

3.2

Abiotiske faktorer

3.2.1 FYSIKK (SIRKULASJON, VANNMASSER, KLIMA, NÆRINGSSALTER OG OKSYGEN)

Ved inngangen til 2008 var temperaturen i Nordsjøen godt over langtidsmiddelet, og den holdt seg høy frem til høsten. Ved slutten av året var den nær det normale. For første gang på flere år var det en kraftig innstrømming av nitratrikt jyllandsvann til Skagerrak i april/mai. Oksygenverdiene i dypvannet i Skagerrak fortsatte å avta i 2008, men det er gode muligheter for en totalutskiftning i løpet av vinteren 2009.

Morten D. Skogen

morten.skogen@imr.no

Didrik Danielssen

didrik.danielssen@imr.no

Solfrid Hjøllo

solfrid.hjollo@imr.no

Henrik Søiland

henrik.soiland@imr.no

Vannmassene i Nordsjøen og Skagerrak består av ulike blandinger salt atlantisk vann og ferskvann. Fra Østersjøen kommer det mer ferskvann enn fra alle elvene rundt Nordsjøen til sammen. Dette vannet, som gradvis blandes med saltere vannmasser, er utgangspunktet for Den norske kyststrømmen, som i stor grad følger norskekysten helt til Barentshavet. Rundt 70 % av vannmassene i Nordsjøen strømmer innom Skagerrak og ut av Nordsjøen som en del av kyststrømmen. Overvåking av vannmassene i Skagerrak kan derfor betraktes som ”å ta pulsen” på forholdene i Nordsjøen.

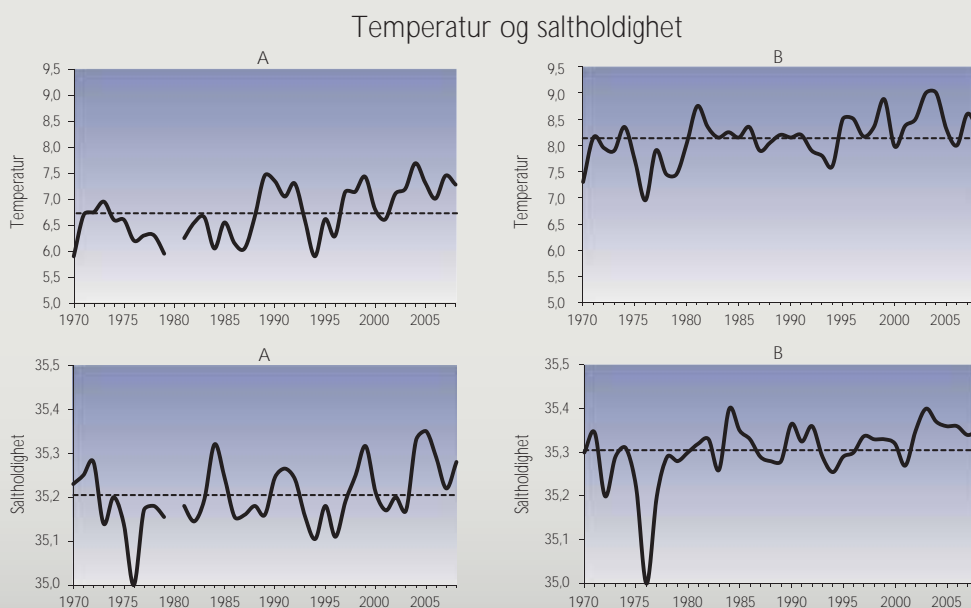
Vannet fra Nordsjøen inneholder ofte mye partikler som til dels er knyttet til ulike typer forurensning. De relativt store dypene i Skagerrak (700 meter) medfører at partiklene ofte sedimenteres her. Dypvannet i Skagerrak blir ofte skiftet ut om

vinteren, hovedsakelig med vinteravkjølt vann fra nordsjøplataet og/eller tilstrekkelig salt og tungt innstrømmende atlantisk vann langs vestskråningen av Norskerenna. Dette gjenspeiles i hurtige endringer, spesielt en økning i oksygeninnholdet, men også med klare endringer i temperatur og/eller saltholdighet som begge har betydning for tettheten (tyngden) på sjøvann, og dermed hvor dypt ulike vannmasser fordeler seg. Dersom bunnvannet over lengre perioder ikke blir skiftet ut, vil oksygenverdiene kunne bli kritisk lave for bunntilknyttede organismer. Dette er en aktuell problemstilling i mange norske terskelfjorder.

