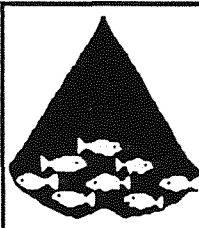


Af

els. 2

Dato: 1. sept. 1989

Rapport/Notat Nr. BKO 8906



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Nordnesparken 2, Postboks 1870, Nordnes, N-5024 Bergen. Telefon: 05-23 85 00

Rapportens tittel:

FORSKNINGSSTRATEGI PÅ FISKENS TIDLIGE LIVSSTADIER

Forfattere/Saksbehandlere

Victor Øiestad

Avdeling: Biologisk og
Kjemisk Oseanografi

Prosjekt Nr.:

Oppdragsgiver ref.:

Ansvarlig:

Roald Sætre

Sammendrag:



"STOR FISK SPISER LITEN FISK" AV PIETER BRUEGHEL (1556)

Stikkord:

Fiskelarver
Rekr. mek.
Forskn. strategi
Modellering

Sendt til:

Forskere ved
Havforskningsinstituttet

FORSKNINGSSTRATEGI PÅ FISKENS TIDLIGE LIVSSTADIER

Ved Avdeling for biologisk oceanografi foretaes det nå en oppdatering av forskningsstrategien i tilknytning til fiskens tidlige livsstadier. Ny teknologi innen områder som akustikk, optikk, bioteknologi og sensorer er i ferd med å revolusjonere våre muligheter til å avdekke mekanismene bak fiskens rekruttering. Imidlertid vil det bli viktigere enn noensinne å utforme etterprøvbare arbeidshypoteser slik at en kan målrette studiene.

Ett ledd i arbeidet med å formulere arbeidshypoteser har vært å gå gjennom det arbeidet som skjer internasjonalt og det som er under planlegging, og på denne bakgrunn er det utformet åtte notater. Dette arbeidet er utført av forsker V.Øiestad som siden 1972 har arbeidet med marine fiskelarvers overlevingsmekanismer. Notatene vil være en del av grunnlaget for den høyttenkning en legger opp til ved avdelingen og som en ønsker skal munne ut i et forskningsprogram. Dette programmet har fått arbeidstittelen SILENCE for å markere viljen til å lytte og behovet for å tilnærme seg naturen uten å forstyrre det en skal observere.

Dette heftet sendes til alle forskerne ved det framtidige Miljøsenderet, til lederne for andre avdelinger og til noen enkeltforskere en tror vil ha særlig interesse av å se det. Vi ser gjerne at det distribueres videre.

Vi vurderer det som viktig å trekke flest mulig med i den prosessen som skal lede hen mot et engasjerende og framtidsrettet forskningsprogram. Vi håper du vil være å finne blant aktørene på en eller annen måte.



Roald Sætre
- forskningssjef-

Bergen 1.sept. 1989

INNHold

1. INTERAKSJONSSTUDIER MELLOM LARVER AV SILD OG LODDE
2. PREDASJON : SAMMENDRAG AV ET REVIEW UTARBEIDET AV BAILEY & HOUDE I 1987
3. STATUS I FORSKNINGEN PÅ FISKS TIDLIGE STADIER
4. KOMBINERT BRUK AV SULTKRITERIER
5. PREDASJON - ET RAMMEPROGRAM
6. MODELLUTFORMING
7. ARBEIDSOPPGAVER INNEN SILENCE
8. FORSLAG TIL PROSEDYRE FOR PROGRAMUTFORMING

EN DEL FORKORTELSER SOM ER NYTTET:

DSL: deep scattering layer

GLOBEC: Global Ocean Ecosystems Dynamics (USA)

OPEN: Ocean Production Enhancement Network (Canada)

PEH: svarte plastrør i polyetylen

PNR: point of no return

ROV: remote operated vehicle

SILENCE: Survival and Interaction of Larvae under
Experimental and Natural Conditions and in Enclosures

A COMBINED FIELD AND MESOCOSM STUDY ON FISH LARVAE

PROGRAM TITLE: SILENCE +

BACKGROUND

Mesocosm studies undertaken in North Atlantic waters since the mid-70- ties have revealed that marine fish larvae are able to grow and survive at food density levels normally observed in first feeding areas (1-10 food organisms/L). The same studies have revealed that marine fish larvae are very sensitive to predation from a number of organism groups including larger larvae of the same species (cannibalism). Interaction studies have been included and they have clearly demonstrated significant impact from one species on other fish larva species; particularly evident has the effect been from metamorphosed cod on larvae of herring and capelin and from schooling herring larvae on larvae of capelin. All these three fish species are important commercial species on both side of the North Atlantic and they should be premium candidates for a coordinated international research program.

SILENCE - A DRAFT OF A PROGRAM

An attitude of knowing the answer of an investigation, is dangerous. But it might be valuable to postulate potentially important features as that should guide in designing the research strategy. In a trial to quantify predation, you will have to work quiet to be able to observe the true behaviour of schooling predators. To highlight the importance of silent working condition, silence has been chosen as program title.

The investigation should concentrate on the fate of capelin larvae in an environment loaded with metamorphosing cod and herring. There might as well be other potential predators. The impact from predation and from feeding conditions should be examined along a number of lines which will be shortly decribed.

+ (SURVIVAL AND INTERACTION OF LARVAE UNDER EXPERIMENTAL AND NATURAL CONDITIONS AND IN ENCLOSURES (SILENCE))

1: Drifting wessel on the first feeding ground (Finnmark)

A medium-sized and appropriately equipped wessel will drift across first feeding grounds without radiating any noise and by use of sonar of one or two types in combination with echo-sounders, describe the water mass in a wide volume below the wessel (1 million m³). It should detect intruders (schools) and describe their movements (velocity, volume searched) and identify the species; the grazing efficiency should be quantified. The observations should be assisted by use of video, traditional sampling, particle counter, CTD-probe to name some components. The software should need to be designed to give a readable description of intruders. The drifting wessel should have excess to a survey wessel for mapping general distribution pattern of larvae and potential predators.

Before starting the survey at Finnmark in mid-June, a training survey could be carried out at the spawning ground for herring at Mjre in March-April.

2: A raft with plastic bags (8-12 bags) (Finnmark)

At a suited location close to the spawning ground for capelin, plastic bag studies could be started in March with herring and cod to condition some bags with these larvae. Other bags should only contain capelin larvae for survival studies terminated with predation on large capelin larvae from cod and herring.

3: Pond studies (Austevoll)

The dammed pond in Austevoll, Hyltro, with a volume of 60 000 m³, could be applied for large-scale studies of herring from March co-occurring with different-aged capelin (hatching in May). Subpopulations of capelin could be kept segregated in plastic bags and released at appropriate sizes into the pond in addition to repeated direct release in the pond of yolk sac capelin larvae before initiation of herring schooling.

4: Laboratory study (Austevoll)

The main purpose should be to study the onset of predation from herring on capelin; their predation strategy and the capacity aspects with the predator; behaviour studies of different sized capelin to attacks from herring and cod (10-30 mm). Although all four projects should start in March, the main activity will be in June and July as most of the activity before is preparational work.

Project 3 and 4 will have an intensive period from mid-May, and it might be worthwhile to start the co-work in Austevoll as a group on May 10 and split in early June with the experience from the pond study (3) and predation study (4) as a common experience.

| | March | April | May | June | July |
|---------|-------|-------|-------|-------|------|
| Proj. 1 | _____ | | | _____ | |
| Co-work | | | | ----- | |
| Proj. 2 | _____ | | | _____ | |
| Co-work | | | | ----- | |
| Proj. 3 | _____ | | | _____ | |
| Co-work | | | ----- | | |
| Proj. 4 | _____ | | | _____ | |
| Co-work | | | ----- | | |

The suggested program on herring might be considered isolated and as such deserve full manning from March 15 enabling thorough sampling and interpretation. However, a renewed program in 1991 might repeat the herring program based on the experience from 1990, and then with full manning.

Victor Øiestad
May 31, 1989

SILENCE

| PROJ. NR | START/ TERMINATION | STAFF* | LOCATION# (HEAD-QUARTER) | MAIN EQUIPMENT |
|-------------|--|--|--|--|
| 1 | March 20- April 20 June 10- July 20 | 1 Oc 2 Biol 2 Tech 2 SA 1 Ma Crew (4) | Møre (I) (Bergen) Finmark (II) (Tromsø) | 3 sonars 2-8 echo-sounders data storing equipm. computer & software sampling equipm. (CTD,video,particle- counter, nets etc.) standard laboratory |
| 2 | March 15- August 1 | 2 Biol 2 SA | Finmark (II) (Tromsø) | Unique filter Standard laboratory monitoring equipm. |
| 3 | March 15- August 1 | 2 Biol 2 SA 1 Tech (1 Oc) | Austevoll (III) (Bergen) | Unique filter Standard lab monitoring equipm. 2-4 echo-sounders data storing video (sonar) |
| 4 | March 15- August 1 | 1 Biol 1 SA | Austevoll (III) (Bergen) | (Unique filter) Standard lab Video |

*

Oc : oceanographer

Biol : biologist

SA : scientific assistant

Tech : technician (EDB & Echo/sonar)

Ma : mathematician

#

Roman numbers refer to number on map.

