

J. S. Thomstad



De tidlige livsstadiene hos
fisk i møte med trusselen fra
petroleumsvirksomheten.



Sluttrapport fra Havforskningsinstituttets
egg og larveprogram - HELP
(1985 - 1991)

**DE TIDLIGE LIVSSTADIENE HOS FISK
I MØTE MED TRUSSELEN FRA
PETROLEUMSVIRKSOMHETEN**

**SLUTTRAPPORT FRA HAVFORSKNINGSINSTITUTTETS
EGG OG LARVE PROGRAM - HELP
(1985-1991)**

REDAKTØRER: PETTER FOSSUM OG VIKTOR ØIESTAD

INNHOOLD

FORORD.....	4
SAMMENDRAG.....	5
HELP-PROSJEKTET MÅLSETNING OG GJENNOMFØRING.....	8
2. TRANSPORTPROSESSER FOR FISKEEGG OG LARVER LANGS NORSKEKYSTEN.....	10
Klimaendringer i nordområdene.....	12
3. HOVEDTREKK AV ØKOLOGIEN HOS FISK I NORSKE FARVANN NORD FOR 62°N.....	14
3.1. Torskfisk.....	17
3.2. Pelagiske bestander.....	18
3.3. Andre ressurser i nord.....	19
4. RAUDÅTE (<i>Calanus finmarchicus</i>).....	20
5. NORSK-ARKTISK TORSK (<i>Gadus morhua</i>).....	24
En dynamisk likevekt mellom tungvektene.....	29
6. NORSK VÅRGYTENDE SILD (<i>Clupea harengus</i>).....	31
Ved begynnelsen av en ny sildeperiode.....	34
7. LODDE (<i>Mallotus villosus</i>).....	38
En opportunist settes på plass.....	41
8. NORSK-ARKTISK HYSE (<i>Melanogrammus aeglefinus</i>).....	43
9. SEI (<i>Gadus virens</i>) NORD FOR 62°N.....	46
10. UERARTER (<i>Sebastes</i> spp.) OG NOEN MINDRE VIKTIGE FISKESLAG OG BLEKKSPRUT.....	48
11. SPESIALSTUDIER I HELP.....	52
11.1. Import av fiskeyngel til norske farvann.....	52
11.2. Vertikalfordeling av egg, larver og yngel.....	54
11.3. Horisontale fordelingsmønstre og stimdannelse hos marin yngel.....	54
11.4. Marin yngel og dens forhold til sjøfugl og hval	55
12. OLJE-FISK-PROBLEMATIKKEN.....	57
12.1. Hydrokarboner og fordelingsmønstre av fisk....	57
12.2. Naturlige dødsrater hos fisk relatert til mulige skader fra olje.....	58

13. METODIKK UNDER HELP.....	62
13.1. Dagsonelesning.....	62
13.2. Isoelekstyrisk fokusering.....	64
13.3. Mikroturbulens - når det "svinger" rundt larven.....	64
13.4. Mocness - et spesialredskap for fangst av fiskelarver.....	66
En tilfeldig dag på loddelarvetokt.....	67
13.5. Kartverktøy og modeller i help.....	69

FORORD

Havforskningsinstituttets Egg- og larveprogram (HELP) var en storsatsing fra myndighetenes side for å bedre beslutningsgrunnlaget ved åpning av nye områder for oljevirksomhet. I perioden 1986 - 91 utgjorde arbeidet innen programmet en vesentlig del av aktivitetene ved Havforskningsinstituttets Senter for marint miljø. De fleste av senterets medarbeidere har medvirket til gjennomføringen av programmet. Med dette takker jeg alle for innsatsen.

En spesiell takk for innsatsen går til Lars Føyn ved Havforskningsinstituttet. Han var den som dro det hele igang, og hadde den tunge jobben som "gründer" av programmet.

I styringsgruppen for HELP var Fiskeridepartementet, Fiskeridirektoratet og Miljøverndepartementet representerte. Representasjonen fra Miljøverndepartementet har variert noe gjennom programperioden, mens fra de øvrige to institusjonene har Lisbeth W. Plassa og Rut Harildstad deltatt entusiastisk. Disse to har vært meget gode støttespillere for programledelsen.

Foruten de to redaktørene av denne avslutningsrapporten, som selvsagt har dratt det tyngste lasset, har følgende forskere bidratt:

Herman Bjørke
Bjørnar Ellertsen
Tor Knutsen

Per Solemdal
Svein Sundby
Roald Sætre

De delene av rapporten som er markert med en mørkere bakgrunn er ment som utdypningsstoff.

Roald Sætre
Programleder

SAMMENDRAG

Gjennomføringen av HELP har gitt en betydelig økt innsikt i de tidlige livsstadier hos en rekke kommersielle fiskeslag i nordlige farvann. Norsk-arktisk hyse og sei visste en spesielt lite om før start, og en har nå kunnet danne seg et langt bedre bilde av reproduksjonsstrategien til disse to artene. En har også skaffet seg en langt bedre innsikt i "importmekanismene" for marin yngel. Det kan se ut som hyse og sei i stor grad rekrutteres fra gytefelt som ligger utenfor norsk sone og at hyse og sei fra norsk sone er aktører på slike gytefelt. "Import" av høstgytt sildeyngel fra Nordsjøen er under nitid kartlegging bl.a. ved hjelp av raffinerte otolittstudier. Den videre skjebnen til denne yngelen bør også avklares da den trolig vender tilbake til Nordsjøen som ungsild eller som voksensild og da for å gyte.

Den tette dekningen i tid og rom som har vært mulig å gjennomføre i regi av HELP, har også satt oss i stand til å beregne tallrikheten av larver og yngel ved flere etapper. Dermed har en kunnet regne ut den daglige dødeligheten innenfor hvert utviklingsstadium. Egg- og larve-dødeligheten synes å være i størrelsesorden 10% pr. dag mens den for yngel fram til 0-gruppestadiet er 1-2% pr. dag. Med utgangspunkt i disse beregningene kan en så danne seg et bilde av hvilke effekter en kan forvente fra massive oljeutslipp.

HELP har blitt gjennomført i et tidsrom da flere fiskebestander har gjennomlevd dramatiske endringer i sin tallrikhet. Utfra prosjektets målsetning har dette vært svært gunstig. En har da kunnet observere de naturlige endringer som finner sted og har kunnet registrere noe av spennvidden i de tilstander som naturlig kan forekomme. Til eksempel har loddebestanden i Barentshavet først

vært nesten utradert på grunn av svake årsklasser og sterkt beitepress i midten av 1980-årene for så å bli gjenreist på grunnlag av en meget svak årsklasse som ble født i 1986. En annen interessant observasjon var at en meget sterk årsklasse av norsk-arktisk torsk framkom i 1990 fra en liten gytebestand av hovedsakelig førstegangsgytere. På den annen side har en forholdsvis sterk gytebestand av norsk vårgytende sild ikke maktet å framskaffe en ny sterk årsklasse før i 1991 til tross for forekomster av store mengder larver i vekst på forsommeren flere år på rad. Ved å studere slike og andre fenomener i detalj, har en fått hånd om et rikholdig underlagsmateriale for senere bruk og da særlig med tanke på situasjoner som kan oppstå i tilknytning til massive utslipp av hydrokarboner.

En har også gjennom arbeidet identifisert felter som krever ytterligere forskning. Dette gjelder i særlig grad den betydning nedbeiting eller predasjon har for reguleringen av fiskebestandene allerede fra deres første livsstadier. Dette er aktualisert ved at den voksne bestanden av sild har hatt sitt sommerarbeidsområde i transportrutene for sin egen yngel. Er det grunnen til at vi ikke har fått en ny sterk årsklasse? Predasjon er også aktualisert ved at noen årsklasser av lodde ble radert ut etter larvestadiet og vi tror ungsild kan være hovedaktøren i den forbindelse ved å beite lodden ned mens den var på vei mot sine oppvekstområder øst i Barentshavet. Den betydelige dødeligheten av fiskeyngel forøvrig som en har observert fra juli til september, trenger også å kartlegges nærmere fordi den neppe kan være forårsaket av sult. Nedbeiting fra stimende pelagisk fisk og fra sjøfugl og kanskje særlig fra

vågehval peker seg ut som en mulig forklaring på dette viktige forholdet.

Det er i relasjon til de sterke naturlige reguleringsmekanismene og deres relative betydning, at en må vurdere de mulige effektene fra en massiv oljeutblåsning på ett eller flere steder i utbredelsesområdet til de tidlige livsstadier av fisk.

Systematiske effektstudier av hydrokarboner på marint liv er ressurskrevende og teknisk vanskelige. Skal en f.eks. i dette arbeidet drive med énartsstudier eller se på hele økosystemet under ett? Hvilke arter skal en inkludere? Hvordan blir det å føre opp fiskelarver i oljebelastet vann? Hittil har en bare såvidt kommet i gang med dette arbeidet nasjonalt og internasjonalt. Det gjenstår derfor mye arbeid på våre kommersielle fiskearter og også på næringskjedeforskning der en introduserer oljebelastningen via en næringskjede.

Skulle en likevel prøve seg på en foreløpig vurdering av de mulige effekter fra hydrokarboner, så synes det som sild og lodde ikke vil kunne svekkes i nevneverdig grad bl.a. fordi egg, larver og yngel har høye tålegrenser. Egg og larver av norsk-arktisk hyse og sei er trolig langt mer sensitive, men det kan se ut som om disse kommer inn over norsk kontinentalsokkel først som yngel større enn 3 cm og da vil de tåle de mengder av hydrokarboner som vil kunne forekomme. Uer har en ikke gjennomført studier på, men hovedtyngden av disse larvene oppholder seg utenfor kontinentalsokkelen og kommer først som yngel større enn 2 cm inn til områder der de vil kunne komme i kontakt med oljeflak. Norsk-arktisk torsk synes å være den arten som i størst grad vil kunne rammes av en massiv utblåsning. Den vil særlig være sårbar på egg- og det tidlige larvestadiet. Imidlertid skal utblåsningen være meget massiv for å dekke så store områder at en

betydelig andel av eggene rammes. De sterke antallsregulerende mekanismene på yngelstadiet synes i neste omgang å kunne viske ut mye av forskjellen, særlig dersom det i utgangspunktet ville ha blitt en middels sterk eller sterk årsklasse. Det vil særlig være under forhold der en kunne forvente en svak årsklasse, at en massiv utblåsning ville kunne gjøre et registrerbart utslag.

En har tenkt seg muligheten av at en årsklasse i hovedsak kommer fra én bestemt del av gyteperioden eller fra ett bestemt gytefelt. Dersom denne "vinduhypotesen" skulle ha gyldighet, åpner det for en mulig utradering av en årsklasse basert på en avgrenset utblåsning som rammer dette "vinduet". Det gjenstår ennå mye arbeid basert på bruk av genetikk, otolittstudier og kanskje må en utvikle nye analysemetoder før en får avklart denne muligheten.

Et forhold vi ikke har kunnet vurdere særlig inngående, er de effekter som kan oppstå ved at produktiviteten i selve næringskjeden endres i negativ retning. Nå vet en at den naturlige variasjonen i tallrikheten av et nøkkeldyr som raudåte har en faktor på 10. En kan vanskelig forestille seg utblåsninger av et omfang som vil kunne bringe annet enn mindre justeringer relatert til denne naturens egen massive variasjon. En har derfor valgt å se bort fra effekten.

Endringer i utbredelse eller tallrikhet av predatorer som beiter på fisk i deres tidlige stadier, har vært observert i forbindelse med oljeutslipp bl.a. i Alaska og med det overraskende resultatet at rekrutteringen av fisk har økt. Vi har ikke gått inn på denne problemstillingen i detalj, men har pekt på at tallrikheten i mange fiskebestander i hovedsak er regulert av predasjon og at tilsvarende forhold kan tenkes å kunne inntreffe med våre fiskebestander.

Et særlig fenomen er vurdert i forbindelse med det en har kalt den

biologiske "elevater". Det innebærer at hydrokarboner kan transporteres inn i næringskjeden ved at mange dyreformer henter sin næring i eller nær overflaten om natten (vertikalvandring), en overflate som altså kan være berørt av et oljeflak. Denne mekanismen vil ha størst betydning gjennom å forringe kvaliteten på høstbare ressurser for en periode.

De tidsseriene en gjennom HELP nå har bygget opp for viktige kommersielle fiskebestander, har også betydelig verdi ut over den nytte som knytter seg til konsekvensvurderinger fra petroleumsvirksomhet. Det har flere ganger i rapporten vært nevnt den vitale betydning havklima har for tallrikheten av yngel. Særlig markant er dette for norsk-arktisk torsk. Det har vist seg at sterke årsklasser av torsk ofte kommer samtidig med sterke årsklasser av hyse og sild. Det vil derfor være sterke grunner for å videreføre det arbeidet som har kommet så godt i gang i regi av

HELP, både for å utbygge videre fundamentet for den type konsekvensvurderinger som undersøkelsene sprang ut fra, men også for å gi basis for en vurdering av de effekter en gradvis klimaendring kan føre med seg for våre fornybare ressurser i nordområdene. Når vi i tillegg synes å ha påvist sterke koblinger mellom arter, koblinger som i verste fall kan føre til kortvarige sammenbrudd for én av artene slik vi har sett for lodde, er det også klart at arbeidet føyer seg meget naturlig inn som en vital del av flerbstands-forskningen. Beslutningen i 1985 om å gjennomføre HELP har derfor gitt tilleggsgevinster som en den gang ikke hadde forutsetninger for å vurdere betydningen av. Vi vil derfor sterkt tilrå at forholdene legges til rette slik at innsatsen kan opprettholdes. På områder med tilknytning til prosess-studier, må innsatsen utvides i et samarbeid med andre havgående forskningsmiljøer.

HELP- PROSJEKTET

MÅLSETNING OG GJENNOMFØRING

I begynnelsen av 1980-årene ble det fra flere hold gitt uttrykk for bekymring over den økende oljevirkosomheten langs norskekysten nord for Stad. Årsaken til dette var at områdene nord for 62°N var av særlig betydning som gyte- og oppvekstområder for de viktigste fiskebestandene våre. I tillegg regnet man med at disse områdene ville få økt betydning i forbindelse med utviklingen av havbruksnæringen. Eventuelle oljehell kunne derfor få store samfunnsøkonomiske konsekvenser.

Etter anmodning fra Fiskeridepartementet utarbeidet Havforskningsinstituttet i 1983 planene for et forskningsprogram om utbredelsen av sårbare fiskeegg og -larver i disse havområdene. Programmet skulle, sammen med prosjekter under AKUP (Interdepartemental Arbeidsgruppe for Konsekvensutredninger av Petroleumsvirksomhet), bedre grunnlaget for å kunne evaluere eventuelle skadevirkninger av oljevirkosomheten på livet i havet. Data fra programmet ville kunne virke inn på valg av borelokaliteter og -perioder, bekjempningsmetoder ved eventuelle oljehell og skulle kunne brukes i konsekvensanalyser ved åpning av nye områder for oljevirkosomhet.

Forskningsprogrammet fikk benevnelsen *Havforskningsinstituttets Egg- og Larveprogram* forkortet til *HELP* og ble startet i 1986 som et femårs program. Det skulle således avsluttes i 1990, men fikk en mindre bevilgning til rapportering for 1991. Totalt har det blitt bevilget omkring 43 mill. kroner over Fiskeridepartementets budsjett til gjennomføringen av *HELP*. Innenfor programmet ble det opprettet seks organiserte stillinger. Havforskningsinstituttet har i tillegg hatt en årlig egeninnsats på ca. 10 årsverk. I *HELP* har en meget stor del av innsatsen vært satt

inn på feltundersøkelser.

Feltvirksomheten var på sitt høyeste i 1987 med et forbruk av skipstid på 290 toktdøgn og 1000 persontoktdøgn. Størstedelen av skipstiden har foregått på leide fartøyer.

Konsekvensvurderinger vil måtte være en kontinuerlig prosess. En viktig del av *HELPS* mål har derfor vært å bygge opp et beredskaps- og vurderingssystem slik at resultatene derfra kunne brukes direkte i beslutningsprosessen.

Elementene i dette systemet er: *Databaser, Modeller, EDB-verktøy og Forskerkompetanse*. *HELP* har vært et krafttak for å etablere et slikt beredskaps- og vurderingsverktøy, men verktøyet må kontinuerlig vedlikeholdes, oppdateres og forbedres. Dette arbeidet må nødvendigvis følges opp også etter 1991, men da i større grad innen rammen av Havforskningsinstituttets ordinære virksomhet.

Målene for *HELP* har vært todelt: en *forvaltningsrettet* del som er nevnt ovenfor og en *vitenskapelig* del. Nøkkelordet for den siste er rekrutteringsmekanismen hos fisk. Spesielt har programmet vært aktivt på undersøkelser over de mekanismer som bestemmer rekrutteringen til silde- og torskebestanden. En tok sikte på å teste følgende to *arbeidshypoteser*:

- *Fluktuasjonene i rekrutteringen til silde- og torskebestanden skyldes variabilitet i biologisk og fysisk miljø i løpet av de første par månedene av fiskens liv;*

- *Den del av larveproduksjonen som overlever og derved rekrutterer til den voksne bestanden, kommer fra et relativt smalt "vindu" i tid og/eller rom.*

Har så *HELP* nådd sine mål? Når det

gjelder den *forvaltningsrettete* delen, tror vi svaret må bli ja. Riktignok kan man alltid ønske seg at verktøyet var ennå bedre, men beredskaps- og vurderingsverktøyet er operasjonelt og har vært brukt ved flere konsekvensutredninger.

For den *vitenskapelige* delen av målsetningen må nok svaret bli: ikke riktig ennå. Vi føler at vi er kommet godt igang, men ennå er det noe vei igjen å gå. Det store datamaterialet som ble samlet inn under HELP, vil danne grunnlaget for Havforskningsinstituttets arbeid med rekrutteringsmekanismer i mange år framover. Og kanskje, om noen år, vil resultatet bli at man ikke får klare svar på de spørsmålene som ble satt opp i

begynnelsen av programmet, men heller kunnskap og innsikt til å formulere nye spørsmål.

Når det gjelder innholdet av denne avslutningsrapporten for HELP, har vi valgt ikke å gi en detaljert beskrivelse av alle aktivitetene innen programmet. Disse er godt dekket i HELPs rapportserie. Vi har heller fokusert på de resultatene som inntil nå er kommet ut og satt disse inn i en større sammenheng. Vi har derved, i tillegg til HELP-data, også trukket inn data og resultater fra historiske kilder såvel som fra andre deler av Havforskningsinstituttets aktiviteter. Det er vårt håp at vi derved gir perspektiv til og bedre synliggjør nytteverdien av de data som er samlet inn under HELP.



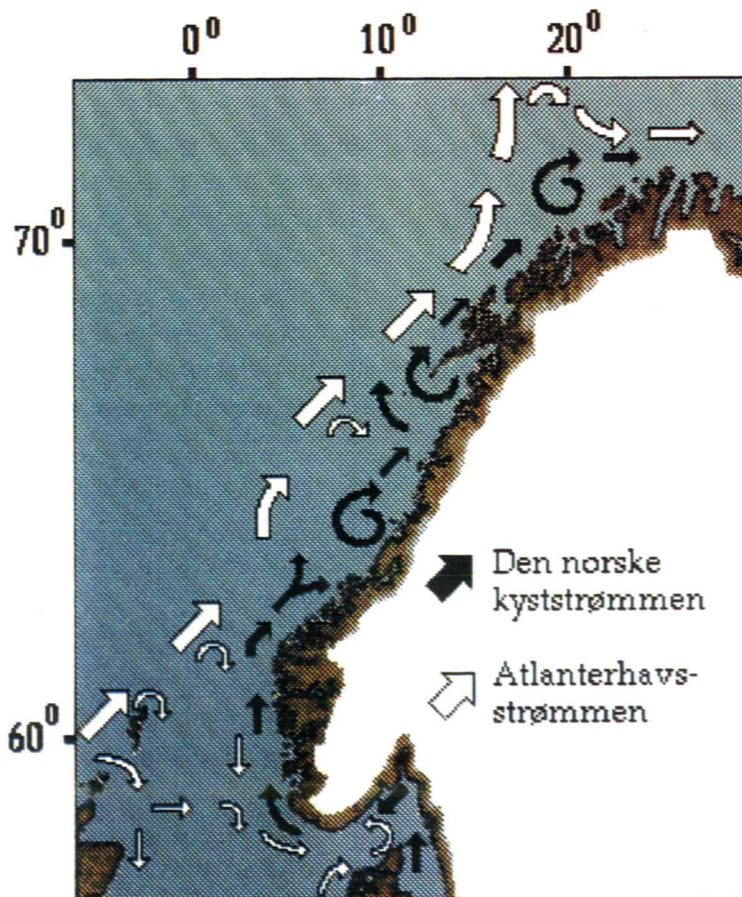
Figur 1. Vi ser et snitt fra innerst i en fjord til ut i åpent hav. Det er tre vanntyper ved Norskekysten. Atlanterhavsvannet (mørk blått) er mest stabilt med en saltholdighet på over 35 promille og med en jevnere temperatur gjennom året enn Kyststrømmen (grønt) som om vinteren kan få temperaturer under 0°C. Bredden på og dybden av det båndet Kyststrømmen danner langs kysten er styrt av vind og bunnforhold. Ferskvannet som renner ut i fjordene, gir den tredje vanntypen, brakkevann, som er vist med lys blå farge og som har lav saltholdighet. Dette vannet blandes stadig inn i Kyststrømmen som passerere på utsiden. Bassengvannet i mange fjorder kan fra tid til annen bli skiftet ut med Atlanterhavsvann.

TRANSPORTPROSESSER FOR FISKEEGG OG FISKELARVER LANGS NORSKEKYSTEN

Våre viktigste kommersielle fiskebestander foretar årlig store vandringar. Den kjønnsmodne fisken har utviklet disse årlige vandringene til gytefeltene som et mottrekk til havstrømmenes forflytning av gyteproduktene. For fiskeartene som gyter på den norske kontinentalsokkelen, er Den norske kyststrømmen den dominerende transportveien for gyteprodukter. Kyststrømmen har i grove trekk et kileformet tverrsnitt og flyter nordover

langs kysten med en gjennomsnittlig fart av 10 til 20 km i døgnet, Fig. 1.

Utenfor Kystvannet, og til dels under dette, ligger det saltere Atlanterhavsvannet som fra Stad og nordover strømmer i samme retning som Kystvannet. Høyest transporthastighet på Atlanterhavsvannet finner en langs Eggakanten hvor den kan komme opp mot 40 til 50 km i døgnet. Denne Atlanterhavsstrømmen kalles ofte Golfstrømmen, selv om den her nord har lite igjen av temperaturen vi finner i



Figur 2. Vannmassene nær kysten domineres av Kyststrømmen (svarte piler). Den har lav saltholdighet delvis fordi én av kildene er Østersjøen. Atlanterhavsstrømmen kommer fra Vest-Atlanteren og treffer Norskekysten ved Stad og forgrenser seg deretter sørover og nordover på utsiden av Kyststrømmen (hvite piler). Tilførsler av brakkevann fra fjordene bidrar til å holde Kyststrømmen ved like. Legg merke til en del områder med viroler (Haltenbanken og Tromsøflaket).

Mexicogolfen. Men fortsatt har den et betydelig høyere varmeinnhold enn omgivelsene, og er grunnlaget for det, i global sammenheng, varme klimaet på våre høye breddegrader. Men det er ikke bare varmen fra Atlanterhavsvannet som påvirker våre omgivelser.

Bevegelsesmønsteret og variasjoner i strømmen øver stor innflytelse på strømningbildet i Kyststrømmen og dermed på transport og spredning av fiskeegg og -larver.

Men tilbake til selve Kyststrømmen, Fig. 2. Gytefeltene på kontinentalsokkelen dekker et betydelig mindre areal enn det naturlige utbredelsesområdet for den voksne fisken. Fra egg- til yngelstadiet blir gyteproduktene transportert nordover langs kysten, og samtidig spredt over store strekninger. Selv om mønsteret for transport og spredning er nokså likt hvert år, kan naturlige variasjoner forårsake endringer som er store nok til å *påvirke rekrutteringen* til bestandene. Fiskelarvene kan således spres ut over områder som har lave næringskonsentrasjoner eller store mengder organismer som kan beite på fiskelarvene.

Det mer eller mindre *stasjonære strømningmønsteret* utenfor norskekysten er vist i den generelle oversikten på Fig. 2 (Sætre et al. 1979). Ett av de mest særpregede trekkene ved Kyststrømmen er et stort antall *stasjonære virvler* som skyldes bunntopografiens styrende virkning. Denne virker slik at over de grunne *bankområdene* dannes en sirkulasjon som roterer med urviseren, mens over *dypområdene* sirkulerer vannmassene mot urviseren. Slike virvler bidrar til å sinke transporten nordover og til å begrense spredningen over bankene (Sundby 1984). Det er derfor i virvelområder vi finner de høyeste konsentrasjonene av egg og larver. De samme mekanismene konsentrerer også andre marine organismer. Forurensningskomponenter vil også kunne konsentreres her. De minste stasjonære virvler kan være ned mot 20

km i diameter som virvelen over Sklinnabanken. Den største virvelen med en diameter på 150 km finnes over Tromsøflaket med sterk innvirkning på fordelingen av fiskelarver, noe som er dokumentert i Bjørke og Sundby (1986), i en rekke rapporter fra Havforskningsinstituttet og i tillegg HELP-rapportene 3,14,28,37 og 42. Om sommeren finnes det store konsentrasjoner av yngel fra en rekke fiskeslag i tilknytning til virvlene. Best dokumentert er fordelingen av torskeyngel som har Tromsøflaket som et særlig viktig samlingssted. I juli 1983 var 90 % av postlarvene fra denne uvanlig sterke årsklassen av torsk, konsentrert over Tromsøflaket.

En annen type virvel enn de stasjonære bunntopografiske virvlene er de forbigående eller *transiente virvlene* som ofte utvikles fra bølgemønsteret i frontområdet mellom to vannmasser. Denne typen virvler er best dokumentert utenfor kysten av Vestlandet hvor de ofte dannes på grensen mellom det nordgående Kystvannet og det sørgående Atlanterhavsvannet. Når en slik virvel er dannet, f.eks. av Kystvann, kan den vandre som en snurrebass utover i nabovannmassen og bringe med seg Kystvannets egenskaper i form av *lav salinitet* og *plankton* inkludert fiskelarver til "fremmede" områder. Selv om planktonet i første omgang vil være konsentrert til virvelen, vil det gradvis bli spredt utover et stort område etterhvert som virvelen brytes ned. Således vil denne typen virvler ha den *motsatte* virkningen av de topografisk styrte virvlene og bidra til økt spredning. Det er sannsynlig at denne prosessen kan ha betydning for transport av fiskeyngel ut av det naturlige oppvekstområdet. Således er torskeyngel ofte observert i relativt høye konsentrasjoner i Norskehavet vest for Eggakanten, over et område hvor yngelen ikke har muligheter for å bunnslå seg på grunn av store vanddyp. Den videre skjebne til denne delen av populasjonen er

fortsatt ikke klarlagt.

En annen prosess som også kan øke spredningen, er stadige endringer i *vindmønsteret* på kysten. Siden de fleste arter fiskeegg og -larver er konsentrert til det øvre vindpåvirkete laget, vil vindeffekten være særlig effektiv. *Nordlige* vinder vil bremse opp den nordgående strømmen, føre til oppstrømning langs land av dypvann, og Kystvannet vil bre seg ut fra land og dermed spre egg og larver ut fra kysten. *Sørlige* og *sørvestlige* vinder vil gi oppstuvning av vannmassene inn mot land, men samtidig øke hastigheten på Kyststrømmen. Ved hyppig skifte mellom disse to hovedvindretningene på kysten, vil spredningen av egg og yngel kunne bli særlig stor.

Den tredje hovedprosessen som bidrar til spredning av egg og yngel er *tidevannet*. Langs kysten og nær Eggakanten har tidevannet det generelle periodiske mønsteret som vi kjenner fra fjorder og sund på norskekysten: det strømmer i én retning i 6 timer, avløst av en stille periode, hvorpå strømmen snur og strømmer i motsatt retning i nye 6 timer. Ute på åpent hav vil imidlertid tidevannet sjelden ha noen strømstille periode. I stedet roterer strømrretningen 360° over en tidevannsperiode, mens farten i større eller mindre grad opprettholdes. Spesielt over grunne bankområder, vil denne roterende tidevannsbevegelsen være sterk. I Lofoten har modellresultater vist at det kraftige tidevannet i Moskenesstrømmen, bidrar til en effektiv transport av torskeegg fra Vestfjorden og til yttersiden av Lofoten (McClimans og Nilsen 1991).

KLIMAENDRING I NORDOMRÅDENE

I 1980-årene har en i økende grad vært opptatt av muligheten for en klimaendring som et resultat av menneskelig aktivitet, populært kalt

drivhuseffekten. Drivhuseffekten skal kunne påvises som en stigende langtidstrend i temperaturen i et raskt omskiftende globalt klima der det kan veksle mellom kalde og varme år og mellom kalde og varme perioder av noen års varighet.

Grunnlaget for en dypere innsikt i klima er tilgang på lange måleserier av klimadata. Havforskningsinstituttets toktvirksomhet og tilsvarende virksomhet fra andre nasjoner har gitt et godt bilde av temperaturutviklingen i våre farvann siden århundreskiftet. Også gjennom HELP har en skaffet til veie data som føyer seg inn i denne store datamengden.

Vårt regionale klima er styrt av sirkulasjonssystemene i luften og i havet. Disse påvirker hverandre gjensidig. Vindsystemene er storskalafenomener der hovedtrekkene er globale og der endringene dekker store regioner ofte med konsekvenser for flere år.

De store trekkene i bildet både i havet og i atmosfæren kan kartlegges og beskrives, men finjusteringene i mekanismene og endringene som følger av det, blir en nærmest uoverstigelig oppgave å beskrive. Det en foreløpig må nøye seg med, er å påvise endringer i sjøvannets saltholdighet og i temperatur gjennom året og mellom år, og utfra det kan en snakke om kalde, normale og varme år i Barentshavet. En kan også se om varme år bringer med seg endringer i produksjonsforholdene: blir det mer fisk, kommer det inn nye arter?

Den lengste måleserien er russisk, den går tilbake til århundreskiftet og følger det såkalte *Kolasnittet* fra Kolahalvøya nordover i Barentshavet langs 33°30'Ø. Ved inngangen til dette århundret var det kaldt i Barentshavet, og fisket var dårlig på både torsk og sild. Særlig ille var det for torsk der fangstene hadde falt til en fjerdedel fra 1885 til 1900, eller fra 40 millioner torsk tatt i Lofoten til 10 millioner. Til tross for at

klimaet fortsatte å være vekslende, men mest kaldt, tok sildebestanden seg opp, ikke minst takket være 1904-årsklassen.

Torsken fortsatte å være dårlig like til 1925 da det kom et varig oppsving, kanskje på grunnlag av torskeårsklasser produsert under Den første verdenskrig, da målingene opphørte.

I perioden fra 1930 til 1960 kom det en langvarig varmeperiode, og torsken og en rekke andre arter nådde de høyeste biomassenivåene som er påvist for disse artene. Det satte så inn en periode med vekslende forhold, men med en kald trend som var særlig sterk fra inngangen til 1977 og til midten av 1982 fulgt av episodisk varmere perioder. Fra 1985 til sommeren 1989, var det relativt kaldt selvom en ikke hadde så sterke utslag som i perioden foran. Siden sommeren 1989 har det vært varmt i Barentshavet.

Forholdene i Barentshavet avspeiler trolig klimatrender over et større område, og det er ennå få tegn til en vedvarende oppadgående trend. Tvertimot har den vært nedadgående siden rundt 1960 og i

Lofoten har den vært nedadgående siden 1940 i overflatevannet. Den globale temperaturøkningen en påvist siden 1880-årene, kan i hovedsak være knyttet til avslutningen av Den lille istid, en avslutning som i havet først kom til uttrykk fra rundt 1930. Bedringen varte i 30 år, men trenden har etter det vekslet rundt en middelvei med tendens til å ligge under langtidsmiddelet for 1900-1990.

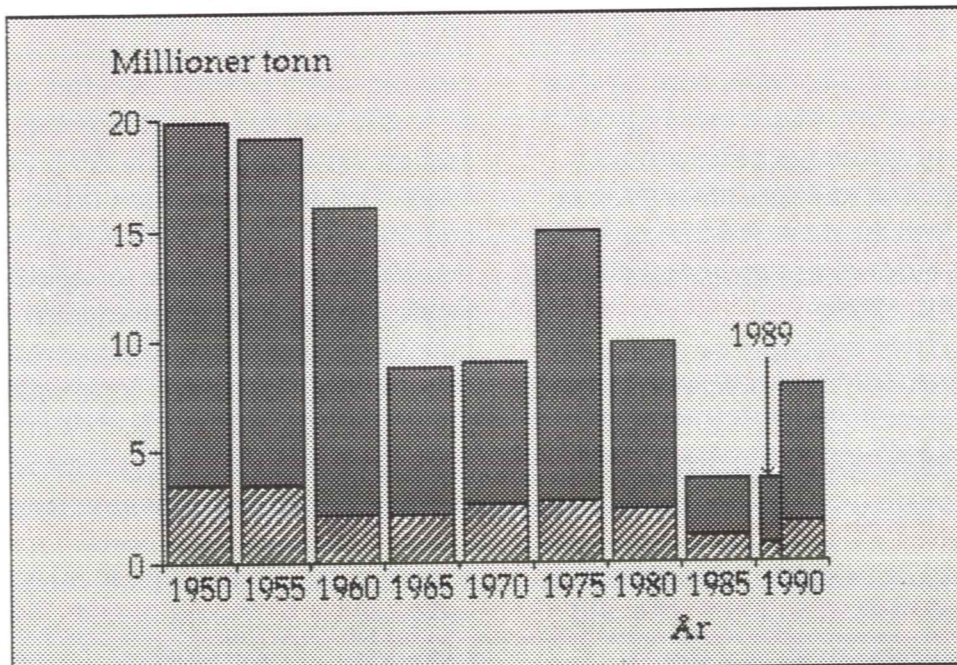
En har således ikke kunnet avlese en vedvarende temperaturstigning i våre nordområder i løpet av de siste 90 årene tross for at CO₂-verdien i samme tidsrom har økt med 30%. Dette er det verd å merke seg da en har antatt at utslaget av drivhuseffekten ville bli størst imot polene. Det kan derfor synes som om andre drivkrefter gjør seg sterkere gjeldende enn drivhusgassene eller at det er en betydelig forsinkelse i oppvarmingen av havet i forhold til den i luften.

HOVEDTREKK AV ØKOLOGIEN HOS FISK I NORSKE FARVANN NORD FOR 62°N

I de nordlige deler av norske farvann finner vi yttergrensen for utbredelsen av mange viktige kommersielle fiskebestander. Denne grensen vil påvirkes av endringer i klima. Perioden siden rundt 1960 har vært preget av et generelt kaldere havklima sammenlignet med foregående 30-års-periode, men de siste årene har vi igjen opplevd en periode med et varmere havklima. Det kalde klimaet opptrådte i kombinasjon med et hardere fiskepress, og i sum førte det til at en rekke fiskebestander ble svekket. Det tette samspillet en finner mellom mange bestander vil da kunne føre til at dyreformer der tallrikheten er kontrollert av nedbeiting, igjen kommer på fote når hovedpredatoren blir mindre tallrik. Veksten i loddebestanden i slutten av 1980-årene er et ferskt

eksempel på dette forholdet.

Høsten 1983 tegnet det til å bli en ny oppgang i mengden av fisk i nordområdene. Særlig knyttet optimismen seg til norsk-arktisk torsk og til norsk vårgytende sild som for første gang på 20 år opptrådte med store mengder yngel i Barentshavet. Det skulle imidlertid vise seg at økosystemet fikk enorme problemer med å håndtere den nye situasjonen med både sild og lodde til stede samtidig i stort antall og en akselererende ubalanse oppstod. Den kuliminerte med sammenbruddet i loddebestanden og en radikal nedskrivning av prognosene for veksten i torskebestanden. Det er nå grunn til å spørre seg om vi vil være i stand til forvaltningsmessig å møte utfordringen fra et økosystem som er i ferd med å



Figur 3. Vekten av all kommersiell fisk i våre nordlige farvann har blitt mer enn halvert siden rundt 1950 da vekten var 20 millioner tonn. I siste del av 1980-årene var samlet vekt på under 5 millioner tonn, men kraftig vekst i loddebestanden, har gitt en vekt-dobling de siste to årene slik at vi nå har 10 millioner tonn fisk nord for 62°N. Oppfisket kvantum er vist med skravering. Dette var mellom 3 til 4 millioner tonn til for få år siden. Fangstkvantumet er nå på nytt i økning etter en svak periode i slutten av 1980-årene da vi var nede i rundt 1 millioner tonn.

finne et nytt leie med endrete styrkeforhold mellom artene. Underveis vil vi måtte være forberedt på nye brå endringer i tallrikheten av viktige kommersielle fiskebestander.

