

## 3.3.1 PRIMÆRPRODUKSJON (PLANTEPLANKTON)

Nordsjøen og Skagerrak er havområder som i mange år har vært utsatt for betydelige belastninger fra omkringliggende fastland. Kartlegging av biologiske effekter på grunn av næringssalttilførsel har pågått noen år, mens det er økende fokus på endringer på lavere nivå i næringskjeden knyttet til klimaendringer.

Lars-Johan Naustvoll

lars.johan.naustvoll@imr.no

Havforskningsinstituttets overvåkingsprogrammer i dette området skal fremskaffe mer kunnskap om endringer i mengde og artssammensetning av planteplanktonet for å kunne belyse aktuelle problemstillinger.

Overvåkingen av planteplankton i Nordsjøen er primært knyttet til de faste snittene Utsira–Start Point og Hanstholm–Aberdeen (Figur 6.3.1). På snittene Oksøy–Hanstholm og Fedje–Shetland måles det dessuten klorofyll *a*, som gir et overslag over mengden fotosyntetiserende mikroalger. I Skagerrak er overvåkingen lagt til snittet Torungen–Hirtshals. I tillegg foretas det en større regional dekning av området i april/mai, der artssammensetning og tetthet av planteplankton blir undersøkt, og det tas prøver for klorofyll *a*.

Av historiske grunner har overvåkingen i dette området fokusert på skadelige alger. En rekke store algeoppblomstringer har startet i dette området. Noen av disse ble først oppdaget her, for så å spre seg videre langs kysten, andre har kun blitt registrert i dette området. Fordi Nordsjøen og Skagerrak er omgitt av landområder, har det vært en betydelig tilførsel av uorganiske næringssalter (eutrofiering) til dette havområdet. Planteplankton er avhengig av slike næringssalter, spesielt nitrogenforbindelser, for å vokse og formere seg. Det har vært antydning at det er en kopling mellom tilførsel av næringssalter og tilstedeværelse av skadelige alger. Havforsk-

ningsinstituttets overvåkingsdata har blant annet vist at det er sammenheng mellom forhøyede næringssaltkonsentrasjoner og tilstedeværelsen av *Chrysochromulina* og *Verrucophora fascima* (tidligere kalt *Chattonella verruculosa*). Men for andre skadelige arter ser det ikke ut til å være en like klar sammenheng. I de senere årene har man konsentrert seg mindre om denne koblingen og isteden sett på andre aspekter ved planteplanktonet, som for eksempel artssammensetning og mengde.

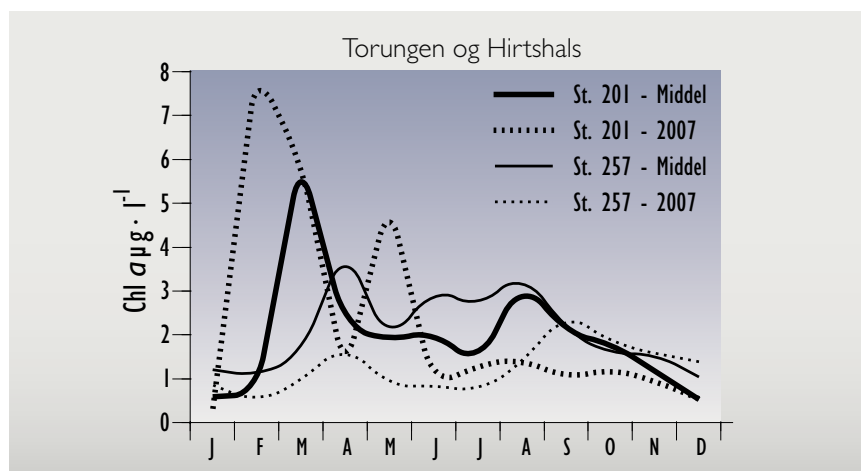
Vekst og utbredelse av planteplankton er styrt av en rekke faktorer, blant annet temperatur. Blant planteplanktonet er det arter som er tilpasset, og typiske i, kaldt eller varmt vann. Endringer i havklimaet vil få betydning for disse artenes utbredelse. De senere årene er det rapportert et økende antall sørlige arter i Nordsjøen. Endringer i artssammensetningen av planteplanktonet kan få betydning for de påfølgende ledene i marine næringskjeder.

