

AF

relis. 1

ISSN 0804-2128

Fisneridirektoratets  
Bibliotek

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET  
RAPPORT FRA SENTER FOR MARINT MILJØ NR. 10-1993

**EFFEKTAR AV LUFTKANONSKYTING PÅ  
EGG, LARVAR OG YNGEL**

John Dalen

Sluttrapport NFFR prosjekt nr. 1701-701.353

**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**  
SENTER FOR MARINT MILJØ

Mai 1993

# Sluttrapport

Fiskeridirektoratets  
Bibliotek



Skjema S20

## Norges Fiskeriforskningsråd

NFFR - Pir Senteret

7005 Trondheim

tlf. 07 515933 telefax: 07 522178

Ansvarlig institusjon

NFFR-nr.

Havforskningsinstituttet

1701-701.353

Postadr.

Tlf.

Prosjekttittel

P.boks 1870 Nordnes  
5024 Bergen

05238500

Effektar av luftkanonskyting på  
egg, larvar og yngel

Kontaktperson

Faglig hovedansvarlig

John Dalen

John Dalen

### Mål

A framskaffe eit fagleg breiare grunnlag om skadeeffektar på fisk frå seismisk arbeid med luftkanonar for å styrke forvaltninga av oljeleitingsaktivitetar i forhold til ressursbiologisk forvaltning og fiskeriaktivitetar.

### Emneord

(4 emneord i prioritert rekkefølge, som karakteriserer prosjektet)

Seismikk, fisk, skadeeffekt, skremmeeffekt

Tidsramme

Startår:

Sluttår:

1991

1993

### Prosjektregnskap pr. / 19 93 (30.04.93)

INNTEKTER

UTGIFTER

NFFR-bevilgning ..... 2.830.000,-

Lønn og sosiale utgifter  
(generalia) ..... 2.866.000,-

Andre bevilgninger ..... 1.089.500,-

Driftsutgifter ..... 742.068,-

Utstyr ..... 311.432,-

3.919.500,-

◀ Samme sum ▶

3.919.500,-

### Eventuell prosjektstøtte ikke inkludert i regnskapet (oppgi type og omfang):

Instituttmidler til ferdigstilling av faglig sluttrapport (etter 01.05.93); lønnsmidler ca. kr. 41.000,- og direkte kostnader ca. kr. 8.000,- tilsammen kr. 49.000,-.

Vedlegg på 17 maskinskrevne sider

Faglig hovedansvarlig

er merket med Prosjektnr. og -tittel

(sign.) John Dalen

Kontaktperson

Sted: Bergen ..... Dato: 08.05.93

(sign.) John Dalen, Helge Leivestad

Hovudmålsetninga har vore å fremskaffe nye og supplerande kunnskapar for eit breiare fagleg grunnlag omkring skadeeffektar på egg, larvar og yngel frå seismisk arbeid med luftkanoner. Dette skal medverke til å styrke forvaltninga av oljeleitingsaktivitetar i forhold til fiskeressursforvaltninga og fiskeriaktivitetar.

Feltforsøka har vore utførte ved Havbruksstasjon Austevoll med utgangspunkt i veileigna anlegg og innretningar og personell som meistra metodikkane som er utvikla for yngelproduksjon av marin fisk.

Vi har gjennomført forsøk med torsk, sei, piggvar, raudspette og sild. Noko ulikt frå art til art har vi observert og analysert materialet etter luftkanonskytingane for å sjå etter ulike effektar og tilstandar så som; klekkesuksess av egg, momentan og langtids neddøing, oppdrift og flyteevne, vekst, startfórings-suksess, atferd straks etter skyting og over lengre tid og vevsskadar.

Til forsøka framskaffa vi to reduserte luftkanonoppsett som skulle reflekterte typiske reelle luftkanonoppsett brukt til havs. For å kunne tyde ulike effektar mellom artane og som funksjon av avstand mellom luftkanonene og forsøksfiskane utførte vi akustiske målingar av lyd pulsane og utsendt lydenergi frå luftkanonene.

På eggstadia utførte vi testar på torsk og sei. For sei fann vi neddøing ut til 1,35 m frå luftkanonene på tidleg eggstadium, men elles ikkje for dei andre eggstadia korkje for torsk eller sei.

På plommesekkstadiet fann vi neddøing for torsk ved den næraste avstanden (0,9 m). For flatfisk (piggvar) fann vi høg neddøing ut til 3,0 m frå luftkanonene (største avstand i dei forsøka). Her observerte vi også indre vevsskadar som hulromsdanning i hjernevevet og i netthinna på augo. Slike skadar vil sannsynleg gi larvane ei monaleg funksjonshemming. Plommesekkklarvane av sild var i så dårleg forfatning at neddøingsresultata var lite truverdige.

På larvestadiet (stadiet mellom plommesekk- og postlarvestadiet) viste det seg at alle artane var svært sårbare for allslags handtering idet det var høg neddøing også i kontrollgruppene. Dette gjorde det vanskeleg å trekke ut tall for momentan neddøing pga. luftkanonskyting. Her observerte vi elles langtidsneddøing for torsk ut til 5,0 m frå luftkanonene.

På postlarvenivå observerte vi neddøing for torsk ut til 1,35 m frå luftkanonene. Tilsvarende fann vi for sild om enn ikkje så tydeleg pga. generell høg neddøing også i kontrollgruppene. Av flatfiskartane fann vi inga auka neddøing pga. luftkanonskytinga.

På yngelstadiet (0-gruppestadiet) for torsk fann vi neddøing ut til 1,35 m. Vidare observerte vi at fleire fisk blei slått i svime og fekk unormal symjeatferd. Nokre av dei svimeslåtte døydde i løpet av det første døgnet medan andre fekk tilnærma normal atferd innan ca. 1 time etter skytinga. Her fann vi også skadar på indre organ hos fisk som i første omgang overlevde. Av skadetypar kan nemnast sprukken eller samantrekt symjeblære, gassbobler under symjeblærehinna, sprukken nyrehinne med blodutreiing i nyrene og blodklumpar i bukholå og symjeblæra.

I forhold til resultatata frå dei artane vi har arbeidt med, trengs det meir kunnskapar om effektar frå luftkanonskyting på artar som vi ikkje lukkast å få tilstrekkelege data frå i mengde og kvalitet. Dette gjeld sild, lodde, sei og hyse.

Prosjektet har vore utført i eit samarbeid mellom Havforskningsinstituttet, Zoologisk Laboratorium, UiB, Fjord Instruments A/S /GECO-PRAKLA A/S og NUTEC A/S.

## PROSJEKT 1701-701.353 "EFFEKTAR AV LUFTKANONSKYTING PÅ EGG, LARVAR OG YNGEL"

### 1 INNLEIING

Straks oljeleitinga tok til i Nordsjøen i 60-åra, kom det henvendingar til Havforskningsinstituttet (HI) om mulege skadeverknader på fiskeressursane og innverknader på fiskeria frå seismisk arbeid. Dette demonstrerte blant anna at det var store behov for kunnskapar innan dette feltet som kunne danne grunnlag for rådgiving og forvaltning av seismiske aktivitetar til havs i forhold til ressursbiologiske interesser og fiskeria.

