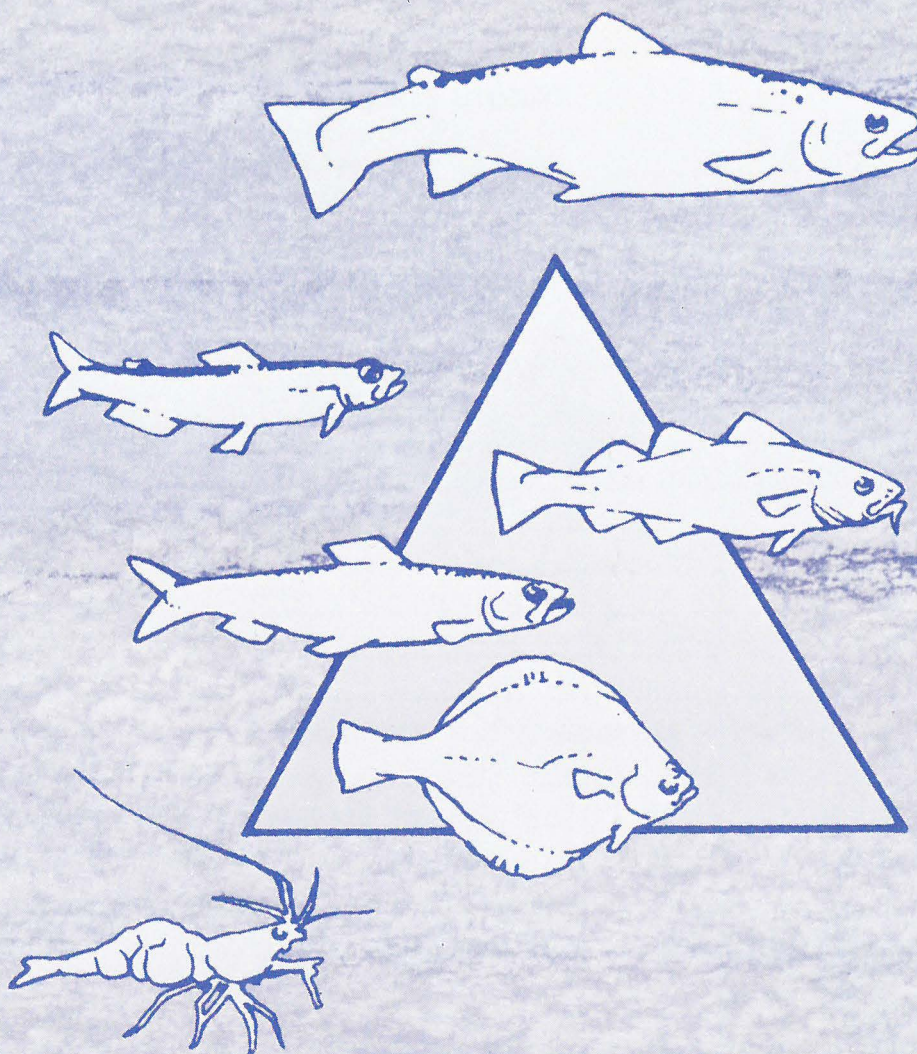


Nr.1/1991/HSM

Fiskeridirektoratet
Biblioteket

Næringsforholdene for lodde og sild i Barentshavet

Hein Rune Skjoldal og Arne Hassel



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

SENTER FOR MARINT MILJØ

Sluttrapport

for prosjektet NFFR-nr. 701.155

"Næringsforholdene for lodde og sild i Barentshavet", 1986-89

Hein Rune Skjoldal og Arne Hassel

Senter for marint miljø
Havforskningsinstituttet

INNHOLD:

| | side |
|---|------|
| Bakgrunn | 2 |
| Målsetning | 2 |
| Konseptuell modell | 3 |
| Gjennomføring | 4 |
| Personell og kostnader | 7 |
| Rapportering | 8 |
| Oppsummering av resultater | 11 |
| Delprosjekt 1: Planteplankton - dyreplankton - beiting | 11 |
| Delprosjekt 2: Krill | 17 |
| Delprosjekt 3: Næringskonkurranse lodde - sild | 20 |
| Status i forhold til målsetning | 22 |
| Oppfølging og videre planer | 23 |
| Takk | 24 |

BAKGRUNN

Det foreliggende prosjekt representerer en foreløpig avslutning av 11 års forskning på planktonproduksjonen og loddas næringsforhold i Barentshavet. Under høstloppetoktene i 1970-årene ble det observert at loddas utbredelse stoppet et stykke fra iskanten og at det syntes å være en økt mengde dyreplankton mellom lodda og iskanten. Som arbeidshypotese ble det antatt at det var en produksjonsprosess som fulgte den tilbaketrekende iskant, og at lodda på sin nordlige næringsvandring ernærte seg på denne produksjonen.

I 1979 startet Havforskningsinstituttet prosjektet "Lodda på sommerbeite". Dette prosjektet ble støttet av NFFR fra 1980 til 1982. Undersøkelsene ble fulgt opp gjennom prosjektet "Loddas næringsforhold ved iskanten" i perioden fra 1983 til 1985. Fra 1984 ble dette prosjektet en del av forskningsprogrammet PRO MARE. Undersøkelsene ble videreført i det foreliggende prosjekt (1986-1989) i PRO MARE's siste 3-års periode.

Prosjektet har vært organisert i 3 delprosjekter:

1. Planteplankton - dyreplankton - beiting
2. Krill
3. Næringskonkurransen lodde - sild

MÅLSETNING

Målsetningen for de forutgående prosjektene, "Lodda på sommerbeite" og "Næringsforholdene for lodde ved iskanten", var å oppnå en bedre forståelse av loddas plass i det økologiske system i Barentshavet med det praktiske siktemål å kunne gi **prognoser for loddas vekst**. Undersøkelsene var i stor grad knyttet til hvilken betydning den **tilbaketrekende iskant** har for primær- og sekundærproduksjonen og for loddas næringsforhold på dens årlige næringsvandring.

Resultatene fra de to forutgående prosjektene viste at storstilte prosesser som beiting av lodde på dyreplankton og transport av dyreplankton med innstrømmende vann var av stor betydning for sekundærproduksjonen i Barentshavet. Vekslingen fra en kald til en varm klimaperiode rundt 1982

førte til sterke årsklasser av sild og torsk, og det var ventet at dette ville medføre en forandring i det økologiske system i Barentshavet. Disse forhold gjorde at vi ved formuleringen av det nåværende prosjekt la større vekt på stor-skala prosesser og forhold i Barentshavet. Hovedmålsetningen var å få en bedre forståelse av planktonproduksjonen under ulike fysiske og biologiske forhold. Siktemålet var å fremskaffe generaliserbar viten som kan danne grunnlag for horisontalfordelte planktonmodeller. Disse vil igjen være et viktig bidrag til arbeidet med flerbestandsmodellen for Barentshavet. I prosjektbeskrivelsen er problemstillingene og målsetningen videre utdypet og det ble lagt særlig vekt på å klarlegge den mulige næringsinteraksjonen mellom lodde og sild, samt betydningen av krill i økosystemet.

KONSEPTUELL MODELL

Deler av prosjektets arbeid har vært konsentrert omkring en konseptuell modell for den tilbaketrekkende iskanten og tidsutviklingen i det pelagiske økosystemet i Barentshavet. Denne modellen ble beskrevet i prosjektoverbygningen "Pelagisk økosystem-analyse av det nordlige Barentshavet" i 1983 og har dannet en grunnstamme for mye av arbeidet innen mange av prosjektene i PRO MARE.

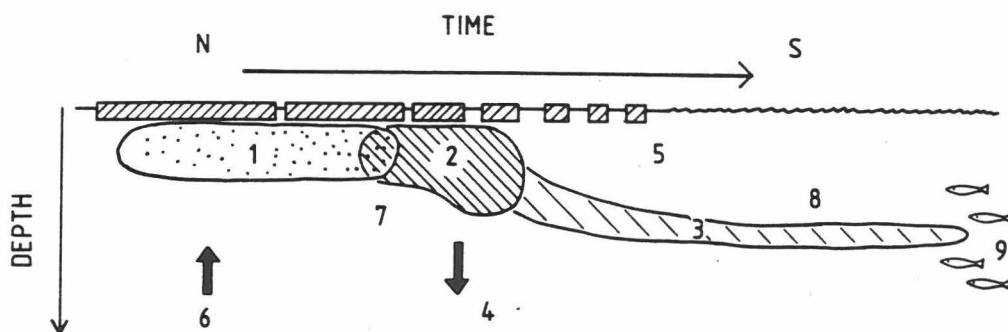


Fig. 1. Skjematisk fremstilling av planktonutviklingen i Barentshavet. Ved den tilbaketrekkende iskanten starter en biologisk prosess, og forskjellige stadier i utviklingen kan observeres langs en nord-sør-gradient.

Modellen er vist i Figur 1. Den første fase i planteplanktonets blomstring i isdekkete vannmasser er dominert av små flagellater (1). Etter som isen smelter og mer lys slipper til vil en intens våroppblomstring starte i det stabile overflatelaget dannet av smeltevann. Denne iskantoppblomstringen (2) er vanligvis dominert av diatomeer og den kolonidannende flagellaten *Phaeocystis pouchetii*. Overflatelaget tømmes for næringssalter og mot slutten av blomstringen vil maximum biomasse av planteplankton befinne seg på 30-40 m dyp. Her vil det utvikle seg et dypt klorofyllmaksium (3) etter

våroppblomstringen som for en stor del vil synke ubeit ut av det øvre vannlag (4). Over klorofyllmaksimum vil det om sommeren være et oligotroft overflatelag (5) fattigt på næringsalter.