De sørøstlige delene av Nordsjøen blir tilført store mengder næringssalter fra tyske elver. Dette medfører høy produksjon av alger, og stor omsetning av organisk materiale gjør at vi ofte observerer lavt oksygeninnhold i vannet som kommer inn i Skagerrak langs danskysten, spesielt i august/september. Vannet strømmer rundt Skagerrak til norsk side og får betydning for oksygenverdiene i fjordene på Sørøstlandet.

Temperatur og sirkulasjon

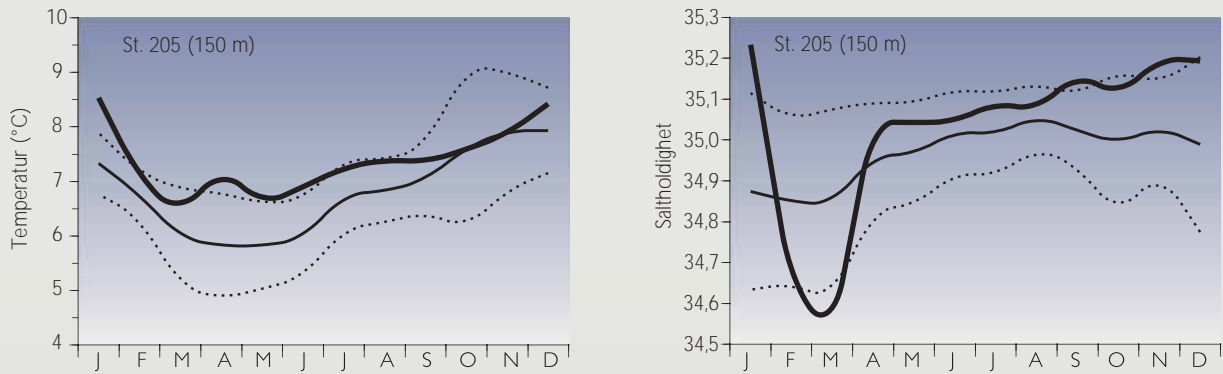
Temperaturen var noe lavere gjennom vinteren 2008 enn året før, men fremdeles 1–2 °C over langtidsmiddelet i Skagerrak



Figur 3.2.1.1

Temperatur og saltholdighet nær bunnen i den nordvestlige delen av Nordsjøen (posisjon A) og i kjernen av atlantisk vann i vestskråningen av Norskerenna (posisjon B) om sommeren i årene 1970–2008. For lokalisering av posisjonene A og B, se figur 3.1.1.1.

Temperature and salinity near the 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 1970–2008. (Locations of A and B in Figure 3.1.1.1).


Figur 3.2.1.2

Temperatur og saltholdighet i 150 m dyp basert på månedlige målinger i 2008 ca. 10 km utenfor Torungen fyr ved Arendal. Langtidsgjennomsnitt (tynn linje) og standardavvik (prikkede linjer) for perioden 1961–1990.

Temperature and salinity at 150 m depth based on monthly observations in 2008, 10 km off Torungen lighthouse near Arendal. Long term mean (thin line) and standard deviation (dotted lines) for the period 1961–1990.

og den sydøstlige Nordsjøen. I den midtre og nordlige delen lå den 0–1 °C over langtidsgjennomsnittet. Langs den danske vestkysten var temperaturen i april mye lavere enn året før og ganske nær gjennomsnittet for perioden 1988–2007. I mai foregikk det en betydelig oppvarming av spesielt sydøstlige Nordsjøen og Skagerrak. Temperaturen lå 2–3 °C over langtidsgjennomsnittet og en del over 2007. Utover sommeren og høsten lå også overflatetemperaturene i Skagerrak og store deler av Nordsjøen over fjoråret. I de siste to månedene sank de til under fjorårsverdiene og nærmet seg langtidsgjennomsnittet.