Biomassen av fisk i dette store havområdet ble redusert fra rundt 20 mill. tonn i 1950 til knapt 4 mill. tonn i 1989 (Fig. 3 ; Anon. 1992). Høstingspotensialet ble redusert nesten tilsvarende fra 3-4 mill. tonn til knapt 1 mill. tonn. Oppsvinget i loddebestanden i 1990 og 1991 har på meget kort tid økt biomassen til nesten 8 mill. tonn og bedret høstingspotensialet med 1 mill. tonn, Fig. 3.

Den negative utviklingen i de nordlige farvannene er en kombinert effekt av overfiske og klimabetingete forstyrrelser i bestandene. Den meget store fiskebiomassen i 1950-årene da effekten av klimaoppgangen siden 1920 nådde sitt maksimum, ville trolig måtte reguleres ned til systemenes bæreevne som et resultat av at store områder fikk redusert sin produktivitet. Sætersdal og Loeng (1987) spekulerer rundt muligheten av at det finnes mekanismer som hindrer sterke årsklasser av bl.a. torsk å oppstå i perioder med ugunstige beiteforhold i Barentshavet. Det er ellers påfallende at det aldri er født én sterk årsklasse når det er unormalt kaldt i Lofoten-Barentshavet (Ellertsen et al. 1989).

1980-årene var preget av sterke og brå endringer både med hensyn på klima og i utviklingen til flere fiskebestander. Loddebestanden var meget høy i 1980 med 5 mill. tonn, men var da likevel redusert siden 1977 med 2 mill. tonn. Det skulle vise seg at nedgangen fortsatte i et stadig brattere forløp og etter 1984 gikk det raskt mot sammenbrudd av bestanden. Det ble beregnet å være 20.000 tonn lodde eldre enn 2 år i 1987, en utrolig kontrast til situasjonen 10 år tidligere (Anon. 1992).

Det er klare indikasjoner på at dette ikke var en enestående hendelse. Selv om

datagrunnlaget ikke er så godt som etter 1970, mener en å ha sett lignende reduksjoner i loddebestanden i 1939-41, i 1952-54 og i 1962-64, alle gangene som resultat av at svært sterke årsklasser av sild fylte Barentshavet (Hamre 1991).

På mange måter synes krisen paradoksalt nok å være skapt av den sterke rekrutteringen til en rekke fiskebestander i det varme året 1983. For første gang på omlag 20 år forekom det igjen sildeyngel over store deler av Barentshavet. Med utgangspunkt i en relativt liten gytebestand sild fødtes den sterkeste årsklassen siden 1964. Hovedmengden av ungsilden samlet seg i det østlige Barentshavet og holdt seg der de neste årene fram til forsommeren 1986 (Røttingen 1989). Da trakk den vestover og begynte å delta i gyteinnsiget til Møre fra 1987. Før det, mens den vokste opp i russisk sone, lå den i transportruten for loddelarver og -yngel. En vet fra Øst-Island at sommerfisket på sild ofte var vanskelig fordi silden stod spredt og beitet på loddelarver (Magnusson 1968). En tilsvarende nedbeiting av loddelarver har trolig funnet sted øst i Barentshavet i et omfang som i praksis utslettet årsklassene av lodde fra 1984 og 1985 allerede samme året de var født (Fossum 1992, Hamre 1988). Lodde hadde siden tidlig i 70-årene erstattet sild som byttedyr bl.a. for torsk (Mehl 1989). Uten disse to årsklassene av lodde, begynte derfor mengden av egnet mat for torsken å svekkes allerede i 1985. Dette var særlig kritisk fordi også den norsk-arktiske torsken hadde en uvanlig sterk årsklasse i 1983 og sterke årsklasser i 1984 og 1985. Matbehovet vokste derfor sterkt. I noen grad ble bortfallet av lodde erstattet av ungsilden i øst, men da den trakk seg ut av Barentshavet sommeren 1986, var det også slutt på denne matkilden for torsk.

Det var også en positiv følge av at silden forsvant den sommeren. De relativt fåtallige loddelarvene fra 1986-årsklassen fikk dermed en sjanse til å vokse opp. Det er *denne* årsklassen fra 1986 som har gjort

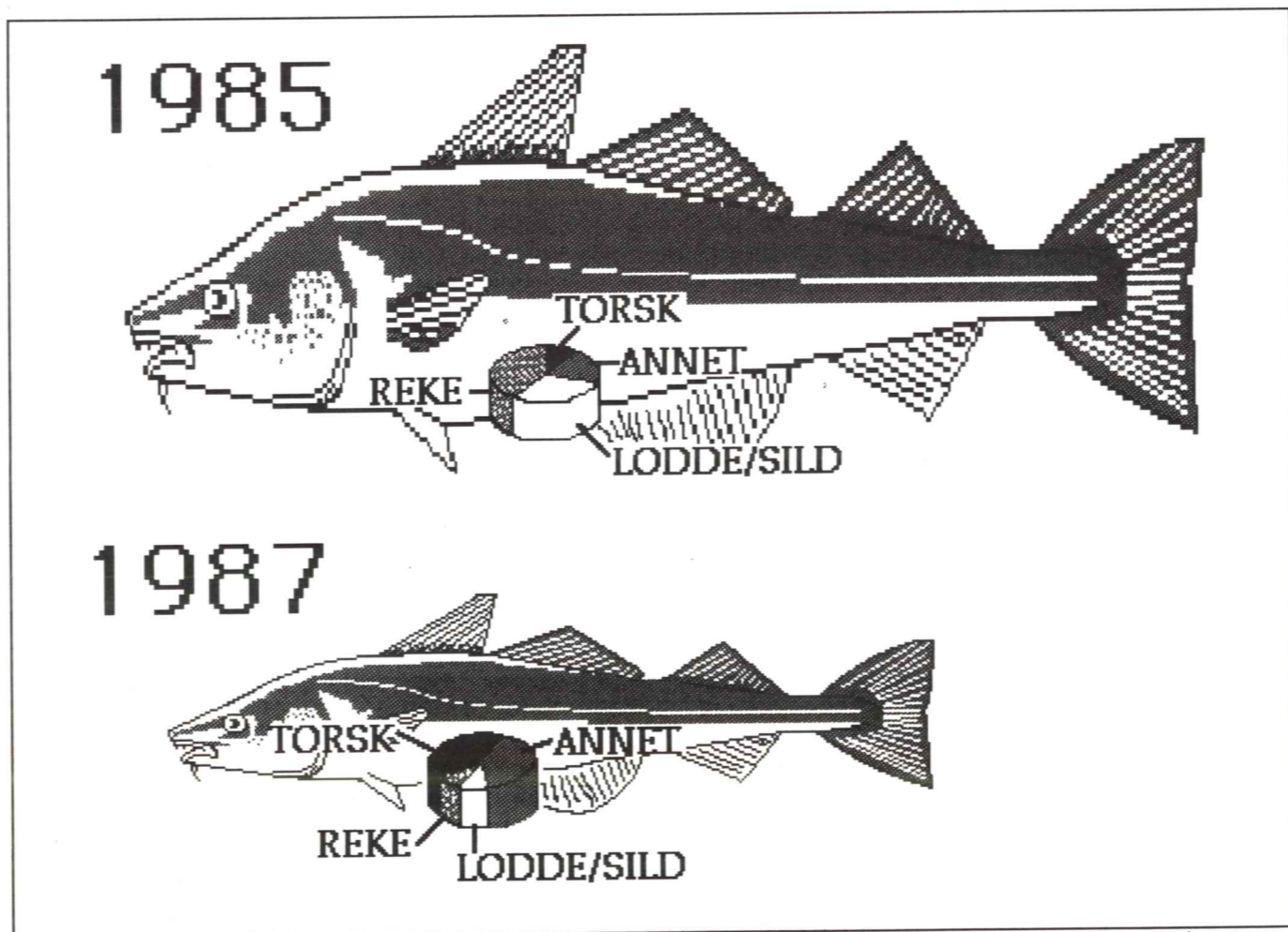
det mulig å få til en så rask oppbygging av loddestammen som det en har observert (Fossum 1992). Denne arten har vanligvis som én av få marine arter, en tett kobling mellom størrelsen på gytebestanden og antallet rekrutter (Hamre 1991).

Unntaksårene er 1984 og 1985 da relativt store gytebestander, skulle ha gitt meget god rekruttering, særlig ettersom mengden av larver langs Finnmarkskysten var god begge årene (Fossum 1992).

Sultsituasjonen som oppstod for alvor fra høsten 1986, rammet trolig mange fiskearter foruten grønlandsselen. Den førte til uvanlig dårlig tilvekst hos torsk og denne skiftet over til byttedyr som tradisjonelt spiller liten rolle i dietten. Særlig gikk det ut over små individer i egne rekker og de relativt sterke

årsklassene av torsk fra 1984 og 1985 ble sterkt svekket som et resultat av denne kannibalsismen. Reke og uer fikk også et sterkt økt beitepress med følger for senere rekruttering til fisket (Mehl 1989; Fig. 4). Silden hadde ved brått å dukke opp i økosystemet, satt opp en kjedereaksjon som vi ennå ser virkningene av.

Det knytter seg også mange spørsmål til konsekvensene av at den voksne silden hver sommer fra 1987 til 1990 har ligget i transporttruten for sildelarver og delvis for sei- og torskelarver på deres drift mot Barentshavet (HELP-rapport 37). Fungerer den voksne silden på samme måten som ungsilden i Barentshavet ved å beite ned larver og yngel som passerer? Biomassen av voksen sild var ved årskiftet 1991-92,



Figur 4. De to torskene på figuren er like gamle. Den fra 1985 vokste opp med god tilgang på mat, både av reke, lodde og sild (se "bløtkaken"). Men sommeren 1986 ble det brått tomt i matfatet. Reke, lodde og sild forsvant og utsultete torsk måtte jakte på hverandre for å få noe å spise, slik som vist med svart i "bløtkaken". Veksten stoppet opp og torskene mistet flere års tilvekst.

2.0-2.5 mill. tonn, så det er enorme matmengder de spiser i beiteområdene vest av Lofoten om sommeren (Røttingen 1989). De meget store mengdene av sildelarver som årlig har blitt produsert av 1983-årsklassen, har hatt høy overleving til langt ut i mai flere år på rad. I noen år har disse blitt sterkt redusert i antall før de på nytt har blitt antallsmålt i juli på Tromsøflaket (HELP-rapportene 3,9,14,20,27, 28,36,37 og 42). De siste årene har bildet endret seg. Den voksne silden har stått lengre fra land, og i 1990 og 1991 har mengdene av ungsild produsert av den sterke 1983-årsklassen vært betydelige. En kan derfor forvente nye sterke årsklasser som kan ta over når 1983-årsklassen av sild gradvis forsvinner ut av gytebestanden fra midten av 90-årene.

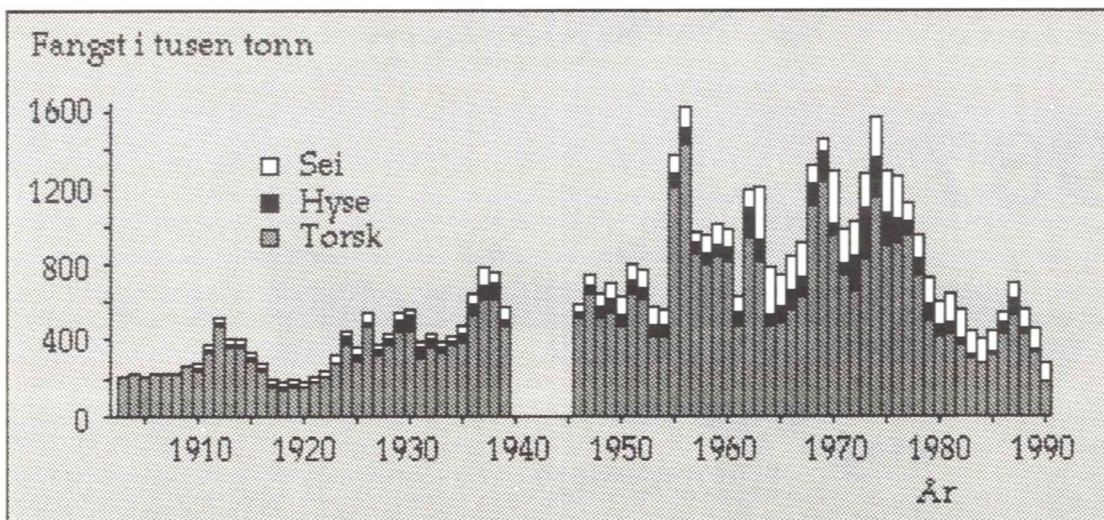
3.1. Torskefisk

Langtidsutbyttet av *norsk-arktisk torsk* er vurdert til noe i underkant av 1 mill. tonn hvorav Norge vil kunne fiske omlag 50% (Ulltang 1982). I kontrast til dette, var fisket i 1991 totalt på 225.000 tonn når en ikke tar med 40.000 tonn kysttorsk (Anon. 1992). Fisket av norsk-

arktisk torsk siden 1903 er vist på Fig. 5. Det vil ta lang tid å bygge opp bestanden til et nivå som muliggjør et fiske på nivå med det potensielle langtidsutbyttet, og det vil være behov for én eller flere sterke årsklasser.

Gytebestanden var høsten 1991 beregnet til å være 570.000 tonn og består hovedsakelig av fisk fra 1983-årsklassen (Anon. 1992). Denne sterke årsklassen bidrar til å øke andelen av flergangsgytere i bestanden nå da den danner hovedstammen i gytebestanden. Denne årsklassen ble sterkt redusert før den nådde kjønnsmoden alder ved at bare 80 mill. 7-åringer var tilbake ved inngangen til 1991 av ialt 1 mrd. 3-åringer. En moderat sterk årsklasse synes å avtegne seg for 1989 mens de for 1990 og 1991 er sterke (Anon. 1991). Disse årsklassene kan legge grunnlaget for et godt fiske etter 1995.

Gytingen hos torsk har i hovedsak funnet sted på strekningen fra Vestfjorden og Røst (40% i 1984 og 1985) og nordover til Sørøya (Sundby og Bratland 1987). Historisk har omlag 10% av gytetorsken vandret til Mørkekysten. I perioder har andelen vært høyere (opptil 25%) eller lavere, og det siste tiåret har vi vært inne i en periode med lav andel



Figur 5. Norsk-arktisk torsk har vært den viktigste torskefisker i fangstene hele dette århundret. Ved århundreskiftet var fangsten rundt 200.000 tonn og den økte gradvis til mellom 800.000 og 1.200.000 tonn i en 20-års-periode fra midt i 1950-årene til midt i 1970-årene. Vi er nå tilbake til nivået fra rundt århundreskiftet. Fangst av norsk-arktisk sei og hysen lå mellom 200.000 til 400.000 tonn i den gode perioden fra 1955 til 1975, men disse to spiller nå svært liten rolle i fisket, da særlig hysen.

(Godø 1983 og 1984; Sætersdal og Hysten 1964).

Norsk-arktisk hyse ga for 1991 et utbytte på 27.000 tonn. Bestanden har vært inne i en langvarig nedadgående trend med en gytebestand helt nede på 100.000 tonn (Anon. 1992). Denne er nå på vei opp med rask vekst i gytebestanden som er på rundt 175.000 tonn. Sterke årsklasser i 1990 og 1991 vil kunne gjenreise bestanden fra midten av 1990-årene.

På samme måte som for torsk, vandrer gytefisken ut av Barentshavet, men bare omlag halvparten går sør for Tromsø-flaket (HELP-rapport 25). Hysen gyter hovedsakelig på meget dypt vann ved en temperatur på 4-6°C langs kontinentalskråningen fra vest av Røst (67°N) og nordover. Langt mindre gyting foregår sør for dette området, og da hovedsakelig av lokale bestander (HELP-rapport 25). Gytingen har sin hovedtyngde i månedsskiftet april-mai, altså omlag én måned senere enn torsken i tilsvarende områder. Tette konsentrasjoner av egg og larver finner en ikke i norske farvann slik som tilfellet er for torsk (HELP-rapport 25).

På samme måte som for torsk og hyse forlater gytemoden *sei* Barentshavet mot slutten av året for å gyte på Møre og langs Helgelandskysten i februar-mars (Bergstad et al. 1987). Bestanden har holdt seg stabil mellom 5-600.000 tonn i 80-årene (Jakobsen 1987) og gitt grunnlag for et fiske på 110.000 tonn i 1991. Gytebestanden er på mellom 100-200.000 tonn og når gytingen er avsluttet, returnerer den til Barentshavet hvor den har sitt beiteområde (Anon. 1992).

Seien rekrutteres trolig i liten grad fra egg gytt på Helgelandskysten og i Vestfjorden i månedsskiftet februar-mars (HELP-rapport 16). De store mengdene sei yngel i hele området i mai, skriver seg trolig fra gyting lengre sør og vest i sørkanten av Norskehavet (HELP-rapport 35 og 27). Yngelen kommer inn til kysten der den vokser opp og holder seg inntil

den på nytt gir seg ut på lange vandringer som 2-3-åringer (HELP-rapport 28).

En oversikt over fangst av sei og norsk arktisk hyse siden 1903 er også framstilt på Fig. 5.

3.2. Pelagiske fiskebestander

Gytebestanden av *norsk vårgytende sild* består nå for 85% av vedkommende av den sterke 1983-årsklassen. Bestanden som for tiden er på 2.0-2.5 mill. tonn, har de siste tre årene oppholdt seg langs Nordlandskysten. Målet er å bygge opp gytebestanden til 2,5 mill. tonn. Fisket er sterkt regulert med et uttak i 1991 på 75.000 tonn (Anon. 1992). Deler av bestanden ble angrepet av sopp i 1991.

Etter avsluttet gyting i februar-mars, svømmer den til havstrekningen mellom 66° og 70°N der den står og beiter fra april til september (Røttingen 1989). Om høsten og vinteren trekker silden inn i Vestfjorden og tilgrensende fjorder før den så på nytt gir seg på gytevandring til sokkelen utenfor Møre. I 1989 og 1990 gytte silden også på strekningen Haltenbanken-Vikna, utenfor Karmøya og ved Egersund (Røttingen 1989). Utvidelsen av gytefeltene mot sør gjør stammen mindre avhengig av resultatene fra gyting i ett enkelt område.

Det har forekommet gyting tidligere år i Lofotenområdet, bl.a. i 1964 og 1965 ved avslutningen av den siste sildeperioden (Dragesund 1970).

Mengden av sildelarver på de tradisjonelle gytefeltene har vært betydelige de senere årene og fra 1989 til 1992 kunne mengdene sammenlignes med de årene da silden hadde en "normal" bestandsstørrelse (HELP-rapport 32). I juli finner en yngelen igjen over Tromsøflaket der de da går sammen med larver og yngel av en rekke andre arter, særlig av torsk, hyse, uer og enkelte år av lodde (HELP-rapport 3,14,28,37 og 42).

Mengden av *lodde* i Barentshavet har vært raskt økende på grunn av sterke

årsklasser i 1989 og i 1990 (Anon. 1992). Bestanden ble vinteren 1990/91 beregnet til knapt 6 mill. tonn. De sterke årsklassene har bedret beitegrunlaget for torsk parallelt med at de har forsterket gytebestanden vesentlig. I og med den nære koblingen mellom foreldrebestand og rekrutter som en i særlig grad finner hos lodde, er det viktig å opprettholde en stor gytebestand.

Fisket i 1991 var på 844.000 tonn etter en fredningsperiode på fem år (Anon. 1992).

3.3. Andre fiskbare ressurser i nord

Det er to kommersielle arter av uer i norske farvann, *vanlig uer* og *snabeluer* der den sistnevnte dominerer i mengde med en bestand på 385.000 tonn i januar 1992. Til tross for meget store yngelmengder i 1980-årene, har rekrutteringen vært for svak til å opprettholde bestanden som har falt fra et nivå på 1 mill. tonn i 1974. Et sterkt beitepress fra torsk og hyse på den sentvoksende ungfisken er trolig

hovedårsaken til problemene i bestanden. Fisket har falt fra 100.000 tonn i 1980 til knapt 56.000 tonn i 1991 (Anon. 1992).

Fisket etter *blåkveite*, *kveite*, *gapeflyndre* og *rødspette* er beskjedent og for de to førstnevnte i nedgang (Anon. 1992).

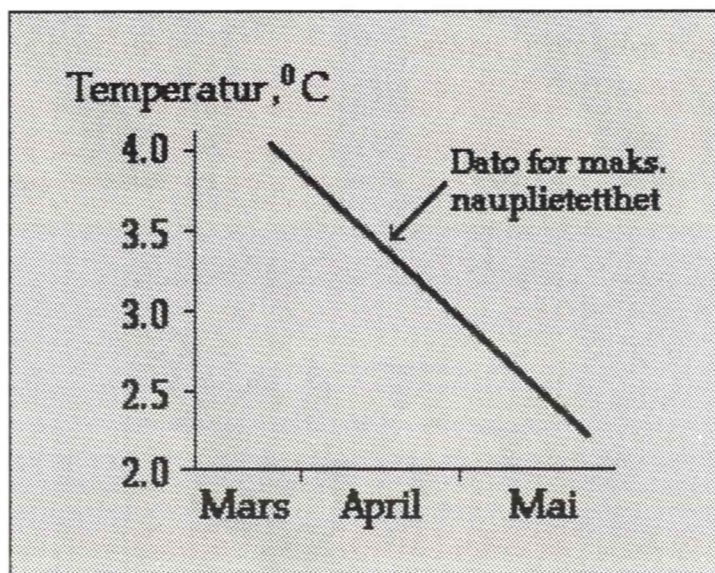
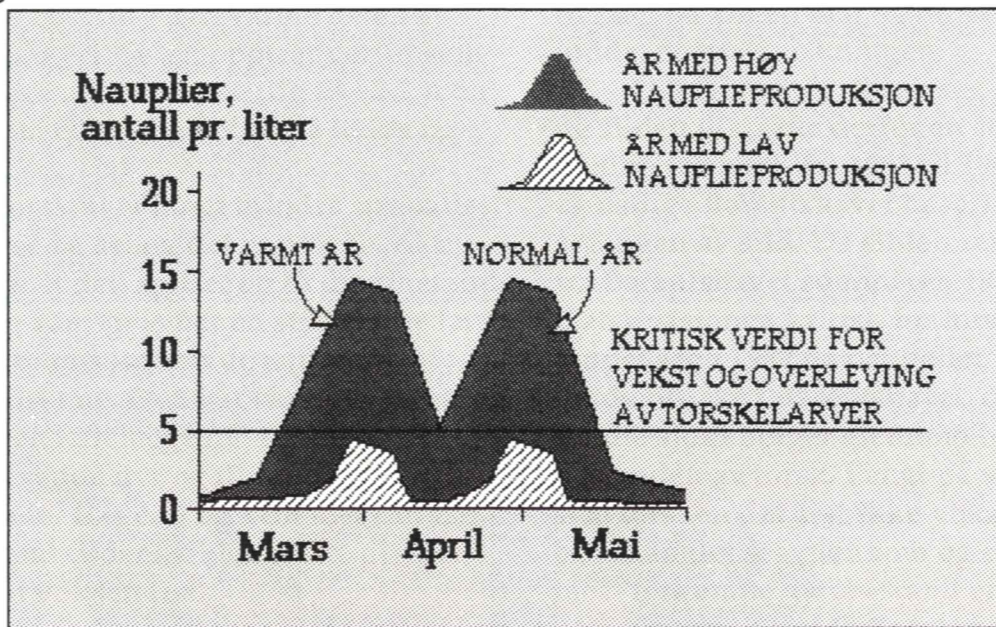
Bestanden av *dypvannsreker* i Barentshavet ble beregnet til vel 300.000 tonn i 1991, noe som er 2/3 av bestanden fra 1984 da den var på sitt høyeste de siste ti årene (Anon. 1992).

Reken er utsatt for et stort beitepress fra torsk og uer og når torsken har sterke årsklasser eller relativt lite mat slik situasjonen var i 1986-1988, vil det ramme reken særlig hardt (Mehl and Sunnanå 1990). Rekrutteringen varierer med styrken på innstrømning av atlantisk vann og med temperaturforholdene i bunnvannet. Store deler av rekebestanden i nord og øst baserer seg på tilførsler av yngel fra sør og vest fordi den i hovedsak formerer seg i områder med relativt høye temperaturer (1° til 5°C). Reken unngår vann som er kaldere enn -0,5°C og derfor er en stor del av Barentshavet tomt for reker (Berenboim and Lysy 1987; Nedreaas and Øynes 1987).

RAUDÅTE (*Calanus finmarchicus*)

Raudåten er knyttet til atlantisk vann og finnes i tempererte strøk over hele Nordatlanteren. Biomassen av denne arten er trolig blant de største av samtlige arter i disse havområdene.

Raudåte utgjør hoveddietten for de fleste fiskearter like fra disse klekker. For pelagiske fisk som sild og lodde er den et viktig byttedyr i hele livsløpet. Tallrikheten av arten varierer sterkt fra



Figur 6. Her må vi ta én ting av gangen, og vi begynner med den nederste figuren. Følg 4°C (et varmt år) fram til linjen "Dato for maksimal nauplietetthet". Går en da ned på datolinjen kommer en til siste halvdel av mars. Kobler en dette med den mørkskraverte pukkelen til venstre på den øverste figuren, så viser den tallrikheten av nauplier i et slikt "varmt år". Tettheten er angitt med 15 nauplier pr. liter. Hovedtyngden av torskelarvene klekker 20. april, og de kommer derfor for sent til å få full glede av disse naupliene. Likevel legger varme år ofte grunnlaget for sterke årsklasser. I et "normalt år" er temperaturen rundt 3°C og larvene klekker ut til et rikelig matfat. I et kaldt år med 2°C eller kaldere, kommer larvene for tidlig da høyeste nauplietetthet vil inntreffe i slutten av mai. Det ser en ved å følge se på den nederste figuren. Linjen for "kritisk verdi" på den øverste figuren tilsvarer en tetthet på 5 nauplier pr. liter, og det gir nok mat til å hindre sult hos torskelarvene. Til sist, legg merke til at noen år er mengden av nauplier svært lav uansett temperaturen i Lofoten (skravert kurve på øverste figuren). I slike år vil sannsynligheten for en svak årsklasse være stor.

år til år med store følger for næringstilgangen for fisk. Den kan ikke formere seg i arktisk vann og bestanden i Barentshavet kommer dit med innstrømmende atlantisk vann fra vest. Overvintrende raudåte finner en på dypt vann langs hele kysten. Den starter sin yngelproduksjon om våren, og dette gir grunnlaget for det dramatiske oppsvinget av nye rekrutter av alle typer fisk langs vår kyst.

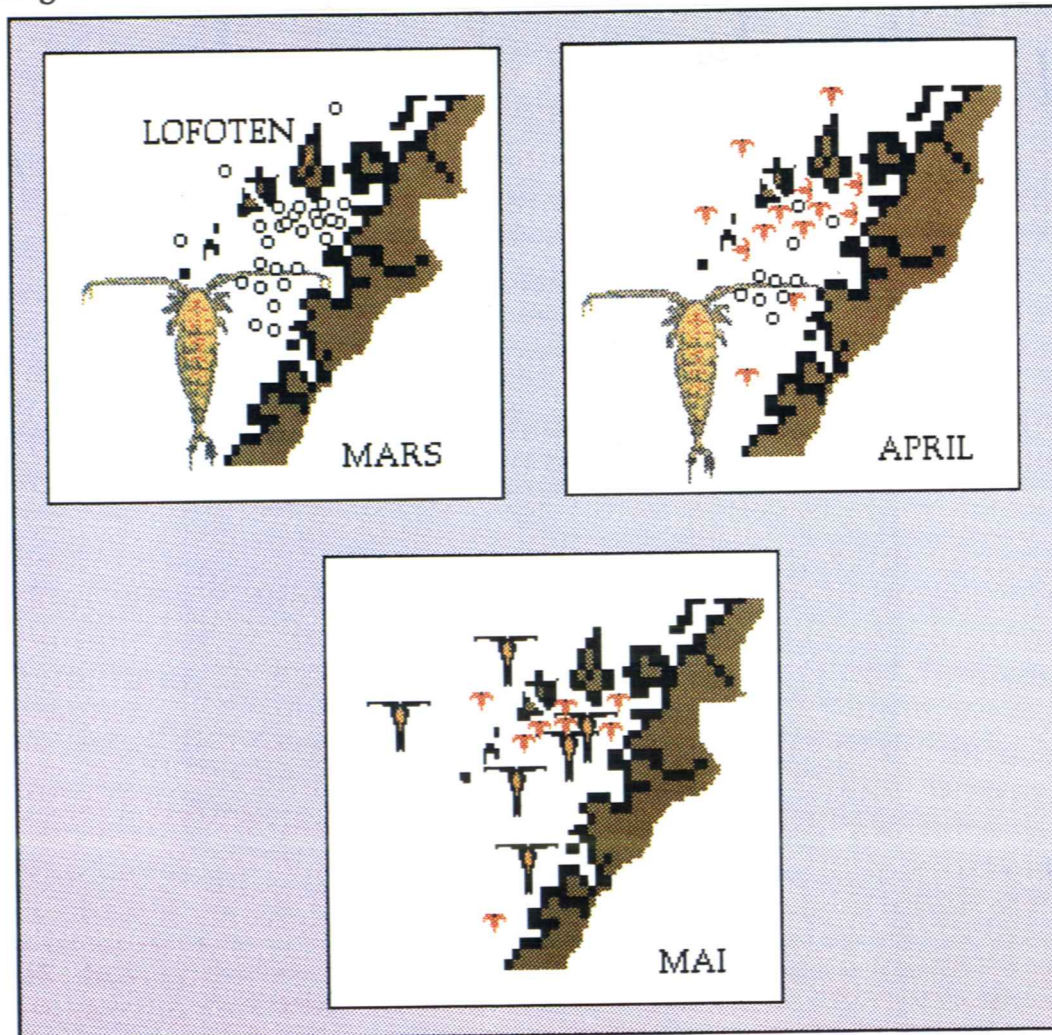
Den har en nærstående slektning, ishavsåten (*C.glacialis*), som lever i arktisk vann i de nordøstlige deler av Barentshavet.

"Man skulde ikke tro at så små dyreformer skulde være af så stor betydning for et lands økonomi" (Boeck

1871). Sitatet viser at de første havforskerne var klar over at raudåten dannet grunnlaget for alle våre kommersielle fiskebestander. Det er derfor naturlig at en innenfor HELP har gjennomført studier på denne arten.

Samspillet mellom raudåte og fisken begynner tidlig om våren. Sild og torsk oppsøker sine gytefelt og etterlater befruktete egg enten på bunnen som tilfellet er med sild, eller fritt svevende i vannet som for torsk. Samtidig kommer voksne raudåter opp fra de store havdyp der de har overvintret og begynner å legge sine 0,15 mm store egg. Ut av eggene til raudåten kommer en liten yngel eller *nauplius* som fiskelarvene jakter på.

Fiskelarvene vokser nå opp i lag med naupliene og begge blir gradvis større slik



Figur 7. Lofoten i mars, april og mai. I mars kommer den voksne raudåten til overflaten og gyter eggene sine, her vist med små ringer (eggsymbol) i Vestfjorden. I april er eggene i ferd med å klekke til nauplier (små røde dyr). Vestfjorden i mai: klekkingen er over og mange nauplier har utviklet seg til ungdyr av raudåte (kopepoditter, orange symbol).

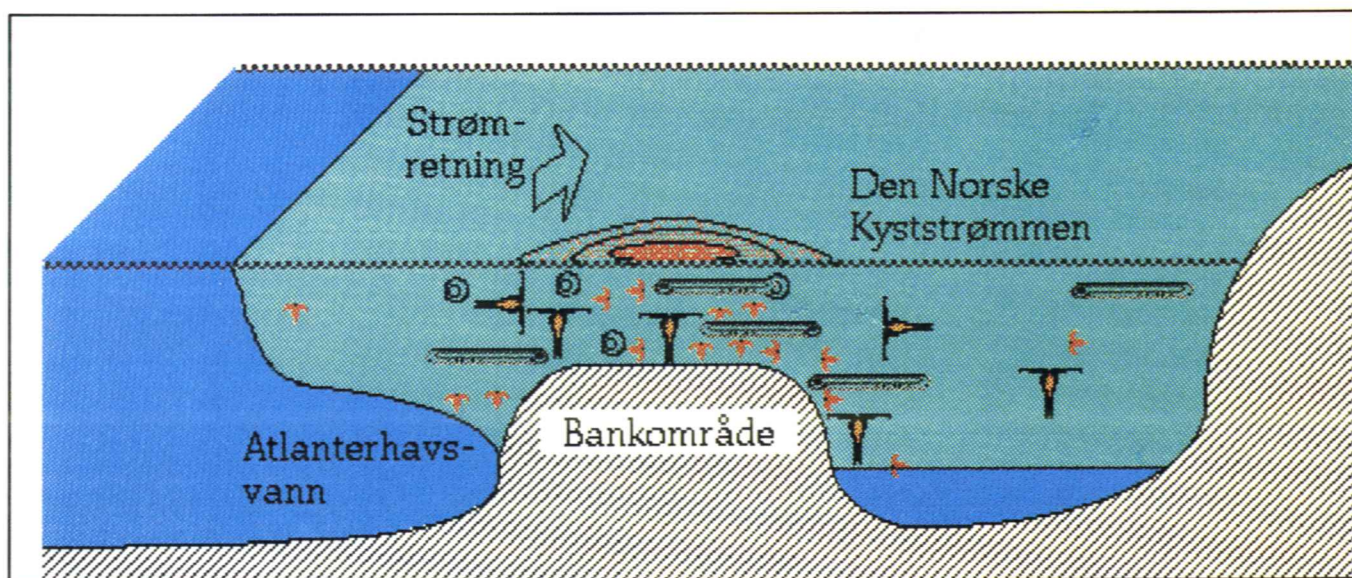
at fiskelarvene stadig kan finne føde av rett størrelse. Først når torskelarvene blir ungfisk begynner raudåten å bli mindre viktig i dietten mens den for sild er viktig hele livet.

Dette tette samspillet mellom fiskelarve og raudåte hviler på et spinkelt grunnlag. I varme år begynner raudåten å gyte tidligere enn i kalde år. Forskjellen kan være så stor som seks uker (Fig. 6). Vi finner ikke en tilsvarende mekanisme hos fisk. Da kan det lett tenkes at fiskelarvene er mest tallrike og trenger mat i et tidsrom som *ikke* passer med produksjonstoppen for nauplier av raudåte. *Match-mismatch* er det engelske uttrykket for fenomenet, og tallrikheten av en årsklasse av sild eller torsk kan i noen grad bestemmes av graden av *match* eller overlapping av fiskelarver i første næringsopptak og tilgangen på raudåte av rett størrelse. Ut fra foreløpig kunnskap kan en si at *match* er en nødvendig, men ikke tilstrekkelig forutsetning for å få en sterk årsklasse.

Naupliene av raudåte utvikler seg til voksne dyr av omlag 4 mm lengde og disse blir så kjønnsmodne i løpet av sommeren. I Sør-Norge kan en få 2-3 generasjoner mens en sjelden får mer enn

1-2 i Nord-Norge og én i Barentshavet og da bare i den delen med Atlantisk vann. På sensommeren trekker gjenlevende ungdyr av raudåte ned på dypt vann og overvintrer der på opplagsnæringen for så neste vår å søke seg til overflaten for å gyte. Ved neste sesongstart vil igjen gunstige temperaturer og gode ernæringsforhold kunne påskynde eggproduksjonen.