Større dyreplanktonformer som ishavsåte og rauåte overvintrer i dypere vannlag og vandrer tidlig på våren opp i overflatelaget (6). Her vil de reprodusere (7) og den nye generasjonen vil utvikle seg basert på iskantblomstringen og påfølgende produksjon. Dyreplanktonet beites igjen av lodde som med tidsforsinkelse følger den tilbaketrekende iskanten nordover i løpet av sommeren og høsten.

Denne konseptuelle modellen beskriver tidsutviklingen i områder berørt av is og ismelting. I de Atlantiske vannmasser sør for isens utbredelse vil våroppblomstringen avhenge av stabilisering av vannmassene ved oppvarming og termoklindannelse. Dette er en langsom prosess og oppblomstringene her er derfor mer langvarige med senere kulminering. Disse blomstringene kan i større grad beites under forutsetning av at bestanden av beitere i utgangspunktet er tilstrekkelig høyt.

GJENNOMFØRING

Det har skjedd dramatiske forandringer i økosystemet i Barentshavet i den periode PRO MARE og våre undersøkelser har pågått. De sterke årsklassene av torsk og sild som ble produsert i 1983, var medvirkende til en kjede av begivenheter. Disse omfattet den dramatiske nedgangen i loddebestanden fra 1984 til 1986, selinvasjon, sjøfugldød og dårlig vekst og nedgang i torskebestanden. Disse begivenhetene skyldes i stor grad naturlige årsaker, men de er høyst sannsynlig blitt forsterket av fisket på bestandene.

Begivenhetene i Barentshavet i 80-årene har på mange måter vært et stort naturlig (og til dels menneskelig) eksperiment med et økosystem. Vi vurderte det som viktig å ha høy feltaktivitet i prosjektperioden for best mulig å kunne beskrive og dokumentere årsakene til de forandringer som har funnet sted.

En oversikt over tokter som prosjektet har arrangert eller deltatt på er gitt i Tabell 1. Den samlede innsats i felt har vært 1387 toktdøgn. Hovedtoktet i 1986 var med KV "Andenes" og KV "Senja" til isdekte farvann i det sentrale Barentshavet i april. På dette toktet ble det lagt vekt på undersøkelser av den tidlige fase av våroppblomstringen og dyreplanktonets reproduksjon. Prosjektet deltok også på istokter med KV "Nordkapp" og KV "Andenes" i

Tabell 1. Oversikt over tokter og deltagelse fra prosjektet "Næringsforholdene for lodde og sild i Barentshavet".

| År | Tidsrom | Fartøy | Antall deltakere | Antall toktdøgn |
|------|--------------------|-----------------------------|------------------|-----------------|
| 1986 | 1.-24. april | KV "Senja", KV "Andenes" | 9 | 216 |
| | 11.-24. april | FF "Håkon Mosby" | 2 | 28 |
| | 28. april-16. mai | FF "Eldjarn" | 1 | 19 |
| | 6. sept.-13. okt. | FF "G.O.Sars" | 1 | 38 |
| | 21. sept.-13. okt. | FF "Michael Sars" | 1 | 23 |
| 1987 | 24. febr.-9. mars | KV "Nordkapp" | 5 | 70 |
| | 14. mai-12. juni | FF "G.O. Sars" | 8 | 232 |
| | 4. sept.-16. okt. | FF "G.O. Sars" | 1 | 43 |
| | 30. jan.-6. febr. | MS "Endre Dyrøy" | 3 | 24 |
| | 24. febr.-4. mars | MS "Endre Dyrøy" | 3 | 27 |
| | 21.-29. mars | MS "Endre Dyrøy" | 2 | 18 |
| | 21.-29. april | MS "Endre Dyrøy" | 3 | 27 |
| | 15.-23. juli | MS "Endre Dyrøy" | 2 | 18 |
| | 8.-15. sept. | MS "Endre Dyrøy" | 2 | 16 |
| | 3.-8. nov. | MS "Endre Dyrøy" | 2 | 12 |
| | 1.-8. des. | MS "Endre Dyrøy" | 2 | 16 |
| 1988 | 22.-28. mars | MS "Endre Dyrøy" | 2 | 14 |
| | 10.-17. april | MS "Endre Dyrøy" | 1 | 8 |
| | 19.-26. april | MS "Endre Dyrøy" | 2 | 16 |
| | 5.-17. april | FF "Michael Sars" | 1 | 13 |
| | 18. mai-2. juni | KV "Andenes" | 3 | 48 |
| | 7.-23. juli | FF "G.O. Sars" | 8 | 136 |
| | 9. sept.-15. okt. | FF "G.O. Sars" | 1 | 37 |
| | 10. sept.-21. okt. | FF "Eldjarn" | 1 | 42 |
| 1989 | 8.-27. jan. | FF "G.O. Sars" | 2 | 40 |
| | 9.-22. mai | FF "G.O. Sars" | 10 | 140 |
| | 12. sept.-3. okt. | FF "G.O. Sars" | 1 | 22 |
| | 12. sept.-3. okt. | FF "Eldjarn" | 1 | 22 |
| | 12. sept.-3. okt. | FF "Michael Sars" | 1 | 22 |

1987 og 1988. I 1987 var hovedtoktet med "G.O. Sars" i mai/juni. Her ble det lagt vekt på blomstringsdynamikk i områdene i og sør for polarfronten, samt på beiting, metabolisme og biokjemisk sammensetning av *Calanus* og krill. I

1988 ble det arrangert et tokt med "G.O. Sars" i juli. Hovedformålet med dette toktet var undersøkelser av dyreplankton i en sensommer situasjon og det ble lagt vekt på regionale forskjeller mellom vestlige og østlige deler av Barentshavet. I 1989 ble det arrangert et tokt med "G.O. Sars" i mai hvor hovedformålet var å studere den tidlige oppblomstringsfasen i atlantiske vannmasser samt selektiv beiting hos dyreplankton.

For å skaffe data for den sesongmessige tidsutviklingen i planktonet i det vestlige og sentrale Barentshavet ble det i samarbeid med AKUP arrangert å bruke MS "Endre Dyrøy" til månedlige innsamlinger fra januar 1987 til april 1988. Programmet omfattet hydrografi, næringsalter, planteplankton og dyreplankton.

Prosjektet har siden 1986 deltatt på et eller flere av fartøyene under flerbekstandstoktene om høsten. Innsamlingen har omfattet prøver av næringsalter, klorofyll og dyreplankton. Formålet med å delta på disse toktene har vært å se på sammenhenger mellom fordelinger av plankton og planktonspisende fisk som lodde og polartorsk. Prosjektet har også deltatt med planktoninnsamling på fisketokter om våren (mai 86, april 88) og om vinteren (januar 89). PRO MARE toktet med "G.O. Sars" i mai 1989 var koordinert med andre tokter fra Havforskningsinstituttet slik at de tilsammen utgjorde det første forsøk på flerbekstandstokt i Barentshavet om forsommeren.

Prioriteringen av høy feltaktivitet har gått noe på bekostning av den detaljerte opparbeiding og analyse av det innsamlede materiale. Alle rutinemessige prøver av næringsalter, klorofyll og biomasse av dyreplankton er imidlertid ferdig opparbeidet. Et stort antall prøver av dyreplankton er også detaljert opparbeidet med hensyn på arts- og stadiesammensetning. Slik opparbeiding er tidkrevende og har vært gjort på et selektivt utvalg av prøver for å belyse bestemte problemstillinger. Blandt de aspekter som har vært undersøkt er vertikalfordeling til ulike tider på året, reproduksjon og utvikling av dyreplankton, samt vertikal- og horisontalfordeling av dyreplankton i relasjon til utbredelse og predasjon fra lodde.

Det innsamlede materialet egner seg godt som studentoppgaver på definerte områder og problemstillinger. Webjørn Melle har utdanningsstipend fra NFFR og arbeider med en Dr. scient. oppgave om reproduksjon hos *Calanus* artene i tilknytning til prosjektet. Ved Institutt for fiskeri- og marinbiologi ved Universitetet i Bergen tar Tone Falkenhaus hovedoppgave på pilormer. Jens Nejtgaard tar hovedoppgave på beiting hos *Calanus* og det eksperimentelle

arbeidet om selektiv beiting på *Phaeocystis* ble utført på toktet med "G.O. Sars" i mai 1989. Steffen Lofnes har startet på en hovedoppgave om reproduksjon hos krill basert på materiale fra toktene med "G.O. Sars" i juli 1988 og mai 89. Vi vil i de kommende år tilby flere studentoppgaver for videre detaljert analyse av materiale innsamlet under vårt prosjekt i PRO MARE.

PERSONELL OG KOSTNADER

Ved Havforskningsinstituttet har følgende fire forskere arbeidet med prosjektet:

- Harald Gjøsæter**, fisk
- Harald Loeng**, fysisk oseanografi
- Francisco Rey**, planteplankton
- Hein Rune Skjoldal**, økologi (hovedansvarlig).

NFFR har bevilget midler til tre stillinger på prosjektet:

- Padmini Dalpadado**, forsker med arbeidsområde krill (fra 1. mai 1987)
- Arne Hassel**, forsker med arbeidsområde dyreplankton og mageprøver av lodde
- Lena Omli**, havforskerassistent, opparbeiding av prøver av dyreplankton.

