

Af

Føreløpig rapport

Begrenset distribusjon.

Fiskeridirektoratet

Biblioteket

Dato: 1. desember 1987

Rapport/Notat Nr. BKO 8707.



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Nordnesparken 2, Postboks 1870, 5011 Bergen. Tlf. 05 327760

Rapportens Tittel:
 AKUP-dokument nr.: 03-01-01
 DYREPLANKTON OG DETS REPRODUKSJON I BARENTSHAVET -
 GRUNNLAGSMATERIALE FOR VURDERING AV MULIGE SKADER AV
 OLJESØL

Forfatter/Saksbehandler: Webjørn Melle Hein Rune Skjoldal	Avdeling: Biologisk og kjemisk oseanografi
	Prosjekt Nr: AKUP 03-01
Oppdragsgiver ref: OED/AKUP	Ansvarlig: Hein Rune Skjoldal

Sammendrag:

Rapporten gir datagrunnlag for en vurdering av konsekvensene av oljesøl for næringsgrunnlaget for fisk. Horisontalfordeling, gytetidspunkt og gyteadferd hos dyreplankton og vertikalfordeling av egg og larver er beskrevet. Tidspunkt og områder der sårbare stadier finnes er i noen grad identifisert.

Stikkord:	Sendt til:
.dyreplanktonOED
.fordeling
.reproduksjon
.

1216/w 1822

Fisheridirektoratet
Biblioteket

SUMMARY

In the Barents Sea the food resources of fishes are thought to be vulnerable to oil pollution, and animal plankton is stressed in the evaluation of possible effects of oil spills on fish resources. The larval stages of animal plankton are considered to be most vulnerable, and an oil spill in the spawning season may kill the larvae and thereby reduce the secondary production in a given area. By currents these water masses will be transported to other areas. Thus, assessment of possible reductions in growth and production of fishes will be based on the degree of co-occurrence of affected water masses and fishes.

This project has produced data on: (1) horizontal distribution and seasonal variations of animal plankton, (2) time and duration of the spawning period, and (3) vertical distribution of eggs and larvae. These data will serve as a background for subsequent evaluations of the possible effects of oil spills. The most important species of animal plankton in the Barents Sea may be divided into an Atlantic group: Calanus finmarchicus, Thysanoessa inermis, T. raschii, Meganyctiphanes norvegica and Parathemisto abyssorum and an Arctic group: C. glacialis and P. libellula.

The stocks of C. finmarchicus and M. norvegica are found in highest concentrations in inflowing Atlantic water from the Norwegian Sea. The stocks in the Barents Sea are affected by the amount of adults and larvae that is brought in from the Norwegian Sea. An evaluation of the consequences of oil spill in the drift routes is therefore important, and damage to the secondary production could possibly occur, particularly at the times of spawning and heavy growth during spring and early summer.

Large portions of the krill stocks of T. inermis and T. raschii are concentrated over the shallow waters of the Svalbard Bank and south-eastern Barents Sea. The polar front at the Svalbard Bank between Bear Island and Hopen, is an important feeding area of capelin. The area is also important for reproduction of the two Thysanoessa species and potentially vulnerable to oil spill.

The main distributional area of the Arctic species listed above, is the arctic water masses, but detailed information on their horizontal distribution lacks.

Most species of animal plankton spawn in spring near the time of spring bloom of phytoplankton. Spawning and larval development of Calanus finmarchicus and C. glacialis is connected to the bloom of phytoplankton. Spawning of C. galcialis follows the receding ice edge northwards during summer, giving a spawning period from april to late summer. An oil spill drifting towards the ice edge may be trapped there and follow it northwards through the summer. The spawning products of C. glacialis may be damaged, resulting in a possible reduction in the food of capelin.

In the case of an oil spill the highest concentrations of oil are found near the surface. The degree of downwards transport into the mixed layer is dependent on the wind force. The eggs and larvae of C. finmarchicus and C. glacialis are usually found in highest concentrations in the upper 50m. The eggs are denser than sea water and sink, and this would tend to reduce the vulnerability of the eggs against oil.

Krill often spawns near the surface. Eggs and nauplii of krill are also commonly found in the upper 50m. Results of measurments of density of krill eggs are not reported, but they are possibly lighter than sea water and may hence concentrate near the surface in calm weather. Variable vertical distribution is reported for older larvae, which can occur in high concentrations near the surface. Krill seems to be vulnerable to oil pollution during the period of reproduction.

Amphipods (Parathemisto spp.) carry their eggs until they hatch and release them possibly in the upper water layers. It is observed that juveniles concentrate in the upper layers.

SAMMENDRAG

I Barentshavet er næringsgrunnlaget for fisk sett som mulig sårbart overfor olje. Næringsgrunnlaget er derfor vektlagt i vurderingen av mulige virkninger av oljesøl på fiskeressursene i Barentshavet. Larvestadiene av dyreplankton ble ansett å være mest sårbare, og et oljeutslipp i gyteperioden vil kunne drepe larvene og føre til nedsatt produksjon i et gitt område. Havstrømmene vil transportere disse vannmassene til andre områder. Lokalisering og omfang av påvirkede vannmasser, samt graden av påvirkning vil sammen med forekomst og fordeling av fisk danne grunnlag for vurdering av eventuell nedsatt vekst og produksjon av fisk.

I lys av dette har prosjektet framskaffet data om: (1) horisontalfordeling og sesongmessige variasjoner av dyreplankton, (2) tidspunkt og varighet av gyteperioden og (3) vertikal fordeling av egg og larver. Disse data utgjør grunnlagsmateriale for påfølgende konsekvensvurderinger. De viktigste artene av dyreplankton i Barentshavet kan deles i en atlantisk gruppe: rauåte (Calanus finmarchicus), småkrill (Thysanoessa inermis, T. raschii), storkrill (Meganyctiphanes norvegica) og amphipoden Parathemisto abyssorum og en arktisk gruppe: ishavsåte (C. glacialis) og amphipoden P. libellula.

Bestandene av rauåte og storkrill finnes typisk i det atlantiske vannet med høyeste konsentrasjoner i det innstrømmende vannet fra Norskehavet. Bestandene er trolig påvirket av mengden av voksne og larver som strømmer inn i Barentshavet fra Norskehavet. Derfor er konsekvensene av oljesøl i innstrømningsrutene viktig å vurdere. Dette gjelder særlig i gyte- og oppvekstperioden om våren og forsommeren.

Småkrill har store deler av bestanden konsentrert over grunne områder ved Svalbardbanken og det sørøstlige Barentshavet. Polarfrontområdet ved Svalbardbanken mellom Bjørnøya og Hopen, er et viktig beiteområde for lodde. Småkrillen reproducerer i dette området som potensielt er sårbart for oljesøl.

De arktiske artene har sin hovedutbredelse i de arktiske vannmasser, men detaljerte opplysninger om deres horisontale utbredelse mangler.

De fleste dyreplanktonartene gyter om våren omkring perioden for oppblomstring av planteplankton. Gyting og larveutvikling hos rauåte og ishavsåte er knyttet til oppblomstringen av planteplankton. Ishavsåta gyter i iskantsonen etter som isen trekker seg tilbake utover sommeren. Dette gir en gyteperiode som strekker seg fra april til sent på sommeren. Et oljesøl som driver inn mot iskanten vil kunne fanges opp av denne og følge tilbaketrekingen utover sommeren. Gyteproduktene av ishavsåte vil da kunne være utsatt for skade, med mulig påfølgende svikt i næringsgrunnlaget for lodde på sin nordlige næringsvandring.

Ved et oljesøl vil de høyeste konsentrasjonene av olje finnes i overflatelaget. Graden av nedblanding av olje i det vindblanda laget vil være avhengig av vindstyrken. Egg og larver av rauåte og ishavsåte fantes vanligvis i de største konsentrasjonene i de øverste 50 metrene. Eggene som har større tetthet enn vann vil synke, og dermed ikke samle seg i overflaten i stille vær. Dette reduserer eggenes sårbarhet for oljesøl i forhold til f.eks. torskeegg som har positiv oppdrift.

Krill gyter ofte nær overflaten. Egg og nauplier av krill er også funnet i de øverste 50m. Det er ikke funnet litteratur der oppdrift (tetthet) av krillegg er målt. Eggene har muligens positiv oppdrift og vil i så tilfelle ansamles i overflaten i stille vær. Eldre larver har en mer variabel vertikalfordeling, men kan også opptre i overflaten i store konsentrasjoner. Krill synes å være potensielt utsatt for oljesøl i sin reproduksjonsfase.

Amphipodene "føder levende unger" og slipper dem trolig nær overflaten. Det er observert at yngel konsentreres i det øvre vannlag.

INNHOLD

1	INNLEDNING	6
2	BYTTEDYRSSAMMENSETNING, BEITEOMRÅDER OG VANDRING HOS FISK	9
3	HORISONTALFORDELING AV DYREPLANKTON	12
4	LIVSSYKLER OG REPRODUKSJON HOS DYREPLANKTON	21
4.1	CALANUS SPP.	21
4.2	KRILL	26
4.3	PARATHEMISTO SPP.	28
5	VERTIKALFORDELING AV EGG OG NAUPLIER/LARVER	29
5.1	CALANUS SPP.	29
5.2	KRILL	33
5.3	PARATHEMISTO SPP.	34
6	REFERANSELISTE	35

1 INNLEDNING

Barentshavet er et viktig område for norske fiskerier og i dette havområdet finnes store bestander av bl.a. lodde, torsk og hyse. De kommersielt viktige fiskebestander har sine gyteområder lenger sør langs Norskekysten og fiskelarvene driver med strømsystemene tilbake til Barentshavet. Sårbarheten til de tidlige stadier av fiskelarver overfor oljeforurensning har vært brukt som utgangspunkt for konsekvensvurderinger av mulige virkninger av oljesøl på fiskeressursene i de norske kystområdene.

Med unntak av lodde som gyter ved kysten av Finnmark finnes ikke tidlige larvestadier i det egentlige Barentshavet. Dette har gjort det nødvendig med et annet utgangspunkt for konsekvensvurdering av oljesøl her. Dette utgangspunktet har vært å gå et trinn ned i næringskjeden og se på eventuelle virkninger på næringsgrunlaget for fisken.

Dyreplankton utgjør føden for lodde, sild og yngel/ungfisk av torsk og hyse. I den senere tid har en også sett at den voksne delen av torskebestanden beiter på dyreplankton, på grunn av de lave bestandene av lodde og sild. Dyreplankton spiller derfor en viktig rolle i Barentshavets husholdning. De viktigste formene er rauåte, ishavsåte og krill som har en ett- eller to-årig livssyklus med en veldefinert gyteperiode om våren. Undersøkelser har vist at larvestadier av dyreplankton kan være meget følsomme og utsatt for oljeforurensning (Davies et al. 1980, Skjoldal et al. 1981, Gamble et al. in press). Vi anser derfor dyreplanktonets reproduksjonsfase for å være et spesielt kritisk trinn i den biologiske produksjonskjede som fører opp til fisk. Planteplanktonet og deres primærproduksjon er sannsynligvis mindre viktig i denne sammenheng.