PREDASJON - NOTAT OM LARVEØKOLOGI NR. 2

(Baily and Houde 1987 C.M. 1987/mini No. 2

"Predators and Predation as a Regulatory Force During the Early Life of Fishes")

De to forfatterne foretar en grundig gjennomgang av en betydelig litteratur på predasjon og konklusjonen oppsummeres slik:

"En rekke forhold tilsier at predasjon kan være den viktigste årsaken til egg- og larvedød hos fisk". De angir seks forhold:

- 1: Med noen få unntak er det ikke påvist høy andel av sultende larver i sjøen
- 2: likeledes er det med få unntak heller ikke påvist særlig økning i dødelighetsraten i den "kritiske perioden" (når plommesekk er oppbrukt)
- 3: tallrikheten av mulige predatorer er langt høyere enn tallrikheten av egg og larver
- 4: de høyeste dødelighetsrater har blitt observert på embryo- og plommesekkstadiet da sultedød er utelukket
- 5: forsøk i mesokosmos har vist at larver kan vokse og overleve selv ved lave fórtettheter; tilsvarende forsøk med predatorer til stede fører til sterkt redusert eller ingen overleving
- 6: nye laboratorieforsøk indikerer at fiskelarver kan overleve på de fórtetthetene som vanligvis påvises i sjøen og det skulle igjen indikere at sult er en mindre sannsynlig dødsårsak enn en tidligere forestilte seg."

Imidlertid vil mattilgangen innvirke på tilvekst og dermed varighet av predasjon. De beskriver forholdet slik: "Mens predasjon alltid vil være en øyeblikkelig dødsårsak, kan dens direkte virkning bli justert gjennom overraskende beskjedne forskjeller i fórtilbud og temperatur, to forhold som virker sterkt inn på larvens vekstrate. Det er ikke nødvendig å hevde at vekst og dødelighet er enten tetthetsavhengig eller tetthets-uavhengig for å redegjøre for observerte variasjoner, selvom kompensasjonsdødelighet må inntreffe på ett eller flere stadier dersom populasjonen skal opprettholdes med den grad av stabilitet som observeres".

De utdyper en del forhold nærmere på denne måten:

"Vi tror at en årsklasses styrke for de fleste arter avgjøres i hovedsak på egg- og larvestadiet (premetamorfose). Men samtidig erkjenner vi at både grovjustering og finjustering gjennom predasjon kan ha stor betydning postmetamorfose og på yngelstadiet og kan ha fra moderat til stor innvirkning på rekrutteringen. Dette vil særlig være tilfelle for arter som torsk og sild som har lav vekstrate og et langt yngelstadium. Høy predasjonsrate på stadiet etter metamorfose behøver ikke virke i form av kompensasjonsdødelighet. Forskning på både marin fisk og på dem i ferskvann har vist at sterke årsklasser kan dannes til tross for høyt beitepress på yngel. Årsaken kan være at årsklasser med svært høy overleving fram til yngelstadiet opplever en kompensatorisk dødelighet fordi predatorne "går i

metning". Det samme beitepresset rettet mot en årsklasse med lav overleving til yngelestadiet, ville føre til meget svak rekruttering, men den underliggende årsaken var egentlig den lave overlevingen på de tidlige stadier. Videre, dersom en årsklasse med høy overleving til yngelestadiet blir utsatt for kompensatorisk dødelighet, vil en da også kunne få en meget svak årsklasse".

Deres råd når det gjelder framtidig forskning på området er disse:

1. Feltprogram som ser på dødelighet og predasjon på egg- og larvestadiet i en tids- og romskala som er tilpasset de prosessene som er involvert. Vi tror denne type studier vil gi størst uttelling på høyere breddegrader hvor mangfoldet av egg/larver og predatorer er beskjedent.
2. Bedre anslag for total dødelighetsrate på de tidlige stadiene; fra disse ratene kan en trekke bidrag fra sultedød og transporttap slik at en sitter igjen med tap på grunn av predasjon. Dette vil kreve en interdisiplinær innsats, nye metoder for analyse og modellutvikling for å kunne angi alders-spesifikk dødelighet fra hver av hoveddødsårsakene.
3. Gjennomføre studier i mesokosmos av predasjonsprosessene. En vil her særlig kunne belyse hvilken innvirkning enkeltpredatorer har på ulike utviklingstrinn fra egg til yngel. Disse studiene kan danne utgangspunkt for modeller av samspillet mellom predator og bytte. Det gir også mulighet til å studere samspillet mellom predasjon, sult og menneskelig innvirkning. En må imidlertid ha i tankene at innelukkingen i seg selv kan endre en del forhold og adveksjon og turbulens kan anta andre størrelser enn i naturen. Metoden åpner for både kortvarige og langvarige forsøk (egg til yngel).
4. Klarlegge den rolle fisk spiller for predasjon og kannibalisme rundt metamorfose og i tiden etter. Det kan tenkes at fisk er den viktigste predatorgruppe på tidlige livsstadier hos fisk. Det vil være nødvendig med både feltstudier og eksperiment for å klarlegge stadie-spesifikk predasjon og klarlegge deres potensiale når det gjelder å regulere årsklassenes styrke eller bevirke store svingninger i tallrikhet".

STATUS I FORSKNINGEN PÅ FISKS TIDLIGE STADIER

HJORTHS HYPOTESER OG RETENSJONSOMRÅDER

Det er et enormt misforhold mellom rekrutteringspotensialet hos fisk og realiseringen av potensialet. Dette innebærer en nærmest ufattelig dødelighet fra egget er befruktet og til avkommet når kjønnsmodning. Hjort postulerte at dødeligheten i hovedsak fant sted på larvestadiet ved overgangen fra plommesekkernæring til inntak av organismer fra sjøen. Omfattende studier på en rekke bestander peker mot et mer komplisert mønster: det er ofte liten eller ingen sammenheng mellom tallrikheten av postlarver (larver som ikke har metamorfosert) og rekrutter, mens sammenhengen gradvis trer fram når en forflytter seg mot 0-gruppe og stadig tydeligere når en når 1-gruppe. Det er således sterke reguleringsmekanismer som setter inn også etter metamorfose på et tidspunkt da yngelen kan tåle lengre perioder med sult.

En del forskere har betont betydningen av de områder larvene oppholder seg i før stimadferd initieres. Hjort har i sin andre hypotese indirekte pekt på dette forhold som nå gjerne kalles retensjonshypotesen med problemstillingen "medlem/vagabond"; medlemmen blir i området, vagabonden "går tapt" og driver inn i andre områder som ikke naturlig bidrar til å opprettholde en populasjons reproduksjonssyklus knyttet til begrepet "homing". Det er uenighet om retensjonsområdene er "gode" for larvens oppvekst som sådann; imidlertid er en nå tilbøyelig til å tro at retensjonen av larver også vil fremme retensjon av deres fødedyr.

DØDELIGHET PÅ TIDLIGE UTVIKLINGSSTADIER

Befruktningsprosenten for egg er normalt 90-100% og innslag av defekte egg med nedsatt vitalitet er ikke av særlig betydning. Likevel er det en meget betydelig eggdød knyttet til predasjon, mangel på oksygen (bunnegg), oppskylning på land og andre mekaniske påkjenninger. Den høye dødeligheten på eggstadiet fortsetter også på plommesekkstadiet og er da i hovedsak knyttet til predasjon. Normalt tåler plommesekkklarver store variasjoner i miljøforhold. Ved første næringsopptak vil en således ofte stå igjen med langt under 10% av de opprinnelige befruktete eggene. Dødeligheten fortsetter normalt å være høy på hele postlarvestadiet, og ettersom det vanligvis varer lengre enn summen av de to foregående, er en nå på promillenivå av opprinnelig antall egg. Metamorfosen da yngelen ofte samler seg i slør eller stimer, innleder yngelstadiet, og mens en på det foregående stadiet hadde både sultedød og predasjon, vil predasjon nå være dominerende. Yngelstadiet varer lenge og selv med en daglig dødsrate på 0,01, vil antallet rase i løpet av 1/2 år til noen få prosent av det antallet som metamorfoserte. Dette er grunnen til at en gjerne ikke finner noen sammenheng mellom antallet metamorfoserte yngel og rekruttering, for små endringer i raten vil gi enorme utslag på grunn av varigheten av reduksjonen. Ved inngangen til 1-gruppe vil en gjerne være på nivå med endelig rekruttering med en faktor på fra 2-10.