Det er store variasjoner i den *totale* mengden av raudåte fra år til år. Det har vært antydnet en samlet årlig produksjon i norske farvann mellom 2 til 20 mill. tonn. I Barentshavet har en målt variasjoner med en faktor på 1 til 10 i løpet av fem år (Skjoldal og Rey 1989). Dette må bety mye for produksjonspotensialet av fisk generelt, men for fiskelarvene kan det få markerte effekter. Dette illustreres ved at normalt er det 20-40 nauplier pr liter i Vestfjorden når naupliemengden kulminerer, men i 1987 var den høyeste tettheten 4 pr liter. Da vil selv overlapp i produksjonen (*match*) være til liten hjelp. Den maksimale mengden av nauplier, som vanligvis blir påvist i siste halvdel av april i oppvekstområdene for torskelarver, varer 1-2 uker. Nauplier vil imidlertid



Figur 8. Bankområdene langs kysten spiller en viktig rolle i fiskelarvenes liv. Kyststrømmen danner virvler rundt og over bankene (f.eks. Håltensbanken) og det skjer derfor en oppstuing av egg, fiskelarver (se symbolene) og deres byttedyr i denne virvelen (de små røde er nauplier, de orange er kopepoder). Dette sikrer høyere tetthet og bedre vekst og overleving hos fiskelarvene. De mange Argusbøylene sjøsatt i regi av HELP har klart vist dette strømmønsteret.

påvises i 12-16 uker, men innledningsvis i svært lave tettheter og da først i sørlige områder.

Det er også store *horisontale* forskjeller, styrt av strømmønstre og fordeling av gyteområder for raudåten. Reproduksjonen av raudåte er en *dynamisk prosess i tid*, noe en vil se av Fig. 7 fra Vestfjorden, der en har vist den generelle situasjonen i et middelår. Store mengder egg gytes i Kyststrømmen som trenger inn på østsiden av Vestfjorden. Eggene dominerer i mars og klekkes innen én uke. Nauplier er særlig tallrike på vestsiden av Vestfjorden og nordover i april. For fiskelarvene blir det avgjørende om de befinner seg i disse områdene med mye nauplier. I mai er det eldre stadier av raudåte som dominerer i hele området i et normalår.

Også ved gytetfeltet for sild på Møre observeres tilsvarende forhold (HELP-rapportene 11 og 41).

Fysisk-oseanografiske forhold bidrar der til at både sildelarver og nauplier stues opp over bankområder slik at fordelingen blir svært flekkvis (Fig. 8).

Det er også store *vertikale* forskjeller. Undersøkelsene har demonstrert at naupliene vandrer opp mot overflaten i skumringen og ned igjen når det lysner, selv i områder med midnattssol (Ellertsen et al. 1984). Fiskelarvene har ikke utviklet en like sterk vandingstrang og bare deler av døgnet oppholder de seg i de vannmassene der det er tettest med nauplier. Torskelarvene vil trenge 10-30 nauplier/liter for å opprettholde en nødvendig tilvekst, og over store områder i Lofoten og nordover vil de ikke treffe på tilstrekkelig gunstige forhold. En tilsvarende variabel situasjon vil sildelarvene møte utenfor Møre, og begge steder har en derfor funnet larver i en tilstand av utsulting (HELP-rapportene 6 og 31).

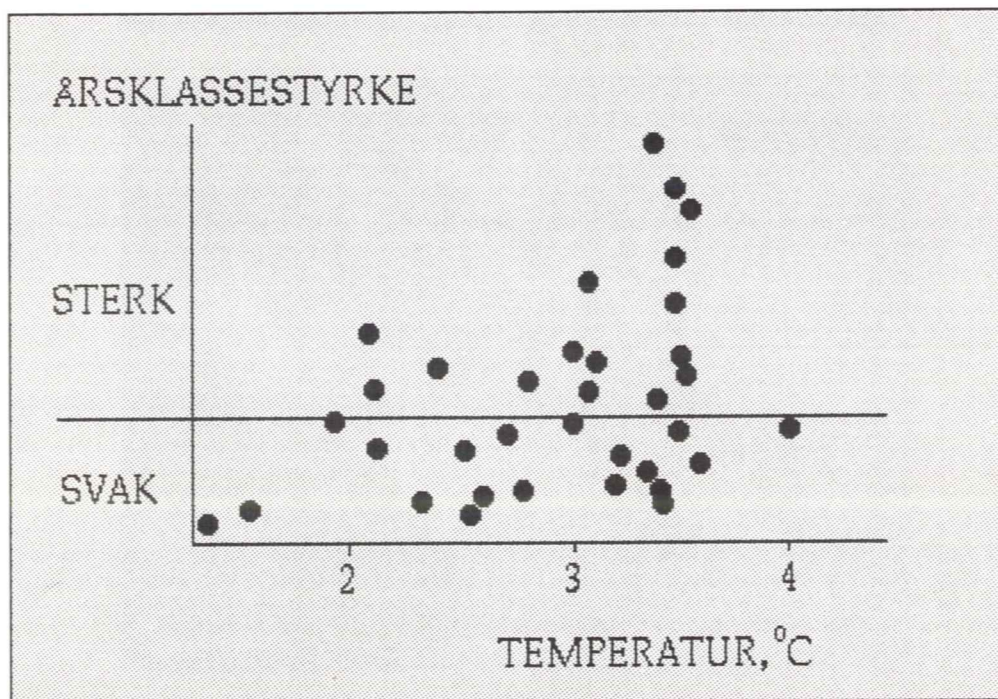
NORSK-ARKTISK TORSK (*Gadus morhua*)

Torsken eller skreien har spilt en helt avgjørende rolle for verdiskapingen i det norske kystsamfunnet og i lange perioder også for storsamfunnet gjennom de eksportinntekter den har brakt landet. Lofoten er således ikke bare et sted på norskekysten, men har fått en sakral valør nesten på linje med Nidarosdomen. Det er det årvisse fisket på gyteskrei som har gitt området sin spesielle status, en status som faller godt sammen med den mektige naturen som danner kulissene til årets viktigste begivenhet i norsk natur.

Torsk finner en oppdelt i et stort antall bestander på begge sider av Nordatlanten og rundt Island og langs deler av kysten rundt Grønland, særlig på sør- og sørvestkysten. Den har også trengt inn i Østersjøen der det nokså brått rundt 1980 vokste fram ett av de største torskefiskerier i verden med

årsfangst på opp mot 500.000 tonn. En lignende situasjon opplevde en sørvest av Grønland der en rundt 1960 årlig fisket mer enn 400.000 tonn torsk, et fiske som idag nærmest er opphørt. Begge tilfeller illustrerer torskens evne til å utnytte gunstige forhold til å øke sin biomasse flerfoldige ganger i løpet av få år for så igjen å innta en mer beskjeden plass i økosystemet. Den reduserte torskebestanden i Barentshavet vil også raskt kunne ta seg opp under gunstige forhold. Det er således gode grunner til at en har villet legge mye innsats i å forstå de mekanismer som skaper disse markerte fluktusjonene både i vår torskebestand og i andres.

Like siden Georg Ossian Sars begynte torskeundersøkelsene i Lofoten i 1864, har en vært opptatt av hva som skjer med eggene og av hvilke faktorer som



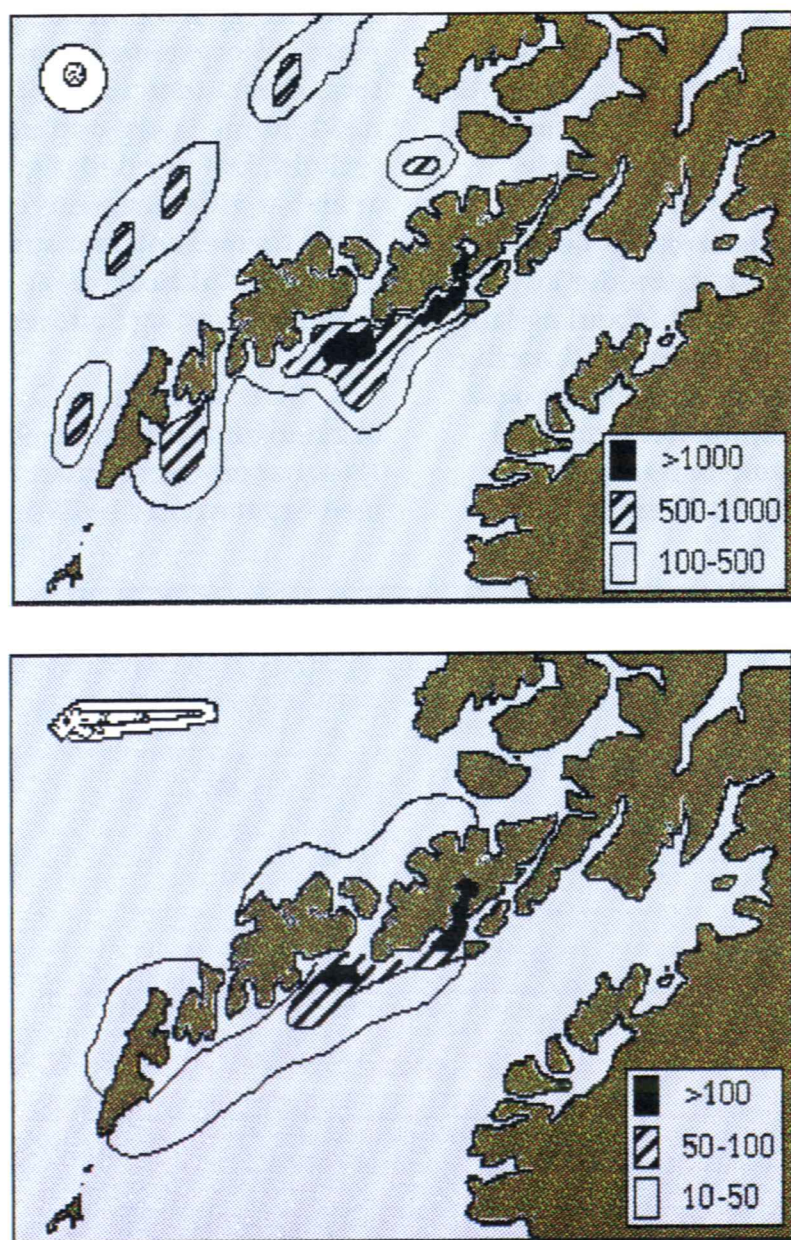
Figur 9. Undersøkelser gjennom hele dette århundret har vist at sterke årsklasser av torsk kun blir født i "varme" år i Lofoten. Årsklassene blir mindre tallrike i takt med synkende temperaturer i Lofoten. Dette faller godt sammen med de forholdene som ble omtalt på Figur 6.

gjør at en får store variasjoner i tallrikheten av torsk. Mye har vært kjent lenge, og en rekke fenomener knyttet til de tidlige livsstadiene ble ytterligere avdekket gjennom Torskelarveprosjektet ved Havforskningsinstituttet fra 1975-1985.

Skreien har bak seg en vandring på 500-1000 km når den ankommer gytefeltene i februar og setter i gang selve gytingen tidlig i mars i mørket på mer enn 100 m dyp ved overgangen mellom kaldt

Kystvann som hviler over varmt og salt Atlanterhavsvann. Så godt som alle egg befruktes og stiger raskt opp til de øvre 30 meterne der temperaturen kan være nede i 1-2°C, men i varme år kan være oppe i 4-5°C. Det er bare i varme år en får produsert de sterke årsklassene. Høy temperatur er en nødvendig forutsetning, men ikke en tilstrekkelig betingelse for framvekst av en tallrik årsklasse (Fig. 9).

Gytebestanden er vanligvis dominert av førstegangsgytere fra én årsklasse, og er



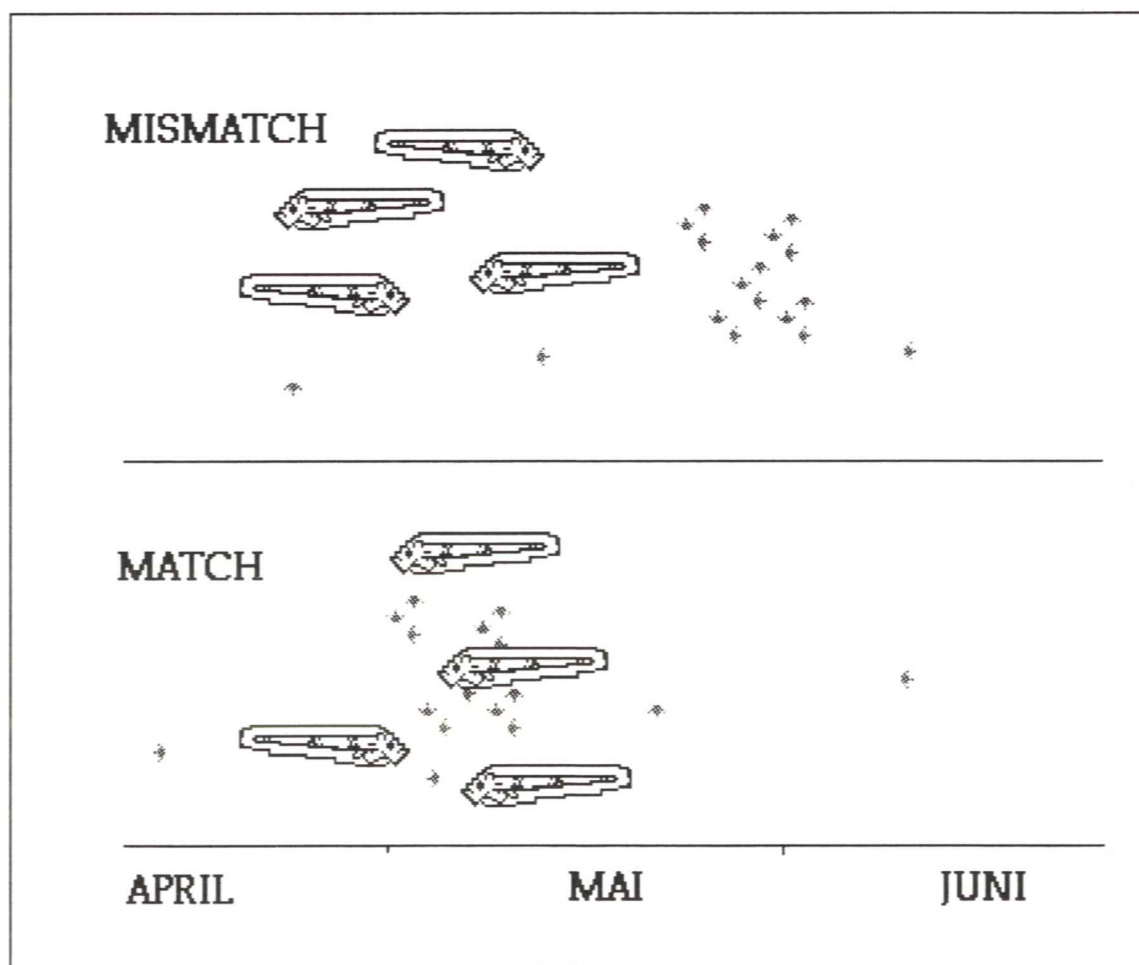
Figur 10. Den øverste figuren viser at torsekeggene i hovedsak er gytt i farvannene nær land på innsiden av Lofotveggen med tettheter over 1.000 egg pr. m² overflate. Den nederste figuren viser samme utbredelse for torskelarvene, men tallrikheten er bare 10% av den for egg. Samtidig har det skjedd en drift av egg og larver nordover.

denne årsklassen svak, blir det lite fisk på gytefeltene. Eksperimentelle undersøkelser i regi av HELP har vist at førstegangsgyterne har relativt få og små egg og fisken kommer litt senere igang med å gyte. De små eggene gir små larver, men den senere gytingen kan i mange tilfeller oppveie noe av dette handikappet ved at fødeforholdene for larvene har blitt bedret. I de årene torsken sultet i Barentshavet, i 1987 og 1988, ble eggproduksjonen pr. hunn redusert kraftig. Det harde fiskepresset på en sterkt svekket torskebestand har derfor konsekvenser utover det å redusere biomassen av torsk. Den endrer også alderssammensetningen. Ved inngangen til 1950-årene da torskestammen var på rundt 6 mill. tonn, var det mange årsklasser som deltok i gytevandringen og førstegangsgyterne var 2-3 år eldre enn nå da vi har en totalbestand på knapt 1 mill.

tonn. Likevel fikk en i 1990 og særlig i 1991 produsert nye sterke årsklasser der 1991 er på nivå med det beste en har sett etter krigen og jevnstor med 1983-årsklassen da denne var ved samme alder. Den årsklassen ble dessverre sterkt redusert i antall allerede som ungfisk.

De befruktete torskkeggene havner i den meget variable Kyststrømmen. En stor andel av de pelagiske eggene rives med av den raske strømmen på utsiden av Lofoten mens egg gytt i Vestfjorden eller sidefjorder til denne, kan bruke lang tid på å komme inn i en transportbane nordover. En typisk eggfordeling er vist på Fig. 10. Forsinket utvasking fører til at det enkelte år klekkes store mengder egg inne i selve Vestfjorden, Fig. 10.

Det er lagt ned mye arbeid i å avdekke produksjonskurvene for henholdsvis torskelarver og deres fødedyr, naupliene. Overlappende



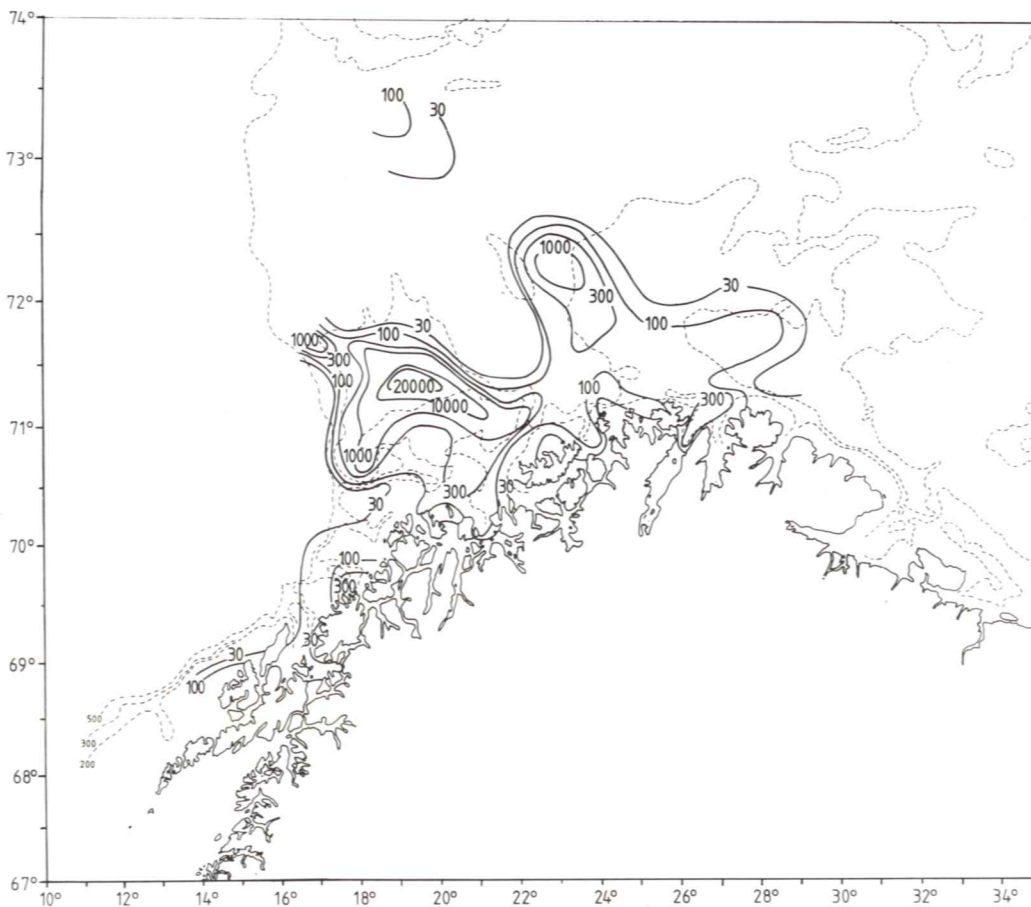
Figur 11. Mismatch kalles en situasjon der fiskelarvene bommer i tid på matfattet: de kan være født for sent eller for tidlig i forhold til tidspunktet for særlig rike forekomster av fødeorganismer. Match er en situasjon der rikelige mengder av fødedyr er til stede nettopp på det tidspunktet da larvene trenger dem.

produksjon (*match*) burde gi bedre betingelser for overleving av torskelarvene, Fig. 11. Imidlertid vet en lite om hvilken betydning de torskelarvene en observerer i Vestfjorden har for årsklassens styrke. De fleste år vil hovedtyngden av larvene klekke nord for Vestfjorden.

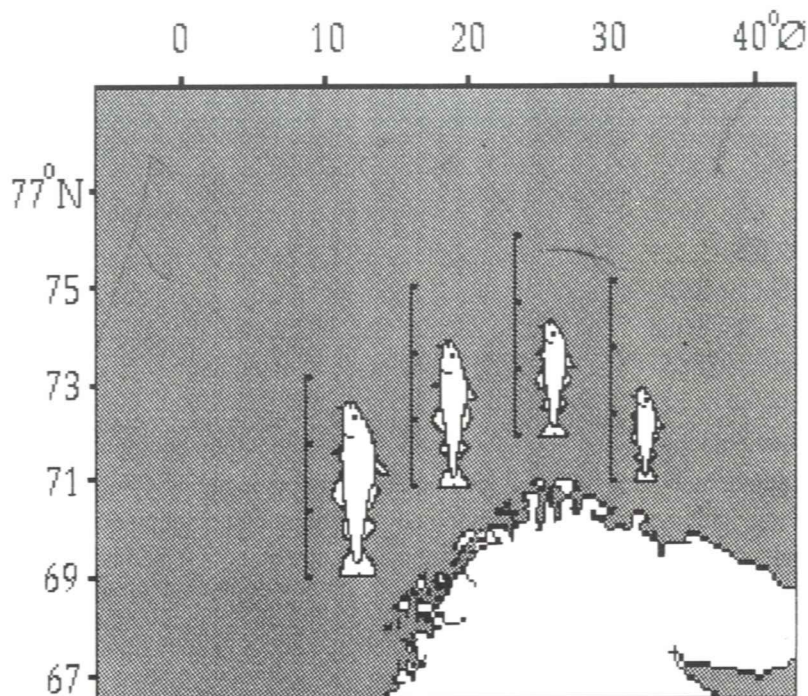
Torskelarven har vært gjenstand for store eksperimentelle forskningsprogrammer i siste del av 1970- og i 80-årene, og i disse har en avdekket at larvene klarer seg ved førtettheter som en tidligere anså for helt utilstrekkelige for vekst og overleving. En har derfor de siste årene i regi av HELP begynt å interessere seg for mekanismer i havet som kan forklare dette fenomenet. Det synes nå å være klart av moderat sterk vind gir småskala hvirveldannelse eller turbulens i

de øvre vannlag som letter jakten for torskelarven slik at denne kan overleve på langt lavere tettheter av nauplier enn før antatt mulig. Disse undersøkelsene er fortsatt i gang. Nærmere omtale er gitt i Kap.13.3.

Det som skjer med torskelarvene under første næringsopptak, er svært viktig, men i HELP har en også fulgt dem med stor oppmerksomhet mens de vokser fra larve til yngel underveis mot Barentshavet, Fig. 12. I denne perioden kan deler av yngelbestanden bli brakt nordvestover slik at de havner nord og vest av Svalbard, Fig. 28. Torsk som havner over svært store havdyp, vil kanskje gå tapt. Men hovedtyngden av larvene føres over Tromsøflaket i juni-juli for så å spres som pelagisk yngel utover i Barentshavet og da fortrinnsvis i de



Figur 12. Tromsøflaket virker som et gigantisk oppsamlingsområde for torskelarver og -yngel gjennom hele juni og juli og opptil 90% av bestanden kan enkelte år være samlet over dette området som er på størrelse med Danmark. Det er virveldannelsen over bankområdet som fører til denne massive oppkonsentreringen av yngel. Utover i juli og august driver hovedtyngden av yngelen videre inn i Barentshavet mens en mindre del driver nordover mot vestkysten av Svalbard.

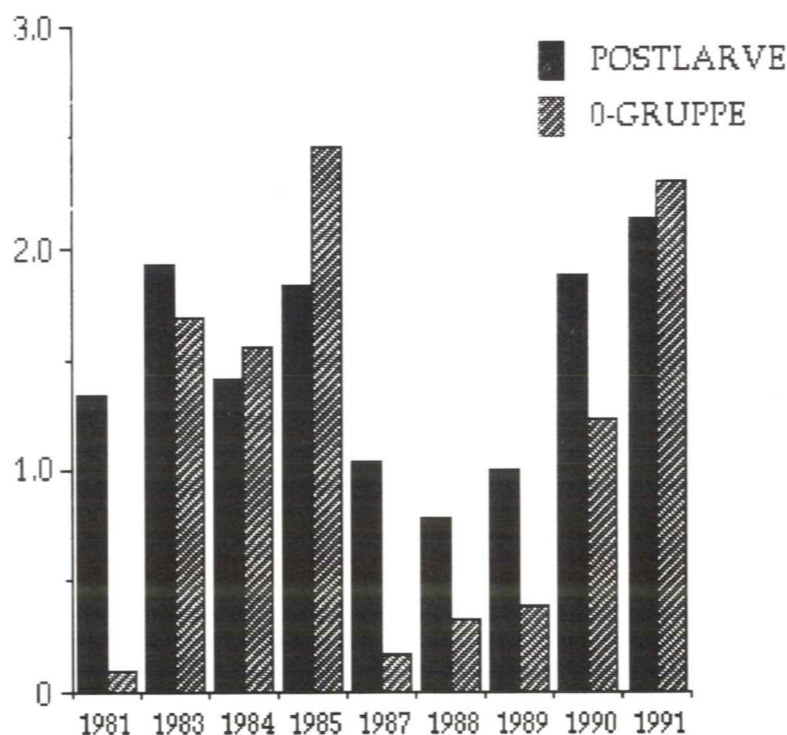


Figur 13. Vi kjenner igjen siluetten av Lofoten og Finnmarkskysten. Torskeyngel av lik alder er ikke like store i juni og juli på denne kyststrekningen. De en finner i vest på denne tiden er nesten 3 cm mens de som har rukket å drive til utenfor Varanger bare er 1,5 cm. Lavere temperaturer i øst er en viktig forklaring, men mindre tilgang på mat i øst kan også være en viktig grunn til den svakere tilveksten. Sårbarhet overfor naturlige fiender varer lengre for små yngel enn for store

vannmassene som holder en temperatur høyere enn 2°C. De variable ernæringsforholdene underveis gir store forskjeller i tilvekst både mellom år og

mellom områder innenfor ett år (Fig. 13). En er også opptatt av nedbeiting eller predasjon fra andre og større dyr i området. I enkelte år vil denne kunne

LOGARITMISK INDEKS



Figur 14. Mengden av postlarver (2-4 cm) og 0-gruppe (4-8 cm) av torsk varierer betydelig fra år til år. Kjennskap til disse variasjonene over en lang årrekke er viktig for å kunne vurdere betydningen av miljøforstyrrelser. Det er også viktig å få økt kjennskap til de naturlige årsakene til variasjonene. En vil legge merke til de tallrike årsklassene fra 1983 til 1985 og den meget tallrike årsklassen i 1991. Mengden av 0-gruppe-torsk varierer sterkere enn tallrikheten av postlarver. Det er vanligvis godt samsvar mellom tallrikheten av postlarver og antallet torsk som rekrutterer til fisket fem år senere.

radere ut årsklasser som ser ut til å bli sterke utfra indekser for tallrikhet fra toktene i juli-august. Dette kommer fram når disse sammenlignes med indeksene for august-september samme år, Fig. 14. En legger merke til at 1983- og 1985-årsklassene trer klart fram og 1991 skiller seg også ut som sterk i juli-august og som 0-gruppe i august-september. Predasjonsundersøkelser er i sin begynnelse, selv om allerede G.O.Sars påviste i 1860-årene at storsei beitet på torsk yngel i Lofoten. I tillegg til sei, vil vi være opptatt av andre stimende fisk som opptrer i store mengder. Storsilda er én kandidat som siden 1987 har stått vest av Lofoten fra forsommeren av. Stimer eller svermer av blekksprut og krill vil også være gjenstand for mer intensive studier i 90-årene bl.a. med tanke på predasjons-effekter på torsk yngel og yngel av andre arter. På Tromsøflaket og østover vil oppmerksomheten også rettes mot vågehval som i dette området har en sommerbestand på noen 10.000 dyr.

De predasjonsstudiene som har vært gjort hittil, har mest vært på sakte-svømmende predatorer som maneter, men også på voksen sild før disse ble virkelig tallrike i Lofoten-området. En fant da at sild spiste mye torskkegg (Melle 1985). Med de økte sildemengdene må en forvente at denne effekten har tiltatt tilsvarende.

Torsken holder seg pelagisk like til august-oktober og søker seg da ned til bunnen i deler av Barentshavet der den beiter på krill og raudåte gjennom vinteren og der den selv beites på av større torsk. Relativt varmt vann i Barentshavet favoriserer oppvekstforholdene for yngelen forutsatt at det er nok føde til stede for dem. Fortsetter de gunstige temperatur forholdene en nå har hatt siden våren 1989, vil også den eldre torsken som allerede er i havområdet, kunne øke sin vekstrate og det vil dempe noe virkningen av at antallet torsk er relativt lavt for årsklassene fra 1984-1989.

EN DYNAMISK LIKEVEKT MELLOM TUNGVEKTERE

Nord for Stad er det bare fem fiskearter som gir grunnlag for et stort fiske: torsk, sei, hyse, sild og lodde.

Havforskningsinstituttet har konsentrert sin forskningsinnsats om disse artene.

De nevnte artene finnes i et nesten sammenhengende belte over Atlanterhavet. Til tross for dette, synes det å være liten kontakt mellom de ulike populasjonene, selv når de lever så nær innpå hverandre som torsken ved Island og i Barentshavet. Mye av forklaringen på dette ligger i strømningsbildet i Nord-Atlanteren, i dybdeforholdene i Norskehavet og i temperaturbarrierer. Relativt små endringer, særlig i temperaturen, kan endre deler av dette mønsteret. Dette ble klart vist da torsken ved Island gav opphav til oppbyggingen av en stor torskebestand på Vest-Grønland. De bedre temperaturforholdene i området førte til at en bestand av voksen torsk etablerte seg i området i løpet av 1920-årene og en rekke sterke årsklasser gav til sist et torskefiske som kulminerte i 1962 med en fangst på 430.000 tonn sørvest av Grønland. I hele denne perioden var det en utveksling av torsk mellom Island og Vest-Grønland inntil fall i temperaturen bremset prosessen.

De fem nøkkelartene opptrer i mange kombinasjoner og under mange miljøregimer. De dekker et temperatursprang på 10-20°C og da ofte på den måten at egne populasjoner holder til i kalde områder (skrei) og i varmere farvann (Nordsjøtorske). Denne høye grad av tilpasning gjør torsken til en vinnerart og til en tung aktør i det økologiske nettverket.

Selv om de fem fiskeartene lever i våre nordområder og tilsynelatende "lever sammen", så vil en bli overrasket over hvor lite noen av dem har med hverandre å gjøre. Norsk-arktisk hyse og

sei er på mange måter outsiders som i stor grad lever i ytterkanten av det langt sterkere nettverket mellom torsk-lodde, torsk-sild og sild-lodde. Dette henger sammen med at hysen i stor grad lever av bunndyr i de deler av Barentshavet som er dominert av atlantisk vann mens sei er en pelagisk stimfisk som lever av raudåte og krill i den varme delen av Barentshavet. Seien opptrer derfor som næringskonkurrent, særlig til sild, men ikke som en viktig beiter på lodde og sild.

Torsken er langt mindre spesialisert enn hyse og sei og det er nok en viktig årsak til at den spiller en så dominerende rolle og vanligvis har en større, ofte langt større, biomasse enn de andre to torskefiskene. Den har sin hoveddiett på fisk, men kan legge om til reker, bunnlevende dyr og til raudåte (0,4 cm), amfipoder (1-4 cm) og krill (2-4 cm) når andre matkilder svikter. Dette gjelder også for voksen fisk.

I perioder med mye sild har torsken trolig lett tilgang på føde fordi ungsilden foretrekker samme område i

Barentshavet som torşken. Den enorme økningen i torskebestanden fra slutten av 1920-årene og like fram til 1950-årene hadde trolig som forutsetning en parallell økning i tilgangen på sild. Da sildebestanden forsvant mot slutten av 60-årene, skulle en forvente av torsken ble skadelidende, men rikelig tilgang på annen mat og da særlig av lodde, dempet virkningen.

I 80-årene tok silden seg på nytt opp og silden utgjorde derfor en stor del av dietten for torsk fra 1983 til 1986 i sørlige og østlige Barentshavet basert på 1983-årgangen av sild. Da silden trakk seg ut fra Barentshavet sommeren 1986, ble matsituasjonen kritisk for torsken. Dette toppet seg i 1987 da det heller ikke var lodde tilbake i Barentshavet, og det sendte sjokkbølger gjennom hele bestanden av torsk. Langt på vei kan en si at torsken det året ikke vokste. Den bare hanglet seg gjennom og sendte den mest forkomne gytebestand en noensinne har sett til Lofoten for å gyte. Som det stod i avisene: "Torsken har verken lever eller rogn".

NORSK VÅRGYTENDE SILD (*Clupea harengus*)

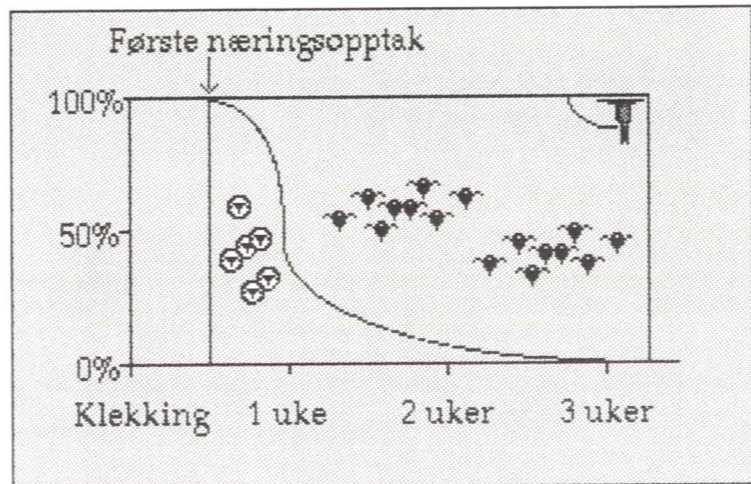
Norsk-arktisk torsk har vært en sikker ressurs for kystbefolkningen, selv i perioder da tallrikheten har vært relativt lav. Norsk vårgytende sild, derimot, har vært en meget upålitelig ressurs og det knyttet seg derfor mange eiendommelige forklaringer til de plutselige forflytninger av gytefelt eller til det forholdet at den helt kunne forsvinne fra kysten for flere tiår på rad.

Den siste såkalte *sildeperioden* ble avsluttet rundt 1970, og i motsetning til tidligere avslutninger, mener en å kunne forklare denne som en kombinert effekt av ugunstige klimaforhold og for høyt fiskepress. Imidlertid er det vanskelig å avgjøre hvor stor betydning klimaforverringen hadde i forhold til det harde fiskepresset. Ved tidligere sammenbrudd har fisket trolig spilt en helt uvesentlig rolle. Det er derfor et svært markert behov for en bedre innsikt i drivkreftene bak de brå endringene i sildens vandringer og i dens generelle populasjonsdynamikk. Denne innsikten har en søkt å skaffe seg bl.a. gjennom HELP.

I 1987 skjedde en viktig hendelse. Sild fra 1983-årsklassen deltok som førstegangsgytere på Møre. Denne årsklassen er den sterkeste siden 1964 og kom inn med full tyngde fra 1989 (Hamre 1988). Den utvidet samme året gytefeltene både nordover til Haltenbanken-Vikna og sørover til Karmøy. Den kraftige veksten i gytebestanden resulterte i svært store mengder plommeseklarver i årene fra 1987. I tillegg til undersøkelser på gytefeltene, har en fulgt driften av

sildelarvene og -yngelen nordover både i mai, i juli-august og til sist i august-september.

Sildelarven er dobbelt så lang som en torskelarve når den starter å spise (10-12 mm). De klekker oftest så tidlig på våren at mattilbudet først hovedsakelig består av raudåteegg for deretter å skifte til nauplier, Fig. 15. På samme måte som for torskelarvene, er det viktig å ha rikelig tilgang på byttedyr og svikter denne, vil larven svekkes og til sist bli ute av stand til å ta til seg mat. Etter 20 dager vil den dø, men da vil den egentlig ha vært dødende i én uke. En rekke eksperimentelle undersøkelser har vist at sildelarvene potensielt kan ha henimot 100% overleving til yngel (Øiestad og



Figur 15. Sildelarvene på Møre starter sitt matopptak på egg av raudåte; etter en uke overtar nauplier av raudåte gradvis som hoveddiett for så to uker senere å bli erstattet av ungdyr av raudåte (kopepoditter).