Ein del viten blei framskaffa gjennom eit forskningsprosjekt som HI utførte i 1984-85 der vi også kom i inngrep med utanlandske forvaltningsorgan, forskningsinstitusjonar og -prosjekt. Ved fleire høve etter 85 gjorde vi det klart at kunnskapsgrunnlaget likevel var for veikt og at det var behov for meir forskning for å rå bot med dette.

Frå juli 1989 då ein under refraksjonsseismiske målingar og ved minesprengning hadde drept monalege mengder oppdrettstorsk og -laks i nokre anlegg i Altafjorden, blei det igjen stor oppøsing omkring skadeeffektar på fisk til havs frå seismiske aktivitetar. Liknande problemstillingar blei tatt opp igjen i oktober same hausten etter ein konferanse, "Petro Pisces I", som blei arrangert i Bergen og i januar 90 då innhaldet i ein artikkel i "Moskva Pravda" blei gjort kjend. Etter desse hendingane blei det straks etter årsskiftet 89/90 utarbeidd prosjektforslag ved fleire institusjonar for å utføre ny forskning innan "seismikk/fisk-området" med nemnd finansiering frå oljeindustrien. Etter fleire møte i og mellom aktuelle departement og direktorat og dessutan aktivitetar i regi av Oljeindustriens Landsforening (OLF) fram til september 90, sendte Norges Fiskeriforskningsråd (NFFR) i oktober 90 ut invitasjonar til 12 aktuelle forskningsmiljø om å sende inn prosjektsøknader til delprogrammet "Fysiske skader på fisk ved seismikk/sprengning".

Når vi snakkar om skadeeffektar på fisk til havs frå luftkanoner, er det å forvente, og tidligare forskning har vist at egg, larvar og yngel vil vere mest utsette. Dette fordi dei er fysiologisk sårbare, og at egg og larvar ikkje som større fisk er i stand til å forflytte seg frå skaderisikovolumet rundt luftkanonene.

Det finst eit vell av dokumenterte arbeid om skadeeffektar på fisk av alle storleikar frå sprengstoff, men langt færre arbeid er utført for å kaste lys over og kartlegge skadeeffektar frå luftkanoner (Kostyuchenko 1970, Gaidry fide Weinhold and Weaver 1972, Weinhold and Weaver 1972, Chelminski 1974, Knudsen og Dalen 1985 og Holliday et al. 1987, under siste del av prosjektet vårt; også Kosheleva 1992). Dette har tildels samanheng med den lave skaderisiko samanlikna med kva ein har ved bruk av sprengstoff, men også at forsøk med egg, larvar og yngel er langt meir krevande å utføre enn med større fisk.

Utgangspunktet for dette prosjektet var at tidlegare utførte forsøk - inntil 1991 - ikkje direkte dekkja visse sider av aktuelle problemstillingar som var blitt reiste i slutten av 80-åra. Dette var for eksempel at fiskeartar som ein hadde arbeid med, ikkje var dekkande for norske forhold (Kostyuchenko 1970 og Holliday et al. 1987), og at ein ikkje hadde kunna bruke alle aktuelle storleikar av luftkanoner under forsøka (Knudsen og Dalen 1985). Vidare var det behov for å trekke inn histologisk og patologisk kompetanse og ressursar for å kunne verifisere ulike indre skadar både ved momentan neddøing av larvar og yngel ved luftkanoneksponering og ved ikkje-direkte dødelege tilstandar (subletale effektar). I tillegg var det frå eit forvaltningssynspunkt ønskjeleg å framskaffe et breiare fagleg grunnlag omkring skaderisikoaspektet ved seismiske aktivitetar til havs for å styrke forvaltninga av oljeletingsaktivitetar i forhold til ressursbiologiske interesser og fiskeriaktivitetar.

Prosjektet er eitt av tre prosjekt tilknytta seismikk/fisk-området som er gjennomførte ved HI i perioden 1991-93. Dei to andre prosjekta er:

- a) 1701-701.354 "Effektar av luftkanonseismikk på larvar og yngel til havs" og
- b) 1701-701.355 "Effektar av seismisk luftkanonskyting på fiskeatferd og fangsttilgjengelighet".

I desse prosjekta har ein høvesvis;

- a) utvikla ein matematisk modell der ein kan estimere tilstandar av og endringar i den romlege fordelinga av fisk når dei blir utsette for seismisk lydenergi og vidare eit datasimuleringsverktøy som viser kva som skjer. Modellen baserer seg på viten innan biologisk og fysiologisk modellering, data om kondisjonsforhold og motorisk atferd, energiomsetningar hos fisk og om antall, storleik og plassering av luftkanoner i eit luftkanonfelt (Holmstrøm 1993).
- b) klarlagt om seismisk aktivitet påverkar lagleg fangsttilkomst av torsk og hyse gjennom fiskeforsøk med trål og line og akustisk kartlegging av fiskefordelingar før, under og etter seismisk skyting i eit område i Barentshavet. Vidare kor langt frå det seismiske området ein har kunna påvise effektar og kor lenge etter avslutta seismisk aktivitet effektane varer (Engås et al. 1993).

Vidare viser vi til det nemnde prosjektet (Dalen and Knudsen 1987) "Effektar på fisk frå seismiske undersøkingar", som blei utført ved HI i 1984-85, der resultat og metodikk dels har danna grunnlag for desse tre prosjekta.

## 2 MÅL

Hovudmålsetninga har vore å framskaffe nye og supplerande kunnskapar for eit breiare fagleg grunnlag omkring skadeeffektar på egg, larvar og yngel frå seismisk arbeid med luftkanoner. Dette skulle styrke forvaltninga av oljeletingsaktivitetar i forhold til fiskeressursforvaltninga og fiskeriaktivitetar.

I tråd med dette definerte vi følgende spesielle delmål:

- a) Utforme forsøksoppsett, velje eigna artar, gjennomføre eksponeringar av artane med luftkanoner og analysere data for å supplere eksisterande viten og framskaffe nye kunnskapar om skadeeffektar frå luftkanonskyting på egg, larvar og yngel.
- b) Arbeidet i prosjektet og framkomne resultat skulle rapporterast i ein instituttrapport og vidare presenterast i høvelege fora. Der det var aktuelt, burde resultatformene vere slik at dei kunne danne basis for retningsliner for forvaltningsmyndigheiter innan "seismikk/fisk-området".
- c) Dersom det framkom viktig ny viten om skadeeffektar, skulle ein i samanheng med andre resultat få desse publiserte i internasjonale tidsskrift.

### 3 FAGLEG GJENNOMFØRING

Prosjektet har vore basert på tilgjengeleg kompetanse ved følgende institusjonar:

Havforskningsinstituttet (HI): Prosjektansvarleg institusjon og ansvarleg for ulike laboratorieoppsett, biologisk og fysiologisk arbeid og rapportering.

Zoologisk Laboratorium, UiB, (ZL): Ansvarleg for ulike laboratorieoppsett, fysiologisk, patologisk og histo-logisk arbeid og delrapportering.

Fjord Instruments A/S (FI)/GECO-PRAKLA A/S: Ansvarleg for luftkanonoppsett og operering av desse.

NUTEC A/S: Ansvarleg for opptak av akustiske signal, analyse av desse og delrapportering.