NØKKELFAKTORER FOR VEKST

To ytre forhold er helt avgjørende for larvens vekst: ernæringsforholdene og temperaturen (Q_{10}). Disse forhold får en viktig betydning utover det å bestemme vekstraten fordi vekstrater er bestemmende for hvor lenge en larve/yngel er sårbar for predasjon fra visse dyregrupper (størrelsesspesifikk predasjon). Denne indikerte mekanismen kan være vel så vesentlig som den direkte for å bestemme tallrikheten på 0-gruppestadiet.

daglig dødsrate er 0,05 fram til metamorfose, vil overlevingen være 22% om varigheten er 30 dager, men bare 8% om varigheten er 50 dager.

En har derfor vært opptatt av å knytte tilstand til alder og den stadige raffinering av metoder for avlesning av otolitter gjør at en blir i stand til å avlese alder og tilvekst og foreta tilbakeberegning av veksttrajektor for enkeltlarver. Dette arbeidet åpner for mulighet til å identifisere deler av populasjonen som faller ut pga sult eller for lav tilvekst (vekstbarriere-fenomenet) ved at de "mangler" på et senere tidspunkt i prøvematerialet. En kan dermed kvantifisere vekstratene hos dem som dør og hos dem som overlever.

Metoden kan også kombineres med en rekke andre metoder:

- histologiske studier der en særlig ser på endring i tarmveggen
- måling av RNA/DNA forholdet der en eksperimentelt har definert sultkriterier; metoden krever kunnskap om larvenes temperaturforhold under oppvekst
- fettanalyser der en både ser på de lipidene som forbrukes raskt under sult og membranfettet som først brukes ved lang utsulting.

Tilstandsmåling er noe arbeidskrevende selvom det nå er tilgjengelig analyseutstyr for enkeltlarvestudier. Men en dypere forståelse av de dynamiske prosessene, nødvendiggjør bruk av disse metodene.

Den informasjon som vil tre fram vil avdekke enkeltlarvens øyeblikkelige tilstand og dens forhistorie; behandling av materiale innenfor en kohort vil også gjennom bruk av den øvrige tilgjengelige informasjon, gjøre det mulig å identifisere fenomener som sultedød og predasjonsdød forutsatt at en har en kunnskapsbase fra fortrinnsvis meso-/makrokosmosstudier å sammenholde observasjonene mot.

BESKRIVELSE AV DEN VIRKELIGE FORDELING

Den raske utvikling innenfor akustikk-teknologi gjør det i økende grad mulig å beskrive den romlige fordeling av larver/ungel, deres byttedyr og predatorer. Den videre utvikling av dette utstyret vil profitere på å utnytte den pågående virksomhet i lukkede systemer for kalibrering og videreutvikling av software. Dette utstyret vil kunne operere i makroskala og gjennom stand-by overvåkning avdekke det dynamiske løp sett i relasjon til alder på larvene/ungel, deres tetthet, deres næringstilgang, deres fordeling, reaksjoner på predatorer, effekter av predatorer, reaksjoner på "stille og storm" og effekter av "stille og storm".

ADFERD HOS LARVER, YNGEL, BYTTEDYR OG PREDATORER

Adferd spiller en enorm betydning for samspillet i naturen. Fiskelarven har f.eks. en rekke strukturer som skal hjelpe den i å finne mat og i å unngå predasjon. En kan her nevne "startle respons" som er en spontan fluktreaksjon; når den aktiveres har larven/ungelen en utrolig hastighet. Fiskelarven har allerede under første næringsopptak mulighet til å svømme mer enn 100 m/dag. Skjer valg av svømmemønster utfra særlige stimuli? Mange adferdstrekk knytter seg til larvens størrelse: stimdannelse hos sild skjer rundt 30 mm etterat otic bulla er fylt med luft; kannibalisme hos torsk starter rundt metamorfose ved 15 mm lengde.

Hvorledes forholder larven/ungelen seg til et strømningsfelt; hvilken rolle spiller

lysstyrke for vertikalfordeling og beiteadferd; klarer larven å registrere når den er kommet til et område med mye mat og å holde seg i det over lengre tid?

På et visst stadium i sin utvikling begynner fisk å endre adferd når den "vet" at predatorer er i nærheten. Dette virker inn på fordeling, svømmehastighet, matsøk og dermed på mengde mat spist. Disse forhold og en rekke andre har en i liten grad kunnskap om fra de aktuelle fiskeartene. Det er illustrerende at en ikke vet noe om adferden til lodde; observasjoner kan tyde på at denne som larve og yngel har en svak unnvikingsreaksjon, noe som vil ha alvorlige følger når den utsettes for predasjon.

HYDROGRAFI OG OCEANOGRAFI

Egg, larver og yngel er fanget opp av vannmasser i bevegelse og denne bevegelsen vil i stor grad bestemme deres fordeling på 0-gruppestadiet.

Påvist retensjon kan tyde på at larver og senere yngel har en egenforflytning som justerer deres fordeling i forhold til en rent passiv drift og hensikten med denne egenforflytning er trolig å sikre arten en mer "hensiktsmessig" fordeling. Dersom larver i vår kyststrøm "bremser" i forhold til vannbevegelsen, vil de kunne ha fordel av dette ved å sikre økt tilgang på mat, de vil holde seg i varmere vann, det vil ta lengre tid å nå Barentshavet der de vil møte et sterkt beitepress fra de som står der og har det som oppvekstområde. "Bremsing" kan skje både ved at de står på strømmen og ved at de vertik Alvandrer til dyp med lavere hastighet eller motsatt retning. Ved å "stå på strømmen" vil de dessuten kunne konsentrere seg mer om jakten på organismer som kommer drivende med en hastighet på 3-30 cm/sek. Nyere undersøkelser har dessuten vist at mikroturbulens ytterligere vil øke sårbarheten til byttedyret. Fisken kan således stå nærmest rolig (svømme tilsvarende strømhastighet) eller la seg drive sakte med og bruke strømmen til å justere seg inn mot dyr i drift forbi den. Denne adferden er velkjent fra lakseyngel.

Mikroturbulens er væravhengig og vil øke sterkt i øvre vannlag under storm. Det ser ut for at larver søker til dyp med mindre turbulens og at de således kanskje i noen grad foretar en optimalisering av sin vertikale plassering utenfra en slik vurdering. Imidlertid vil lys og tetthet av byttedyr gjøre dette valget til en meget dynamisk prosess der summen av disse forhold er avgjørende. En vet lite hvilke rolle kontrast spiller *in situ* og dette alene burde studeres med egnet utstyr "sett fra larvens synsvinkel". Under særlige forhold inntreffer sterke vertikale forflytninger av vannmasser som på kort tid bringer larver/yngel til helt andre dyp. En vet lite om hvilke følger rask trykkendring kan få for larver/yngel med svømmeblære. Det en har sett er at torskelarver som bringes opp fra 3-4 m med hov, ikke klarer å regulere svømmeblæren og dør etter få timer uansett hvor forsiktig de behandles.

MEKANISMER FOR GROVTILPASNING OG FINJUSTERING

Variasjonene i tallrikheten av rekrutter til en bestand i likevekt, er utrolig små sammenholdt med den potensielle variasjonen. For mange bestander er faktoren 5-10 og bare unntaksvis opp mot 100 (hyse). Reguleringen skjer i hovedsak gjennom sult og predasjon pre-metamorfose og predasjon postmetamorfose. Dette innebærer at en enorm overleving til metamorfose, raskt kan bringes "under kontroll" gjennom påfølgende predasjon.

Som før nevnt er sult og predasjon knyttet sammen bl.a. ved at svak tilvekst gir forlenget eksponering for størrelsesspesifikk predasjon. Utover dette er det klart at sult kan innvirke direkte i store områder, men den spiller en mindre direkte rolle enn før antatt. En var tidligere sterkt opptatt av patcher av dyreplankton med tettheter på 100-1000

nauplier pr. liter; en vet nå at de fleste larver klarer seg bra med 5-20 nauplier. Meso- og makrokosmosforsøkene har bidratt på en viktig måte til å flytte oppmerksomheten over fra sult mot predasjon.