**Skagerrak i 2007**

Det blir registrert en betydelig variasjon, både i mengde, artssammensetning og suksjesjonsmønster i planteplanktonet fra år til år. Utviklingen i 2007 var på mange måter lik det vi har sett de senere årene, men avvek noe fra det mer historiske bildet. Våroppblomstringen på norsk side (Figur 3.3.1.1, stasjon 201 Arendal) kom i gang i siste halvdel av februar, ca. en måned tidligere enn vanlig. Den var som vanlig dominert av kiselalger (*Skeletonema*, *Chaetoceros* og *Thalassiosira*). Etter oppblomstringen avtok mengden planteplankton, før vi fikk en ny oppblomstring i mai – noe som avviker fra det normale bildet. Gjennom sommeren var det lave mengder planteplankton, og lavere enn normalt, med dominans av små flagellater. Historisk sett har man hatt en oppblomstring på høsten, dominert av store fureflagellater (*Ceratium*) eller kisalger, men denne oppblomstringen har uteblitt de siste fire årene. Det var også tilfellet i 2007. Planteplanktonet var dominert av små flagellater, i korte perioder av kiselalger, med kun moderate mengder fureflagellater. På dansk side (Figur 3.3.1.1, st. 257 Hirtshals) ble det i år registrert betydelig lavere klorofyll *a*-mengder så å si gjennom hele året sammenlignet med tidligere. Våroppblomstringen fant sted i

**Figur 3.3.1.1**

Månedsmidler for klorofyll *a* i de øvre 30 m utenfor Torungen fyr ved Arendal (st. 201) og de øvre 25 m utenfor Hirtshals (st. 257) i 2007. Stiplede linjer: verdier for 2007. Heltrukne linjer: langtidsmiddelet 1980–1995 (st. 201) og 1988–1995 (st. 257). Monthly means and Chlorophyll *a* in the upper 30 m outside Torungen lighthouse near Arendal (st. 201) and the upper 25 m outside Hirtshals (st. 257) in 2007. Dotted lines show the value for 2007 and solid lines show the long term mean for the period 1980–1995 (st. 201) and 1988–1995 (st. 257).





**Figur 3.3.1.2**  
Oppblomstring av fureflagellaten *Noctiluca scintillans*.  
Bloom of the dinoflagellate *Noctiluca scintillans*.

april som vanlig, sommeren viste betydelig lavere klorofyll *a*-mengder, og den årlige høstoppblomstringen kom en måned senere enn vanlig. Høstoppblomstring på dansk side ble ikke registrert i 2006, men var tilbake igjen i 2007.

Det ble ikke observert større oppblomstringer av kalkalgen *Emiliana huxleyi* i Skagerrak i år. Heller ikke *Verrucophora fascima* ble registrert i store mengder. Den eneste arten som dannet en større oppblomstring, var fureflagellaten *Noctiluca scintillans* (Figur 3.3.1.2). Arten viste størst tetthet helt inne ved kysten, men var

relativt tallrik ved enkelte stasjoner langs snittet Torungen–Hirtshals på høsten. Den kan i perioder forekomme i så høye tettheter at den farger sjøen rød, noe som var tilfellet flere steder langs Skagerrakkysten denne høsten.

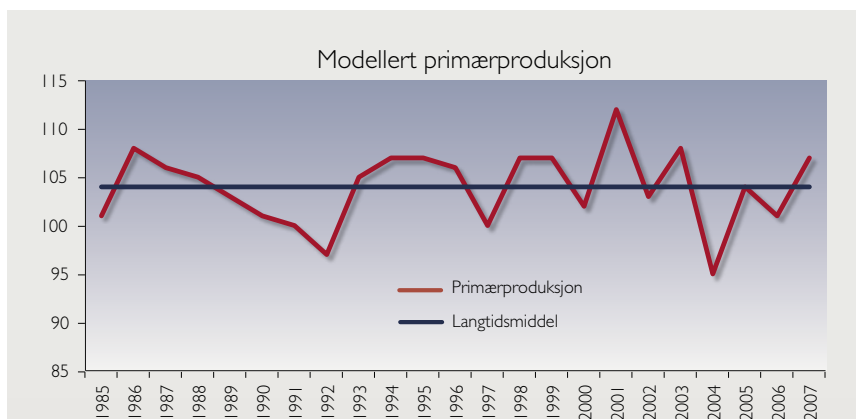
#### Nordsjøen i 2007

Figur 3.3.1.3 viser klorofyll *a*-konsentrasjonen langs snittet Hanstholm–Aberdeen i løpet av første halvdel av 2007. I februar er ikke oppblomstringen kommet ordentlig i gang her, men det er antydning til oppblomstring i de østlige delene ved kysten av Danmark. Dekningen i midten av april

viser betydelig mer klorofyll *a*. Ved kysten av Danmark er våroppblomstringen over, og man kan tydelig se høye konsentrasjoner ved bunnen. Planteplanktonet var på dette tidspunktet dominert av små flagellater i de øvre vannmassene, mens det ved bunnen hovedsakelig var kiselalger. Klorofyll *a*-målingene viser at oppblomstringen på dette tidspunktet pågår i de vestlige delene. I juni er oppblomstringen over langs hele snittet, og planteplanktonet er dominert av små flagellater og mikrodyreplankton, med innslag av fureflagellater. Årets observasjoner avviker ikke mye fra tidligere års observasjoner.

