

1.3

Primær- og sekundærproduksjon

1.3.1 PRIMÆRPRODUKSJON (PLANTEPLANKTON)

Planteplankton er havets gress. I de store, åpne havområdene er mikroskopiske, encellede alger den viktigste primærprodusenten. Primærproduksjon er oppbyggingen av organisk karbon basert på uorganiske næringssalter (primært nitrogen og fosfat), karbondioksid og sollys gjennom fotosyntesen. Planteplanktonet beites av hoppekreps som igjen beites av fisk. På den måten fører planteplankton karbonet oppover i næringskjeden.

Lars-Johan Naustvoll
lars.johan.naustvoll@imr.no

Mona Kleiven
mona.kleiven@imr.no

Planteplanktonmengde og artssammensetning registreres på snittene Fugløya–Bjørnøya og Vardø–Nord, og i forbindelse med regionale dekninger av Barentshavet. De faste snittene gir informasjon om variasjoner gjennom året, mens de regionale undersøkelserne sier noe om den horisontale fordelingen i Barentshavet. Overvåkingen skal avdekke eventuelle endringer i tetthet og artssammensetning av planteplanktonet og eventuelle biomasseendringer målt som klorofyll *a*.

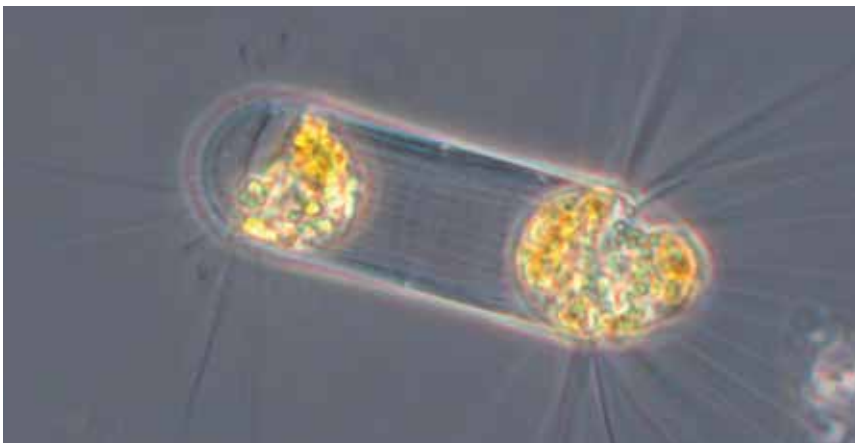
Planteplanktonets vekst er styrt av en rekke faktorer. De viktigste er tilgang på næringssalter, tilstrekkelig sollys og at de fysiske forholdene ligger til rette. Mikroalgene er avhengig av stabilitet i vannsøylen. Den holder algene i overflaten, hvor det er tilstrekkelig sollys til å opprettholde fotosyntese. I kystnære farvann er tilførsel av kystvann en viktig stabiliserende faktor, mens oppvarming er viktig i de åpne områdene. I de nordligste områdene vil issmelting være en viktig stabiliserende faktor. Dette er prosesser som skjer til ulik tid på ulike steder, og derfor starter ikke våroppblomstringen i Barentshavet til samme tid overalt. Når de fysiske forholdene ligger til rette, vil tilgangen på næringssalter, spesielt nitrogen og fosfat, være avgjørende for veksten og mengden av planteplankton. De ulike gruppene av planteplankton er tilpasset ulike næringssaltforhold. Samtidig påvirkes næringssaltforholdene

i stor grad av planteplanktonets forbruk. Endringer i næringssalttilgangen fører til andre vekstbetingelser for mikroalgene. Kiselalgene er i tillegg avhengig av silikat. Nitrogen, fosfat og silikat vil kunne styre mengden planteplankton og hvilke arter som er dominerende under gitte nærings-saltforhold.