Predasjonen skjer like fra eggene er gytt og til en årsklasse gradvis forsvinner, men aktørene skifter underveis. Mot slutten spiller sel og hval en stor rolle, mens det innledningsvis er en myriade av deltagere. Men noen er trolig viktigere enn andre, og det vil være nødvendig å få avklart hvem som er viktig på pre- og postmetamorfosestadiene.

I arbeidet med å finne fram til hovedgrupper av predatorer, må en innrette arbeidsmetodene spesifikt mot dette målet. Enhver art som i kortere eller lengre tid oppholder seg i larvens/ungelens utbredelsesområde, er en mulig kandidat. Aktuelle dyregrupper er store evertebrater og særlig dem som opptrer i svermer (maneter, krill, blekksprut), stimfisk som går pelagisk, visse typer sjøfugl, og bardehval som vil foretrekke områder der yngelen står i slør eller danner stimer.

Det kan tenkes at en del dødelighet skriver seg fra forhold knyttet til maten (giftig eller skadelig), til parasitter (masseforekomst av ytre parasittkopepoder), sykdom eller giftige alger. Som før nevnt kan også oceanografiske forhold tenkes å ha en effekt ved å "spreng" svømmeblæren hos larver/yngel.

Alle venter på de sterke årsklassene som gjør at selv predatorerne "går i metning" (depensatorisk dødelighet) og yngelen fyller alle havområder. En analyse av de reguleringsmekanismer som ligger inne i økosystemet, vil kunne fortelle noe om realismen i en slik forventning.

SKISSE AV ET FORSKNINGSPROGRAM PÅ FISKS TIDLIGE STADIER

ET KORT SCENARIO

En del av de fiskebestander som danner ryggraden i norsk fiske rekrutteres via den norske kyststrøm. Alle disse bestandene er nå i krise og det tradisjonelle mønsteret såvel som det interimsmønster en har hatt siden silden forsvant, har brutt sammen. Dette har fått enorme konsekvenser for fisket og for de dyregrupper som benytter Barentshavet og tilgrensende områder som fødekammer (Tabell 1). Dette omfatter fugl, sel og hval, men den sterke vågehvalstammen har trolig klart seg bedre enn de andre, kanskje pga. høyere fangsteffektivitet og ved at den oppholder seg i området bare om sommeren.

I denne situasjonen er havområdet utsatt for et sterkt beite- og fangstpress som søker å fange opp enhver bedring i situasjonen. Denne børen gjør det trolig vanskeligere for systemet å gjenreise sin vitalitet. Økt uttak av topp-predatorer vil kunne ha en positiv effekt.

Det grunnleggende problemet synes å være mangelen på et solid mellomledd mellom topppredatorene og dyreplanktonet. Tradisjonelt har dette leddet vært sild; da denne falt ut, tråtte lodda inn som erstatning. Nå er også den falt ut, men uten at silden har maktet å erstatte dette bortfallet.

I helt korte trekk synes situasjonen å være denne: silden hadde en rimelig sterk årsklasse i 1983 som har sikret betydelig tilgang på larver de to siste årene; samtlige senere årsklasser av sild, der de fleste er nokså svake, oppholder seg langs kysten og vil kunne øve et beitepress på yngre sild fra larvestadiet av. Den 0-gruppe silden som når Barentshavet, har sammen med torsk yngel, beitet på samme års loddelarver som klekker i juni/juli langs Finnmarkskysten. 0-gruppesilden har således delvis revet vekk det alternative fóret for fisk i Barentshavet og må selv gjøre opp for dette særlig i forhold til torsk. Torsken på sin side vil relativt raskt bringe den delen av silden som står i Barentshavet ned på et så lavt nivå at den tvinges til å beite på sin egen yngel og på rekebestandene. Bare den lodden som når lengst øst inn i kaldt vann vil klare seg unna torsken.

Det kan således synes som om en er kommet i en såpass fastlåst situasjon at det skal mye til å endre på forholdet. Dersom silden skulle oppta sitt gamle vandringmønster, ville det kunne bringe inn en drift i systemet som ville lede hen mot det tradisjonelle mønsteret der lodden er henvist til en relativt beskjeden rolle i det totale økosystem.

MOTIVASJON FOR Å AVDEKKE MEKANISMER FØR 0-GRUPPESTADIET

Det scenario som er beskrevet postulerer at viktige mønstre er lagt ned før en når 0-gruppestadiet. Kort sagt så låser situasjonen seg før 0-gruppestadiet og silden spiller en avgjørende rolle i dette spillet.

Tabell 1. Biomasse av bestander nord for 62°N B, fra 1950 til 1988; i mill. tonn

| Art | 1950 | 1960 | 1973 | 1977 | 1984 | 1988 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|
| Sild (GB)+ | 9,4 | 5,0 | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 1,0 |
| Torsk (TB 3+)§ | 4,2 | 2,8 | 3,0 | 2,2 | 0,9 | 1,0 |
| Hyse (TB 3+) | 0,6 | 0,6 | 1,0 | 0,3 | 0,1 | |
| Sei (TB +2) | - | 0,7 | 1,0 | 0,6 | 0,6 | 0,7 |
| Lodde (TB +2) | - | - | 3,5 | 4,2 | 2,4 | 0,4 |
| Uer (TB +6) | - | - | - | 0,7 | 0,2 | 0,2 |
| Reke | - | - | - | - | 0,5 | 0,2 |
| Sum | 14,2 | 9,1 | 8,6 | 8,2 | 5,3 | 3,7 |

+ GB: gytebestand

§ TB: totalbestand

Gjennom de reguleringer en nå har, vil en beholde 1983-årsklassen av sild og dermed være sikret store mengder larver i mange år framover. Når disse når Finnmarks-kysten er de sterkt redusert i antall, men likevel så tallrike at de dekker alle loddens gytefelt med vestlig utbredelse. En må avdekke de forhold som i særlig grad medfører svekkelsen av silden før den når Finnmark. Videre må en avdekke den effekt sildeyngelen har på loddelarvene. Da vil en bedre kunne vurdere sannsynligheten for at den ene eller den andre av disse pelagiske

fiskene skal kunne bygges opp til et nivå så de igjen kan sikre energioverføring til toppredatorene.

Denne kunnskapen kan være av vital betydning for forvaltningen av bestandene og for den langsiktige planleggingen av strukturen i fiskerinæringen. Dersom en egentlig står overfor en nye balanse med sterke selvregulerende mekanismer, og med et samlet langtidsutbytte på det nivå en har idag, vil dette få betydelige konsekvenser for planarbeidet for hele regionen. På den annen side må en vurdere om en kan bryte ut av de selvregulerende mekanismers vold og skape drift i systemet mot en annen balanse som gir større langtidsutbytte.

Det er mot en slik bakgrunn en må vurdere den forskningsinnsats som skisseres for samspillet mellom de tre nøkkelartene i Barentshavet: sild-lodde-torsk.

GENERELLE BESTANDSFORDELINGER

De fleste bestanders fordeling gjennom året kartlegges allerede og en vil gjennom vurdering av disse kunne avgjøre om det forekommer episoder av noen varighet der komponenter av bestandene trenger inn i kyststrømmen. En må særlig ha i tankene stimdannede fisk langs transportruten som eldre sild og tobis. Begge artene har vist seg å være meget aggressive predatorer på sildelarver og de bør derfor være gjenstand for særlig oppmerksomhet.

Det omfattende mageprøvetakingsprogrammet i Barentshavet vil fange opp fenomener knyttet til perioden på og etter 0-gruppestadiet, men ikke det som skjer før dette stadiet.

Som del av det nye programmet er det ønskelig å få registrert fordeling av krill, og mesopelagisk fisk som vertikalvandrer; yngel av både sei og blekksprut (*Gonatus*) og masseforekomster av gelédyr. Informasjon innsamlet ved fuglefjellene må også gjøres tilgjengelig for dette programmet, eventuelt suppleres særskilt da en der også vil få informasjon om fordeling av tobis (mulig predatorutbredelse og -tallrikhet).

Kartlegging av bardehvalenes fordeling er sterkt bedret i Barentshavet og det vil være nyttig å se fordelingen i relasjon til i driftsområdet for yngel fra juni og senere på året.

HOVEDTREKK I FELTUNDERSØKELSENE

I store trekk vil feltundersøkelsene videreføre den struktur en har hatt de senere år der en har hatt en nesten sammenhengende oppfølging av silden fra den gyter og til den når 0-gruppestadiet, fordelt på fire tokt. Gjennom dette opplegget kommer andre arter gradvis inn i prøvematerialet og de en særlig har i tankene er torsk og lodde.

