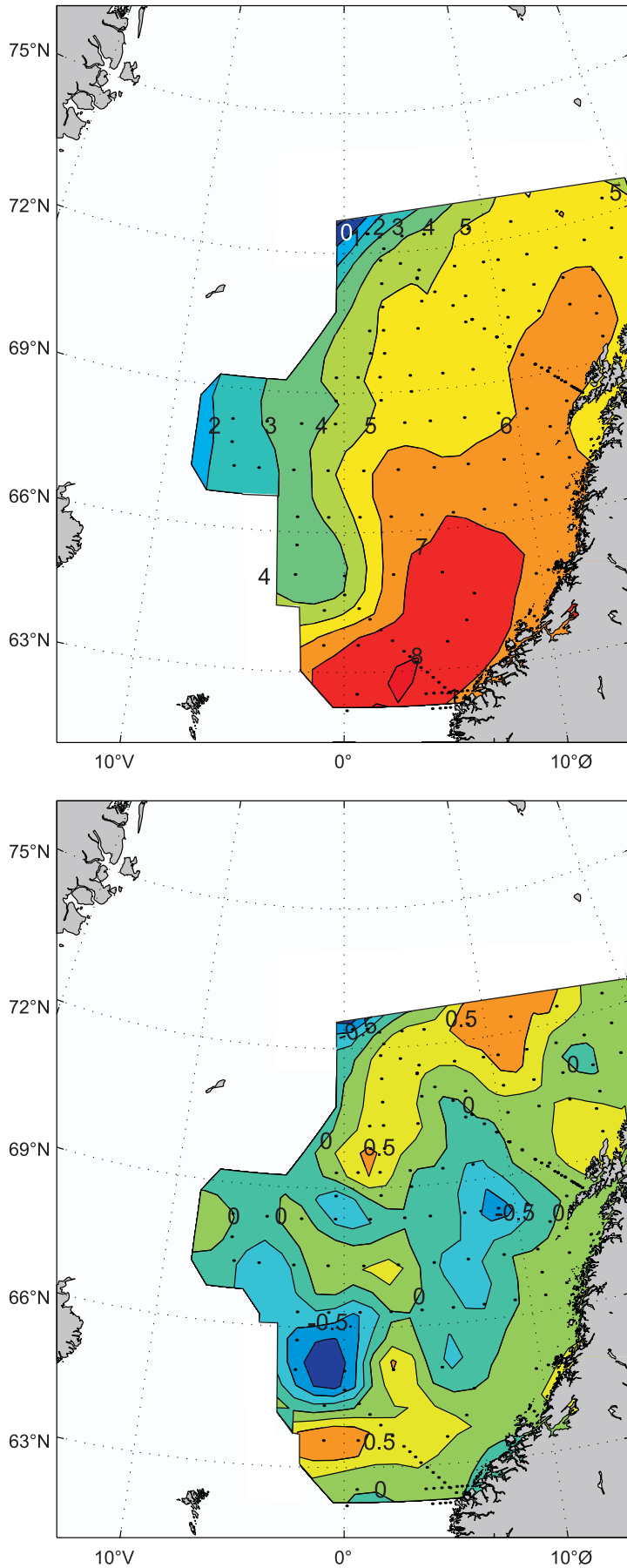
Figur 2.5 Variasjoner i temperatur og saltholdighet i 50 m dyp nord av Siglunes, Nord-Island, i mai/juni 1952-2000. Presentert med tillatelse fra Havforskningsinstituttet i Reykjavik.  
Temperature and salinity variations at 50 m depth off Siglunes, northern Iceland, in May/June 1952-2000. Courtesy of the Marine Research Institute, Reykjavik.

temperaturreduksjon. Størst reduksjon har det vært i sørvest hvor tilførsel av arktisk vann fra vest er størst. På det meste er temperaturen blitt redusert med 0.75 °C. I det nordlige Norskehavet derimot er det stort sett blitt varmere. Perioden 1991-2000, som gjennomsnittstemperaturen er beregnet for, er en periode med relativt varmt atlantisk vann sammenlignet med 1978-2000 (se Figur 2.6). En sammenligning mellom år 2000 og perioden 1978-2000 ville da ha vist en varmere anomali i det atlantiske vannet enn det som er vist i Figur 2.7.

