

2.3

Primær- og sekundærproduksjon

2.3.1 PRIMÆRPRODUKSJON (PLANTEPLANKTON)

Som i de to foregående årene startet våroppblomstringen i 2008 tidligere enn normalt både i de åpne havområdene og i kystvannet. Klorofyllmengden på stasjon M ved oppblomstringens maksimum var av de laveste som er målt siden overvåkingen startet i 1991. Det tyder på et sterkt beitepress fra dyreplanktonet.

Francisco Rey
francisco.rey@imr.no

Gjennom fotosyntesen omdanner planteplanktonet karbondioksid og solenergi til energi i form av organisk karbon. I de åpne havområdene er mikroskopiske alger de viktigste primærprodusentene. Planteplankton består hovedsakelig av encellede, frittflytende organismer. Det er føde for pelagiske dyr som for eksempel raudåte, men tilfører også karbon til organismer på bunnen.

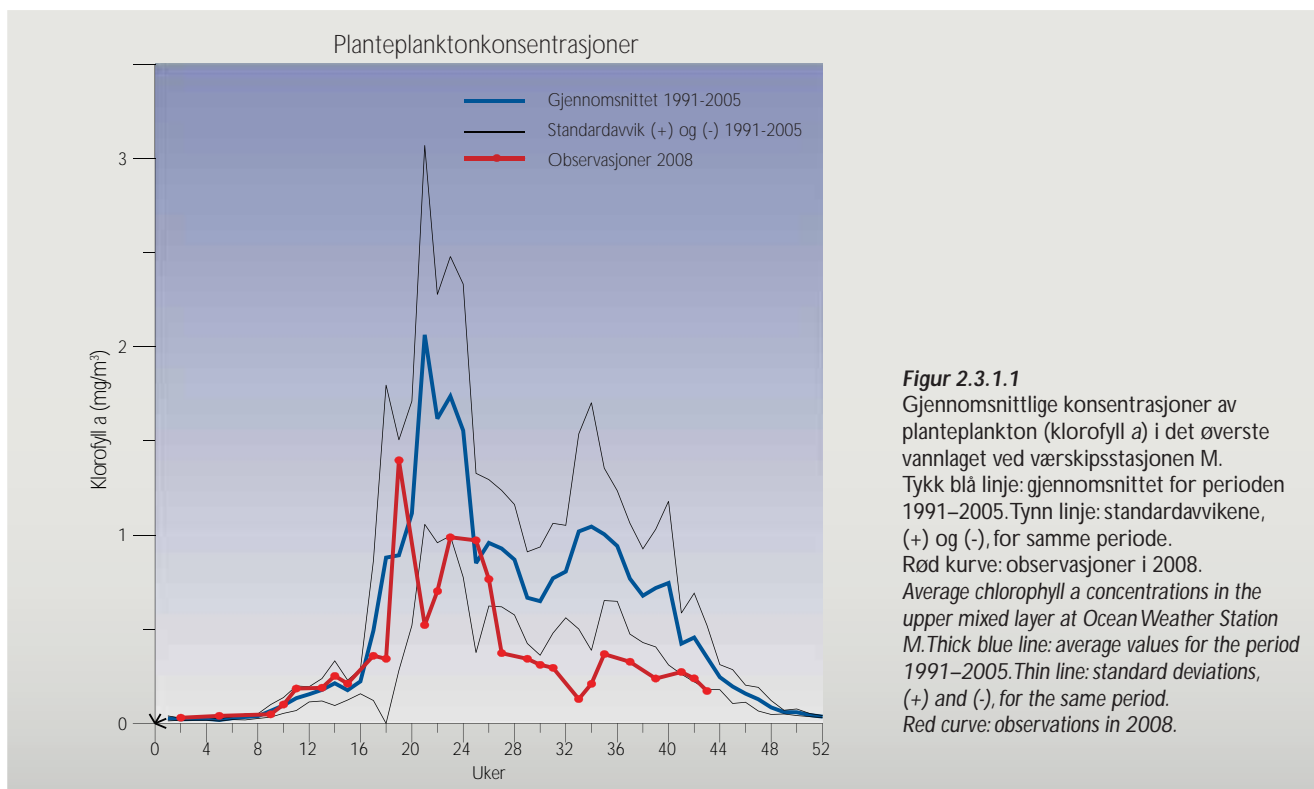
Planteplanktonproduksjon er avhengig av en rekke faktorer. Sollys og næringssalter som nitrogen, fosfat og silikat er viktige for veksten, akkurat som for planter på land. Vertikal stabilisering av vannmassene og dannelsen av overflatelag er viktig for at planteplanktonet skal kunne holde seg i de øvre vannlagene med tilstrekkelig lys. I overvåkingen av planteplankton benytter vi mengde (målt som klorofyll), artssammensetning og tetthet, samt konsentrasjonen av næringssalter (nitrogen og silikat). Overvåkingen i Norskehavet

pågår på Gimsøy- og Svinøysnittet, på tokt og ved værskipstasjonen M (figur 6.3.1).