Straks etter årsskiftet 90/91 då vi hadde fått muntleg svar frå NFFR om tilsagn om midlar til prosjektet, sette vi igang arbeidet med å skaffe laboratorium ved Havbruksstasjonen Austevoll, konstruere luftkanonoppsett saman med Fjord Instruments og å førebu det akustiske måleoppsettet med NUTEC. Vidare blei det formulert planar for framskaffing av biologisk materiale frå gytefisk til egg, larvar og yngel på rette stadium, for prøvetaking, lagring og analyser av materialet og for seks eksponeringsrundar i perioden medio mars til medio juli.

Havbruksstasjon Austevoll blei valt som forsøkslokalitet på grunnlag av veleigna anlegg og innretningar og personell med ønskte kunnskapar og som meistra metodikkane som er utvikla for yngelproduksjon av marin fisk.

Val av artar som blei brukte i prosjektet, blei gjort ut frå følgjande kriterium:

- a) dei skulle vere representative for artar i norsk økonomisk sone der ein har seismiske aktivitetar og kvar art i seg sjølv eller representanten for ei

artsgruppe skulle tilhøyre ein fiskebestand av kommersiell interesse.

- b) spesielle fysiologiske kriterium og krav til struktur og form av indre organ skulle oppfyllest - f.eks. artar både med lukka (physoclist) og open (physostom) symjeblære og grad av fysisk hardførleik.
- c) ein måtte ha ei rimeleg god forventning - kunnskapar og røyndom - til at artane lot seg klette og oppdrette frå egg til yngel under kontrollerte, lukka forhold i laboratorium og pollar.

Planlagt valte artar for 1991-92 samla blei då:

- fisk med lukka symjeblære; torsk, sei og hyse.
- fisk med open symjeblære; sild og/eller lodde.
- fisk med skifte av symjeblærefysiologi; piggvar og raudspette, begge valte artar som skulle representere flatfiskartar i Nordsjøen og Barentshavet.

Som representant for artar med lukka symjeblære brukte vi torsk og sei. Hyseegg lot seg ikkje framskaffe i 1992 som planlagt. Sild blei brukt blant artar med open symjeblære. Det var ikkje muleg å framskaffe tilstrekkeleg antall loddelarvar til forsøka korkje i 91 eller 92 idet vi fikk soppinfeksjonar på egga under klettefasa. Av flatfiskartene brukte vi både piggvar og raudspette avdi dei har mellombels lukka symjeblære gjennom larvestadia. Ein vesentleg grunn i tillegg til kva som er nemnd ovanfor, for å inkludere flatfiskartane som i vaksen tilstand er knytta til botnen, er at dei førekjem i dei øvre vasslaga som larvar og kan dermed bli utsette for seismisk påverknad.

Larvar og yngel frå alle artane blei i 91 dretta opp i store plastposar i eit 20 000 m<sup>3</sup> sjøvassbasseng (Svartatjernet). I dette systemet brukte vi naturleg forekommande dyreplankton i bassenget som fôr. Egg av torsk og sei blei samla inn frå naturleg gyting hos stamfisk ved Havbruksstasjonen. I dei ulike forsøka blei mellom 5 000 og 30 000 plommesekklarvar av torsk sett ut i posar på dag to etter kletking. Vel 10 000 seilarvar blei sette ut på dag tre etter kletking. Yngel av torsk på ulike alderstrinn som var produserte frittlevande i poll, blei henta frå Havforskningsinstituttets feltstasjon "Parisvatnet" i Øygarden utafor Bergen.

Sildeegg blei henta frå Orknøyane, Storbritannia og Skogsvågen, Sotra, vest for Bergen. Ei blanding av sild- og brislingyngel blei i tillegg fanga inn i Skogsvågen, Sotra.

Piggvar blei kjøpt etter behov frå Selvågfisk A/S, Os, og Tinfoss A/S. Larvane var dretta opp på naturleg plankton etter same metode som for torsk og sild. I tillegg blei piggvarlarvar produserte frå vel 5000 plommesekklarver (frå Selvågfisk A/S). Desse blei sett ut i to posar i Svartatjernet. Vel 5000 egg av raudspette blei overført frå Zoologisk Laboratorium til ein av posane i Svartatjern.

Forsøksposane innehaldande kjende antall egg, larvar eller yngel blei hengde i kjende avstandar frå luftkanonene. Desse blei så utsette for to (92-sesongen) eller to

til fire (91-sesongen) avfyringar med luftkanonene. Straks deretter blei dei saman med kontrollgruppene overførte til laboratorium for telling av døde eller skada individ og for vidare observering og studiar av ulike effektar. Antall skot reflekterte det som larvar til havs reelt kunne bli utsette for basert på dei kunnskapar vi hadde dei to åra om lengdeutstrekningar av brukte luftkanonfelt.

Oppsummert såg vi etter følgjande effektar og tilstandar:

- klekkesuksess (av egg),
- neddøing, momentan og langtids,
- oppdrift/flyteevne,
- vekst,
- startfôringssuksess,
- atferd, straks etter skyting og langtids og
- vevsskadar.

Til forsøka framskaffa vi to reduserte luftkanonoppsett som skulle reflekterte typiske reelle luftkanonoppsett brukt til havs. Dei viktigaste parametrane i denne samanheng som vi måtte ha kontroll over ved operering av oppsetta, var utsendt energi, antall eksponeringar (skot) som organismane blei utsette for og at alle luftkanonene fyrte av samstundes. Ein må forstå at simuleringseksperiment av denne typen ikkje kan gjenskape eksakt dei til-havsforhold som vi skal evaluere, men det må forståast som ei god tilnærming til dei.

Det første kanonoppsettet som vi brukte i løpet av sommarsesongen 91, bestod av ei luftkanonklynge på tre kanoner og to enkle kanoner. Dette var ein del - ei delrekke - av ei mykje brukt luftkanonrekke hos GECO-PRAKLA A/S. Delrekka var 9,5 m lang og vog vel 1 tonn og måtte følgjeleg opererast frå eit stort fartøy.

Eit underliggende moment for å bruke dette oppsettet var at vi primært ønskte å kartlegge og kaste lys over ikkje-direkte dødelege (subletale) effektar idet lite av dette var kjent frå før. Dette innebar at vi eksponerte organismane i avstandar frå kanonene som dekkja området frå "lita eller ingen momentan neddøing" til "ingen effektar i det heile" - det vil seie avstandar frå 2 til 7 m. Eventuelle næravstands-eksponeringar skulle vere av supplerande art i forhold til tidlegare framkommen viten (Kostyuchenko 1970, Holliday et al. 1987).

Ved avslutning av den ordinære feltsesongen i juli 91 hadde vi på dette grunnlaget naturleg nok ikkje direkte "tatt livet av" så mange individ sjølv om vi hadde observert andre interessante effektar. Tilbakemeldingar frå programstyret i NFFR i september uttrykte at også momentant "dødelege" eksponeringar av larvar og yngel måtte takast med i prosjektet. Ut frå dette blei det i oktober sendt ny søknad for 92 der næravstandsforsøk var det viktigaste. Desse signala frå programstyret var også bakgrunn for at vi gjennomførte to feltrundar til i 91 - i oktober og desember.