Prinsippet for konsekvensvurdering av mulige skadevirkninger på næringsgrunlaget for fiskeressursene er kort beskrevet som følger. Et oljesøl i gyteperioden for dyreplankton vil kunne drepe larvestadiene og føre til nedsatt produksjon av dyreplankton i et gitt område. Havstrømmene vil transportere

disse vannmassene til andre steder i Barentshavet senere i produksjonsperioden. Samtidig vil effekten reduseres på grunn av innblanding av "friske" vannmasser. Lokalisering og omfang av påvirkede vannmasser samt graden av påvirkning vil sammen med forekomst og fordeling av fisk danne grunnlag for vurdering av eventuell nedsatt vekst og produksjon av fisk. Analysen krever derfor ekstrapolasjon fra en primæreffekt av olje i et gitt område til mulige effekter på fisks beiting i andre områder senere i sesongen.

Biologisk oseanografiske undersøkelser i Barentshavet har vært drevet siden 1979 og disse ble intensivert med oppstarten av PRO MARE i 1984. Disse undersøkelsene danner et viktig grunnlag for konsekvens-vurderinger av mulige virkninger av olje på næringsgrunnlaget i Barentshavet. Analysene krever imidlertid detaljinformasjon om dyreplanktonets reproduksjonsfase. For å sikre slik informasjon ble det igangsatt et prosjekt under AKUP om dyreplanktonets reproduksjon i Barentshavet. Prosjektets målsetting er å framskaffe bakgrunnsdata for tidspunkt og varighet av gyteperiodene til de viktigste dyreplankton-artene, samt om horisontal og vertikal fordeling av egg og larvestadier.

Prosjektets aktivitet har gått parallelt med våre undersøkelser i PRO MARE og er blitt styrket ved dette. Feltarbeidet under AKUP-prosjektet har bestått av et tokt med kystvaktfartøyene "Senja" og "Andenes" i april 1986, et tokt med "G.O.Sars" i mai-juni 1987, samt 8 tokter med "Endre Dyrøy" i perioden januar-desember 1987. Resultatene fra toktet i 1986 er ferdig opparbeidet, men det gjenstår mye opparbeiding fra toktene med "G.O.Sars" og "Endre Dyrøy".

Den foreliggende rapport er primært en fagrapport hvor datagrunnlaget for konsekvensvurdering basert på dyreplanktonets produksjon er oppsummert. Dette grunnlaget er dels basert på våre egne undersøkelser og dels på en gjennomgang av litteratur. Grunnlagsmaterialet er dårlig for enkelte arter. Vi forventer at den videre opparbeiding av materialet fra toktene med "G.O.Sars" og "Endre Dyrøy" vil bidra til å styrke

kunnskapen om disse artene.

Grunnlagsmaterialet i foreliggende rapport vil bli brukt i den påfølgende konsekvensvurdering av mulige skadevirkninger av olje på fiskeressursene. Det vil i denne analyse bli tilstrebet å bruke sammenkoblede modeller for strøm, plankton og fisk så langt dette er praktisk mulig innen tilgjengelig tidsramme. Utvikling av slike komplette modeller vil representere et viktig bidrag til den forskningsmessige beredskap i forbindelse med oljeaktiviteten i Barentshavet. Ved siden av utførelsen av selve konsekvensvurderingen er våre planer for 1988 å gjøre ferdig opparbeiding og rapportering av innsamlet materiale. Vi har dessuten planer om i samarbeid med Bjørn Serigstad å utføre oljebelastningsforsøk for å få bedre informasjon om sammenhengen mellom konsentrasjon av olje og effekt på larvestadiene. Disse forsøk er planlagt utført med rauåte og krill.

2 BYTTEDYRSSAMMENSETNING, BEITEOMRÅDER OG VANDRING HOS FISK

Lodda gyter på kysten av Finnmark og Murmansk om våren. Hovedgytingen er over tidlig i mai og overlevende etter gytingen starter en beitevandring nordover mot polarfronten, og blander seg med den umodne delen av bestanden (Ozhigin og Luka 1985). Beitende lodde følger så isens tilbaketrekning utover sommeren (juli-september) (Rey et al. 1987). I varme år trenger bestanden lenger mot nord og øst, inn i det arktiske vannet, enn i varme år (Ozhigin og Luka 1985). Mageundersøkelser av lodde har vist at i de atlantiske vannmasser gjennspeiles artssammensetningen av dyreplankton i sjøen i mageinnholdet (Hassel 1986, Hassel pers. medd.). De dominerende artene av store dyreplankton i atlantisk vann sør for polarfronten er Calanus finmarchicus (rauåte), Thysanoessa inermis og T. raschii (småkrill), Meganyctiphanes norvegica (storkrill) og Parathemisto abyssorum (marflo). Selv om det ikke finnes omfattende mageundersøkelser fra de arktiske vannmassene er det rimelig å anta at de arktiske artene Calanus glacialis (ishavsåte) og Parathemisto libellula er de viktigste byttedyrene når lodda beiter i arktisk vann. Når planktonet har vandret mot bunnen i september har lodda sin nordligste utbredelse. Da opphører beitingen og lodda starter en vandring mot sør og vest for å overvintre i dypet på den varmeste (atlantiske) siden av polarfronten (Ozhigin og Luka 1985).

Sild har tradisjonelt et viktig oppvekstområde i Barentshavet (Dragesund et al. 1980). Silda står i det atlantiske vannet og i fjordene i Finnmark. Store årsklasser fyller de atlantiske vannmassene fullstendig. Som 2-3-åringer vandrer silda ut av Barentshavet. Byttedyrssammensetningen til sild i Barentshavet er ikke godt kjent, men trolig har den samme næringsgrunnlag som lodde i atlantisk vann. Det vil si at de mest vanlige atlantiske dyreplanktonformene blir beitet på. Som hos lodde stopper trolig beitingen når silda vandrer mot bunnen og inn i fjordene for å overvintre. Dette skjer om høsten (Dragesund et al. 1980).

En annen viktig gruppe av planktonetende fisk i Barentshavet er 0-gruppe (fisk under ett år) av torsk og hyse. Fra juni og utover sommeren fører strømmen store mengder yngel av torsk inn Barentshavet (Bjørke og Sundby 1987). Yngelens utbredelse er begrenset til de atlantiske vannmasser, og fordelingen forskyves østover utover sommeren. Torskeyngelens viktigste beiteområder er de atlantiske vannmassene samt kystvannet.

Yngelen lever pelagisk og beiter på dyreplankton før den bunnsår seg i august-september. Deretter vil bunndyr utgjøre en større del av menyen. 0-gruppe torsk langs kysten av Finnmark hadde krill som viktigste byttedyr, men også kopepoder (m.a. Calanus finmarchicus) og amphipoder (Parathemisto abyssorum) var vanlige (Wiborg 1949).

I 1983 ble det produsert en stor årsklasse av sild som fylte Barentshavet. Da denne silda var tre år gammel (i 1986) vandret den ut og fordelte seg langs Norskekysten, hovedsaklig sør for Lofoten. I 1985 brøt loddebestanden sammen og samtidig vokste torskebestanden i Barentshavet kraftig. 1984 og 1985 årsklassene av sild, som var relativt rike på yngelstadiet, ble på grunn av mangelen på annen føde beitet ned av torskebestanden. Også rekebestanden var utsatt for et sterkt beitepress, og bestanden minket. Dermed måtte torsken skifte over til andre byttedyr, og hyperiide amphipoder (Parathemisto abyssorum og P. libellula) og krill har blitt en viktig del av dens næringsgrunnlag. Høsten 1986 utgjorde amphipodene ca. halve mageinnholdet hos torsk (Mehl 1987, Mehl pers. medd.).

Følgende arter av dyreplankton kan trekkes fram som viktige i næringsgrunnlaget hos fisk: kopepoder (Calanus finmarchicus, C. glacialis, C. hyperboreus), krill (Thysanoessa inermis, T. raschii, Meganocyttiphanes norvegica) og amphipoder (Parathemisto abyssorum, P. libellula).

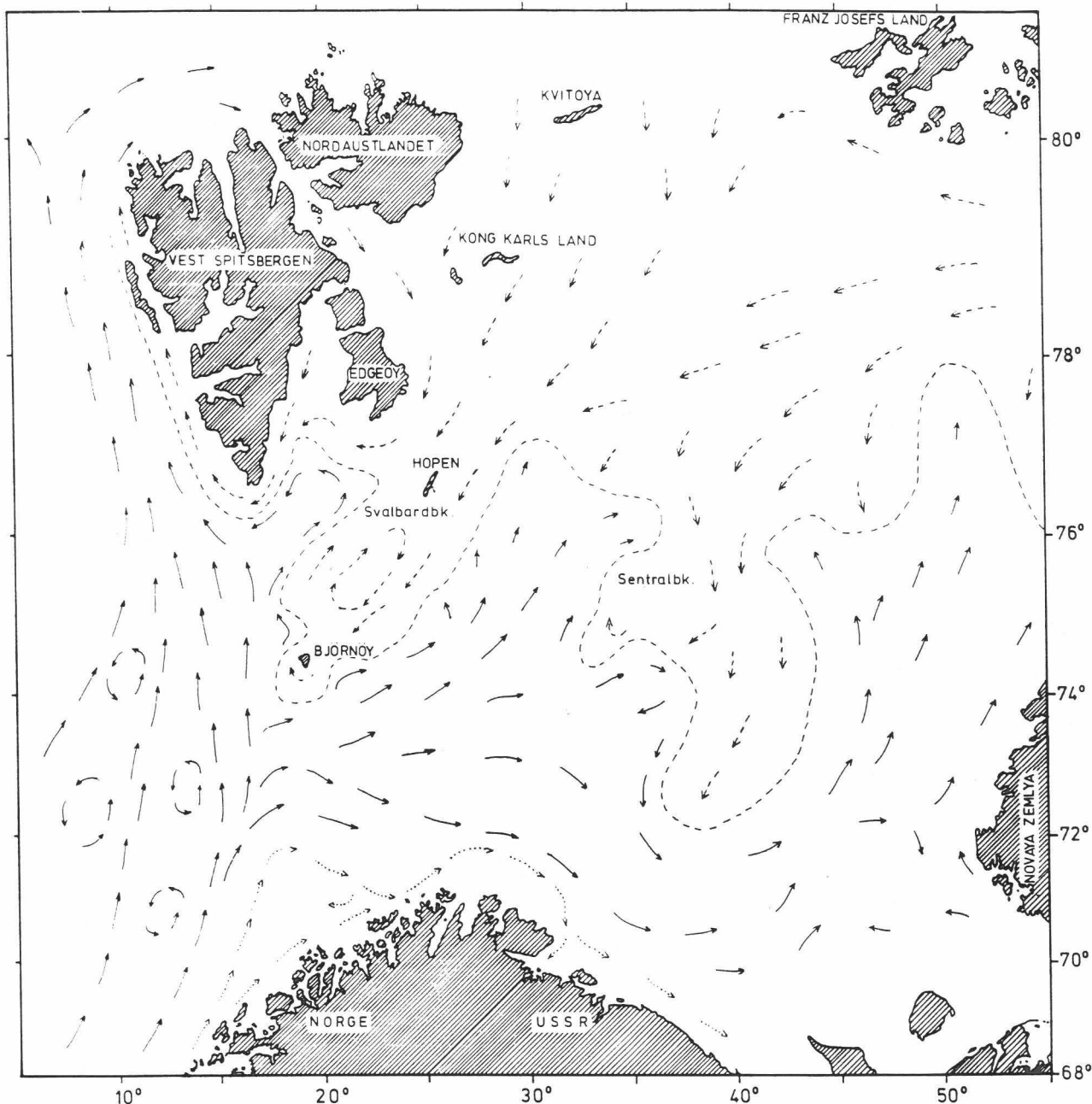
En annen planktonetende art, polartorsken (Boreogadus saida), blir ikke omhandlet i denne analysen. Denne arten har til nå hatt liten økonomisk betydning, men kan kanskje få det i framtida. Polartorsken har trolig stor økologisk betydning i de periodevis isdekte områdene i Barentshavet.