Den totale arbeidsinnsatsen på prosjektet har vært 23.4 årsverk, fordelt med 13.4 og 10.0 årsverk på henholdsvis forskere og assistenter (Tabell 2). De totale kostnadene ved prosjektet har vært 12.6 millioner kr. Av dette har NFFR bevilget 2.8 mill. kr. Instituttets egeninnsats har vært 9.8 mill. kr. hvorav fartøytid utgjør den største delen.

Tabell 2. Antall årsverk og årlige kostnader ved gjennomføringen av prosjektet fordelt på NFFR og Havforskningsinstituttet (HI). Årsverkene er videre fordelt som forsker/assistent.

| År | Årsverk | | Utgifter i 1000 kr. | | |
|---------|---------|---------|---------------------|-------|--------|
| | NFFR | HI | NFFR | HI | Totalt |
| 1986 | 1.0/1.0 | 1.9/1.8 | 457 | 1.200 | 1.657 |
| 1987 | 1.7/1.0 | 1.6/1.7 | 663 | 3.373 | 4.036 |
| 1988 | 2.0/1.0 | 1.7/1.5 | 855 | 2.556 | 3.411 |
| 1989 | 2.0/1.0 | 1.5/1.0 | 848 | 2.675 | 3.523 |
| 1986-89 | 6.7/4.0 | 6.7/6.0 | 2.823 | 9.804 | 12.627 |

RAPPORTERING

En oversikt over rapporter og publikasjoner fra prosjektet er vist i Tabell 3. I denne tabellen er det også tatt med manuskripter som er under utarbeidelse.

Vi har i prosjektperioden oppsummert og rapportert mye av resultatene fra et holistisk økosystem synspunkt. Vi føler at vi gjennom dette har oppnådd en god generell forståelse av viktige trekk ved økosystemet i Barentshavet. Det gjenstår imidlertid en god del rapportering og publisering av data og analyser av mer detaljert karakter. Dette vil være en aktivitet som vil pågå i de kommende år.

Tabell 3. Oversikt over rapporter og publikasjoner fra prosjektet.

Båmstedt, U. and H. R. Skjoldal, in prep. Grazing rates of calanoid copepods in relation to the spring development and vertical distribution of phytoplankton in the Barents Sea.

Båmstedt, U., H. C. Eilertsen, K. Tande, D. Slagstad and H.R. Skjoldal, in press. Copepod grazing and impact on the phytoplankton development in the Barents Sea. In Proc. Pro Mare Symp.

Dale, T., S. Kristiansen, I. Martinussen, W. Melle and F. Rey, 1987. Toktrapport fra planktongruppen i PRO MARE. Pp. 17-19 in: Rapport fra Pro Mare -tokt 10 med KV "Nordkapp", 24. februar til 10. mars 1987. Ed. by E. E. Syvertsen, University of Oslo (in Norwegian).

Dalpadado, P. and H. R. Skjoldal, in prep. Distribution and life history of krill from the Barents Sea. Proc. Pro Mare Symp.

Dalpadado, P. and T. Ikeda, 1989. Some observations on moulting, growth and maturation of krill (*Thysanoessa inermis*) from the Barents Sea. J. Plankton Res.11: 133-139.

Dalpadado, P., in prep. Krill fra Barentshavet. I PRO MARE-boken om Barentshavet (red. E. Sakshaug m.fl.).

Estep, K., J. C. Nejstgaard, H. R. Skjoldal and F. Rey, 1990. Predation by copepods upon natural populations of *Phaeocystis pouchetii* as a function of the physiological state of the prey. Mar. Ecol. Prog. Ser. 67: 235-249.

Gjøsæter, H. and H. Loeng, 1987. Growth of the Barents Sea capelin, *Mallotus villosus*, in relation to climate. Environ. Biol. Fish. 20: 293-300.

Hassel, A. 1989. Rapport fra biologiske rutineundersøkelser i Barentshavet i perioden august 1986 - juni 1989. Intern rapport, Havforskningsinstituttet.

Hassel, A., H. R. Skjoldal, H. Gjøsæter and L. Omli, in press. Impact of grazing by capelin

(*Mallotus villosus*) on zooplankton at the northern limit of the capelin distribution in the Barents Sea, August 1985. Proc. Pro Mare Symp., May 1990.

Hassel, A., in prep. Variations in food uptake in the Barents Sea capelin during two 24 hour periods. Submitted to J. Plankton Res.

Hassel, A., H. R. Skjoldal and R. Kvalsund, in prep. Horizontal and vertical distribution of gelatinous zooplankton in the Barents Sea in August 1985. Manuscript.

Hassel, A., in prep. Rauåte i Barentshavet. Bidrag til PRO MARE-boken.

Ikeda, T. and H.R. Skjoldal, 1988. Metabolism and elemental composition of zooplankton from the Barents Sea during early Arctic summer. Mar. Biol. 100: 173-183.

Loeng, H., F. Rey and H.R. Skjoldal, 1987. Physical and biological oceanographic features across the Polar front in the western Barents Sea. Paper presented at 22nd European Marine Biology Symposium, 17-22 August 1987, Barcelona, Spain. 24 pp.

Loeng, H., 1989. Ecological features of the Barents Sea. Pp. 327-365 in: Rey, L. and Alexander, V. (eds.) Proceedings of the sixth conference of Comité Arctique International, 13-15 May 1985. E. J. Brill, Leiden.

Loeng, H., in press. Barentshavets oseanografi. I PRO MARE-boka om Barentshavet (red. E. Sakshaug m.fl.).

Loeng, H., in press. Features of the physical oceanographic conditions in the Barents Sea. Proc. Pro Mare Symp., May 1990.

Melle, W. and H.R. Skjoldal, 1987. Dyreplankton og dets reproduksjon i Barentshavet - grunnlagsmateriale for vurdering av mulige skader av oljesøl. AKUP-dokument nr. 03-01-01. Havforskningsinstituttet, rapport nr. BKO 8707: 1- 41.

Melle, W., H.R. Skjoldal, A. Hassel and F. Rey, 1987. Reproduction of zooplankton in relation to initiation of spring phytoplankton bloom in the Barents Sea. ICES C.M. 1987/L:30. 26 pp.

Melle, W. and H.R. Skjoldal, 1989. Zooplankton reproduction in the Barents Sea: Vertical distribution of eggs and nauplii of *Calanus finmarchicus* in relation to spring phytoplankton development. Pp 137-145 in Rydland, J.S. and Tyler, P.A. (eds.) Reproduction, genetics and distributions of Marine Organisms. 23rd Europ. Mar. Biol. Symp. Olsen & Olsen, Fredensborg, Denmark.

Rey, F. 1988. Plankton undersøkelser i Barentshavet. Pp. 36-53 in: Rapport Pro Mare tokt nr. 14, med K/V "Andenes" 18. mai - 2. juni 1988. Ed. by O. J. Lønne, University of Tromsø (in Norwegian).

Rey, F., in press. Seasonal variations of phytoplankton photosynthesis in the Barents Sea. Proc. Pro Mare Symp.

Rey, F., H. R. Skjoldal and P. Wassmann, in prep. Development and sedimentation of spring phytoplankton blooms in the central Barents Sea in 1984.

Rey, F. and H. R. Skjoldal, 1987. Consumption of silicic acid below the euphotic zone by sedimenting diatom blooms in the Barents Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 36: 307-312.

Rey, F., H.R. Skjoldal and D. Slagstad 1987. Primary production in relation to climatic changes in the Barents Sea. Pp. 29-46 *in*: Loeng, H. (ed.) The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea. Institute of Marine Research, Bergen.

Rey, F., H.R. Skjoldal and A. Hassel, 1987. Seasonal development of plankton in the Barents Sea: A conceptual model. ICES Symposium on marine sciences of the Arctic and sub-Arctic regions, Santander, Spain. Paper. Symp:56, 36 pp.

Sakshaug, E. and H. R. Skjoldal, 1989. Life at the ice edge. *Ambio* 18: 60-67.

Skjoldal, H.R. 1989. Does capelin influence the growth of phytoplankton in the Barents Sea ecosystem? *Am. Soc. Limn. Oceanogr.*, Abstracts of papers for the 1989 annual meeting, p. 59.

Skjoldal, H.R., A. Hassel, F. Rey and H. Loeng, 1987. Spring phytoplankton development and zooplankton reproduction in the central Barents Sea in the period 1979-1984. Pp. 59-89 *in*: Loeng, H. (ed.) The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea. Institute of Marine Research, Bergen.

Skjoldal, H. R., U. Båmstedt and F. Rey, in prep. Grazing by calanoid copepods upon the spring phytoplankton bloom in the central Barents Sea in 1987.

Skjoldal, H.R., H. Gjøsæter, A. Hassel, S. Mehl and H. Loeng, in prep. Fluctuations in the Barents Sea ecosystem in the 1980's: Role of climatic variability and biological interactions. Presented at Pro Mare Symposium, May 1990.

Skjoldal, H. R. and H. Loeng, 1988. Physical variability and biological responses and interactions in the Barents Sea ecosystem. Paper 265, Special symposium S10 on Ocean variability and biological change, Joint Oceanographic Assembly, Acapulco, Mexico, 21-30 August 1988 (abstract).

Skjoldal, H.R., A. Hassel and F. Rey, 1988. Vertical distribution of Arctic zooplankton in relation to ice edge phytoplankton bloom development in the Barents Sea. In Zooplankton behaviour symposium, Savannah, Georgia, 13-16 April 1987. *Bull. mar. Sci.* 43: 850 (abstract).