Under sommarsesongen 91 måtte vi utføre eksperimenta i ganske ope farvatn. Dette førte til at vi ofte fekk monalege problem på grunn av vind og straum med å kontrollere posisjonane av forsøksposane i forhold til luftkanonene. Årsaka til



dette var at Havbruksstasjonen Austevoll ikkje kunne tillate at forsøka blei utførte på den første utpeikte lokaliteten (same skjerna lokalitet som ved tilsvarande prosjekt i 85). Etter spesielle atferdsobservasjonar av laks på stasjonen under fleire luftkanonskytingar i siste feltrunden i sommarsesongen 91, blei det akseptert at dei vidare forsøka kunne utførast på den originalt utvalte staden.

Frå hausten 91 av og i heile 92 brukte vi eit flåtebasert oppsett. Her brukte vi berre luftkanonklynga idet vi skulle kartlegge næravstandseffektar og då ville tilleggs-pådraget frå kanoner som var "fleire" meter unna, ha liten innverknad på det totale pådraget. Posisjonane av kanonklynga og forsøksposane blei heile tida overvaka med video undervasskamera og det blei gjort opptak på videospelar for seinare studiar av fiskeatferd og til analyser og diskusjon av resultatata.

Det genererte lydfeltet i nærleiken av aktive luftkanoner er svært komplekst og dette tilsa at dersom ein skulle utføre målingar av lydtrykk som skulle ha relevans til observerte effektar, måtte ein plassere hydrofonane i eksakt dei same posisjonane som forsøksposane blei hengde opp i. Dette blei gjort med fire hydrofonar både ved det fartøybaserte oppsettet i 91 og ved det flåtebaserte oppsettet i 92. Signala frå alle hydrofonane blei tatt opp parallelt på ein instrumentbandopptakar og lagra for seinare analyser og rapportering ved NUTEK (Eknes 1993).

Ved eit storposeforsøk (posevolum ca. 140 m<sup>3</sup>) monterte vi eit nøytralt flytande aksellerometer i passande posisjon i posen for å måle kva for aksellerasjon dei luftfylte sjømassane med larvar blei utsette for. Dette forsøket var eit pilotforsøk for å studere kva for effektar den utslepte lufta frå luftkanonene kunne ha på larvar som var over kanonene.

Dei akustiske dataene blei handsama med omsyn på å framskaffe tallverdiar til parametrar som kunne støtte samanlikning og diskusjon av framkomne resultat og som kunne gjere det muleg å samanlikne verdiane våre med verdiar frå tidlegare og gjerne for kommande eksperiment - dvs. standardiserte parametrar. Detaljar om dette er gitt i Booman et al. (1993) og Eknes (1993).

Så langt muleg har vi opparbeidd alt biologisk materiale, foretatt analyser og framskaffa data undervegs i prosjektet. Handsama data frå alle forsøka til og med det siste i sommarsesongen 92 (ultimo juni) var i det vesentlegste framskaffa innan utgangen av september 92. Ein del statistiske analyser og å sette resultatata inn i ein større samanheng under sluttrapporteringa skulle gjennomførast i løpet av oktober-desember.

Ved analyse av materialet frå forsøket sist i juni fann vi fleire nye og interessante skadeeffektar på sidelineorgana (del av høyreorgana) og i indre organ hos piggvar. Dette har tidlegare ikkje vore observert og dokumentert andre stadar. Vidare fann vi også neddøing av piggvar på vesentlig større avstandar frå luftkanonene enn f.eks. for torsk.

For å verifisere desse funna og teste om dei var vitenskapelig truverdige (signifikante) trengtes meir materiale. Dette blei diskutert og vurdert i september i lys av

fagleg interesse og verdi og at vi no hadde tilgjengeleg personell og laboratorium på Havbruksstasjonen. Det kunne ellers gå årevis til neste fordelaktige høve måtte by seg. Vi konkluderte med at vi måtte ha ein ny feltrunde medio oktober og denne blei gjennomført. Analysearbeid - fysiologisk, histologisk og statistisk - saman med rapportskrivinga blei intensivert for å forsøke å oppretthalde opprinneleg prosjekt-avslutningsdato, 31.12.92.

Ved månadskiiftet november-desember erfarte vi at dei naudsynlege histologiske og elektronmikroskopiske analysene, sjølv med intensivert arbeid, ikkje kunne bli ferdige før noko ut i januar 93. Vi tok straks kontakt med NFFR v/formann og sekretær i programstyret for å forhøyre oss om det var muleg å søke om tilleggstil- deling for å slutføre analyse- og rapporteringsarbeidet og at vi ønskte å publisere den nye viten i eit internasjonalt tidsskrift. Svara var at ein søknad på det grunn- laget svært sannsynleg ville bli støtta idet dette også var i tråd med OLF sine utsagn og haldningar omkring å informere og publisere frå seismik-fisk prosjekta.

Søknad til NFFR, med søknadssum kr. 195.000,-, blei sendt medio desember. Vi ba om ei snarleg avgjerd eller anna tilbakemelding avdi arbeidet ikkje burde leggst bort "for lenge", og for sikre at ikkje prosjektilsette personar måtte fare over i anna arbeid. Det siste ville være ei rein ulukke for prosjektet!

Etter fleire henvendingar til NFFR i løpet av vinteren var det pr. 31.03.93 som var ordinær frist for NFFR-sluttrapportering, enno ikkje komme svar på søknaden. Etter to skriftlege purringar ultimo mars fekk vi medio april svar om at prosjektet var tildelt kr. 30.000,-.

Følgjeleg har vi ikkje kunna gjere ferdig den faglege sluttrapporten som planlagt, og dette må diverre få spesiell effekt på kva vi kan og finn tenleg å presentere her av resultat som enno ikkje har vore vurderte i forhold til og sette inn i ein heilskap. Ei anna følgje av denne spesielle sakshandsaminga av søknaden og tildelingssummen er at vi kan sjå bort frå å få publisert den nye framkomne viten i eit internasjonalt tidsskrift i overskueleg framtid i og med at dei to prosjektilsette forskarane har byrgja i anna arbeid. Dette fører også med seg at for slutføringa av det faglege arbeidet er det berre dei to prosjektleiarane ved ZL-UiB og HI som vil vere tilgjen- gelege i nær framtid.

#### 4 RESULTAT

Når vi skal gjennomføre slike forsøk som dette, har vi tatt utgangspunkt i at kvar art har ulik fysiologi, er ulikt hardføre overfor ytre påkjenningar og at desse tilstan- dane endrar seg som funksjon av alder. Vi veit for eksempel at torsk er svært hard- før overfor ytre påkjenningar medan sild ikkje er det. Dette må også presiserast når vi formidlar resultat og konklusjonar.

Som nemnd har vi totalt arbeidt med torsk, sei, piggvar, raudspette og sild. Ulike forhold så som for få individ og dårleg kondisjon førte til at resultata for sildelarvar knapt kan reknast representative for dei få stadia vi fekk undersøkt, og at vi hadde

for få individ av sei og raudspette til testing gjennom alle stadia frå egg til 0-gruppe yngel.

Så langt muleg er alle resultatane grupperte og presenterte på utviklingsstadium. Vi har brukt følgjande stadium: Effektiv alder (døgngradar) baserer seg for torsk og sild på normaltemperaturforhold på gytefelt og i typiske driftområder.