Utviklingen i 2008

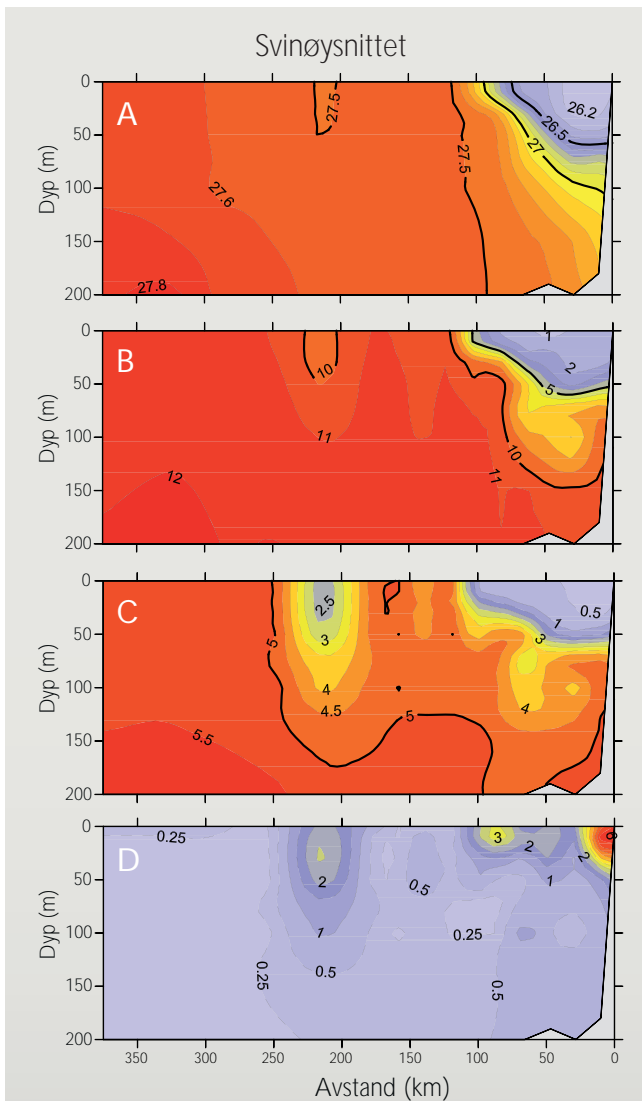
I løpet av året varierer planteplanktonet både i mengde og artssammensetning. Fra desember til slutten av februar er det lite planteplankton, hovedsakelig små flagellater. Tidlig i mars begynner vanligvis mengden å øke, noe som henger sammen med lengre dager og en viss stabilisering av vannmassene. Figur 2.3.1.1 viser mengde planteplankton i 2008 (uttrykt som klorofyll *a*) ved stasjon M. Frem til midten av april ble det registrert klorofyllkonsentrasjoner på høyde med gjennomsnittet for perioden 1991–2005.

Tidspunktet for våroppblomstringen varierer mellom områder og fra år til år. Den starter ved kysten, for så å forskyve seg ut i de åpne havområdene. Tidspunktet for våroppblomstringen henger sammen med stabiliseringen av vannsøylen. Ved stasjon M startet våroppblomstringen i 2008 tidlig i april og utviklet seg raskt mot et maksimum midt i april. Det var tidligere enn normalt, men med langt lavere klorofyll-



Figur 2.3.1.1

Gjennomsnittlige konsentrasjoner av planteplankton (klorofyll *a*) i det øverste vannlaget ved værskipstasjonen M. Tykk blå linje: gjennomsnittet for perioden 1991–2005. Tynn linje: standardavvikene, (+) og (-), for samme periode. Rød kurve: observasjoner i 2008. Average chlorophyll *a* concentrations in the upper mixed layer at Ocean Weather Station M. Thick blue line: average values for the period 1991–2005. Thin line: standard deviations, (+) and (-), for the same period. Red curve: observations in 2008.



Figur 2.3.1.2

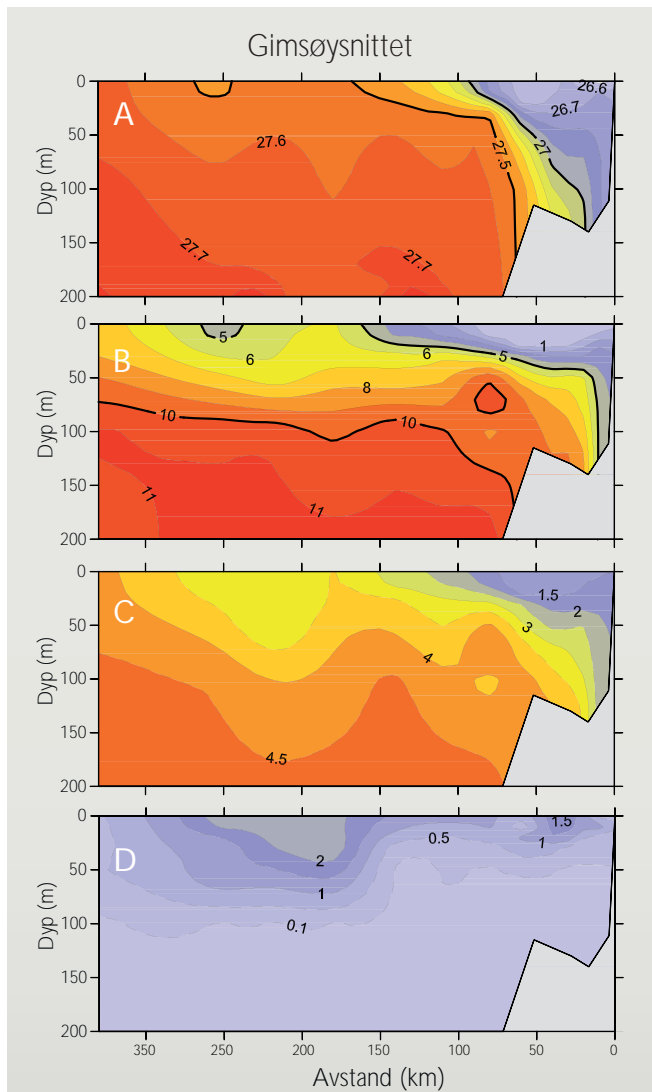
Svinøysnittet. Vertikal fordeling av vannets tetthet (A), nitrat (B), silikat (C) i de øverste 200 m og klorofyll a (D) i de øverste 100 m i april 2008.

