

*Af*

*des. 1*

ISSN 0804 - 2128

**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**  
**RAPPORT FRA SENTER FOR MARINT MILJØ NR. 9 - 1993**

*Fiskeridirektoratets  
Bibliotek*

John Dalen:

**EFFEKATAR AV  
LUFTKANONSEISMICK  
PÅ LARVAR OG YNGEL TIL HAVS**

(Sluttrapport NFFR-prosjekt 1701 - 701.354)

**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**  
**SENTER FOR MARINT MILJØ - APRIL 1993**

*1955/93*

# Sluttrapport



Skjema S20

## Norges Fiskeriforskningsråd

NFFR - Pir Senteret

7005 Trondheim

tlf. 07 515933 telefax: 07 522178

**Ansvarlig institusjon****NFFR-nr.****Havforskningssinstituttet****1701-701.354****Postadr.**

Tlf.

P. boks 1870 Nordnes  
5024 Bergen

05238500

**Prosjekttittel**Effektar av luftkanonseismikk  
på larvar og yngel til havs**Kontaktperson****Faglig hovedansvarlig**

John Dalen

John Dalen

**Mål** Klarlegge sannsynlege gradar av overlapping mellom skaderisikovolumet rundt luftkanonfelt og oppholdsvolumet for larvar, og framstaffe forhold mellom naturleg neddøyning og neddøyning p.q.a. luftkanonseismikk.

**Emneord** (4 emneord i prioritert rekkefølge som karakteriserer prosjektet)

Seismikk, fisk, skadeeffekt, skremmeeffekt

**Tidsramme**

Startår:

Sluttår:

1991

1993

## Prosjektregnskap pr. / 1993

**INNTEKTER**

NFFR-bevilgning ..... 1.250.000,-

Andre bevilgninger ..... 612.600

**UTGIFTER**Lønn og sosiale utgifter ..... 1.541.700,-  
(generalia) .....

Driftsutgifter ..... 149.300,-

Ulstyr ..... 171.600,-

1.862.600,-

◀ Samme sum ▶

1.862.600,-

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

Vedlegg på 15 maskinskrevne sider  
er merket med Prosjektnr. og -tittel

Faglig hovedansvarlig

(sign.) John Dalen

Kontaktperson

(sign.) John Dalen, Dag Slagstad

Sted: Bergen ..... Dato: 28.04.93

Hovudmålsettinga har vore å klarlegge gradar av overlapping mellom opphaldsvolumet av larvar og yngel og skaderisikovolumet rundt luftkanonfelt og evt. neddreping og skading pga. seismikk. Ved sida av å auke den faktiske viten om dette skulle vi få fram eit operasjonelt dataverktøy til bruk i rådgiving og forvaltning.

Vi har utvikla ein matematisk modell der vi kan estimere tilstandar av og endringar i den romlege fordelinga av fisk når desse blir utsette for seismisk lydenergi og vidare eit datasimuleringsverktøy som viser "alt" kva som skjer. Modellen baserer seg på aktuell viten innen biologisk og fysiologisk modellering, data om kondisjonsforhold og motorisk atferd av fisk, energiomsetningar hos fisk og om antall, storleik og plassering av luftkanoner i luftkanonfelt.

Dei kunnskapane om fisk som trengtes for den aktuelle modellen, er trekte ut frå viten om atferda av fisk når dei blir påtrykt eit akustisk stimulus, høyre- og responstersklar ved akustisk stimulering, symjekapasitet, dvs. fart og uthald for ulike artar og storleiksgrupper og vertikalfordelingar av fisk som funksjon av art og lengde i det området der den seismiske aktiviteten foregår.

Nye observasjonar av vertikalfordelingar av larvar og yngel blei samla inn under to tokt i juli og august 92 med spesiell konsentrering på betre djupneoppløysning i dei øverste 15 m som er viktige i denne samanhengen.

For sildelarvar fann vi f. eks. at ca. 85 % var fordelt i dei øverste 15 m. Denne fordelinga er kritisk sett med omsyn på å bli utsett for luftkanonskader idet kanonene blir taua i 6 - 8 m djup. Atferd og symjekapasitet vil vere avgjeraende for evna til å komme seg unna risikovolumet rundt luftkanonene.

For torskelarvane fann vi ved dette høvet at ca. 83 % var fordelt mellom 15 og 30 m. For begge artane saman med fleire andre trengs meir viten om fordelingsvariasjonar over døgnet.

Når vi påtrykker fisken akustiske stimuli, vil atferda vere avhengig av lydtrykknivået der fisken er i forhold til bakgrunnsstøy nivået, kva art vi har med å gjere, kva alder og storleik fisken har og kva fysiologisk og atferdsmessig tilstand fisken er i. Når lydtrykknivået overstig fisken sin responsterskel, vil fisken reagere med å auke farten noko i eigen opprinneleg fartsretning. Aukar vi stimulusnivået vidare, vil fisken etter kvart bestemme retninga til lydkjelda og han vil symje bort frå fartøyet. Ved ytterlegare auke av nivået vil fisken til slutt forsøke å foreta ein fluktreaksjon.

Simuleringane for 35 cm torsk viser at ved realistiske vertikalfordelingar i øvre sjøvolum, vil fisken klare å komme seg unna risikosona. Likevel vil energireserven vere oppbrukt når seismikkfartøyet har passert.

25 mm torskelarvar som finn seg på eller nær kurslinja, vil ha brukt opp all sin tilgjengelege energi - dei er totalt utmatta - før fartøyet har passert. Neddøinga vil difor i stor grad vere bestemt av overlappinga mellom skaderisikovolumet og opphaldsvolumet for larvane. Det vil seie at vertikalfordelinga og konsentrasjonen (antall fisk pr. volumeining) av larvane vil bestemme neddøinga.

På grunn av få og lite pålitelege data for larvar og yngel som måtte brukast, og at prosjektet ikkje fekk midlar til å samle inn betre data for å framskaffe eit tenleg dataverktøy, kan vi ikkje tilrå at verktøyet i si noverande form blir brukt i rådgivings- og forvaltingssamanhang.