- egg,
- plommesekklarvar (aldersmessig; torsk 0 til ≈35 og sild 0 til ≈50 døgngradar),
- larvar (tilsvarande; torsk ≈35 til ≈335 og sild ≈50 til ≈650 døgngradar),
- postlarvar (tilsvarande; torsk ≈335 til ≈575 og sild ≈650 til ≈890 døgngradar) og
- yngel (omlag tilsvarande brukt 0-gruppestadium ved HI elles).

Oppsummert er nokre av dei hittil framkomne resultatane på ulike stadium og artar som følgjer:

#### Egg - torsk og sei:

For torsk fann vi ingen signifikant skilnad i antall døde egg mellom forsøks- og kontrollgruppene (F- og K-gruppene - kvar gruppe består av 1-4 posar) på noko eggstadium for avstandar 0,75 til 5,0 m frå kanonene. Tilsvarende resultat galt også for klekkesuksess.

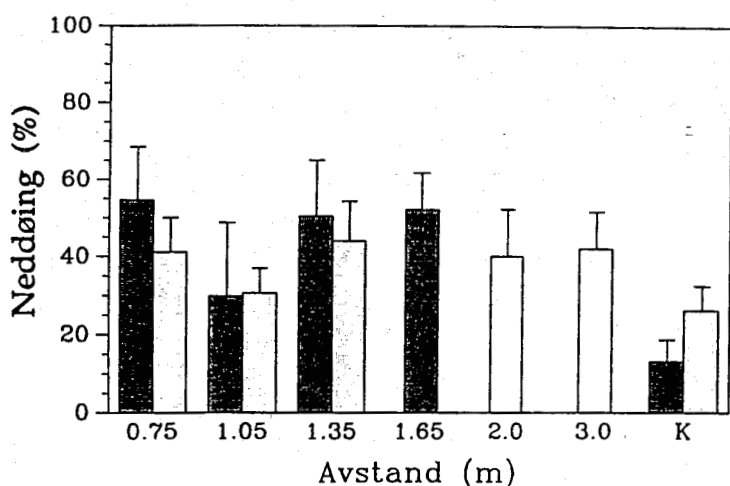
For sei fann vi større antall døde egg i F-gruppene, mellom 15 og 9 % for avstandar 0,75 m til 1,35 m på tidleg stadium (gastrulasjonsstadiet), enn i K-gruppa, 6% (middelverdi). For seinare eggstadium fann vi ingen signifikante skilnader. Ein liten, men ikkje-signifikant lavare klekkesuksess blei funnen for F-gruppa nærast luftkanonene.

#### Plommesekklarvar - torsk, piggvar og sild:

Neddøinga i F-gruppene for torsk ved den kortaste avstanden var i middel på 29 % mot 15 % i K-gruppa. For dei andre avstandane ut til 2,5 m var der ikkje signifikante skilnader. For larvar som overlevde skytinga, fann vi ingen signifikante skilnader i startforingsuksess for nokon av avstandane.

For piggvar fann vi (i dei to siste forsøksrundane) at neddøinga i F-gruppene var høvesvis mellom 52-29 % for avstandar ut til 1,65 m frå kanonene mot 13 % i K-gruppa og 55-30 % i F-gruppene for avstandar ut til 3,0 m mot 20 % i K-gruppa. Hadde ressursar og tid for prosjektet vore annleis, skulle vi her ha testa dette stadiet på større avstandar enn 3,0 m for å kartlegge kor neddøinga avtok mot K-gruppenivå. I figur 1 er neddøinga i prosent for dei ulike avstandane for det andre forsøket vist meir detaljert.

Histologiske undersøkingar av snitt av heile plommesekklarvar viste hulromsdanning i hjernevevet og i delar av netthinna (retina) på augo. Dei førebels analysene viser dette for alle avstandane, men er tydelegast for dei næraste avstandsgruppene. Slike skadar vil sannsynleg gi larvane ei funksjonshemming som over



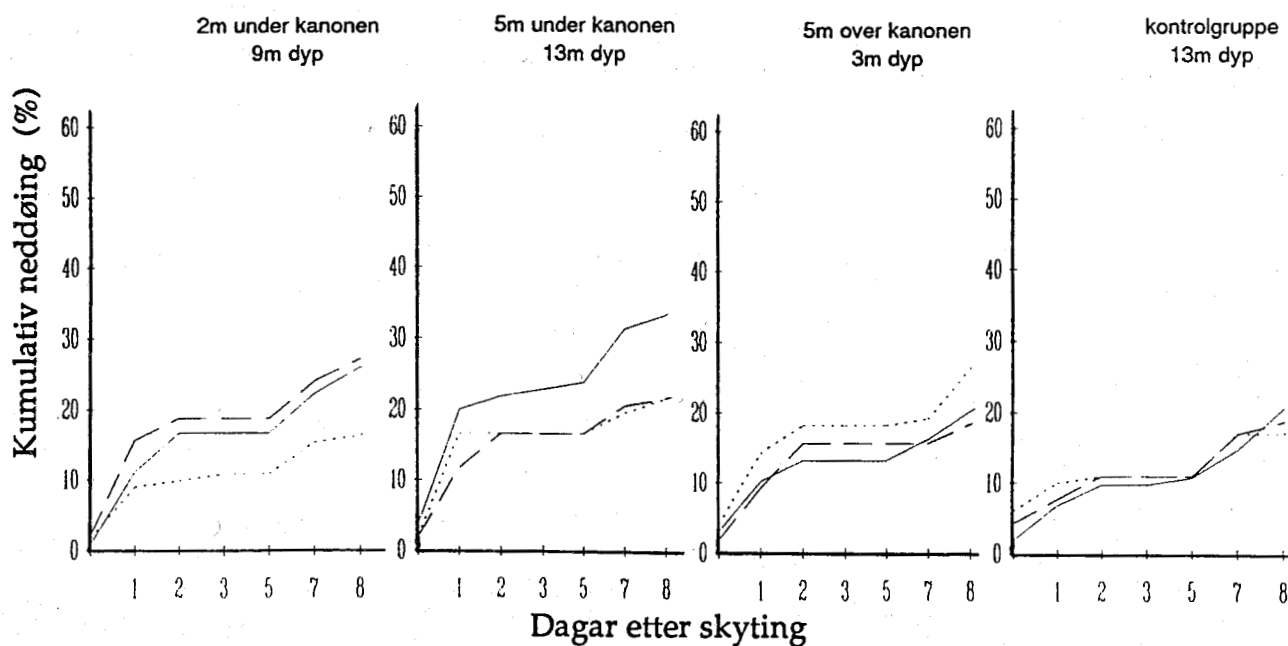
tid i visse tilfelle kan føre til død.

Som nemnd var den biologiske tilstanden for sildematerialet på dette stadiet så dårleg at resultatene for neddøing, foringssuksess og vekst ikkje er truverdige.

Figur 1. Neddøing (%) for piggvar som funksjon av avstand (m). Kvar søyle representerer ein forsøkspose.

