

3

Økosystemene i Nordsjøen og Skagerrak

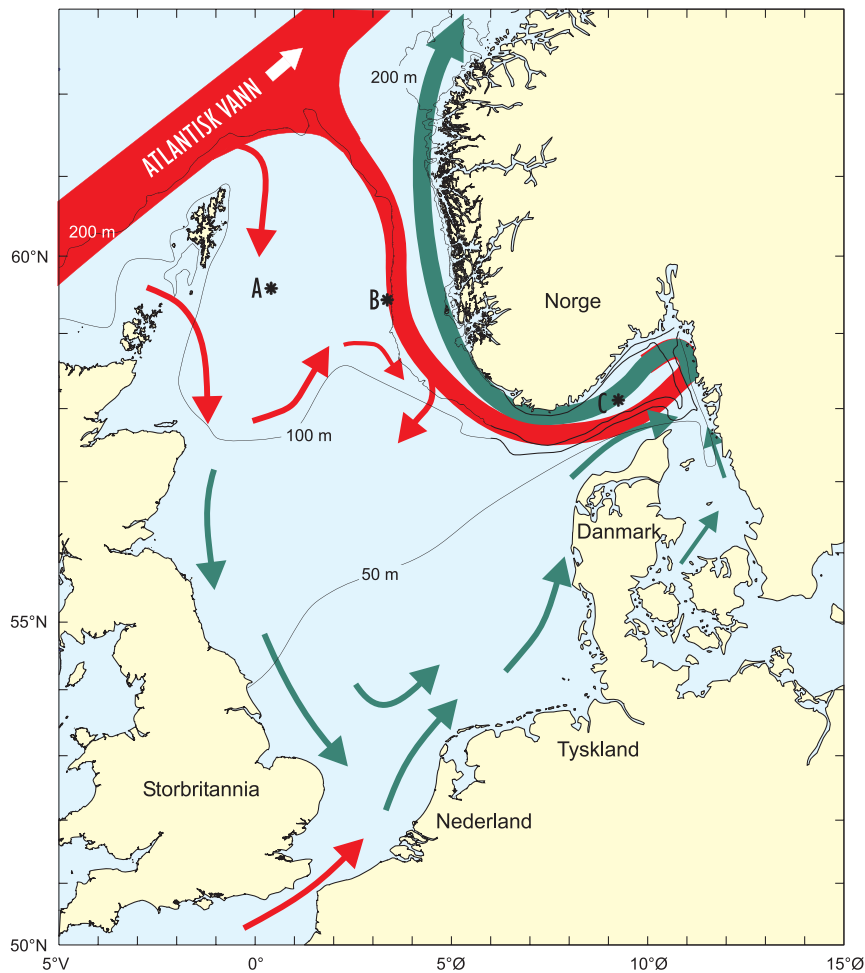
3.1

Havklima

Nordsjøen

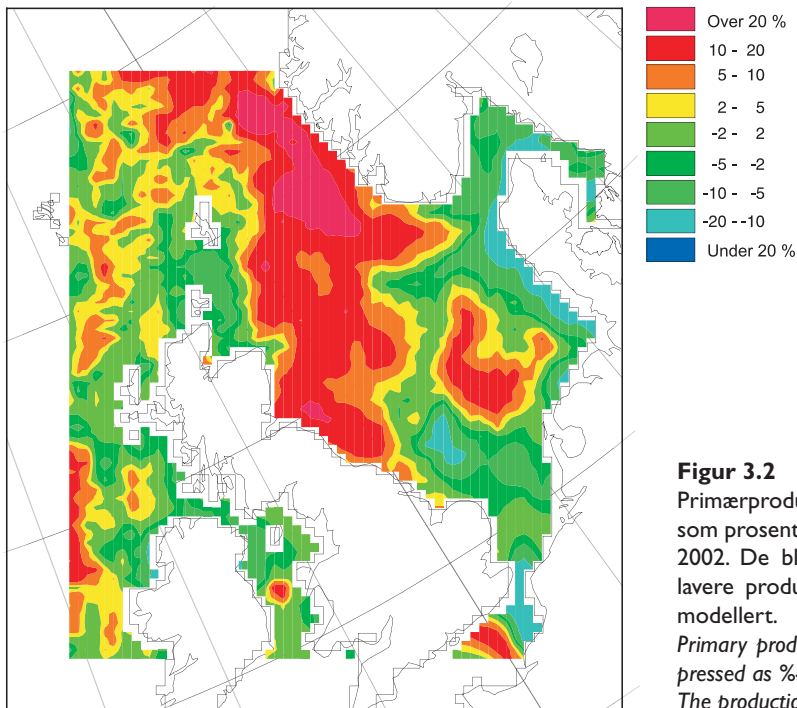
Sammenlignet med Norskehavet og Barentshavet er Nordsjøen et meget grunt hav. To tredjedeler av Nordsjøen er grunnere enn 100 m. Den dypeste delen er nær norskekysten i Norskerenna som har dybder på over 700 m. Dybdeforholdene er viktige for sirkulasjonen, da topografien i stor grad styrer vannmassenes bevegelse. Vannmassene i Nordsjøen har