Prosjektet har vore utført i eit samarbeid mellom Havforskningsinstituttet, Bergen, SINTEF avdeling reguleringsteknikk, Trondheim, Institutt for fiskeri og marinbiologi, UiB, Bergen, Norges Fiskerihøgskole, UiTø, Tromsø og SINTEF DELAB, Trondheim.

## PROSJEKT 1701-701.354 "EFFEKTAR AV LUFTKANONSEISMISK PÅ LARVAR OG YNGEL TIL HAVS"

### 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 krav 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 råbot 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 opposing 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 utarbeidt 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".

Innan kunnskapsområdet som er meint å dekkast av dette prosjektet, hadde det hittil ikkje vore utført forskning som direkte har klarlagt i kva grad luktkanonskyting til havs medfører skadeverknader på larvar og yngel. Fisk vil høyre det seismiske fartøyet og luftkanonene på lang avstand og ved visse stimulustilstandar vil dei forsøkje å symje unna (Chapman and Hawkins 1969, Dalen 1970, 1973, Olsen 1969a, b). Fisk over yngelstadiet reknar vi å ha så stor eigaforflytningsevne at dei naturleg kan symje tilstrekkeleg unna i forhold til det seismiske fartøyet og derved unngå å bli skada (Dalen og Raknes 1985, Malme, Smith and Miles 1986). Fisk på larve- og yngelstadiet har vesentleg mindre evne til å symje unna i slike situasjonar. Men i kva grad dei har klart å komme seg tilstrekkeleg unna skaderisikovolumet rundt luftkanonfeltet idet det passerer, visste vi lite om. Her var det behov for spesiell forskning for å klarlegge sannsyn for skadar på larvar og yngel.

Likewise var det framkomme monaleg interesse og behov for å forsøkje å framskaffe

kunnskap om sannsynleg total neddrepning av egg, larvar og yngel frå seismiske aktivitetar innafor gitte geografiske område i forhold til total naturleg neddøring av desse organismane. Spesiell interesse omkring dette gjeld på larve- og yngelstadia.

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) 1701-701.353 "Effektar av luftkanonskyting på egg, larvar og yngel" og
- b) 1701-701.355 "Effektar av seismisk luftkanonskyting på fiskeatferd og fangstil-gjengelighet".

I desse prosjekta har ein høvesvis;

- a) arbeidt med å utføre observasjonar og analyser av skadar på egg og skadar og dreping av larvar og yngel av ulike fiskeartar ved skyting med luftkanoner ved Havbruksstasjonen Austevoll og
- 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.

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

## 2 MÅL

Hovudmålsettinga har vore å klarlegge gradar av overlappning mellom opphaldsvolumet av larvar og yngel og skaderisikovolumet rundt luftkanonfelt. Ved sida av å auke den faktiske viten om dette skulle vi få fram eit operasjonelt verktøy til bruk i rådgiving og forvaltning. Avdi forståingsgrunnlaget og innhaldet i dette endra seg underveis i prosjektgjennomføringa etter ytre vilkår og pålegg og at delmåla derved blei endra, skal det giast ei kort utgreiing om dette.

For å framskaffe kunnskapar om larve- og yngelfordelingar i skaderisikovolumet og mål og sannsyn for skadar og neddrepning og for å etablere det operasjonelle verktøyet, foreslo vi to metodar med sine delmål:

### Metode 1

For å kartlegge vertikalfordelingar av larvar og yngel til havs i upåverka og påverka til-stand med omsyn til eit operativt seismisk fartøy skulle vi etablere eit forsøksoppsett med seismisk fartøy, observasjonsfartøy og eit fiskefartøy. For å kunne kartlegge eventuelle forflyttningar av larvar og yngel frå det aktuelle overflatelaget (0-30 m) skulle vi arbeide etter følgjande skisse:

- a) Før det seismiske fartøyet starta opp, skulle vi kartlegge vertikalfordelingar over minimum 2-3 døgn av postlarvar (valt stadium å arbeide med) med akustiske instrument - skrogmonterte og semi-frittflytande. Eit visst antal trål- og håvtrekk skulle takast for å supplere dei akustiske observasjonane og for å identifisere fisken på art og lengde.
- b) Med utgangspunkt i eit område med fordelaktige fiskefordelingar skulle vi plassere ut ein spesiell semi-frittflytande rigg med akustiske instrument i nærleiken av observasjonsfartøyet. Deretter skulle vi starte opp seismikkskyttinga ein viss distanse unna. Medan seismikkfartøyet nærma seg og passerte observasjonsfartøyet med ein viss avstand slik at fartøy og kanonfelt passerte over måleriggen og fjerna seg, skulle vi observere eventuelle endringar av postlarvefordelinga i området. Dette skulle repeterast eit visst antal gonger ved fleire situasjonar, dvs. dag-/nattsituasjonar og ved ulike lysforhold - overskya/klart.
- c) Medan vi framleis arbeidde i område med fordelaktige postlarvefordelingar skulle seismikkfartøyet skyte langs fastsette kursar. For å framskaffe viten om omfang og type av eventuelle skadar på postlarvane skulle eit fiskefartøy gå inn straks bak kanonfeltet og foreta notkast (brislingnot/loddenot) for å fange ev. skadde postlarvar. Vidare skulle observasjonsfartøyet foreta eit visst antal tråltrekk bak luftkanonfeltet i fastsette djup med tilsvarande føremål.

## Metode 2

- a) Utvikle ein atferds-energetiske modell (M1) for larvar og yngel basert på aktuell publisert viten om kondisjonsforhold, motorisk atferd og energiomsetnings-samanhangar hos larvar og yngel (Brett 1964, Blaxter 1969, Wardle 1977, Weihs 1980) og deretter estimere og simulere sannsynlege fordelingar for organismane ved modellerte aktuelle ytre stimuli/pådrag.
- b) Utvikle ein effektmodell (M2) som dels skulle bygge på forsvarlege og aksepterte resultat frå M1, for å estimere total neddreping av larvar/yngel innafor gitte geografiske område med ulike skadestrategiar og seismiske dekningsgradar som hovudparametrar. Saman med kunnskapar om total naturleg neddøing av larvar/yngel på ulike alderstrinn skulle vi framskaffe forhold mellom desse typar neddøing.