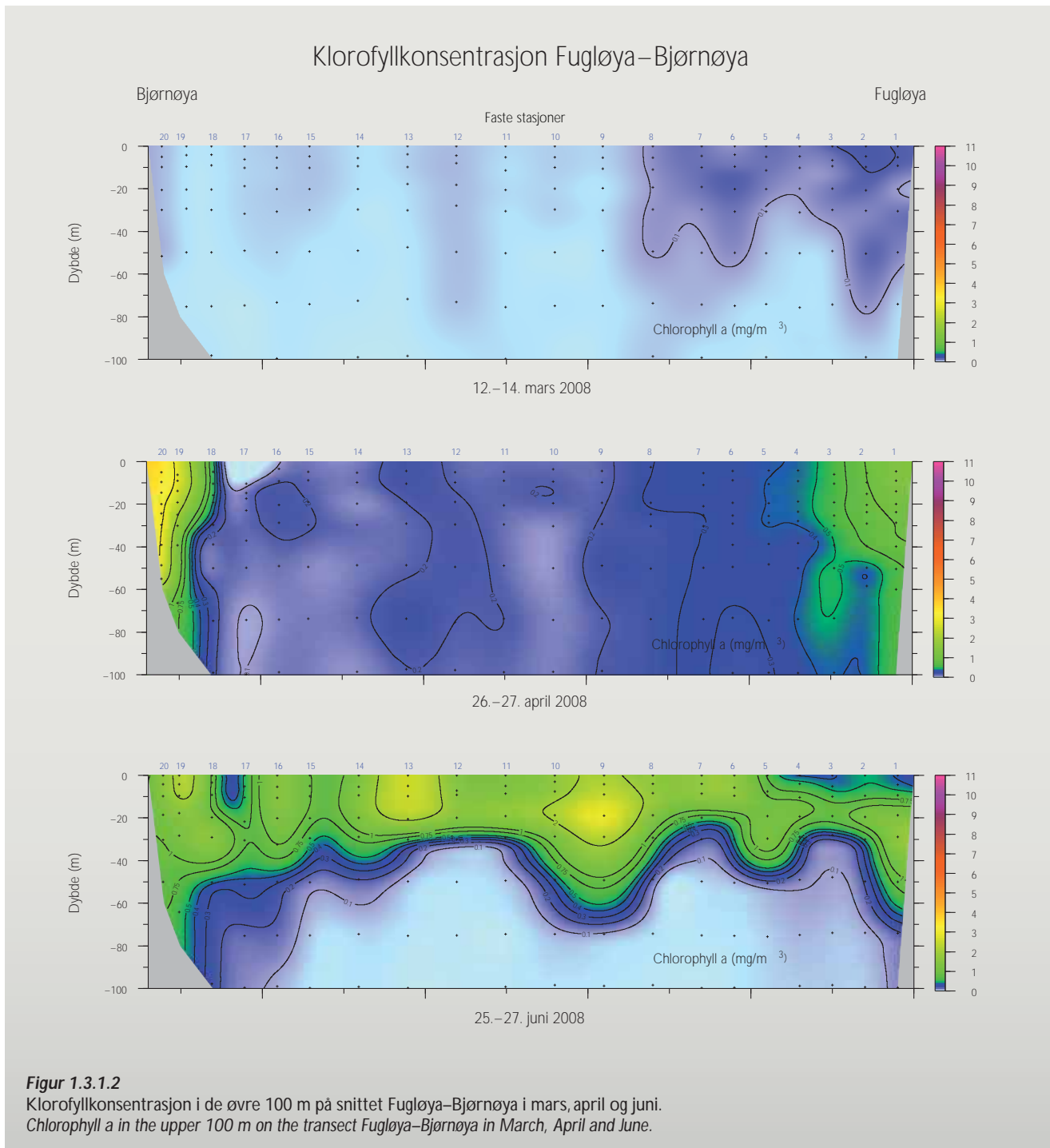
Endringer i planteplanktonet

Om vinteren er planteplanktonmengden i de åpne områdene lav helt frem til april/mai, med tilstedeværelse av små flagellater og kiselalger. Når de fysiske forholdene ligger til rette for en økning, i perioden april–mai, skjer det en dramatisk endring i mengden av planteplankton: våroppblomstringen. Oppblomstringen domineres av kiselalger, *Chaetoceros* og *Thalassiosira*, og i enkelte områder av den kolonidannende *Phaeocystis pouchetii*. Oppblomstringen fører til en kraftig reduksjon i næringssaltene, spesielt silikat. I etterkant vil det være arter som ikke er avhengig av silikat som fortsetter veksten. Ofte vil *Phaeocystis* være fremtredende i en periode etter våroppblomstringen. Utover sommeren er det en blanding av grupper og arter som dominerer. Små flagellater og fureflagellater er de mest fremtredende. I løpet av sommeren vil man kunne observere høyere tetthet av kiselalger på enkelte stasjoner, spesielt ved kysten. Det er andre arter enn de som forekommer på våren (*Leptocylindrus* sp., *Pseudo-nitzschia* spp., *Chaetoceros* spp.). Sommersituasjonen observeres til utpå høsten (september). Da blir stabiliteten redusert av økende vindstress, og mengden planteplankton avtar. Dette er en generell beskrivelse av planteplanktonsuksesjonen i Barentshavet. Bildet vil variere noe fra år til år. I de kystnære områdene vil man i tillegg registrere andre arter som er mer vanlig lenger sør (*Skeletonema costatum* og *Emiliania huxleyi*). I fjordene kan det på høsten forekomme lokalt økende mengder planteplankton, som så avtar igjen.

Figur 1.3.1.1
Kiselalgen *Corethron hystrix*.
The diatom *Corethron hystrix*.



En rekke forskjellige arter er registrert i Barentshavet: algegruppene kiselalger, fureflagellater og andre flagellater. Kiselalger er den dominerende gruppen. En rekke arter betegnes som ”typiske” for dette området. De registreres hvert år og vil være tallmessig dominerende. På grunn av havstrømmer vil man i perioder



og enkelte år observere arter som ikke er så regelmessige i Barentshavet.