Moksness 1981). Dette står i sterk kontrast til observasjonene fra norskekysten der dødeligheten på larvestadiet er 10% pr. dag.

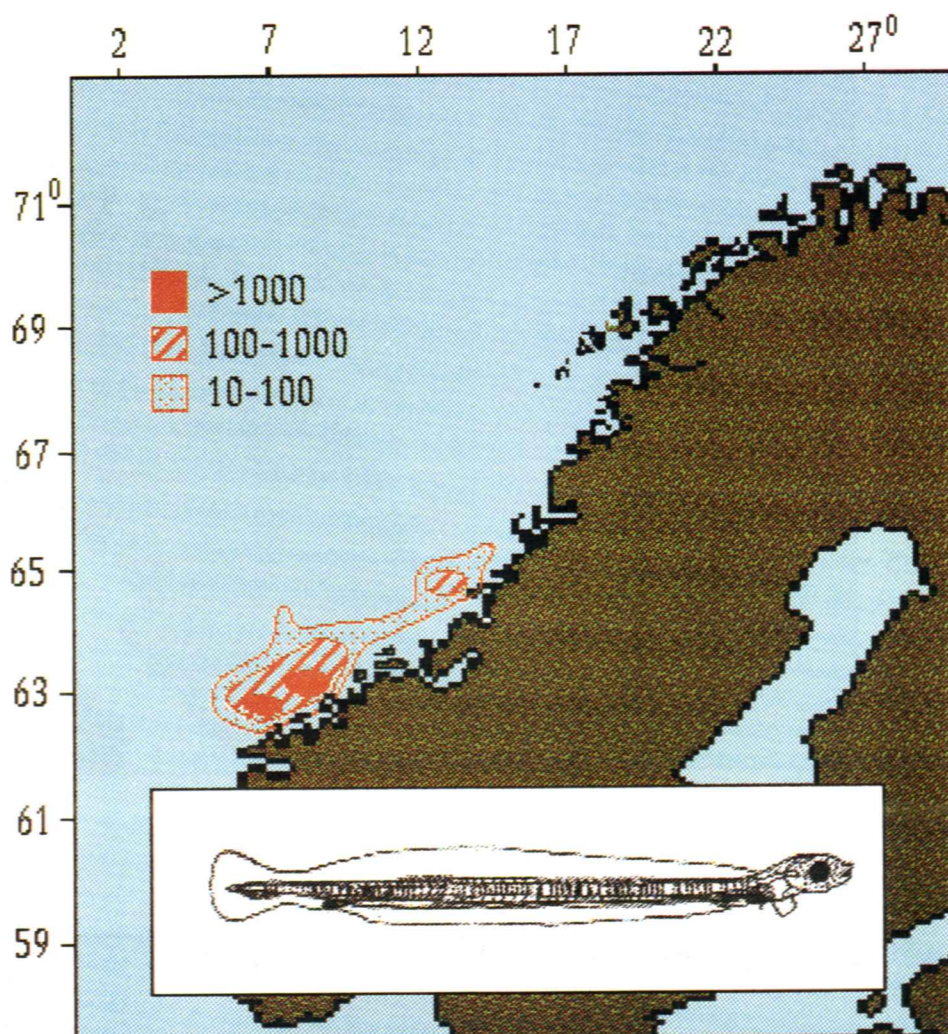
Finner en så utsultete larver i sjøen? Ja, og i enkelte år i store mengder, som tilfellet var i 1986 (HELP-rapportene 6 og 31). I andre år synes nærmest hele

bestanden å være i tilfredsstillende vekst som i 1985, 1987 og 1988. De fire siste årene må larvene ha hatt gode ernæringsforhold.

Hovedtyngden av sildelarvene transporteres nordover i kort avstand fra kysten, Fig. 16. I mai er larvene fordelt langs kysten av hele Nordland og en finner høye tettheter også langt fra land, Fig. 17. I juli står silden på terskelen til Barentshavet, men fortsatt med store mengder yngel like fra Haltenbanken og nordover og i større avstand fra kysten enn tidligere, Fig. 18. Siden 1983 har sildeyngel eller 0-gruppesild årlig vært spredt utover store deler av Barentshavet om høsten, Fig. 28. Mengdene har vært lavere enn i 1983, noe som framgår av indeksverdiene fra 0-gruppetoktet, Fig. 19.

Det er en lang og farefull ferd fra Møre til Barentshavet og tallrikheten av larvene er sterkt redusert allerede mot slutten av mai da de har vokst til 25 mm og har begynt så smått å samle seg i stimer. I juli-august finnes silden normalt bare i stimer og den er nå blitt blank (mussa) og pålitelige tallrikhetsindekser er vanskelige å framskaffe fra tråltrekk fordi den står spredt i tette konsentrasjoner.

Dessverre har en ikke kommet i gang med å studere i detalj virkningen av *nedbeitingen* fra de mange dyregruppene som lever av sild i denne perioden. Det er trolig de samme gruppene som ble nevnt for torsk; krill og blekksprut angriper larvene mens voksenalderen, sei og vågehval beiter på yngelen. Også torskelyngel fra samme året er i stand til å beite på sild

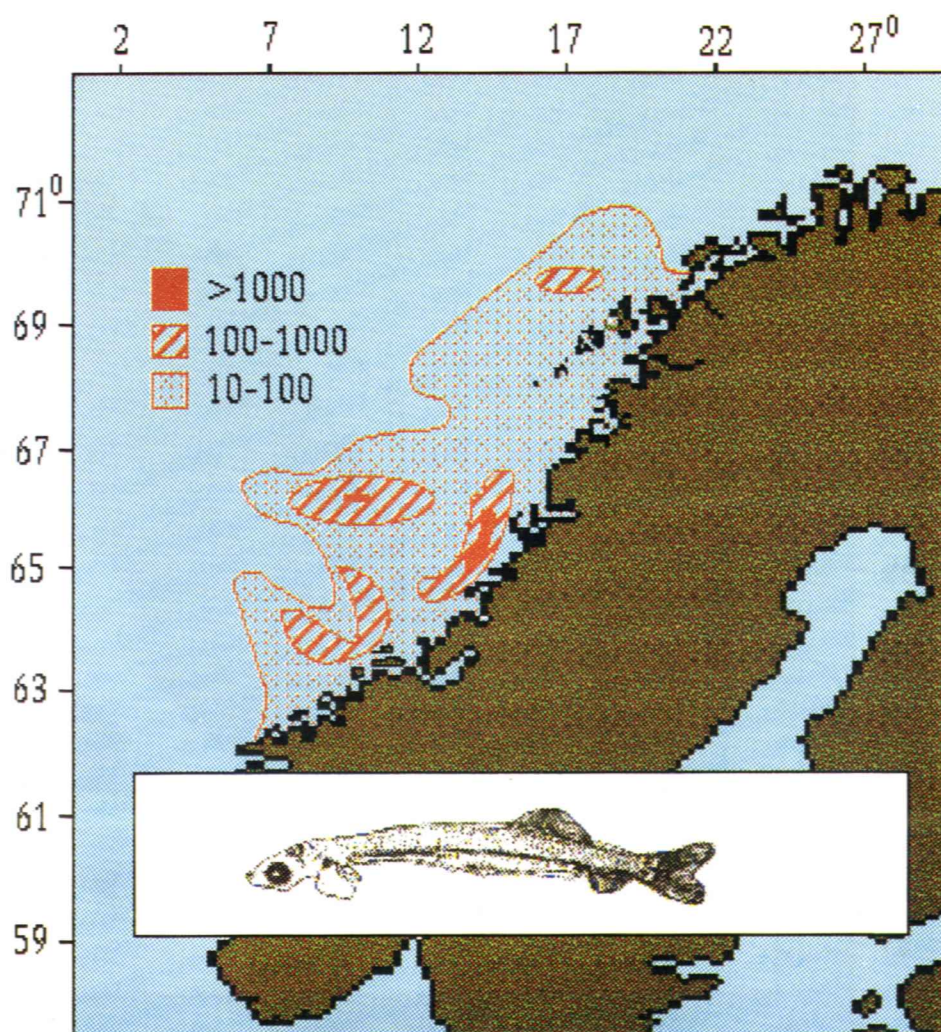


Figur 16. De fleste sildelarver ser dagens lys på Mørekysten i overgangen mars-april, men det er også klekking av sildeegg ved Karmøy og på Haltenbanken. På de viktigste gytefeltene kan det rett etter klekking være mer enn 1.000 sildelarver pr m² overflate.

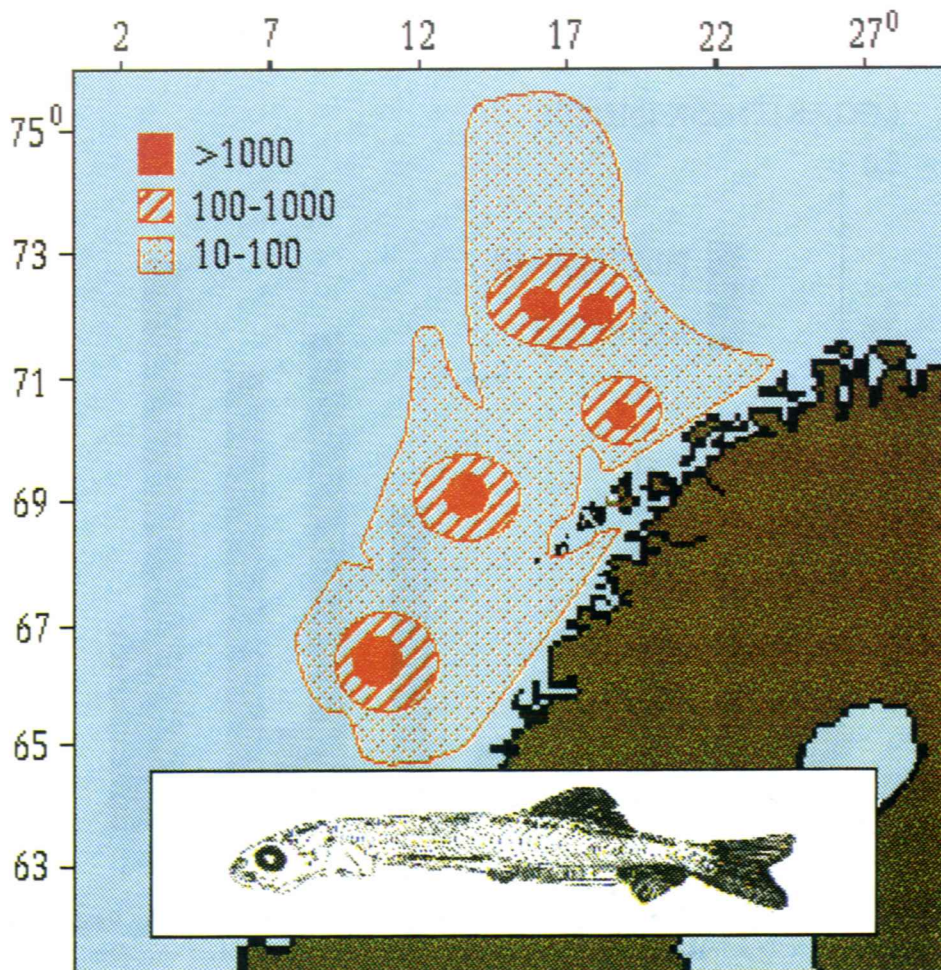
selv om de er omlag like store! Hekkende sjøfugl som henter føde til ungekullene sine, betyr trolig mer for nedbeitingen enn hva en tidligere har trodd. En har nå bedre data på fødebehov for foreldrebestand og ungfugl og disse viser høye verdier.

Det lot vente på seg før den sterke økningen i gytebestanden gav nye sterke årsklasser. Et tilsvarende forhold ble observert med den enorme 1904-årsklassen av sild. I slagskyggen fra den vokste det ikke opp annet enn svake og middels sterke årsklasser. Først i 1918 kom det den gang igjen en sterk årsklasse. Da var 1904-årsklassen svekket selv om den fortsatt som 14-åringer bidro til gytebestanden. Disse forhold illustrerer at store mengder med egg eller larver ikke er

en tilstrekkelig forutsetning for sterke årsklasser. Ifra 1987 stod den voksne silden i transportruten til sildelarvene, og det kan tenkes at nedbeiting av larver fra denne har vært den viktigste *enkeltfaktor* for regulering av tallrikheten i nye årsklasser av sild i slutten av 1980-årene. Dette kan være en nøkkelfaktor til forståelse av sildens populasjonsdynamikk. De siste årene synes forholdet å ha endret seg ved det at en på nytt har fått relativt sterke årsklasser av sild med 1991-årsklassen som den foreløpig sterkeste. Parallelt med dette synes det som den voksne silden har lagt sommerbeiteområdet sitt lengre til havs og i langt mindre grad står i transportruten for sildelarvene på deres vei nordover fra gytefeltene.



Figur 17. I mai har sildelarvene som nå er 2-3 cm, spredt seg over vidstrakte havområder fra kysten og 2-300 n.mil til havs og like fra Møre på 62°N til Vesterålen på 70°N. De fleste steder er tettheten på mellom 10-100 sild pr tråltime.



Figur 18. I juli har sildeyngelen samlet seg i stimer og de fleste er nå større enn 3 cm og noen har blitt blanke. De nordligste stimene står ved inngangen til Barentshavet, men ellers er sildeyngelen spredt over et svært havområde fra 65° til 75°N og med store ansamlinger av sild vest for Lofoten og Vesterålen.

VED BEGYNNELSEN AV EN NY SILDEPERIODE

Butikkskiltene "Sild og fisk" forteller at silden ble sett på som noe anderledes enn fisk. Den var en sikringskost i mer enn én forstand, og det er vel noe av grunnen til at begrepet "sildeperioder" tidlig vokste fram. I perioder uten sild var det svelt-i-hjel mange steder og byer og lokalsamfunn fikk nedgangstider. En vet derfor ofte på året når silden sviktet like tilbake til på 1500-tallet! Det ble skapt myter og legender rundt slike hendelser, og ofte ble en spesiell hendelse gitt skylden for sammenbruddet.

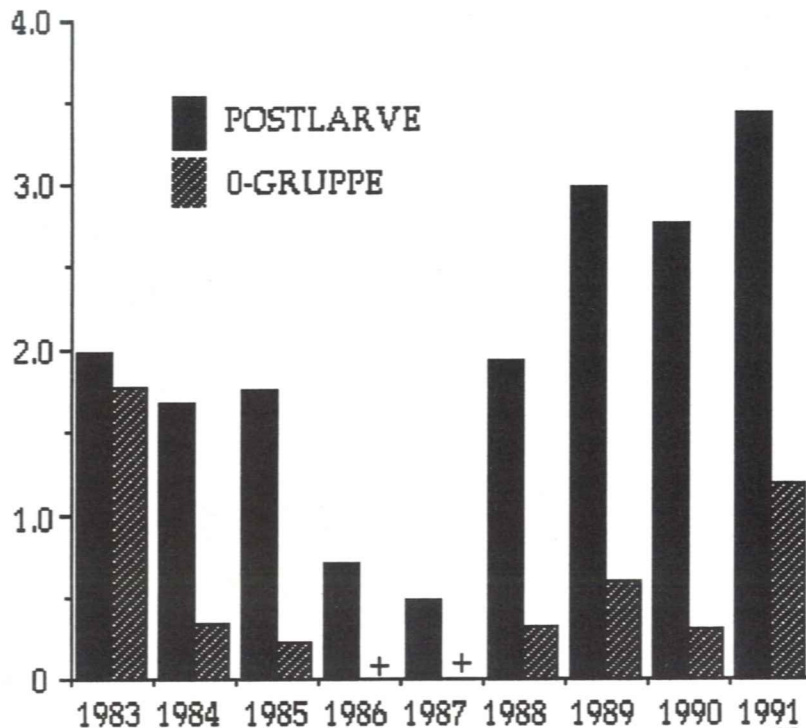
Svenskene satte ned en egen kommisjon i 1830 for å utrede årsakene

til sildeperiodene på Bohuslänkysten der silden deres sist hadde forsvunnet i 1808.

Den første norske fiskeriforsker, Axel Jonas Boeck, som startet sitt arbeid i 1864, hadde som sin oppgave å finne årsakene til de norske sildeperiodene. Tre år etter at Boeck døde av turberkulose i 1873, tok den norske sildeperioden brått slutt, en periode som hadde startet i 1808. Først ved århundreskiftet kom silden tilbake og da med voldsom styrke med den verdenskjente 1904-årsklassen.

Idag tar vi som en selvfølge at det er svake og sterke årsklasser av fisk, men ved inngangen til det 20. århundre, var

LOGARITMISK INDEKS



Figur 19. Mengden av postlarver (2-4 cm) og 0-gruppe (4-8 cm) av sild varierer betydelig fra år til år. Kjennskap til disse variasjonene over en lang årrekke er viktig for å kunne vurdere betydningen av miljøforstyrrelser. Det er også viktig å få økt kjennskap til de naturlige årsakene til variasjonene. En skal legge merke til den meget tallrike årsklassen av 0-gruppe-sild fra 1983 (skarvert søyle) og den tallrike årsklassen i 1991. Mengden av både postlarve og av 0-gruppe-sild varierer sterkt. En legger merke til at i mange år ble det påvist store mengder postlarvesild, men bare i enkelte år ble disse funnet igjen som 0-gruppe-sild. De meget svake sildeårene fra 1986 til 1988 faller sammen med de årene loddebestanden tok seg opp igjen fra nesten å være utradert.

dette ukjent både for forskerne og meningmann. Det var arbeidet til dr. Johan Hjort på 1904-årsklassen av sild som gav nøkkelen til den innsikt vi idag har: forskerteamet hans viste at en kunne bestemme alderen på hver sild og dermed kunne han følge 1904-årsklassen gjennom fisket over nesten 20 år og sammenligne innslaget av denne årsklassen mot andre årganger, og det ble da vist at alle var svakere eller langt svakere enn denne gigantårsklassen.

Da HELP ble startet, var en ny sildeperiode underveis etter at den forrige ble avsluttet rundt 1970. Grunnlaget for en ny sildeperiode ble skapt gjennom den sterke 1983-årsklassen. Det var en årsklasse av "gammelt merke" og den fylte alle fjordene, men aller viktigst, den fylte

store deler av Barentshavet med yngel høsten 1983. Dette var det første skikkelig varme året i Barentshavet på lenge og det varmeste siden 1954. Årsklassen ble fulgt med årvåkent blick av forskerne og på forsommeren 1986 ble det påvist at den forlot beiteområdene i øst og gav seg på vandring vestover ut av Barentshavet og deretter sørover langs kysten av Nord-Norge. Den overvintret i fjordene innenfor Lofoten. Dermed var 1983-årsklassen for alvor i ferd med å tre inn på arenaen.

HELP har indirekte fulgt 1983-årsklassen etterhvert som en økende andel av den har blitt kjønnsmoden og deltatt i gytingen. Dette har i første omgang ført til en meget betydelig økning i eggmengden. Som et resultat av det har larvetetthetene på gytefeltene

vært som i de beste årene under forrige sildeperiode.

En har også fått en gradvis utvidelse av gytefeltet både nordover og sørover fra Møre. Særlig viktig er gytingen i Haltenbank-området der omlag 20% av silden gyter, men det knytter seg kanskje størst spenning til gytingen ved Karmøy. Dette er et gammel gytefelt som ikke har vært besøkt av sild på mer enn 30 år, og en spør seg om en vil få en ny sildeperiode i Rogaland slik en hadde i 1950-årene. Det er en klar fordel at gytefeltene spres fordi eggene ikke tåler å ligge i flere lag på bunnen slik de gjerne gjør om gytingen skjer for konsentrert. Da vil enorme eggmengder gå tapt på grunn av surstoffmangel. Hysen og torsken vil også lettere kunne beite på tykke lag av sildeegg. Det er derfor enkelte år en svært liten andel av eggene som klekkes, ja, kanskje under 10%.

Til tross for høy eggdødelighet, har larvemengdene vært enorme de siste årene med tettheter på opptil 5000 larver/m² overflate. Tettheten reduseres imidlertid fort både som et resultat av at de blandes inn i passerende vannmasser fra den mektige Kyststrømmen og ved at det setter inn en massiv dødelighet.

Det har vært en viktig oppgave innen HELP å finne ut av *hvorfor* sildelarver dør. Settes larvene i et beskyttet miljø uten mat, vil alle overleve i 20 dager; gies de rikelig med mat i et beskyttet miljø vil overlevingen lett kunne bli langt over 50%. Massedøden i sjøen synes å sette inn straks etter klekking, noe som skulle tyde på at nedbeiting fra andre dyr kan være en hovedårsak. Men foreløpig har en konsentrert seg om å påvise omfanget av *utsulting* for å se om det kan være forklaringen på en daglig dødelighet på rundt 10%. Det er klare forskjeller fra år til år når det gjelder hvor velfødde larvene er. Likevel kan en ikke si noe sikkert om vilken rolle sult spiller som egentlig dødsårsak. Øresteine

(otolittene) hos sildelarvene har åpnet nye analysemuligheter. De forteller om den daglige tilveksten hos larven like fra den begynner å beite og like til den fanges. De foreløpige resultatene fra dette arbeidet indikerer tilfredsstillende tilvekst hos de fleste larvene helt fra første næringsopptak. Dette vil bli ytterligere belyst i 90-årene gjennom kombinert bruk av bioteknologiske arbeidsmetoder (RNA/DNA-forholdet, enzymprofilen i tarmen). Men det kan på grunnlag av foreliggende kunnskaper være sterke grunner til å rette langt større oppmerksomhet mot nedbeiting (predasjon).

Nedbeiting har fått en uventet aktualitet på grunn av ett av naturens mange luner. Når den voksne silden har gytt ferdig i mars, svømmer den nordover mens den beiter. Den stopper opp mellom 66°-70°N (strekningen mellom Mo i Rana og Vesterålen) og blir stående der i et bredt belte fra land og langt til havs gjennom hele sommeren. Om dagen står den dypt, men om natten trekker den opp mot overflaten og beiter. Hva beiter den så på? Blant de mange mulige byttedyrene er dens egne larver på vei nordover. Larvene vil bruke mer enn én uke på å passere dette belte med voksen sild som de siste årene har hatt en biomasse på mer enn 1,5 millioner tonn. Det tilsvarer fem ganger vekten av Norges befolkning! Det er derfor ikke å undres over at det kan skje en dramatisk reduksjon i yngelmengden av sild etterat den har passert dette høyrisiko-området. Voksen sild er altetende og spiser egg, plommeseikklarver og yngel uten vansker, både av sild og av andre fiskearter. I slutten av 1980-årene syntes en derfor å ha kommet i den overraskende situasjonen at 1983-årsklassen av sild beitet på sitt eget avkom og på den måten hindret framveksten av en ny sterk årsklasse. Denne situasjonen har endret seg de siste årene ved at voksensilden nå står lengre til havs utenfor transportrutene til

sildelarvene. Forholdene vil gradvis kunne endres slik at vi kan få tilbake den situasjonen en hadde i 1950-årene med en biomasse på nesten 10 millioner tonn sild. Den utløsende faktoren vil være at silden opptar sitt gamle vandingsmønster: etterat den har gytt ved norskekysten, må den forlate kysten og vandre til polarfrontområdet nordøst for Island; derfra kan den så komme tilbake om vinteren for å gyte i våre farvann om våren. Skal den få tilbake dette mønsteret, må det trolig oppstå en

situasjon der silden ikke finner nok mat i norske farvann gjennom sommeren. Det er det en avventer kan skje når voksen-bestanden fortsetter å øke. En har kanskje allerede sett de første tegnene til en slik utvandring. En hake ved en slik vandring vil være at den bringer silden ut i internasjonalt farvann mens den nå i hovedsak står i norsk sone. Under presset fra en internasjonal fiskeflåte kan det være vanskelig for bestanden å gjenvinne sin gamle styrke fra 50-årene.

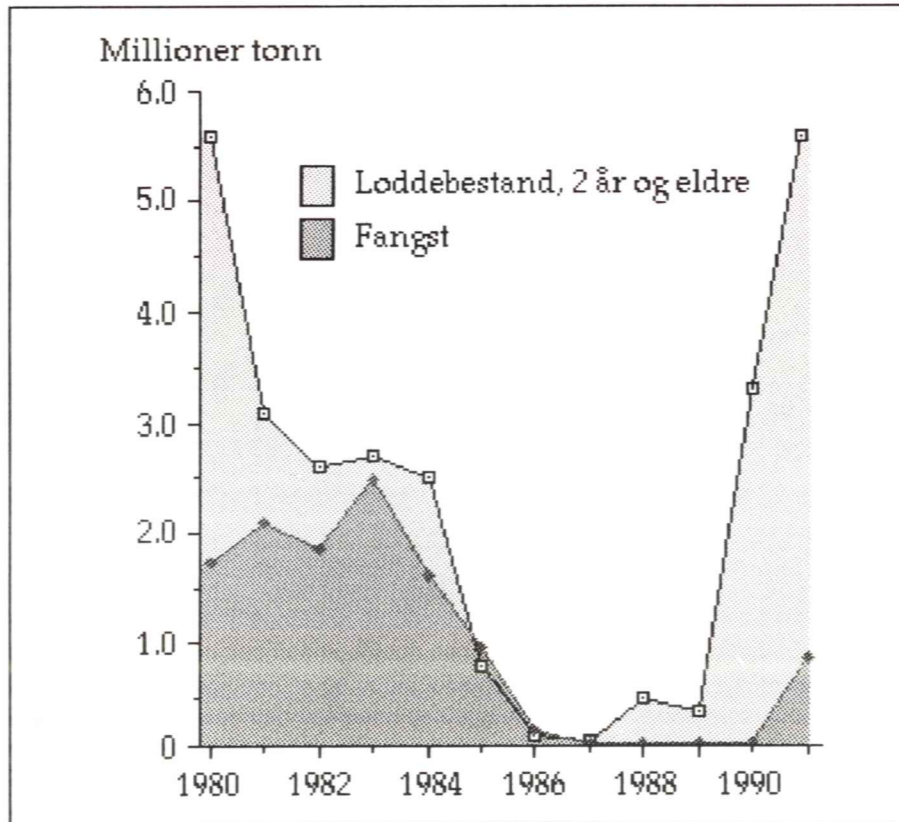
LODDE (*Mallotus villosus*)

Loddebestanden i Barentshavet har forbløffet en hel fiskerinasjon ved på rekordtid å bygge seg opp nærmest fra null til et nivå en må tilbake til slutten av 1970-årene for å finne igjen. Det er ikke mer en 3-4 år siden den nærmest ble avskrevet. Dette fenomenet er en nyttig leksjon både for leg og lærd og vil trolig om få år være egnet stoff for lærebøker i populasjonsdynamikk!

Loddebestanden i Barentshavet har i flere hundre år vært nært koblet mot bosetning og velstand i Finnmark. Nå har det ikke vært selve lodda som har vakt interessen, men derimot ungtorsken som fulgte lodda mot land og beitet på denne og på eggene den la. Innsiget av gytelodde kunne veksle

mellom et østlig eller et vestlig innsig og enkelte ganger kunne det rett og slett ikke komme noe innsig med de store følger det fikk for inntektsgrunnlaget. Nødsårene rundt 1630 kom som resultat av en periode uten loddeinnsig og med nærmest total svikt i torskefisket på hele Finnmarkskysten. Det er ikke å undres over at Petter Dass hadde lite pent å si om den ustadige lodda!

Fra dette århundret har vi sett at det synes å være en kobling mellom mengden av sild og av lodde. Sterke årsklasser av sild med nordlig utbredelse av ungfisken har ført til store svingninger i bestanden av lodde. Ja, enkelte årganger på rad synes å mangle slik som etter 1950 og 1959 og nå sist etter 1983. Ettersom storparten



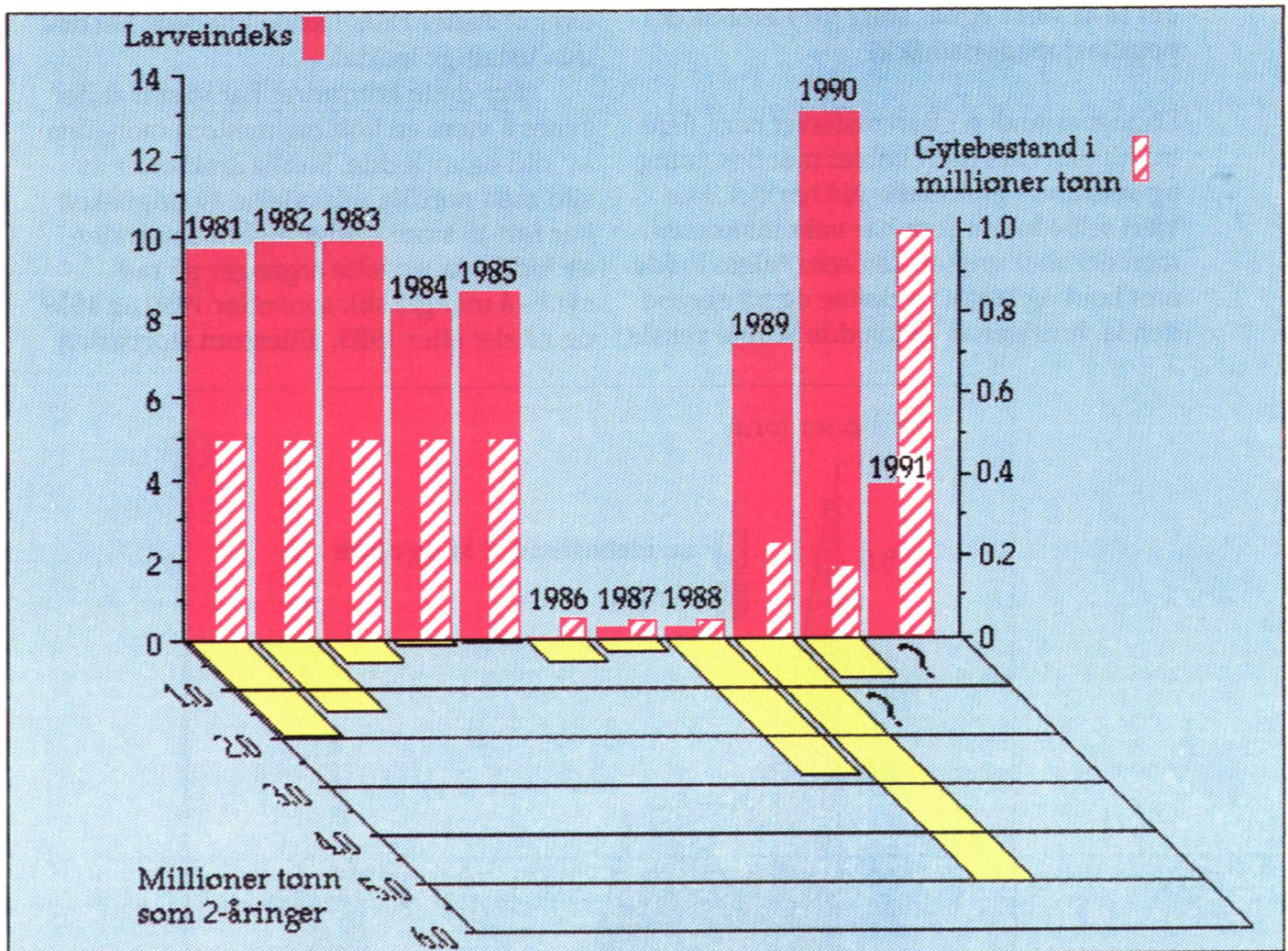
Figur 20. Bestanden av lodde i Barentshavet i 1980-årene opplevde et sammenbrudd fulgt av en meget rask gjenreisning mot slutten av tiåret. Bestanden er nå større enn i 1980. Fisket utgjorde tilsynelatende en meget stor del av bestanden, men dette er delvis misvisende fordi den årlige tilveksten i biomasse er langt høyere enn stående biomasse.

av både hann- og hunnlodda dør etter gyting, vil to-tre svake årsklasser gi meget små gytebestander få år senere. Imidlertid er lodda i stand til å ta seg opp fra et lavt nivå slik en nettopp har fått demonstrert. Ved å være en dyktig opportunist blir den også en meget viktig ressurs i økosystemet for nordområdene.

Undersøkelsene i regi av HELP traff nettopp denne dramatiske perioden i 1980-årene da loddebestanden på få år så godt som forsvant, slik det framgår av Fig. 20. Larveindeksen for de tre årene fra 1986

til 1988 var uvanlig lav, Fig. 21. Ja, i 1986 ble det knapt registrert loddelarver. Det reflekterer at overlevingen fram til gytefisk fra årene 1983 til 1985 må ha vært meget lav. Larveindeksene for disse tre årene er imidlertid meget høye. Det må således ha skjedd noe etter larvestadiet som raderte ut de tre årsklassene fra 1983 til 1985 (Fossum 1992).

Denne observasjonen viser hvilket nyttig verktøy disse indeksene er i det de i dette tilfellet på den ene siden peker på at det må ha skjedd en massedød etter



Figur 21. Dette er en meget innholdsrik figur som stiller sammen mange interessante forhold ved loddebestanden i Barentshavet. La oss begynne med gytebestanden. Den er rød-skravert og viser at gytebestanden var på rundt 0,5 mill tonn i første halvdel av 1980-årene. Sammenbruddet i bestanden gav en svært lav gytebestand i 1986 til 1988 fulgt av en gradvis vekst til en gytebestand på 1 millioner tonn i 1991. Hva så med mengden av larver? De røde søylene gir en larveindex, og denne viser meget stabil mengde larver i første halvdel av 80-årene. De svake gytebestandene fra 1986 til 1988 gav opphav til lite larver mens de relativt svake gytebestandene i 1989 og 1990 gav svært mye larver. I 1991 må det ha skjedd noe ekstra siden den store gytebestanden gav så lite larver. Det mest spennende er kanskje i hvilken grad larvene ble til voksen fisk, og dette er vist med gule liggende søyler. Påfallende er den svake overlevingen av larvene i 1983 til 1985. Overraskende er det også at de meget få larvene i 1986 til 1988 gav så stor bestand av voksen lodde, særlig i 1988 (nesten 3 millioner tonn). Den årsklassen som satte fart i gjenreisningen av loddebestanden, var de få larvene fra 1986. Disse finner du igjen først som den lave gule søylen i 1986, deretter som den rød-skraverte søylen i 1989 og deres avkom er den høye gule søylen på 5,0 millioner tonn. En betydelig del av denne bestanden gyter i 1992.

larvestadiet som i 1983-85 og på den annen side gir en *uavhengig* informasjon om at gytebestanden var ekstremt liten i 1986-88.