Gjennomføringa av prosjektet skulle primært inkludere begge metodane for å oppfylle målsetninga og for å gi ei forsvarleg og dekkande løysing av problemstillin-gane, eller sekundært metode 2 supplert med undersøkingar for å framskaffe ny viten om vertikalfordelingar og atferd av larvar og yngel.

Ved første gongs handsaming av prosjektsøknaden i programstyret og referanse-gruppa for programstyret i NFFR hausten 1990 kom det fram ein del spesielle argument som førte til endringar av fagleg omfang og innhald. Dette påverka vidare kor muleg det ville vere å oppfylle målsetninga, og at oppgåvene måtte endrast undervegs. For å klargjere dette skal vi kort nemne samanhengen.

Referansegruppa v/OLF sin representant ville ikkje tilrå at det blei tildelt midlar til å gjennomføre prosjektet innehaldande metode 1. Argumenta for dette var av ikkje-fagleg karakter, men reint økonomiske. Dette valde programstyret å ta omsyn til i tildelinga av midlar og ein endra prosjektmodell blei utarbeidt i ny søknad for 1991-92. Modellutviklinga og simuleringa (metode 2) blei halde uendra og for å fram-skaffe naudsynlege vertikalfordelingsdata for larvar og yngel og atferdsdata i upåverka og påverka tilstand ved luftkanoneksponering, blei to supplerande delprosjekt formulerte:

### **Vertikalfordelingar av larvar og yngel til havs**

For å skaffe oss viten om vertikalfordelingar av larvar og yngel til havs skulle vi delta på 3-4 tokt i perioden ultimo mai til ultimo august. Med utgangspunkt i område med fordelaktige fiskefordelingar skulle vi observere vertikalfordelingar i 0-50 m med skrogmontert akustisk utstyr og ein spesiell semi-frittflytande rigg med akustiske instrument. Observasjonane skulle utførast ved fleire tilstandar; dvs. dag-/nattsituasjonar og ved ulike lysforhold (skya/klart). Desse observasjonane skulle supplerast med data frå trål- og håvtrekk.

### **Atferd og energetikk av larvar og yngel**

Det måtte framskaffast betre kunnskapar om atferds-energetiske samanhengar og atferdsmønster for larvar/yngel ved lydstimulering. I eit spesielt laboratorieoppsett skulle vi kartlegge og kvantifisere symjeevne og kondisjonsparametrar ("trede-mølleprinsippet") hos larvar/yngel på fleire utviklingstrinn. Vi skulle vidare gjennom spesielle feltforsøk under kontrollerte vilkår ha fisken i store plast- og nettposar i avstengd poll og foreta representativ lydstimulering med mobil luftkanon(-er) med varierande pådrag. Kontrollgrupper med fisk i upåverka tilstand skulle inkluderast i alle forsøka og biologisk og fysiologisk prøvetaking skulle gjennomførast etter eit spesielt oppsett.

Framkomne kunnskapar frå begge desse delprosjekta ville være primære for å framskaffe ein realistisk og truverdig modell 1 som kunne ha nytte i rådgivings- og forvaltingssamanhang.

Ved søknadshandsaminga hausten 91 blei det tilrådt at det første foreslåtte delprosjektet skulle inkluderast, men at det andre skulle utførast.

I løpet av modelleringsarbeidet i andre halvår 91 og første halvår i 92 (Holmstrøm 1992) fekk vi gjennom omfattande litteraturstudium klart demonstrert, som tidlegare forutsett, det svært avgrensa omfanget i mengde og kvalitet som fanst av kunnskapar om atferd av larvar og yngel både i upåverka tilstand og under på-verknad av ytre stimuli. Dette var i ferd med å redusere kvalitet og realisme i modelleringa og hemma verifikasiing av fleire delmodellar. Tilstanden som så og mulege tiltak for å rå bot med dette blei diskuterte under fleire prosjektmøte og eit styringsgruppemøte. Konklusjon og tilråding frå begge fora var samanfallande - kunnskapane måtte framskaffast gjennom spesielle forsøk. Dette gjorde HI v/prosjektet klart overfor NFFR ved ein ny søknad for 1993 som i hovudsak omhandla å få gjennomført delprosjektet "Atferd og energetikk av larvar og yngel" og ei følgjande,

lita omorganisering av modelleringsarbeidet. Ved sakshandsaminga i programstyret etter eit kontaktmøte med OLF hausten 92 blei søknaden ikkje tilrådd med tilsvarande spesielle grunngiving som for handsaminga av "metode 1" hausten 90.

Oppsummert har dette medført at vi har arbeidt etter ei redusert hovudmålsetning i forhold til kva som er nemnd først i dette kapitlet, med delmålsetningar tilknytta "metode 2" og delprosjektet "Vertikalfordelingar av larvar og yngel til havs".

### **3 FAGLEG GJENNOMFØRING**

Prosjektet har vore basert på tilgjengeleg kompetanse ved følgjande institusjonar:

Havforskningsinstituttet (HI): Prosjektansvarleg institusjon og ansvarleg for bidrag til hovudlinjer i dei matematiske modellane, for framskaffing av biologiske, fysiologiske og seismiske data gjennom feltarbeid, frå litteratur og eigenkompetanse og for rapportering.

SINTEF avdeling reguleringsteknikk: Ansvarleg for utvikling av matematiske modellar med programvare og simuleringsverktøy og for fagleg hovudrapportering.

Institutt for fiskeri- og marinbiologi (IFM), UiB: Ansvarleg for framskaffing av biologiske og fysiologiske data frå litteratur og eigenkompetanse.

Norges Fiskerihøgskole, UiTø: Ansvarleg for å framskaffe biologiske og fysiologiske data frå litteratur og eigenkompetanse.