#### Larvar - torsk og sei ( $\leq 15$ mm):

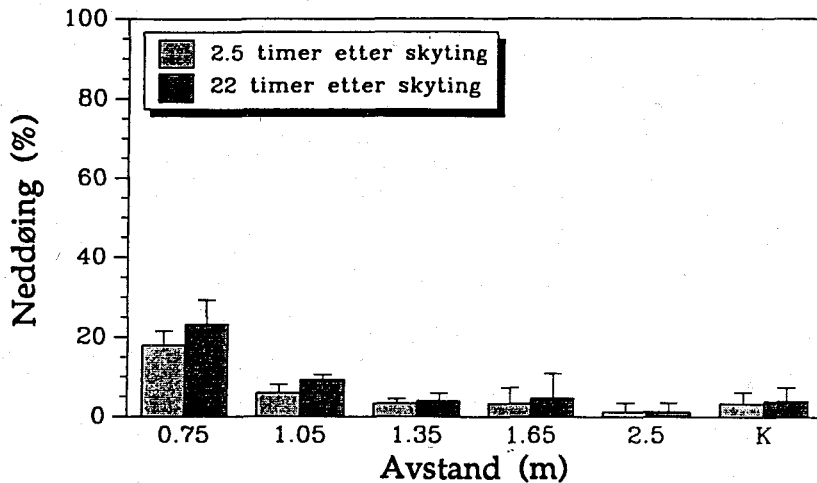
På dette stadiet viste det seg at organismene generelt var svært sårbare for all slags påverknad. Dette gav seg utslag i høge neddøingstall (opp i 80-90 %) med stor varians både i F- og K-gruppene - spesielt for sei, og dermed blei det vanskeleg å trekke ut truverdige tall både for momentan og langtidsneddøing pga. luftkanon-skytinga (klassisk problem i all "analog signalhandsaming"). Dette treng ikkje å tyde at luftkanon-skyting på dette stadiet ikkje fører til neddøing!



Figur 2. Kumulativ neddøing for torsk som funksjon av tid. a) avstand 2 m under kanona, 9 m djup, b) 5 m under kanona, 13 m djup, c) 5 m over kanona, 3 m djup og d) kontrollgruppe. Kvar line i figurane representerer ein forsøkspose.

På dette stadiet observerte vi langtidsneddøing for torsk også for eksponeringsavstandar utover 1,5 m. I fig. 2 a-d er dette demonstrert ved kumulativ (summert) neddøing over ein åtte dagars periode etter skyting. Kvar line i figurane representerer ein forsøkspose. Vi ser at for avstandar 2-5 m frå kanonene er middelerverdiene for neddøinga i F-gruppene høgare enn i K-gruppa.

#### Postlarvar - torsk, piggvar, raudspette og sild:



Figur 3. Neddøing (%) av torsk som funksjon av avstand (m). Lys skravering - 2,5 timar og mørk skravering - 22 timar etter skyting.

Neddøingstalla for torsk viste her monalege variasjonar mellom fleire eksponeringsrundar - frå lave verdiar (på K-gruppenivå) til noko høgare. Fig. 3 viser frå eit av forsøka signifikant neddøing for dei to næraste avstandane observert 2,5 og 22 timar etter skytinga, i forhold til K-gruppa.

For piggvar fann vi ingen signifikant neddøing i F-gruppene i forhold til K-gruppa. Antall stressa individ etter forsøka observert som endring over mot mørk pigmentering, låg omlag på samme nivå i alle gruppene.

Heller ikkje for raudspette observerte vi signifikante skilnader i neddøing mellom F-og K-gruppene.

Også på dette stadiet viste sild svært høg neddøing både i F- og K-gruppene. Som nemnd for fisk på larvestadiet, var det difor vanskeleg signifikant å tallfeste neddøinga i F-gruppene. Ein tydeleg tendens var likevel at neddøinga var større for dei næraste avstandane enn for den lengst frå luftkanona.

#### Yngel - torsk ( $\leq 100$ mm):

Det blei registrert frå 5 til 20 % neddøing ved 0,9 m, 0 til 3 % ved 1,3 m og ingen døde ved 1,7 m frå luftkanonene. I K-gruppa var der ingen døde. Blant fisk som ikkje blei drept, observerte vi med undervassvideo og i kara på laboratoriet at "fleire" fisk blei slått i svime og at dei hadde unormal symjeatferd. Nokre av dei svimeslåtte døyde i løpet av det første døgnet etter skyting medan dei andre spesielle atferdstilstandane gjekk vanlegvis over til normal atferd innan 0,5 til 1 time etter skyting. Slike atferdsendringar ser vi som viktige for alle stadium, men dei lot seg først observere med video når individene var blitt over ein viss storleik.

For forsøk med noko større yngel, 100-180 mm, var den momentane neddøinga på nivå med det som er nemnd for den litt mindre yngelen. Her fann vi også skadar på indre organ hos fisk som i første omgang overlevde dvs. på symjeblære, i nyreregionen, i hovudblodårer, i høyreorgana og på augo. Inntil tre dagar etter skytinga fann vi ein skadeprosent på 39. Av skadetypar kan nemnast sprukken symjeblære, samantrekt symjeblære, gassbobler under symjeblærehinna, sprukken nyrehinne med blodutreiing i nyrene og blodklumpar i bukholå og symjeblæra. Observasjonar etter 16 dagar viste ein skadefrekvens på 6 %. Dette kan tyde på at nokre av skadane delvis blir lækte.

Kan noko av dette mangfalda skadeomfanget - frå ingen skadar til lave og høgare skadenivå - for eksempel knytast til styrken av pådraget dvs. energinivåa eller andre karakteristiske parametrar av lydimpulsen som funksjon av avstand under skyting? Nokre av dei førebels resultatane frå lydfeltmålingane viser blant anna følgjande:

- lydintensitets- og lydtrykknivåa varierte berre innafor 3 dB ut til 1,35 m, deretter var det eit større negativt sprang på ca. 8 dB ut til 1,65 m for så å falle med ytterlegare ca. 7 dB ut til 3 m.
- tidsgradienten av trykkimpulsen ( $\times \text{Pa}/\text{y s}$ ) som uttrykker kor bratt forflanken av impulsen er, viste tilsvarande forløp som intensitets- og trykknivåa dvs. moderat variasjon pr. avstandseining ut til 1,35 m for så å reduseras sterkt ut til 1,65 m og så igjen å falle vesentleg mindre ut til 3,0 m. Ein typisk samanheng er at jo brattare forflanken er, jo større er sannsynet for skadar.

Både forløpa av lydnivåa og tidsgradienten som funksjon av avstand mellom luftkanonene og fisken kan støtte opp under å tyde neddøingsnivåa for torsk (som den mest hardføre arten) som funksjon av avstand. Vidare korreleringar mellom slike storleikar vil bli gjorde i slutføringa av Booman et al. (1993). Dette gjeld også for vurderingar av resultatane våre i forhold til allereie etablert viten frå tidlegare undersøkingar.

## 5 RESULTATOPPFØLGING OG RAPPORTERING

I og med at vi ikkje har kunna gjort ferdig totalvurderinga av resultatane i den faglege sluttrapporten, er det følgeleg gjort noko avgrensa oppfølgingsarbeid.

Når denne rapporten foreligg, skal vi først internt ved HI og deretter saman med Fiskeridirektoratet vurdere kva innverknad resultatane kan få for rådgiving og forvaltning i ressursbiologisk samanheng.