3 HORIZONTALFORDELING AV DYREPLANKTON

Bortsett fra russiske undersøkelser finnes det ikke arbeider fra Barentshavet der de enkelte dyreplankton-artenes utbredelse er nøyaktig kartlagt. Derfor er undersøkelser av artenes fordeling i forhold til det fysiske miljø viktige.

Følgende beskrivelse av de fysiske forhold i Barentshavet bygger på en oppsummering av Midttun og Loeng (1987). Langs kysten av Norge går den Norske kyststrømmen inn i Barentshavet (Figur 3.1). Parallelt på utsiden strømmer Nordkapp-strømmen inn mellom Fugløybanken og Bjørnøya. Denne strømmen deler seg i to hovedarmer. Den sørlige går østover langs kysten av Murmansk og snur nordover mellom Sentralbanken og Novaya Zemlya. Den nordlige armen trenger nordover mellom Svalbardbanken og Sentralbanken, mot Storbanken. Der deler den seg og dykker delvis ned under de lettere arktiske vannmassene. Fra det arktiske vannet i nord går det sørlige strømmen, som når lengst sør over de store bankene, Svalbardbanken og Sentralbanken. De arktiske og atlantiske vannmassene møtes i polarfronten. Denne har en relativt stabil plassering i de vestlige deler der strømmene styres av Svalbardbanken og Sentralbanken (Figur 3.1). I øst derimot forskyves polarfronten mot sør om vinteren og nordover om sommeren, og blandingsvann av de to vann typer finnes over et stort område. Vanligvis er atlantisk vann karakterisert ved en saltholdighet over $35 \text{ }^{\circ}/_{00}$ og en temperatur over 0°C (Midttun og Loeng 1987).

Skillet mellom arktisk og atlantisk vann er den viktigste faktoren som bestemmer artenes horisontale utbredelse. Klarest ser vi dette i fordelingene av Calanus finmarchicus og C. glacialis, som dominerer i henholdsvis atlantiske og arktiske vannmasser (Jaschnov 1972, Tande et al. 1985, Hassel 1986). I polarfronten finnes begge artene samtidig. Den tredje Calanus-arten, C. hyperboreus, finnes både i arktisk og atlantisk vann (Hassel 1986). I atlantisk vann samt i de arktiske vannmassene ved polarfronten opptrer C. hyperboreus vanligvis i langt lavere tettheter enn de to andre artene (Melle et al. 1987).



FIGUR 3.1. Overflatestrømmer i Barentshavet. Arktiske strømmer (---→), atlantiske strømmer (—→) og kyststrømmer (....→). (Etter Middttun og Loeng 1987).

De russiske planktonundersøkelsene i Norskehavet og Barentshavet presenterer årlige kart over utbredelsen av dyreplankton-biomassen. Siden Calanus-artene, og da først og fremst C. finmarchicus, har en mye større biomasse enn de andre artene, gir biomasse-fordelingene også et godt bilde av horisontalfordelingen til Calanus spp. Figur 3.2 viser

planktonfordelingen i tre spesielle år. I 1963 hadde planktonet en uvanlig østlig fordeling, mens i 1984 var fordelingen forskjøvet mot vest. I 1981 følger planktonet strømmen av atlantisk vann som deler seg i en nordlig arm (mot Spitsbergen) og en østlig inn i Barentshavet. De høyeste planktonkonsentrasjonene i Barentshavet ligger dette året nær Norskekysten.

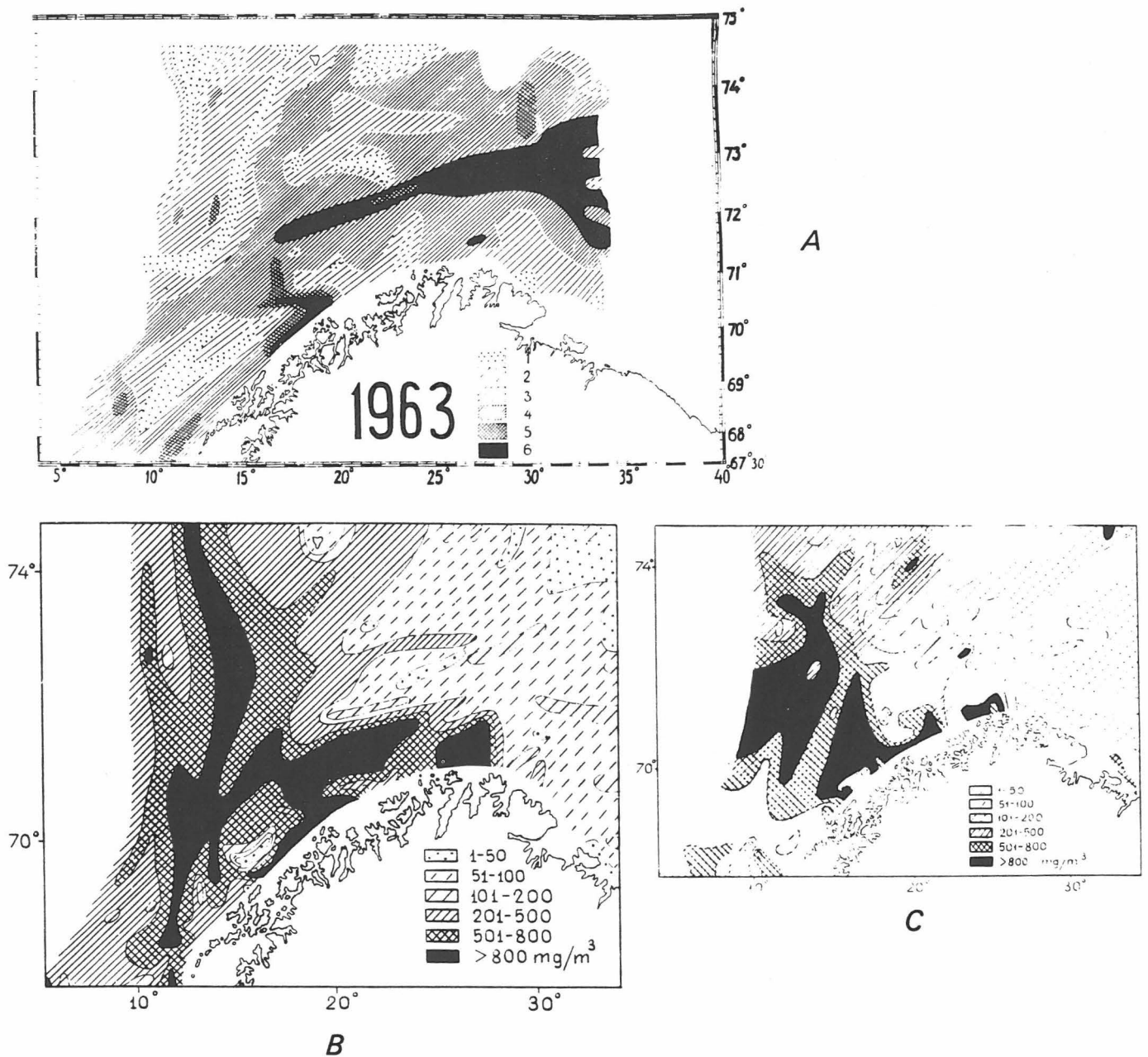
Felles for disse tre årene er at maksimalkonsentrasjonene av plankton finnes i de atlantiske vannmasser. De arktiske vannmasser er dårlig dekket, men de sydlige deler synes generelt å ha lavere biomasse enn de atlantiske vannmasser i vest. Polarfronten skiller seg heller ikke ut med spesielt høy biomasse.

Thysanoessa inermis og T. raschii er knyttet til grunnere områder langs kystene og over bankene, mens Meganyctiphanes norvegica som er en mer oseanisk art, finnes i de åpnere vannmasser (Drobysheva 1979).

De største forekomstene av T. inermis og T. raschii finnes over de grunnere områdene mellom Murmansk og Novaya Zemlya, og ved Svalbardbanken (Drobysheva 1979). T. raschii har en mer østlig fordeling enn T. inermis, og sist nevnte dominerer ved Svalbardbanken (Drobysheva 1979). Dette antyder også våre resultater fra mai-juni 1987, da det på i alt 33 stasjoner i polarfronten øst for Svalbard var 98% T. inermis og bare 2% T. raschii.

Populasjonen av T. inermis vest i Barentshavet er til en viss grad influert av innstrømmende larver fra Norskehavet (Drobysheva 1982). T. inermis og T. raschii øst i havet er derimot i svært liten grad påvirket av innstrømmende larver. Populasjonene av T. inermis og T. raschii i Barentshavet regnes for å utgjøre "selvstendige" populasjoner, der hele livssyklus gjennomføres innenfor havområdet (Drobysheva 1982).

M. norvegica er knyttet til de varme atlantiske vannmasser. Populasjonen i Barentshavet er trolig avhengig av innstrømmende larver fra gyteområdene i Norskehavet for å kunne opprettholdes



FIGUR 3.2. Biomasse av dyreplankton (mg/m^3) i juni/juli i Barentshavet årene:

A - 1963 (Etter Degtereve 1965).

B - 1981 (Etter Bliznichenko *et al.* 1984).