Figur 3.2.1.1 viser tidsserier av temperatur og saltholdighet i det vinteravkjølte bunnvannet i den nordlige Nordsjøen (A) og i kjernen av det innstrømmende atlantiske vannet i vestskråningen av Norskerenna (B). I både posisjon A og B er temperaturen i 2008 lavere enn i 2007, men høyere enn i 2006. Temperaturen ligger fremdeles over langtidsgjennomsnittet. Samtidig viste saltholdigheten en oppgang, og den ligger over langtidsgjennomsnittet. Innstrømmingen av atlantisk vann har vært lav både i 2007 og 2008 (se figur 3.2.1.3). Det tyder på en høy saltholdighet oppstrøms. Dette bekreftes av at det også på Svinøysnippet i Norskehavet ble observert høye saltholdigheter i det atlantiske vannet. Langs Skagerrakkysten var vinteravkjølingen av overflatevannmassene mindre enn i 2007 og også mye senere. Tilførsel av ferskere vannmasser begynte først i april–mai. Utover våren og sommeren foregikk det en jevn oppvarming av vannmassene frem til august. De høye temperaturene holdt seg frem til september. Deretter ble det en gradvis temperaturreduksjon frem mot årsskiftet, men de lå fremdeles noe over langtidsgjennomsnittet. Det var en kraf-

tigere oppvarming av vannmassene under overflatelaget utover ettersommeren og tidlig høst enn i 2007. Det ble målt 15 °C helt ned til 65 meter i september og ned til 50 meter i oktober. Det er ca. 3 °C mer enn året før. På 150 meters dyp (figur 3.2.1.2) var det atlantiske vannmasser (saltholdighet ≥ 35) gjennom hele året bortsett fra i februar–mars. Saltholdigheten lå i ti av månedene mellom 0,5–1 standardavvik over langtidsgjennomsnittet. Temperaturen var gjennom halve året ett standardavvik over langtidsgjennomsnittet, og ble bare én gang registrert så lavt som langtidsgjennomsnittet. Det har vært et typisk trekk i flere år at både temperatur og saltholdighet i dette dypet har indikert atlantiske vannmasser med verdier godt over langtidsgjennomsnittet for perioden 1961–1990.

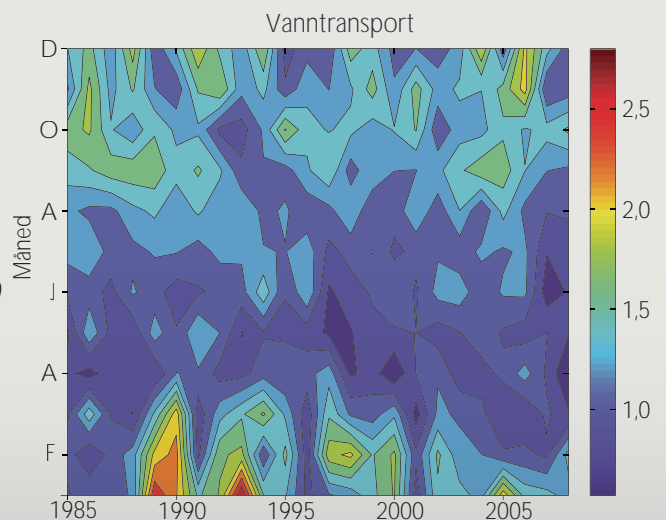
Høy omsetning av organisk materiale i deler av Nordsjøen ga noen år rundt tusen-

års skiftet lave oksygenkonsentrasjoner i innstrømmende nordsjøvann til Skagerrak på dansk side i august/september. Dette ble også observert 2007 i september–oktober. Siden disse undersøkelsene startet i 1983, er det bare tre år (1997, 1998 og 2001) registrert lavere konsentrasjoner. I 2008 ble det ikke funnet så lave oksygenkonsentrasjoner som året før. Det indikerer muligens en noe lavere omsetning av organisk materiale enn de foregående årene i dette området.

Modellberegninger viser at transporten inn og ut av Nordsjøen var svært lav i 2008 (figur 3.2.1.3). Både fra nord gjennom snittet Okenøyene–Utsira og gjennom Den engelske kanal var gjennomsnittlig innstrømming blant de lavest modellerte for hele perioden 1985–2008. Innstrømmingen var lav gjennom hele året.