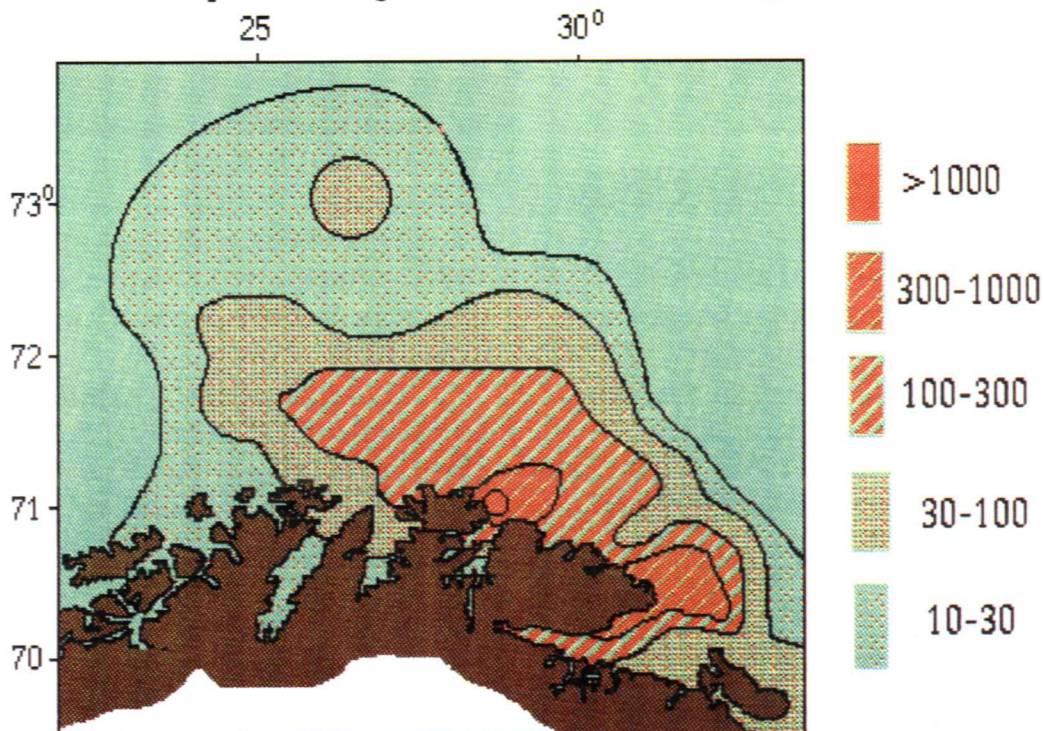
Massedøden av unglodde i 1983-85 har vært sett i sammenheng med den sterke rekrutteringen til andre fiskebestander og da særlig til silden. Eksperimentelle storskalaforsøk med yngel av sild og larver av lodde i 1979 viste klart at sild på 3 cm ville kunne beite ned loddelarver selv når disse er 15 mm (Moksness og Øiestad 1988). Dette er en mulig parallell til det som kan ha skjedd ved Finnmarkskysten i 1983. Men enda mer markert må nedbeitingen fra ungsild ha vært i 1984 og 1985 da 1983-årsklassen av sild stod i transportruten til loddelarvene og trolig fråtset i disse. Til alt hell trakk silden ut av Barentshavet på forsommeren 1986 slik at den svake 1986-årsklassen av lodde klarte seg rimelig bra. Utrolig nok er det den årsklassen som er basis for gjenoppbyggingen av loddebestanden, en årsklasse med 0-verdi i tallrikhetsindeks, Fig. 21.

Den gytende lodda oppsøker fra år til år varierende deler av kysten for å gyte. Valget av lokalitet avspeiler et meget

komplisert mønster. Både overvintringssted som delvis er diktert utfra temperatur- og isforhold, og temperaturforholdene ved Finnmarkskysten under gyteinnsiget, bidrar til dette valget. Enkelte år vil en kunne få ekstremt vestlige innsig med gyting like ned til Lofoten, og andre år skjer store deler av gytingen øst av Varangerhalvøya og inn i russisk sone.

Etter befruktningen kleber loddeeggene seg fast til sand og grus på bunnen, og i mange tilfeller har en sett egg så dypt nede som 15 cm i løsmassene. For å sikre oksygen til eggene, legges de i områder med sterk bunnstrøm. Eggene er uvanlig robuste og tåler store variasjoner i ytre forhold, noe som kommer godt med for lokale loddebestander som gyter i strandsonen flere steder i Nord-Norge. Befruktningen er 100%, og med unntak av de mange eggene som spises av bl.a. torsk og hyse, klekker de øvrige og enorme svermer av loddelarver fyller i gode år store havområder fra Nord-Troms til forbi Varangerhalvøya som vist på Fig. 22 (HELP-rapport 1,7,21,26,39).

Loddelarvene vokser opp under midnattssolen og kan beite hele døgnet.



Figur 22. Mengden av loddelarver på Finnmarkskysten i juni 1990 var enorm. Store områder hadde mellom 300 til 1.000 larver pr m² overflate.

Den vokser raskt slik at de om høsten vanligvis har blitt 6-8 cm. Mange år er temperaturen i larveoppvekstområdet oppe i 8-10°C, men i storskala forsøk med lodde larver viser det seg at den vokser vel så godt ved 15°C (Øiestad 1983). Dette er meget overraskende med tanke på at lodde er regnet som en arktisk fiskeart. En kan således slå fast at lodde larven på samme måte som egget er meget robust, og arten har således klare opportunistiske trekk som gjør at den raskt kan fylle opp "hull" i et økosystem. Denne egenskapen har den demonstrert flere ganger og senest i løpet av de siste årene. Disse faktorer medvirker til at under "normale" forhold vil mengden av rekrutter avspeile gytebestanden. *Lodda synes å være den eneste kommersielle fisken i våre havområder der det de fleste år er en tett kobling mellom gytebestand og rekrutter.* Lodda synes å ha en eiendommelig *adferd* ved det at den ikke har en markert fluktreaksjon. Dette er et sterkt handikap, men det gjør den samtidig til et idéelt bytte for annen fisk, for fugl og for hval. Den blir således en krumtapp i energiomsetningen i et havområde som ellers lett ville spinne på tomgang uten denne arten. Adferden til lodde fortjener å bli studert nærmere i kommende år.

EN OPPORTUNIST SETTES PÅ Plass

Lodda lever lengst nord av de fem hovedartene og oppholder seg deler av året i sjøvann med temperatur under 0°C. Den klare godt store *variasjoner* både i saltholdighet og i temperatur, og i vekstforsøk med lodde larver har en hatt den beste veksten ved 15°C! Enkelte steder langs norskekysten finner en lokale loddebestander, bl.a. i Balsfjorden ved Tromsø.

Gytebestanden søker seg til kystområdene i den sørlige del av Barentshavet tidlig på nyåret. Enkelte år har mer enn 1 million tonn gytelodde kommet til Finnmarkskysten etterfulgt

av store mengder torsk som har kunnet frátse i lodde og senere i loddeeggene på havbunnen. I motsetning til annen fisk dør hovedtyngden av lodda etter gyting, noe den har til felles med enkelte andre laksefiskarter.

Norske havforskere fikk i 1960-årene mistanke om at lodda hadde et problematisk forhold til silda (Møller and Olsen 1962; Olsen 1965). Selv om den ikke ble utnyttet som fiskeressurs i særlig grad før fra tidlig på 70-tallet, la en merke til at de årene en hadde meget sterke årsklasser av sild, som i 1950 og i 1959, forsvant lodda få år etterpå. På grunn av den spesielle biologien til lodda, vil år uten rekruttering, og særlig om det blir noen år på rad, føre til et sammenbrudd for loddebestanden. Dette synes å inntreffe uten at lodda er utsatt for fiske. Men når den vesle resten av loddebestanden får en ny sjanse til å formere seg under gunstigere forhold, vil selv en liten gytebestand kunne gjenreise bestanden på kort tid. Dette tror en henger sammen med særlig to forhold: lodda har liten eggdødelighet og larvene driver inn i områder med lite predasjonspress forutsatt at silda ikke er tallrik i Barentshavet.

Lodderekrutteringen har vært nøye knyttet til størrelsen på gytebestanden i år uten tungt beitepress fra sild (Hamre 1988). Forsøk har vist at lodde larven klarer seg meget godt på lave føderasjoner, mens den er ekstremt sårbar for nedbeiting fra fiskeyngel eller større fisk.

Hva tenker en seg skjedde da silda uventet fylte Barentshavet med yngel i 1983? Ungsilda slo seg til sørøst i Barentshavet der loddeyngelen årvisst vil drive inn om høsten. Sterke gytebestander av lodde i 1984 og 1985 førte uventet til meget svake årsklasser. En hadde fått den situasjonen en fryktet mest: den siste sterke årsklassen av lodde formerte seg våren 1985 uten å gi opphav til en ny sterk årsklasse. I 1986 skulle den opprinnelig lovende 1983-

årsklassen av lodde ha dannet ryggraden i gytebestanden, men det ble bare rester av en mektig armé som satte kurs mot gytefeltene. Men så skjedde et lykkelig sammentreff: ungsilda fra 1983 forlot det østlige Barentshavet forsommeren 1986 og dro vestover ut av Barentshavet og den vesle slumpen med loddelarver som ble klekket, møtte ingen tung øyeblikkelig nedbeiting og kimen til en gjenreisning av loddestammen var dermed lagt. Men det skulle bli verre før det ble bedre. Den fredete gytebestanden som kom til Finnmarkskysten våren 1987 og som var født i 1984, var så liten at noen få fiskebåter kunne ha tatt den. Utrolig nok, fra 1980 til 1987 hadde bestanden av voksen lodde blitt redusert fra mer enn 5 millioner tonn til 20 000 tonn. Midt i håpløsheten var det imidlertid utsikt til redning, men det ville avhenge av at 1989-gytingen ble vellykket. Det ble den, og et nytt raskt oppsving for loddebestanden fulgte.

Lodda synes å ha en annen adferd enn fisk flest. Når en fisk blir skremt, vil den flykte og en skremt sildestim som kjører mot notveggen har sprengt mang en not. Lodda synes å mangle mye av denne oppførselen, og det gjør den særlig sårbar både i forhold til fisket og til tallrike predatorer. Med en slik adferd kunne en lett tenke seg at den ville beites ned til siste individ i den situasjonen som oppstod i Barentshavet da silda forlot det sommeren 1986 og overlot hele beitepresset fra torsken på en sterkt svekket loddebestand. Men her kommer et særlig forhold inn som beskytter lodda mot denne faren. Store deler av loddebestanden vil alltid stå i så kaldt vann at torsken ikke våger seg inn der. På denne måten kan lodda klare seg gjennom perioder da den trues av å utraderes helt.

Til tross for dette forholdet så har

lodda i deler av året vært en viktig matkilde for torsk, og i den tiden silda var borte, var den trolig den viktigste. Det høye fettinnholdet til lodda gjør den særlig verdifull, ikke bare for torsk, men også for sjøpattedyr. Vender vi derfor blikket tilbake til sultkatastrofen som rammet torsk i 1986-87, så ser en at silda skapte dobbelt røre, først ved å hindre dannelsen av to årsklasser av lodde og dernest ved å trekke seg ut av hele området. Men det skulle ikke stoppe med det.

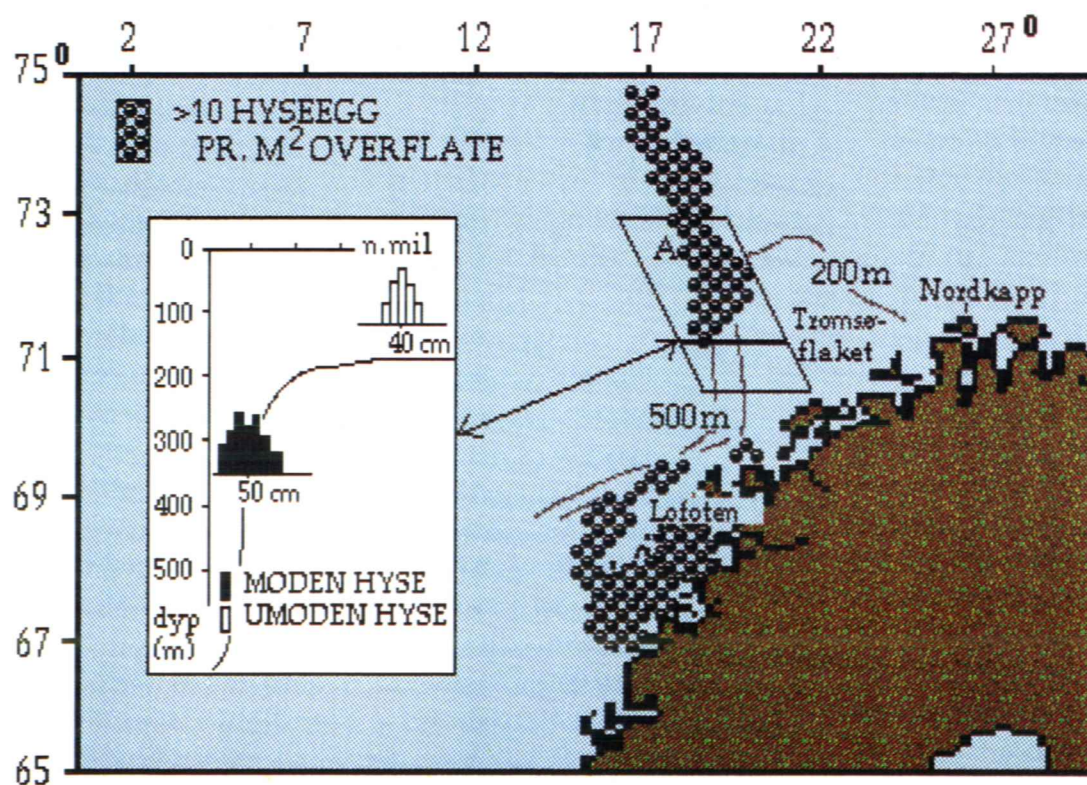
Uten tilgang på nye årsklasser av lodde og med tilgang på ungsild hovedsakelig i det sørøstlige Barentshavet, stod torsken overfor et reellt ernæringsproblem allerede før silda forlot arenaen. Den ble i stor grad tvunget til å spise torsk. Kannibalismen grep om seg i stadig større områder og gikk i særlig grad utover de ellers sterke 1984- og 1985-årsklassene av torsk (Mehl and Sunnanå 1990). Da de ble talt som treåringer, var det bare en skygge tilbake av de årsklassene som skulle ha dannet ryggraden i fisket i 1990-årene. Med gru gikk det opp for forvalterne at de hadde gitt helt gale signaler til fiskerne for dette ti-året og at en egentlig stod overfor en langvarig svekkelse av de to viktigste fiskebestandene i nordområdet. Det ble i en slik situasjon enkelt å fremme krav om forsterket flerbefandtsforskning slik at en kunne rette forskningen mot de gjensidige påvirkningsmekanismene mellom artene i havområdet. Høsten 1983 hadde en jublet over at silda var tilbake. Høsten 1986 la silda bak seg et kaotisk og utarmet Barentshav og svømte selv sørover, men først to år senere begynte forskerne til fulle å skjønne hvilken katastrofe silda hadde bidratt til å skape under sitt opphold i Barentshavet. Idag er det åpenbart for enhver og ikke minst for fiskerne.

NORSK-ARKTISK HYSE (*Melanogrammus aeglefinus*)

Mens skreiens gytevandring og formering nærmest er å betrakte som en nasjonal begivenhet med full pressedekning, så vil bare de færreste være klar over at hysen gyter omtrent på samme tid og at noen av dem også gyter i samme området. Imidlertid skjer *hovedgytingen* hos hysen ubemerket på store dyp langt til havs. Det er derfor ikke å undres over at det ikke har utviklet seg et parallelt fiske til skreifisket. Under kartleggingsarbeidet var det heller ikke lett å finne fram til gyteområdene ved hjelp av eggundersøkelser fordi en ingen steder finner store konsentrasjoner av hyseegg. Dette står også i skarp kontrast til skreien. Som ikke det skulle være nok,

så er hyseeggene i sin tidlige utvikling *helt like* de langt mer tallrike torskeeggene. Samlet sett førte disse utfordringene til at en langt ut i 80-årene bare kunne støtte seg til usikre russiske dateringer og enda usikrere norske utsagn om gytested og gytetid. Det var derfor et sterkt behov for mer målrettede hysstudier i regi av HELP.

Framgang i arbeidet var avhengig av at en maktet å skille mellom egg fra hyse og torsk og en velkjent analysemetode ble tilpasset behovet og viste seg raskt å være et egnet verktøy. Selve metoden er beskrevet i Kap.13.2. Men hvor skulle en så lete etter gytefeltene? En kjente til at en del av bestanden kom inn i Lofoten etter

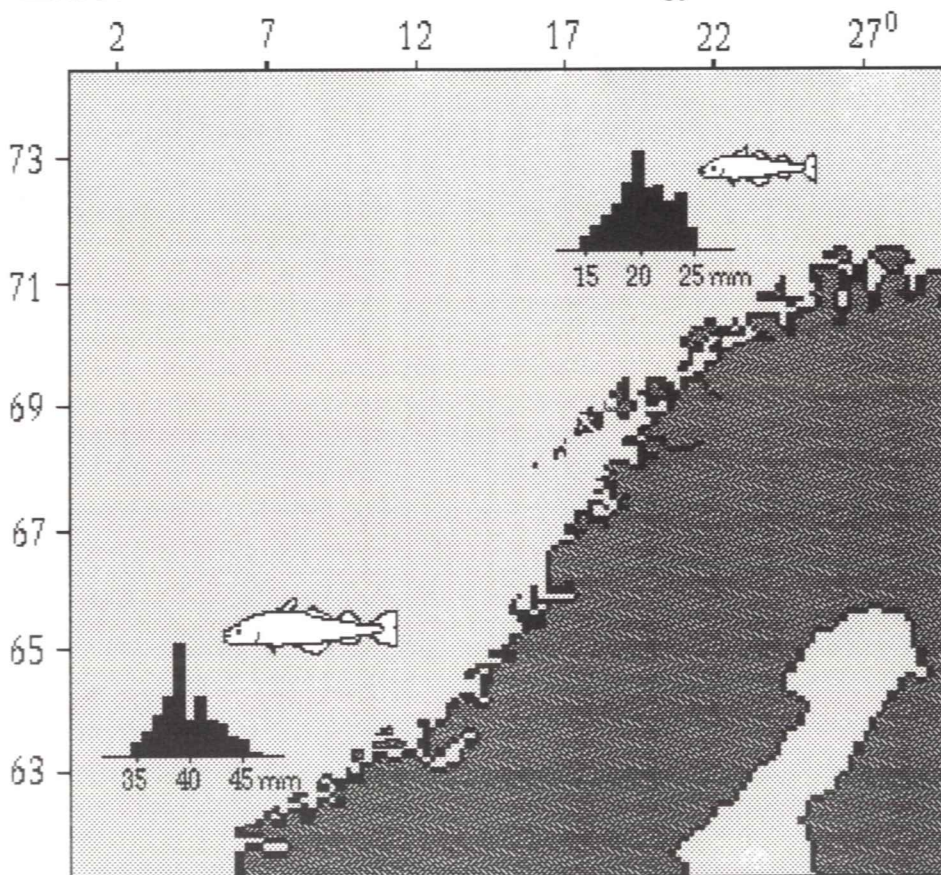


Figur 23. Gytefeltene for norsk-arktisk hyse er konsentrert til Lofoten og til kontinentalskråningen på vestsiden av Tromsøflaket, på figuren vist med eggssymbol. Den innfelte figuren viser at en på selve Tromsøflaket bare fant umoden hyse mens en på flere hundre meters dyp på vestskråningen fant stor kjønnsmoden og gytende hyse (det svarte søylediagrammet). Legg merke til 500-m-koten som er tegnet inn midt gjennom eggfordelingen i undersøkelsesområdet A.

at hovedgytingen til skreien var over, men noen norske forskere mente *hovedgytingen* skjedde langs kontinentalskråningen fra Røst og sørover. Russerne derimot hadde pekt ut tilsvarende områder nord for Røst og særlig vestskråningen av Tromsøflaket (HELP-rapport 10). I 1987 og 1988 ble kontinentalskråningen like fra 62° til 74°N avsøkt ved hjelp av ekkolodd og dypråling ble foretatt på interessante registreringer i den perioden da en forventet å finne gytefiskkonsentrasjoner. Samtidig ble det tatt plankontrekk etter egg for analysering med den nyutviklede metoden.

slutten av april. Vandringsruten fra Barentshavet er ennå ukjent idet fisken kan vandre vest av Tromsøflaket og holde seg på dypt vann hele tiden eller krysse bankområdet for så å "stupe" med på dypt vann vest av flaket eller fortsette sørover mot Lofoten. Inne på selve Tromsøflaket stod en del umoden fisk, og her ble det ikke funnet hyseegg.

En beregnet mengden av hyse i området A på Fig. 23 til 13-14 millioner individer mens den totale gytebestanden i 1987 ble anslått til 25 millioner hyse. Det ble bare funnet spredte forekomster av gytefisk sørover like til Møre med unntak



Figur 24. Yngel av hyse fanget på samme tidspunkt om sommeren er langt større ved kysten av Sør-Norge enn på Tromsøflaket. De minste sørpå er faktisk større enn de største i nord. Årsaken er at yngelen skriver seg fra forskjellige gytebestander med forskjellig gytetidspunkt. Yngelen i sør kommer delvis fra gytefelt utenfor norske havområder ("immigrant").

Undersøkelsene avdekket at vest av Tromsøflaket var det store konsentrasjoner av kjønnsmoden hyse og i tillegg relativt høye tettheter av egg over det området som er markert med A på Fig. 23 (HELP-rapport 25). Gytefisken stod i atlantisk vann som holdt 4-6°C, og den ble tatt i store mengder like ned til 700 m dyp, Fig. 23. Nitid inspeksjon av gonadene, viste at fisken var i ferd med å gyte i april og mai. Hovedgytingen både her og i Vestfjorden ble funnet å være i

av omlag 10 millioner hyse i Vesterålen og Vestfjorden. Det at hysen står spredt, forklarer trolig hvorfor en aldri finner høye tettheter av egg andre steder enn i de to områdene som er angitt på Fig. 23 og der en synes å finne hovedtyngden av gytende hyse. Undersøkelsene har bekreftet de russiske observasjonene. Som en konsekvens av denne gytestrategien, vil en finne hyselarver spredt over store havområder. Først når hysen blir større enn 2-3 cm, begynner den å samle seg og

danne slør, et forhold som kan virke svært eiendommelig når en vurderer det på bakgrunn av de lave tettheter av larver. Hvilke mekanismer er det som får dem til å samle seg? Det vet vi lite om ennå.

Et annet påfallende trekk fra samme tidsrom er den store *størrelsesforskjellen* på yngelen. *Sør* for Lofoten er yngelen omlag dobbelt så lang i juli som den en finner *nord* for Lofoten, Fig. 24. En er nå tilbøyelig til å tolke dette som et resultat av immigrasjon av hurtigvoksende hyseyngel fra gytebestander vest av norske farvann. Dette forholdet vil bli nærmere omtalt i Kap.11.1. Som en naturlig konsekvens av det, kan

en spørre seg om norsk-arktisk hyse rekrutteres fra gyting på norsk område eller om den i hovedsak er avhengig av disse tilførselene fra fremmede farvann. Særlig aktualiserer dette seg i tilknytning til gyting vest av Tromsøflaket der en må anta at larvene begynner sitt første næringsopptak nordøst av Tromsøflaket i slutten av mai. Hvor er yngelen fra denne gytingen under yngeltoktet i juli-august?

De nye informasjonene HELP-undersøkelsene har frambrakt både med hensyn på egg, larver og yngel av hyse blir viktige sett i sammenheng med risikovurderinger knyttet til petroleumsvirksomhet.

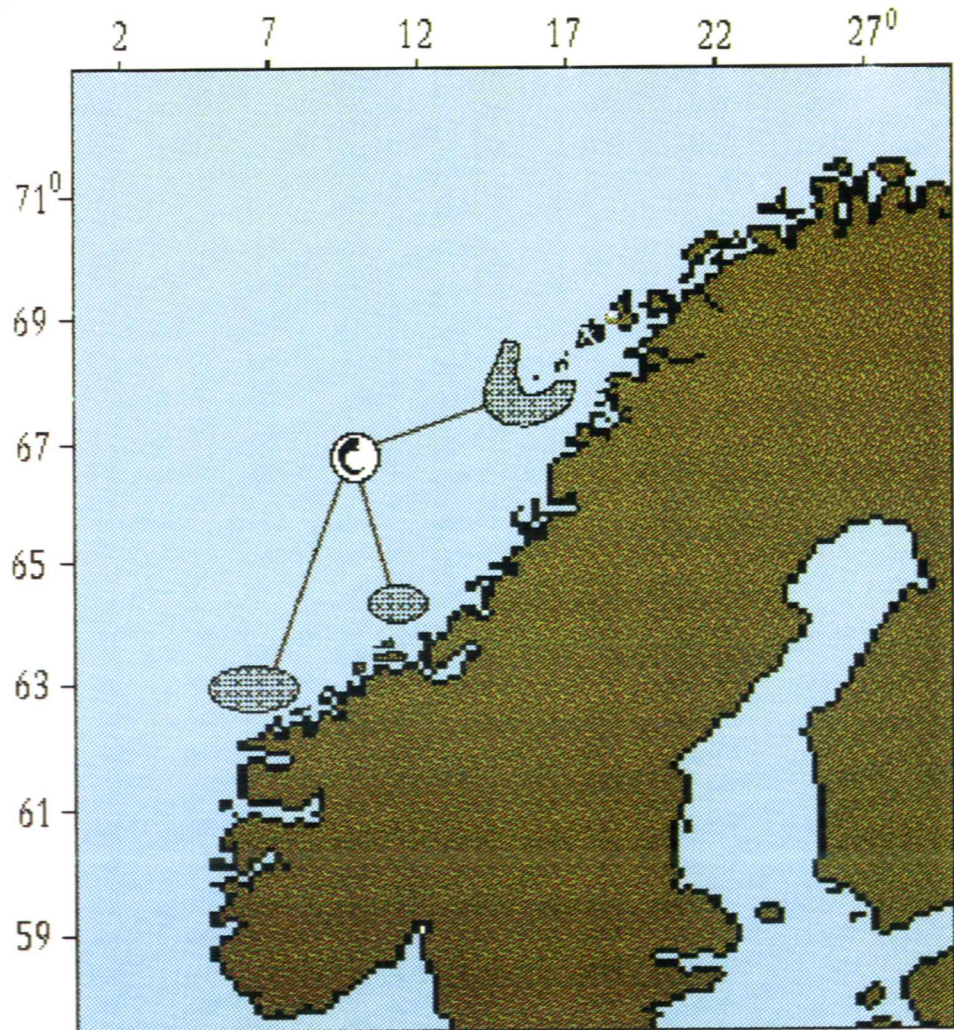
SEI (*Gadus virens*) NORD FOR 62°N

"Torsken og seien går samme veien", sies det i reglen, men i arbeidet med å avdekke seiens krumspring under gytingen, er reglen til liten hjelp. Vel finner en gyting i Lofoten og mange andre steder der torsken gyter, men hovedgytingen skjer langt mer ubemerket på stort dyp ofte langt fra land. En vil derfor sjelden finne betydelige mengder av egg i norsk sone og larver opptrer alltid i svært lave tettheter. Mot denne noe diffuse bakgrunnen ønsket en i HELP å få et nærmere kjennskap til de tidlige livsstadiene hos seien, og langt på vei har en lyktes. Kanskje den viktigste erkjennelsen fra arbeidet er at seien opererer over så store havområder og i så spredt formasjon at en neppe vil finne det bryet verd å avdekke til fulle hele sannheten om den.

De fleste tokt i regi av Havforskningsinstituttet er fortsettelse av lange tidsserier, men det skjedde en viktig nyskaping i 1980-årene da en startet opp maitoktet fra Møre til Vesterålen. I tillegg til at en fikk mulighet til å følge sildelarvene under-

veis mot Tromsøflaket, avdekket toktet innsiget av sei yngel til denne kyststrekningen og en kunne gi en tallrikhetsindeks for hvert år. Denne tidsserien har nå åtte verdier og en kan etterhvert begynne å sammenligne den mot mengden av ungsei og gytesei (HELP-rapportene 9,20,27 og 36).

Langt verre var det å komme egg og larvene inn på livet. Det ble satt inn spesialinnsats i områder der en fra før av visste at egg var påvist, og en fikk bekreftet gyting på strekningen Stad-Grip,



Figur 25. Seien har tre viktige gytefelt langs norskekysten, ett på Møre, ett på Haltenbanken og ett i Lofoten. En del av de store mengdene med yngel som påvises på vei mot norskekysten i mai, kommer trolig fra gytefelt i andre lands farvann og denne yngelen har som egg og larver drevet med Atlanterhavsstrømmen mot Norskekysten.

på Haltenbanken og på Røstbanken i tidsrommet februar-april med en topp tidlig i mars på de to sørlige og sent i mars på det nordligste feltet, Fig. 25 (HELP-rapport 4 og 16). Men de påviste eggmengdene er svært lave sammenlignet med det en er vant med fra skreien, og når en ser på innsiget av yngel i mai, må en spørre seg om de gytefeltene en har påvist, spiller noen særlig rolle for rekutteringen til den nordlige seibestanden. Et skikkelig svar på det vil kreve innsats av et helt annet omfang og en annen metodikk enn den som foreløpig benyttes.

Allerede i juni har seien kommet inn til kysten der den holder seg i stim de neste 2-3 årene før den forlater kysten og

legger ut på beitevandring og senere gytevandring langs norskekysten. Kjønnsmoden blir den etter 5-7 år i nordområdene.

Den har et utbredelses- og vandringsmønster som vanskeliggjør gode bestandsberegninger og en sikker kartlegging av den betydning de enkelte gytefeltene spiller for bestanden. Det en vet er at den gytemodne seien forlater Barentshavet tidlig på vinteren og vandrer sørover. En kan derfor ikke utelukke at bidraget fra ett eller noen få gytefelt *utenfor* norsk sone, yter hovedbidraget til opprettholdelsen av den norske seibestanden nord for 62°. På disse gytefeltene kan den norske seien meget vel være hovedaktøren.

UERARTER (*Sebastes* spp.), NOEN MINDRE VIKTIGE FISKESLAG OG BLEKKSPRUT

Uerartene er egenartete ved at de har innvendig befruktning av eggene og disse klekker inne i hunnfisken før larvene får slippe ut i det fri. Dermed unngår en all eggdødelighet og det er derfor ikke å undres over at en årvisst finner enorme mengder larver og senere yngel av uer over store havområder. Men det til tross, uerartene er inne i en nedgangsperiode. Den langsomme veksten og den seint kjønnsmodningen gjør at den trenger tid for å ta seg opp fra en bølgedal. De bedre ernæringsforholdene i Barentshavet vil trolig lette beitepresset fra torsk på småuer, så i de nærmeste årene kan en forvente en begynnende bedring.

Det er vanskelig å drive forskning på en art når fire arter ser omtrent helt like ut på larve- og yngelstadiet. En har ikke anstrengt seg særlig for å sortere de tidlige stadiene på art, men regner med at det i hovedsak er de to kommersielle artene som opptrer i fangstene. Den som kan bli størst av dem er vanlig uer (*S. marinus*), som kan nå en alder på mer enn 60 år og vil da være mer enn 1 m lang og veier rundt 15 kg. Etterhvert som den vokser, øker larvemengden fra 20.000 til omlag 300.000. Denne arten foretrekker temperaturer mellom 4-5°C mens den andre kommersielle arten, snabeluer (*S. mentella*), går inn i kaldere vann ned mot 2°C. Den har derfor en mer nordlig utbredelse og er gjennomgående mindre med en maksimalstørrelse på høyden 70 cm. Snabelueren har som navnet antyder, en framstikkende benplugg på underkjeven og er dessuten ikke så markert rødfarget som vanlig uer.

Vanlig uer holder seg langs

kontinentalskråningen, men forekommer også i store pelagiske stimer i Norskehavet og Nordishavet. Parringen skjer om høsten og hunnene bærer på spermene til selve befruktningen finner sted på senvinteren. Da har den kjønnsmodne bestanden trukket inn mot kysten, men bare hunnfisken trekker ned til eggakanten vest av Vesterålen og slipper fri larvene i mai omlag to måneder etterat eggene ble befruktet. De to kjønnene slår seg så sammen igjen og legger ut på beitevandring inn i Barentshavet. Larvene driver med strømsystemene nordover og yngelen sprer seg i vifteform utover de vestlige delene av Barentshavet og til områdene vest av Svalbard og bunnslår 6 cm lang på relativt grunt vann, Fig. 28. Mange av årsklassene var meget tallrike på yngelstadiet, men med markert lavere tallrikhet høsten 1991.

Hovedtyngden av yngelen i fangstene under 0-gruppetoktet i Barentshavet har trolig vært snabeluer som i hovedsak slipper sine larver lengre nord og hovedsakelig vest av Tromsøflaket. Snabeluerhunnene har noe færre larver (18.000 økende til 150.000), men som nevnt har instituttet ikke lagt innsats i å skille dem på art i yngelfangstene.

Uerlarvene og yngelen danner slør i de øvre 20 m, og mens de er 8 mm når de starter sitt fødeopptak, så er de omlag 4 cm under 0-gruppetoktet og 6 cm når de bunnslår senhøstes. Veksten er således på nivå med den en finner hos yngel av andre arter i området, men den videre tilveksten er mye langsommere enn for torskefisk.

BLÅKVEITE (*Reinhardtius hippoglossoides*) er en arktisk fisk som foretrekker kalde vannmasser og lever derfor nokså dypt. Den lever ved bunnen og svømmer pelagisk. De norske gytefeltene befinner seg hovedsaklig i øvre del av kontinentalskråningen fra Vesterålen til Bjørnøya. Her gyter blåkveitene på 400-800 m dyp i 2-4° C vann fra oktober til juni. Eggene og larvene er pelagiske. Eggene er meget store, 4,0-4,5 mm, og stiger langsomt oppover i vannmassene etter de er gytt (Pethon 1985). Under yngeltoktene i juli i perioden 1977-91 er blåkveiteyngel vesentlig funnet i områdene nord for 70°N. Lengden varierte fra 17-65 mm med et gjennomsnitt på 35 mm.

GAPEFLYNDRE (*Hippoglossoides platessoides*) er utbredt på begge sider av Nord-Atlanteren. Den forekommer fra 10 til over 500 m dyp, men er vanligst på 50-250 m. Arten lever på bløtbunn og sandbunn på moderate dyp i sommerhalvåret, mens den i vinterhalvåret mest finnes på 400-500 m dyp. Gytingen foregår i mars-juni på 100-200 m dyp. Under toktene etter yngel i juli i perioden 1977-91 er gapeflyndreyngel vesentlig funnet i områdene nord for 70°N. Lengden varierte fra 11-65 mm med et gjennomsnitt på 35 mm.

KOLMULEN (*Micromesistius poutassou*) er relativt sjelden i Vest-Atlanteren, men tallrik i Øst-Atlanteren hvor den er utbredt fra Marokko til Grønland, Norskehavet, Spitsbergen og i Barentshavet øst til ca. 40°Ø. Arten svømmer mesopelagisk og den er mest alminnelig på 200-500 m. Denne stimfisken finnes i temperaturer ned til 0-2°C, og den har en vertikal døgnvandring slik at den kommer opp i høyere vannmasser om natten og vandrer ned igjen om morgenen. På forsommeren finnes kolmulen i tette bestander fra Øst-Island over Jan Mayen til Svalbard, særlig langs polarfronten. De største fiskene

befinner seg lengst nord og øst (Pethon 1985).

Kolmulen blir kjønnsmoden når den er 2-7 år gammel. De viktigste gyteområdene ligger vest for De britiske øyer, og her foregår gytingen i mars-april. Funn av egg og larver av kolmule i norske fjorder og langs kontinentalskråningen nord til 66°N tyder på at det foregår endel gyting i dette området (Bjørke 1984). Gytingen skjer pelagisk på 300-400 m dyp, og eggene og larvene driver også pelagisk. Under yngeltoktene i juli i perioden 1977-91 er kolmuleyngel vesentlig funnet i områdene sør for 65°N.

I 1990 ble kolmuleyngel funnet vest og sørvest for Tromsøflaket, og funn ble også registrert nord for 74°N. *Det er første gang siden undersøkelsene tok til at kolmuleyngel er observert nord for 68°N* (HELP-rapport 37). Lengden varierte fra 11-90 mm med et gjennomsnitt på 35 mm.

ØYEPÅL (*Trisopterus esmarkii*) er utbredt fra Kanalen og Kattegat nordover til Island og Bjørnøya. Hos oss er den en meget vanlig torskefisk på 80-300 m dyp. Mye tyder på at det er separate bestander vest for De britiske øyer, ved Island, langs norskekysten og omkring Bjørnøya. Nordsjøbestanden er den mest tallrike. Fisket av øyepål nord for Stad er av liten økonomisk betydning. Gytefeltene for øyepål langs norskekysten synes å være de samme som for sei; i området Stad-Grip, på Haltenbanken og på Røstbanken. Det synes som om hovedgytingen for øyepål tar til rundt midten av mars på Mørefeltene og på Haltenbanken og i slutten av mars på Røstbanken (HELP-rapport 16).

Under yngeltoktene i juli i perioden 1977-91 er øyepål vesentlig funnet i områdene sør for 64°N og i lite antall. *I 1990 ble yngelen funnet nord for 70°N, og i størst antall over Tromsøflaket.* Lengden har variert fra 9-53 mm med et gjennomsnitt på 30 mm.

HVITTING (*Merlangius merlangus*) gyter i den Engelske Kanal, i den sentrale del av Nordsjøen, øst og vest for Skottland og ved Færøyene. I Nordsjøen begynner gytingen i januar i de sydligste områdene og i august/september i de nordligste. I norske farvann gyter hvittingen nord til Trondheimsfjorden fra mars til ut i mai, mens det viktigste gyteområdet er den nordlige del av Nordsjøen og i Skagerrak.