sin opprinnelse i innstrømningen av atlantisk vann med høy saltholdighet fra Norskehavet og ferskvannstilførsel fra land (Figur 3.1). Om vinteren er vertikalblandingen stor i de grunne områdene, med små temperaturforskjeller mellom overflaten og bunnen. Oppvarmingen om sommeren resulterer i et markert temperatursprang i 20-50 m dyp.



Figur 3.1

De viktigste trekkene ved sirkulasjonsmønstre og dybdeforhold i Nordsjøen og Skagerrak. Lokalisering av stasjonene A, B og C. Røde piler: atlantisk vann. Grønne piler: kystvann.
The circulation and bathymetry of the North Sea and Skagerrak. Stations A, B and C. Red arrows: Atlantic water. Green arrows: Coastal water.



Figur 3.2

Primærproduksjonen i Nordsjøen i 2002. Produksjonen er vist som prosentvis forskjell i forhold til et middel for perioden 1985-2002. De blå områdene hadde høyere og de røde områdene lavere produksjon enn vanlig. Produksjonen er ikke målt, men modellert.

Primary production in the North Sea in 2002. The production is expressed as %-deviation from a mean based on the period 1985-2002. The production is modelled, not measured.

Vannmassene i Nordsjøen strømmer hovedsakelig mot klokken (Figur 3.1), og nesten alt vannet må innom Skagerrak før det forlater området nordover som en del av Den norske kyststrømmen. Strømbildet i Figur 3.1 viser en middelsituasjon. Variasjoner i dette bildet fra et år til et annet har stor innflytelse på økosystemet i Nordsjøen. De viktigste årsakene til variasjonene er endringer i innstrømming av atlantisk vann, vindforhold, varmeutveksling med atmosfæren og ferskvannstilførselen.