Figur 3.2.1.3

Gjennomsnittlig månedlig transport av atlantisk vann til den nordlige og sentrale Nordsjøen sørover mellom Orknøyene og Utsira (1985–2008). 1 Sv = 1 Sverdrup = 1 million m³/s. Time series (1985–2008) of modelled monthly mean volume of southward transport of Atlantic water into the northern and central North Sea between the Orkney Islands and Utsira, Norway. 1 Sv = 1 million m³/s.



Figur 3.2.1.4 viser utviklingen av temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på 600 meters dyp i skagerrakkbassenget utenfor sørlandskysten (posisjon C, figur 3.1.1.1). Det har vært en jevn temperaturøkning i dypvannet siden 2005. Samtidig med at saltholdigheten har endret seg lite, har dette ført til at tettheten er blitt lavere de siste årene og nå er rett under langtidsmiddelet. Det har ikke vært utskifting av bunnvannet siden våren 2005. Oksygenverdiene er nå de laveste siden

første halvdel av 1990-tallet, hvor det var en tilsvarende meget lang stagnasjonsperiode. Fra midtsommer 2008 begynte det å strømme inn saltere atlantiske vannmasser (saltholdighet ≥ 35) mellom 250 og 500 meters dyp. I oktober nådde de nesten ned til 600 meter, men det ble bare en ubetydelig oksygenforbedring der. I desember var mesteparten av volumet fra nesten 600 til 100 meters dyp fylt opp av disse salte atlantiske vannmassene, men temperaturen nær bunnen var fortsatt litt for lav til