Observasjoner i 2008

Det var ikke store avvik i suksjonen av planteplankton ved de faste snittene i 2008. Som ventet var det lite alger på snittene Fugløya–Bjørnøya og Vardø–N i mars, mens dekingen av Bjørnøya–Fugløya i slutten av april viste en økning i klorofyll *a*-verdiene (figur 1.3.1.2) med tilstedeværelse av kiselalger ved kystnære stasjoner. I juni ble de høyeste tetthetene registrert i sentrale deler av snittet Fugløya–Bjørnøya. Planteplanktonet var sammensatt av en blanding av små flagellater (blant annet *Phaeocystis*) og kiselalger (*Chaetoceros*

og *Thalassiosira*) ved enkelte stasjoner. På snittene Vardø–N i juli ble de høyeste tetthetene av planteplankton registrert på de midtre stasjoner, med lav tetthet i nord og sør. På snittet Vardø–N var mengden planteplankton jevnt fordelt i september. På Fugløya–Bjørnøya-snittet var planteplanktonmengden moderat i september, med økende mengder inn mot Fugløya. Ved Bjørnøya dominerte små flagellater, mens det ved Fugløya var en blanding av kiselalgen *Proboscia alata* og fireflagellaten *Ceratium tripos*. Ved de midtre stasjonene var kiselalgen *Corethron hystrix* fremtredende (figur 1.3.1.1). Dette er en art som er mer vanlig i Norskehavet.

Phytoplankton

In the Barents Sea, the monitoring of phytoplankton abundance and species composition is carried out on the transect Fugløya–Bjørnøya and Vardø–N, and during a regional covering of the area in the autumn. This monitoring programme gives important information for a better understanding of food web processes, effects of human activity, and changes due to climate changes. In 2008, the seasonal distribution of phytoplankton was more or less similar to what has been observed in earlier years.

1.3.2 SEKUNDÆRPRODUKSJON (DYREPLANKTON)

I 2008 ble det målt vesentlig mindre dyreplankton i Barentshavet i forhold til de to foregående årene. Det er nærliggende å anta at beitepresset fra lodda er ansvarlig for mye av denne reduksjonen. En annen medvirkende årsak kan være at siden dyreplanktonbestanden i Norskehavet har vært minkende de siste årene, har dette resultert i en redusert import av dyreplankton til Barentshavet.

Tor Knutsen
tor.knutsen@imr.no

Padmini Dalpadado
padmini.dalpadado@imr.no

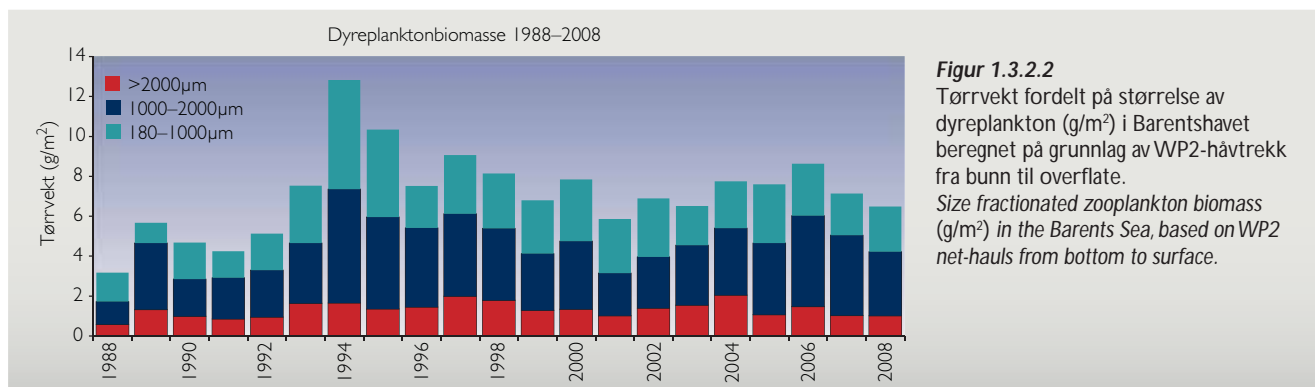
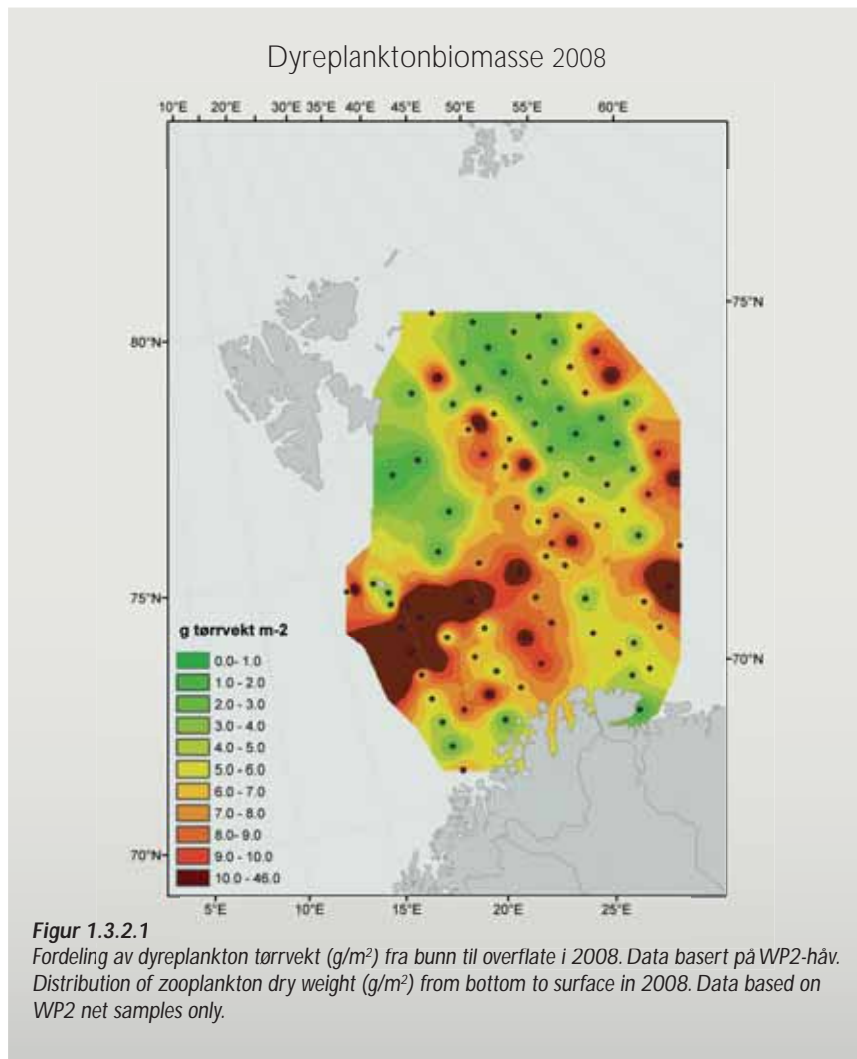
Havforskningsinstituttet har hatt regelmessig overvåking av mengde og artssammensetning av dyreplankton i Barentshavet siden 1986. Målingene foregår nå hovedsakelig under det store økosystemtoktet i august og september. 4–6 ganger i året overvåkes også et snitt mellom Fugløya og Bjørnøya (figur 6.3.1), som dekker