C - 1984 (Etter Degtereve *et al.* 1986).

Skraveringskoden i A er som angitt i B og C.

(Drobysheva 1979). Det er heller ikke funnet viktige gyteområder for arten i Barentshavet.

Temperaturen i Barentshavet reflekterer innstrømmingen av atlantisk vann. I varme år er det vist at kaldtvannsarten T. raschii får en mer østlig utbredelse og redusert bestandsstørrelse (Drobysheva 1979). Varmtvannsarten M. norvegica derimot viser økende tettheter og trenger lenger øst i havet. I 2-3 år (artens livslengde) etter spesielt varme år finnes det store forekomster av arten. I varme år kan T. inermis nesten forsvinne fra de vestlige deler av Barentshavet, dvs. Svalbardbanken, mens i kalde år er bestanden der spesielt stor (Drobysheva 1979).

I Barentshavet overvintrer krill nær bunnen og kommer til overflaten igjen på ettervinteren, før våroppblomstringen starter. Om våren og sommeren kan de samles i de aller øverste metrene i enorme svermer (Zelickman 1961). T. inermis og T. raschii legger eggene i de øverste 25m (Ponomareva 1959). Det er også vist at populasjonene av T. inermis og særlig T. raschii reproducerer og lever gjennom hele sin livssyklus innenfor avgrensede områder (Drobysheva 1982). Slike adferdsmønstre kan gjøre artene ømtålige for oljeutslipp fordi gytingen kan forstyrres og egg og larver kan skades. På grunn av liten rekruttering til bestanden fra omliggende områder kan dette lokalt føre til en reduksjon i bestanden av krill, og en påfølgende sakte gjenoppbygging.

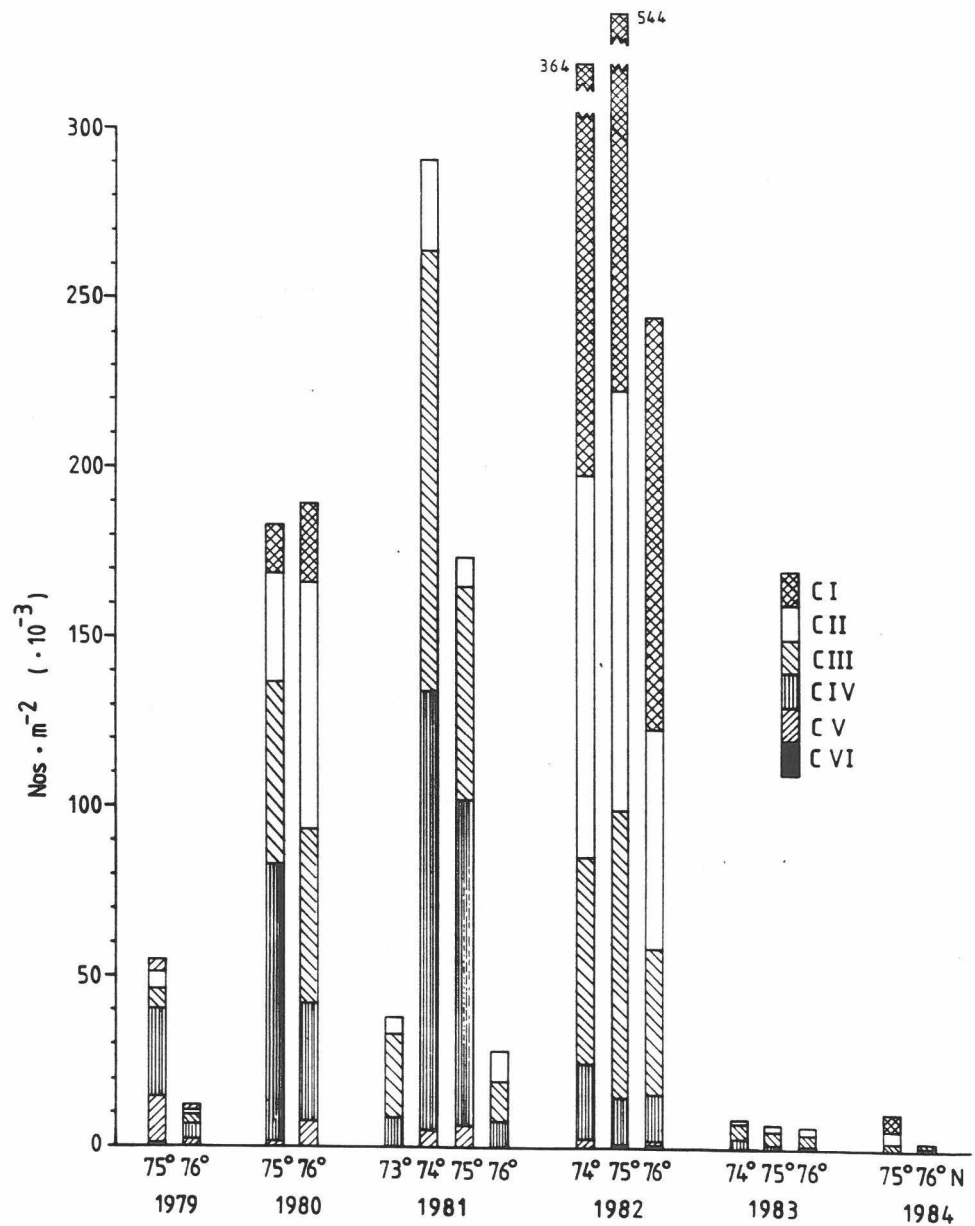
Polarfronten og iskanten etter som denne trekker seg tilbake utover sommeren, er viktige beiteområder for lodde. Krill utgjorde 40% (våtvekt) av mageinnholdet hos lodde fra de atlantiske vannmasser i 1981 (Hassel 1986). I polarfronten langs kanten av Svalbardbanken mellom Bjørnøya og Hopen, finnes en av de største forekomstene av krill i Barentshavet (Drobysheva 1979). Dette er også et viktig beiteområde for lodde. Etter hvert som lodda følger iskantens tilbaketrekning inn i det arktiske vannet vil forekomstene av krill minke. Mageinnholdet av lodde fra to stasjoner i arktisk vann bestod av 65-68% calanoide copepoder (tørrvekt), mens bare 3-11% var

krill (Hassel 1986). Polarfronten mellom Bjørnøya og Hopen kan være et område som er særlig utsatt for oljeforurensning. Mellom den nordgående strømmen av atlantisk vann og den sydgående strømmen av arktisk vann (Figur 3.1) vil det være stor grad av virveldannelse (Loeng et al. 1987). Drivende olje vil kunne ansamles og holdes tilbake i dette området med mulige skadevirkninger på reproduksjonen av krill og på beiteforholdene for lodde. Iskanten vil også være et område som kan være utsatt for oljesøl. Som omtalt i senere kapitler vil oppblomstringen av planteplankton langs den tilbaketrekkende iskanten initiere gyting hos Calanus glacialis som da er konsentrert i overflatelaget (Skjoldal og Hassel, upubliserte resultater, Longhurst et al. 1984). Iskanten vil kunne danne en barriere for drivende olje som oppkonsentreres og forblir i denne biologisk viktige sone. Dette kan føre til mulige skader på produksjonen av dyreplankton, og dermed på næringsforholdene for lodde og andre organismer, bl.a. sjøfugl.

Biomassen av plankton i Barentshavet varierer fra år til år (Degtereva 1979), og det er funnet store variasjoner både i krill-mengden (Tabell 3.1) og i Calanus-mengden (Figur 3.3). Bestandsstørrelsen til den oseaniske arten Meganyctiphanes norvegica i Barentshavet varierer som en følge av varierende tilførsel av yngel fra gyteområdene i Norskehavet. Driften av yngel inn i Barentshavet er trolig avhengig av hvor kraftig innstrømmingen av atlantisk vann er i løpet av vår og sommer (Drobysheva 1979, Degtereva et al. 1986). Også Calanus finmarchicus fra Norskehavet gyter i det atlantiske vannet som strømmer inn i Barentshavet og bidrar til rekrutteringen av rauåte der. Betydningen av denne rekrutteringen, og eventuelle skadevirkninger om den skulle delvis ødelegges av et oljeutslipp i driftruten til ungstadier, blir kartlagt ved hjelp av de månedlige toktene med "Endre Dyrøy". Resultatene vil foreligge i løpet av våren 1988.

TABELL 3.1. Årlige variasjoner i forekomstene av krill i det sørlige Barentshavet, gjennomsnittlig antall i 1000m³. (Etter Drobysheva 1979).

ÅR (nov.-feb.)	<u>Thysanoessa</u> <u>inermis</u>	<u>Thysanoessa</u> <u>raschii</u>	<u>Meganyctiphanes</u> <u>norvegica</u>
1952/53	122	3	45.5
1953/54	282	11	2.0
1954/55	83	7	9.7
1955/56	72	6	14.5
1956/57	34	18	13.9
1957/58	29	38	17.3
1958/59			
1959/60	70	45	0.6
1960/61	57	6	1.2
1961/62	116	10	21.8
1962/63	551	145	
1963/64			
1964/65	45	69	2.2
1965/66	22	22	2.0
1966/67	44	16	1.6
1967/68	53	15	1.3
1968/69	60	16	0.1
1969/70	43	96	3.2
1970/71	48	32	0.4
1971/72	20	49	0.2
1972/73	156	1091	0.2
1973/74	73	164	0.1
1974/75	133	144	1.2
1975/76	570	1230	0.4
1976/77	69	158	0.1



FIGUR 3.3. Tettheter av kopepoditter (antall individ/m²) av *Calanus finmarchicus* pluss *C. glacialis* på utvalgte stasjoner 1979-1984. (Etter Skjoldal *et al.* 1987).

Innstrømmende atlantisk vann påvirker trolig bestanden av C. finmarchicus på en annen måte også. Om vinteren står C. finmarchicus dypt i Norskehavet, i hovedsak under 600m (Østvedt 1955). Den atlantiske strømmen over terskelen (4-500m) inn i Barentshavet vil da ha et lavt innhold av dyreplankton. Når isen fryser i Barentshavet dannes det tungt bunnvann (Midttun 1985). Dette tømmes om vinteren ut av Barentshavet i pulser med mer enn ett års mellomrom (Midttun og Loeng 1987). Uttømmingen av bunnvann kompenseres av en øket innstrømming av overflatevann. Dersom en slik innstrømming skjer i vinterhalvåret vil Barentshavet i større grad enn ellers fylles med atlantisk vann fattig på Calanus spp. såvel som annet dyreplankton. Produksjonen i Barentshavet den påfølgende sesongen vil derfor i stor grad være avhengig av områdets egen overvintrings-bestand. I slike år er kanskje Barentshavet mer ømtålig for oljeskader enn i år med rikelig rekruttering fra Norskehavet.