at de saltere vannmassene høyere oppe trengte helt til bunns. Men muligheten for en totalutskifting i løpet våren 2009 burde være til stede.

Næringsalter

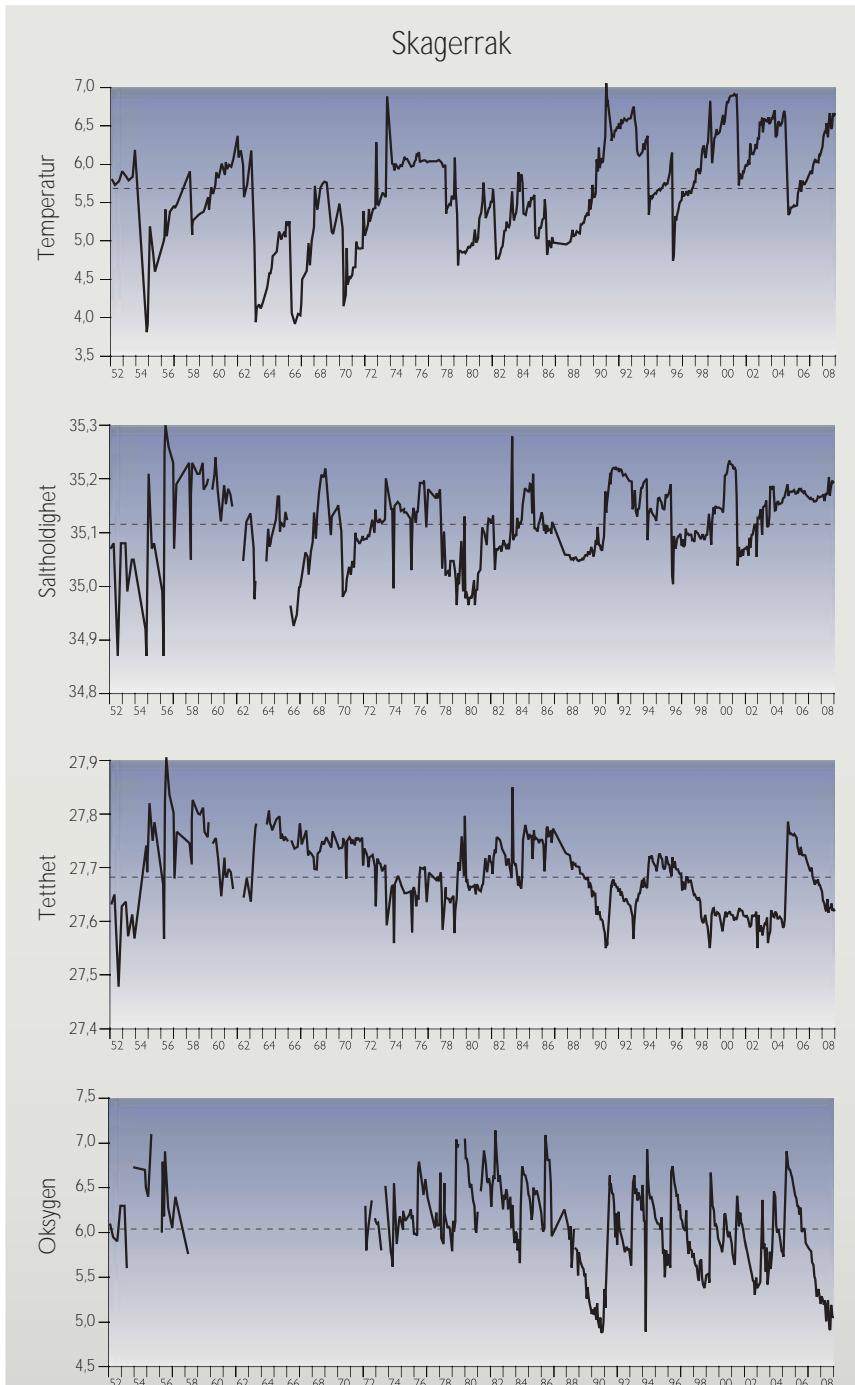
På dansk side av Skagerrak lå vinterkonsentrasjonene av næringsalter i 2008 noe under middelet, bortsett fra for silikat. På norsk side fulgte de langtidsmiddelet, med unntak av silikat som på grunn av ferskvannsavrenning i overflaten hadde høyere verdier (figur 3.2.1.5). I april–mai var konsentrasjonene av både nitrat og silikat høyere enn normalt på danskensiden, noe som også resulterte i høye nitrogen-/fosforforhold. Dette skyldtes en ganske kraftig innstrømning av jyllandske kystvannmasser langs danskekysten på den tiden med nitratverdier i de øverste meterne på $20 \mu\text{m}\cdot\text{l}^{-1}$. Disse vannmassene har sitt opphav i Tyskebukta. De lagret seg inn under de ferskere baltiske vannmassene i indre Skagerrak med nitratkonsentrasjoner på ca. $15 \mu\text{m}\cdot\text{l}^{-1}$ i omkring 20 meters dyp. Fem nautiske mil utenfor Torungen lå disse jyllandske kystvannmassene med de samme maksimumkonsentrasjoner nede på 30 meters dyp.