Barentshavets vestlige åpning, og Vardø–Nord-snippet i den sentrale delen av havområdet.

Figurene 1.3.2.2 og 1.3.2.1 viser henholdsvis utviklingen i gjennomsnittlig biomasse over de siste 20 år og horisontal fordeling av biomasse i 2008. I likhet med 2007 ble det i 2008 funnet mest plankton i vest og spredte forekomster fra nord til syd sentralt i det undersøkte området. Disse områdene er påvirket av innstrømmende varmt og planktonrikt atlantisk havsvann som vanligvis strekker seg nord- og østover inn i Bjørnøyrenna. Figur 1.3.2.2 viser lave forekomster av plankton nord-øst for Bjørnøya, et grunnområde som er påvirket av kaldt, arktisk vann. Tradisjonelt finner vi høye planktonverdier i den nordlige delen av det undersøkte området. Dette var ikke tilfelle i 2008, selv om det er observert noen stasjoner med høye planktonverdier, særlig mot russisk sone i øst. Nær norskekysten var mengden dyreplankton lav. Et karakteristisk trekk både for 2008 og 2007 er de svært lave dyreplanktonmengdene sentralt i Barentshavet, særlig knyttet til de store, grunne bankene og nærliggende områder.

Fordeling i vannmasser

Mengden og fordelingen av dyreplanktonet i Barentshavet er avhengig av en rekke faktorer. For eksempel er innstrømming av atlantisk vann viktig for å opprettholde en høy bestand av raudåte. Vannmassenes betydning for planktonmengden er vist i tabell 1.3.2.1. Som i 2007 var atlantisk vann også i 2008 det mest planktonrike, med tilnærmet identiske mengder begge år. Konsentrasjonene var klart lavere enn i 2006. Målinger langs kysten viser klart lavere planktonmengder her enn i atlantisk vann. I arktisk vann var planktonmengdene også noe lavere i 2008 sammenlignet med 2007, og altså betydelig lavere enn i 2006. Det kan tenkes at disse vannmasse-typene var mindre utbredt i 2007 sammenlignet med året før. Dekningen av området var også svakere i 2008 sammenlignet med 2007, noe som kan ha resultert i færre





Dyreplankton er en samlebetegnelse på mange ulike virvelløse dyr som i hele eller av deler av livssyklus befinner seg i de frie vannmassene. På bildet ser vi noen representanter fra gruppen krepsdyr: hoppekreps, amfipoder, muslingkreps, reker og krill. Dessuten ser vi en liten ribbemanet og flere pilormer. Flere av disse artene er rovdyr som beiter på andre dyr, mens andre, f.eks. raudåte, har planktonalger som hovedføde. Bildet er tatt med en spesiell skanner (Zooscan) som benyttes for å telle, identifisere og størrelsesmåle dyreplanktonet.

stasjoner for flere av vannmasstypene gitt i tabell 1.3.2.1. Mengden dyreplankton i polarfrontvann var på samme nivå i 2008 og i 2007.