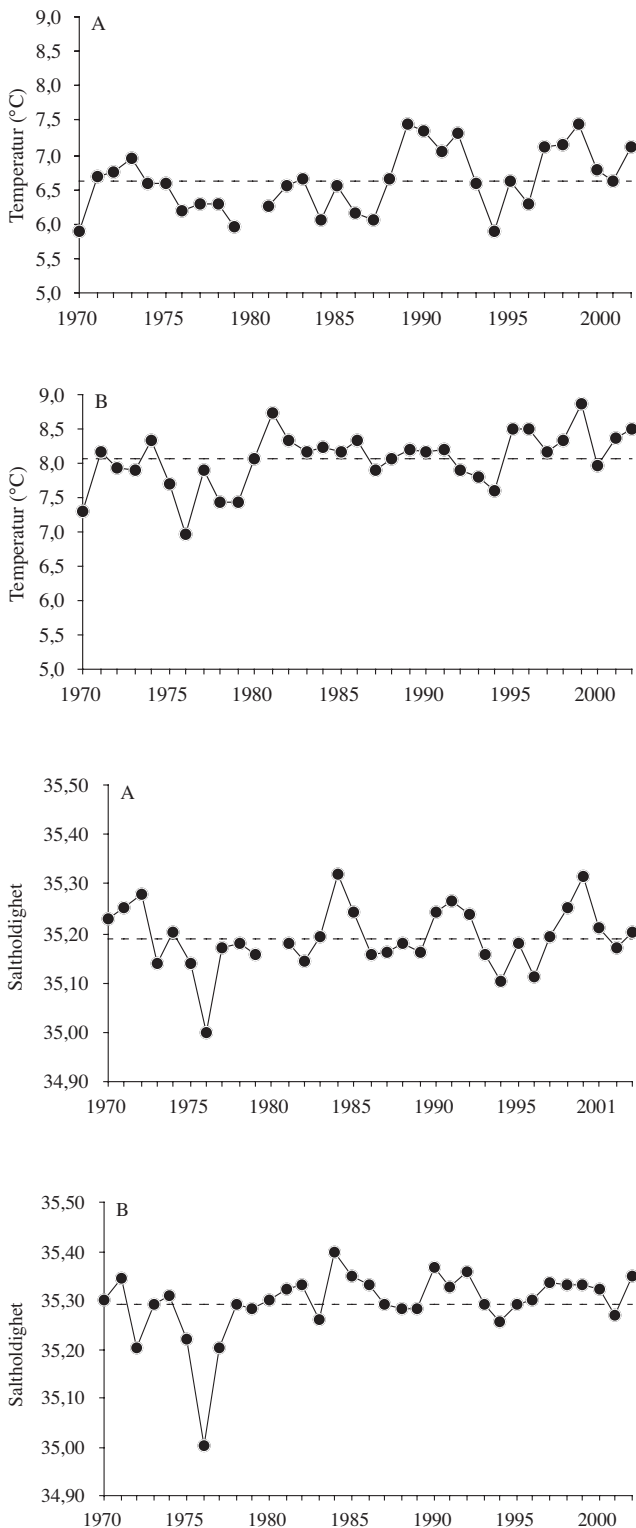
En numerisk havmodell viste at sirkulasjonen i Nordsjøen i 2002 var ganske normal gjennom hele året. I Den engelske kanal var derimot netto innstrømming i 1. halvår den nest største siden 1955, kun overgått av transporten i 2000. Innstrømmingen av atlantisk vann til den nordlige Nordsjøen var totalt sett ganske normal. Om våren (2. kvartal) var innstrømmingen sterkere enn normalt. For store deler av Nordsjøen og gjennom det meste av året var overflatetemperaturen rundt én grad høyere enn normalt, mens i august og september var det ekstremt 2,5 grader varmere i vannet enn normalt. Langs norskekysten var det på denne tid enda varmere, det varmeste vi har observert siden 1942. I august var det også ekstremt mye nedbør over Europa, og dette førte til en kortvarig ekstrem flom i Elbe. Kortvarigheten av flommen og de ekstra næringssaltene dette medbrakte så ut til kun å ha en effekt på primærproduksjonen lokalt i Tyskebukten og et stykke oppover vestkysten av Danmark.

Atlantiskhavsvannet fører mye næringssalter inn i Nordsjøen. Den noe sterkere innstrømmingen av atlantisk vann om våren vil derfor føre til mer næringssalter enn vanlig

i området (på en tid der næringen er begrenset) og sannsynligvis høyere primærproduksjon. Siden vi ikke har målinger av produksjonen, har vi beregnet denne med en modell. Resultatene viser at det var en høyere (10-20 g Cm⁻²) årlig primærproduksjon i den nordlige Nordsjøen i 2002 (Figur 3.2).

Figur 3.3 A viser tidsserier av sommermålinger av saltholdighet og temperatur i dypere lag av den nordlige Nordsjøen (posisjon A, Figur 3.1). Målingene er antatt å representere årets "vintervann" i den vestlige grenen av innstrømmende atlantiskhavsvann, som i løpet av vinteren blir blandet med litt ferskere vann over Nordsjøplatået. Figur 3.3 B viser tilsvarende målinger fra en stasjon på vestskråningen av Norskerenna, i kjernen av innstrømmende atlantisk vann fra Norskehavet til Nordsjøen og Skagerrak (posisjon B, Figur 3.1). Gjennomsnittstemperatur og saltholdighet er vanligvis henholdsvis 1-2 og ca. 0,1°C lavere over Nordsjøplatået enn i kjernen av det innstrømmende atlantiske vannet i Norskerenna.