Etter at man på 1980-tallet begynte med storskala rensing av fosfor (P) (for eksempel ved innføring av fosfatfrie vaskemidler) uten å rense for nitrogen (N), har man forverret den naturlige balansen mellom de ulike næringsaltene i havet. N/P-forholdet er spesielt skjevt i de tyske elvene. Det får betydning for algesammensetningen.

Hvert år i april siden 1988 undersøkes næringsaltsituasjonen og algesammensetningen i hele Skagerrak, Kattegat og langs vestkysten av Danmark. I den sydlige delen av den danske vestkysten var det i 2008 jyllandske kyststrøm vannmasser med meget høye nitratkonsentrasjoner (figur 3.2.1.6). Vannmassene strakk seg nordover og inn langs den danske Skagerrakkysten med $15\text{--}20 \mu\text{m}\cdot\text{l}^{-1}$ i de øverste 10 meterne. Dette ga høye nitrogen-/fosforforhold i hele området, betydelig høyere enn i de siste årene. Ikke siden 1999 er det observert en tilsvarende nitrat-rik innstrømning til Skagerrak på denne tiden av året. I vannmassene var det også en del silikat.

Varmeinnholdet i Nordsjøen

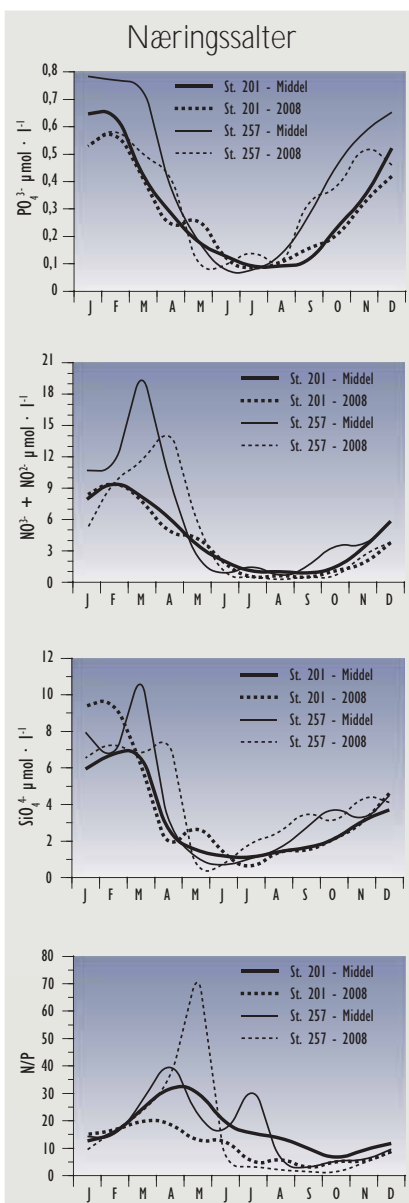
Beregninger av Nordsjøens varmeinnhold for perioden 1985–2008 (figur 3.2.1.7) ved hjelp av sirkulasjonsmodellen NORWECOM viser både sesongvariasjoner (økt varmeinnhold om sommeren og tap av varme om vinteren) og langperiodiske svingninger. Sommerens maksimumsverdi i varmeinnhold for hele Nordsjøen er de



Figur 3.2.1.4

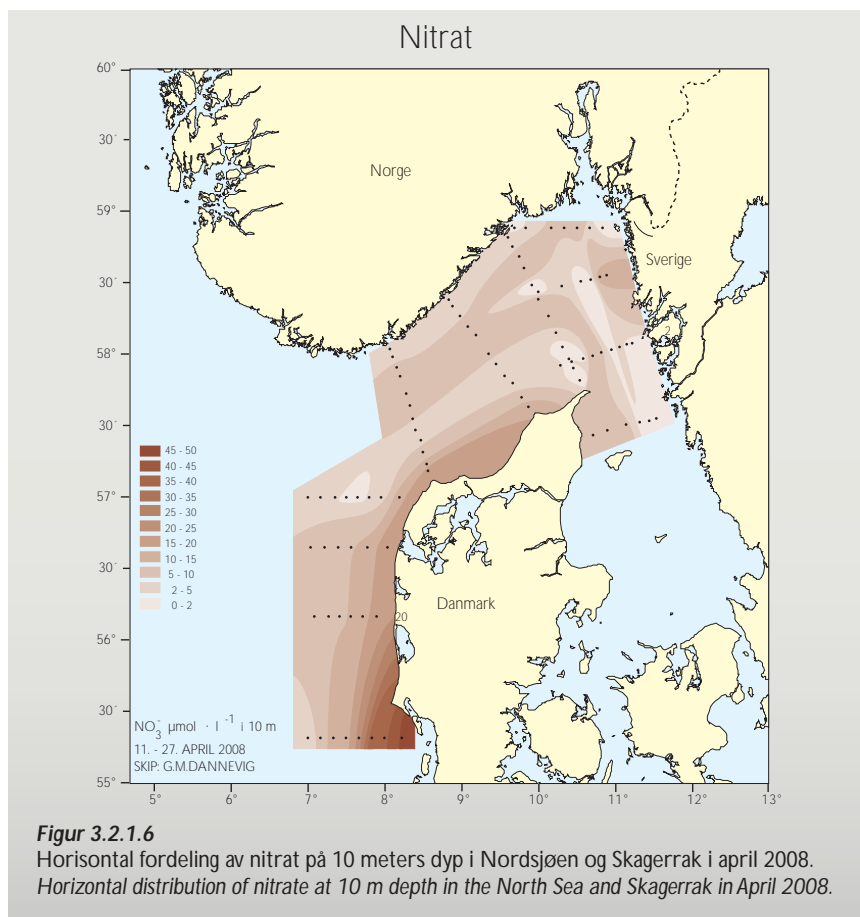
Temperatur, saltholdighet, tetthet og oksygen på 600 meters dyp i skagerrakkbassenget for årene 1952–2008 (Posisjon C, figur 3.1.1.1).

Temperature, salinity, density and oxygen of the bottom water (600 m depth) in Skagerrak for the years 1952–2008 (Position C, Figure 3.1.1.1).