The Svinøy transect. Vertical distribution of water density (A), nitrate (B), silicate (C) in the upper 200 m and chlorophyll a (D) in the upper 100 m, April 2008.

konsentrasjoner enn gjennomsnittet. Dessverre uteble prøvetakingen i to uker like etter det observerte maksimum, så videre oppblomstring kan ha funnet sted i denne perioden. Om sommeren og utover høsten var klorofyllkonsentrasjonene mye lavere enn normalt. 2008-målingene sett under ett kan tyde på at planteplanktonet ved stasjon M var utsatt for et stort beitepress fra dyreplanktonet helt fra tidlig på sesongen.

Figur 2.3.1.2 viser forholdene i de øverste 200 m ved Svinøysnittet i midten av april. Et kraftig skille mellom kystvannet

og det atlantiske vannet hadde ført til tidlig våroppblomstring i kystvannet. I april var næringssaltene i kystvannet allerede oppbrukt, og klorofyllmengden ser ut til å ha nådd maksimum. Den vertikale fordelingen av klorofyll, med kraftig maksimum nær overflaten over sokkelområdet, tyder på at våroppblomstringen var på sitt maksimum. I de vestlige delene av snittet, dominert av atlantisk vann, var oppblomstringen ikke kommet i gang. Unntaket var et begrenset område, hvor en ”lomme” med varmere vann (ikke vist) forårsaket en viss stratifisering¹ av vannet. Planteplank-



Figur 2.3.1.3

Gimsøysnittet. Vertikal fordeling av vannets tetthet (A), nitrat (B), silikat (C) i de øverste 200 m og klorofyll a (D) i de øverste 100 m i mai 2008.

The Gimsøy transect. Vertical distribution of water density (A), nitrate (B), silicate (C) in the upper 200 m and chlorophyll a (D) in the upper 100 m, May 2008.

tonsamfunnet her ser ut å være dominert av diatomeer² ut ifra de ekstremt lave silikatkonsentrasjonene i forhold til nitratkonsentrasjonene.

Figur 2.3.1.3 viser forholdene ved Gimsøysnittet i begynnelsen av mai. Våroppblomstringen i kystvannet var allerede over. Det bekreftes av lave klorofyllmengder og næringssaltkonsentrasjoner og en ganske sterk stratifisering. I det atlantiske vannet var våroppblomstringen i startfasen langs hele snittet bortsett fra i den vestlige enden.