I årene 1989-92 var dypvannet i den nordlige del av Nordsjøen uvanlig varmt. Vintrene 1989 og 1990 var trolig de varmeste på 130 år (Figur 3.3 A). Etter 1992-93 sank temperaturen, og i 1994 lå både saltholdighet og temperatur under det normale for årstiden. Dette var et resultat av en noe redusert innstrømming av atlantisk vann høsten 1993 og økt lokal avkjøling. Fra 1995 snudde den synkende tendensen i temperatur og saltholdighet, i samsvar med økt innstrømming av atlantisk vann. Etter en forbigående nedgang i 1996 har det igjen vært en betydelig økning i temperatur og saltholdighet over Nordsjøplatået. Temperaturen i 1999 var om lag like



Figur 3.3

Temperatur og saltholdighet nær bunnen i den nordvestlige del av Nordsjøen (posisjon A) og i kjernen av atlantisk vann i vestskråningen av Norskerenna (posisjon B) om sommeren i årene 1970-2002. For lokalisering av posisjonene A og B, se Figur 3.1.

Temperature and salinity near bottom in the north-western part of the North Sea (A) and in the core of Atlantic Water (B) at the western shelf edge of the Norwegian Trench during the summers of 1970-2002 (Locations of A and B in Figure 3.1).

høy som i 1990, og saltholdigheten var blant de høyeste siden 1970. I 2000 og 2001 lå saltholdighet og temperatur nær det normale for årstiden, og i 2002 fikk vi en viss økning i temperaturen.

I Norskerenna har det vært en tilsvarende utvikling de siste årene som over Nordsjøplatået (Figur 3.3 B), og vi legger spesielt merke til at temperaturene i innstrømmende atlantisk vann i Norskerenna i 1999 var de høyeste siden 1970. I 2000 var temperaturen også her redusert ned mot normalen, med en liten økning i 2001 og 2002.

Den beregnede innstrømning av atlantisk vann til den nordlige og den sentrale Nordsjøen varierte i 2002 fra ca. 1,8 Sverdrup (Sv) i januar og ned til ca. 0,9 Sv om våren/sommeren (Figur 3.4). Figuren viser også at de ekstra høye temperaturene over Nordsjøplatået på slutten av 1980-tallet og første del av 1990-årene (Figur 3.3 A) var knyttet til unormalt stor innstrømning av atlantisk vann til Nordsjøen. Innstrømning gjennom Den engelske kanal var kraftig i første halvår og relativt normal i andre halvår 2002. I oktober ble det observert unormalt store mengder av atlantiske vannmasser langs den danske Skagerrakkysten helt opp til overflaten i et område som strakte seg ut til 20 nautiske mil (n.m.) av danskysten. Vi antar dette skyldtes en relativt kraftig vinddrevet lokal oppstrømning av de dypere vannmassene.

Atlantisk vann og fangst av hestemakrell

Beregnet innstrømning av atlantisk vann til Nordsjøen om vinteren har vist seg å ha stor sammenheng med fangst av hestemakrell den etterfølgende høst i Nordsjøen. Normal eller svak vinterinnstrømning av atlantisk vann førte til dårlig fiske i perioden 1976-1987 og i de to årene 1991 og 1996 (Figur 3.5). De øvrige år med relativt sterk innstrømning av atlantisk vann samsvarte med godt fiske av hestemakrell. Dette har gitt grunnlag for halvårsprognoser for fisket, som rutinemessig har blitt beregnet siden 1996. I 1999 samsvarte prognosen meget bra med den rapporterte fangsten på 44.000 tonn, mens sammenhengen sviktet helt i 2000. Årsaken til dette er trolig at bestanden av hestemakrell er sterkt nedfisket, og selv om det ut fra miljøforholdene skulle ligget til rette for et godt fiske, ble fangstene små. Den ekstremt svake innstrømningen vinteren 2001 samsvarte bra med et svakt fiske på 8.000 tonn. Også i 2002 var prognosen på 38.000 tonn godt samsvarende med det etterfølgende fiske på 32.000 tonn. Dette tyder på at hestemakrellens vandring til Nordsjøen fremdeles er styrt av innstrømningen av atlantisk vann.