Beitepress

Raudåta lever hovedsakelig av planteplankton, og det er viktig at våroppblomstringen sammenfaller med oppveksten av årets nye generasjon. Store bestander av planktonspisende fiskearter og masseutbredelse av maneter vil også kunne påvirke bestandene av dyreplankton.

Barentshavet er oppvekstområde for flere kommersielle fiskearter som lever av dyreplankton, for eksempel ungsild og yngel av lodde, torsk, hyse, sei og uer. I 2008 ble det imidlertid observert en nedgang i mengden yngel/ungfisk. Unntaket var lodde, som økte kraftig, og gapeflyndre og torsk, som viste de høyeste mengdeindeksene målt siden 1995 og 1998. Sammen med loddebestandens totale størrelse betyr dette en betydelig beiting på dyreplanktonet i Barentshavet sammenlignet med foregående år. I 2007 og 2008 ble det målt en

gjennomsnittlig dyreplanktonbiomasse på henholdsvis 7,13 og 6,48 g tørrvekt/m². Det er en vesentlig reduksjon i forhold til 2006, hvor gjennomsnittlig biomasse var 8,63 g tørrvekt/m² (se figur 1.3.2.1 og 1.3.2.2).

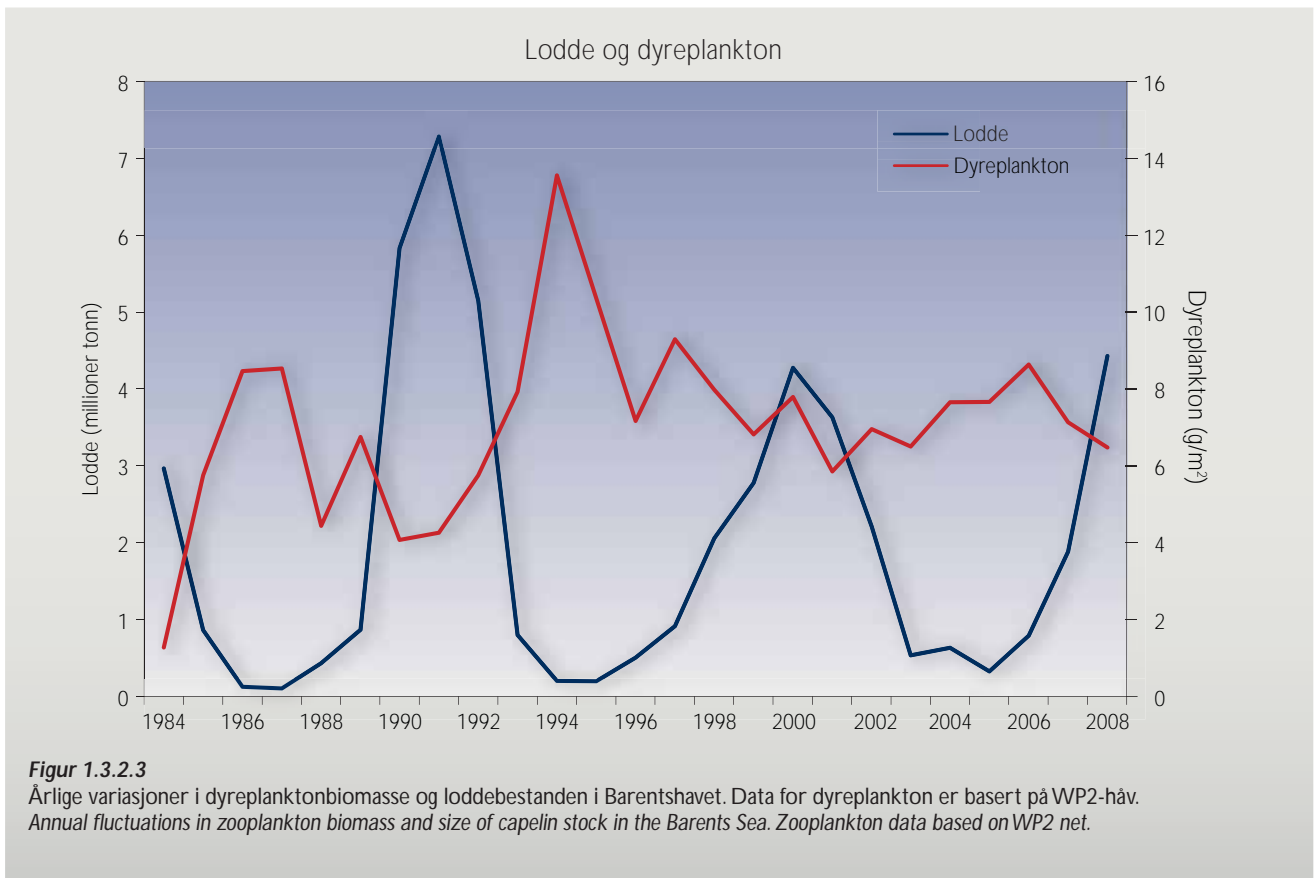
Jo høyere overvintringsbestanden av dyreplankton er, jo større produksjon av egg og larver kan ventes året etter, hvis forholdene ellers ligger til rette. Dyreplanktonbestanden i Norskehavet har vist

en avtagende tendens over flere år, i 2008 faktisk den laveste observert siden 1997. Det er vanskelig å fastslå direkte om det er en sammenheng mellom endringene som er observert i Norskehavet og det som skjer i deler av Barentshavet. Men det kan synes som om utgangspunktet for import av dyreplankton fra Norskehavet og for lokal produksjon i Barentshavet blir langt svakere i 2009 enn det som var antatt for 2008.