Under yngeltoktene i juli i perioden 1977-91 blir hvitting vesentlig funnet i områdene sør for 66°N og i lite antall. I 1990 ble hvittingyngel funnet nord til 70°N, og det er første gangen siden undersøkelsene tok til at denne arten er observert så langt nord (HELP-rapport 37). Lengden har variert fra 14-154 mm med et gjennomsnitt på 86 mm.

BROSME (*Brosme brosme*) finnes på begge sider av Atlanterhavet. På østsiden er den utbredt fra Island og Nord-Irland til Sørvest-Spitsbergen og Kola. Den er sjelden i Kattegatt og den sørlige del av Nordsjøen. Hos oss er den vanlig i dypere fjorder på Vestlandet og langs kontinentalskråningen. Den er vanligst mellom 200 og 500 m. Gytingen foregår mest på 200-400 m dyp i april-august, og arten gyter senest i nord. Det viktigste gytefeltet er mellom Skottland, Færøyene og Island. Langs norskekysten finner gytingen sted i april-juni fra Skagerrak nord til 70°N. De største konsentrasjonene av brosmeeegg er funnet over de dypere delene av kontinentalsokkelen med en svak konsentrasjon utenfor Møre (Bjørke 1984). Under toktene etter yngel i juli i perioden 1977-91 er arten funnet i lite antall i og nær Vestfjorden. Lengden varierte fra 18-53 mm med et gjennomsnitt på 31 mm.

ROGNKJEKS og ROGNKALL (*Cyclopterus lumpus*) finnes på begge sider av Nord-Atlanteren; på østsiden fra Portugal og Biscaya nord til Kvitsjøen. I januar-september er den vanlig langs hele norskekysten. Det er uvisst hvor den

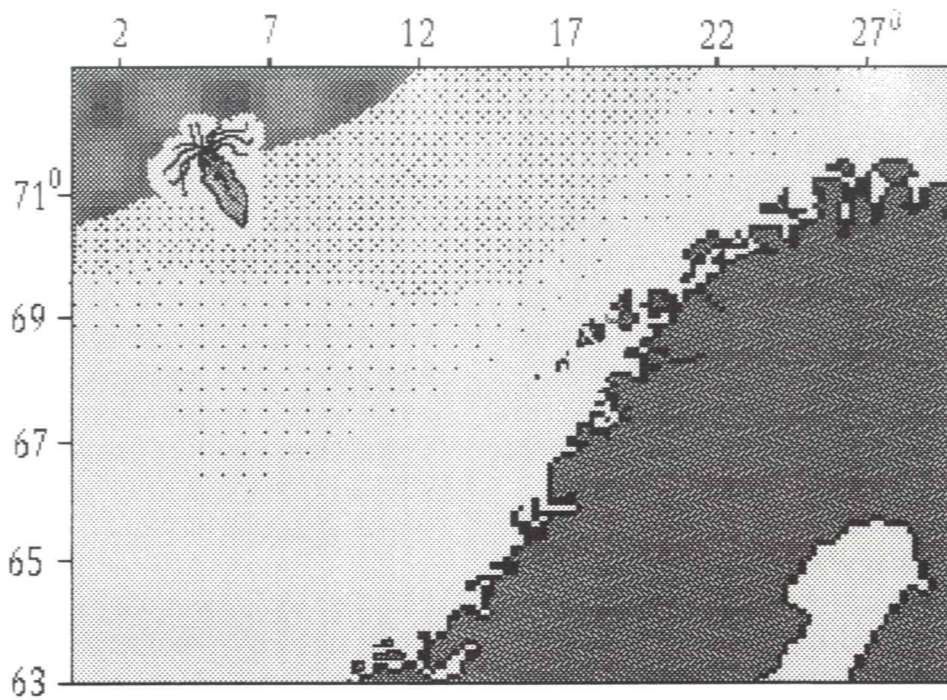
oppholder seg resten av året, men mye tyder på at den lever pelagisk til havs. Om våren kommer fiskene inn til kysten for å gyte på grunt vann, og parringen foregår i februar-mai.

Under yngeltoktene i juli blir alle størrelser av denne arten registrert, også voksen fisk, og den er funnet jevnt spredt i hele undersøkelsesområdet med en tendens til konsentrasjoner utenfor Vesterålen. Funn av voksen fisk til havs i juli kan tyde på at arten tilbringer mye av sitt liv pelagisk til havs.

SIL eller tobis forekommer i fire arter langs norskekysten; småsil (*Ammodytes tobianus*), havsil (*Ammodytes marinus*), glattsil (*Gymnoammodytes semisquamatus*) og storsil (*Hyperoplus lanceolatus*). De to førstnevnte danner grunnlag for kommersielt fiske. Som larver er artene vanskelig å skille, og på yngeltoktene blir de bare lengdemålt. Sil blir funnet spredt i hele området med de største konsentrasjonene utenfor Møre, utenfor Trænabanken, og over Tromsøflaket. Lengden har variert fra 18 til 149 mm med et gjennomsnitt på 51 mm.

GRÅ- og FLEKKSTEINBIT (*Anarhichas* spp.). Av voksen steinbit finnes det tre arter i området: blåsteinbit (*A. denticulatus*), gråsteinbit (*A. lupus*) og flekksteinbit (*A. minor*). Larvene av flekksteinbit og gråsteinbit er vanskelig å skille, og på toktene i juli ble ikke dette gjort. Det meste av steinbityngelen blir funnet nord for 70°N. De største enkeltfangstene har blitt gjort i Porsangerfjorden med over 3000 individ pr. tråltime enkelte år. Lengden av steinbityngelen fra disse toktene varierte fra 14-92 mm med et gjennomsnitt på 40 mm.

GONATUS (*Gonatus fabricii*) er en tiarmet pelagisk blekksprut som i nordlige farvann er viktig som næring for hval, sel og fisk, bl.a. for sild og laks, Fig. 26. Det har vært antatt at den gyter på kontinentalskråningene fra Tampen-Møre



Figur 26. Yngel av blekkspruten *Gonatus* sp. forekommer de fleste år i enorme mengder i Atlanterhavsvannet langt til havs; over kontinentallsokkelen er det derimot relativt små mengder av dem. Gråtoner i skraveringen angir relative mengder av *Gonatus*-yngel.

til Spitsbergen og mellom Island og Jan Mayen (Wiborg et al. 1982). "Import" fra det sistnevnte gytefeltet har blitt påvist ved at det i området hvor en i 1988 og i 1989 fant den sørlige loddeyngelen, som sannsynligvis stammet fra Island, også ble funnet isolerte forekomster av *Gonatus*-yngel. *Gonatus* er forøvrig en art som en antar gyter på dypt vann (Kristensen

1981), så det må tråles dypere skal gyteområdene for *Gonatus* lokaliseres nærmere ved at en kan påvise de nyklekte individene.

De høyeste konsentrasjonene av yngel ble funnet i atlantisk vann nord for 71°N og vest av 22°Ø og med lave tettheter i kystvann. Utbredelsen mot vest ble ikke dekket.

SPESIALSTUDIER I HELP

Det er mange tema innenfor HELP som kunne fortjent særlig omtale, men vi har begrenset oss til en del emner som både belyser spennvidden i HELP og som peker framover mot utfordringer det vil være naturlig å ta fatt på i 90-årene. Studiene av fiskens tidligere stadier har kanskje kommet noe i skyggen av instituttets øvrige virksomhet og har av noen blitt oppfattet som en kanskje unødig grunnforskning. HELP har med all tydelighet vist at en innenfor en flerbefandtsforskning må begynne med å studere samspillet mellom artene like fra egg-, larve- og yngelstadiet. For *samtlig*e arter har en kunnet påvise forhold som tilsier en vesentlig økt oppmerksomhet mot disse periodene i fiskens liv. HELP reiser bl.a. disse spørsmålene: Hva betyr "import" for rekrutteringen av hyse og sei? Vilken rolle spiller nedbeiting fra voksen sild på larver av sild, torsk og sei? Var det ungsild som i 1984 og 1985 beitet ned larvene og yngelen av lodde og dermed førte til sammenbruddet i loddebestanden? Er det vågehvalen som årlig sørger for det dramatiske fallet i antall fiskeyngel gjennom sommeren og som gjør at en nå ikke får full uttelling for det varmere klimaet i Barentshavet? Noen av disse temaene vil bli nærmere omtalt under dette kapitlet.

11.1. "Import" av fiskeyngel til norske farvann

Norskekysten nord for Stad og Barentshavet blir ofte betraktet som ett økosystem hvor viktige fiskearter tilbringer hele sin livssyklus (Dragesund og Gjøsæter 1988). Fra gytefeltene langs norskekysten driver fiskeegg og -larver nordover mot oppvekst- og beiteområdene i Barentshavet. Derfra

skjer så en gytevandring mot strømmen tilbake til gytefeltene. Dette noe forenklete bildet gjelder for de fleste kommersielle fiskeslag bortsett fra for norsk vårgytende sild som før 1970 hadde Norskehavet som beiteområde.

I siste halvdel av åttiårene ble innsatsen for å kartlegge fordelingsmønstrene for fiskeegg og -larver trappet opp innenfor rammen av HELP. Disse undersøkelsene ga en del resultater som vanskelig lot seg forklare ut fra betraktningen om norskekysten og Barentshavet som et lukket system.

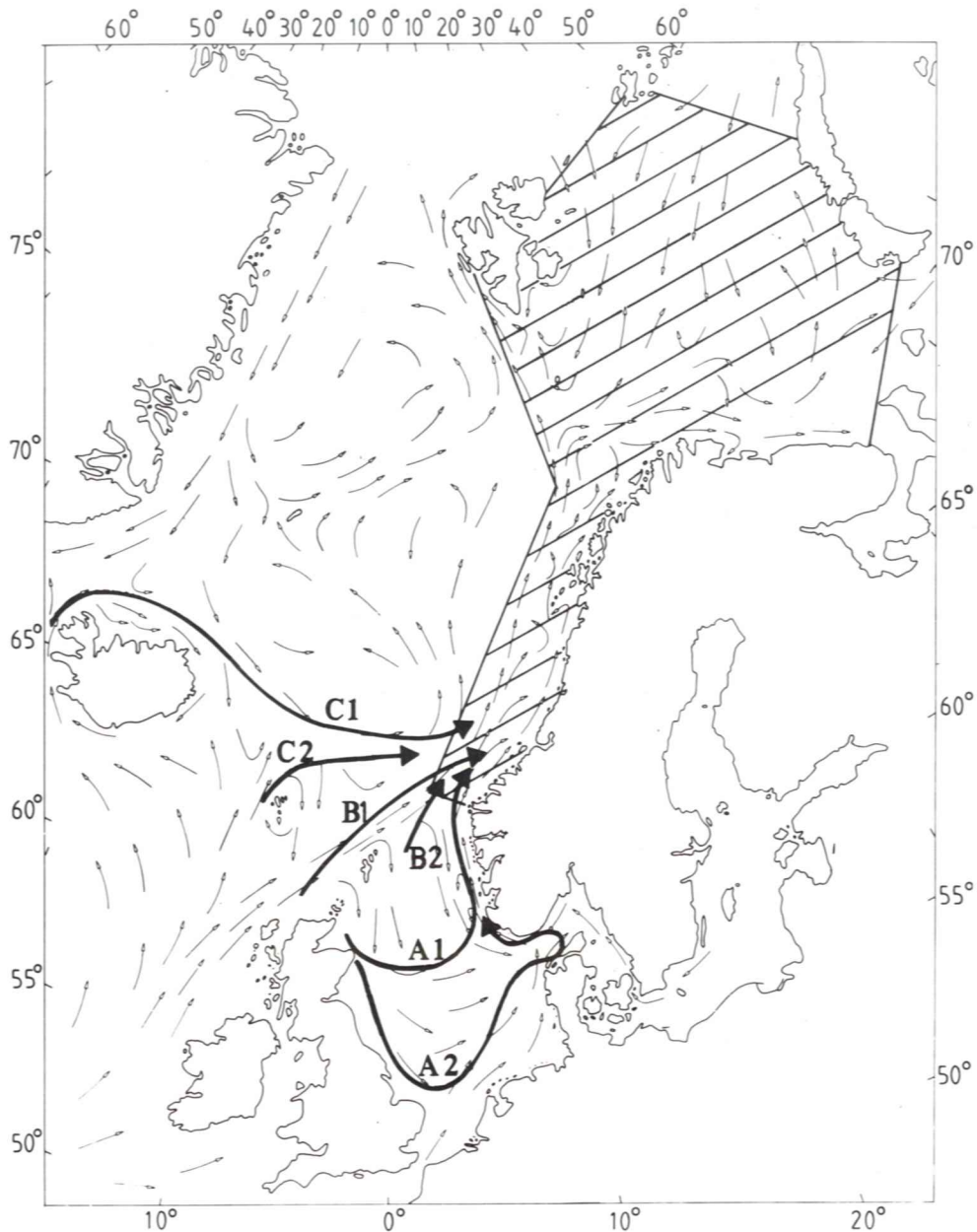
I en egen rapport (HELP-rapport 35) er disse resultatene analysert. Det synes klart at der finner sted en transport av fiskelarver og -yngel fra bestander som har sine gytefelt *utenfor* norske farvann. Transporten skjer sannsynligvis langs tre hovedruter som vist på Fig. 27.

Rute A

Dette er transportruter for larver og yngel av Nordsjøsild som er gytt om høsten. Ruten er todelt og A1 følger den tverrgående strømmen mellom 57° og 58°N. Den andre delen, A2, går via Jyllandstrømmen og inn i Skagerrak. Denne yngelen av Nordsjøsild vokser opp i de sør-norske fjordene. En del av yngelen driver nord for Stad og er observert like nord til Vesterålen. Denne delen er så liten at den neppe spiller noen rolle i ressursammenheng.

Rute B

Denne ruten er aktuell for yngel av sei og hyse fra den nordlige del av Nordsjøen og området nord for Skottland. Det ser ut for at den vesentligste delen av den umodne seien langs norskekysten mellom 62° og 66° N er rekruttert fra gytefelt i det nordlige Nordsjøen. Også for hyse synes bidraget fra Nordsjøen å være betydelig.



Figur 27. Alternative "importruter" av fiskeegg og fiskelarver til norske farvann.

Rute C

Langs denne ruten finner en yngeltransport av sei, hyse, sild og lodde. Sei og hyse kan føres langs denne ruten både fra Færøyene og fra Island. I havområdene utenfor Møre er observasjonen av loddeyngel vanlig om sommeren. Det eneste sannsynlige gytefeltet for denne er Island. Ved Island har en også en bestand av sommergytende sild. Også fra denne bestanden får en inn

yngel til Møreområdet.

Som en konklusjon kan en si at import av yngel fra Nordsjøsild kan ha ressursmessig betydning i de sønorske fjordene. Import av sei- og hyseyngel først og fremst fra Nordsjøen, har klart en ressursmessig betydning for disse bestandene på Møre- og Trøndelagskysten.

11.2. Vertikalfordeling av egg, larver og yngel

Vertikalfordelingen av egg og larver har vært gjenstand for nitide studier. Torskelarvenes vertikalfordeling har også vært studert i detalj i *Torskelarveprosjektet* og i *Mikroturbulensprosjektet* (Se Kap. 13.3). Torskelarvene viser liten evne til vertikalvandring og befinner seg stort sett i skiktet mellom 10 og 20 meter. Når det gjelder sildelarvene er de mye mer uforutsigbare. Mye materiale er samlet inn under HELP uten at noe klart bilde har trådd frem (HELP-rapportene 19 og 32). Ett trekk som likevel går igjen er at de eldre larvene (12-23 dager gamle) befinner seg i vannlagene over 60 meter, mens de yngste larvene (mindre enn 3 dager) blir funnet under 60 meter. Det er laget matematiske modeller som beskriver vertikalfordelingen av pelagiske fiskeegg som kan benyttes til å fastslå sannsynligheten for at sårbare ressurser skal komme i kontakt med oljeforurensning (HELP-rapportene 17 og 34).

Under yngeltoktene påvises det på ekkoloddet et sjikt av plankton og yngel i de øvre 60 m og det er i dette sjiktet det blir trålt med finmasket pelagisk trål. Ett trekk taes i den øvre delen av dette sjiktet og ett trekk i den nedre delen. Det er i undersøkelsen ikke skilt mellom trekk fra dag og natt. I den aktuelle perioden var det midnattssol i undersøkelsesområdet (HELP-rapport 40).

I gjennomsnitt ble 84 % av ueryngelen funnet i de øvre 15 m. Dette tallet er basert på 1,2 mill. innsamlete yngel.

For hyseyngelen ble gjennomsnittlig 73 % funnet i de øvre 15 m. Tallet baserer seg på 700 yngel.

Torskeyngel hadde et gjennomsnitt på 72 % av i de øvre 15 m. Tallet her baserer seg på 122.000 yngel.

For sildeyngel var gjennomsnittet likt med det for ueryngel med 84 % i de øvre 15 m basert på 35.000 yngel.

Seiyngel hadde den høyeste gjennomsnittsverdien med 91 % funnet i de øvre 15 m, men materialet er bare på 670 yngel.

Undersøkelsene viser at mesteparten av fiskeyngelen i juli befinner seg i de øvre 15 m. Det er i dette laget en kan forvente massiv nedblanding av hydrokarboner ved et eventuelt utslipp. En må kunne regne med at *all* yngelen én eller flere ganger i løpet av et døgn vil befinne seg i de øvre meterne, og således være særlig utsatt både ved oljeutslipp og ved seismiske undersøkelser (HELP-rapport 38).

11.3. Horisontale fordelingsmønstre og stimdannelse hos marin yngel

Instituttets toktvirksomhet gjennom årene har avdekket hovedtrekkene i det horisontale fordelingsmønsteret av våre viktige fiskebestander i alle deres unge utviklingsstadier fra egg til 0-gruppe-fisk. Denne informasjonen er vital utfra mange hensyn, og også i en petroleumssammenheng.

Det er helt tydelig at egg, larver og yngel danner flak som beveger seg nordover i Kyststrømmen. På mange måter kan disse sammenlignes med et oljeflak der en finner de høyeste konsentrasjonene sentralt i flaket avtagende mot kanten og med avsnøringer i form av virvler som kan observeres en tid for så å forsvinne. Over bankområder bremses flaket opp og konsoliderer seg for deretter å drive videre og gradvis gå i oppløsning. Den siste prosessen kan observeres ved at yngelen spres i vifteform delvis inn i Barentshavet og delvis nordvest av Svalbard, Fig. 28. Konsolideringen skjer særlig over Tromsøflaket og her kan en finne svært høye konsentrasjoner av yngel og ofte høyere enn det en finner underveis mot Tromsøflaket.

Internt i flaket synes det i lang tid

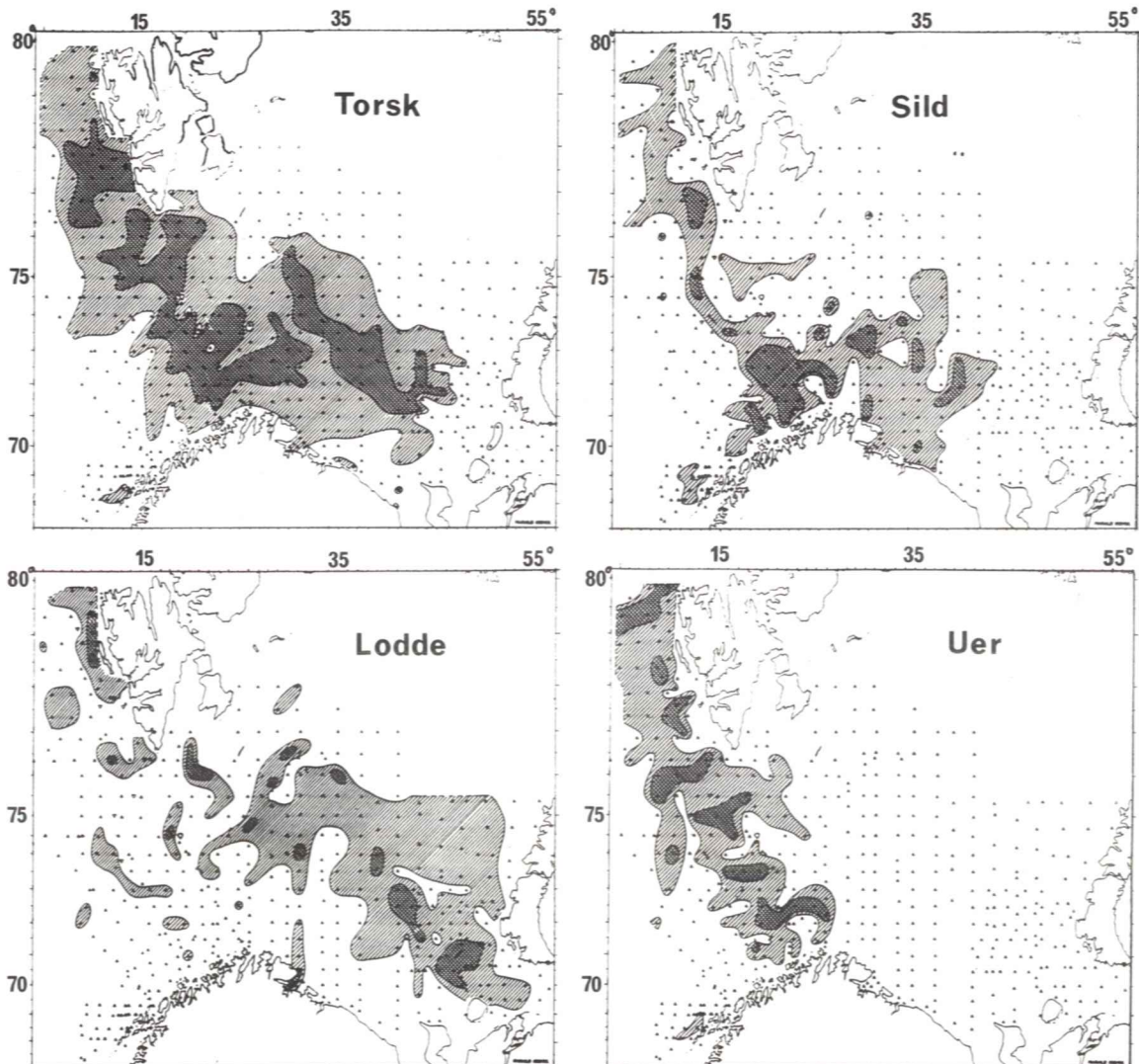
ikke å være noen sosiale relasjoner mellom larver og yngel av samme art ved at mengden er jevnt økende eller avtagende alt etter om en beveger seg mot sentrum eller mot periferien av flaket. Men gradvis begynner silda å danne *stimer* og andre arter danner *slør* slik at fordelingen blir mer *flekkvis* med dominans av enkeltarter. I juli vil en således enten ikke få sildeyngel i et trålhal eller så vil en få store mengder fordi en da har truffet en stim av sildeyngel. I de to hvalmagene der en fant fiskeyngel, var det i den ene sildeyngel og i den andre hyseyngel. Det viser at også hysen danner stimer eller slør, kanskje i tilknytning til svermer av store maneter. Disse forholdene er foreløpig bare delvis

studert, men vil i årene framover bli gjort til gjenstand for detaljstudier. I storskala eksperimenter i saltvannsbasseng og poller, har en observert stimdannelse hos sild fra denne er 3 cm og slør og stimdannelse hos torsk ved omlag samme størrelse eller noe større.

11.4. Marin yngel og deres forhold til sjøfugl og hval

De tidlige livsstadier til fisk har enorme dødsrater, og når de har kommet over det stadiet der sultedød *kan* være en mulig dødsårsak, overtar *predasjon* som hovedårsak til bestandsdesimering.

I denne sammenheng er det sjøfugl



Figur 28. 0-gruppe fordelingen av torsk, sild, lodde og uer i Barentshavet høsten 1991 (Anon. 1991). Svak skravering; 0-85 torsk og uer og 0-1000 sild og lodde pr. n. mil. Sterk skravering; mer enn 85 torsk og uer og mer enn 1000 sild og lodde pr. n. mil.

og hval kommer inn i bildet. Det har hittil vært lagt liten vekt på å kartlegge den innvirkning disse dyregruppene har på fiskebestandene, men alle er vel kjent med at mange sjøfuglbestander blir sterkt svekket i perioder med lite fiskeyngel. Lundefuglbestandene har blitt sterkt redusert de siste 25 årene med lite sildeyngel og i de tre årene med lite loddeyngel svant bestanden av lomvi i Barentshavet sterkt inn. Beregninger viser at i et "normalår" vil sjøfuglbestandene kunne ta ut flere prosent av den yngelen som er til stede gjennom sommeren. Likevel kan en trolig anta at de normalt vil

spille en forholdsvis beskjeden rolle som predator. Anderledes er det trolig med hval og da særlig vågehval. En har dessverre et svært lite materiale av mageprøver fra aktuelle fiskeyngelområder, men det en har, tyder på at fiskeyngel *kan* spille en stor rolle i dietten til disse dyrene som hver spiser opptil 200 kg føde for dagen. I de viktigste fiskeyngelområdene befinner det seg omlag 40.000 vågehval om sommeren og høsten. Dersom 10% av dietten i 3 måneder er fiskeyngel for denne delen av vågehvalbestanden, tar de i et "normalår" ut noen titalls milliarder fiskeyngel av bestanden.

OLJE-FISK-PROBLEMATIKKEN

Den gigantiske oljeforurensningen i Midt-østen vinteren 1991 både som et resultat av direkte oljeutslipp i Persiabukten og som et resultat av at flere hundre brønner ble satt i brann, illustrerer hvor vanskelig det er å forutsi vilke miljøkonsekvenser som kan oppstå fra kommersiell oljeutvinning. Det som har skjedd i dette området, vil på sikt kunne gi mye informasjon om hva en kanskje må legge i begrepet "worst-case-scenario".

Det har vært et krav at en skal danne seg et bilde av de effekter normal letevirksomhet og drift vil kunne ha på det marine liv i våre farvann og også gi et bilde av den situasjonen som *kan* oppstå når et massivt utslipp eventuelt inntreffer. Her vil en kunne stå overfor mange *nivåer* av utslipp. Erfaringene har vist at det er langt større sannsynlighet for oljeutslipp fra et skipsforlis langs norskekysten enn fra utblåsninger på faste installasjoner. Dette forholdet bør også få konsekvenser for de tiltak en treffer for å verne det marine miljø.

12.1. Hydrokarboner og fordelingsmønstre av fisk

En utblåsning vil bare i særlige tilfeller og da over et meget begrenset område berøre dypereliggende vannmasser. Utblåsninger på havbunnen vil således resultere i en fontene av olje og gass mot overflaten og omfanget av effekter i dypet er vurdert til å være beskjedne. I hovedsak vil det således være snakk om et overflatefenomen som berører de øvre vannmassene. Til gjengjeld vil et oljeflak spre seg raskt diktert av oljens fysiske-kjemiske egenskaper, av havstrømmene i området og av vindeffekter på overflaten. Oljen vil avhengig av tykkelsen, bidra til å

dempe bølger og turbulens og således redusere tilbøyeligheten for egg og larver til å bli blandet ned under de øvre vannmasser. En kan derfor tenke seg at disse lettere vil stige opp og bli berørt av oljefilmen og av oppløste hydrokarboner under denne. Den reduserte gjennomskinneligheten vil virke i samme retning. Vertikalvandrende dyreplankton og fisk som er styrt av lyset, vil også søke nærmere overflaten under et oljeflak. I sum bidrar dette til å konsentrere en del organismer under oljeflak. Hydrokarboner vil kunne redusere levedyktigheten til de organismene som har lav toleranse samtidig som hydrokarbonene blir tatt opp i vevet og på den måten kommer inn i næringskjeden. Svekkete organismer vil synke og bli spist av andre organismer som således blir tilført hydrokarboner uten selv å befinne seg i den berørte vannmassen. Også organismer som tåler relativt høye hydrokarbonverdier i vevet vil, når de søker mot dypet, kunne bli spist av andre. Dette gjelder f.eks. for krill, voksen raudåte og for laksesild og annen dypvannsfisk som periodevis er i overflaten. Transportruten for hydrokarbonene kan gå også via andre ledd f.eks. ved at *Gonatus*-yngel spiser oljeinfisert krill eller raudåte for så i sin tur å bli spist av voksen sild, uer, sei osv.

Ved det storskalafenomenet som en oljeutblåsning kan være, vil fiskelarver og fiskeyngel ha liten mulighet til å reagere med å flykte unna. Den raske spredningen og innblanding vil kunne omslutte store larvebestander og deres næringskjede av dyreplankton i løpet av dager. Den eneste fluktretningen vil eventuelt være mot dypet, men den reduserte belysningen på dypere vann vil skape problemer for fødeopptaket til larvene og yngelen. Trolig opprettholder larver og yngel i stor grad sin normale vertikalfordeling og

arter og stadier som tåler belastningen, vil i de fleste tilfeller utvikle seg som normalt. En forutsetter da at organismene i næringskjeden, altså planteplankton og dyreplankton, også i hovedsak tåler belastningen. De fleste eksperimenter peker i den retning når en i forsøkene har benyttet konsentrasjoner av hydrokarboner på det nivå en normalt måler under et oljeflak (HELP-rapport 33).

Det forhold at en betydelig del av det marine økosystem forflytter seg til overflaten om natten, vil bidra til å bringe hydrokarboner inn i næringskjeden. Selv om denne "elevatoreffekten" i liten grad fører til direkte forhøyet dødelighet, vil det kunne forringe verdien av de marine ressursene i området i den tiden tilførselene av hydrokarboner pågår. Den biologiske "elevatoren" kjenner en nå godt til, men enkelte elementer i den fortjener økt oppmerksomhet. Særlig blir dette aktualisert ved at hele den voksne sildebestanden kan være i "nedslagsfeltet" for hydrokarboner fra en utblåsning nærmest hvor som helst på norsk sokkel sør for 70°N.

12.2. Naturlige dødsrater hos fisk relatert til mulige skader fra olje

Parallelt med de omfattende feltstudiene i regi av HELP, har instituttet innenfor det nasjonale AKUP-programmet sett eksperimentelt på de effekter hydrokarboner har på de tidlige livsstadiene av fisk. Hittil har en hatt anledning til å teste torsk (egg, larve og yngel), sild (egg og larve), lodde (egg og larve) og sei (egg og larve). I tillegg har en kommet i gang med noen arter fra Nordsjøen (makrell og piggvar) (Serigstad 1991).

Observasjonene peker i retning av store *artsforskjeller* med på den ene siden egg og larver av *sei* som meget sensitive for oljeskader mens egg og larver av *lodde* og *sild* har lav sensitivitet. *Torsk* synes å ligge et sted i mellom. For alle artene gjelder det trolig at *yngel* og ikke vil ta

varig skade av vanlig forekommende konsentrasjoner under et oljeflak da disse har mulighet for å unngå oljen. Med yngel tenker en her på fisk større enn 2-3 cm. Sei, torsk og hyse har tallrike gytefelt i norsk sone og når det gjelder sei og hyse utgjør dessuten "importert" yngel trolig et betydelig innslag. Dette er det nærmere redegjort for under Kap. 11.1.

Sild og lodde synes å ha lav sensitivitet for oljeforurensning og tåler tilsynelatende bra de hydrokarbonkonsentrasjonene som normalt forekommer under et oljeflak. Selv om den direkte effekten av olje kan være begrenset kan en ha betydelige indirekte effekter. Oljen kan påvirke både mattilbudet til larvene og larvenes evne til å finne og fange sitt bytte. *Norsk-arktisk hyse* gyter i hovedsak på kontinental-skråningen og først som yngel opptrer den i kystnære områder. Planlagt virksomhet på Vøringplatået og Tromsøflaket vil komme i nærheten av viktige gytefelt for norsk-arktisk hyse. *Sei* nord for 62°N har sine viktigste gytefelt i ytterkanten av aktuelle utvinningsområder, men dette bildet vil gradvis kunne endre seg. I dagens situasjon er det først på et sent utviklingsstadium som yngel, at seien potensielt kan komme i kontakt med hydrokarboner, når en ser bort fra forlis av oljetankere til havs. Selv om egg av sei gytt i kystnære farvann ville kunne rammes under en utblåsning og stedvis kanskje ha 10-50% dødelighet, så ville disse eggene trolig utgjøre en mindre del av den totale populasjonen fordi hovedgytningen av sei finner sted lengre til havs. Både for hyse og sei gjenstår det imidlertid fortsatt mye arbeid på sensitivitetsstudier, men uten at det vil kunne endre nevneverdig forholdet som her omtales.

Norsk-arktisk torsk vil trolig være den arten som vil kunne rammes hardest ved at de oljømføtlige eggene gytes over kontinentalsokkelen og en betydelig og langvarig utblåsning vil kunne dekke

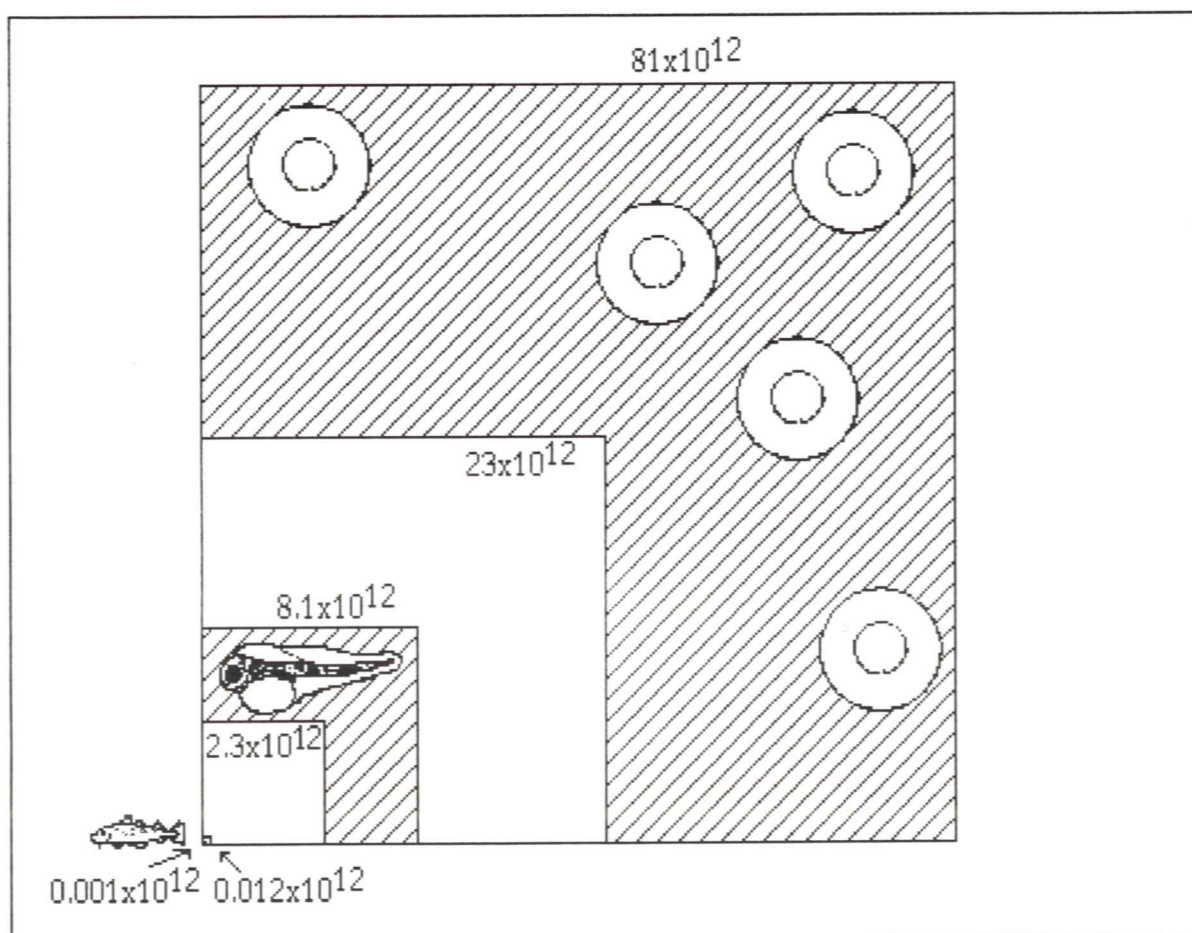
nærmest alle gytefeltene og transportrutene for eggene fra Røst til Senja.