4 LIVSSYKLER OG REPRODUKSJON HOS DYREPLANKTON

4.1 CALANUS SPP.

Undersøkelser i forbindelse med denne konsekvensutredningen har hatt som mål å kartlegge mer nøyaktig gytingen til Calanus-artene (og andre dyreplankton) i Barentshavet med hensyn på tid, oppblomstring av planteplankton og vannmasser (geografi). Undersøkelser ble gjennomført i april 1986 i polarfronten, i både arktisk og atlantisk vann. De første resultatene er gjengitt i Melle et al. (1987). Her omtales hovedkonklusjonene som sammenstilles med eksisterende litteratur om livssyklus og reproduksjon hos Calanus spp. Resultater fra tokt med "G.O.Sars" i mai-juni 1987 i samme området er delvis opparbeidet, og blir også referert til.

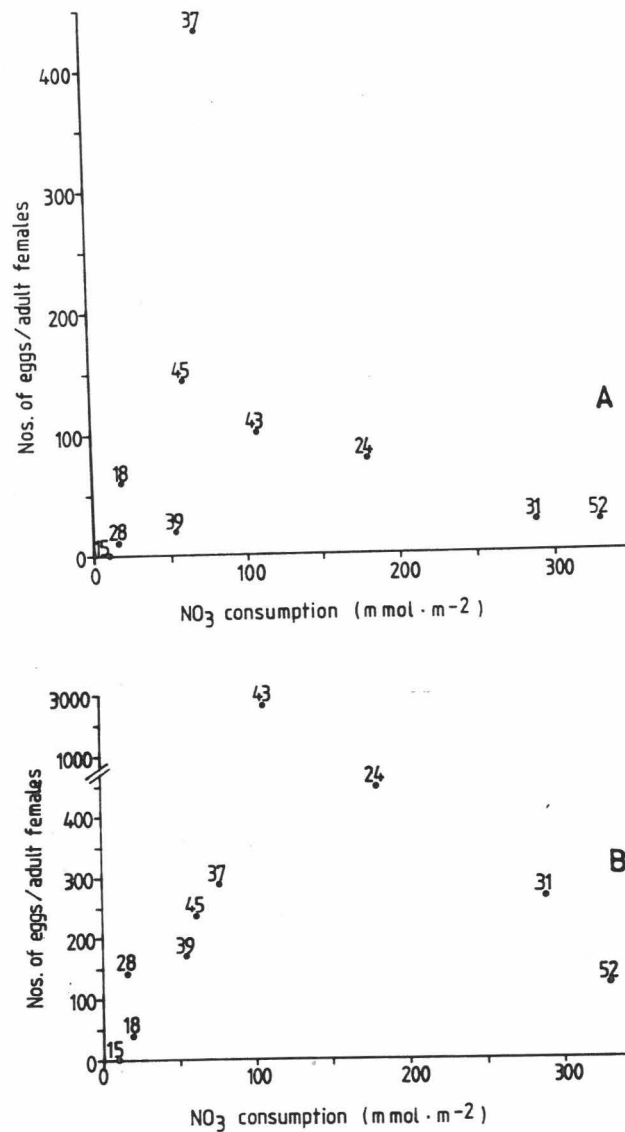
Forskningsprogrammet PRO MARE har i sine undersøkelser lagt hovedvekten på det pelagiske økosystemet og det fysiske miljø i området mellom Svalbardbanken og Sentralbanken (Rey et al. 1987). Her strømmer atlantisk vann inn fra sør og har sin nordligste utbredelse over Svalbardrenna (Figur 3.1). Svalbardbanken og Sentralbanken er dekket av arktisk vann eller blandingsvann. Når det varmere og saltere atlantiske vannet møter det arktiske vil det atlantiske gli inn under det arktiske vannet som er lettest. Starttidspunktet og forløpet av planteplankton-oppblomstringen varierer mellom år (Rey et al. 1987, Skjoldal et al. 1987). Den avgjørende faktoren for at oppblomstringen skal kunne komme igang er en vertikal stabilisering av vannsøylen. Det vil si at det dannes et lett overflatelag som den vertikale omrøringen begrenses til. Dermed øker sannsynligheten for at planteplankton-celleene skal holde seg i de øvre vannmassene med nødvendig lys for deres produksjon.

Stabiliseringen kan skje på tre måter: (1) oppvarming av overflatelaget, (2) smelting av is i varmt atlantisk vann eller (3) smelting av is i kaldt arktisk vann. Issmelting i atlantisk vann fører til den tidligste stabiliseringen og kan gi

blomstring så tidlig som i april. Nødvendig stabilisering av atlantisk vann som følge av oppvarming skjer gjerne ikke før i juni. I kalde år kan isdekket drive langt sør i det atlantiske vannet, og gi mulighet for tidlig blomstring over store områder. Etter den første starten i oppblomstringen vil denne følge iskanten etter som denne trekker seg tilbake utover sommeren.

De tre Calanus-artene i Barentshavet, Calanus finmarchicus, C. glacialis og C. hyperboreus, har noe ulike livssyklus. C. finmarchicus og C. hyperboreus gyter om våren eller sent på vinteren. De utvikler seg gjennom et pelagisk eggstadium, 6 naupliestadier og 6 copepodittstadier. Når de når stadium 3-5 ut på sommeren eller høsten vandrer de mot de dypere vannlag for å overvintre. I løpet av vinteren utvikler de seg til voksne (stadium 6) kjønnsmodne individer som gyter som ett-åringer. De har altså en ett-årig livssyklus. C. glacialis skiller seg fra de to andre ved å ha en to-årig livssyklus. Første overvintring startes som stadium 3-4, og andre som stadium 5. Individene kjønnsmodnes og gyter den tredje sesongen etter at de selv ble gytt (Longhurst et al. 1984, Tande et al. 1985). Gytingen er mer utstrakt og kan skje fra vinteren til sent på sommeren (Longhurst et al. 1984). Dette bildet kompliseres så ved at artene kan ha forskjellige livssyklus i ulike områder. C. finmarchicus og C. hyperboreus i arktiske vannmasser kan trolig ha to- eller fler-årige livssyklus, og C. glacialis kan i enkelte områder ha ett-årig livssyklus (Longhurst et al. 1984).

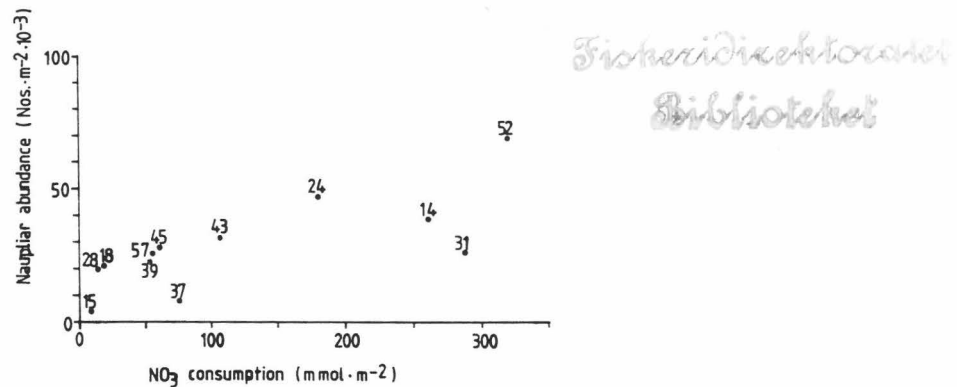
I våre undersøkelser i Barentshavet antydte forekomstene av egg og stadiefordelingen av nauplier og copepoditter at gytingen hos C. finmarchicus startet alt i februar. I Figur 4.1 er gyteintensiteten hos C. finmarchicus plottet mot nitratforbruket i de øverste 100m av vannsøylen. Nitratforbruket gir et mål for hvor langt utviklingen i planteplankton-blomstringen er kommet. Vi ser at den kraftigste gytingen alt var passert i det atlantiske vannet med smeltevann på toppen (st. 24,31,52), der også vår oppblomstringen startet først. Maksimal gyting ble observert på de stasjonene som fremdeles var i begynnelsen av



FIGUR 4.1. Gyteintensitet (antall egg/hunn) mot nitratkonsumet.
 A - *Calanus finmarchicus*, B - *C. glacialis*. (Etter Melle et al. 1987).

blomstringsfasen (f.eks. st. 37,43,45). I det atlantiske vannet i sør (st. 15,28,57) var gytingen senest.

Gytingen i smeltevannsområdet var altså nær sitt maksimum i midten av april i 1986. Økning i antal nauplier med økende utvikling av blomstringen (Figur 4.2) antyder også at gyteintensiteten tar seg opp når blomstringen starter. Prøver fra midten av mai 1987 viste at gytingen da hadde passert maksimum selv i det rent atlantiske vannet, der gytingen i



FIGUR 4.2. Tettheten av nauplier (antall/m²) av Calanus finmarchicus pluss C. glacialis mot nitratkonsumet. (De to artene er ikke adskilt på naupliestadiet). (Etter Melle et al. 1987).

april 1986 var kommet kortest. En viss gyting pågikk likevel ennå.

På bakgrunn av eksisterende litteratur mente Heinrich (1962) at gyteprosessen hos C. finmarchicus var nær knyttet til oppblomstringen av planteplankton. I Barentshavet er det beregnet på grunnlag av stadiefordelingen av copepoditter i juni, at hovedgytingen hos C. finmarchicus var i slutten av april og tidlig i mai (Skjoldal et al. 1987).

Tiden mellom begynnelsen av april og fram til midten av mai blir da viktigste gyteperiode hos C. finmarchicus i poplarfronten og i det atlantiske vannet lenger sør. Med en utviklingstid fra gyting til første copepodittstadium på 1¹/₂-2 mnd. avhengig av temperaturen (Marshall og Orr 1972, Hopkins et al. 1984, Runge et al. 1985), vil det i perioden fra begynnelsen av april til begynnelsen av juli være egg og nauplier tilstede i sjøen. Dette vil med hensyn på oljeutslipp være den mest ømtålige perioden for arten Calanus finmarchicus.

Selv om gyteintensiteten var høy og det på enkelte stasjoner ble funnet mye egg av C. glacialis i april 1986, var det svært få som hadde klekket. Det ble derfor observert små mengder nauplier. I mai-juni 1987 ser mengdene av nauplier av C.

glacialis derimot ut til å ha vært store (ennå få opparbeidete stasjoner). Det er i Figur 4.1 ikke mulig å se at gytingen hos C. glacialis, sammenlignet med C. finmarchicus, var vesentlig forsinket i forhold til planteplankton-oppblomstringen. Gyteforløpene synes å være svært like i polarfront-området. Dermed kan det synes som utviklingshastigheten på egg- og naupliestadiet hos C. glacialis er noe lavere enn hos C. finmarchicus. En må regne med at det vil finnes store tettheter av egg og nauplier av C. glacialis utover de tre månedene som var antydnet for C. finmarchicus.