SINTEF DELAB: Ansvarleg for utvikling av matematisk modell med programvare og simuleringsverktøy for fuftkanonfelt og for delrapportering.

Av personellressursomsyn ved SINTEF og HI kunne vi først starte opp det faglege arbeidet i andre halvår 91. Dette blei markert ved eit prosjektseminar (med 11 deltakarar av 14 innkalla) og eit oppstartsmøte - begge den 3. september. Der etablerte vi eit fagleg grunnlag for "Modellering og simulering", organiserte interesserte og tilgjengelege personar i ei prosjektgruppe (seks personar) og ei ressursgruppe (åtte personar), konf. kap. 6, og utarbeidde planskisser med omsyn på aktivitetar, framdrift og personellinnsats.

Som nemnd i kapittel 2 "Mål" måtte vi dels klargjere, korte ned og endre på problemstillingar og oppgåver undervegs. Arbeidet med den atferds-energetiske modellen omfatta i første faser omfattande litteratursøk og -studiar og å etablere hovudlinjer i den matematiske modellen (Holmstrøm 1992). Vidare blei det gjennomført naudsynleg planleggingsarbeid for dei tre tokta i 92 med framskaffing av prøvetakingsreiskapar og instrumentering.

Utviklinga av den atferds-energetiske modellen og simuleringsverktøyet følgde planen for dei første to kvartala i 92 (pr. søknad 15.10.91). I tredje kvartal la vi om arbeidet noko i forståing med kva som var formulert i søknaden (pr. 30.06.92) for 93. Vi rekna at den samla faglege tyngda bak behovet for å arbeide i 93 for å framskaffe

atferdkunnskapar om larvar og yngel med ei moderat omlegging av modellingsarbeidet for å kunne inkludere nye atferdsdata, var så velfundert i forhold til hovudmålsettinga for prosjektet at søknaden naturleg ville bli innvilga. Derved endra vi planane for siste del av 92 til bl.a. at vi ikkje skulle ha den faglege slutrapotten ferdig til 31.12.92, men eit arbeidsnotat som skulle dokumentere framdrift og utført arbeid hittil.

På forespurnad til NFFR medio november 92 fekk vi vite at søknaden ikkje var tilrådt (som stadfesta pr. brev av 30.11.92). Som følgje av dette tok vi straks aksjon for å runde av arbeidet og for å ferdigstille sluttrapporten. Rapporten var ferdigskrevet ultimo februar d.å. og har deretter vore til høyring og kommentering i prosjekt-, ressurs- og styringsgruppa. Bidraga frå desse blei så innarbeidt og rapporten (Holmstrøm 1993) er overlevert HI. Fagmiljøa ved HI vurderer rapporten som svært interessant for fleire forskningsområde, konf. kap. 5.

#### 4 RESULTAT

Vi har utvikla ein matematisk modell der vi kan estimere endringar i den romlege fordelinga av fisk når desse blir utsette for akustiske stimuli (Holmstrøm 1973). Modellen baserer seg på aktuell viten innan biologisk og fysiologisk modellering, data om kondisjonsforhold og motorisk atferd, energiomsetningar hos fisk og om antall, storleik og plassering av luftkanoner i luftkanonfelt.

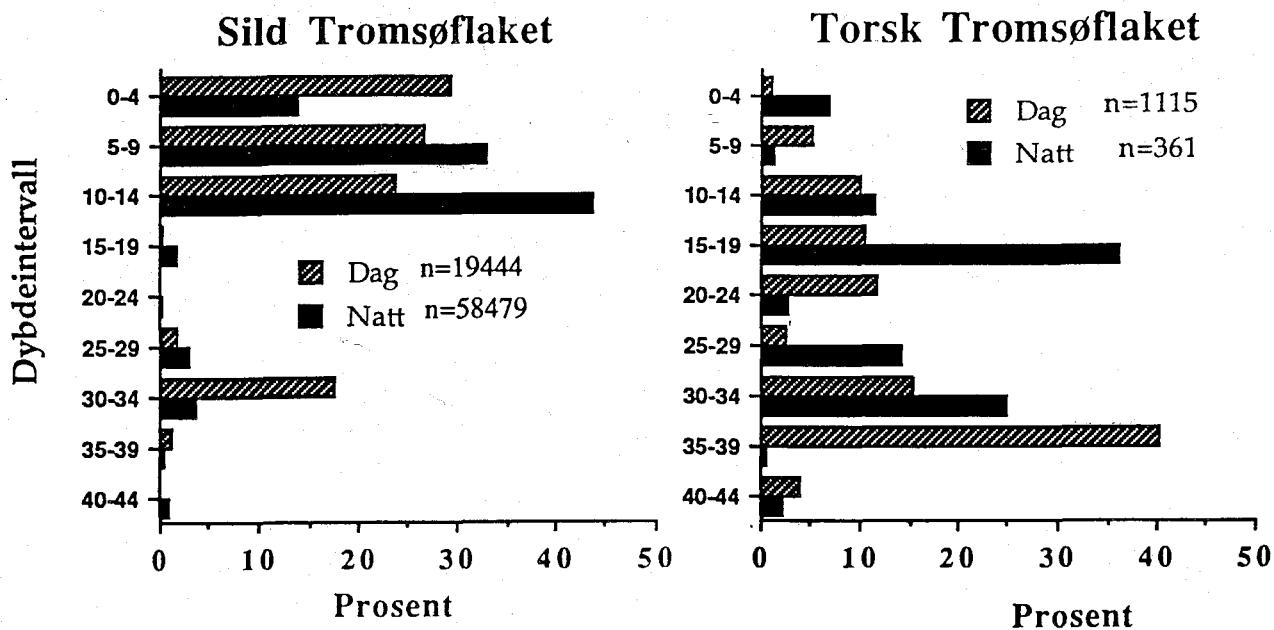
Den matematiske modellen inneholder eit sett med likningar som uttrykker stimulusstyrke og -fordeling (Berg 1973), den dynamiske atferda av fisken og ei rekke parametrar som i utgangspunktet skulle vore eksperimentelt bestemte. På grunn av manglende eksperimentelle data for fleire av desse parametrane, har vi måtte anta og dels ekstrapolert verdiar og funksjonar for desse.