#### Modellering av primærproduksjon

Den modellerte gjennomsnittlige årsproduksjonen for Nordsjøen var i 2007 litt over langtidsmiddelet (Figur 3.3.1.4). Produksjonen er høyest i sør langs kysten hvor de store europeiske elvene renner ut, mens den er minst i det sentrale Nordsjøen. Modellresultatene viser at produksjonen i 2007 var over langtidsmiddelet både lengst i sør og lengst i nord, mens den i de sentrale områder og Skagerrak var betydelig (rundt 20 %) under det normale. Til tross for stor reduksjon i utslippene av nærings-salt til Nordsjøen de siste årene, ser man ingen reduksjon i primærproduksjonen. Grunnen til dette er at de største mengdene nærings-salt (85–90 %) blir transportert til Nordsjøen fra Atlanterhavet.

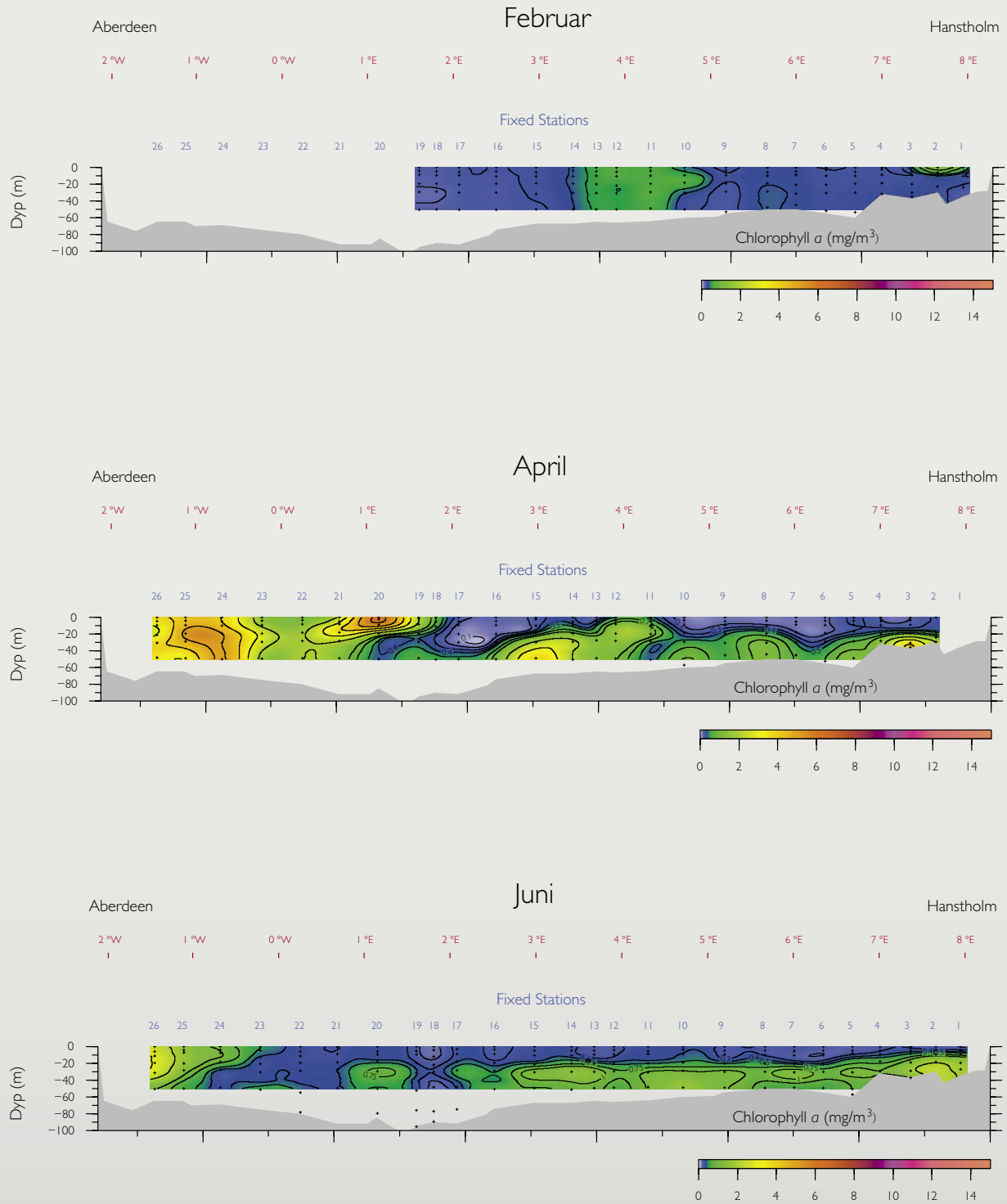


**Figur 3.3.1.4**  
Modellert primærproduksjon i Nordsjøen fra 1985 til 2007 samt langtidsmiddelet. Dataene er vist som den gjennomsnittlige årsproduksjon i Nordsjøen uttrykt som gram karbon/m<sup>2</sup>/år. Modelled primary production (red) in the North Sea from 1985 to 2007 and the long term mean (blue). The production is expressed as average annual production in the North Sea as gram carbon/m<sup>2</sup>/year.

#### Phytoplankton

The monitoring of phytoplankton biomass, density and species composition as well as nutrient dynamic in the North Sea and Skagerrak provides information to improve our knowledge about effects of human activity and climatic changes. IMR carries out detailed monitoring along the transects