Skjoldal, H.R. and F. Rey, 1989. Pelagic production and variability of the Barents Sea ecosystem. Pp. 241-286 *in*: Sherman, K. and Alexander, L. (eds.) Biomass yields and geography of large marine ecosystems. AAAS Selected Symposium 111. Westview Press, Boulder.

Skjoldal, H.R. and W. Melle 1989. Nekton and plankton: some comparative aspects of larval ecology and recruitment processes. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 191: 330-338.

OPPSUMMERING AV RESULTATER

Delprosjekt 1: *Plantep plankton - dyreplankton - beiting*

Barentshavets klima styres i store trekk av innstrømming av atlantisk vann fra vest. Det innstrømmende atlantiske vannet blir avkjølt, blandet med og omdannet til arktisk vann. Overgangen mellom de to vannmassene, polarfronten, er skarp og beliggenheten bestemt av bunntopografien i området fra Svalbardbanken til Sentralbanken. I de østlige deler av Barentshavet er polarfronten mer diffus og variabel.

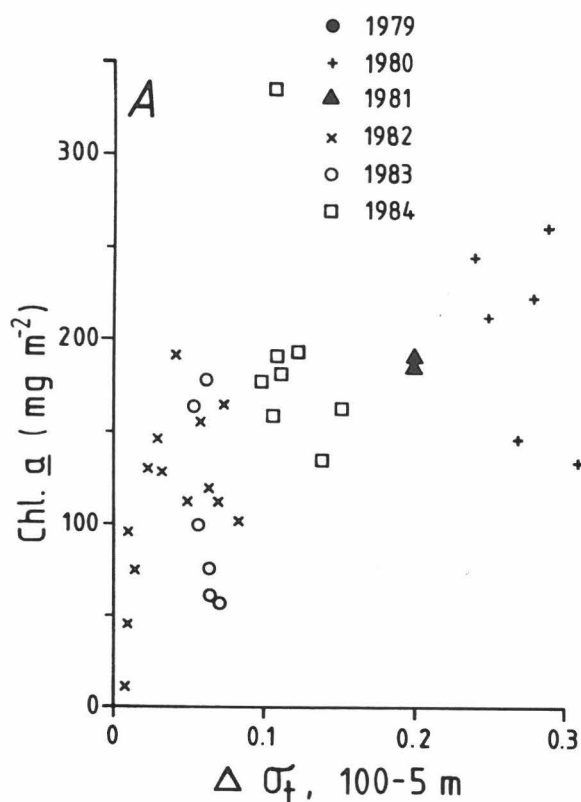
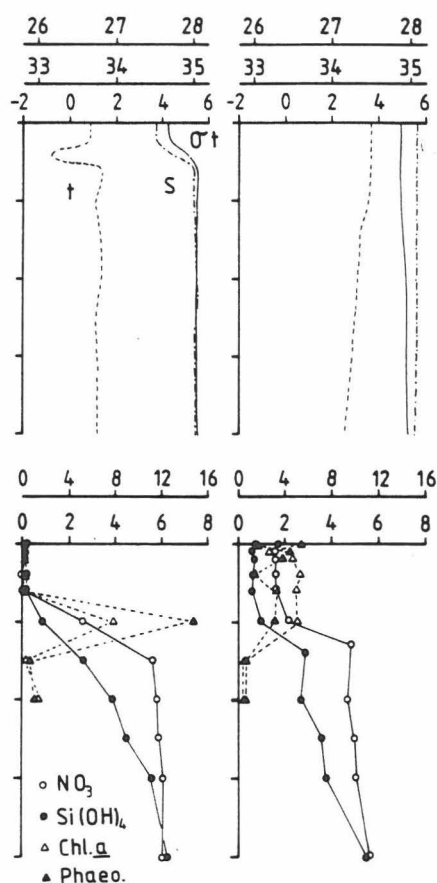


Fig. 2 (venstre). Vertikalprofiler av temperatur (t), saltholdighet (s) og tetthet (sigma-t), samt konsentrasjoner av nitrat (NO_3), silikat ($\text{Si}(\text{OH})_4$), klorofyll (Chl.a) og Phaeopigment fra en stasjon med smeltevann og tydelig sprangsjikt (til venstre), og fra en stasjon i Atlantisk vann med svakt utviklet sprangsjikt (til høyre).

Fig. 3 (høyre). Dybdeintegrerte verdier av klorofyll a som funksjon av vertikal stabilitet, Δ sigma-t, i øverste 100m av vannsøylen. Data fra stasjoner som ikke har vært dekket av is og som dermed har et svakt utviklet sprangsjikt.

Dannelsen av en pyknoklin (sprangsjikt) og dermed stabilitet har en sterk effekt på utviklingen av våroppblomstringen. Stabiliteten dannes i Barentshavet på to forskjellige måter. Når isen smelter og trekker seg tilbake i løpet av våren og sommeren dannes et grunt overflatelag med lav saltholdighet, adskilt fra det underliggende vann med en skarp pyknoklin. Dette gir stor stabilitet og gode lysforhold for en hurtig oppblomstring av planteplankton i iskantregionen. I atlantisk vann som ikke er påvirket av is, dannes stabiliteten ved oppvarming. Dette er en langsom prosess som resulterer i en svakere og dypere pyknoklin enn ved issmelting. Våroppblomstringen i atlantisk vann er derfor mer langstrakt i tid (Figur 2-3).

Basert på undersøkelsene i prosjektene "Lodde på sommerbeite" og "Loddas næringsforhold ved iskanten" er innflytelsen av de fysiske miljøforhold på tidspunktet og forløpet av våroppblomstringen godt kjent og beskrevet (Rey et al. 1987a,b, Skjoldal et al. 1987, Skjoldal og Rey 1989). I april 1986, på toktene med KV "Andenes" og KV "Senja" ble oppblomstringen i en tidlig fase i iskantområdet beskrevet. Dette året var det relativt mye is som var drevet sør for polarfronten. Isen smeltet i det varmere atlantiske vannet og det hadde dannet seg en pyknoklin. I iskantsonen var oppblomstringen i full gang i motsetning til situasjonene i tettere is lenger nord og i det atlantiske vannet lenger sør hvor oppblomstringen var i en tidlig startfase.

Innsamlingsprogrammet fra "Endre Dyrøy" i 1987 og våren 1988 har sammen med de øvrige tokter disse årene gitt et verdifullt materiale over tidsutviklingen i planktonet. Innsatsen har vært konsentrert om det atlantiske vannet i det vestlige og sentrale Barentshavet. Oppblomstringen i det atlantiske vannet var i 1987 langstrakt og langvarig. Selv i midten av juli hadde ikke blomstringen kulminert og næringssaltene var ikke uttømt. Det var et stort innslag av algen *Phaeocystis pouchetii* dette året og under toktet med "G.O. Sars" i mai/juni ble oppblomstringen og sedimentering i atlantisk vann og i polarfrontområdet undersøkt. Det ble dokumentert en betydelig sedimentering av *Phaeocystis* (Wassmann et al. 1990).

Våroppblomstringens skjebne er enten å bli spist eller mineralisert i det øvre vannlag eller å sedimentere ubeitert ned til dypere vannlag og til bunns. Den relative betydningen av disse prosessene vil variere i et omvendt forhold. Generelt vil beitingen spille en mindre rolle ved de intense og kortvarige iskantblomstringene og mer vil sedimentere enn

hva som er tilfelle med de mer langvarige blomstringene i atlantisk vann.

Vi har tidligere rapportert en sammenheng mellom nitrat/silikat forholdet og biomasse av dyreplankton for data fra årene 1980-84 (Skjoldal og Rey 1989). En mulig forklaring på dette er at beitepresset fra copepoder er større på diatomeer enn på algen *Phaeocystis*. Ved stor biomasse av dyreplankton og stort beitepress vil *Phaeocystis* dominere. Forbruket av silikat av diatomeer vil være mindre og nitrat blir det begrensende nærings salt. Omvendt vil diatomeene dominere ved redusert beiting og silikat blir da det begrensende nærings salt (Fig. 4).

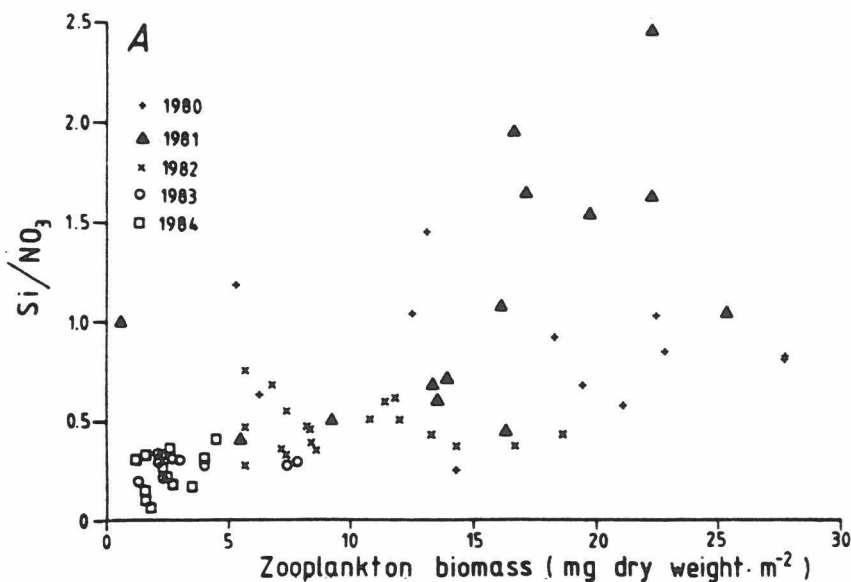


Fig. 4. Sammenhengen mellom det molare forholdet av silikat og nitrat i 0-50m, og dyreplankton-biomasse i 0-200m på stasjoner langs et nord-sør orientert snitt opp mot Storbanken, mot slutten eller like etter våroppblomstringen i årene 1980-1984.