Forekomstene av egg og nauplier av C. glacialis er lave i det rent atlantiske vannet (st. 15,28,57) som man kan vente av en arktisk art. I det arktiske vannet under isen dominerer C. glacialis i forhold til C. finmarchicus som lenger nord vil forsvinne. Utover sommeren starter oppblomstringen av planteplankton i iskanten etter hvert som isen smelter og trekker seg tilbake. Det er både i Barentshavet (Hassel 1986) og i andre polare strøk vist at C. glacialis kan gyte gjennom hele sommeren og ut på høsten (Lonhurst et al. 1984). C. glacialis synes altså å være mer fleksibel og utnytter planteplankton-oppblomstringen i iskanten til å gyte gjennom hele sommeren. Dermed blir den kritiske fasen for et oljeutslipp i dette området forlenget, ved at egg og nauplier finnes i sjøen over et langt tidsrom.

Egg av C. hyperboreus ble ikke funnet i april 1986, men på enkelte stasjoner var det store mengder nauplier (st. 52). Dette peker mot en tidlig gyting hos C. hyperboreus. På enkelte stasjoner i mai-juni 1987 observerte vi at store mengder hunner stod like under maksimum laget for den vertikale planteplankton-utbredelsen, på 60-80m dyp. Mye egg som trolig var av C. hyperboreus, tyder på at C. hyperboreus i tillegg til å gyte svært tidlig på våren også kan ha en senere gyting. I løpet av vinteren fram til april gyter C. hyperboreus i Norskehavet på dypt vann (>600m) (Østvedt 1955). Sømme (1934) mente at C. hyperboreus hadde en tidlig gyting nær overflaten og en senere i dypet. Lonhurst et al. (1984) viser til observasjoner av gyting hos C. hyperboreus fra januar til juni.

Våre indikasjoner på gyting hos C. hyperboreus både i januar-februar og mai-juni i Barentshavet skiller seg altså ikke fra de observasjoner som er gjort av andre. Gytemønsteret er imidlertid fortsatt uklart for denne arten. Videre opparbeiding av de innsamlede prøver vil forhåpentligvis gi oss bedre informasjon om dette.

4.2 KRILL

Både Thysanoessa inermis T. raschii og Meganycitiphanes norvegica har 2-årig livssyklus, men alle tre kan gyte alt som ett-åringer (Einarson 1945, Mauchline 1980, Hopkins et al. 1984). Ved så lave temperaturer som i Barentshavet gyter bare en svært liten del av populasjonen som ett-åringer og hovedmengden som to-åringer (Drobysheva 1987). Ingen eller bare svært få overlever til de blir tre år, og kan gyte to ganger (Mauchline 1980, Drobysheva 1987). Artene gjennomgår følgende utviklingsstadier: egg, nauplie, metanauplie, calyptopis, furcilia, juvenile og voksne.

T. inermis og T. raschii gyter i mars-mai rundt Lofoten (Wiborg 1954) og i Balsfjorden (Hopkins et al. 1984). Balsfjorden ligner mest på Barentshavet når det gjelder temperatur, men krillen der synes ikke å være vesentlig forsinket i gytingen i forhold Lofoten. T. raschii er observert også å gyte så sent som mai-august i nordlige farvann (Mauchline 1980). I Barentshavet har T. inermis en tidligere og kortere gyteperiode (april-mai) enn T. raschii (mai-juli) (Boytssov og Drobysheva 1987). Resultatene fra våre tokt har vist at nær polarfronten mellom Svalbardbanken og Sentralbanken, var ikke gytingen hos Thysanoessa sp. startet i april 1986. I slutten av mai 1987 ble det i det samme området funnet tildels store mengder egg av både T. inermis og T. raschii (resultater fra tokt med "G.O. Sars mai-juni 1987). Gytingen startet altså i løpet av mai for disse to artene.

Det er usikkert hvorvidt (og eventuelt når) M. norvegica gyter i Barentshavet. I Nord-Atlanteren er tidsrommet vår/sommer angitt (Mauchline 1980). Einarson (1945) fant at gytingen var senest i de nordlige bestandene. I våre prøver fra mai-1987 er det ikke funnet larver eller egg av M. norvegica, men dette skyldes nok også at toktet ble gjennomført nord for artens utbredelsesområde. Alle prøvene fra mai-juni 1987 samt den månedlige deknningen av atlantiske vannmasser med "Endre Dyrøy" er ennå ikke fullstendig opparbeidet, og vil kunne gi mer informasjon om gyteperioden hos M. norvegica.

Heller ikke utviklingstiden av de tidlige stadier hos krill er godt kjent ved de temperaturer en finner i Barentshavet. Ved Grønland utviklet artene T. inermis og T. raschii seg fra egg til furciliastadiet i tidsrommet mai-september (Einarson 1945). Dette var ved overflatetemperaturer fra $<2.0^{\circ}\text{C}$ til $>6.0^{\circ}\text{C}$. Dette er ikke så langt fra de temperaturer en måler i Barentshavet og en lignende utviklingstid kan ventes å eksistere der. Da vil det være egg/larver av T. inermis og T. raschii i sjøen fra mai og gjennom hele sommeren. Avhengig av de ulike larvestadienes vertikalfordeling og følsomhet for olje kan hele tidsrommet fra mai til september være en utsatt periode for T. inermis og T. raschii med tanke på eventuelle oljeutslipp. I den sørlige delen av Barentshavet der vannet er varmere og utviklingen raskere er trolig den utsatte perioden noe kortere. Utviklingstiden for egg og larver av M. norvegica antas ikke å være særlig forskjellig fra T. inermis og T. raschi. M. norvegica gyter trolig senere enn de to Thysanoessa-artene, men er også begrenset til varmere vann, noe som vil føre til raskere utvikling.

4.3 PARATHEMISTO SPP.

De pelagiske amphipodene Parathemisto abyssorum og P. libellula dominerer i henholdsvis atlantisk og arktisk vann (Dunbar 1964). Lite er kjent om livssyklus og reproduksjonsbiologi hos disse artene, men følgende beskrivelser er gitt. De bærer eggene til de klekker, og "føder" således levende unger. Larvene er en liten kopi av de voksne dyrene når de starter sitt pelagiske liv. Ved norskekysten står P. abyssorum dypt om vinteren og finnes nær overflaten i perioden april-juni, når ungene slippes (Østvedt 1955). Store mengder små individer ble funnet i Lofoten i juli (Wiborg 1954). Når P. abyssorum slipper yngelen i Barentshavet er ikke kjent. Dette er heller ikke kjent hos P. libellula som hovedsakelig finnes i de arktiske vannmasser. Som hos Calanus glacialis er det imidlertid rimelig å anta at slippingen av yngel er koplet til issmeltingen og den påfølgende oppblomstring av planteplankton. I det atlantiske vannet og i polarfronten har undersøkelser utført ved Havforskningsinstituttet vist at forekomstene av unge individ i april (1986) var mye mindre enn i juni (1984).

5 VERTIKALFORDELING AV EGG OG NAUPLIER/LARVER

5.1 CALANUS SPP.

Vertikalfordelingen av egg i sjøen er bestemt av (1) den vertikale hastigheten (w) til egget:

$$w = 1/18 \, g d^2 \Delta \rho v^{-1} , \quad (\text{Stokes ligning})$$

der: g = gravitasjons-konstanten

d = eggdiameter

$\Delta \rho$ = tetthetsforskjellen (egg-vann)

v = molekylær viskositet, og (2) den vertikale omrøringen i blandingslaget (Sundby 1983).

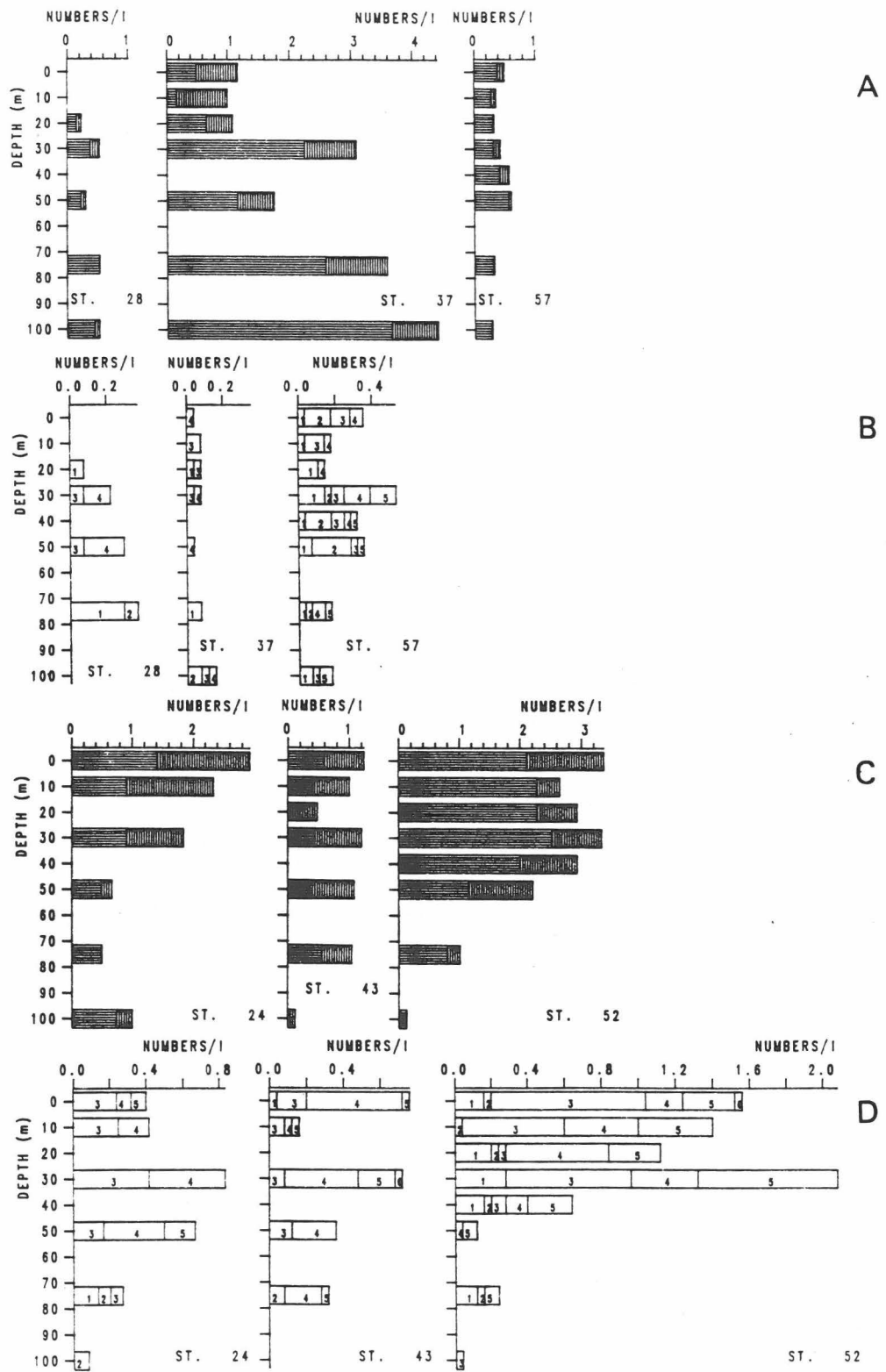
Eggene til Calanus finmarchicus har mye større tetthet enn sjøvann og vil synke. Gross og Raymond (1942) målte tettheten til egg av C. finmarchicus til mellom 1.045 og 1.049 g/cm³. Med en forbedret metode fant Salzen (1956) at tettheten var 1.074 g/cm³. Dersom vi antar at eggene til C. finmarchicus i Barentshavet har samme tetthet blir synkehastighetene i følge Stokes ligning som vist i Tabell 5.1. Der er det også antatt at eggene til C. glacialis, som synker i sjøvann (egne observasjoner), har samme tetthet.