Dei parametrane for fisk som trengtes for den aktuelle modellen, er trekte ut frå kunnskapar om:

- a) atferda av fisk når dei blir påtrykt eit akustisk stimulus,
- b) høyre- og responstersklar ved akustisk stimulering,
- c) symjekapasitet, dvs. fart og uthald for ulike artar og storleiksgrupper og
- d) vertikalfordelingar av fisk som funksjon av art og lengde (alder) i det området der den seismiske aktiviteten foregår.

Når det gjeld pkt. d, vertikalfordelingsdata, blei datagrunnlaget styrka etter dei to tokta vi gjennomførte i juli og august 92. Spesielt galt dette betre djupneoppløysning i dei øverste 15 m som er viktige i denne samanhengen. I figur 1 er vist eksempel på djupnefordelingar av sild- og torskelarvar i juli.

For silde larvane finn vi at ca. 85 % er fordelt i dei øverste 15 m. Denne fordelinga er kritisk sett med omsyn på å bli utsett for luftkanonskader idet kanonene blir taua i 6-8 m djup. Atferd og symjekapasitet vil vere avgjeraande for evna til å komme seg unna risikovolumet rundt luftkanonene.



Figur 1. Vertikalfordeling av sildelarvar og torskelarvar i juli 92.

For torskelarvane finn vi i dette eksemplet at ca. 83 % er fordelt mellom 15 og 30 m. For begge artane saman med fleire andre veit vi at slike fordelingar varierer over døgnet. På grunn av toktavkortinga (sjå kap. 6.4) blei omfanget av døgnseriar noko mindre enn planlagt og ønskjeleg.

For pkt. a - c må vi i beste fall konkludere med at datagrunnlaget blei heller mangelfullt når vi ikkje fekk høve til å gjennomføre delprosjektet "Atferd og energetikk av larvar og yngel".

Når vi påtrykker fisken eit akustisk stimulus, vil atferda vere avhengig av lydtrykknivået der fisken er i forhold til bakgrunnsstøyenivået, kva art vi har med å gjere, kva alder og storleik fisken har og kva fysiologisk og atferdsmessig tilstand fisken er i. Når lydtrykknivået overstig fisken sin responsterskel som også er knytta til bakgrunnsstøyenivået, vil fisken reagere med å auke farten noko i eigen opprinnelig fartsretning. Aukar vi stimulusnivået vidare, vil fisken etter kvart bestemme retninga til lydkjelda og han vil symje bort frå kjelda. Ved ytterlegare auke av nivået vil fisken til slutt forsøke å foreta ein fluktreaksjon med rask aksellerasjon og stor fart.

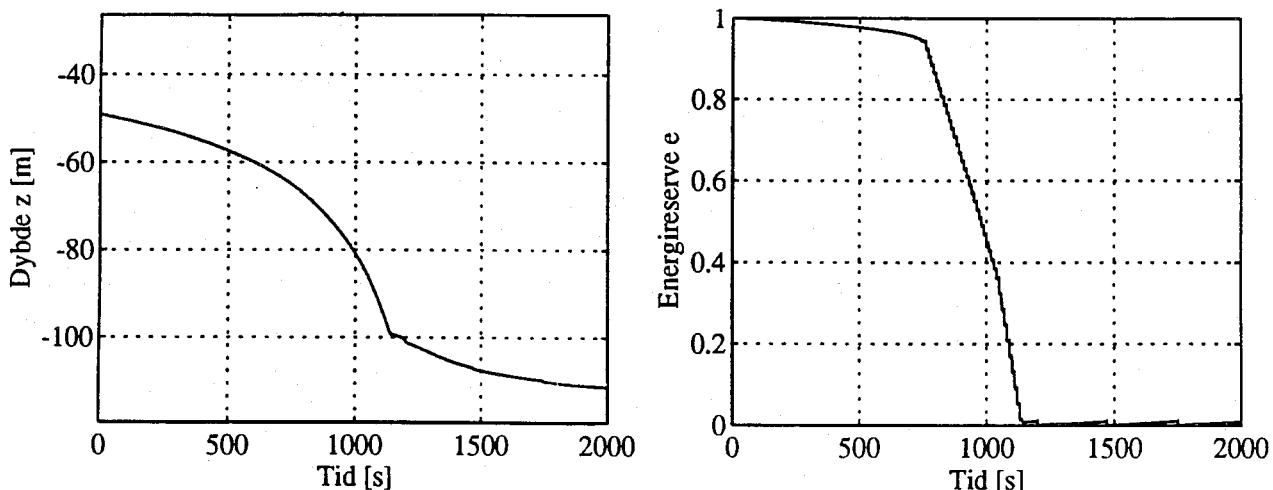
Symjefarten som vi uttrykker i antall kroppsleenger pr. sekund, er gitt både av maksimalt oppnåeleg fart og uthald ved ein gitt fart. Høg fart kan berre oppretthaldest over korte tidsrom (i storleiksorden ein minutt) før utmatting inntreffer. Symjekapasiteten totalt er stort sett avhengig av kroppsform, lengde, temperatur og kondisjonsgrad. For fiskelarvar og -yngel finst det svært lite data om uthald som funksjon av fart og lengde. For ein del artar av vaksen fisk er dette kartlagt i eit visst mon, men dette kan ikkje direkte overførast til larvar og yngel på grunn av fleire forhold så som ulike kroppspropesjonar, symjemønster, tilgjengeleg energi pr. vekt- eller lengdeeining og evne til restitusjon etter utmatting.

Når det gjeld restitusjon etter utmatting, er dette berre undersøkt for få artar og berre for vaksen fisk. Typiske resultat viser at det tar opptil 24 timer etter utmatting før fisken er restituert igjen. Dette er ein viktig parameter å vere klar over i vår samanheng dersom seismikkfartøyet skal passere fleire ganger gjennom eit område i løpet av kort tid - som for eksempel ved 3-dimensjonale seismiske undersøkingar.