Det har vært rapportert motstridende resultater med hensyn til i hvor stor grad *Phaeocystis* blir beitet. På toktet med "G.O. Sars" i mai 1989 ble det utført forsøk med beiting av copepoder på naturlig planteplankton ved hjelp av mikroskopering og bildeanalyse. Resultatene viste sterk seleksjon i beiteprosessen. Kolonier av *Phaeocystis* ble i enkelte tilfeller ikke beitet i det hele tatt mens de i andre tilfeller ble utsatt for sterk beiting (Estep et al. 1990) (Figur 5). Dette syntes å være knyttet til den fysiologiske tilstand hos *Phaeocystis*. Vi antar at resultatene gjenspeiler at *Phaeocystis* produserer kjemiske stoffer som gjør at beitende copepoder unngår å spise den. Når koloniene kommer i dårlig tilstand klarer de sannsynligvis ikke å produsere nok av disse

anti-beite stoffene og de utgjør da et lett bytte for copepodene. Disse eksperimentene støtter opp om vår tolkning av det observerte mønsteret i forbruket av næringssalter i Barentshavet.

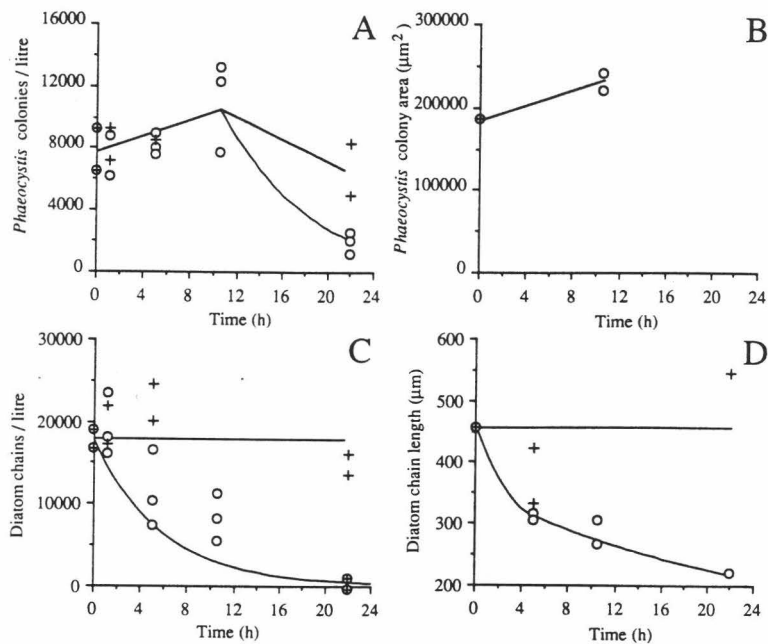


Fig. 5. Beiting av *Calanus finmarchicus* på naturlige algepopulasjoner. Kolonier av *Phaeocystis pouchetii* ble ikke beitet i perioden 0 - 10.5 timer da de var i tilsynelatende god fysiologisk tilstand (A, B). Diatomeer ble derimot beitet fra starten av forsøket (C, D). + = kontroll; o = *C. finmarchicus*.

På toktet med "G.O. Sars" i mai/juni 1987 ble det utført omfattende undersøkelser av beiting. Vertikalprofiler av tarmfluoresens (innhold av klorofyll og dets nedbrytningsprodukter) hos copepoder (*Calanus* spp.) viste som et typisk mønster at beitingen hovedsakelig skjedde i den nedre del av klorofyllfordelingen selv om det største antall copepoder befant seg høyere oppe i vannsøylen (Båmstedt et al. 1990).

Dette støtter opp om de eksperimentelle resultatene i det disse observasjonene trolig gjenspeilte at *Phaeocystis* først ble beitet når koloniene ble i dårlig kondisjon pga lysmangel under den eufotiske sone.

Våre undersøkelser i Barentshavet har indikert forskjeller i grad av beiting på planteplanktonet mellom ulike år. Dette har vært reflektert i forholdet mellom mengde klorofyll og forbrukt nitrat ved vår oppblomstringen i atlantisk vann. I år med lite dyreplankton og lavt beitepress, som i 1983 og 84, har det vært funnet mer klorofyll i vannsøylen i forhold til forbrukt nitrat enn i år med mer dyreplankton.

Beitingen kan derfor ha en stor innvirkning på våroppblomstringen. Det selektive aspektet kan være av spesiell betydning. Mengde dyreplankton og dermed beitepresset på planteplankton vil variere som en funksjon av mengde lodde og annen fisk som beiter på dyreplanktonet. Det er derfor mulig at loddebestandens størrelse har innflytelse, gjennom dyreplanktonet, på våroppblomstringens sammensetning, forløp og skjebne. En vil således vente større mengde dyreplankton og større dominans av *Phaeocystis* i våroppblomstringen når loddebestanden er lav enn hva tilfellet er når loddebestanden er stor (Skjoldal 1990).

Dyreplanktonet i Barentshavet er dominert av kopepoder og krill. Blandt kopepodene er *Calanus* artene de viktigste. Rauåte, *Calanus finmarchicus*, finnes i de atlantiske vannmasser og har en ett-årig livssyklus. Den litt større slektingen, *Calanus glacialis*, finnes i de kalde arktiske vannmasser i det nordlige Barentshavet og har en 2-årig livssyklus. På grunn av omdanning og blanding av vannmasser finnes begge artene samtidig tilstede i betydelige områder, særlig i det østlige Barentshavet. Rutinemessig skilles artene fra hverandre på størrelse. Dette gjør at opparbeiding av prøver blir forholdsvis tidkrevende. Vi har i dette prosjektet lagt ned et betydelig arbeid på størrelsesmålinger. De to artene fremkommer vanligvis som to overlappende normalfordelinger innen hvert stadium. Overlappingen i størrelse gjør at noen individer blir tilskrevet feil art når en fast størrelsesgrense brukes til å skille artene. Dette kan gi særlig stor feil i de tilfeller der den ene arten er meget dominerende. I slike tilfeller vil den "overlappende hale" i størrelsesfordelingen av den dominerende art bli feilaktig tilskrevet den andre art. Det er derfor påkrevet med forsiktighet i tolkningen av data for *Calanus glacialis* fra de atlantiske vannmasser og for *Calanus finmarchicus* fra arktiske vannmasser.

Det er innsamlet et betydelig materiale om livssyklus og reproduksjon hos *Calanus* artene fra Barentshavet. Dette materialet blir nå bearbeidet og vil utgjøre Dr. scient. arbeidet til Webjørn Melle. *Calanus finmarchicus* og *C. glacialis* gyter i nær tilknytning til våroppblomstringen. *Calanus finmarchicus* gyter om våren i startfasen av oppblomstringen i atlantisk vann. Dette indikerer at rauåta beiter effektivt ved lave konsentrasjoner av planteplankton. Eggproduksjonen er hos begge disse *Calanus* artene avhengig av mattilgangen og det er funnet et nært samsvar mellom mengde egg og nauplier i sjøen og klorofyllkonsentrasjonen. I en sen oppblomstringsfase i områder med smeltevann skjer eggproduksjonen hovedsaklig i klorofyllmaksimum

mot bunnen av den eufotiske sone. Nauplielarvene klekker i samme dyp og er dermed sikret god mattilgang (Figur 6).

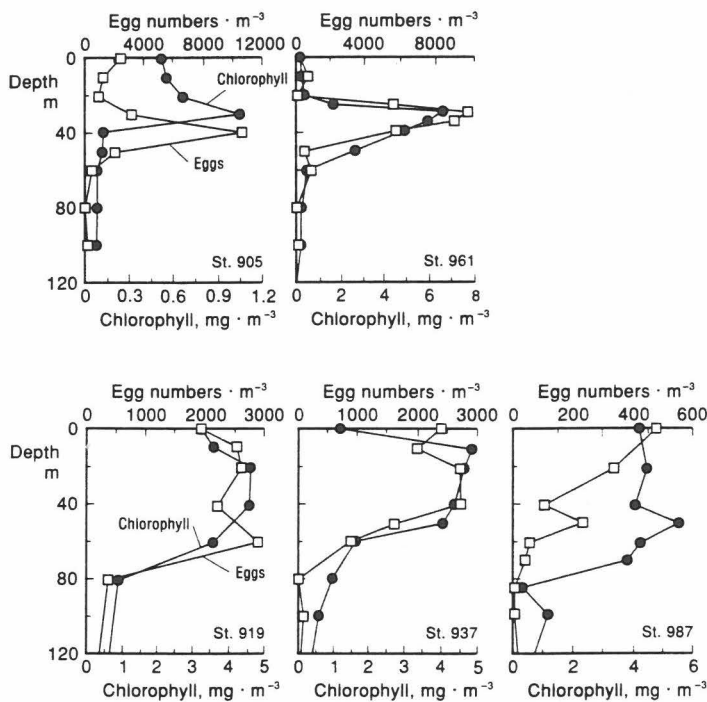


Fig. 6. Eksempler på vertikalfordeling av egg av *C. finmarchicus*, og klorofyll *a* under en sen blomstringsfase med utpreget sprangsjikt (øverst), og en blomstring i atlantisk vann uten tydelig sprangsjikt (nederst). Fra Melle og Skjoldal (1989).