Skagerrak og vestkysten av Danmark

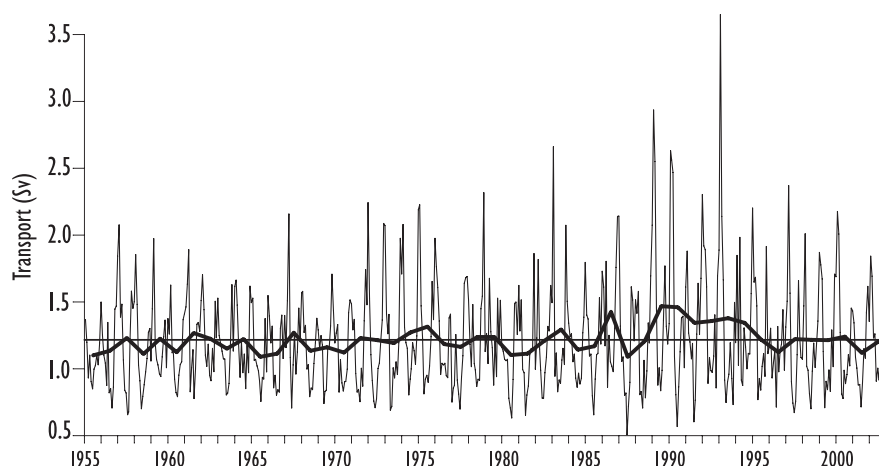
I Skagerrak finnes tre hovedvannmasser:

- Skagerrak-kystvann som har saltholdighet mellom 25,0 og 32,0 og temperatur mellom 0 og 20 °C.
- Skagerrakvann med saltholdighet mellom 32,0 og 35,0 og temperatur vanligvis mellom 3 og 16 °C.
- Atlantisk vann med saltholdighet over 35,0 og temperatur mellom 5,5 og 7,5 °C.

Figur 3.4

Tidsserier (1955-2002) av modellert årsmidlet (tykk strek) og månedsmidlet transport av atlantisk vann til den nordlige og sentrale Nordsjøen sørover mellom Orknøyene og Utsira. 1 Sv = $10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Time series (1955-2002) of modelled annual mean (bold) and monthly mean volume transport of Atlantic water into the northern and the central North Sea southward between the Orkney Islands and Utsira, Norway. 1 Sv = $10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.



I tillegg er vann med saltholdighet lavere enn 25,0 definert som brakkvann, med opprinnelse fra Kattegat og Østersjøen og ferskvannsavrenning.

Skagerrak-kystvann er hovedsakelig en blanding mellom vann fra Kattegat og Østersjøen, ellevann og vann fra den sørlige og til dels sentrale Nordsjøen. Skagerrakvann har et større innslag av vannmasser fra den sentrale Nordsjøen. Atlantisk vann tilføres Skagerrak fra Norskehavet via den nordlige Nordsjøen, der det innlagres under det lettere Skagerrakvannet.

Utenfor Sørlandskysten var det i perioden fra april til juni til dels betydelige mengder brakkvann helt ned til 10–15 meter (Figur 3.6), betydelig mer enn i de siste årene. I august–september var det brakkvann ned til 5 meters dyp. Gjennom resten av året besto overflatevannmassene av Skagerrak-kystvann, hvis nedre grense varierte mellom 10 og 30 meter. Grensen mellom Skagerrak-kystvann og atlantisk vann lå dypere enn 75 meter hele året, bortsett fra i oktober og desember. Vinteren var uvanlig mild, med temperaturer på ca. 5 °C i hele vannsøylen ned til 75 m fra januar til midten av april, på samme måte som i 2000. En