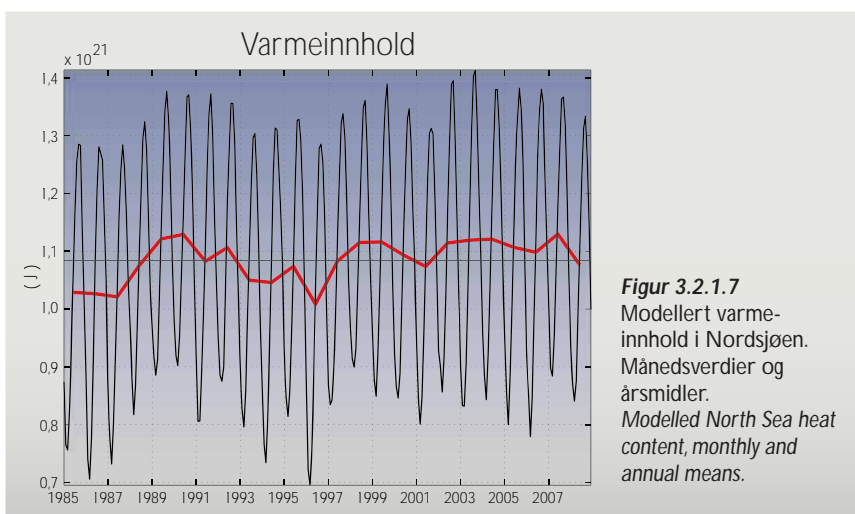

Figur 3.2.1.5

Månedlige observasjoner av midlet for de øvre 30 m utenfor Torungen fyr ved Arendal (stasjon 201) og de øvre 25 m utenfor Hirtshals (stasjon 257) i 2008 for fosfat (PO₄³⁻), nitrat+nitritt (NO₃⁻ + NO₂⁻), silikat (SiO₄⁴⁻) og forholdet mellom nitrat+nitritt og fosfat (N/P). De heltrukne linjene viser langtidsgjennomsnittet for 1980–1995 på stasjon 201, unntatt for silikat, hvor langtidsgjennomsnittet er for 1988–1995, og på stasjon 257 hvor langtidsgjennomsnittet er for 1988–1995 for alle størrelsene.

Monthly observations averaged for the upper 30 m outside Torungen lighthouse near Arendal (St. 201) and the upper 25 m at St. 257 outside Hirtshals in 2008 for phosphate, nitrate+nitrite, silicate and N/P ratio. The solid lines show the long-term mean for the period 1980–1995 at St. 201, except for silicate where the mean is for the period 1988–1995, and at St. 257 where the long term mean is for the period 1988–1995 for all parameters.


Figur 3.2.1.6

Horisontal fordeling av nitrat på 10 meters dyp i Nordsjøen og Skagerrak i april 2008. Horizontal distribution of nitrate at 10 m depth in the North Sea and Skagerrak in April 2008.


Figur 3.2.1.7

Modellert varmeinnhold i Nordsjøen. Månedsverdier og årsmidler. Modelled North Sea heat content, monthly and annual means.

siste seks årene gradvis blitt lavere. Siden vinteravkjølingen 2007/2008 ikke var spesielt liten, ser vi at varmeinnholdet i 2008 var lavere enn i 2007 (se tykk heltrukket linje). Magasinert varme, dvs. summen av årlig differanse mellom maksimum og minimum varmeinnhold, i perioden 1985–2008 tilsvarer en temperaturøkning på 0,37 grader. To tredjedeler av denne magasinerte varmen finnes i de dype delene av Nordsjøen. Den skyldes hovedsakelig lavt varmetap vinteren 2001/2002 og stor oppvarming den etterfølgende sommeren. I Nordsjøens grunne deler i sør er vannsøylen gjennomblandet, og det er tilnærmet balanse mellom sommeroppvarming og vinteravkjøling.

Oceanography

At the beginning of 2008, the temperatures in the North Sea were high and remained high until autumn. At the end of the year, it was about normal. Model simulations indicate that the inflow of Atlantic water was very low, both from the north and through the English Channel. There was a strong inflow of nutrient rich Jutland water to Skagerrak in April/May. The decline of oxygen in the Skagerrak bottom water continued in 2008, but there are good possibilities for a ventilation in the winter 2009.