Det innstrømmende atlantiske vannet blir gradvis avkjølt, omdannet og blandet med arktisk vann. Det medfølgende planktonet forventes derfor å møte suboptimale forhold for reproduksjon og vekst. Dette gjør at planktonproduksjonen i Barentshavet er sterkt avhengig av transport av nytt plankton fra vest med det nyinnstrømmende vannet. I vinterhalvåret står mesteparten av rauåtebestanden i Norskehavet dypere enn 600 m. Innstrømning på denne tiden vil derfor ha med seg lite rauåte. Dette er en hovedårsak til at mengden dyreplankton i Barentshavet viser stor variasjon og i gjennomsnitt er lavere enn i de tilgrensende deler av Norskehavet (Skjoldal og Rey 1989).

Resultatene fra et tokt med "G.O. Sars" i juni 1984 viste en forsinket stadiutvikling av rauåte i det østlige Barentshavet. Overvintringsbestanden i januar 1985 bestod hovedsaklig av stadiene 3 og 4 og ikke stadium 5 som var det vanlige i det vestlige Barentshavet. Vi har derfor hatt som en arbeidshypotese at livssyklusen blir forskøvet og reproduksjonen forsinket på en vest-øst gradient i Barentshavet. På toktet med "G.O. Sars" i juli 1988 var et av hovedformålene å undersøke

dette nærmere. Desverre ble det pga. tidsmangel begrenset dekning i det østlige Barentshavet. Resultatene fra dette toktet blir nå bearbeidet og vil bli rapportert som en del av Melles Dr. scient. oppgave.

I tillegg til målinger av beiting og reproduksjon har det også vært utført målinger av metabolsk aktivitet hos dyreplankton. Disse målingene vil danne grunnlag for beregninger av produksjon av dyreplankton og deres bidrag til omsetning av nitrogen og fosfor. Sammenlignet med dyreplankton fra Antarktis, hadde dyreplanktonet fra Barentshavet lavere vekt-spesifikk metabolsk aktivitet (Ikeda og Skjoldal 1989). Dette gjenspeilte sannsynligvis at dyreplanktonet som ble undersøkt fra Barentshavet i hovedsak bestod av boreale arter hvis bestander fornyes ved transport inn i Barentshavet. De er derfor ikke kuldeadaptert i samme grad som det Antarktiske planktonet som lever mer eller mindre permanent i vann med temperatur lavere enn 0 °C (Figur 7).

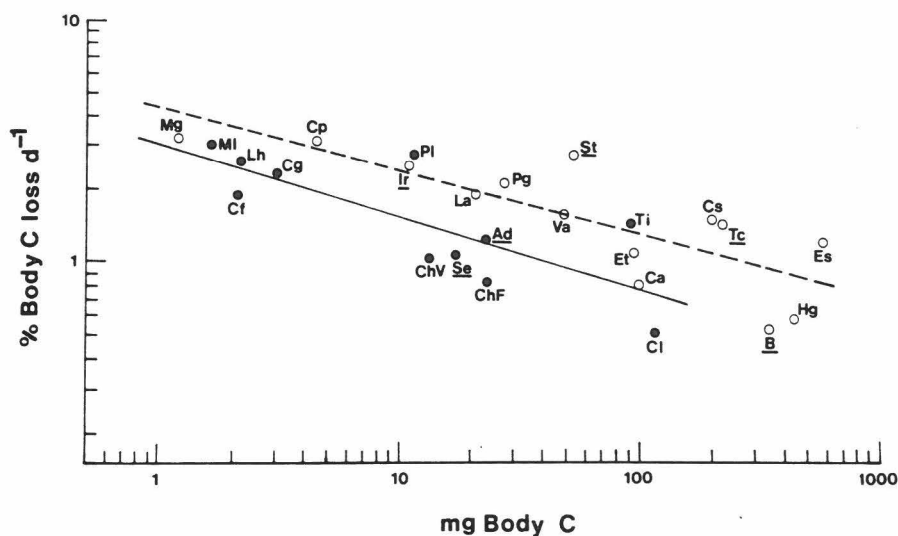


Fig. 7. Forholdet mellom daglig metabolsk tap av karbon (y-aksen) og organismens karbon-innhold (x-aksen) hos dyreplankton-arter fra Barentshavet (•, heltrukket regresjonslinje) og fra Antarktis (o, stiplet regresjonslinje). Fra Ikeda og Skjoldal (1988).

Delprosjekt 2: Krill

Det er fire arter av krill som forekommer vanlig i Barentshavet: storkrill, *Meganyctiphanes norvegica*, og tre arter av småkrill, *Thysanoessa inermis*, *T. raschii* og *T. longicaudata*. Av disse er det *T. inermis* og *T. longicaudata* som har vært de dominerende arter i våre

undersøkelser i det vestlige og sentrale Barentshavet. *T. raschii* er i følge russiske undersøkelser mest vanlig i de sørøstlige deler av Barentshavet. *M. norvegica* forekommer i det innstrømmende atlantiske vannet i vest men reproducerer ikke med noen suksess i Barentshavet. Også *T. inermis* og *T. longicaudata* er knyttet til det innstrømmende atlantiske vannet og forekommer tallrikest i det vestlige Barentshavet.

Det gjennomsnittlige antall og biomasse av *Thysanoessa inermis* på 5 tokter fra juni 1987 til mai 1989 var 17-61 individer og 100-600 mg tørrvekt pr. m². De tilsvarende tall for *T. longicaudata* var 27-52 individer og 60-110 mg tørrvekt pr. m². Dette er prøver av krill innsamlet med Moccus planktonhåv. Det er kjent at krill i vesentlig grad kan unnvike og ikke blir fanget kvantitativt med et slikt redskap. Våre data for antall og biomasse må derfor betraktes som minimumsestimater. Vi har funnet de største forekomster av disse to krillartene i området sør og øst for Bjørnøya.

Krill forekommer tallrikt i det atlantiske vannet opp mot og i polarfrontområdet. I de arktiske vannmasser nord om polarfronten er imidlertid forekomstene av krill begrenset. På et tokt med "G.O. Sars" i august 1985 ble både *Thysanoessa inermis* og *T. longicaudata* funnet på stasjoner nord til 78°40'N men i lavt antall.

Et stort antall individer av krill innsamlet til forskjellige tider av året er analysert med hensyn til størrelse og modningsgrad. Disse undersøkelsene har gitt et ganske klart og entydig bilde av livssyklus og generasjonsutvikling hos *Thysanoessa inermis* og *T. longicaudata* i Barentshavet. Gytingen skjer hovedsakelig i mai og juni og larvene utvikler seg raskt utover sommeren og høsten. Begge artene blir kjønnsmodne og gyter etter ett år. Analyser av størrelsesfordelingene har vist 2 kohorter eller aldersgrupper for *T. longicaudata* og 3 kohorter for *T. inermis*. Dette viser at en del individer av *T. inermis* overlever til en alder av 3 år og gyter da for 3. gang (Figur 8).

Vekstmønsteret for *Thysanoessa inermis* og *T. longicaudata* viser at veksten skjer i sommerhalvåret og at det er liten eller sågar negativ vekst om vinteren. Negativ vekst i form av skrumping ved skallskifte er eksperimentelt påvist for *T. inermis* (Ikeda og Dalpadado 1988). Individer innsamlet i Barentshavet i juni 1987 ble brakt levende til Havforskningsinstituttet i Bergen og holdt enkeltvis i akvarier i opp til 7 måneder. Ved daglig inspeksjon ble skallskifte observert og det

avkastede skallet ble målt og undersøkt. En betydelig reduksjon i størrelse ble registrert hos enkelte individer og tilbakegang fra voksen til juvenil tilstand ble også påvist (Figur 9).