Hanstholm–Aberdeen, Utsira–Start Point and Torungen–Hirtshals, and during a regional covering in April/May. The divergences in 2007 from the long-term means were an earlier spring bloom (1 month), lower chlorophyll concentration during the summer, and the absence of autumn bloom on the Norwegian side of the Skagerrak. On the Danish side of the Skagerrak, 2007 was more or less similar to the long-term mean; however, the chlorophyll concentration was below the mean values. At the Hanstholm–Aberdeen transect, 2007 was more or less similar to 2006.

## Klorofyllkonsentrasjoner Hanstholm–Aberdeen



**Figur 3.3.1.3**

Klorofyllkonsentrasjonen ved snittet Hanstholm–Aberdeen i februar, april og juni 2007.  
 Chlorophyll concentration along the transect Hanstholm–Aberdeen in February, April and June 2007.

## 3.3.2 SEKUNDÆRPRODUKSJON (DYREPLANKTON)

De siste 20 årene er det observert en rekke endringer i både mengde, artssammensetning og sesongsykluser av dyreplankton i Nordsjøen. Høyere havtemperaturer har ført til at utbredelsesområdet til flere arter er skjøvet nordover, og overlevelsesevnen til mer sørlige planktonorganismer har økt.

Tone Falkenhaug

tone.falkenhaug@imr.no

Lena Omli

lena.omli@imr.no

Dyreplankton er næringsgrunnlag for flere kommersielt viktige fiskearter i Nordsjøen, og variasjoner i dette leddet i næringskjeden vil derfor ha store konsekvenser for produksjon på høyere nivå. Plankton er også følsomme for forurensning og klimaendringer og kan brukes som indikatorer på forandringer i økosystemet.