TABELL 5.1. Beregnet synkehastighet (w) til egg av C. finmarchicus og C. glacialis i sjøvann ved ulike temperaturer og saltholdigheter. C.f. = C. finmarchicus. C.g. = C. glacialis. Se teksten.

Art	Tempera- tur ° C	Salt- holdighet ‰	Egg- diameter (mm)	Synke- hastighet (m/dag)
C.f.	-1.8	34.9	.15	25
C.g.			.18	36
C.f.	-1.5	34.7	.15	25
C.g.			.18	36
C.f.	1.0	35.0	.15	27
C.g.			.18	39

De tre settene av temperatur og saltholdighet er typiske for henholdsvis arktisk vann, smeltevann og atlantisk vann i april. Vi ser at ved den store tetthetsforskjellen som er mellom egg og sjøvann, vil ikke synkehastigheten avta når eggene synker fra det lette smeltevannslaget på toppen til det tyngre atlantiske vannet under. Tvertimot vil synkehastigheten øke på grunn av reduksjon i viskositeten som en følge av øket temperatur. Synkehastigheten er større for eggene til C. glacialis enn for C. finmarchicus i samme vann siden C. glacialis har størst diameter; dette under den antatte forutsetning av lik tetthet. Spesielt for eggene til C. glacialis er at de har pigger eller riller i skallet. Om dette fører til mindre synkehastighet er uvisst. Hutchinson (1967) konkluderte med at slike egenskaper hos overflaten ikke hadde noen effekt på synkehastigheten.

I Figur 5.1 er det vist egg- og nauplifordelinger i to typer vannsøyler. På stasjonene 28,37 og 57 er vannsøylene homogene, mens på stasjonene 24,43 og 52 har vi en tetthetsskiktning der et lett lag av smeltevann ligger over det tyngre atlantiske vannet. Sprangskiktet finner vi på henholdsvis 50,75 og 60m på de tre sist nevnte stasjonene. Omrøringen som settes opp av



FIGUR 5.1. Vertikalfordeling av egg og nauplier av *Calanus finmarchicus* og *C. glacialis*. A og C - egg av *C. finmarchicus* horisontal skravering, egg av *C. glacialis* vertikal skravering. B og D - nauplier av *C. finmarchicus* pluss *C. glacialis*. Tallene i stolpene angir naupliestadium.

vind og bølger vil nå dypt i de homogene vannmassene, mens den i de lagdelte vannmassene vil være begrenset til det øverste laget. Dette er reflektert i vertikalfordelingen av egg og nauplier. På stasjon 28,57 og særlig stasjon 37 er både egg og nauplier dypt fordelt, mens de til en viss grad er holdt tilbake i det øverste laget på stasjonene 24,43 og 52. Eggene i det øvre blandingslaget må være gytt der. Når de største konsentrasjonene av egg ble funnet i det lette overflatelaget så må det skyldes at det meste av gytingen skjer der, og at eggene blir holdt tilbake av vertikal turbulens i dette laget. I stille vær vil eggene synke og forekomstene av egg nær overflaten vil minke. Med de beregnete synkehastighetene vil eggene i Barentshavet synke 25-39m i døgnet, eller 175-273m i uken. Klekketiden er minst en uke ved ca. $+1^{\circ}\text{C}$ og dette kan forklare den dype fordelingen av C. finmarchicus egg i Barentshavet sammenlignet med f.eks. Norskekysten og Nordsjøen der eggene til C. finmarchicus finnes i største konsentrasjoner over 30 m (Kraefft 1910, Nicholls 1933, Bjørke 1971).

Nauplienes egenvekt er mindre undersøkt enn eggenes, men etter hvert vil de utvikle stor evne til egenbevegelse og vil kunne vandre til overflaten selv om de er klekket i dypet. Vertikalprofilene av naupliene, hovedsaklig av C. finmarchicus, viser at de kan konsentreres i de øverste 50m (Figur 5.1). Eggenes dype fordeling på stasjonene 28, 37 og 57 gjenspeiles likevel i nauplienes vertikalfordeling på disse stasjonene. Våre data avslører ikke eventuelle forskjeller i vertikalfordelingen av unge og eldre naupliestadier (Figur 5.1). I den grad naupliene søker mot overflaten kan de, i motsetning til eggene, konsentreres nær overflaten i stille vær med lite omrøring. Dette er vist for nauplier av Calanus sp. i Lofoten (Tilseth og Ellertsen 1984, Ellertsen et al. 1984).

I mai-juni 1987 ble en del egg som trolig var av C. hyperboreus funnet. Disse eggene er antatt å ha positiv oppdrift (Marshall and Orr 1972). Sømme (1934) fant mesteparten av eggene til C. hyperboreus under 300m, og ingen over 75m. Vi fant ingen egg i april 1986, men den videre opparbeiding av 1987- toktet vil trolig gi et godt grunnlag for en tolking av vertikal-

fordelingen i forhold til hydrografien. Spesielt viktig med eggene til C. hyperboreus er at dersom de har positiv oppdrift vil de samles nær overflaten i stille vær, og dermed være utsatt for oljesøl.

Vertikalfordelingen av nauplier av C. hyperboreus i april 1986 var lik den for C. finmarchicus og C. glacialis.

5.2 KRILL

Mauchline (1980) mente at eggene til Thysanoessa raschii og Meganyctiphanes norvegica synker med samme fart i sjøvann. Craik og Harvey (1987) har vist at oppdriften hos pelagiske fiskeegg er bestemt av mengden vann i egget, d.v.s. størrelsen på perivitellin-rommet (mellom skall og embryo). Når eggene til T. raschii har et mye større perivitellin-rom enn eggene til M. norvegica (Mauchline 1980), burde de siste synke med større hastighet. Eggene til T. inermis har et enda større perivitellin-rom enn T. raschii (Zelikman 1958). Det er dermed ikke usannsynlig at eggene til T. inermis (om ikke de to andre) har positiv oppdrift. Einarson (1945) var av den mening at eggene til alle tre artene fløt i sjøvann. Som nevnt under omtalen av vertikalfordelingen av Calanus-egg er oppdriften av egg og larver avgjørende for vertikalfordelingen. Særlig viktig er muligheten for at egg/larver med positiv oppdrift konsentreres i overflaten i stille vær. Vi vil i løpet av våren 1988 måle tettheten av egg og larver i en tetthets-gradient-kolonne (Coombs 1981). Denne metoden gir svært nøyaktige mål for oppdriften, noe vi håper å få med i konsekvensvurderingen.

T. inermis, T. raschii og M. norvegica legger eggene nær overflaten (Ponomareva 1959, Mauchline 1980). Egg og de yngste larvene av T. inermis og M. norvegica fant Einarson (1945) i de øverste metrene av vannsøylen. Det lot til at eldre larver av T. inermis var noe dypere fordelt enn de yngre. Både egg og larver fordelte seg med de høyeste konsentrasjonene over 75m, og oftest over 25m (Einarson 1945). Lacroix (1961) fant

nauplier og metanauplier av T. raschii i de øverste 15 metrene. Egg og eldre larver hadde en noe mer spredt fordeling. Mauchline (1980) viste at furcilia-stadiet hos M. norvegica står på 150m dyp om dagen. En del av disse vandret mot overflaten om natten. I Barentshavet om våren og sommeren er trolig ikke daglig vertikalvandring spesielt utpreget p.g.a. de relativt konstante lysforholdene. I Lofoten ble maksimal tetthet av furciliastadiet av Thysanoessa sp. (hovedsaklig inermis) funnet på minst 60m dyp (Melle 1985). De stasjonene som er opparbeidet fra toktet i mai-juni 1987 viser et fordelingsmønster der egg, nauplier og metanauplier i stor grad er begrenset til de øverste 50m. Egg, nauplier og metanauplier kan altså opptre nær overflaten og dermed være utsatt for oljesøl. Det eldre furcilia-stadiet har kanskje en tendens til noe dypere fordeling, men er også funnet konsentrert i de øverste 0-10m i Barentshavet (Loeng et al. 1986).

5.3 PARATHEMISTO SPP.

Undersøkelser utført i Barentshavet i april 1986 og juni 1984 (upubliserte resultat) viste at unge individ av Parathemisto spp., 2-5 mm, finnes i vannsøylen over 150m. De største tetthetene ble funnet over 50m, og tildels over 20m. Det vil i opparbeidningen av 1987-materialet fra toktet i mai-juni med "G.O.Sars" og de månedlige toktene med "Endre Dyrøy", bli lagt vekt på å kartlegge vertikalfordelingen av unge individ av P. abyssorum og P. libellula.

- Davies, J.M., I.E. Baird, L.C. Massie, S.J. Hay og A.P. Ward 1980. Some effects of oil-derived hydrocarbons on a pelagic food web from observations in an enclosed ecosystem and a consideration of their implications for monitoring, s. 201-209. Population dynamics of the Norwegian spring-spawning herring, s. 43-71. I: Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. 179.
- Degtereva, A.A. 1965. Results of the plankton investigations off the North-west Coast of Norway and in the Barents Sea in 1963, s. 87-88. I: Annales Biologiques, 20.
- Degtereva, A.A. 1979. Regularities of quantitative development of zooplankton in the Barents Sea, s. 22-53. (På russisk) I: Trudy PINRO, Murmansk, 43.
- Degtereva, A.A., S.S. Drobysheva, V.N. Nesterova, N.V. Plekhanova og V.M. Ryzhov 1986. Results of plankton investigations in the Norwegian and Barents Seas in 1984, s. 69-71. I: Annales Biologiques, 41.
- Dragesund, O., J. Hamre og Ø. Ulltang 1980. Biology and population dynamics of the Norwegian spring-spawning herring, s. 43-71. I: Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 177.
- Drobysheva, S.S. 1979. Distribution of the Barents Sea euphausiids (Fam, Euphausiacea). I: Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, (L:8). 18 s.
- Drobysheva, S.S. 1982. Degree of isolation of Thysanoessa inermis (Krøyer) and T. raschii (Crustacea, Euphausiacea) populations in the southern Barents Sea. I: Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, (L:8). 21 s.
- Drobysheva, S.S. 1987. Populational characteristics of abundant Barents Sea Euphausiacea. I: Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, (L:12). 15 s.