I forhold til resultatane frå dei artane vi har arbeidd med, trengs det meir kunnskapar om effektar frå luftkanonskyting på artar som vi ikkje lukkast å få tilstrekkelege data frå i mengde og kvalitet. Dette gjeld sild, lodde, sei og hyse.

Desse oppgåvene får stå opne til eventuelle framtidige prosjekt. Som forskningspro-

sjekt bør ein kreve ei anna og meir funksjonell "oppdragsgivarform og -organisering" som den NFFR/OLF-modellen som har vore brukt for dette seismikk-fisk prosjektet, som demonstrert forskningsadministrativt med faglege konsekvensar for slutføringa.

Anna type oppfølging av framkomne resultat kan bli gjort etter at den faglege hovudrapporten (Booman et al. 1993) og NFFR-sluttrapporten er distribuerte.

Følgjande rapportering og publisering har vore gjort innafor prosjektet:

Booman, C. Seismikk. Rapport om deltakelse på tokt i juli 1991 i forbindelse med prosjekt i 1992. *Internt notat*, Zool. Lab., Univ. i Bergen, aug. 91.

Booman, C. Effektar av luftkanonskyting på egg, larvar og yngel. Oversikt for feltarbeid utført april - juli 91. *Internt notat*, Zool. Lab., Univ. i Bergen, aug. 91.

Booman, C. Seismikk-fiskeyngel. Foreløbige resultater. *Internt notat*, Zool. Lab., Univ. i Bergen, aug. 91.

Booman, C. Seismikk-fiskeyngel. 6. forsøk 21.10.91. *Internt notat*, Zool. Lab., Univ. i Bergen, nov. 91.

Booman, C., H. Leivestad, and J. Dalen, 1992. Effects of Air-gun Discharges on the Early Life Stages of Marine Fish. *Scand.Oil.-Gas Mag.*, Vol. 20 - no. 1/2, 1992.

Booman, C., J. Dalen, H. Leivestad, A. Levsen, K. Toklum, og T. van der Meehren. Effekter av luftkanonskyting på egg, larver og yngel. Undersøkelser ved Havforskningsinstituttet og Zoologisk Laboratorium, UiB, i 1991-93. (Under utarb.), *Fisken og Havet* nr. x - 1993.

Dalen, J. Effektar av luftkanonskyting på egg, larvar og yngel. *Framdriftsrapportar*; nr. 1, juni 91, nr. 2, mars 92 og nr. 3, juni 92, Bergen.

Eknes, E. Lydtrykk i vann ved skyting med luftkanoner på fiskeegg, larver og yngel. *NUTEC rapport* nr. 38/92, 1993, Bergen.

## 6 ORGANISATORISK GJENNOMFØRING

### 6.1 Personell

Ei utfordring for å få til ei tenleg gjennomføring låg i at personane som skulle arbeide i prosjektet, var spreidde på fleire institusjonar og på fleire geografiske stader innan same institusjon. Vi danna difor ei prosjektgruppe med representantar frå alle einingane som i løpet av prosjektperioden har bestått av:

- John Dalen, HI (prosjektleder),
- Bjørn Serigstad, HI (permisjon frå vinteren 92),
- Terje van der Meehren, HI,
- Clelia Booman, ZL, (permisjon frå våren 92),
- Helge Leivestad, ZL, (prosjektleder ved ZL),
- Arne Levsen, ZL, (frå våren 92),
- Kjell Toklum, ZL,
- Jostein Farstad, Fjord Instruments og
- Erik Eknes, NUTEC.

Farstad, FI, og Eknes, NUTEC, deltok berre på spesielle prosjektmøte når viktige saker angående deira deltaking krevde det. Kontaktperson ved Fjord Instruments fram til hausten 90 - bl.a. under utarbeidinga av den første søknaden - var Karstein Rød.

På grunn av stor arbeidsbelastning for prosjektledaren ved HI måtte prosjektkoordineringa funksjonelt delast mellom Dalen og Serigstad i 91 og overlatast til Leivestad og van der Meehren i 92.

I tillegg til dei nemnde personane har følgjande personar arbeidd i prosjektet:

- Skuli Gudbjarnarson, HI,
- Torbjørn Lønøy, HI,
- Ragnhild Aakre, HI,
- Anne Marie Austerheim, ZL,
- Helge Salhus, ZL,
- Randi Sundfjord, ZL,
- Svein Bjerke, Fjord Instruments,
- Inge Hanstveit, Fjord Instruments og
- Harald Kvamme, Fjord Instruments.

## 6.2 Møte og kontaktar

I løpet av prosjektperioden har vi avvikla 16 prosjektmøte, eit fellesmøte mellom prosjekt- og styringsgruppa og ei rad meir uformelle kontaktmøte mellom samarbeidspartnarane.

Styringsgruppa for prosjektet har bestått av:

- Helge Leivestad, ZL,
- Mons Midttun, Norsk Hydro/OLF,
- Roald Sætre, HI og
- John Dalen, HI (prosjektkontakt).

Utover det nemnde felles prosjekt- og styringsgruppemøtet har prosjektleder jevnleg vore i kontakt med styringsgrupperepresentantane for å få faglege og organisatoriske vurderingar av prosjektgjennomføringa.



### 6.3 Tildelte midlar og kostnader

Prosjektet fekk tildelt kr. 1.400.000,- av søkte kr. 1.420.000,- for 91. Då vi etter tilråding frå programstyret utvida prosjektet til også å omfatte 92, fekk vi tildelt kr. 1.400.000,- av søkte kr. 1.460.000,- for det året. Som greidd ut om i kap. 3 "Fagleg gjennomføring", fann vi det fagleg forsvarleg å måtte arbeide noko uti 93 for å oppfylle målsettinga for prosjektet, og vi søkte då om kr. 195.000,- for ein fem månaders arbeidsperiode. Pr. primo april fekk vi tilsagn om kr. 30.000,-. Totalt tilgjengelege NFFR-midlar blei då kr. 2.830.000,-.

I tabell 1 er vist ei oversikt over hittil medgatte kostnader (pr.30.04.93) tilknytta utført arbeid i løpet av 1991-93 fordelt på lønn og direktet kostnader for hovudsamarbeidspartnarane institusjonane (underleverandørar ført under HI).

Tabell 1. Hittil medgatte midlar for 1991-93. Kostnader i 1000 kr.

	HI		ZL-UiB	
	Lønn	Dir.kostn.	Lønn	Dir. kostn.
1991:				
NFFR-midlar	482.7	647.6	334.0	102.0
Instituttmidlar	417.5		259.4	
Industrimidlar				
1992:				
NFFR-midlar	504.4	193.1	472.5	63.7
Instituttmidlar	108.1	46.6	141.5	
Industrimidlar	60.0			
1993:				
NFFR-midlar			30.0	
Instituttmidlar <sup>1)</sup>	21.9	0.5	34.0	
Industrimidlar				
1991-93 totalt:				
NFFR-midlar	987.1	840.7	836.5	165.7
Instituttmidlar	547.5	47.1	434.9	
Industrimidlar	60.0			
	2.482.4		1.437.1	
<b>Totalt</b>	<b>3.919.5</b>			

<sup>1)</sup> inkludert NUTEC kr 3.432,-.