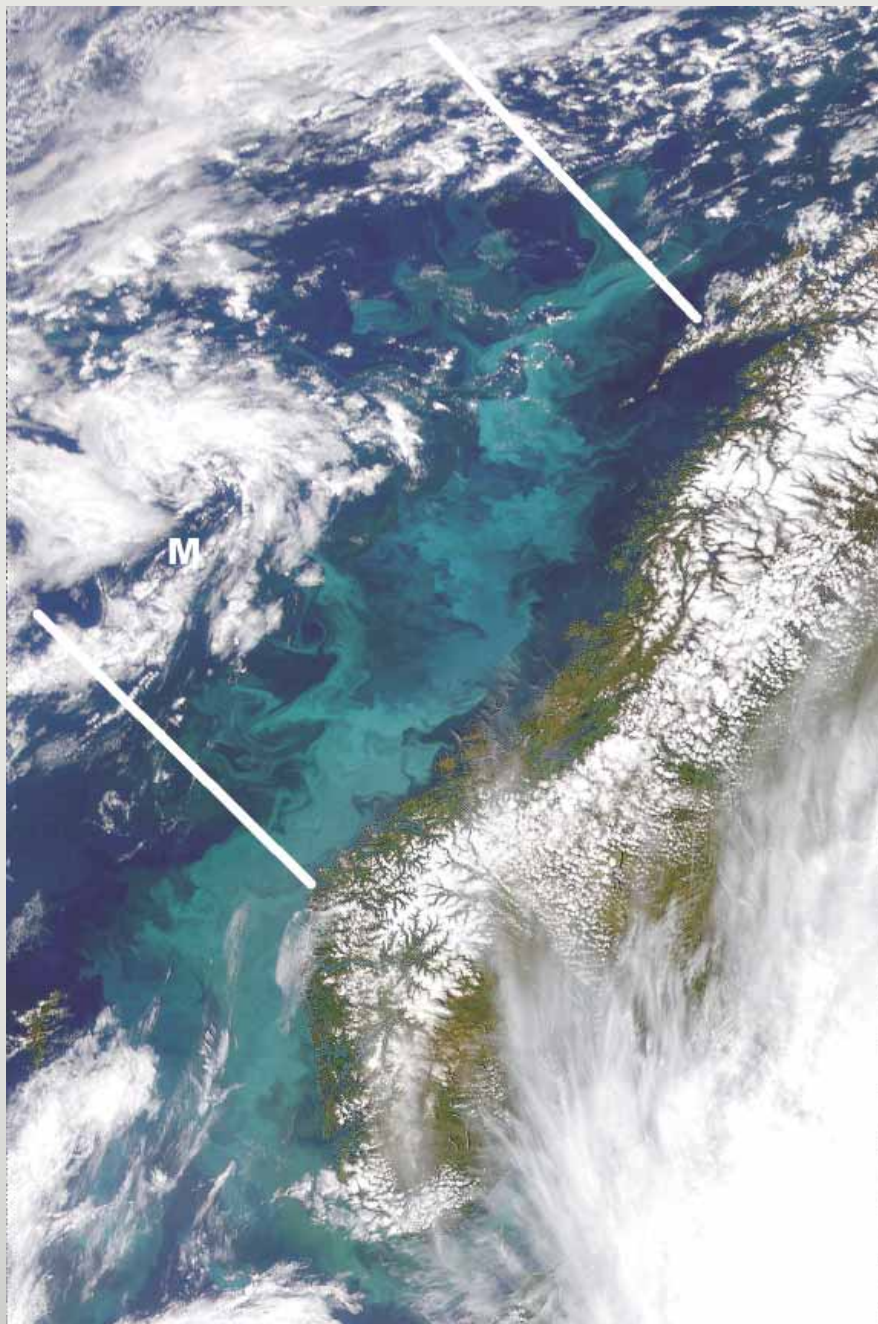
1) Stratifisering av vannet enten pga økning i temperatur eller lavere saltholdighet gjør at planteplanktonet blir ”holdt” i den øverste del av vannsøylen. Slik kan det utnytte lyset bedre og vokse fortere.

2) Diatomeer er alger som, i motsetning til andre alger, i tillegg til nitrat bruker silikat for å vokse. Når det er lite silikat og noe nitrat, er det diatomeene som dominerer planteplanktonsamfunnet. Begge næringssalter er tilgjengelig samtidig.

Figur 2.3.1.4

Kalkflagellaten *Emiliana huxleyi* er en vanlig planteplanktonart om sommeren i Norskehavet, særlig langs kysten. Kalkskjellene som sitter utenpå kroppen, reflekterer sollyset og gjør det enkelt å observere blomstringen av denne algen via satellittbilder. Posisjonen av Svinøysnittet, Gimsøysnittet og værskipsstasjon M er vist på figuren. (Bildet er tatt i juni 1998 av NASA)

The flagellate *Emiliana huxleyi* is a common component of the phytoplankton community during summer in the Norwegian Sea, especially along the coast. The calcium carbonate shells that cover their bodies reflect sunlight and make it easy to detect these blooms by satellite imagery. The position of the Svinøy section, the Gimsøy section and the weather station M is indicated. (Image courtesy of NASA, June 1998)



I Norskehavet er våroppblomstringen dominert av kiselalger. I de åpne havområdene er det hovedsakelig arter fra slektene *Chaetoceros* og *Thalassiosira* som er vanlige, mens det er en høyere andel *Skeletonema* nær kysten. Den kolonidannende flagellaten *Phaeocystis pouchetii* er også en viktig komponent i planteplanktonet om våren. Arten har oftest høyest tetthet i etterkant av våroppblomstringen i de sørligere delene, mens den kan forekomme sammen med kiselalgene i de nordlige områdene. En annen vanlig art om sommeren, særlig i kystvannet, er kalkflagellaten *Emiliana huxleyi*. Denne arten har de siste årene også spredt seg til Barentshavet. Blomstringen av arten er enkel å se i satellittbilder (figur 2.3.1.4).

Phytoplankton

The seasonal monitoring of phytoplankton and nutrients in the Norwegian Sea provides important information for a better understanding of the processes related to the energy flow upwards in the food-web. IMR carries out this monitoring at two oceanographic transects (Svinøy and Gimsøy), one regional coverage of the area in April–May, and weekly observations at the Ocean Weather Station M (OWSM). The spring bloom in the waters of the Norwegian Coastal Current in 2008 took place at the beginning of April at the

Svinøy transect about two weeks earlier than in 2007, while at the Gimsøy transect the bloom took place almost a month earlier than in 2007. In the Atlantic waters of both transects, the phytoplankton development showed the same pattern as in coastal waters, but with a relative delay of about two weeks. The observations at the OWSM, located in Atlantic waters, showed that the spring bloom developed about early April, and reached its peak at the middle of April. This is much earlier than the average for the period 1991–2005.

2.3.2 SEKUNDÆRPRODUKSJON (DYREPLANKTON)

Mengden dyreplankton i Norskehavet har gått ned de siste årene. Denne trenden fortsatte i 2008 og var spesielt fremtredende i de vestlige deler av havområdet. Innslaget av sørlige arter øker, og raudåtas nære slektning i Nord-sjøen, *Calanus helgolandicus*, dominerer i planktonet langs vestlandskysten deler av året. En økning av *C. helgolandicus* kan virke negativt på viktige fiskebestander dersom den skjer på bekostning av raudåta.