Tabell 1.3.2.1

Dyreplankton tørrvekt (g/m²) fordelt på vannmasstyper i 2008. Data kun basert på WP2-håv. Zooplankton dry weight (g/m²) in different water masses in 2008. Data from WP2 net only.

Vannmasse	Antall stasjoner	Gjennomsnittlig tørrvekt	Standardavvik
Nordatlantisk vann	41	8,5	7,0
Kystvann	3	3,9	2,6
Kyst-/nordatlantisk vann	8	6,0	2,3
Arktisk vann	6	4,5	3,5
Polarfront vann	39	5,1	4,8



Dominerende arter

Økologisk sett har raudåta (*Calanus finmarchicus*) en nøkkelrolle i Barentshavet. Den 3–4 mm lange hoppekrepsen er i hovedsak knyttet til atlantisk vann. I de største konsentrasjonene kan den utgjøre opptil 80–90 prosent av den samlede biomassen av dyreplankton i havområdet. To nærstående arter er *Calanus glacialis* og *Calanus hyperboreus* som man finner i arktiske eller kalde blandingsvannmasser.

Metridia longa er vanlig i Barentshavet, men ikke i masseforekomster. Den store amfipoden *Themisto libellula* kan forekomme i betydelige mengder i de nordlige områdene, mens den noe mindre *T. abyssorum* har en mer spredt utbredelse i atlantiske vannmasser. Krill hører også med til de større planktonartene som bidrar mye til biomassen. Storkrill, *Meganyctiphanes norvegica*, er viktigst i den vestre og varmere delen av Barentshavet. Den noe

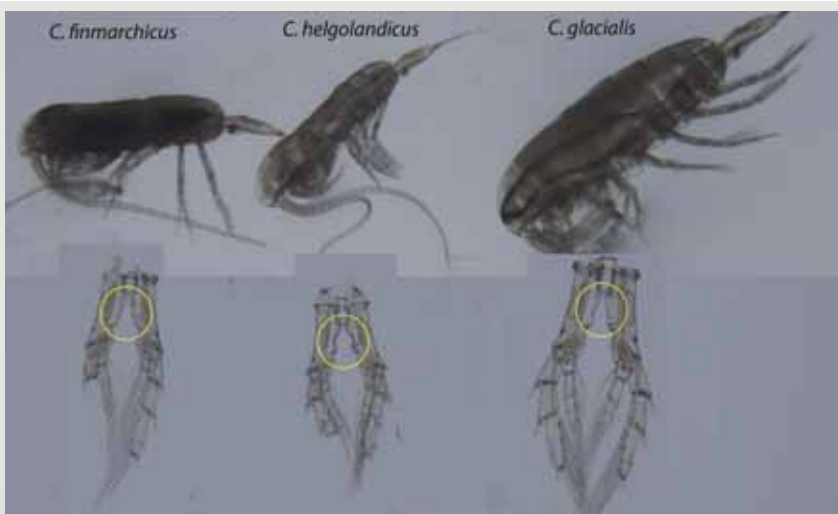
mindre *Thysanoessa inermis* er tallrik i de sentrale og sørlige delene av havområdet. Alle disse artene har stor betydning som føde for planktonspisende fisk.

Lodde – en viktig predator

For å bedre forståelsen av forholdet mellom mengden dyreplankton og pelagisk fisk ble prosjektet ”Trofiske interaksjoner og artsmangfold i Barentshavet” igangsatt i 2005. Arbeidet er et viktig ledd for å styrke koordineringen mellom Havforskningsinstituttet og det russiske havforskningsinstituttet PINRO. I 2007 ble norske og russiske data for dietten til planktonspisende fisk i Barentshavet samkjørt for første gang. Disse resultatene ble presentert i felles rapporter i 2008.