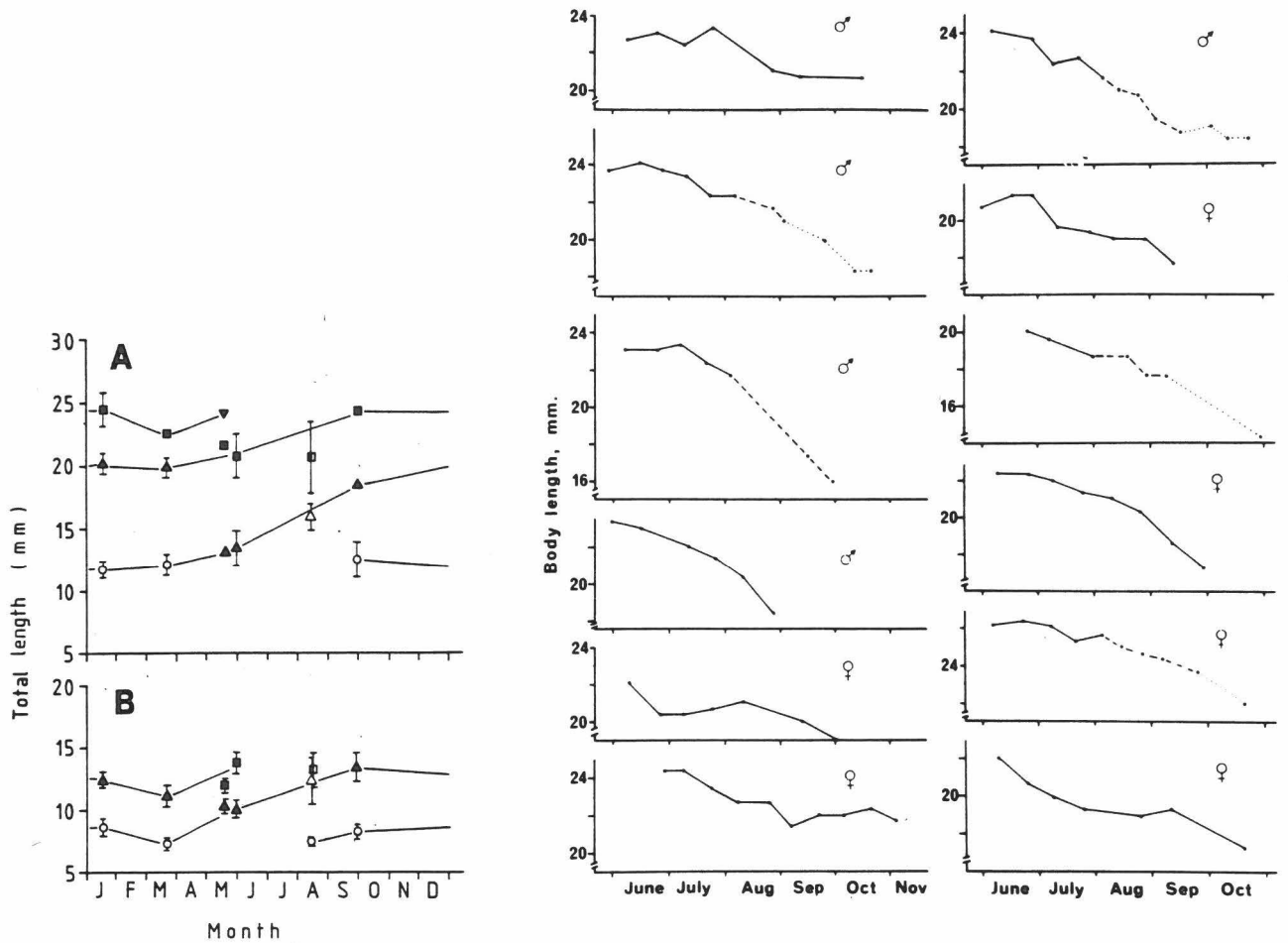


Fig. 8 (venstre). Vekstforløp hos krillartene *Thysanoessa inermis* (A) og *T. longicaudata* (B), basert på identifiserte størrelses- og aldersgrupper. o : 0-gruppe, ▲ : 1-gruppe, ■ : 2-gruppe, ▼ : 3-gruppe. Vekstforløpet er basert på 5 tokter i perioden fra mai-juni 1987 til mai 1989.

Fig. 9 (høyre). Forandringer i kroppslengde av *T. inermis* gjennom en 5-måneders periode. — 1.5°C, - - - - 5°C, 8°C. Fra Dalpadado og Ikeda (1989).

I tilknytning til feltobservasjonene er det også utført enkelte målinger av beiting og metabolsk aktivitet hos krill fra Barentshavet.

Delprosjekt 3: *Næringskonkurransen lodde - sild*

Da vi formulerte prosjektet våren 1985 var det ventet store økologiske forandringer i Barentshavet pga de sterke årsklassene av torsk og sild i 1983. Blandt annet var det ventet at tilstedeværelse av ungsild i den sørlige del av Barentshavet, ved å beite på dyreplankton som transporteres øst- og nordover, ville medføre redusert mattilbud for lodde. Forutsetningen for delprosjektet ble imidlertid endret ved at 1983-årsklassen av sild vandret ut fra Barentshavet tidlig på våren 1986. De økologiske forandringene ble uansett store i prosjektperioden ved at loddebestanden ble drastisk redusert. Det omfattende datamateriale på dyreplankton som er innsamlet i denne perioden gir oss et godt utgangspunkt for å forklare hendelsene i Barentshavet i 80-årene.

Loddebestanden gikk kraftig ned fra 1984 til 1986. Dette skyldtes i hovedsak en kombinasjon av rekrutteringssvikt og økt predasjon på den umodne loddebestanden. Til tross for at mengden nyklekte loddelarver i 1983 og 84 var på samme nivå som i tidligere år, ble ikke disse rekruttert til bestanden som 0- og 1-gruppe individer. Den sannsynlige årsak til dette er predasjon fra 1983-årsklassen av sild. Predasjon fra ungtorsk i samme periode gjorde at den naturlige dødelighet av umoden lodde også økte betydelig. Nedgangen i loddebestanden førte i sin tur til matmangel for arter på høyere trofisk nivå, som torsk, grønlandssel og lomvi.

Biomassen av dyreplankton i det sentrale Barentshavet gikk kraftig ned etter 1982 og var lav i 1983 og 1984 (Figur 10). Dette kan forklares ved at det i løpet av 1982 forekom en storstilt innstrømning og utskiftning av vannmasser i Barentshavet. Denne utskiftningen tok slutt ut på vinteren 1982/83. Den siste del av innstrømningen brakte derfor vintervann som inneholdt lite rauåte inn i det sørvestre Barentshavet. Den lave biomassen av dyreplankton gjorde at loddas individuelle vekst var dårlig i den perioden hvor bestanden avtok sterkt. Det var følgelig ingen umiddelbar tetthetsavhengig respons på loddas vekst ved at bestanden var liten.

Etter at 1983-årsklassen av sild forlot Barentshavet våren 1986 ble rekrutteringsforholdene for lodde igjen gode. Gytebestanden i 1986 var liten, ca. 60 tusen tonn, men resulterte i en årsklasse som hadde en god vekst. Til tross for at de sannsynligvis ble gytt seint og var små som 0-

gruppe høsten 1986, vokste de meget godt de påfølgende to år og ble i hovedsak kjønnsmodne som 3-åringer vinteren 1989. Også de senere årsklassene har hatt meget god individuell vekst og har blitt kjønnsmodne som 3-åringer og sågar som 2-åringer. Dette har vært hovedårsaken til at loddebestanden har kommet så raskt tilbake.

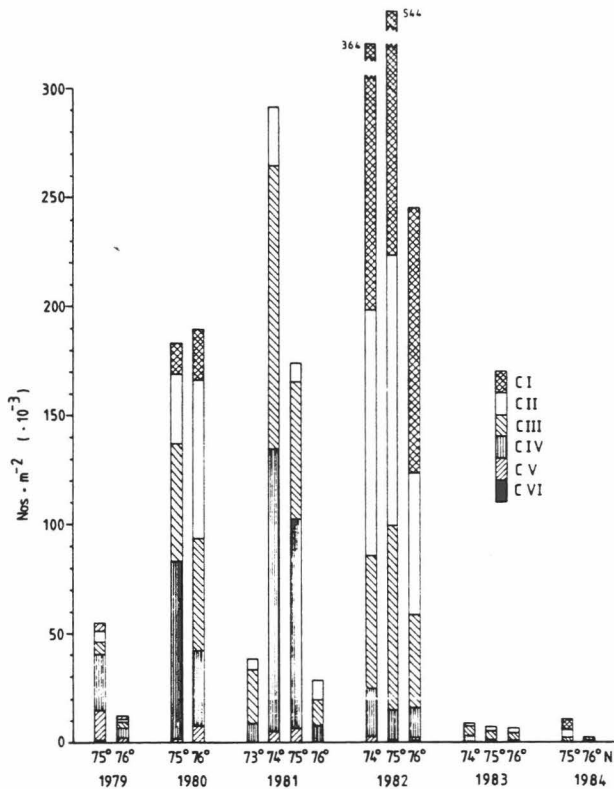


Fig. 10. Antall kopepoditter pr. m² av *C. finmarchicus* og *C. glacialis* langs et snitt i 1979-1984. Prøvene fra 1980 er fra 50-0m, de andre årene fra bunn-0m eller fra 200-0m.

Biomassen av dyreplankton har fra 1986 vært stor (Figur 11). Dette gjelder både mellomstort dyreplankton som rauåte og større former som amphipoder og krill. Amphipoden *Parathemisto libellula* har vært tallrik i Barentshavet i de senere år og utgjorde et viktig innslag i dietten til torsk i 1987 da lodda var på sitt minium. Økningen i dyreplankton skjedde med en tidsforsinkelse etter at loddebestanden gikk ned. Det er sannsynlig at dette skjedde som en respons på at beitepresset fra lodde som en dominerende planktonspiser, ble redusert. Den gode veksten hos lodde som har bidratt til gjenveksten av loddebestanden, er derfor i stor grad en tetthetsavhengig respons.