En vil de nærmeste årene få betydelige mengder larver av sild knyttet til 1983-årsklassen. Dette vil lette arbeidet med å følge larvenes drift og beskrive denne under hele perioden fram til de når Tromsøflaket. I dette området vil en i tillegg komme i kontakt med postlarver av torsk som fra nå av inngår i tilstandsundersøkelsen. Mye av innsatsen vil rette seg mot kartlegging av dyregrupper som opptrer i vannmassen i kortere eller lengre tid og som kan fungere som predator/konkurrent i forhold til sildelarvene og -yngelen. En del av undersøkelsene må skje fra et drivende skip. Dette åpner for spesialundersøkelser også innenfor disse områder:

- vekstratefordeling (otolitt/RNA-DNA/fettsyrer/m.m.)
- vertikalfordeling i forhold til turbulens-lys-byttedyr
- fordeling av byttedyr
- "bremsing" hos larver relativt til strømmen.

Sofistikert akustisk utstyr vil være basis for mye av arbeidet.

Undersøkelsene på loddelarver vil i stor grad være lik dem på sildelarver. Det nye med loddeundersøkelsen vil være at blant predatorene vil en kunne finne sildeyngel og torskeyngel. En vil således følge oppmerksomt tre fiskearter der de to sistnevnte artene trolig er utsatt for betydelig predasjon mens de selv beiter på loddelarver. Dette vil også være viktig å klarlegge. Det drivende skipet vil derfor spille en nøkkelrolle i kartleggingen av samspillet mellom lodde-sild-torsk.

Den betydelige reduksjonen av sild og torsk fra de metamorfoserer (torsk i mai/juni; sild i juli/august) og fram til september (0-gruppe) forutsettes i hovedsak å skrive seg fra predasjon. Likevel bør en fortsette tilstandsundersøkelsene også i dette tidsrommet for å klarlegge omfanget av underføring hos yngelen og samtidig karakterisere den yngelen som har nådd dette stadiet særlig mhp vekstrate mot alder.

Innsatsen fra det drivende skipet suppleres med et survey-skip. Dette skipets innsats kan være noe mer sporadisk, mens det drivende skipet ideelt sett bør være operativt fra omlag 1. april til 1. september (5 mnd.).

SUPPLERENDE UNDERSØKELSER

Norge har som én av få nasjoner bygget opp en betydelig erfaring med det som kalles "transitional studies" på marine fiskelarver og -yngel, og da konsentrert om de tre aktuelle artene sild, lodde og torsk. Forholdene ligger således til rette for øyeblikkelig anvending av en betydelige database og en rask videreføring av dette arbeidet i form av nye og supplerende meso- og makrokosmos-studier siktet inn mot de spesielle fenomenene en ønsker avklart. En har også et sterkt miljø på opparbeiding av otolitter, en metode som vil måtte stå sentralt i dette arbeidet.

Viktige sider ved de videreførte studiene vil være å styrke datagrunnlaget på vekstrater og ratefordeling i larvegrupper (kohorter) utsatt for ulike typer påvirkning (sult, predasjon). Adferd og fordeling og deres samspill vil også være viktig.

I laboratorieforsøk må en se på en del særphenomener særlig knyttet til adferd, predasjon, fordøyingsrater, tracerstoffer fra byttedyr, trykkvariasjoner på fisk med svømmeblære (trykktank) m.m.

Det akustiske utstyret kan også testes ut i de kontrollerte økosystemene.

MODELLARBEID

Det vil være hensiktmessig å utforme tentative modeller for å klarlegge de fenomenene en ønsker å måle/kvantifisere og søke å avklare ulike fenomeners relative viktighet. Dette arbeidet må løpe parallelt med feltundersøkelsene og det eksperimentelle arbeidet slik at en kan bruke modellene som et verktøy underveis. Modellene vil samtidig gradvis endres på grunnlag av nye data og ny informasjon.

ORGANISERING OG BEMANNING

Programmet vil måtte pågå samtidig på flere steder og vil kreve en betydelig grad av planlegging og koordinering under gjennomføringen. Deltagerne må dekke et vidt spekter av felter og mye av arbeidet forutsetter øyeblikkelig opparbeiding av innsamlet materiale.

Programmet burde kunne tiltrekke internasjonal deltagelse innenfor spesielle felt og kanskje også i sin totale gjennomføring, men en forutsetter likevel at det finansieres og koordineres nasjonalt.

V.Ø. 26.06.89

NR.4

KOMBINERT BRUK AV SULTKRITERIER

De mest brukte sultkriterier er:

- ringdannelsesmønster i otolitten (sagitta)
- RNA/DNA-forholdet
- enzymaktivitet
- lipidspeilet
- histologiske målinger, særlig tarmveggykkelse

Bare ett av disse gir en idé om alder: otolitten. Denne er imidlertid ofte unøyaktig angitt, og unøyaktigheten øker i takt med graden av sult. En vil derfor ha det forholdet at jo mer en larve har opplevd sult, dess mindre sikker kan en være på dens alder. Det er derfor viktig å supplere otolittundersøkelsene for å avdekke larvens tilstand.

Den ideelle bruk av en larve ville således være: fjerne otolitten for lesning, måle tarmveggykkelse, fjerne tarm for enzymaktivitetsmåling og bestemme RNA/DNA på resten av larven. En ville da ta i bruk fire av de fem nevnte metodene.

Tenker en seg en gradvis oppbygging av metodikk og rutiner, ville det være ønskelig å foreta en slik undersøkelse på en del materiale som inneholder larver med stor spennvidde i energitilstand. Hver larve analyseres som angitt ovenfor. Dette materialet kunne komme delvis fra mesokosmos der en ville kjenne alderen på materialet og delvis fra innsamlinger i felten der en arbeidet mer i blinde. Det vil i det hele tatt være svært nødvendig å kontrollere hvert steg en tar gjennom å ta i bruk alderskjent materiale fra mesokosmos. Når en ikke foreslår laboratoriemateriale, er det fordi en ønsker å fjerne flest mulig feilkilder.

Parallelt med en slik undersøkelse, kunne en foreta screening basert på hver av teknikkene enkeltvis på et stort materiale. Dette kan gjøres ved at et stort larvemateriale innsamlet på ett sted deles opp i tilfeldige grupper og så kjøres for hver metode. Etterpå analyseres det en har fått ut av materialet og en kan vurdere de enkelte metodene mot hverandre. Et parallelt materiale fra mesokosmos vil være helt nødvendig også her. Ettersom totalmaterialet fra hver "stasjon" kan sees på som identisk, skulle en analyse kunne gi svar på hvilken metode som er best egnet opp mot en gitt målsetning. Det vil også være aktuelt å se etter

kombinasjoner av to eller flere metoder. Trolig vil en se seg tjent med å finne fram til to måter å arbeide på:

- en enkel screeningmetode som kan brukes som standard på store materialmengder for å gi et generelt bilde av ernæringstilstanden over sentrale utbredelsesområder for den aktuelle arten uavhengig av et nøye kjennskap til alderssammensetningen
- spesielle nitide studier på utvalgt materiale for å se på f.eks. tilbakeberegnet vekst hos larver/ungel som vurderes å ha nådd sitt oppvekstområde og som vil danne stammen i framtidig rekruttering.

Dette arbeidet forutsetter således et nært samarbeid mellom felt- og mesokosmosforskning med innspill fra biokjemikere og miljø som arbeider med otolitter. Metodiske forhold må nøye vurderes der de kan skape problemer (tidsrom mellom fangst og konservering vil være forskjellig i felt og i mesokosmos for å nevne ett forhold).

V.Ø.10.8.89

NR.5

PREDASJON

I perioden fra egget befruktes og til larven metamorfoserer, vil antallsreduksjonen i hovedsak være forårsaket av sult og predasjon. En kan tenke seg andre dødsårsaker knyttet til abiotiske forhold og der eggdød av oksygenmangel trolig vil være den viktigste. Men andre forhold vil trolig ha liten direkte effekt og kan derfor sees bort fra. Hjorts andre hypotese (drift til uegnete områder) impliserer ikke abiotiske forhold som dødsårsak. Det er trolig mer at de aktuelle områdene ikke kan tilby mat eller at predasjonspresset er meget stort.