I sum kan en si at en oljeutblåsning på ett enkelt sted bare vil berøre deler av ett enkelt års produksjon av egg, larver og yngel. Størst konsekvens vil en utblåsning kunne få om den er massiv og langvarig og skjer sentralt i Kyststrømmen vest av Lofoten der Kyststrømmen er særlig smal og der hovedtyngden av de unge livsstadiene til de omtalte fiskeartene passerer i et relativt smalt belte.

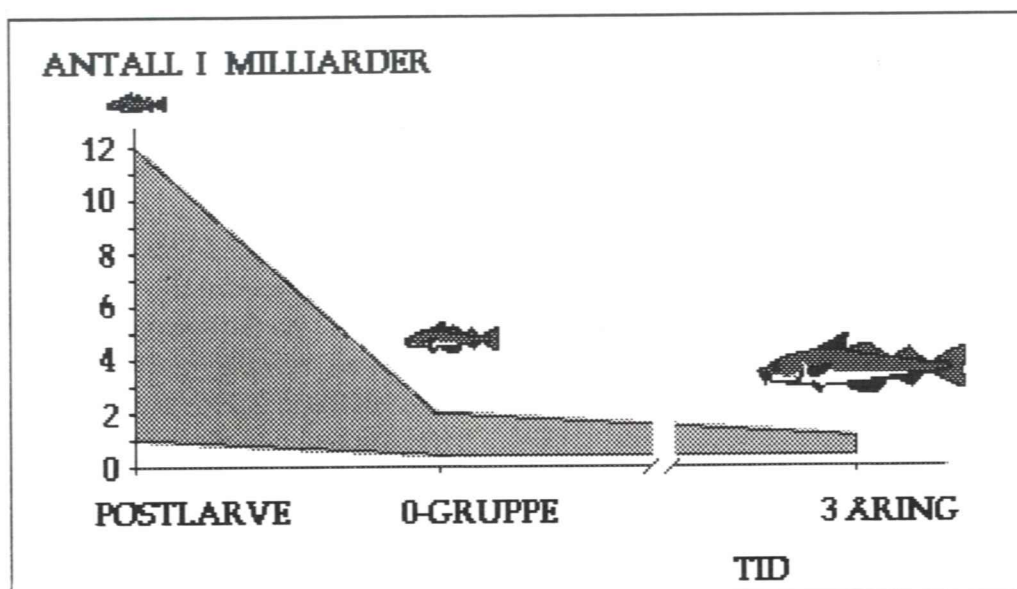
Innenfor HELP og i tilsvarende undersøkelser internasjonalt har en vært opptatt av å få kvantifisert de naturlige dødsratene knyttet til det enkelte livsstadiet. Instituttet har utført beregninger på torsk, sild og lodde og en har

fått fram verdier i området 5-15% dødelighet pr. dag for egg og larver fram til yngelstadiet, hvorefter dødeligheten reduseres til daglige rater på 1-3% fram til 0-gruppestadiet (Fossum 1988 og 1992; Sundby et al. 1988). Vi har sett at torsk vurderes som den mest sårbare arten med hensyn på sannsynlige skader fra en utblåsning. Det kan derfor være nyttig å gå noe mer i detalj og se på dødelighetsmønsteret for arten fra egg til 3-åring med utgangspunkt i data fra 1980-årene.

For å lette på forståelsen har vi framstilt eggmengden som et kvadrat der yttergrensen tilsvarer arealet til den høyeste eggmengden i 1980-årene, 81×10^{12} , Fig. 29. Det skraverte feltet ytterst illustrerer den observerte



Figur 29. Mengden av de tidligste livsstadiene hos torsk er prøvd illustrert ved hjelp av kvadrater. Det store skraverte kvadratet med eggssymboler angir største (81 billioner) og minste mengde (23 billioner) av nygytte egg i 1980-årene; den neste skraveringen med larvesymbol viser største antall nyklekte larver (8 billioner) og minste antall (2,3 billioner) i samme tidsrom. Når vi så kommer til antallet postlarver (2-4 cm), blir dette bare en liten rute i nedre venstre hjørne og med et høyeste tall på 0,012 billioner eller 12 milliarder. Prikken inne i denne ruten viser laveste mengden av postlarver og er her oppgitt til 1 milliard.



Figur 30. Utviklingen i antallet norsk-arktisk torsk er vist fra disse er postlarver i juli og fram til de er 3-åringer. Tallene er fra 1980-årene. Vi legger merke til at i de årene det var mye postlarver, falt antallet særlig kraftig fram mot 0-gruppe-stadiet. I år med lite postlarvetorsk, skjedde det bare en liten reduksjon i antallet over det samme tidsrommet. Reduksjonen fra 0-gruppe-stadiet til 3-årig torsk er liten. Det er trolig predasjon som betyr mest for reduksjonen en observerer fra postlarve til 3-årig torsk.

variasjonen i mengden av gyttede egg med en laveste verdi på 23×10^{12} . Mengden av plommeseckklarver utgjøres av det neste skraverte feltet. Mengden er satt til 10% av antall egg for enkeltår. En legger merke til det store gapet mellom larvemengde og eggmengde. Det kan bemerkes at det høyeste eggantallet gav den tredje svakeste årsklassen blant åtte undersøkte. Den sterkeste årsklassen (1983) kom fra en årsklasse med moderate eggmengder (49×10^{12}).

Spranget fra plommeseckklarve (4 mm) til yngel (2-6 cm) er enda mer dramatisk ved det at en tilsynelatende har radert ut så godt som alt liv. Selv en sterk årsklasse som 1983, utgjør bare en liten flik i venstre hjørne! Budskapet er enkelt og brutalt: *uansett hvor mye egg eller plommeseckklarver en starter ut med, vil mengden av postlarver alltid være innenfor et meget snevert mengdeintervall.*

Selv innenfor dette trange intervallet er det fortsatt rom for ytterligere markerte reduksjoner, og det framgår av Fig. 30. Mengden av yngel reduseres dramatisk fram til 0-gruppe-stadiet i år med stor

tallrikhet, men opplever relativt liten reduksjon i år med lite yngel. Det synes å være en tetthetsavhengig dødelighet. Tendensen vedvarer etter 0-gruppetadiet fram mot 3-årig fisk, men nå er det snakk om mindre justeringer (Fig. 30). Det til tross har det vist seg at de årsklassene som er sterke på yngelstadiet, ofte vedblir å holde seg sterke. *Yngelindeksen synes således å ha en viss prognostisk verdi.*

Er overlevingen av larvene jevnt fordelt fra hele klekkekurven eller er det slik at larver fra visse tidspunkt eller områder danner ryggraden i en ny årsklasse? Dersom det siste er tilfelle, altså at en har et *vindu*, får dette konsekvenser for risikovurderingen fra utblåsninger. Rammes den delen av larvene som ville ha gitt hovedbidraget til den nye årsklassen, vil selv en beskjeden utblåsning kunne få markert negative utslag. Foreløpige resulater fra otolittstudier med sild tyder på at en noen år har et vindu mens en andre år har en jevnere overleving fra hele klekkeperioden. Denne type studier er ressurskrevende og er ennå ikke kommet

igang på den viktige og mest sårbare arten norsk-arktisk torsk. Det er viktig i kommende år å få en nærmere avklaring rundt denne *vinduhypotesen*.

De tap en kan forvente som et resultat av tilførsler av hydrokarboner til det marine miljøet, bør vurderes i sammenheng med de naturlige variasjonene i bestandene av planteplankton, dyreplankton og fisk. I løpet av perioden fra 1965 til 1990 var variasjonene på 0-gruppestadiet for norsk-arktisk torsk beregnet til 1: 275 mens variasjonene for 3-åringer i perioden 1979-1988 hadde en faktor på 1: 6. Det viser på den ene siden at naturen selv opererer med store marginer, men også at det skjer en ytterligere reduksjon av tallrikheten etter 0-gruppestadiet som bevirker en markert utjevning av de store forskjellene på et tidligere stadium. Denne er trolig forårsaket av såkalt *tetthetsavhengig dødelighet*. Den vil særlig ramme årsklasser som var meget tallrike på 0-gruppestadiet. Mekanismen kan være at store konsentrasjoner av yngel er et lettere bytte for en stor gruppe predatorer enn få og spredte forekomster av yngel.

Tilsvarende forhold som er omtalt for torsk med hensyn på naturlig dødelighet, vil gjøre seg gjeldende for de andre artene vi har behandlet. Noen av disse har enda større naturlige variasjoner i sin tallrikhet. Særlig markert er dette for *sild* som veksler mellom sildeperioder og perioder da silda nærmest er forsvunnet. Her kan variasjonene bli enorme, men selv *innenfor* en sildeperiode er det snakk om betydelige variasjoner illustrert ved en faktor på 1 : 60 fra 1983 til 1989. *Hyse* har også høye verdier forårsaket av noen få ekstremt sterke årsklasser. *Sei* er på den annen side mer stabil i sin rekruttering enn noen av de nevnte artene.

Dersom den høye dødsraten hos egg

og larver som er stipulert å være i størrelsesorden 10%/dag, i hovedsak er betinget av *nedbeiting* fra samlokaliserte organismer, vil en for noen arter kunne få økt overlevning i områder som er oljebelastet. Dette ble observert for Stillehavslaks etter *Exxon Valdez*-ulykken og hang trolig sammen med at nedbeiting fra sjøfugl var blitt redusert, og *det* gav seg utslag i økt overlevning for laks i sjøvannsfasen. Dette forutsetter således at predatorerne rammes direkte av oljen eller at de vil søke seg til områder uten oljebelastning og med lavere naturlige forekomster av larver.

Sult vil være en del av reguleringsmekanismen, selv i en situasjon der predasjon dominerer. Dette vil bl.a. virke gjennom økt sårbarhet for larver som vokser sent. Svekket fødetilbudet til larven ved at en oljeutblåsning rammer planteplanktonproduksjonen og dermed også dyreplanktontilgangen for larvene, vil sult kunne spille en *økt* rolle som reguleringsmekanisme etter en utblåsning. De *naturlige* variasjonene i primær- og sekundærproduksjonen fra år til år trolig er langt større enn de effekter en kan vente å få fra en utblåsning. På den annen side vil et oljeutslipp, i alle fall lokalt, kunne redusere mattilbudet for fiskelarvene.

Ut fra denne diskusjonen skulle det være klart at oljens eventuelle virkning på fiskeressursene kan skje via en rekke kompliserte mekanismer med mulighet for positive såvel som negative tilbakekoblinger. Det finnes altså ingen enkle relasjoner mellom skade på en fiskelarvepopulasjon og virkningene på den fiskbare del av bestanden. Foreløpig synes prinsippet om at larveskade er lik rekruttskade å være den beste tilnærmingen.

METODIKK UNDER HELP

Havforskningsinstituttet har gjennom hele sin historie drevet med studier av egg, larver og yngel. Men innsatsen har stått noe isolert fra hovedvirksomheten ved instituttet. En har derfor ikke lagt fullt så mye vekt på metodeutvikling, avansert databehandling og presentasjon som tilfellet har vært for ressursovervåkingen. Ved oppstart av HELP så en straks behovet for på flere områder å endre på dette forholdet og gi virksomheten et mer helhetlig og en kan gjerne si, et mer profesjonelt preg. Oppgavene ble fordelt på flere av forskerne og her vil en ta for seg noen av de metodiske forbedringer som vokste fram innenfor rammen av HELP.

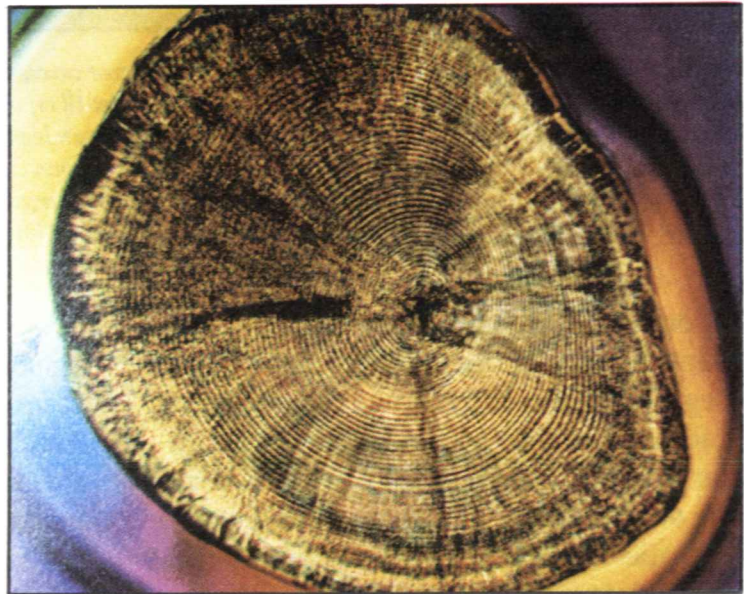
svært velegnet til dagsonestudier da det er enkelt å lese alderen på larver opp til 3 måneder etter startføring. I våre undersøkelser er det derfor sildelarver i aldersgruppen 1-3 måneder vi har konsentrert oss om.

Det er forholdsvis enkelt å telle sonene i et mikroskop, Fig. 31. Skal en måle bredden på sonene, er det en tidkrevende prosess. Derfor er det utviklet et telle- og måleutstyr for dagsoner der en også kan logge inn dataene direkte til en database (Andersen og Moksness 1988). Dette utstyret er vist på Fig. 32, og som en vil se, består det av et mikroskop påmontert et videokamera som er koblet

13.1. Dagsonelesning

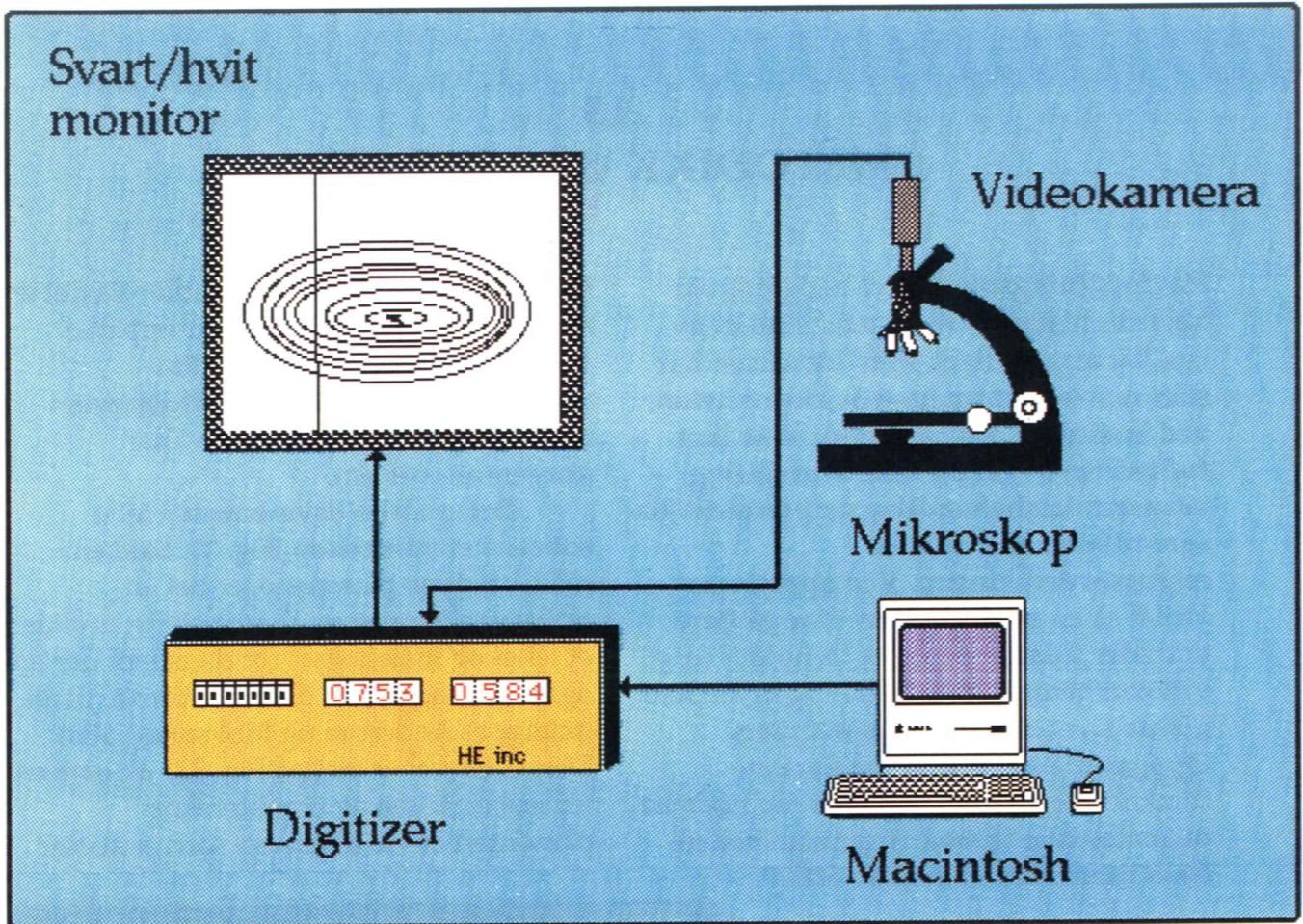
Det har vært kjent i en 20 års tid at otolittene til fiskelarver inneholder soner. Mange har vist ved eksperimenter i store bassenger at disse sonene blir lagt ned med ett døgn mellomrom. Bredden av sonen gir samtidig et uttrykk for veksten til larven i det aktuelle døgnet.

Hva er det som setter igang denne sonenedleggelsen? Det er på det rene at en kan finne dagsoner både hos fisk som oppholder seg i konstant mørke som hos mesopelagisk fisk og hos fisk som er utsatt for lys hele døgnet som lodde om sommeren. Larven legger ikke ned soner så lenge den tærer på plommesekken, og eksperimenter med sildelarver har vist at den første sonen legges ned 10 dager etter klekking. Sildelarver har i det hele vist seg å være



Figur 31. En typisk sildeotolith som tydelig viser ringene som daglig legges ned mens otolitten vokser i takt med silden. Kjernen i otolitten sees som et svart sentrum. Noen ringer er svært brede og reflekterer perioder med meget god fødetilgang og god tilvekst (foto: Ø.Paulsen).

til en digitaliseringsboks. Signalene går derfra til en monitor. Det hele er styrt av en Macintosh datamaskin. Tellingen foregår ved å flytte en markør på monitoren og logge inn sone for sone slik



Figur 32. Telling av dagsoner i otolittene til fiskelarver krever avansert utstyr. Selve otolitten legges under objektet i mikroskopet. I tillegg til å se på den med øyet, overføres bildet til en videoskjermer. En markør på skjermen flyttes over bildet og for hver ring den flyttes, markeres ringen og posisjonen legges inn på en digitiser som er styrt fra en PC (vist med en Macintosh). Dermed kan en få et mål på bredden av ringen (rask/sen vekst), ringens rekkefølge og det totale antall ringer (alder). Fra før av vet en hvor stor den larven eller yngelen var som en hentet otolitten fra. Dermed er en klar til å beskrive fiskens livshistorie fra første matopptak til fangstøyeblikket.

at en får informasjon om antall soner og sonebredde. På denne måten arbeider en seg utover i otolitten langs den lengste radien. Ved å legge inn informasjon om larvenes lengde og vekt kan en få ut alder og vekstmønster til enkeltlarver eller hele grupper av larver. Ved å sammenligne disse dataene med uavhengige data om larveklekking, utbredelse og tetthet av larvenes byttedyr og predatorer foruten hydrografiske data, kan en komme nærmere løsningen på mange av problemene innenfor larveøkologi.

Innenfor HELP har viktige resultater framkommet ved å sammenligne klekkedatoene med de tilbakeberegnete klekkedatoene fra larver som er samlet inn i mai måned det samme året. De larvene vi har tatt otolitter fra, er dem som har

overlevd den første vanskelige perioden og som har nådd en størrelse på 2-3 cm. Sammenligningen viser at i noen år overlapper den tilbakeberegnete aldersfordelingen av disse larvene godt med forløpet av selve klekkingen som ble kartlagt for seg. Overlevingen synes således å ha vært jevn fra hele klekkeperioden. Vi er i ferd med å undersøke om det er forskjeller i vekstmønsteret til larver som er samlet inn fra forskjellige deler av utbredelsesområdet. I andre år er det indikasjoner på best overleving fra én del av klekkekurven (Moksness og Fossum 1992).

Otolittene kan også benyttes til å skille mellom larver fra høst- og vårgytende sild. Dette blir svært viktig

når en skal beregne omfanget av "import" av sildelarver fra Nordsjøbestandene, et fenomen som er nærmere omtalt under 11.1.

13.2. Isoelektrisk fokusering

Fiskeegg fra torsk og hyse ser helt like ut inntil de er nesten klekkeferdige. Da kan de skilles på forskjeller i pigmenteringen til fiskelarven inne i egget. For å kunne skille egg allerede fra de tidlige stadiene, har en tatt i bruk en metode som heter *isoelektrisk fokusering*. Denne metoden bygger på de genetiske forskjellene mellom ulike fiskearter og hvordan de kommer til uttrykk i forskjellige enzymssystemer i fiskeeggene. Enzymene er eggehvitestoffer som fiskeegget bruker i stoffskiftet. Ved en vandring over en pH-gradient vil de ladede enzymene langsomt konsentreres opp der hvor de er nøytrale. Lengden på vandingen er funnet å være spesiell for hver enkelt fiskeart. Metoden ble utprøvd og testet for fiskeegg i samarbeid med Havforskningsinstituttets Senter for Havbruk, Genetisk laboratorium. Isoelektrisk fokusering ble benyttet i feltundersøkelser i HELP's regi i 1985-86. Denne metoden gir bl a. 100% sikker identifisering av hyseegg.

13.3. Mikroturbulens - når det "svinger" rundt fiskelarven

En velkjent virkning av turbulente prosesser er at de fører til blanding og utvisking av gradienter. I havet er denne virkningen særlig sterk i det vindblandete laget som utgjør de øverste 20 - 50 m av sjøen. Her finner vi grunnlaget for alt liv i havet, planteplanktonet. Her finner vi hovedmengden av det minste dyreplanktonet, og her finner vi det meste av fiskeegg og -larver, og det er i dette laget oljeforurensning først og fremst vil gjøre seg gjeldende. Således vil den vindinduserte turbulensen i sterk grad påvirke spredning og fordeling av det

pelagiske planktonet i sin alminnelighet og spredning og fordeling av olje både i løst og partikulær form.

Hvordan turbulens påvirker vertikalfordelingen av partikler, det være seg i form av plankton eller olje, vil bli behandlet i et eget avsnitt. En annen og helt ny side av turbulensens virkning på planktonet er at den også direkte påvirker kontakthyppheten mellom planktonorganismene, og følgelig kontakthyppheten mellom jeger og bytte. For fiskelarver fra våre viktigste kommersielle fiskearter er det de yngre stadiene av raudåte som er byttet. Nye undersøkelser fra Lofoten har vist at vinden påvirker kontakthyppheten mellom torskelarver i første næringsopptak og deres byttedyr som er de tidligste kopepodittstadiene av raudåte (Sundby og Fossum 1990).

Proessen som generelt vil påvirke kontakthyppheten mellom partikler, vil følgelig også kunne tenkes å ha betydning for hvordan plankton vil bli utsatt for partikulær olje. I det følgende vil vi gå gjennom:

- 1) prinsippene for prosessen;
- 2) vurdere hvilken betydning den kan ha i olje-planktonsammenheng.

La oss ta for oss de grunnleggende prinsipper: en fiskelarve gjennom søker et vannvolum med en svømmehastighet, v , på jakt etter bytte (Fig. 33 nederst til venstre). Det er ingen bevegelse i vannet og den gjennomsnittlige konsentrasjonen av byttedyr er N . Videre forutsetter vi at byttedyrene er ubevegelige. Fiskelarven reagerer på byttet i en avstand R . Det gjennomsnittlige antallet kontakter pr. tidsenhet, Z , kan da uttrykkes slik:

$$Z = \pi R^2 N v \quad (1)$$

$\pi R^2 v$ uttrykker fiskelarvens gjennomsøkte vannvolum pr. tidsenhet.

Dersom vi antar at byttedyrene beveger seg med små, tilfeldige (stokastiske) bevegelser, u , i forhold til jegeren, kan det vises at den relative hastigheten mellom bytte og jeger øker. Dermed bidrar byttedyrene selv til å øke kontaktraten med sine fiender, visualisert i Fig. 33, nederst til høyre.

Hastighetskomponenten av kontaktraten endres fra å kunne uttrykkes som v til å få

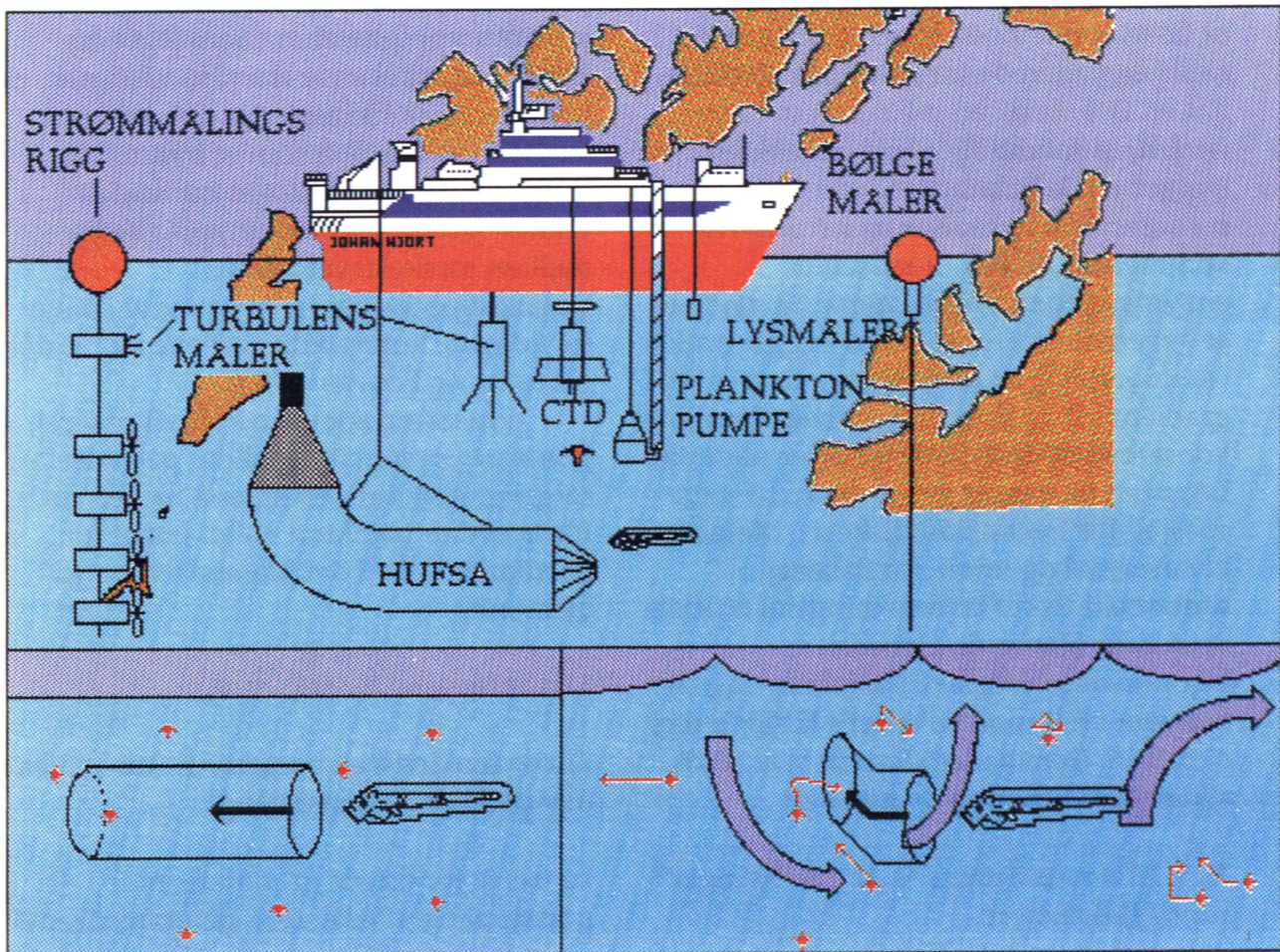
formen

$$(u^2 + 3v^2)/3v \text{ (Gerritsen og Strickler 1977)}$$

og således blir kontaktraten

$$Z = \pi R^2 N (u^2 + 3v^2)/3v \quad (2)$$

Denne teorien har så blitt utvidet videre til å gjelde for turbulente



Figur 33. Et moderne havforskningskip som Johan Hjort har en hel instrumentpark ombord. Her er bare noen av redskapene knyttet til larveforskning vist:

- planktonpumpen henter store vannprøve fra valgte dyp for å kartlegge vertikalfordeling særlig av byttedyrene fiskelarvene jakter på;
- HUFSA er en kommersiell strømsetter med en kapasitet på 15 tonn i minuttet; den fanger fiskelarver i valgte dyp og viser vertikalfordeling av larvene; i tillegg tæs hootrekk;
- CTD-sonden måler kontinuerlig saltholdighet og temperatur mens den senkes til bunns;
- lysmåler viser mengden av lys i de dyp larvene oppholder seg for bl.a. å fastslå hvor mange timer larven har nok lys for fødeopptak;
- bølgemåleren gir viktige opplysninger til vurdering av turbulens;
- turbulensmåleren gir informasjon om mikroturbulens, det vil si ørsmå uregelmessige vannmassebevegelser;
- strømmålingsriggen kartlegger strømretning og -styrke i valgte dyp;

Nederst er det vist to situasjonsbilder: i det til venstre er det ingen turbulens og fiskelarven svømmer gjennom vannet og ser bare byttedyr innenfor en "synskorridor"; i det til høyre kaster turbulens byttedyr inn og ut av "synskorridoren" og sjansene for at larven treffer på et byttedyr, er langt større og dermed vil denne få bedre sjanse til å overleve.

vannbevegelser (Rothschild and Osborn 1988). Turbulente bevegelser er av natur stokastiske bevegelser. Dersom vi nå antar at den turbulente hastigheten er w , kan u erstattes med

$$(u^2 + w^2)^{1/2}$$

og v med

$$(v^2 + w^2)^{1/2},$$

og kontaktraten kan da uttrykkes som:

$$Z = \pi R^2 N (u^2 + 3v^2 + 4w^2) / 3(v^2 + w^2)^{1/2} \quad (3)$$

Turbulensen bidrar således til å øke kontaktraten.

Skalaene som har betydning for kontaktraten mellom planktonorganismer, er dem som er mindre enn karakteristisk avstand mellom jeger og bytte. Det er nemlig bare disse skalaene som kan bidra til å øke den relative hastigheten mellom jeger og bytte. Turbulens på større skalaer vil bare bidra til å forflytte større "vannpakker" i forhold til hverandre uten at den innbyrdes avstanden mellom byttedyrene endres. Når det gjelder torskelarvenes forhold i Lofoten, vil den gjennomsnittlige byttedyravstanden være 3-10 cm, og således er det turbulensceller på skala mindre enn 10 cm som kan bidra til å øke kontaktraten og dermed bedre næringstilgangen for fiskelarvene.

Sundby and Fossum (1990) viste at innholdet av byttedyr i magen på torskelarver økte med økende vindhastighet, og dermed økende turbulent hastighet.

Sammenhengen mellom konsentrasjonen av byttedyr i sjøen, c , og antallet byttedyr, A , i magen på en jeger kan uttrykkes ved ligningen

$$A = A_{MAX} (1 - e^{-Bc}) \quad (4)$$

hvor A_{MAX} er det maksimale antallet byttedyr som kan fylles i magen og B er en koeffisient som inneholder hastighetskomponenten av kontakthypigheten.

Målingene i Lofoten viste at

kontakthypigheten økte med en faktor på 2.8 når vindhastigheten økte fra gjennomsnittlig 2 m/s til 6 m/s (HELP-rapport 29). Dette er i god overensstemmelse med modellresultatene fra Rothschild and Osborn (1988).

Det arbeides nå med å finne ut hvordan turbulensen virker ved høyere vindhastigheter. Teoretisk vil kontaktraten øke dramatisk når vindhastigheten øker ut over den beskjedne målte vindhastigheten på 6 m/s. Men vi regner med at det finnes en øvre terskel for den gunstige virkningen av turbulens.

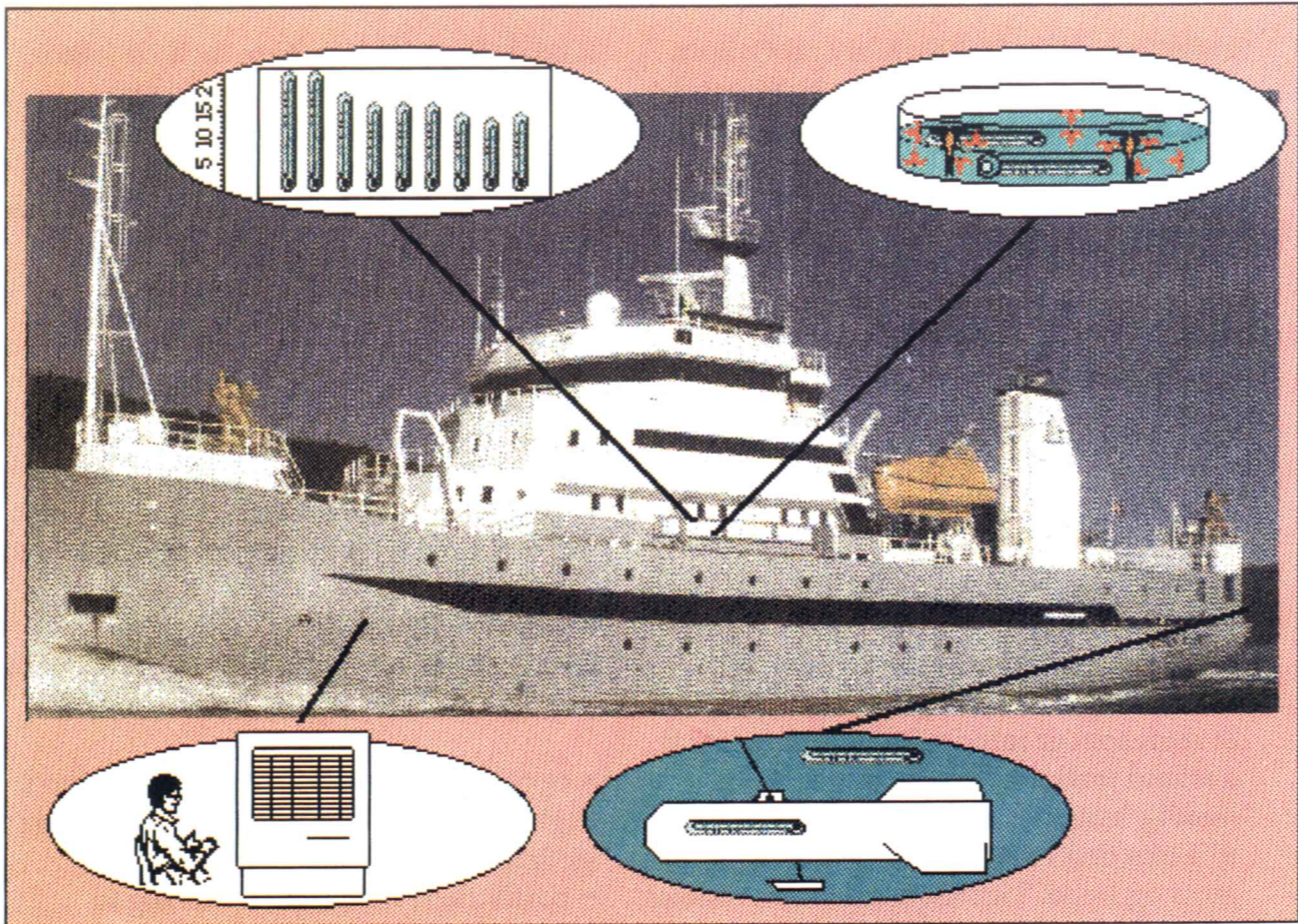
Betydning av prosessen i oljefiskelarvesammenheng kan i prinsippet knyttes til de tre måter fiskelarver kan få i seg oljeforurensningskomponenter på:

- oppløste forbindelser diffunderer inn i organismen via hele overflaten inkludert gjellene;
- partikulært materiale fester seg til larvens overflate og diffunderer inn i organismen;
- partikulært materiale blir spist av fiskelarven og fordøyd.