I mangel av slike data for larvar, har vi likevel mått ekstrapolere vaksen-fiskfunksjonar til også å gjelde for larvar med den reduksjon av presisjon og tiltru til resultata som dette har medført.

Simuleringane for 35 cm torsk viser at ved realistiske vertikalfordelingar i øvre sjøvolum, vil fisken klare å komme seg unna risikosona. Likevel vil energireserven vere oppbrukt når seismikkfartøyet har passert.

I fig. 2 er vist typisk djupneforløp og energireserve som funksjon av tid for ein torsk, lengde 35 cm, ved luftkanoneksponering. Resultat frå simuleringar med forekomstar og mange fisk fordelt i eit område er gitt i Holmstrøm (1973).

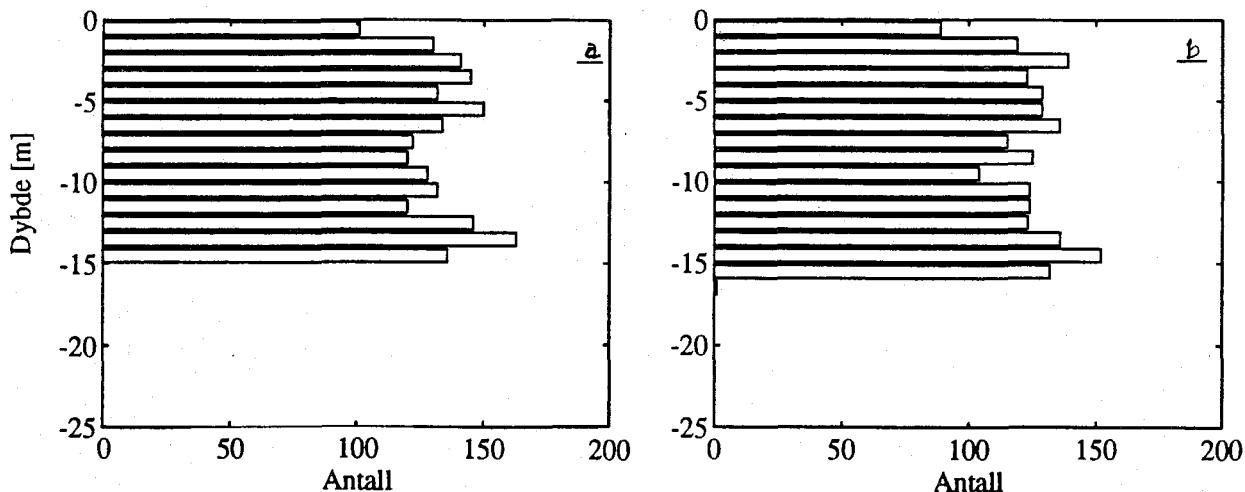


Figur 2. Torsk 35 cm. Djupneforløp som funksjon av tid, utgangsdjupne 50 m ved  $t = 0$  s og energireserve som funksjon av tid.

25 mm torskelarvar som finn seg på eller nær kurslinja, vil ha brukt opp all sin tilgjengelege energi - dei er totalt utmatta - før fartøyet har passert. Neddøinga vil difor i stor grad vere bestemt av overlappinga mellom skaderisikovolumet og oppholdsvolumet for larvane. Det vil seie at vertikalfordelinga og konsentrasjonen (antall fisk pr. volumeining) av larvane vil bestemme neddøinga.

Figur 3 viser djupnefordelingar av torskelarvar ved to simuleringstidspunkt. Utgangsfordelinga a) er ved start av luftkanonpåverkninga og b) fordelinga idet fartøyet/luftkanonfeltet passerer området der larvane er. Som vi ser er det berre små endringar ved det kritiske tidspunktet når luftkanonfeltet passerer i forhold til utgangsfordelinga. Dette tyder ikkje at larvane ikkje har forsøkt å komme seg unna risikovolumet, men symjekapasitet og tilgjengeleg energi strekk ikkje til i ein slik samanheng. Detaljerte resultat for vertikalfordelingar, horisontalfordelingar og

energiresvar er gitt i Holmstrøm (1973).



Figur 3. Torsk 25 mm. a) Djupnefordeling ved start av luftkanoneksponeringa,  $t = 0$  s og b) idet fartøyet/luftkanonfeltet passerer.

Kan vi seie noko om korleis resultata hadde blitt i forhold til det som er framkomme, dersom vi hadde kunna skaffe oss data om atferd og energetiske forhold for larvar? Spreidde og noko mangelfulle indikasjonar frå litteraturen tilseier at uthaldstida reelt er kortare og restitusjonstida er lenger for larvar enn hva vi har ekstrapolert frå stor fisk. Dette tilseier at larvar kan bli endå meir utsett for neddøing på grunn av den seismiske energien enn kva resultata våre viser, når dei i utgangs tilstanden har ei vertikalfordeling frå overflata og ned til 10-11 m.

Eit av delmåla for prosjektet var at vi skulle estimere neddøing av larvar på grunn av seismiske aktivitetar i forhold til total naturleg neddøing. Delar av denne effektmodellen skulle baserast på resultat frå den atferds-energetiske modellen. Med dei manglande og for få data som i tillegg var svært usikre, for larvar og yngel, konkluderte både prosjekt- og styringsgruppa med at ein slik effektmodell ville gi svært upresise og lite truverdige resultat. Dette saman med at vi etter september 92 heller ikkje hadde ressursar (personell og midlar, konf. kap. 6) til å utføre dette, førte til at effektmodellen ikkje er utvikla.

## 5 RESULTATOPPFØLGING OG RAPPORTERING

For at den utvikla atferds-energetiske modellen saman med ein effektmodell skal kunne nyttast til å estimere truverdige neddøingstal som er forårsaka av seismiske aktivitetar, er det naudsynleg at det skaffast ny og betre viten for larvar og yngel om:

- a) symjekapasitet, kondisjonstilstandar og uthald,
- b) atferd ved påtrykt akustisk stimulus,
- c) vertikalfordelingsdata over døgnsyklusar, alt som funksjon av art og alder/lengde og
- d) effektar av luftboblene frå luftkanonene på symjeevne og eventuell neddøing.