Når dette er sagt må en likevel ha klart for seg at de abiotiske forhold spiller en meget stor rolle for fordelingen av larvene og dermed medvirker til å bestemme vilke typer påtrykk larvene utsettes for og styrken av disse. For å nevne en del: retensjon over bankområder vil holde larvene i områder med høyere temperatur og kanskje med bedre ernæringsforhold enn om de drev direkte nordover i kyststrømmen; ankomst til Barentshavet vil forsinkes og skje når de er større og kanskje har dannet stim. Langvarig storm kan føre til at larvene trekker ned på stort dyp med ideel turbulens, men med redusert belysning; dette kan føre til sterkt redusert matopptak over så lang tid at de berørte larvene bukker under. Det kan også tenkes at de i større/mindre grad er utsatt for predasjon på dette dypet enn i den vannmassen de ellers ville avsøke. Langvarig vind fra én retning vil kunne føre til et fordelingsmønster nær land eller spredd ut over et stort område langt fra land; hvert av disse mønstre vil kunne ha stor effekt på mattilgang og på innvirkning fra predatorer.

Etter disse generelle merknadene, skal en se noe mer i detalj på en del forhold vedrørende predasjon.

Eggstadiet

Predasjonen begynner på eggstadiet og om en foreløpig samler oppmerksomheten om *sild*, er det velkjent at hyse i store mengder beiter på eggene utenfor Møre. Omfanget er delvis klarlagt. Imidlertid vil det være aktuelt nå da det er lettere å lokalisere gytefelt i detalj, å gjenta undersøkelsene bl.a. ved å ta i bruk akustikk og ROV- teknikk. En vil da kunne danne seg et bilde av omfanget av nedbeitingen og hvem som deltar i tillegg til hyse. Bidraget fra andre predatorer enn hyse kan vise seg å være uten interesse; i tillegg kan en finne ut om hysen også beiter på

organismer som tiltrekkes av eggene slik at de i tillegg bidrar til å beskytte eggene. Det vil også være viktig å avdekke om det er forhold som reduserer klekkeprosenten (egg som er nedgravd i sand, egg som ligger i tykke lag, sopptepper, m.m.)

Plommesekkstadiet

Plommesekkklarven har normalt meget høy overleving til PNR (ca. dag 12) og selv uten mat vil den ved de aktuelle temperaturforhold, ha tilnærmet 100% overleving til dag 18-20 for deretter å dø raskt. I naturen skulle en forvente et tilsvarende forløp bortsett fra at en situasjon uten tilgang på mat er et artifakt. Larvene vil kunne tenkes å ha 100% overleving enda lengre enn i laboratoriet fordi noe mat vil det alltid være til stede i sjøen. Matsøket vil være sterkere enn i laboratoriet og svømmeaktiviteten vil generelt være høyere. Dette vil teoretisk kunne føre til en raskere svekkelse med forventet 100% overleving i høyden 15 dager i områder med svært lite mat; i områder der fórtilbudet er rikelig, vil 100% overleving kunne strekkes vesentlig i tid og kanskje gjøre seg gjeldende fram mot metamorfose slik en har observert i mesokosmos (75% overleving forbi metamorfose).

Virkeligheten i sjøen er imidlertid svært avvikende fra det forventete. Dersom en kan se bort fra abiotiske dødsårsaker, sitter en stort sett igjen med *predasjon* når en skal forklare dødeligheten på plommesekkstadiet og tiden rett etter. Dette innebærer i så fall at predasjonen som er omfattende på eggstadiet, fortsetter som den altoverskyggende faktor de første 2-3 ukene i larvens liv. I dette livsavsnittet (til forbi PNR) er antallsreduksjonen normalt enorm og en må spørre seg hvem som medvirker og hvilket bidrag den enkelte gruppen har til totaleffekten.

De aktuelle predatorer blir trolig ikke påvist eller identifisert under de tradisjonelle survey til tross for den enorme effekt de har. Trolig har vi å gjøre med organismer som opptrer i *stim* og som kanskje bare en del av døgnet opptrer sammen med sildelarvene. To aktuelle dyregrupper kan være tobisarter og krillararter. Tobis tatt med grabb på gytefelt for sild har enkeltvis inneholdt flere hundre plommesekkklarver foruten store mengder egg.

Et helt sentralt arbeid vil derfor være å kartlegge alle typer organismer som har overlappende utbredelse med sildelarvene på og over gytefeltene. Ingen kandidater skal i utgangspunktet avskrives. Denne kartleggingen må skje av et annet fartøy enn det som tar standard survey og trolig vil det være nyttig å kartlegge i områder med høye konsentrasjoner av larver og fra et skip som i hovedsak ligger i ro (uten motor igang og mørklagt om natten).

Akustiske metoder kombinert med ROV og hovtrekk for identifisering kan være aktuelle arbeidsmetoder. En må også tilrettelegge immunoelktroforese for identifisering av sildelarver i tarm hos bl.a. krill.

Når det gjelder stimorganismer og særlig krill, kan det tenkes at sildelarver som oppholder seg i den vannmassen stimen gjennomløper enten spises eller skades og at de som skades i stor grad også vil forsvinne ut av pelagialen.

Larvestadiet fram til stimdannelse

Sildelarven har på linje med andre fiskelarver, vekstskranker i begge retninger. Den som økologisk er viktigst er den nedre, som gjerne er kalt vekstbarrieren. Størrelsen på denne vil være temperaturavhengig og ved aktuelle forhold er den trolig på 0.03. Det vil si at sildelarven må opprettholde en vekstrate på omlag 3% for å nå metamorfose. I praksis vil den være høyere fordi temperaturen gradvis blir høyere (vårgytere). Fenomenet innebærer at det i tillegg til de larvene som har en høyere vekstbarriere enn den kritiske, hangler med en del larver som gradvis faller ut pga suboptimal vekst; denne prosessen vedvarer trolig helt fram til metamorfose, men vil være av sterkt fallende betydning etter få uker.

Det er mot denne bakgrunnen en må vurdere forholdet mellom sult og predasjon. Dødsratene for sild i sjøen er normalt så høye, at predasjonen må være den altoverskyggende faktor. Et målbart bidrag fra utsulting kan trolig forekomme i 10 dager etter PNR. De svake larvene en vil finne i sjøen, vil trolig høre til dette tidsrommet i enkeltlarvens liv. Sultedød vil her kunne komme predasjonen i forkjøpet.

I møtet med stimende predatorer vil det spille liten rolle om sildelarven er svak eller sterk med mindre den påtreffes i periferien av en stim. De fleste stimende predatorer vil ha langt høyere svømmehastighet enn silden og en eventuell fluktreaksjon vil bare være en utsettelse idet larven gjennom dette fluktforsøket blir sårbar for andre medlemmer i stimen.

Rent metodisk vil undersøkelsen måtte konsentrere seg om å beskrive omfanget av gjennomløp fra stimende organismer. Dette kan uttrykkes som prosent vannmasse gjennomløpt pr. døgn i sildens utbredelsesområde. Stimende fisk vil utfra det en vet, beite på de til enhver tid største byttedyrene, og i de fleste tilfeller innebærer det at sildelarvene vil taes ut 100% i den gjennomløpte vannmassen. Stimende evertebrater vet en ennå for lite om og det

kan tenkes at ettersom silden blir større, vil den klare seg bedre mot krill (f.eks. større enn 15 mm), men mindre bra mot blekksprut som kanskje lettere slår ned på en større og mer synlig sild. *Gonatus* er en aktuell kandidat i den sammenheng. De omtalte prosesser vil løpe uten at høye konsentrasjoner av sildelarver alene behøver føre til en ansamling av predatorer. Disse har kanskje sin hovedføde på annet zooplankton (raudåte og krill). Etterhvert som silden nærmer seg stimingsstørrelse (30 mm TL etter fylling av otic bulla med luft), har dens tallrikhet avtatt enormt selvom dens biomasse totalt sett kan ha økt i år med sterke årsklasser på yngelstadiet.

Sild i stim

Sild i stim letter beitingen for en del typer predatorer fordi næringen forefinnes mer konsentrert. Dette vil gjelde for hurtigsvømmende predatorer som fugl og bardehval og også for stor fisk. Den blir imidlertid mindre aktuell som bytte for de predatorene som i særlig grad har utnyttet den som en ressurs fram til dette stadiet. Dette henger delvis sammen med at flere av predatorene faller ut da romlig fordelingen ikke lenger er overlappende. Etterhvert som silden trenger inn i viktige oppvekstområder for torsk, vil denne i økende grad overta der de andre slapp.