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. Figur 2.8 viser månedlige verdier av transporten fra mai 1995 til mars 2000. Innstrømningen er størst om vinteren og lavest om sommeren og høsten. Den høyeste transportverdien var i februar 2000, mens den laveste var i mai 1996. I slutten av 1997 var det flere måneder med lav innstrømning, og tendensen siden har vært en økt innstrømning.



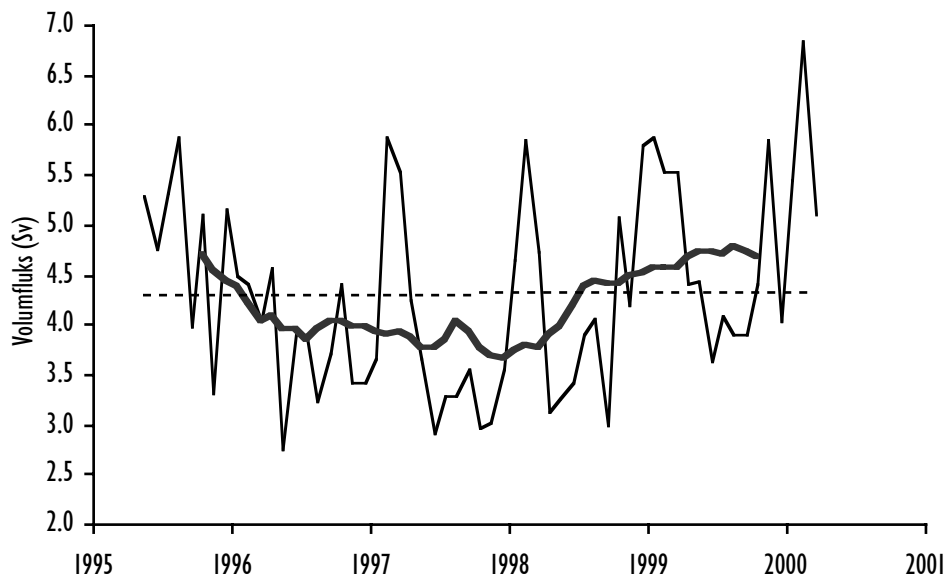
Figur 2.6 Tidsserier av areal (i km<sup>2</sup>) og middeltemperatur av atlantisk vann i Svinøysnittet, observert i juli/august 1978-2000. Atlantisk vann er her definert som vann med saltholdighet høyere enn 35.  
*Time series of area (in km<sup>2</sup>) and averaged temperatur of Atlantic water in the Svinøy section, observed in July/August 1978-2000. Atlantic water is defined as water with salinity above 35.*



Figur 2.7

Øverst: temperaturfordeling i Norskehavet i 100 m dyp for mai 2000. Prikkene angir posisjonene til observasjonene. Nederst: temperaturavvik fra middeltemperatur (1991-2000) i 100 m dyp for mai 2000. Blå farge betegner relativt kaldere vann. Intervallet mellom kotelinjene er 0.25°C.

Upper: distribution of temperature in the Norwegian Sea at 100 m depth for May 2000. The dots indicate positions of observations. Lower: temperature anomaly from averaged temperature (1991-2000) at 100 m depth for May 2000. Blue colour indicates relatively colder water. Intervals: 0.25 °C.



Figur 2.8

Tidsserie av månedlig volumtransport av atlantisk vann fra mai 1995 til mars 2000, med ett års glidende middel, ved eggakanten gjennom Svinøysnittet. 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.

*Time series of monthly volume transport of Atlantic water from May 1995 to March 2000, with one year running mean, at the shelf edge through the Svinøy section. 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

Norskehavet og Grønlandshavet er to viktige områder for instituttets virksomhet. Norskehavet pga sin betydning som beiteområde for viktige fiske slag 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 planteplankton 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 planteplanktonvekst i Grønlandshavet og Norskehavet kan man av erfaring si noe om forløpet av vår oppblomstringen ved å betrakte mengden av næringsalter og temperaturforholdene i de forskjellige vannmassene. Figur 2.9 viser (ovenfra og ned) fordeling av temperatur, nitrat og silikat langs et utvidet Gimsøy-NV-snitt fra norskekysten og ut til de sentrale delene av Grønlandshavet. Temperaturfiguren viser tydelig Den arktiske fronten (tette, nesten vertikale temperaturisolinjer) som skiller de kalde vannmassene i Grønlandsbassenget