Behovet for kunnskapar er særleg viktig for dei tidlege alderstrinna, fram til 2 - 3 månader, der fagmiljøa meiner at eksisterande viten gjer det umuleg å trekke truverdige slutningar av dei typar vi er ute etter i seismikk-fisk samanheng.

I tillegg til eventuelle direkte skadar på fisk ved førstegongseksposering av den seismiske energien, trengs det viten om symjeevne og eventuell neddøing ved andre- og fleirgongseksposeringar innan for eksempel 24-timars periodar. Dette avdi forsøk har vist auka neddøing for fisk som har vore pressa til utmatting.

Desse oppgåvene og problemstillingane får stå opne til eventuelle framtidige prosjekt eller som emne for hovudoppgåver ved universitet og høgskular. Som forskningsprosjekt bør ein kreve ei anna og meir funksjonell "oppdragsgivarform og -organisering" som den NFFR/OLF-modellen som har vore brukt for seismikk-fisk prosjekta. Likeeins finn forskningsmiljøa det noko merkverdig og lite formålstenleg at det på førehand har blitt bestemt kor lenge eit forskningsrådprogram skal vere, utan at ein kjenner til det faglege innhaldet i prosjekta som fell innafor programmet, og kor lenge dei må arbeidast på etter ei fagleg akspert målsetting og ved eit fundert tid-kostnadsprodukt. Tilsvarande faglege og organisatoriske rarietatar blir det når tildelingsstrategien for forskningsmidlane fører til at prosjektperioden må forlengast for å oppfylle målsettingane og derved må "overskride" tidsramma for eit program.

I andre fagmiljø ved HI har den utvikla atferds-energetiske modellen som forventa vakt monaleg interesse til bruk innan andre fagområde. Dette gjeld for eksempel atferd av fisk i fangstsituasjon ved aktive fiskereiskapar - spesielt trål, og atferd i forhold til eit fartøy ved akustisk mengdemåling av fisk. Modellen med naudsynleg dokumentasjon skal overførast til HI når midlar blir stilt til rådvelde for dokumenteringa, for å kunne takast i bruk av prosjekt og personar som syner interesse for det.

Vidare utnytting og oppfølging av framkomne resultat kan bli gjort etter at den faglege hovudrapporten (Holmstrøm 1993) og NFFR-sluttrapport er distribuerte.

Følgande rapportering og publisering som har vore gjort innafor prosjektet:

Berg, T. Program for simulering av luftkanon. SINTEF DELAB-rapport nr. STF40 A93034, mars 93, Trondheim.

Dalen, J. Effektar av luftkanonseismikk på larvar og yngel til havs. Framdriftsrapportar; nr. 1, juni 91, nr. 2, januar 92 og nr. 3, juni 92, Bergen.

Holmstrøm, S. Databehov, litteratursøking og modellering. Internt notat, 02.04.92, SINTEF avd. for reguleringssteknikk, Trondheim.

Holmstrøm, S. Effekter av luftkanonseismikk på larver og yngel til havs - modellering og simulering. SINTEF-rapport nr. STF48 A93007, april -93, Trondheim.

Ona, E. and Bjørke, H. Vertical distributions of fry and juvenile fish in the western Barents Sea in relation to marine seismic explorations. (In prep.).

## 6 ORGANISATORISK GJENNOMFØRING

### 6.1 Personell

Eit utgangspunkt var at den kompetansen vi gjerne ville nyttiggjere oss, var spreidd på mange personar ved fleire institusjonar. For å oppnå ei effektiv prosjektgjennomføring og -styring organiserte vi desse personane i ei prosjektgruppe og ei ressursgruppe. Prosjektgruppedeltakarane har stått for det løpende prosjektarbeidet i følgje gjeldande planar. Deltakarane i ressursgruppa har blitt trekte inn for å dekke spesielle behov, delta på prosjektmøte eller for å nyttiggjere oss kompetansen deira på annan måte. Blandt anna har vi hatt ein forfattar-lesarfunksjon der viktige utarbeidde notat og rapportar har vore innom utvalte ressursgruppedeltakarar til konstruktiv kommentering/bidragsyting.

Prosjektgruppa (oppsett i institusjonsrekkefølge etter kor tyngda av arbeidet har vore utført):

- Sture Holmstrøm, SINTEF avd. for reguleringsteknikk,
- Dag Slagstad, SINTEF avd. for reguleringsteknikk (prosjektleiar - SINTEF),
- John Dalen, HI (prosjektleiar),
- Petter Fossum, HI,
- Victor Øiestad, Norges Fiskerihøgskole, UiTø og
- Jarl Giske, IFM, UiB.

Ressursgruppa:

- Dag Aksnes, IFM, UiB,
- Jarle Berntsen, HI (slutta ved HI, ultimo 92),
- Herman Bjørke, HI,
- Egil Ona, HI,
- Bjørn Serigstad, HI (permisjon frå HI frå primo 92),
- Per Solemdal, HI,
- Svein Sundby, HI og
- Bjørn Ådlandsvik, HI.

Her skal det nemnast at Bjørke og Ona i 92 funksjonelt og i arbeidsomfang deltok på prosjektgruppenivå.

### 6.2 Møte- og kontaktar

I løpet av prosjektperioden har vi avvikla eit prosjektseminar, fem prosjektmøte, to fellesmøte mellom prosjekt- og styringsgruppa og eit eige styringsgruppemøte (telefonomøte). I tillegg har det vore ni meir uformelle kontaktmøte mellom prosjektmedarbeidar ved SINTEF og eit eller fleire av dei andre instituttmiljøa.

Styringsgruppa for prosjektet har vore:

- Dag Aksnes, IFM, UiB,

- Mons Midttun, Norsk Hydro/OLF,
- Lisbeth Plassa, Fiskeridirektoratet,
- Dag Slagstad, SINTEF og
- John Dalen, HI (prosjektkontakt).