Avsluttende merknader

En sentral hypotese i denne vurderingen er at sild sjelden får tid til å sulte i hjel. Utfordringen som møter oss vil i hovedsak være å kartlegge omfanget av overlappende utbredelse av sildelarver og sannsynlige predatorer. En må gradvis lære disse å kjenne og bygge opp et "bevismateriale" mot dem. Dette må delvis gjøres i laboratoriet og i mesokosmos. For enkelte arter kan det være vanskelig å simulere de naturgitte forhold og for disse foruten for de andre må en søke å samle data i naturen for å kvantifisere bidraget fra den enkelte. Hovedinnsatsen må trolig henlegges til områder med langvarige tette ansamlinger av sild. En tar ikke sikte på å beregne dødsrater gjennom heldekkende survey av sildens utbredelsesområde alene utfra de hensyn denne undersøkelsen måtte ha; slike survey utføres idag som ledd i en tidsserieundersøkelse og bør fortsette som en integrert del av innsatsen. En vil ikke kunne fordele "dødsårsaksandeler" på enkeltarter før etter noen års arbeid og da først på grunnlag av et nærmere kjennskap til utbredelsen av en del sentrale predatorarter som en idag ikke har egne undersøkelser på. Imidlertid vil en kunne få mye informasjon om disse gjennom mer systematisk bruk av den informasjon en får gjennom de survey som dekker utbredelsen til aktuelle arter (krill, blekksprut, tobis, laksesild,

seyngel, m.m.). Sjøfugl, sel og bardehval er også under stadig og økende monitoring slik at data fra disse dyregruppene også kan hentes inn. Flerbestandsundersøkelsene i Barentshavet vil gi informasjon om dietten til de predatorene som overtar når f.eks. sildeyngelen når dette oppvekstområdet.

V.Ø.11.8.89

Modellbetraktninger

NR.6

De fleste modellarbeid på marine fiskelarver benytter seg av en hovedpredator som opptrer enkeltvis og som har en raskt synkende fangsteffektivitet med økende larvestørrelse. En alternativ modell kan være å operere med en predator som opptrer i stim og der fangsteffektiviteten er stor for larver fram til disse metamorfoserer eller danner stim. En slik modell kombinert med en tradisjonell modell for vekst-overleving utfra fórtetthet, er det en tar sikte på å utforme i første omgang.

Når det gjelder vekstmodellen, kan en for sild benytte den modellen Beyer (1980) har utformet, men med en del mindre justeringer som gjør at utfallet samsvarer bedre med observasjonene fra mesokosmos.

Stimdannende predatorer i sildelarvens utbredelsesområde vil i hovedsak være tobis, krill, blekksprut, laksesild, sei yngel og kanskje 1-årig sild. De enkelte predatorene vil opptre i ulike livsavsnitt og gjøre seg ulikt gjeldende alt etter larvens størrelse. En må derfor utforme en modell som lar den enkelte predator opptre og deretter fases ut i takt med kjent overlapp i utbredelse og utfra antatt sårbarhet. En slik modell vil bli sterkt tidsstyrt.

Den bryter sterkt med de tradisjonelle predasjonsmodeller som lar de store/hurtigvoksende larvene klare seg bedre. Her tenker en seg at larver som er i den vannmassen som gjennomføres av en predatorstim, også fjernes i sin helhet. En kan kanskje tenke seg et svakt innslag av randflukt der store larver bedre vil kunne utnytte situasjonen, men i neste omgang er disse kanskje i sentrum for stimens fokus slik at effekten i liten grad vil summere seg opp.

Hva så med sentvoksende svake larver? De vil naturligvis beites i samme forhold som andre. I tillegg vil de gradvis falle ut dersom de blir liggende under vekstbarrieren. En vil således også med denne modellen kunne få sultdød med utgangspunkt i en stokastisk fórfordeling. En vil kunne kjøre modellen på samme måten som Beyer & Laurence (1980) og Pepin (in press) med f.eks. 10 000 larver og med oppdatering hver 24 t.

Predatoren dukker opp ved å gjennomføre en viss prosentdel av vannmassen og larver i denne vannmassen dør alle (f.eks. 5% tilfeldig hentet fra fordelingen av larver). En slik modell vil senere kunne bygges ut ved å la larver av ulik størrelse ha ulik vertikalfordeling og dermed ulik sannsynlighet for å være i den gjennomførte vannmassen. En kan også legge inn effekter av lys, vind (turbulens) hentet fra en fordeling av disse påvirkerne, men dette er forhold en kan påtrykke en basismodell når denne først er utformet.

V. Ø., 8. aug. 1989

NR. 7

ARBEIDSOPPGAVER INNEN SILENCE

AKUSTIKK

Bruk av akustisk utstyr vil spille en sentral og avgjørende rolle i programmet. I tillegg til tradisjonell bruk vil det være snakk om å ta i bruk arbeidsmetoder som hittil ikke har vært benyttet eller bare benyttet i eksperimentell sammenheng. En foreløpig liste for anvendelser vil se slik ut:

- kartlegging av viktige gytefelt for sild (og lodde)
 - spesialstudier av predasjon på gytefeltet på egg (i kombinasjon med ROV) (Hovedkandidat: (HK) hyse)
 - spesialstudier av predasjon på plommeseckklarver over gytefelt (HK: tobis)
 - vertikalvandring gjennom døgnet og DSL, over gytefelt og i transporttraseen (HK:krill) der plommeseckklarver og larver i første næringsopptak særlig er i søkelyset
 - kvantifisere omfanget av stimende organismer i sildelarvens transportrute; fastslå artsammensetning
 - beregne prosent vannmasse gjennomsløkt/døgn av stim/slør av potensielle predatorer (HK: krill, tobis, *Gonatus* , m.fl.)
 - studere organiseringen av drivende sild og initiering av stimdannelse hos sild; vertikalvandring hos sild
 - sildelarvens egenbevegelse, meddriving, beiteadferd i relasjon til strøm og turbulens
 - passeringpunkt-studier; basert på signalstyrkeinitiert registrering
 - vertikalfordeling av zooplankton (høyfrekvent med størrelseskanaler)
- Sender og mottaker må kunne bygges inn i mange typer utstyr og egne seg for mange former for plassering og driftsrutiner. Signalbehandling og presentasjon vil bli en stor utfordring.

BIOKJEMI OG BIOTEKNOLOGI

Parallelt med akustikk, vil biokjemiske arbeidsmetoder spille en avgjørende rolle i studiet av larvene/ungelen (enzym, RNA/DNA, lipider) og av predatorer (immuno-elektroforese).

Laboratorier; land og sjø

Metodeutvikling; utvikle automatisert måleutstyr

OTOLITT-STUDIER OG HISTOLOGI

Begge arbeidsmetodene er tidkrevende og ingen av dem har ennå bevist sin fulle berettigelse. Utfordringen vil særlig være å utvikle otolittmetoden videre slik at en kan lese også de dagene som har vært "uleselig" med hittil anvendte metoder. En må bl.a. se om det er metoder innen medisin o.a. fagfelt som gjør det mulig å bruke andre lesemetoder (laser/røntgen/m.m.).

ZOOPLANKTON

Det vil være en sentral oppgave innen dette feltet å undersøke om variasjonene i tilgang på nauplier henger sammen med

- variasjoner i tallrikheten av mordyr som skriver seg fra rekruttering året før og som bestemmer antall overvintrende hunner
- årsvariasjoner i forekomsten av predatorer som tar mordyrene og/eller t beiter på egg/nauplier/kopepoditter
- storskala pulser i tallrikhet over store havområder (klimaeffekter)

Det er en rekke dyregrupper som fungerer som predatorer på zooplankton og dersom tallrikheten av predatorer varierer med en faktor på f.eks. 10, vil de i "rike" år både svekke næringsgrunlaget for sildelarvene og ta sildelarver i sterkere grad enn ellers. Hvileegg og kannibalisme hos kopepoder fortjener også oppmerksomhet. Etablering av et tellesenter for nordisk zooplankton i NORAD-regi, bør vurderes (Sri Lanka f.eks.). Det vil ennå ta 5-10 år før en har tilgang til et automatisert ID- og telleutstyr for zooplankton.

BIOLOGI OG ADFERD

En rekke av de dyregruppene søkelyset nå settes på, er lite kjent mhp adferd og biologi. Dette forholdet må det rettes på gjennom innhenting av kunnskap som ikke er publisert (interne rapporter eller dr.grader), gjennom personlige kontakter med personer og miljø som har arbeidet med dyregruppene og gjennom egne studier i felt, i mesokosmos og i laboratoriet. Dyregruppene er bl.a. krill, tobis, Gonatus, laksesild og sei yngel.

Sider ved biologien og særlig adferden til larver og yngel av sild, torsk og lodde, må også studeres nærmere, hos oss eller i samarbeid med f.eks. Oban (dr. J.H.S.Blaxter).

FYSISK OCEANOGRAFI

Fiskelarvenes fordeling, forflytning og beiteforhold er i stor grad

bestemt av egenskapene ved og oppførselen til det medium de er fordelt i: sjøvannet.