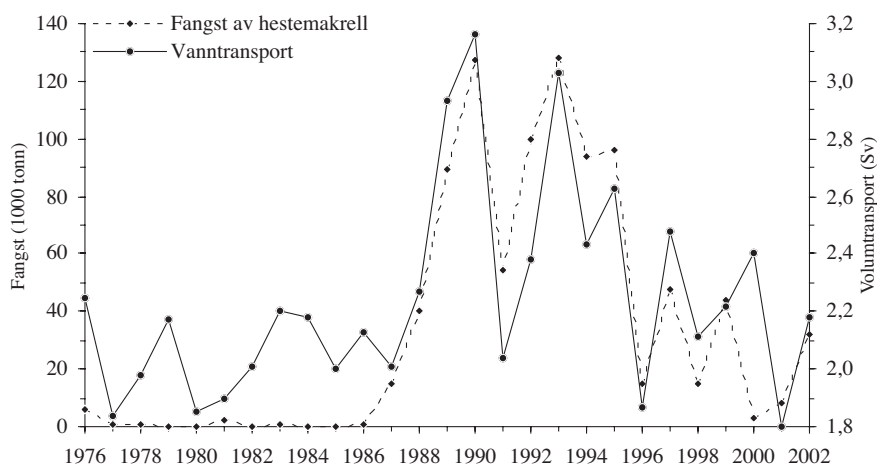
meget varm sommer fra midten av juli og ut til midten av september førte til en kraftig oppvarming av overflatelaget, med temperaturer langt over gjennomsnittet. Denne varme sommeren gav også den høyeste gjennomsnittstemperaturen i 1 meters dyp i august ved Forskningsstasjonen Flødevigen siden disse målingene startet i 1924. I november–desember oppstod det en kald stabil værtype som forårsaket en kraftig avkjøling i overflatevannmassene i kystvannet.

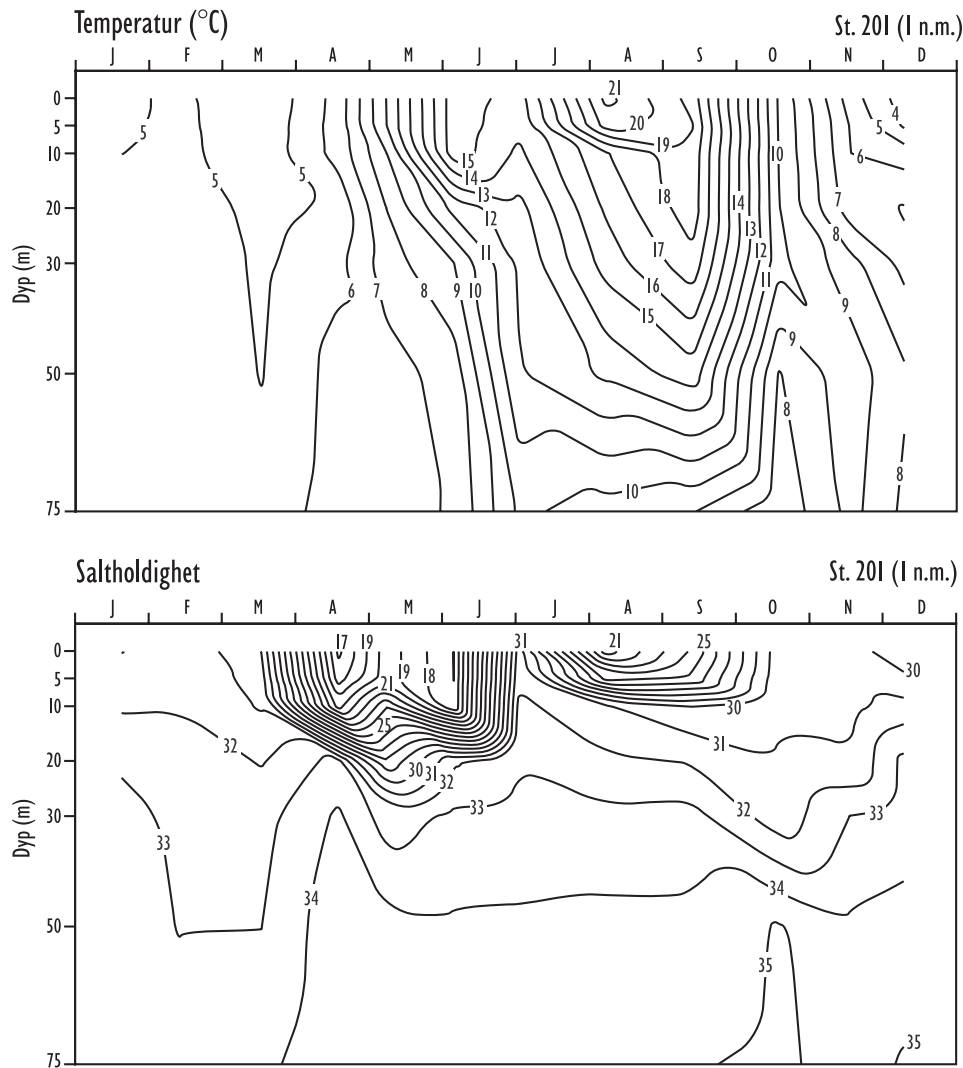
Figur 3.7 viser tidsserier av temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på 600 meters dyp i Skagerrakbassenget utenfor Sørlandskysten (posisjon C, Figur 3.1). Det fant sted en storstilt utskifting av vannmassene i Skagerrakbassenget i 1991. Dette inntraff etter en lang stagnasjonsperiode, med de laveste oksygenkonsentrasjonene i bassenget som noen gang er observert ($4,8 \text{ ml l}^{-1}$). Temperaturene i 1990/91, like før innstrømningen, var de høyeste siden målingene startet i 1947. De unormalt høye temperaturene i Skagerrakbassenget holdt seg fram til ca. 1994, da innstrømning av kjøligere vann fra Nordsjøplatået medførte et markert temperaturfall. Etter en ny innstrømning av relativt kaldt og oksygenrikt vann fra Nordsjøplatået vinteren 1996, økte temperaturen gradvis igjen til ca. 1,4 °C over normalen.