6 REFERANSELISTE

- Bjørke, H. 1971. The food of herring larvae of Norwegian spring spawners, s. 101-103. I: Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer, 160.
- Bjørke, H. og S. Sundby 1987. Distribution and abundance of postlarval and 0-group cod, s. 127-144. I: Loeng, H., red., The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea. Proceedings of the third Soviet-Norwegian Symposium, Murmansk, 26-28 May 1986.
- Bliznichenko, T.E., A.A. Degtereva, S.S. Drobysheva, V.N. Nesterova, N.V. Plekhanova og V.M. Ryzhov 1984. Plankton investigations in the Norwegian and Barents Seas, s. 71-73. I: Annales Biologiques, 38.
- Boytsov, V.D. og S.S. Drobysheva 1987. Effect of hydrometeorological factors on the regularity of the long-term variations in Euphausiid (Crustacea, Euphausiacea) abundance in the Southern Barents Sea, s. 91-100. I: Loeng, H., red., The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea. Proceedings of the third Soviet-Norwegian Symposium, Murmansk, 26-28 May 1986.
- Coombs, S.H. 1981. A density-gradient column for determining the specific gravity of fish eggs, with particular reference to eggs of the mackerel (Scomber scombrus), s. 101-106. I: Marine Biology, 63.
- Craik, J.C.A. og S.M. Harvey 1987. Biochemical changes occurring during final maturation of eggs of some marine and freshwater teleosts, s. 599-610. I: J. Fish. Biol., 24.

- Dunbar, M.J. 1964. Euphausiid and pelagic amphipod distribution in North Atlantic and Arctic waters. I: Ser. Atlas Mar. Environ., Folio 6. 2 s., 8 pl.
- Einarsson, H. 1945. Euphausiacea. I. Northern Atlantic species. I: Dana Rep., 27. 191 s.
- Ellertsen, B., P. Fossum, P. Solemdal, S. Sundby og S. Tilseth 1984. A case study on the distribution of cod larvae and availability of prey organisms in relation to physical processes in Lofoten, s. 453-477. I: Dahl, E., D.S. Danielssen, E. Moksness og P. Solemdal, red., The propagation of cod Gadus morhua L., Flødevigen rapportser., 1.
- Gamble, J.C., J.M. Davies, S.J. Hay og F.K. Dow, in press. Mesocosm experiments on the effects of produced water discharges from offshore oil platforms in the Northern North Sea. I: Sarsia. 11 s.
- Gross, F. og J.E.G. Raymont 1942. The specific gravity of Calanus finmarchicus, s. 288-296. I: Proc. roy. Soc. Edinb., B, 61 (21).
- Hassel, A. 1986. Seasonal changes in zooplankton composition in the Barents Sea, with special attention to Calanus spp. (Copepoda), s. 329-339. I: J. Plankt. Res., 8 (2).
- Heinrich, A.K. 1962. The life histories of plankton animals and seasonal cycles of plankton communities in the oceans, s. 15-24. I: J. Cons. perm. int. Explor. Mer, 27.

- Hopkins, C.C.E., K.S. Tande og S. Grønvik 1984. Ecological investigations of the zooplankton community of Balsfjorden, Northern Norway: An analysis of growth and overwintering tactics in relation to niche and environment in Metridia longa (Lubbock), Calanus finmarchicus (Gunnerus), Thysanoessa inermis (Krøyer) and T. raschii (M.Sars), s. 77-99. I: J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 82.
- Hutchinson, G.E. 1967. A treatise on limnology, vol. 2. New York: John Wiley. 1115 s.
- Jaschnov, W.A. 1972. On the systematic status of Calanus glacialis, Calanus finmarchicus and Calanus helgolandicus, s. 279-284. I: Crustaceana, 22 (3).
- Kraeffft, F. 1910. Über das Plankton in Ost- und Nordsee und den Verbindungsgebieten, mit besonderer Berücksichtigungen der Copepoden, s. 29-108. I: Wiss. Meeresunters., Abt. Kiel, N.F. 11.
- Lacroix, G. 1961. Les migrations verticales journalières des Euphausides à l'entrée de la Baie des Chaleurs, s. 257-316. I: Can. J. Zool. 93 (11).
- Loeng, H., A. Hassel, F. Rey, og H.R. Skjoldal 1986. Physical and biological oceanography and capelin front study, s. 5-60. I: Loeng, H., red., Ecological investigations in the Barents Sea, August 1985. Report from PRO MARE-cruise no.5. Havforskningsinstituttet, rapport nr. FO 8605.
- Loeng, H., F. Rey og H.R. Skjoldal 1987. Physical and biological oceanographic features across the polar front in the western Barents Sea. Foredrag presentert ved: 22nd European marine biology symposium 17-22 August 1987, Barcelona, Spain. 17 s.
- Longhurst, A., D. Sameoto og A. Herman 1984. Vertical distribution in summer: eastern Canadian archipelago, s. 137-168. I: J. Plankt. Res., 6 (1).

- Marshall, S.M. og A.P. Orr 1972. The biology of a marine copepod Calanus finmarchicus (Gunnerus). Berlin: Springer-Verlag. Reprint. 195 s.
- Mauchline, J. 1980. The biology of Euphausiids, Part II, s. 273-681. I: Blaxter J.H.S., F.S. Russell og M. Yonge, red., The biology of Mysids and Euphausiids. Advances in Marine Biology, 18.
- Mehl, S. 1987. The North-East Arctic Cod stock's consumption of commercial exploited prey species in 1984-1986. I: Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, Symposium/No.9. 10 s.
- Melle, W. 1985. Predasjon på torskens egg og larvar i Lofoten. Hovedfagsoppgave i fiskeribiologi. Institutt for Fiskeribiologi. Universitetet i Bergen. 142 s.
- Melle, W., H.R. Skjoldal, A. Hassel og F. Rey 1987. Reproduction of zooplankton in relation to initiation of spring phytoplankton bloom in the Barents Sea. I: Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, (L:30). 26 s.
- Midttun, L. 1985. Formation of dense bottom water in the Barents Sea, s. 1233-1241. I: Deep-Sea Research, 32 (10).
- Midttun, L. og H. Loeng 1987. Climatic variations in the Barents Sea, s. 13-27. I: Loeng, H., red., The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea. Proceedings of the third Soviet-Norwegian Symposium, Murmansk, 26-28 May 1986.
- Nicholls, A.G. 1933. On the biology of Calanus finmarchicus. III. Vertical distribution and diurnal migration in the Clyde Sea area, s. 139-164. I: J. mar. biol. Ass. U.K., 19.

- Ozhigin, V.K. og G.I. Luka 1985. Some peculiarities of capelin migrations depending on thermal conditions in the Barents Sea, s. 135-147. I: Gjørøther, H. The Barents Sea capelin, Proceedings of the Soviet-Norwegian symposium, Bergen, 14-19 August 1984.
- Ponomareva, L.A. 1959. Reproduction of Euphausiidae of the Sea of Japan and development of their early larval stages, s. 1649-1662. I: Zool. Zh., 38.
- Rey, F., H.R. Skjoldal og A. Hassel 1987. Seasonal development of plankton in the Barents Sea: a conceptual model. I: Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea, Symposium/No.56. 35 s.
- Runge, J.A., I.A. MacLaren, C.J. Corkett, N.R. Bohrer og J.A. Koslow 1985. Molting rates and cohort development of Calanus finmarchicus and C. glacialis in the sea off southwest Nova Scotia, s. 241-246. I: Marine Biology, 86.
- Salzen, E.A. 1956. The density of the eggs of Calanus finmarchicus, s. 549-554. I: J. mar. biol. Ass. U.K., 35.
- Skjoldal, H.R., T.F. Thingstad og K. Tjessem 1981. Lindåspoll-eksperimentene: oljeeksponering av marine planktonsamfunn i fleksible plastinnhegninger, s. 6-23. Forskningsprogram om Havforurensninger, Årsberetning 1981.
- Skjoldal, H.R., A. Hassel, F. Rey og H. Loeng 1987. Spring phytoplankton development and zooplankton reproduction in the central Barents Sea in the period 1979-1984, s. 59-89. I: Loeng, H., red., The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea. Proceedings of the third Soviet-Norwegian Symposium, Murmansk, 26-28 May 1986.
- Sundby, S. 1983. A one-dimensional model for the vertical distribution of pelagic fish eggs in the mixed layer, s. 645-661. I: Deep-Sea Research, 30 (6A).

- Sømme, J.D. 1934. Animal plankton of the Norwegian coast waters and the open sea. I: FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 4 (9). 163 s.
- Tande, K.S., A. Hassel og D. Slagstad 1985. Gonad maturation and possible life cycle strategies in Calanus finmarchicus and Calanus glacialis in the northwestern part of the Barents Sea, s. 141-155. I: Grey, J.S. og M.E. Christiansen, red., Marine biology of polar regions and effects of stress on marine organisms. Proceedings from the 18th European Marine Biology Symposium, Oslo, August 1983. John Wiley.
- Tilseth, S. og B. Ellertsen 1984. The detection and distribution of larval Arcto-Norwegian cod, Gadus morhua, food organisms by an in situ particle counter, s. 141-156. I: Fish. Bull., 82 (1).
- Wiborg, K.F. 1949. The food of cod (Gadus callaris L.) of the 0-II-group from deep water in some fjords of Northern Norway. I: FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 9 (8). 27 s.
- Wiborg, K.F. 1954. Investigations on zooplankton in coastal and offshore waters of Western and Northwestern Norway. I: FiskDir. Skr. Ser. HavUnders., 11 (1). 246 s.
- Zelikman, E.A. 1958. On gonad maturation and female productivity in species of Euphausians abundant in the Barents Sea, s. 118-121. I: Dokl. Akad. Nauk. SSSR, Biol. Sci. Transl. Ser., 118.
- Zelickman, E.A. 1961. The behaviour pattern of the Barents Sea Euphausiacea and possible causes of seasonal vertical migrations, s. 276-281. I: Int. Revue ges. Hydrobiol., 46 (2).
- Østvedt, O.J. 1955. Zooplankton investigations from Weather Ship M in the Norwegian Sea, 1948-1949. I: Hvalråd. Skr., 40. 93 s.