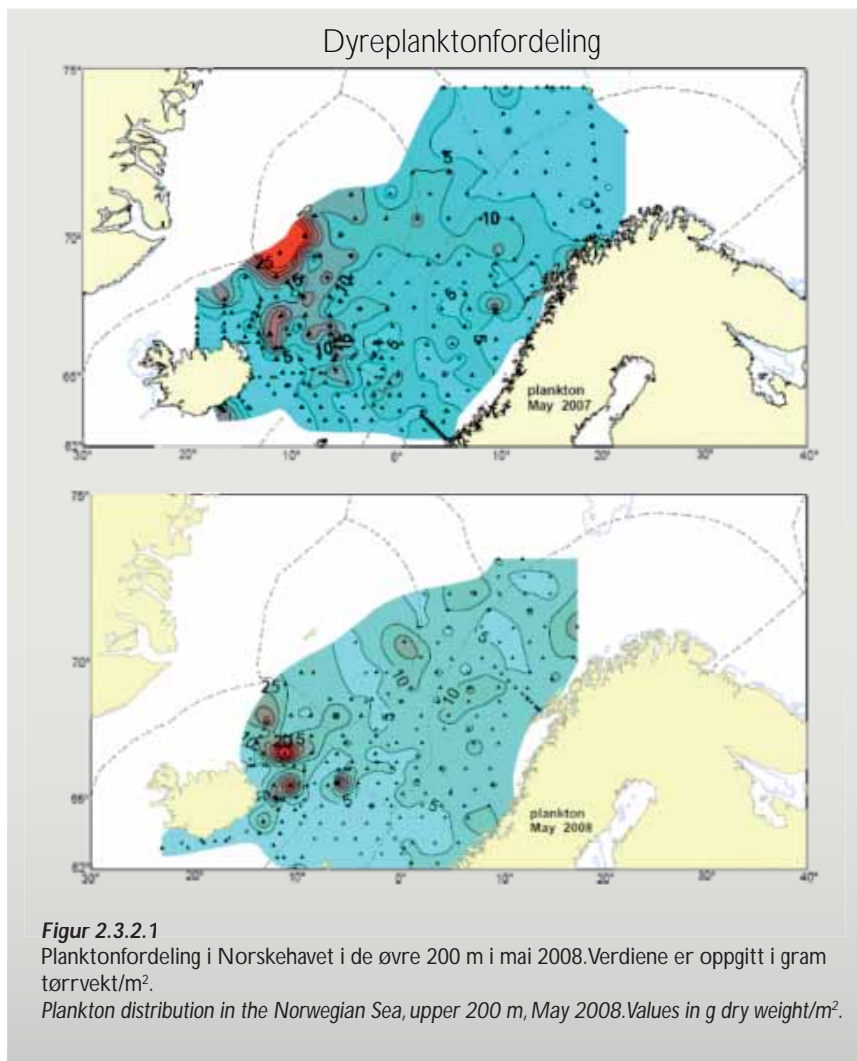
Bjørnar Ellertsen
bjornar.ellertsen@imr.no

Webjørn Melle
webjoern.melle@imr.no

Dyreplankton står for sekundærproduksjonen i havet. Det er det andre leddet i næringskjeden, hvor dyreplankton som krill og raudåte beiter på planteplankton. En del krill, amfipoder og andre planktonorganismer spiser også mindre dyreplankton. Det viktigste dyreplanktonet i Norskehavet er den vel 3 mm lange hoppekrepsen *Calanus finmarchicus*, raudåte.

Dyreplankton har et kort liv, og små arter kan ha flere generasjoner i løpet av en sesong.

Innsamling av dyreplankton i Norskehavet blir foretatt med en flerposet planktonhåv (MOCNESS) som trekkes på skrå fra bunnen eller 700 m til overflaten, og med en ordinær planktonhåv (WP-2) som trekkes loddrett fra 200 m. Disse relativt små redskapene fanger hovedsakelig mindre planktonorganismer, og i liten grad større organismer som krill (lyskreps) og amfipoder. Til de største planktonorganismene benyttes ulike krilltråler, den største har en åpning på 36 m². Disse brukes imidlertid ikke rutinemessig i overvåkingen ennå.



Figur 2.3.2.1
Planktonfordeling i Norskehavet i de øvre 200 m i mai 2008. Verdiene er oppgitt i gram tørrvekt/m².
Plankton distribution in the Norwegian Sea, upper 200 m, May 2008. Values in g dry weight/m².

Tabell 2.3.2.1

Gjennomsnittlig biomasse (g tørrvekt/m²) i Norskehavet mai 1997–2008.
Average biomass (g dry weight/m²) in the Norwegian Sea, May 1997–2008.