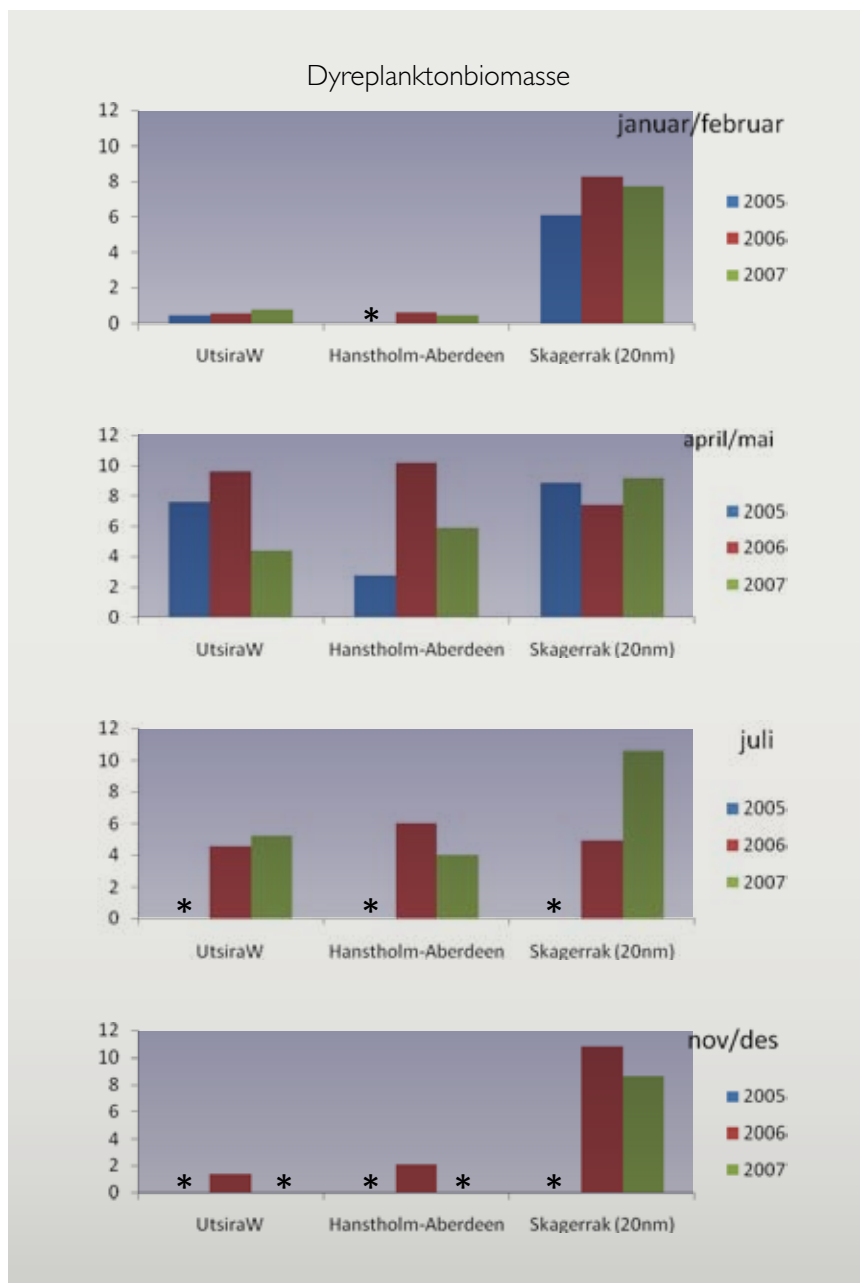
Grovt sett kan Nordsjøen deles inn i to områder med ulike forhold for sekundærproduksjon. De nordlige områdene påvirkes av innstrømmingen av atlantisk vann, og dyreplanktonet domineres av atlantiske

arter. Raudåte (*Calanus finmarchicus*) er den viktigste komponenten, med opptil 80 % av den totale biomassen av dyreplankton i vårsesongen. Den er også den viktigste arten for dyreplanktonspisende fisk i denne delen av Nordsjøen. Forekomst av raudåte varierer fra år til år, og mye tyder på at raudåtebestanden i Nordsjøen avhenger av tilførsler fra Norskehavet. Raudåte trenger dypere områder for overvintring, for eksempel Norskerenna (300–700 m dyp), og er derfor fraværende i de sentrale og grunne områdene av Nordsjøen på vinterstid. Dyreplanktonet i sørlige Nordsjøen domineres av små, altetende arter (f.eks. *Pseudocalanus spp.*, *Acartia clausi*, *Temora longicornis* og *Centropages hamatus*) som tåler mye forurensning og varierte leveforhold. Raudåte er også en viktig komponent her i perioden februar–mai. I juli–august er arten *Calanus helgolandicus* mer vanlig. Dette er en nær slektning av raudåte, men som er knyttet til varmere, sørligere vannmasser og gyter senere på sommeren. Arten er utbredt i hele Nordsjøen, men har størst forekomst i sørlige områder.

Overvåking av dyreplankton i Nordsjøen og Skagerrak gjøres ved regelmessig prøvetaking langs tre av Havforskningsinstituttets faste snitt: Utsira–Start Point, Hanstholm–Aberdeen og Torungen–Hirtshals (Figur 6.3.1). I tillegg kartlegges fordelingen av dyreplankton i Nordsjøen og Skagerrak med et tokt i april/mai.