Selv om dette i seg selv ikke har egenskaper som direkte tar livet av larvene, kan ulik forflytning gi ulike forhold for fóropptak, predasjon og rekruttering.

I tillegg til standard monitoring av strømningsbilde og vannmasse-identifisering, er det ønskelig å studere nærmere storskalafenomener som:

- perioder med vindstille
- perioder med solskinn
- perioder med overskyet/regn
- perioder med storm
- perioder med langvaring vind fra syd eller nord

Et slikt program forutsetter mobilitet og beredskap helt uavhengig av et standard prøvetakingsprogram.

Viktige forhold å klarlegge er hva som virker konsentrerende/spredende på larvene; hva som gir dyp/grunn larvefordeling; hva som setter fart på transport/hemmer transport; "fordeler"/"bakdeler" med retensjon over bankområder.

Spesialstudier knyttet til mikroturbulens vil på en særlig måte sette de andre fenomener inn i en økologisk sammenheng.

SATELITTOBSERVASJONER / FLYOBSERVASJONER

Det foreligger allerede et betydelig datamateriale fra satelitt og dette må en fortsette å utnytte i takt med den videre rafinering av metodene. En bør aktivt undersøke mulighetene for bruk av flytjeneste til tagging av spesialfoto (flyvåpen/rutefly/annen overvåking). Verdien av slikt materiale er trolig ennå noe begrenset, men sett i sammenheng med de storskalafenomener som er nevnt ovenfor, kan de være svært nyttige.

KLIMAMONITORING

Klimaendringer er en langsom prosess, men retrospektivt har det berørte området gjennomgått store endringer med konsekvenser for fiskebestanders strategi og utbredelse. I tillegg til å følge med i det som skjer innen feltet internasjonalt, er det særlig interessant å sette seg inn i arbeidsmetoder som kan anvendes i egne farvann for bl.a. å kartlegge de konkrete effekter av tidligere tiders klima på de bestandene vi idag har i området. Særlig interessant kan det være å få svar på de eventuelle effektene det milde klima i deler av steinalderen

hadde på våre fiskebestander (da vi hadde eiketrær på Hardangervidda). Et slikt prosjekt vil trolig kunne nyte godt av fellesnordisk finansiering via midler knyttet til "drivhusforskning".

Klimaendringer kan være et uttrykk for globale rytmiske fenomener, og som del av arbeidet med klimaeffekter, kan en utarbeide en kalender # for "effektstyrken" av mulige fenomener:

- solflekkaktivitet
- quasi-biennial oscillation (øst/vest-fasene i stratosfærisk vind med 26 mnd. syklus)
- "Milankovic modell"
 - (a): "precession of the equinoxes"
 - (b): planethelling
 - (c): formen på jordens bane

INTRUMENTERING

Implisitt under andre punkt er det en rekke instrument/-pakker.

I tillegg kan en gi stikkord som:

- Tre-dimensjonal presentasjon i "near real time"
- Topografipresentasjon
- Militære strategiverktøy

SURVEYFARTØY

Årlig forekommer det spesielle hendelser som krever rask utrykning for monitoring. En kan nevne årets algeutbrudd i Ryfylke, fjorårets algeutbrudd, seldød, gass- og oljeutblåsninger, ubåthavarier m.m.

Mot en slik bakgrunn kan det være aktuelt å trekke fram behovet for et hurtiggående flytende laboratorium (Solemdal 1975).

Innen SILENCE vil en måtte gjøre bruk av et skip som kan ligge å drive mens det observerer, uke etter uke. Denne type studier vil trolig få økende aktualitet samtidig med at behovet for et utrykningsfartøy vil øke. Foreløpig kan en derfor tenke seg å kombinere disse to behovene i ett fartøy av typen katamaran. En vil måtte akseptere å leve med den usikkerhet at en sjelden gang må en undersøkelse avbrytes på kort varsel for utrykning.

For en del andre storskalafenomener har en ikke avdekket faste rytmer som kan legges inn på en kalender.

DRIVENDE RAMME FOR MONITORING

Visse typer studier og særlig innen fysisk oceanografi, vil kreve en synoptisk romlig registrering. Dette kan trolig oppnås gjennom bruk av en drivende ramme forutsatt at den er stor nok. Rammen kan lages i PEH-rør 160 mm med ytre mål 100 x 100 m forbundet med et kors for avstiving og montering av utstyr. En må vurdere en sirkel som et alternativ (Ø:100m).

Rammen kan forsynes med driftsseil på ønsket dyp for å bidra til at den følger driften av en spesiell vanntype. Seilet kan også gies varierende dyp via et programmert spill, programmeringen kan være fast eller dynamisk (f.eks. lysavhengig).

Rammen forsynes med monitoringsutstyr for registrering av både abiotiske og biotiske faktorer. Et biologisk fenomen som kan studeres med et slikt hjelpemiddel, vil være den romlige fordeling av en stim med f.eks. krill som svømmer gjennom et område med sildelarver. En annen viktig grunn for å vurdere en slik løsning er at en kan studere strømningsforhold simultant over et område på f.eks. 10 000 m². Dette vil kunne omfatte bl.a. Langmuir sirkulasjon. Antall registreringspunkter blir et økonomisk spørsmål først og fremst, i annen omgang et software-spørsmål.

Rammen bør kunne senkes helt eller delvis .

En annen viktig oppgave blir å studere DSL i relasjon til bl.a. predasjon på fiskelarver.

Alle registreringer kan enten lagres eller sendes fortløpende til mottaker. Den drivende rammen må ha en plattform for landing av personell . Den betjenes fra surveyfartøyet.

V.Ø. august 1989

NR.8

SILENCE TAR FORM

Vi står foran de samme utfordringer som dem en har skissert i GLOBEC mht implementering av teknologi som foreløpig bare er utprøvet eller foreligger som prototyper. Det er forbundet med enorme kostnader å være banebrytende og på mange områder må en overlate dette til program av typen GLOBEC og OPEN. Det er imidlertid grunn til å analysere situasjonen utfra våre primære målsetninger som er langt mer begrensede enn dem en har innenfor de før nevnte program. Det kan da vise seg at en kan ta i bruk et vidt spekter av nye metoder og ny instrumenteringen innenfor rammen av våre ressurser.

Det vil være spesielt viktig å avgrense synsfeltet gjennom valg av *arbeidshypoteser*. Disse vil i stor grad gi premissene for den samlede aktiviteten.

I de syv notatene som er utformet, har en delvis gitt en oversikt over status og delvis presentert forslag til arbeidshypoteser med de konsekvenser disse får for metodikk og instrumentering.

Før en gir seg i kast med en videre detaljering av enkelthetene, vil det være behov for å gå gjennom i forskjellige fora både status slik den oppleves innen ulike felt, de arbeidshypoteser en mener avtegner seg og de metoder og den instrumentering en mener vil kunne bidra til en verifisering av hypotesene.

I samsvar med tilrådingen fra Vartdalutvalget, bør en utforme programmet med blick for at også andre institusjoner skal aktiviseres enn Havforskningsinstituttet. Oppgavene er av en slik karakter at det vil være svært ønskelig å følge en slik tilråding. Programmet vil løpe parallelt med GLOBEC og OPEN og vil gjøre bruk av mye den samme instrumentering og de samme arbeidsmetoder. Det vil derfor være gunstig også å ha en innfallspport mot disse to programmene og kanskje også andre internasjonale program.

Når det er sagt, vil det i stor grad påhvile instituttet å ta hovedansvaret for å gi programmet et innhold og et nivå som sikrer at viktig ny viten skaffes og at dette settes inn i sin rette sammenheng.

I *Fase 1* kan en tenke seg at en mindre programgruppe (2-3 personer) går gjennom hovedfeltene sammen med utvalgte forskere som arbeider innenfor de berørte feltene. Hovedfelt vil være akustikk, fysisk oceanografi, bioteknologi, adferd, modellering og instrumentering. En vil delvis måtte vinkle samtalene utfra det en vurderer som viktig i tilknytning til problemstillingen "fiskens tidlige livsstadier". Denne gruppen utarbeider på dette grunnlag et programutkast.

I *Fase 2* må programutkastet taes opp innen den nye senterstrukturen med hensyn på:

- faglig tilslutning og endelig utforming
- utforming av delprosjektene i detalj
- organisering og ressursallokering
- budsjetttrammer for 3-5 år
- samarbeidsløsninger og -avtaler (interne og eksterne)

I *Fase 3* må ledelsen arbeide med en rammefinansiering av programmet.

Oppstart bør kunne skje våren 1990.

V. Ø. august 1989