Figur 3.5

Middelet for første kvartal av modellert total vanntransport sørover i Nordsjøen gjennom et snitt fra Utsira til Orknøyene i perioden 1976-2002. Fangst av hestemakrell etterfølgende høst i Nordsjøen.

Modelled time series (1976-2002) of the mean (1st quarter) transport of Atlantic water into the North Sea between Utsira and the Orkney Islands. Capture of horse mackerel in the North Sea the following autumn.





Figur 3.6

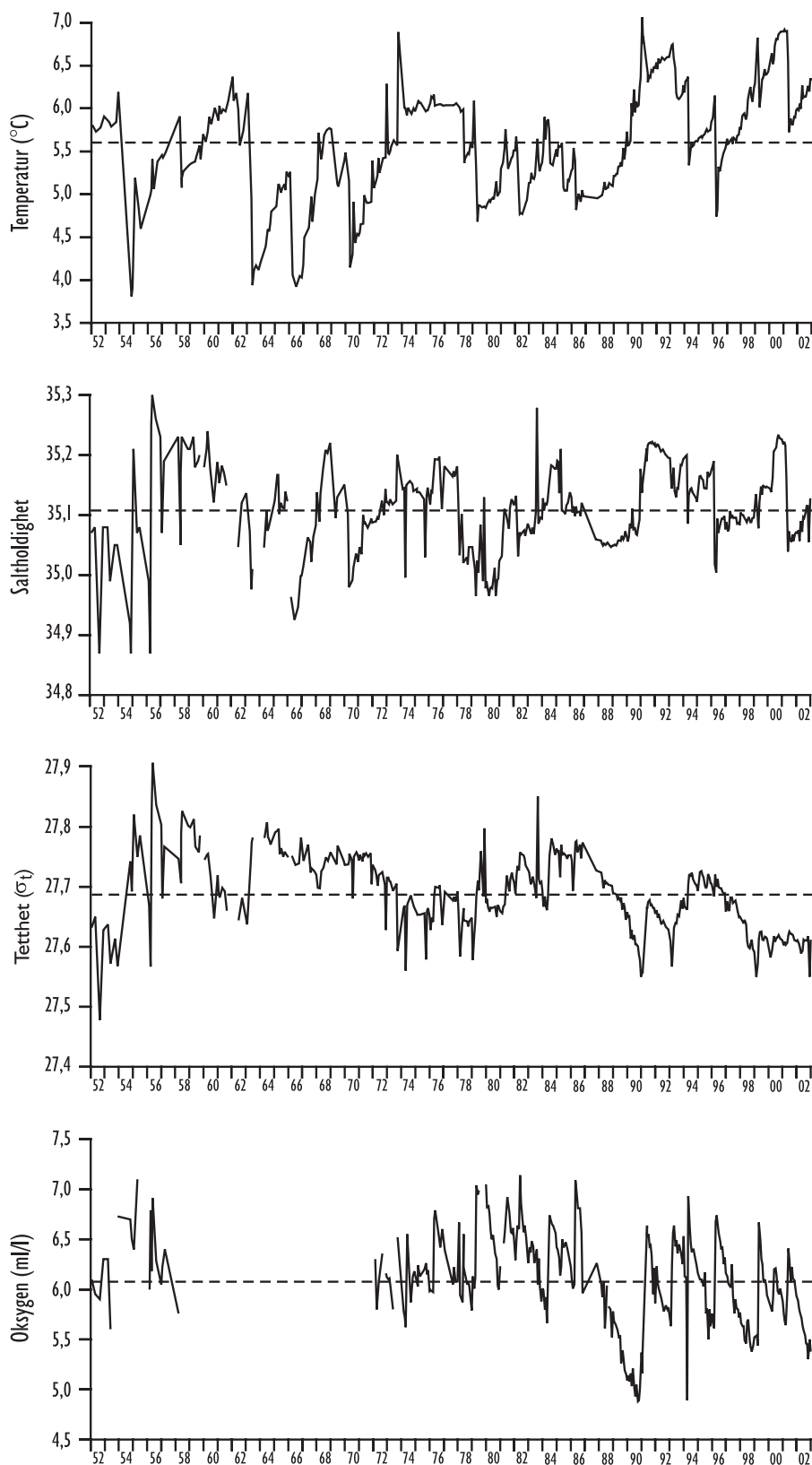
Temperatur og saltholdighet i 2002 i de øverste 75 m, ca. 1 nautisk mil utenfor Torungen fyr ved Arendal (St. 201).