#### Observasjoner i 2007

Sesongutviklingen i 2007 var i store trekk lik 2006 (Figur 3.3.2.1). I januar 2007 var biomassen av dyreplankton lav. De største forekomstene ble registrert i de dypere delene av Norskerenna i Skagerrak og var dominert av overvintrende raudåte. Til forskjell fra raudåta forekommer *C. helgolandicus* i de øvre lag også på denne tiden av året. Tidlige stadier (kopepoditt I–III) ble registrert i de sentrale delene av Nordsjøen (Hanstholm–snittet) i januar, hvilket tyder på at arten har evne til å reprodusere også vinterstid. Dyreplanktonbiomassen i nord-



Figur 3.3.2.1

Gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse fra bunn til overflate (gram tørrvekt/m<sup>2</sup>), 2005–2007, langs snittene Utsira–Start Point og Hanstholm–Aberdeen samt over norskerenna i Skagerrak. \*=Data mangler.

Average zooplankton biomass (g dry weight/m<sup>2</sup>) in the northern North Sea, central North Sea, and central Skagerrak, 2005–2007. \*=Data missing.

lige og sentrale områder økte fra januar til april, men verdiene var noe lavere i april 2007 sammenlignet med samme tidspunkt året før.

Hoppekreps (*Calanus* spp. og “andre hoppekreps” i Figur 3.3.2.2), var den dominerende gruppen av dyreplankton i hele undersøkelsesområdet i januar og april. De mest tallrike artene var *Oithona*, *Pseudocalanus* og *Microcalanus*. I juli hadde de sentrale områdene en helt annen artsammensetting, med et stort innslag av maneter (hovedsakelig *Aglantha digitale*) og larveplankton (mollusker og pigghudlarver).

Utbredelsen av de to søskenartene raudåte (*C. finmarchicus*) og *C. helgolandicus* i Nordsjøen i april 2007, viste klare geografiske forskjeller (Figur 3.3.2.3). Andelen av raudåte var størst i de nordlige og østlige delene av Nordsjøen, mens *C. helgolandicus* viste en økende trend mot vest og sør. Ved Shetland var det fire ganger mer *C. helgolandicus* enn raudåte. Små kopepodittstadier dominerte, særlig i øst (kyststrømmen) der produksjonen av første generasjon av *C. finmarchicus* ser ut til å ha startet tidligst.

Prøvetaking av dyreplankton ved Skagerrakkysten utenfor Flødevigen (Arendal stasjon 2) har foregått hver 14. dag siden 1994 i regi av SFTs kystovervåkingsprogram. Gjennomsnittlig mengde viste en økende trend i perioden 1999–2003. Etter en nedgang i 2004 er gjennomsnittsverdien for 2007 på høyde med middelet for observasjonsperioden (Figur 3.3.2.4).

Den introduserte amerikanske lobemaneten (*Mnemiopsis leidyi*) ble første gang observert i norske farvann høsten 2006. I 2007 ble store konsentrasjoner observert mellom Oslofjorden og Hardanger fra juli til oktober, og reproduksjon ble registrert i Skagerrak. I november var forekomstene sunket til meget lave tettheter. Maneten ser ut til å kunne overvintre i sørlige Østersjøen/Kattegat og transporteres til norskekysten med kyststrømmen. Arten vil sannsynligvis danne tette oppblomstringer i norske kystnære farvann hver sommer.

#### Store endringer siste 20 år

I de senere årene har vi observert flere varmekjære arter i Nordsjøen/Skagerrak. Den tropiske vannloppen *Penilia avirostris* har økt i utbredelse og tetthet i Nordsjøen etter 1999. I Skagerrak har vi registrert *P. avirostris* de siste seks årene, alltid i prøver fra slutten av august.

Etter 1988 har forekomsten av raudåte (*C. finmarchicus*) avtatt, mens utbredelsen av *C. helgolandicus* har økt. Raudåte gyter