Det er bare gjennom de to siste prosessene at turbulensen vil påvirke kontaktraten. For å kvantifisere hvordan prosessen virker, må vi kjenne til noe om karakteristisk tetthet for oljepartikler.

13.4. Mocness - et spesialredskap for fangst av fiskelarver

Et viktig redskap for å samle inn fiskelarver og zooplankton er Mocness flerpose planktontrål. Dette redskapet er blitt flittig benyttet under HELP-programmet. Vi har to typer Mocness, én med 1 m² nettåpning og en med 10 m² nettåpning. Den minste kan utstyres med ni nett, den største med fem. Det spesielle med Mocness er at de forskjellige nettene kan løses ut fra forskningsfartøyet i de dyp en vil studere. Utløsningssignalet blir overført elektronisk via en kabel og en



Figur 34. På laboratoriet ombord i havforskningsskipet Johan Hjort tar en hånd om materialet fra den torpedolignende GULF-hoven. Den er vist på bildet nederst til høyre mens øverst til høyre er glass-skålen vist som prøven fra GULF-hoven legges i. I denne prøven er det både dyreplankton og fiskelarver. Larvene blir tatt ut og lengdemålt (øverst til venstre) og alle tallene blir lagt inn på en PC (nederst til venstre).

strepmotor slipper nett etter nett i de aktuelle dypene. En får beskjed tilbake når et nytt nett er løst ut, i hvilket dyp Mocnessen til enhver tid befinner seg og hvor mye vann som blir filtrert gjennom nettene. På denne måten kan en studere i hvilket dyp de aktuelle dyrene befinner seg, hvor stor tetthet det er av dem, om de er stasjonære i dette dypet eller om de beveger seg opp og ned i vannmassene. Dette er viktig når en skal finne ut hvor utsatt de forskjellige dyrene er for f. eks. oljespill, seismikk og UV-lys.

Transporthastighet og transportrute er også svært avhengig av hvor organismene er i vannmassene, for strømmen kan variere mye nedover i dypet. Et dyr kan ved å foreta vandringer opp og ned i vannmassene i enkelte tilfeller klare å holde seg eller forlenge

oppholdstiden betraktelig i et område selv om det er kraftige strømmer der. De fiskelarvene som en har studert vertikalfordelingen til innenfor HELP, er i hovedsak sild og lodde.

EN TILFELDIG DAG PÅ LODDELARVETOKT

Under midnattssolen på Finnmarkskysten

Året er 1989, datoen 20. juni. Vi er igang med årets loddelarvetokt ombord på F/F "Michael Sars". Vi startet i Kirkenes for et par dager siden, og gikk først østover langs Kolahalvøya. Nå er vi på kurs vestover igjen. Nattevaktene er i ferd med å gå av vakt mens det nye skiftet

sitter og drikker kaffe i messa temmelig trøtte og groggy etter bare å ha sovet noen timer. "Hvordan har vakten vært?" spør jeg. "Grei nok," svarer Kjell. "Det er fremdeles mye larver, og de er langt større enn de var på samme tid i fjor. Vi nærmer oss stasjon 613, det er den fjerde stasjonen på Vardø-nord snittet. Det ligger en lapp ute i labben der det står hva vi har gjort på vakta," fortsetter han. "Ellers var det flott midnattsol i natt og vi så to vågehval. De var sikkert ute etter krillen som vi registrerte ved stasjon 609." Nattevakta rusler ut og ned på lugaren, det er utrolig deilig å strekke seg på køya etter endt nattevakt. Jeg gruer litt til å starte på vakten min for varmen fra køya sitter ennå i kroppen. Men det er ryddet og fint ute på labben. Kjell er en utrolig dyktig medarbeider å ha med seg på tokt, alt blir gjort til punkt og prikke uten at du trenger å mase om det. 147 larver på forrige stasjon, helt utrolig. Her var det da bare 10 larver i fjor. Inntrykket av at mengden av loddelarver har økt enormt siden i fjor, har holder seg. Jeg tar så en tur opp på broa for å slå av en prat med skipperen og sjekke hvor langt det er til neste stasjon. Joda, det var 3 mil igjen og det tilsvarer ca ett kvarters gangtid; vinden skulle friskne på utover dagen. Vi får bare håpe det ikke blir stiv kuling.

Etter en stund hører jeg at vi bakker opp, og det betyr at vi er på stasjon. Jeg går ut på dekk og lener meg utover rekka. Dette er en helt utrolig opplevelse i Barentshavet, varmt solskinn og lett bris. Havhester seiler forbi på sin evige jakt etter yngel og krill i overflaten. Den ligner mye på en måke, men tilhører stormfuglfamilien. Rart hvor klossete den er på landjorda der den vralter avsted, mens den behersker luftrommet over de store oseanene til fullkommenhet. Den kan jo til og med drikke saltvann. Etter et par minutter ligger vi i ro, og den første redskapen kan låres ned i sjøen, det er CTD-sonden som registrerer kontinuerlig

saltholdighet, temperatur og tetthet mens den senkes ned i dypet (Fig. 33).

Akkurat denne stasjonen er spesielt viktig, for den ligger på et snitt der en måler temperatur og salt året igjennom på den samme posisjonen. Snart er sonden oppe av havet igjen dryppende våt, og instrumentsjefen kommer ned på dekk for å skylle av den med ferskvann. Temperaturen i 20 meters dyp er nesten 8°C og det er svært høyt. Kanskje det er noe av forklaringen på at larvene er så store i år. Økt temperatur fører gjerne til økt vekst dersom mattilbudet samtidig er rikelig. Men nå er det vi biologer som må trå til! Vi tapper vann fra vannhenterne som er montert på CTD-sonden. De har blitt løst ut på 10 forskjellige dyp, og vi tar prøver av algeproduksjonen og næringssaltene nedover i dypet. I mellomtiden senkes en finmasket håv ned til 150 meters dyp og trekkes opp igjen med jevn hastighet, 0,5 meter pr sekund. På den måten fanger vi raudåta som er den viktigste føden til lodda. Når vi får prøven på dekk, siler vi halvparten av prøven over nett med forskjellige maskevidder for å undersøke hvor mye dyr det er i hver enkelt størrelsesgruppe. Den andre halvdelen putter vi rett på prøveflasker med formalin til senere undersøkelse på labben. Men de ørsmå loddelarvene kan ikke spise raudåte, da disse er altfor store for det lille fiskegapet. I stedet er det så viselig innrettet at de spiser eggene og larvene til raudåta. For å undersøke hvor mye raudåteegg og -larver det er tilstede i vannmassene, setter vi igang med noe vi kaller "bøtteballetten". Store vannhenter hver på 30 l senkes ned til det dypet vi vil undersøke. Der lukkes de slik at vi får en prøve fra det aktuelle dypet. Prøven tømmes opp i en stamp og derfra filtreres den over svært fin duk for å fange de dyrene vi er ute etter. Litt primitivt kanskje, men det fungerer.

Så er det loddelarvene som skal til pers. For å fange dem bruker vi noe vi kaller en Gulf (Fig. 34). Dette er en 2

meter lang sylinder i aluminium med en diameter på en halv meter. Sylindren er spisset noe til i bauen slik at hullet der vannet går inn er mindre enn åpningen i enden. Inne i sylindren er det spent ut en planktonhåv der loddelarvene fanges. Gulfen har styrefinner som en torpedo og er laget slik for å kunne taues raskt gjennom vannet. Vi lårer Gulfen ned til 60 meters dyp. Dette vet vi nøyaktig fordi den har en dybdemåler på ryggen. Så taes den gradvis opp igjen mens båten kjører med 5 knop. Hele operasjonen tar ett kvarters tid mens vi kurser mot neste stasjon. Når Gulfen kommer opp, tar vi ut planktonhåven og spyler denne rein. Det var heldigvis ikke slimalger på duken denne gangen heller. De tetter planktonduken helt igjen med sitt slim og kan være en sann plage å få vasket av. I enden av håven sitter det en kopp, og det er i denne loddelarvene har havnet. Vi tar koppen med oss inn i labben og begynner på det møysommelige arbeidet med å plukke ut larvene. Her myldrer det av larver; store og fine er de også og 112 stykker totalt. Så legger vi dem forsiktig over i en skål til lengdemåling (Fig. 34). Det er viktig at de er strukket helt ut så vi får det riktige målet. Samtidig takker jeg værgudene for at været holder seg så bra. Arbeidet er ikke like morsomt å utføre i dårlig vær, sjøsyk og urven som en fort blir. Lengdemålingen foregår ved at én leser lengden under mikroskopet mens den andre noterer tallet (Fig. 34). Her var jammen loddelarvene store med et snitt på over 14 mm og det er mye i forhold til samme tid i fjor da gjennomsnittet bare var 10 mm. Kanskje det kan snu seg for loddebestanden slik at den igjen kan bli like sterk som i slutten av 1970-årene.

På slutten av lengdemålingen får jeg beskjed om at det er telefon til meg. Jeg støkker litt, det er alltid litt spesielt å få telefon her ute på havet. Er det noe med dem der hjemme? Jeg skynder meg opp, og tar telefonen. Det er Herman Bjørke, og han lurte på om vi kan ta et

tråltrekk for å få en avgrensning av torskeyngel mot øst. Årets torsk har allerede rukket å bli til små miniatyrtorsk på 3 cm. Det er langt mer fraspark i de krabatene enn i våre loddelarver.

Etter enda noen stasjoner er det tid for ett av dagens høydepunkt, frokosten. Stueren lager det virkelig fint istand. Deretter fortsetter prøvetakingen i jevn rytme fram til klokka 12, fulgt av en strekk på køya og et slag canasta på frivakten. F/F "Michael Sars" går stødig på sin kurs nordover i Barentshavet. Det er ikke ille å være toktdeltager på sommerstid når værgudene er i godlaget slik som på denne junidagen i 1989!

13.5. Kartverktøy og modeller i help

En av målsetningene med HELP har vært å bygge opp beredskaps- og vurderingsverktøy som skal gjøre det enklere å finne fram og presentere data som skal danne grunnlagsmateriale for konsekvensanalyser. Elementene i dette systemet består av databaser, kartpresentasjonsverktøyer og modeller.

Databaser

Alle felldata for fiskeegg og fiskelarver som er samlet inn i regi av Havforskningsinstituttet i programperioden, er lagret i databaser. I tillegg har en lagt inn tidligere innsamlete (historiske) data over fiskeegg, fiskelarver og yngel, deriblant materiale fra de internasjonale 0-gruppe-toktene som startet i 1965. Utplukksprogrammene har også et individregister for målinger som gjøres på individnivå.

Det er i tillegg utviklet en database for dyreplankton. Her gjenstår det å legge inn en del historiske data. Grunnen er at en stor del av materialet er samlet inn med forskjellige redskapstyper samtidig som selve metodikken under innsamlingen har variert. Det er derfor en tidkrevende

oppgave å kvalitetssjekke og standardisere dataene som skal inn i databasen.

Databaser gjør det enkelt å lagre og hente fram informasjon. Spesielle utplukksprogrammer gjør det enkelt for en sluttbruker å behandle og sette sammen informasjonen fra databasene. HELP har bidratt til at innsatsen på dette feltet er blitt betydelig styrket i programperioden.

Den tverrfaglige forskningsinnsatsen i programmet har vært omfattende og har bidradd til økte datamengder innenfor de fleste fagområder som dekkes av instituttets virksomhet. De aktuelle databasene en nå kan hente data fra er:

- database for fiskeegg, fiskelarver og yngel;
- oseanografisk database for salt, temperatur og tetthet;
- database for klorofyll, oksygen og næringssalter;
- database for dyreplankton;
- database for ADCP strømmålinger;
- data fra ARGOS drivbøyer.

Kartpresentasjonsverktøyer

HELP valgte å satse på egenutviklet programvare for kartpresentasjon fordi det på markedet ikke fantes programvare som tilfredstilte de behov HELP hadde for presentasjon av data på kartform. Havforskningsinstituttet hadde allerede tilgjengelig basisprogramvare som det kunne videreutvikle.

Programpakken Map-Library inneholdt rutiner for tegning av kystkonturer, stasjonsdata, konturlinjetegning og vertikale snitt. Denne programpakken har blitt betydelig utvidet og forbedret i programperioden. Sammen med Norsk Polarinstitut ble biblioteket utvidet slik at det ble mulig å tegne kart i flere projeksjoner. Sammen med Christian Michelsens Institutt (CMI), ble det utviklet rutiner for å presentere dybdekonturer i tillegg til kystlinjer og

samtidig fylle farger mellom dybdenivåer.

Det ble utviklet en overbygning på Map-Library kalt ITAKS (Interaktiv Tegning Av Kart og Snitt) (Engelsen and Westgård 1986; HELP-rapport 18). Dette er et programsystem som gjør en sluttbruker uten EDB-kunnskaper i stand til enkelt og hurtig å produsere kart og vertikale snitt. ITAKS har som Map-Library gjennomgått store forbedringer, og er nå et sentralt verktøy for en rekke av fagmiljøene på Havforskningsinstituttet. Map-Library brukes bl.a. i flerbestandsforskningen, ved tilrettelegging av data for numerisk modellering av havmiljøet og til generell presentasjon av biologiske og fysiske-oseanografiske data.

Med utgangspunkt i Map-Library er det bl.a. utviklet et programsystem for analyse og kvalitetssjekking av bakgrunnsstrømfelt og strømmålinger fra en akustisk profilerende strømmåler (ADCP). Verktøyet, kalt VEDIX 1.0, er utviklet på og kjøres fra en UNIX-arbeidsstasjon under vindusystemet X-WINDOWS (Knutsen and Følling 1990).

Map-Library har blitt omskrevet til standard Fortran-77. Det eksisterer idag to versjoner av Map-Library. Begge versjonene er idag overført til UNIX og tatt i bruk ved instituttet. Dette arbeidet var motivert av at det skulle være enkelt å flytte programvaren til andre maskintyper enn det den opprinnelig var utviklet for. Ved å standardisere programvaren er dens levetid og nytteverdi økt i betydelig grad.

Både Map-Library og ITAKS er en del av programpakken FORSKERKART (HELP-rapport 18). De andre modulene i denne programpakken viser hvordan digitalisert geografisk informasjon kvalitetssjekkes og hvordan kartdatabasene lages.

Havforskningsinstituttet har idag tilgang på gode og detaljerte kartdatabaser over hele det norske kyst- og havområdet, og spesielt er Barentshavet godt dekket.

Modeller

Laboratoriemodeller

I samarbeid med Norsk Hydroteknisk Laboratorium bygget vi laboriemodellen Coriolis for norskekysten mellom Stad og Vesterålen og en tilsvarende modell for Barentshavet. Den siste modellen dekker et område innenfor en radius på 750 km fra et sentrum i posisjon 75°N, 31'E (rett nord for Vardø). Modellen inkluderer kyststrøkene nord for Senja, deler av Norskehavet og Barentshavet øst til Novaja Zemlja. Modellen har en vertikal skala 1:2000 og horisontalskala 1:300.000. For å simulere jordrotasjonen kjøres modellen på et roterende bord, og ved grenseflatene er det varierende utstrømning av Atlanterhavsvann, Kystvann og Arktisk vann. For å skille de ulike vannmassene tilsettes fargestoffer. Resultatene foreligger på video. Erfaringene fra modellkjøringene er at modellen synes å gi et relativt godt bilde av strømforholdene i Barentshavets sørlige og vestlige del, altså for Norskekysten, Svalbardbanken og Sentralbanken. Lengre øst og i nord er modellen ennå svak, noe som sannsynligvis skyldes fortsatt dårlig kjennskap til grenseflatebetingelsene. Modellens styrke i de områdene den fungerer, er at den svært tydelig viser front- og virvelområder.

Numeriske modeller

Med støtte for NFFR har Bjørn Ådlandsvik utviklet en numerisk strømmodell for Barentshavet. Drivkreftene til modellen som vind og lufttrykk, taes fra de historiske data til Det norske meteorologiske institutt. Modellen har blitt kjørt på superdatamaskinen ved IBM Bergen Scientific Centre. Formålet med denne modellen har vært å beskrive

de atmosfærisk induuerte variasjonene i strømsystemet. Modellen er blitt kjørt for perioden 1970-86 der det er den vinddrevne volumtransporten over snittet Fugløya-Bjørnøya en er ute etter å beregne. Resultatene fra denne tidsserien samsvarer bra med russiske temperaturserier fra Kolasnittet noe lengre øst. Transporten i juni og juli er også blitt sammenlignet med den geografiske fordelingen av 0-gruppe-torsk. Det synes her å være en klar sammenheng mellom økt innstrømning og mer østlig fordeling av 0-gruppe-torsk.

Denne modellen tok ikke med viktige drivkrefter som tetthetsdifferanser og påtvungen strøm på de åpne rendene. Modellen gir derfor ikke et realistisk bilde av hele sirkulasjonen.

I 1990 ble det tatt i bruk en modell utviklet av Dag Slagstad ved SINTEF, Avdeling for reguleringsteknikk. Denne inkluderer de drivkreftene som er nevnt ovenfor og bør kunne danne et bedre utgangspunkt for transportmodeller for fiskeegg, fiskelarver og dyreplankton.

En viktig del av dette modelleringsarbeidet er å skaffe til veie data for oppstart og videre styring av modellen. Med støtte fra NAVF har Geir Ottersen arbeidet med å lage et interpolasjonssystem som henter tetthetsdata fra instituttets CTD-database og legger disse tilrette i et passende geografisk nett for kjøring av slike barokline modeller.

I forbindelse med transport av egg, larver og dyreplankton er den vertikale fordelingen viktig. Man må vite hvor i vannsøylen gyteproduktene befinner seg og hva strømmen er i dette dypet. En eldre modell for vertikal fordeling av fiskeegg i det vindblandete laget (Sundby 1983), har blitt overført til numerisk løsning. Dette har bidratt til økt kunnskap om dynamikken bak fiskeeggenes vertikale fordeling.

Modeller av denne typen beskriver imidlertid ikke naturen fullt ut tilfredsstillende da den vertikale

blandingskoeffisienten er avhengig av tetthetsfordelingen i vannsøylen. For å beskrive mer komplekse situasjoner må både forhistorien til turbulensen i vannmassene, lagdelingen og vindpådraget på overflaten bli tatt hensyn til. HELP fikk her tilgang på modeller fra Sveriges Meteorologiske og Hydrologiske Institutt. Modellen ble videreutviklet av Trond Westgård og tok sikte på å beskrive hvor i vannsøylen gyteproduktene befant seg (Westgård 1989). Det vil også være nødvendig å kjenne strømmen i de dypene der gyteproduktene er lokalisert. For begge problemstillingene trengs en god beskrivelse av den vertikale blandingen. Modellen er utformet av K. Ulvestad, og den produserer fornuftige vertikale profiler både av strøm og turbulens.

Billedanalysesystemer

Havforskningsinstituttet har støttet arbeidet med utviklingen av et billedanalysesystem. Dr. Kenneth Estep har med stipend fra NTNf arbeidet ved Havforskningsinstituttet med programutvikling sammen med Dr. Ferren McIntyre. HELP har finansiert datautstyr og optisk utstyr som har vært

nødvendig for utviklingsarbeidet. Billedanalysesystemet var planlagt anvendt på flere områder innen HELP, bl.a. automatisert analyse av dagsoner i larveotolitter. Aldersbestemmelse av larver representerer et viktig bidrag for tolkning av transport, vekst og dødelighet av larver i feltsituasjoner. Billedanalysesystemet vil også kunne anvendes for analyser av fiskeegg, fiskelarver og dyreplankton.

I samarbeid med Erlend Moksness ved Forskningsstasjonen Flødevigen, er et annet system for telling av dagsoner i larveotolitter utviklet. Dette utstyret er omtalt under 13.1.

Disse to billedanalysesystemene har vist seg å ha ulike egenskaper. Systemet utviklet i samarbeid med Forskningsstasjonen Flødevigen, foretrekkes idag ved aldersbestemmelse av larveotolitter. Billedanalysesystemet utviklet av drs. Kenneth Estep og Ferren McIntyre er velegnet til et bredere spekter av oppgaver. Her kan nevnes adferdsstudier, morfometri (lengde-, bredde-, høyde- og volum-målinger) og automatisk telling av "objekter" på redigerte bilder. Disse objekter kan være alt fra fiskeegg og fiskelarver til mikroskopiske dyre- og planteplanktonorganismer.

LITTERATUR

- Anon. 1991. Preliminary report of the international 0-group fish survey in the Barents Sea and adjacent waters in August - September 1991. *Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea.*, G:50:1-33.
- Anon. 1992. Ressurs oversikt 1992. *Fisken og Hav*. Særnummer 1: 1-72.
- Andersen, T. and Moksness, E. 1988. Manual for reading daily increments by use of a computer program. A Apple Macintosh software program, OTO 1.05, included. *Flødevigen Meldinger Nr.* 4:1-36.
- Berenboim, B.I. and Lysy, A.Yu. 1987. Effects of oceanographic factors on population structure of shrimp (*Pandalus borealis* Krøyer) in the Barents Sea and Spitsbergen area. Pp. 243-250 in Loeng, H. (ed.) "The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea". *Proceeding of the Soviet-Norwegian Symposium, Murmansk, 26-28 May 1986. Inst. of Marine Research, Bergen, 1987.*
- Bergstad, O.A., Jørgensen, T. and Dragesund, O. 1987. Life history and ecology of the gadoid resources of the Barents Sea. *Fish. Res.*, 5: 119-161.
- Bjørke, H. 1984. Distribution of eggs and larvae of gadoid fishes from Stad to Lofoten during April 1976-1982. *Flødevigen rapportser.*, 1:365-394.
- Bjørke, H. and Sundby, S. 1986. Abundance indices for the Arcto-Norwegian cod for the period 1979-1986 based on investigations in June/July. *Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea.*, G:75:1-13.
- Boeck, A. 1871. *Det norske Vaarsildfiske. Silden og sildefiskerierne. Det Kgl. Departement for det Indre, Christiania, 136s.*
- Dragesund, O. 1970. Factors influencing year-class strength of Norwegian spring spawning herring. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 15: 381-450
- Dragesund, O. and Gjosæter, J. 1988. The Barents Sea. In: *Continental Shelves, The Ecosystems of the world.* Elsevier, Amsterdam, 339-361.
- Ellertsen, B., Fossum, P., Solemdal, P., Sundby, S. and Tilseth, S. 1984. A case study on the distribution of cod larvae and availability of prey organisms in relation to physical processes in Lofoten. *Flødevigen rapportser.*, 1:453-478.
- Ellertsen, B., Fossum, P., Solemdal, P. and Sundby, S. 1989. Relations between temperature and survival of eggs and first feeding larvae of the Arcto-Norwegian cod (*Gadus morhua* L.). *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 191:209-219.
- Engelsen, H. og T. Westgård, 1986. *Brukerveiledning for ITAKS, Interaktiv Tegning Av Kart og Snitt. Rapportnr. PS8603. Havforskningsinstituttet.*
- Fossum, P. 1988. A tentative method to estimate mortality in the egg and early fish larval stages, with special reference to cod (*Gadus morhua* L.). *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 18:329-345.
- Fossum, P. 1992. The recovery of the Barents Sea capelin (*Mallotus villosus*) from a larval point of view. *ICES J. mar. Sci.*, 49: 237-243.
- Gerritsen, J. and Strickler, J.R. 1977. Encounter probabilities and community structure in zooplankton: a mathematical model. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 34: 73-82.
- Godø, O.R. 1983. Forskjeller i gytepopulasjonene av norsk-arktisk torsk på Mørekysten og i Lofoten. *Fisken Hav.*, 1: 29-35.
- Godø, O.R. 1984. Migration, mingling and homing of North-East Arctic cod from two separated spawning grounds. Pp. 289-303 in Godø, O.R. and Tilseth S. (eds.) "Reproduction and recruitment of Arctic cod", *Proceeding of the first Soviet-Norwegian Symposium, Leningrad, 25-30 September 1983. Inst. of Marine Research, Bergen, 1984.*
- Hamre, J. 1988. Some aspects of the interrelationship between the herring in the Norwegian Sea and the stock of capelin and cod in the Barents Sea. *Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea.* H:42:1-15.
- Hamre, J. 1991. Interrelation between environmental changes and fluctuating fish populations in the Barents Sea. Pp. 259-270 in T. Kawasaki, S. Tanaka, Y. Toba and A. Taniguchi. (eds.). "Longterm variability of pelagic fish populations and their environment".

- Jakobsen, T. 1987. Recruitment and distribution of North-East Arctic saith in relation to temperature in the Barents Sea. Pp. 213-225 in Loeng, H. (ed.) "The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea". Proceeding of the Soviet-Norwegian Symposium, Murmansk, 26-28 May 1986. Inst. of Marine Research, Bergen, 1987.
- Knutsen, T. og Følling, Y. 1990. Interaktivt System for Editering av Diskretiserte Vektorfelt under X-Window (VEDIX1.0). Rapportnr. BKO9004. Havforskningsinstituttet.
- Kristensen, T. K. 1981. First record of a mature female of the squid *Gonatus fabricii* (Lichtenstein 1818) (Cephalopoda Teuthoidea). *Steenstrupia*, 7(5):101-108.
- Magnusson, J. 1968. On the occurrence of capelin larvae in the Icelandic waters in relation to temperature. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 158: 31.
- McClimans, T.A. and Nilsen, J.H. 1991. Laboratory simulation of the ocean circulation around Lofoten from October 1982 to June 1984. SINTEF Report STF60 A91027. 28 pp.
- Mehl, S. 1989. The Northeast Arctic cod stock's consumption of commercially exploited prey species in 1984-1986. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 188: 185-205.
- Mehl, S. and Sunnanå, K. 1990. Changes in growth of Northeast Arctic cod related to food consumption in 1984-1988. ICES marine science symposium, 193:109-112.
- Melle, W. 1985. Predasjon på torskens egg og larver i Lofoten. Hovedfagsoppgave i Fiskeribiologi. Universitetet i Bergen.
- Moksness, E. and Øiestad, V. 1988. Interaction of Norwegian spring spawning herring larvae (*Clupea harengus*) and Barents Sea capelin larvae (*Mallotus villosus*) in a mesocosm study. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 44: 32-42.
- Moksness, E. and Fossum, P. 1992. Daily growth rate and hatching-date distribution of Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.). *ICES J. mar. Sci.*, 49: 217-221.
- Møller, D. og Olsen, S. 1962: Lodda og loddefisket. *Fiskets Gang*, 48: 27-36.
- Nedreaas, K. and Øynes, P. 1987. Distribution of deep sea shrimp (*Pandalus borealis* Krøyer). Pp. 237-243 in Loeng, H. (ed.) "The effect of oceanographic conditions on distribution and population dynamics of commercial fish stocks in the Barents Sea". Proceeding of the Soviet-Norwegian Symposium, Murmansk, 26-28 May 1986. Inst. of Marine Research, Bergen, 1987.
- Olsen, S. 1965. Abundance estimates of Barents Sea capelin. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 13 (8): 76-82.
- Pethon, P. 1985. *Aschehougs store fiskebok. Alle norske fisker i farger*. H. Aschehoug & Co A/S. 447 pp
- Rothschild, B.J. and Osborn, T.R. 1988. Small-scale turbulence and plankton contact rates. *J. Plankton Res.*, 10: 465-474.
- Røttingen, I. 1989. The 1983 year class of Norwegian spring spawning herring as juveniles and recruit spawners. Pp. 165 - 203 in Monstad, T. (ed.) "Biology of fisheries of the Norwegian spring spawning herring and blue whiting in the Northeast Atlantic", Proceeding of the Soviet-Norwegian Symposium, Bergen 12-16 June 1989. Inst. of Marine Research, Bergen, 1990.
- Serigstad, B. 1991. Effekter på fiskeegg og larver av Gullfaks og Vesle-frikk råoljer. *Havforskningsinstituttet, Senter for Miljø*, 15:1-52.
- Skjoldal, H.R. and Rey, F. 1989. Pelagic production and variability of the Barents Sea ecosystem. Pp 241-286 in Sherman, K. and Alexander, L.M. (eds.) "Biomass yields and geography of large marine ecosystems", AAAS Selected Symposium III, 493 pp.
- Sundby, S. 1983. A one dimensional model for the vertical distribution of pelagic fish eggs in mixed layers. *Deep Sea Res.*, 30:645-661.
- Sundby, S. 1984. Influence of bottom topography on the circulation at the continental shelf of northern Norway. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 17: 501-519.
- Sundby, S. og Bratland, P. 1987. Kartlegging av gytefeltene for norsk-arktisk torsk i Nord-Norge og beregning av eggproduksjon i årene 1983-1985. *Fisken Hav.*, 1: 1-58.
- Sundby, S., Bjørke, H., Soldal, A.V. and Olsen, S. 1989. Mortality rates during the early life stages and year class strength of the North-East Arctic cod (*Gadus morhua* L.). *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 191:351-358.

- Sundby, S. and Fossum, P. 1990. Feeding conditions of Arcto-Norwegian cod larvae compared with the Rothschild-Osborn theory on small-scale turbulence and plankton contact rates. *J. Plankton Res.*, 12(6): 1153-1162.
- Sætersdal, G. and Hylen, A. 1964. The decline of the skrei fisheries. *FiskDir. Skr. Ser. HavUnders.*, 13: 56-69.
- Sætersdal, G. and Loeng, H. 1987. Ecological adaptation of reproduction in Northeast Arctic cod. *Fish. Res.*, 5: 253-270.
- Sætre, R., Sundby, S. og Loeng, H. 1979. En del fysisk-oseanografiske trekk langs den nordlige del av norskekysten. I: "Om virkninger av oljeforurensning i nordlige farvann." *Forskningsprogram om Havforurensninger, rapport nr 1*, 1979: 45-66.
- Ulltang, Ø. 1982. Exploitable marine fish resources in Norwegian waters. Pp. 211-218 in Låg, E. (ed.) "Basic of accounts for Norway's natural resources", Universitetsforlaget, Oslo.
- Westgård, T. 1989. A model of the vertical distribution of pelagic fish eggs in turbulent upper layers of the ocean. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 191: 195-200.
- Wiborg, K. F., Beck, I. M. and Gjørseter, J. 1982. The squid *Gonatus fabriici* (Lichtenstein). Investigations in the Norwegian Sea and western Barents Sea 1978-1981. *Coun. Meet. int. Coun. Explor. Sea*, K:31:1-18.
- Øiestad, V. and Moksness, E. 1981. Study of growth and survival of herring larvae (*Clupea harengus* L.) using plastic bag and concrete enclosure methods combined. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 178: 144-149.
- Øiestad, V., 1983. Growth and survival of herring larvae and fry (*Clupea harengus* L.) exposed to different feeding regimes in experimental ecosystems: Outdoor basin and plastic bags. Thesis (Dr.Phil.), Univ. of Bergen, 299 pp. (Mimeo.).

Oversikt over tidligere utkomne rapporter.

1987

- Nr. 1 P. Solemdal og P. Bratland: Klekkeforløp for lodde i Varangerfjorden 1986.
- Nr. 2 T. Haug og S. Sundby: Kveitelarver og miljø. Undersøkelser på gytefeltene ved Sørøya.
- Nr. 3 H. Bjørke, K. Hansen og S. Sundby: Postlarveundersøkelser i 1986.
- Nr. 4 H. Bjørke, K. Hansen og W. Melle: Sildeklekking og seigying på Møre 1986.
- Nr. 5 H. Bjørke and S. Sundby: Abundance indices for the Arcto-Norwegian cod in 1979-1986 based on larvae investigations.
- Nr. 6 P. Fossum: Sult under larvestadiet - en viktig rekrutteringsmekanisme?
- Nr. 7 P. Fossum og S. Tuene: Loddelarveundersøkelsene 1987.
- Nr. 8 P. Fossum, H. Bjørke and R. Sætre: Studies on herring larvae off western Norway in 1986.
- Nr. 9 K. Nedreaas and O.M. Smestad: O-group saithe and herring off the Norwegian coast in 1986 and 1987.
- Nr. 10 P. Solemdal: Gytefelt og gyteperiode hos norsk-arktisk hyse.
- Nr. 11 B. Ellertsen: Kopepodnauplier på Møre våren 1986 - næringstilbudet til sildelarver.
- Nr. 12 H. Bjørke, P. Fossum, K. Nedreaas og R. Sætre: Yngelundersøkelser - 1985.
- Nr. 13 Faglig profil og aktivitetene i 1986-87.

1988

- Nr. 14 H. Bjørke, K. Hansen, M. Johannessen og S. Sundby: Postlarveundersøkelser - juni/juli 1987.
- Nr. 15 H. Bjørke: Sildeklekking på Møre i 1986-87.
- Nr. 16 H. Bjørke, K. Bakkeplass og K. Hansen: Forekomster av fiskeegg fra Stad til Gimsøy i februar-april 1987.
- Nr. 17 T. Westgård: A model of the vertical distribution of pelagic fish eggs. A computer realization.
- Nr. 18 T. Westgård, A. Christiansen og T. Knudsen: Forskerkart. EDB-presentasjon av marine data.
- Nr. 19 R. Sætre og H. Bjørke: Oljevirkosomhet på Møre. Konsekvenser for fiskeressursene.

Oversikt over tidligere utkomne rapporter.

- Nr. 20 S. Mehl, K. Nedreaas, O.M. Smedstad and T. Westgård: 0-group saithe and herring off the Norwegian coast in April-May 1988.
- Nr. 21 P. Fossum: Loddelarveundersøkelsene 1988.
- Nr. 22 R. Sætre, H. Bjørke and P. Fossum: Studies on herring larvae off western Norway in 1987.

1989

- Nr. 23 Aktivitetene i 1988
- Nr. 24 S. Olsen and A. Vold Soldal: Coastal concentrations of 0-group NE-Arctic cod.
- Nr. 25 P. Solemdal, T. Knutsen and H. Bjørke: Spawning areas and spawning period of the North-East Arctic haddock (Melanogrammus aeglefinus L.).
- Nr. 26 P. Fossum og K.G. Bakkeplass: Loddelarveundersøkelsene 1989.
- Nr. 27 K. Nedreaas, H. Senneset og O.M. Smedstad: Kartlegging av 0-gruppe fisk utanfor norskekysten i april-mai 1989.
- Nr. 28 H. Bjørke, B. Ellertsen, K. Hansen og K. Bakkeplass: Yngelundersøkelser i juli-august i 1988 og 1989 utenfor Norskekysten.
- Nr. 29 S. Sundby and P. Fossum: Feeding conditions of Arcto-norwegian cod larvae compared to the Rotschild-Osborn theory on small-scale turbulence and plankton contact rates.

1990

- Nr. 30 Aktivitetene i 1989
- Nr. 31 P. Fossum: The condition of the herring larvae off Western Norway in the period 1985-87.
- Nr. 32 H. Bjørke, B. Ellertsen, P. Fossum og R. Sætre: Sildelarveundersøkelsene i 1988.
- Nr. 33 V. Øiestad: Petroleumsvirksomhet utenfor kysten av Midt-Norge. Konsekvenser for fiskeressursene.
- Nr. 34 S. Sundby: Factors affecting the vertical distribution of egg.
- Nr. 35 H. Bjørke og R. Sætre: "Import" av fiskeyngel til norske farvann.

Denne rapportserien har begrenset distribusjon. Opplysninger om programmet og rapportene kan rettes til

Programledelsen for HELP
Havforskningsinstituttet
Postboks 1870 - Nordnes
5024 Bergen

- Nr. 36 H. Senneset, O.M. Smedstad og K. Nedreaas: Kartlegging av 0-gruppe fisk utanfor norskekysten i april-mai 1990.

1991

- Nr. 37 H. Bjørke, K. Bakkeplass og K. Hansen: Yngelundersøkelser i juni/juli 1990 utenfor kysten av Nord-Norge.
- Nr. 38 H. Bjørke, J. Dalen, K. Bakkeplass, K. Hansen og L. Rey: Tilgjengelighet av seismiske aktiviteter i forhold til sårbare fiskeressurser.
- Nr. 39 P. Fossum og K. Bakkeplass: Loddelarveundersøkelsene 1990.
- Nr. 40 H. Bjørke og K. Bakkeplass: Vertikalfordelingen av fiskeyngel utenfor Nord-Norge i juni-august.
- Nr. 41 H. Bjørke og L. Rey: Sildeklekking og næringstilbud utenfor Møre i 1987-1990.
- Nr. 42 H. Bjørke, K. Bakkeplass og K. Hansen: Yngelundersøkelser i juli 1991 utenfor norskekysten.