Lodde er en meget viktig del av føden til torsk, og det er kjent at mengden av lodde spist påvirker veksten hos torsk. Lodde er på sin side en av de største predatorerne på dyreplankton og har vesentlig innvirkning på dyreplanktonbestanden, spesielt i år hvor loddebestanden er høy (figur 1.3.2.3). Den betydelige økningen i loddebestanden vi har sett fra 2006 til 2008 og reduksjonen i dyreplanktonbiomasse synes å understreke denne sammenhengen. Resultater fra mageundersøkelser viser at kopepoder (*Calanus*) og krill er loddas viktigste byttedyr i sentrale deler av Barentshavet. I kaldere vann utgjør *C. glacialis* sammen med *C. finmarchicus* en stor del av dietten. Av krillartene synes det

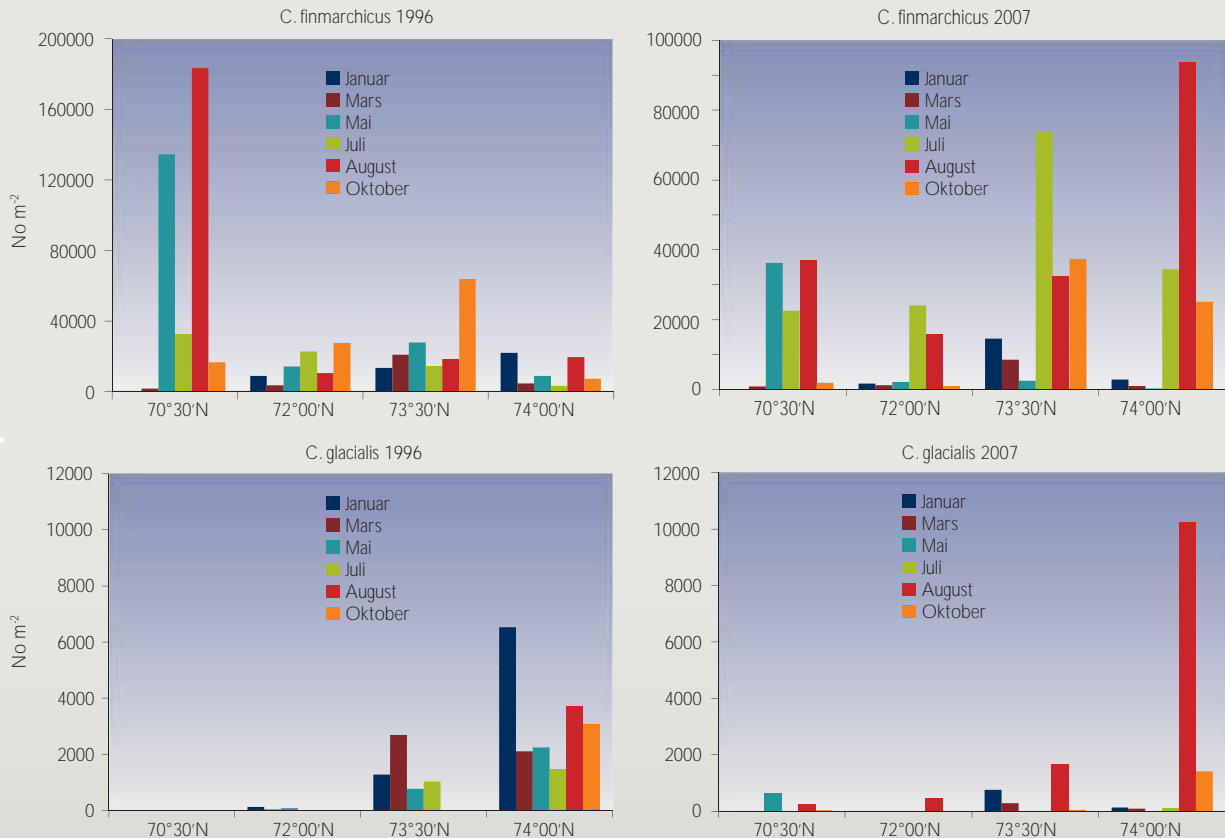
Foto: Signe Johannessen og Laura Rey



Figur 1.3.2.4

Hunner av de tre *Calanus*-artene med karakteristika som finnes på indre del av 5. beinpar (P5) innringet i gult.

Females of the three *Calanus* species and the characteristics of the inner part of their 5th swimming legs (P5) in yellow.



Figur 1.3.2.5

Forekomsten av kopepoder på Fugløya–Bjørnøya-snittet i 1996 og 2007. I noen tilfeller der stasjoner manglet ble i stedet nærmeste stasjon brukt i analysene.

Copepod abundance along the transect Fugløya–Bjørnøya in 1996 and 2007. On a few occasions, when data from a station was missing at a particular position, the nearest station was analyzed.

som det er *T. inermis* som er den viktigste, og i noen av loddemagene har vi observert mer enn 20 krill av størrelse 15–25 mm.

Calanus i et kaldt og et varmt år

Stasjonene på Fugløya–Bjørnøya (FB)-snittet har i hovedsak blitt tatt i faste posisjoner hvert år siden 1979, men dekingen kan variere fra fem til åtte stasjoner avhengig av værforhold og tilgjengelig tokttid. Vi har valgt ut fire stasjoner fra FB-snittet i 1996 (kaldt år) og 2007 (varmt år), for å sammenligne hvordan situasjonen for denne slekten er når havklimaet er vesentlig forskjellig. Stasjonene er lokalisert til forskjellige typer vannmasser (kyst, atlantisk og blandet atlantisk/arktisk). I denne rapporten presenterer vi artssammensetningen for de to tradisjonelt forekommende *Calanus*-artene, *C. finmarchicus* og *C. glacialis*. I tillegg til dette har vi undersøkt forekomsten av *C. helgolandicus* i prøver fra mars og august 1996 og 2007. *Calanus helgolandicus* er svært lik *C. finmarchicus* både av utseende og størrelse (figur 1.3.2.4), men kan for voksne individer og CV skilles ved hjelp av kurvaturen på femte beinpar (P5). *Calanus helgolandicus* har en mer sørlig utbredelse (relatert til varmere vann) og