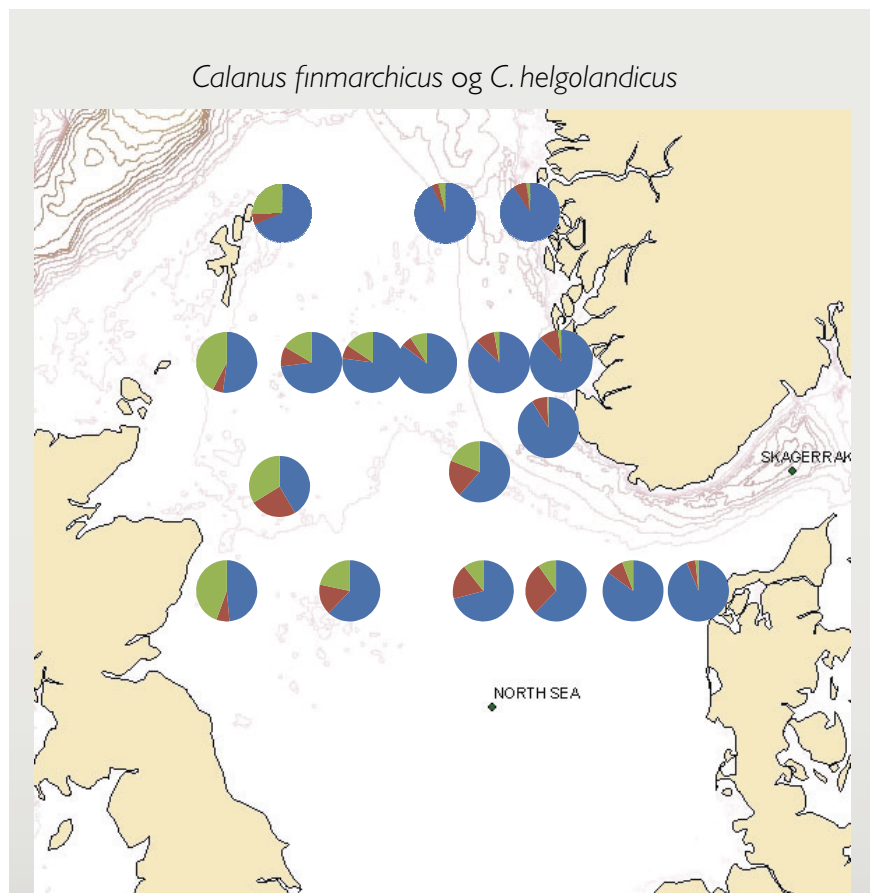
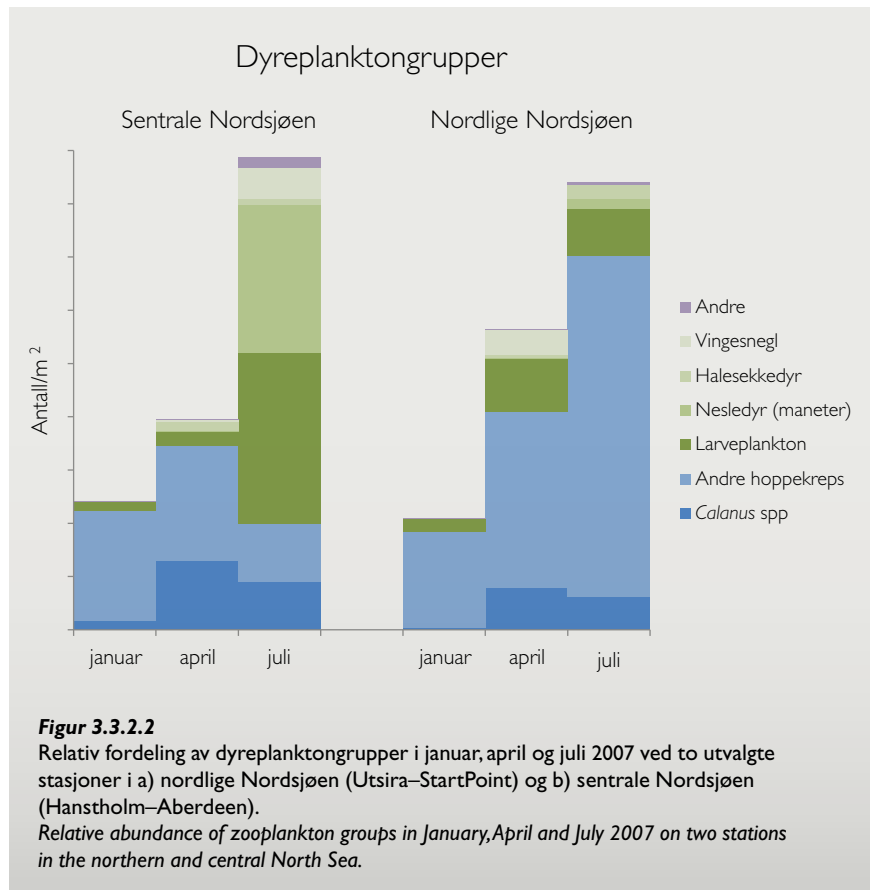