År	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Gj.snitt
Totalt areal, ca. 106 km ²	8,2	13,4	10,6	14,2	11,6	13,1	12,4	9,2	9,2	8,9	8,0	7,1	10,5
Område vest for 2°V	9,1	13,4	13,5	15,7	11,4	13,7	14,6	9,9	10,7	12,6	10,3	7,1	11,8
Område øst for 2°V	7,5	14,4	10,2	11,8	8,7	13,6	9,0	8,0	8,2	4,8	5,6	7,1	9,1

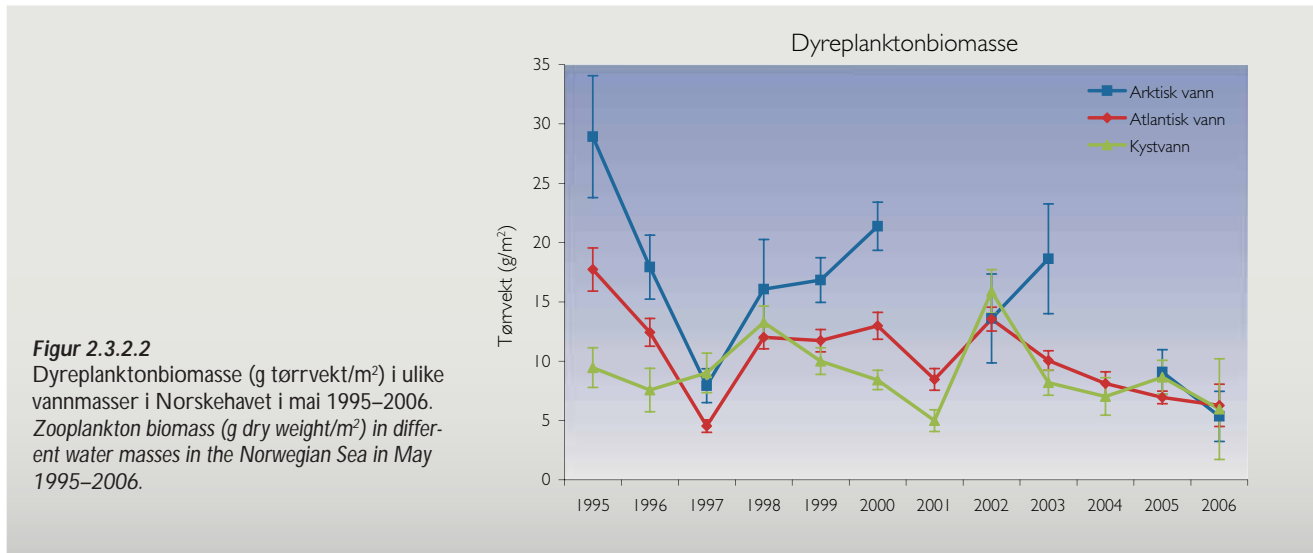
Planktonmengder

Dyreplanktonmengdene i store deler av Norskehavet måles med håv i de øvre 200 meterne. Dekningen i mai 2008 var omfattende, gjennomført med båter fra Færøyene, Island, Norge og Danmark (EU). Dekningen var noe mangelfull i de vestligste og nordvestligste delene av Norskehavet.

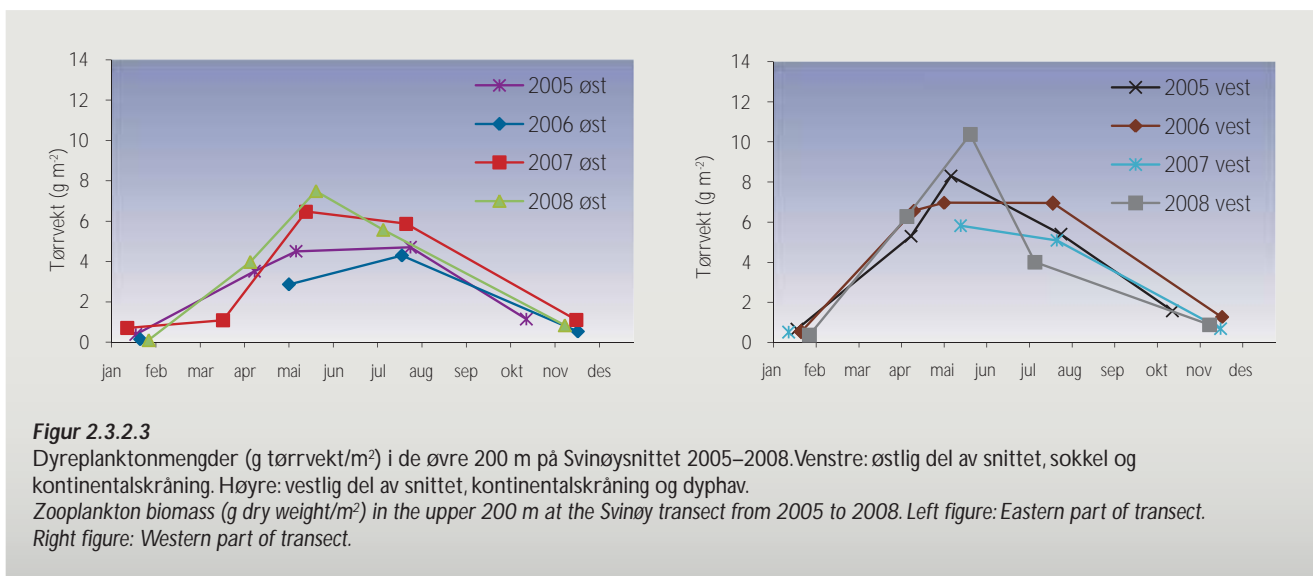
Gjennomsnittsbio massen for hele det undersøkte området har vist en nedadgående trend over flere år. I 2008 var planktonmengdene de laveste siden målingene startet i 1997. Som vanlig var planktonmengdene høyest i de kalde vannmassene mellom Island og Jan Mayen (figur 2.3.2.1). Tidligere har en også sett høyere biomasser langs Polarfronten i nordvest, men i 2008 ble dette området bare delvis undersøkt. I sentrale deler nord for 65°N var bio massen bare unntaksvis høyere enn 10 gram tørrvekt per kvadratmeter (g tørrvekt/m²).