Selv om hovetrekkeene i begivenhetene i Barentshavet i 80-årene er kjent, gjenstår det å forklare og dokumentere mange detaljer i dette bildet. Sammenhengen mellom lodde og dyreplankton er ingen enkel

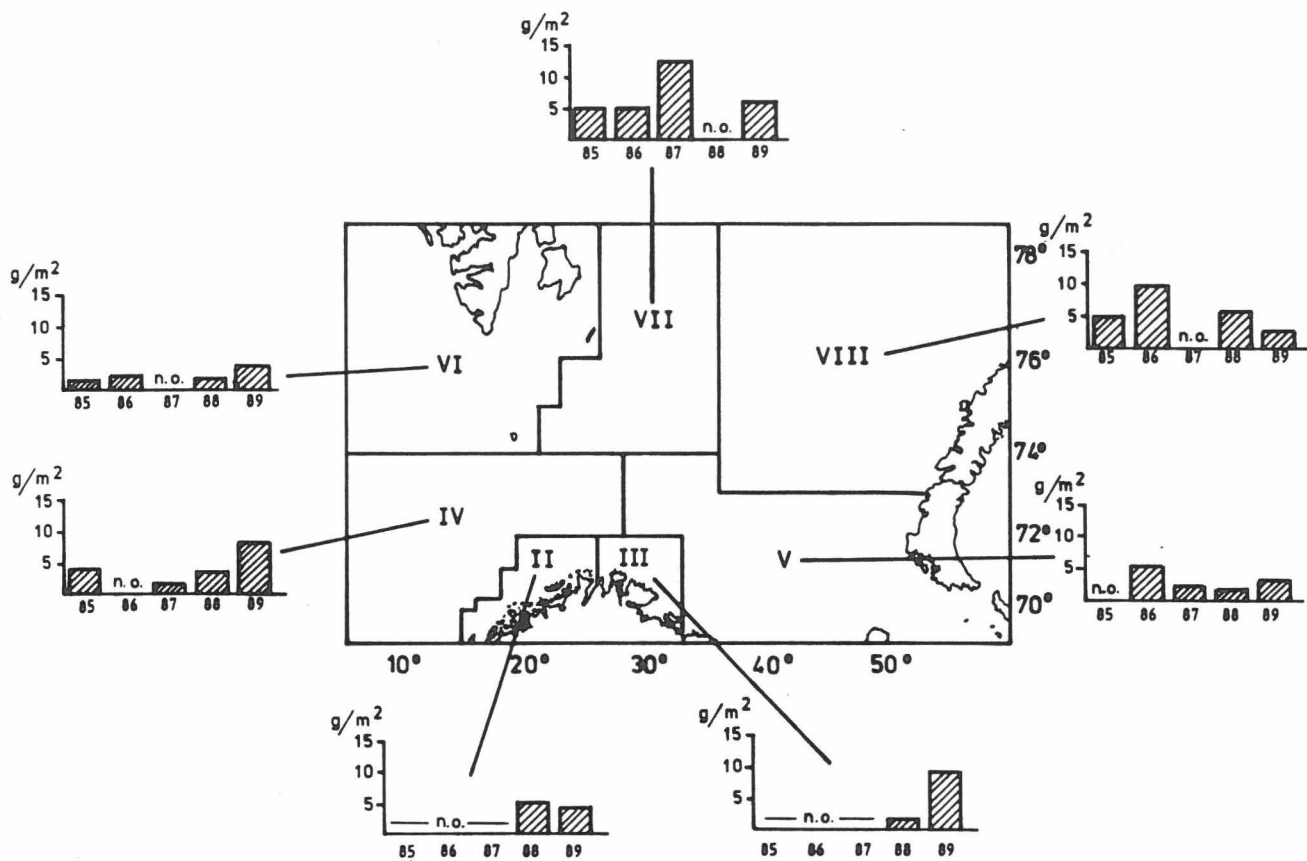


Fig. 11. Gjennomsnittlig biomasse av dyreplankton om høsten i hovedområder av Barentshavet fra 1985 til 1989. Verdiene er gram organisk tørrvekt pr. m² av dyreplankton fanget i vertikale håvtrekk fra bunn til overflate. n.o. - ingen observasjoner.

relasjon men et kompleks av flere faktorer. Lodda beiter både i atlantisk vann sør for og i arktisk vann nord for polarfronten. Den beiter videre på et spektrum av bytteorganismer fra små copepoder til krill avhengig av tilgjengelighet og størrelse av lodda. Det meste av våre planktondata er for "nettplankton" (rauåte o.l.) fra atlantisk vann og fra polarfrontområdet i det vestlige og sentrale Barentshavet. Data fra det nordlige Barentshav og for større former som krill er mer begrenset. Det vil derfor være nødvendig å "ekstrapolere" fra den generelle kunnskap vi har om planktonet i Barentshavet når vi i ettertid skal rekonstruere de mer detaljerte sammenhengene mellom lodda og planktonet.

STATUS I FORHOLD TIL MÅLSETNING

Gjennom dette prosjektet har vi kommet langt i å oppnå den generelle forståelse av økosystemet i Barentshavet som var vår målsetning. Denne kunnskap omfatter sammenhengene mellom de fysiske miljøforhold, planteplankton og dyreplankton. Betydningen av den tilbaketrekkende iskant for planktonproduksjonen er således godt kjent.

Vi har videre en god generell forståelse av sammenhengene mellom dyreplankton og lodde. Denne kunnskap er i sin karakter modellerbar og vil kunne nyttes som grunnlag for flerbstandsmodellering av Barentshavet. Tilbakekoblingene i systemet er sterke. For eksempel er loddas beiting en vesentlig faktor som bestemmer mengde og sammensetning av dyreplankton og dermed også vekstforholdene for loddas selv. Dette nødvendiggjør koblede modeller av fisk og plankton for at en skal komme videre i å forklare sammenhengene i systemet.

Den generelle kunnskap om miljøet og planktonet i Barentshavet vil gjennom modeller tillate prognoser om loddas vekst og utviklingen i økosystemet i Barentshavet. I "Miljørapport 1990" fra Senter for marint miljø ved Havforskningsinstituttet kom vi med en beskjedent uttrykt prognose om at veksten av lodde i Barentshavet i 1990 var ventet å bli god. Dette var basert på planktonmengde og temperaturforhold høsten 1989. Vi vil fremover bruke vår kunnskap og oppdaterte data om planktonsituasjonen til å bidra til prognoser om loddas vekst.

OPPFØLGING OG VIDERE PLANER

For å kunne ta den foreliggende kunnskap i bruk for forvaltningen av fiskeressursene er det viktig at det lages operative modeller for planktonsituasjonen i Barentshavet. Vi planlegger i tilknytning til arbeidet med oseanografisk modellering å implementere og utvikle modeller for plankton og lodde. Dette arbeidet vil skje i nær tilknytning til arbeidet med MULTSPEC ved Havforskningsinstituttet og forhåpentligvis i samarbeid med andre miljøer som driver modellutvikling.

Rutinemessig datainnsamling rettet mot å gi input til modellering vil fortsette. Dette vil omfatte følgende tre datatyper:

- 1) Innsamling av plankton om høsten på flerbstandstoktene. Dette gir en god oversikt over planktonsituasjonen etter at loddas beiting i hovedsak er slutt og danner grunnlag for å estimere mengde plankton som overvintrer og gyter den påfølgende vår.
- 2) Innsamling av plankton i de isfrie deler av Barentshavet på forsommeren. Dette vil gi en oppdatering av situasjonen etter at den nye

generasjonen av dyreplankton er dannet og før mye av beitingen skjer.
3) Regelmessig innsamling av plankton på snittene Fugløya-Bjørnøya og Vardø-nord. Dette vil gi data for beregning av transport av plankton inn i Barentshavet fra sørvest.

Forskningsmessig vil det være flere forhold å følge opp. Vår kunnskap om krill er enda ikke tilfredsstillende. Det samme gjelder for amphipodene av *Parathemisto* slekten. Med de nye ekkolodd som er på forskningsfartøyene er det et sterkt håp om at det skal la seg gjøre å samle inn data for krill og annet stort plankton ved kombinert bruk av akustikk og "judging" basert på prøvetakning. Dette vil tillate nærmere analyser av sammenhengene mellom disse planktonformene og planktonspisende fisk som lodde, sild og polartorsk. Det vil i flerb Bestandssammenheng være viktig å få bedre kunnskap om beiteadfærd og byttedyrsseleksjon for disse artene av planktonspisere.

Vi har sett at en stor og varierende del av våroppblomstringen synker ubeitet ned til de dypere vannlag og bunnen. Dette representerer en storstilt transport av stoff og energi til benthos og de benthiske og demersale næringskjeder. Det vil være viktig å følge opp forskningsmessig hvordan disse prosessene er slik at de på sikt kan bygges inn i økologiske modeller eller flerb Bestandmodeller for Barentshavet.

TAKK

Det er mange som må takkes for deres bidrag til gjennomføringen av dette prosjektet. Først og fremst gjelder det de forskere som har bidratt til planleggingen og utførelsen av prosjektet:
Harald Loeng som har fortalt oss om salt og temperatur og med stor iver og godt humør har stekt vafler på tokt,
Francisco Rey som utrettelig og med stor omhu har gjennomført sine målinger og trosset uvær og gjenstridig teknologi,
Harald Gjøsæter for råd og hjelp om en av hovedaktørene i prosjektet, lodde.

Som det fremgår av Tabell 2 har det vært stor deltagelse på toktene fra den tekniske stab ved Havforskningsinstituttet. En hjertelig takk til alle som har bidratt; ingen nevnt - ingen glemt. Dette til tross, det er to

personer som må nevnes:

Lena Omli har vært ansatt som havforskerassistent på prosjektet. Hun har samvittighetsfullt og med stor dyktighet utført det meste av den rutinemessige opparbeidingen av dyreplanktonprøver.

Magnar Hagebø har deltatt på de fleste av våre tokter og under varierende arbeidsforhold alltid gjennomført næringssaltanalyser av beste faglige kvalitet.

Vi vil takke våre kolleger ved andre institusjoner for et godt samarbeid under Pro Mare. En spesiell takk går til Pro Mare's åndelige overhode, Egil Sakshaug, for godt lederskap. Til sist, men ikke minst, vil vi takke NFFR for deres finansielle støtte til prosjektet.