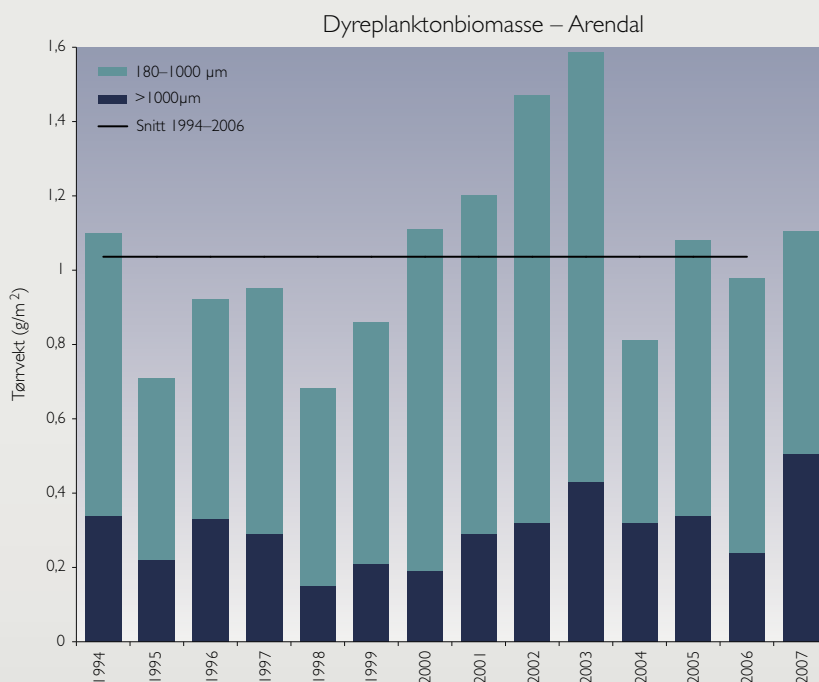
Foto: Tønie Casberg

Denne pigghudlarven driver med vannmassene og regnes derfor som plankton.

## Meroplankton – et splittet liv

Meroplankton (av gresk “mero”= delvis) lever som plankton kun deler av livet. Disse dyrene har et larvestadium som driver med vannmassene og derfor defineres som plankton, eller larveplankton. Som voksne går de over til et bunnlevende eller frittsvømmende liv. Larveplankton omfatter en rekke ulike dyregrupper som sjøstjerner, krabber, kråkeboller, skjell og de fleste fiskearter. Å leve som plankton i den tidlige livsfasen har en rekke fordeler, som for eksempel økt spredningsevne og økt næringstil-

gang. I perioder av året kan larveplankton utgjøre en stor del av dyreplanktonet og ha en viktig rolle i næringskjeden. I april 2007 var det mye bunnlevende larveformer (bløtdyr og pigghuder) i dyreplanktonet sentralt i Nordsjøen. De siste ti årene har man observert en økning i enkelte arter av larveplankton i dette havområdet samt en forskyving mot tidligere tidspunkt på året. Dette har sammenheng med økte havtemperaturer og kan gi andre dyreplanktonarter i Nordsjøen økt konkurranse om føden.



**Figur 3.3.2.4**  
Dyreplanktonbiomasse som gjennomsnittlig gram tørrvekt/m<sup>2</sup> i de øvre 50 m, fordelt på to størrelsesfraksjoner, 180–1000 µm og >1000 µm, for årene 1994–2007 på Arendal stasjon 2.

Zooplankton biomass as mean g dry weight/m<sup>2</sup> for the upper 50 m divided into two size fractions, 180–1000 µm and >1000 µm, for the years 1994–2007 at Arendal station 2.

tidig vår, slik at maksimumstettheten av kopepoder sammenfaller med tidspunktet for forekomsten av fiskelarver som beiter på disse. En større andel av dyreplanktonarter med senere gyttidspunkt (f.eks. *C. helgolandicus*) kan gi et misforhold mellom fiskelarver og deres byttedyr. Slike endringer i artssammensetting, størrelsesfordeling og produksjonssykluser i dyreplanktonet vil ha betydning for høyere ledd i næringskjeden.

### Zooplankton

Zooplankton is an essential link between the base of the food web and higher level consumers. Thus, the zooplankton monitoring programme provides information that improves our understanding of ecological processes in the North Sea. In 2007, the plankton monitoring in the North Sea and Skagerrak included sampling along three fixed transects (Utsira–Start Point, Hanstholm–Aberdeen and Torungen–Hirtshals), and one regional covering of Skagerrak and the central and northern areas of the North Sea. In April 2007, the average zooplankton biomass in the northern North Sea was dominated by the large herbivorous copepod *Calanus finmarchicus*, but with an increasing proportion of *C. helgolandicus* west- and southward in the area. The average biomass in coastal waters of Skagerrak in 2007 was close to the mean value for 1994–2005.