Temperature and salinity in 2002 for the upper 75 m at St. 201, 1 n.m. outside Torungen lighthouse near Arendal.

Temperaturøkningen gjorde vannet lettere og la forholdene til rette for en utskiftning av bassengvannet i Skagerrak. Det var en innstrømning til Skagerrakbassenget av noe kaldere og oksygenrikt vann fra Nordsjøplatået tidlig om våren 1999. Også i 2000 var det en viss utskifting av bunnvannet, men denne gangen med relativt varmt og salt vann fra Norskerenna. Temperaturen i 2000 var om lag like høy som i den varme perioden i begynnelsen av 1990-årene. Tettheten var fortsatt lav, og vi forventet derfor ny innstrømning til Skagerrakbassenget i løpet av 2001. Dette skjedde i april-mai med kalde og relativt ferske vannmasser fra Nordsjøplatået, som hadde noe høyere oksygeninnhold, men omtrent samme tetthet. Disse vannmassene gikk helt til bunns i den dypeste delen av Skagerrakbassenget. I 2002 har vi hatt en gradvis synkende oksygenkonsentrasjon uten utskiftning av vann-

massene. De hydrografiske forholdene ligger til rette for en ny utskiftning sannsynligvis tidlig i 2003.

På 90-tallet har det gjennom en rekke år vært observert lave oksygenkonsentrasjoner i innstrømmende nordsjøvann i august/september. Dette tyder på at det er en unormalt høy omsetning av organisk materiale i deler av Nordsjøen. I 2002 ble det observert innstrømning av oksygenfattig vann fra Nordsjøen til Skagerrak, som i 30 til 75 meters dyp både på danske- og norskekysten hadde oksygenverdier på ca. 4,7 ml l⁻¹ i september, omtrent som året før. Inne ved danskekysten var de nede i 3,9 ml l⁻¹. I 2000 ble det på denne tiden registrert betydelig lavere konsentrasjoner utenfor norskekysten på 30–75 m, helt ned mot 3,5 ml l⁻¹, noe man antok skyldtes den store oppblomstringen av *Chattonella* tidligere på året den gang.

**Figur 3.7**

Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på 600 m dyp i Skagerrakbassenget for årene 1952-2002 (Posisjon C, Figur 3.1).

Temperature, salinity, density and oxygen of the bottom water (600 m depth) in Skagerrak for the years 1952-2002.