Tabell 2.3.2.1 viser gjennomsnitt planktonmengde øst og vest for 2°V i mai. For begge områdene var mengdene lavere enn snittet for hele perioden 1997–2007. I forhold til foregående år var det en liten økning i den østlige delen og en nedgang i den vestlige delen.

Generelt var fordelingen av planktonet i Norskehavet i mai 2008 ganske lik den vi har observert tidligere; lave mengder i sentrale deler og større mengder i sørvest.



Figur 2.3.2.2
Dyreplanktonbiomasse (g tørrvekt/m²) i ulike vannmasser i Norskehavet i mai 1995–2006. Zooplankton biomass (g dry weight/m²) in different water masses in the Norwegian Sea in May 1995–2006.



Figur 2.3.2.3
Dyreplanktonmengder (g tørrvekt/m²) i de øvre 200 m på Svinøysnittet 2005–2008. Venstre: østlig del av snittet, sokkel og kontinentalskråning. Høyre: vestlig del av snittet, kontinentalskråning og dyphav. Zooplankton biomass (g dry weight/m²) in the upper 200 m at the Svinøy transect from 2005 to 2008. Left figure: Eastern part of transect. Right figure: Western part of transect.

Når mengdedataene presenteres har det vært vanlig å dele Norskehavet inn i tre vannmasser, hovedsakelig basert på saltholdighet og temperatur. Dette er viktig fordi produktionsforholdene er svært forskjellige i de ulike vannmassene. I øst har vannet en saltholdighet på under 35 og blir definert som norsk kystvann, i sentrale deler av Norskehavet er saltholdighetene over 35, og vannet blir definert som atlantisk. De kalde vannmassene i vest med saltholdighet under 35, defineres som arktisk.

Dyreplanktonmengdene har generelt vært høyest i arktisk vann og synes å følge samme endringsmønster som i atlantisk vann (figur 2.3.2.2). I kystvannet er endringene forskjellige fra det som observeres lenger vest. Det kan derfor se ut som om prosessene som styrer dyreplanktonutviklingen i de norske kystområdene, er forskjellige fra prosessene lenger ute i havet.

Variasjoner gjennom året

I tillegg til den omfattende dekingen i mai, har det i mange år vært gjennomført

en overvåking av dyreplanktonet på to snitt ut fra norskekysten. Planktonmengdene på Svinøysnittet (Møre og Romsdal) er alltid lave i januar fordi flere arter overvintrer i dypet og årets produksjon ennå ikke er begynt (figur 2.3.2.3), og varierer fra 0,05 til 1,5 g tørrvekt/m² mellom de ulike stasjonene langs snittet. En markant økning fant sted i april, og biomassen økte ytterligere i mai. Deretter fulgte en reduksjon i planktonmengdene i juli. I november var en tilbake til en vintersituasjon med svært lite plankton i de øvre 200 meterne. Raudåta, som vanligvis utgjør storparten av planktonet i biomasse, var på dette tidspunkt gått ned på større dyp for overvintring.

Økt innslag av sørlige arter langs kysten

I de senere årene har vi sporadisk observert forekomster av mer sørlige og varmekjære planktonorganismer sør i Norskehavet, men også lenger nord langs kysten. Dette kan skyldes temperaturøkning eller økt vanntransport sørfra. Sørlige hoppekreps som *Mesocalanus tenuicornis*, *Phaenna*

spinifera, *Euchaeta hebes* og *Scottocalanus securifrons* øker i antall og hyppighet. Vingesneglen *Cymbulia peroni* ble også observert flere ganger i 2008, den har ikke forekommet i prøvene våre tidligere.

Mens raudåta dominerer i Norskehavet, er innslaget av dens nære slektning *Calanus helgolandicus* mye større i Nordsjøen. I Nordsjøen er mengden raudåte redusert, og den relative forekomsten av *C. helgolandicus* øker. Det ser også ut til at det er en endring på gang i forhold til fordelingen av disse artene i Norskehavet. Artene er morfologisk svært like og kan lett forveksles. Prøver fra 1995 og fram til 2008 har derfor vært undersøkt på nytt kun med hensyn til *C. finmarchicus* og *C. helgolandicus*.