en annen gyteperiode. Denne arten har de siste årene blitt observert stadig oftere i Nordsjøen og i de sørlige delene av Norskehavet (Svinøysnittet). Med varmere forhold i havet er *C. helgolandicus* ventet å spre seg med atlantehavsvann og kyststrømmene inn i mer nordlige havområder. Et av hovedmålene i dette prosjektet er å undersøke virkningene av klimaforhold på artssammensetningen hos dyreplankton og å studere hvordan dette kan virke inn på høyere ledd i næringskjeden.

Av de to *Calanus*-artene, er *C. finmarchicus* den mest dominerende med en forekomst på nær 180 000 individer m⁻² i august 1996. Selv om man skulle vente at forekomsten av *C. finmarchicus* økte i 2007 sammenlignet med 1996 på grunn av varmere vann, var dette ikke tydelig i resultatene, særlig på den kystnære stasjonen. De høye forekomstene som ble observert nær kysten kan være et resultat av stor import eller lokal produksjon i mai til august dette året.

Utviklingen av *C. finmarchicus* i den vestlige delen av Barentshavet starter i mars–april nær kysten og brer seg med tiden i en nordlig retning langs FB-snittet (figur

1.3.2.5). Som ventet var den gjennomsnittlige forekomsten av kaldtvannsarten *C. glacialis* noe høyere i det kjølige året 1996 (gjennomsnittet 4200 individer m⁻²) i forhold til det varme året 2007 (gjennomsnittet 2700 individer m⁻²). Forekomsten av *C. glacialis* var hele tiden ganske lav i kyst- og atlantehavsvann (70°30' og 72°N). De høyeste forekomstene var på stasjonene nærmest Bjørnøya i blandet atlantisk/arktisk vann.

Prøver fra åtte stasjoner i mars og august 1996 og 2007 ble undersøkt for å skille *C. helgolandicus* fra *C. finmarchicus*. Kun svært få individer av *C. helgolandicus* ble funnet disse årene, men noen flere i 2007 enn i 1996. Disse resultatene antyder at spredningen av denne sørlige varmtvannsarten ennå ikke har nådd Barentshavet i særlig grad slik man for eksempel ser i Nordsjøen. Arbeidet med disse spørsmålene kommer til å fortsette i årene fremover. Vi vil i særskilt grad analysere historiske prøver. De skal danne basis for fremtidige sammenligninger. Arbeidet vil bli gjennomført i samarbeid med planktonundersøkelsene i Nordsjøen og Norskehavet.



Foto: Signe Johannessen

Krillen *Nematoscellis megalops* er en art som i en årrekke er observert regelmessig i atlantiske vannmasser langs norskekysten. Hyppigheten av slike observasjoner har tiltatt de siste ti årene. En rekke eksemplarer er også regelmessig funnet i Barentshavet i denne perioden, sannsynligvis i større antall enn tidligere. Arten er en indikator på atlantiske vannmasser, og eksemplaret vist på bildet er fanget i tilknytning til varmere vannmasser i Norskehavet. Et særlig interessant aspekt ved denne arten er at den er én av et fåtall krillararter som ikke gyter eggene fritt i vannmassene, men bærer dem i en sekk under fremkroppen, hvor eggene også klekkes.

Zooplankton

The average zooplankton biomass measured in August–September 2008 is below the long-term mean and has dropped significantly compared to 2007 and 2006. Atlantic water masses contain the highest biomass, stressing the importance of advective transport of zooplankton from the Norwegian Sea and the favourable higher temperatures in these waters that influence the central western part of the Barents Sea considerably. The average zooplankton abundance in 2008 and the considerable decline observed since 2006 suggest that the condition for local production is less favourable for 2009. The total production will probably depend largely on the magnitude of zooplankton advection from the Norwegian Sea, although it should be noticed that the abundance here has been declining over several years, and was for 2008 the lowest recorded since 1997. How-

ever, the increase in the capelin stock from 2006 to 2008 (from less than 1 to about 4.4 million tonnes) is probably the main factor causing the drop in average zooplankton biomass. Other plankton consumers like herring, juvenile cod, haddock and redfish are also important predators that will influence zooplankton biomass, although in 2008 their abundance were reduced compared to 2007, except for 0-group capelin and cod. Species such as blue whiting and sandeel were less important in the Barents Sea in 2008 compared to previous years. Hence, the predation pressure on zooplankton from many 0-group plankton consumers has most likely been reduced. Gelatinous zooplankton like medusa and ctenophores are also important predators on zooplankton in the Barents Sea, but their quantitative assessment has not yet been undertaken for 2008.