Totalt lønnskostnader: kr 2.866.000,-.

Totalt direkte kostnader: kr 1.053.500,-.

Tabell 2 viser ei kostnadsoversikt fordelt på finansieringskjelder.

Tabell 2. Kostnader fordelte på finansieringskjelder.

Finansieringskjelde	Kostnader (1000 kr)
NFFR/OLF	2.830.0
HI	601.9
ZL-UiB	424.2
GECO	60.0
NUTEC	3.4
<b>Totalt</b>	<b>3.919.5</b>

Av NFFR/OLF-midlane er kr 2.800.000,- finansierte av OLF.

Lønns- og direkte kostnader tilknytta utført arbeid ved NUTEC A/S i 1991; kr 128.868,- og kr 75.054,- og i 92; kr 120.067,- og kr 11.474,-, tilsaman kr 335.463,-, er som nemnd ført under HI (underleverandør). Kr 3.432,- som står under NUTEC, er for sluttarbeidet i 93 med deira rapport.

Tilsvarende type kostnader for Fjord Instruments A/S/GECO-PRAKLA A/S (underleverandør) var i 1991; kr 138.204,- og kr 181.358,- og i 92; kr 116.508,- og kr 121.743,-, tilsaman kr 557.813,-. Under utarbeiding av den første søknaden i 1990 avtalte prosjektleiar med dåverande Dir. A. Farrestvedt, GECO, at GECO skulle støtte prosjektet med ein viss del av Fjord Instruments sin totalinnsats i prosjektet, ref. melding i framdriftsrapportane. Avtala inneheldt at ca. 25-30 % av samla kostnader ved Fjord Instruments kunne vere høveleg støtte. Dette skulle fastsetast endeleg i ei skriftleg avtale etter at prosjektet kom igang. Dette informerte Dir. Farrestvedt K. Rød, Fjord Instruments om. Denne forutsetninga blei lagt inn i kostnadsplanane og delar av prosjektøkonomien blei styrt etter det.

Då prosjektleiar i 92 tok saka opp med GECO-PRAKLA for å få dette i skriftleg form, gjekk dei frå det som tidlegare var avtalt. Etter eit spesielt kontaktmøte og vidare fleire skriftlege og telefoniske kontaktar enda prosjektet opp med eit bidrag på kr 60.000,- som vist i tabell 2. Naturleg nok førte dette til monalege økonomiske vanskar for prosjektet i sluttfasa.

#### 6.4 Andre organisatoriske forhold

I kap. 3 "Fagleg gjennomføring" blei det uttrykt ein del punkt som også omhandla tilhøyrande organisatorisk gjennomføring. I tillegg til det har framdriftsrapporteringa, konf. kap. 5 "Resultatoppfølging og rapportering", til NFFR vore utført ved dei ordinære rapporteringstidspunkta. Den faglege sluttrapporten skal når han foreligg, kvalitetssikrast ved HI og ved kommentering og godkjenning i prosjekt-

og styringsgruppa før han blir offentleg.

## 7 INFORMASJON

Målgruppa for informasjonen undervegs i prosjektet og etter prosjektavslutning er olje- og fiskeriresursforvaltninga, forskningsinstitusjonar og havsretta oljeindustri.

Vi har deltatt på to informasjonsseminar - i januar 92 og mars 93, i regi av NFFR og OLF der vi presenterte status og resultat frå prosjektet. Prosjektleiaren har deltatt med foredrag på tre møte, "Fiskerikyndig person ombord i seismiske fartøy", med fiskerisjefane frå Skagerak til Finnmark i regi av Fiskeridirektoratet. Vidare har han deltatt i fleire kontaktmøte med Fiskeridirektoratet og eit møte i Fiskeridepartementet for å formidle resultat og kunnskapar som kan ha nytte i forvaltningssamanheng.

Prosjektleiaren har i løpet av prosjektperioden gitt fleire avisintervju, to radiointervju (NRK P1) og eit intervju for fjernsynet ("Vestlandsrevyen"). Framdriftsrapportane til NFFR er ut over prosjekt- og styringsgruppa distribuerte til prosjektdeltakarane og aktuelle personar ved HI.

Dersom det blir stilt ressursar til rådvelde, vil det ha monaleg interesse og informasjonsverdi å få publisert den nye kunnskapen i eit utanlandsk tidsskrift.

## 8 REFERANSAR

Booman, C., J. Dalen, H. Leivestad, A. Levsen, K. Toklum, T. van der Meehren, 1993. Effekter av luftkanonskyting på egg, larver og yngel. Undersøkelser ved Havforskningsinstituttet og Zoologisk Laboratorium, UiB, i 1991-93. (Under utarb.), *Fisken og Havet* nr. x-1993.

Chelminski, P., 1974. The effect of dynamite and PAR AIR GUNS on marine life. *Newsletter*, Bolt Associates, Inc., Norwalk, Conn. 06854, USA.

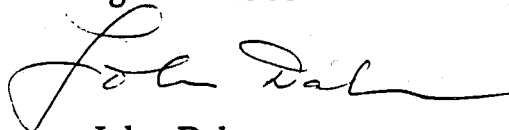
Dalen, J. and G. M. Knudsen, 1987. Scaring effects in fish and harmful effects on eggs, larvae and fry by offshore seismic explorations. In (Ed.: H. M. Merklinger) *Progress in underwater acoustics*, Plenum Publishing Corp., New York, USA.

Eknes, E., 1993. Lydtrykk i vann ved skyting med luftkanoner på fiskeegg, larver og yngel. *NUTEK rapport* nr. 38/92.

Engås, A., S. Løkkeberg, E. Ona og A. Vold Soldal, 1993. Effekter av seismisk skyting på fangst og fangsttilgjengelighet av torsk og hyse. *Fisken og Havet*, nr. 3 - 1993.

- Gaidry, W. J., 1972. Investigations of compressed air charges on oysters, waters and water bottom. Upubl., 43 s. Sitert av Weinhold and Weaver 1972.
- Holliday, D.V., R. E. Pieper, M. E. Clarke and C. F. Greenlaw, 1987. The effects of airgun energy releases on eggs, larvae and adults of the Northern anchovy. *Am. Petr. Inst. Publication no 4453*.
- Holmstrøm, S., 1973. Effekter av luftkanonseismikk på larver og yngel til havs - modellering og simulering. *SINTEF-rapport nr. STF48 A93007*, Trondheim.
- Knutsen, G. M. og J. Dalen, 1985. Skadeeffekter på egg, larver og yngel fra seismiske undersøkelser. *Havforskningsinstituttet rapport nr. FO 8505*.
- Kosheleva, V., 1992. The impact of air guns used in marine seismic explorations on organisms living in the Barents Sea. *Contr. "Petro Pisces II " 92, F-5, April 6-8, 1992, Bergen*.
- Kostyuchenko, L.P., 1970. Effects of elastic waves generated on fish in the Black Sea. *Hydrobiol. Jour. 9: 45-48*.
- Weinhold, R. J. and R.R. Weaver, 1972. Seismic air guns effect on immature coho salmon. *Contr. 42nd Ann. Meet. Soc. Expl. Geophysicists, Anaheim, California. Upubl. 15 s. (Mimeo)*.

Bergen 02.05.93



John Dalen