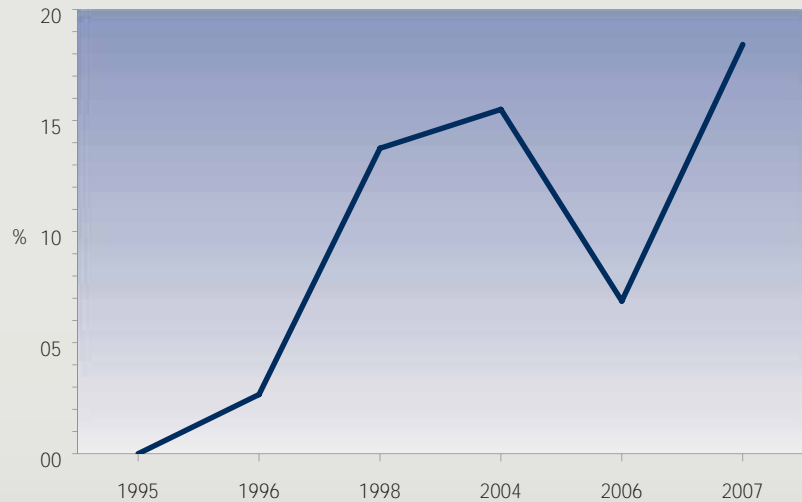
Prøvene fra Svinøysnittet i 1995 inneholdt ikke *C. helgolandicus*, mens prøver fra senere år viser en gradvis økning i den relative mengden av denne arten. Om våren og sommeren består opptil ca. 30 % av den samlede *Calanus*-mengden av den sørlige *C. helgolandicus*. Enda større er

det relative innslaget av *C. helgolandicus* om vinteren når hovedparten av raudåta befinner seg på dypt vann. Figur 2.3.2.4 viser den relative forekomsten av *C. helgolandicus* i snitt for vår og sommer innsamlingene. Siden *C. helgolandicus* driver inn i Norskehavet sørfra, delvis fra Nordsjøen, vil en forvente størst innslag av arten i de østligste delene av Norskehavet. Dette framgår også av figur 2.3.2.5 som viser forekomstene av raudåte og *C. helgolandicus* langs Svinøysnittet i januar 2007. *C. helgolandicus* dominerte på de østligste posisjonene (1–6) langs snittet, det vil si over kontinentalsokkelen.

Mens raudåta reproducerer hovedsakelig om våren, har *C. helgolandicus* sin gyteperiode senere på året. Dette medfører at de ulike utviklingsstadiene av disse artene forekommer til ulike tider. I den grad en får en økning av *C. helgolandicus* langs norskekysten kan dette få store konsekvenser for økosystemet. Det gjelder spesielt om økningen av *C. helgolandicus* går på bekostning av raudåta og *C. helgolandicus* opprettholder sin reproduksjon om høsten. Viktige fiskebestander som nordøstarktisk torsk og norsk vårgytende sild er avhengige av at larvene finner nok raudåtelarver (nauplier) i april–mai. Økningen av *C. helgolandicus* langs norskekysten og det relative forholdet mellom denne og raudåta vil derfor være gjenstand for spesiell interesse i årene framover.

Zooplankton

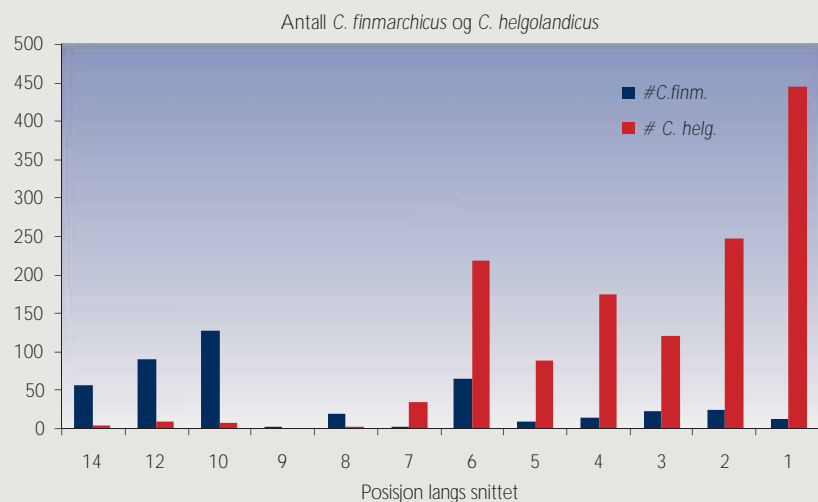
The zooplankton biomass in the Norwegian Sea continues to drop, especially in the western part of the ocean. For the total Norwegian Sea the biomass is the lowest since the measurements started in 1997. Plankton organisms uncommon to the Norwegian Sea are entering the area at an increasing rate. *Calanus helgolandicus*, the warm-temperate sibling-species of the Norwegian Sea copepod *C. finmarchicus*, is at times dominating along the southwestern coast of Norway. Any increase in the *C. helgolandicus* population at the expense of *C. finmarchicus* might have a detrimental effect on spring-spawning fish stocks if the fish larvae experience a reduction in food supply, i.e. larvae of *C. finmarchicus*.



Figur 2.3.2.4

Forekomst av *Calanus helgolandicus* (% av totalt antall *Calanus* spp.) på Svinøysnittet vår–sommer 1995–2007.

Occurrence of *C. helgolandicus* (% of total numbers of *Calanus* spp.) at the Svinøy transect spring–summer 1995–2007.



Figur 2.3.2.5

Forekomst av *Calanus finmarchicus* (raudåte) og *C. helgolandicus* langs Svinøysnittet i øvre 200 m i januar 2007.

Occurrence of *Calanus finmarchicus* and *C. helgolandicus* in the upper 200 m along the Svinøy transect in January 2007.