Denne gruppa har fungert godt dvs. konstruktivt kritisk både fagleg og organisatorisk overfor prosjektleiar og prosjektgruppa.

### 6.3 Tildelte midlar og kostnader

Prosjektet fekk tildelt kr. 900.000,- av søkte kr. 955.000,- for det første prosjektåret (91). Avdi vi starta opp prosjektet i september 91, fekk vi overført igjenståande midlar frå 91, kr. 671.403,-, til 92 pluss kr. 200.000,- for 92. Ut frå kva som var sagt frå NFFR om prioriterte delprosjekt og oppgåver vi skulle arbeide på i 92, var dei tildelte 92-midlane ikkje tilstrekkelege for å utføre dette. Følgjene av dette blei meddelt NFFR i desember 91 og januar 92. Etter spesiell kontakt med programstyret sende vi ekstraordinær søknad i mai 92 med søknadssum kr. 239.000,- for å kunne utføre desse oppgåvene. Til dette blei det etter svar frå NFFR i september stilt kr. 150.000,- til rådvelde slik at totale tildelte midlar blei kr 1.250.000,-. Følgjene av undertildelinga

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

	HI		SINTEF		UiB - UiTø	
	Lønn	Dir.kostn	Lønn	Dir. kostn.	Lønn	Dir. kostn.
1991: NFFR-midlar Instituttmidlar	5.4 62.5	85.7	134.5	6.9	44.9	9.9
1992: NFFR-midlar Instituttmidlar	14.8 202.9	158.2 4.6	770.5 35.2	28.3	20.9 44.9	15.0 7.5
1993: NFFR-midlar Instituttmidlar	41.2		159.4	4.8	4.6	
1991-93 totalt: NFFR-midlar Instituttmidlar	20.2 306.6	243.9 4.6	905.0 194.6	35.2 4.8	20.9 94.4	24.9 7.5
	575.3		1.139.6		147.7	
			1.862.6			

Totale lønnsmidlar: kr. 1.541.700,-  
 Totale direkte kostnader kr. 320.900,-

var at noko av det planlagte arbeidet måtte takast ut. Etter vedtak i prosjektgruppa tok vi ut arbeidet med effektmodellen (M2) som fagleg forsvar og grunngitt i kap. 4-5.

I tabell 1 er vist ei oversikt over medgåtte kostnader tilknytta utført arbeid i løpet av 1991-93 fordelt på lønn og direkte kostnader for dei deltagande institusjonane.

Tabell 2 viser ei kostnadsoversikt fordelt på finansieringskjelder.

Tabell 2. Kostnader fordelt på finansieringskjelder.

Finansieringskjelde	Kostnader (1000 kr)
NFFR	1.250.0
HI	347.9
SINTEF	170.2
UiB-UiTø	94.5
Totalt	1.862.6

Vi merkar oss her den spesielle verdien SINTEF har lagt i prosjektet i og med at dei har gått inn med ein eigeninnsats på kr. 170.200,-. Dette skjer svært sjeldan frå eit oppdragsinstitutt og HI v/ prosjektet er svært takksam for dette.

#### 6.4 Andre organisatoriske forhold

På grunn av mangelfull organisering ved HI høsten 91 av planlagte og meldte toktbehov var det ikkje innarbeidt tokttid for prosjektet i det aktuelle junitoktet. Toktet i juli måtte kortast inn frå opprinnelig 12 dagar til 7 dagar på grunn av forlenga verkstadoppthal for F/F "Michael Sars" medan augusttoktet som var ein del av det årlege 0-gruppe toktet, gjekk som planlagt.

I kap. 3 "Fagleg gjennomføring" blei det uttrykt ein del punkt som også omhandla tilhøyrande organisatorisk gjennomføring. I tillegg til det har framdriftsrapporteringa til NFFR vore utført ved dei ordinære rapporteringstidspunkta, konf. kap. 5. Den faglege sluttrapporten har vore til kommentering og godkjenning i prosjekt-, ressurs- og styringsgruppa innan SINTEF reguleringsteknikk overleverte han til HI.

### 7 INFORMASJON

Målgruppa for informasjonen undervegs i prosjektet og etter prosjektavslutning er olje- og fiskeriressursforvaltninga, 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. Personar frå prosjekt- og ressursgruppa har vidare deltatt i fleire kontaktmøte med Fiskeridirektoratet og eit

møte i Fiskeridepartementet for å formidle resultat og kunnskapar som kan ha nytte i forvaltingssamanheng.

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

## 8 REFERANSAR

- Berg, T. 1993. Program for simulering av luftkanon. SINTEF DELAB rapport nr. STF40 A93034, Trondheim.
- Blaxter, J.H.S. 1969. Development of eggs and larvae. In (eds. W.S. Hoar and D.J. Randall) *Fish Physiology*, Vol. 3, Academic Press, New York, pp. 177-252.
- Brett, J.R. 1964. The and swimming performance of young sockeye salmon. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 21(5), pp. 1183-1226.
- Chapman, C.J. and Hawkins, A.D. 1969. A Field Determination of Hearing Thresholds for the Cod (*Gadus morhua*). *Contr. 8th I.F. Meeting*, Lowestoft, (Mimeo.).
- Dalen, J. 1970. Akustiske stimuli for fisk. *Hovedoppgave*, Inst. for akustikk, NTH, Trondheim.
- Dalen, J. 1973. Stimulering av sildestimer. Forsøk i Hopavågen og Imsterfjorden/Verrafjorden 1973. Rapport for NTNF., Inst. for tekn. kybernetikk, NTH, Trondheim.
- Dalen, J. and Knudsen, G. M. 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 Publ. Corp., New York, 1987, USA.
- Dalen, J. og Raknes, A. 1985. Skremmeeffektar på fisk frå 3-dimensjonale seismiske undersøkjingar. *Havforskningsinstituttet rapport FO 8504*, Bergen.
- Holmstrøm, S. 1972. Databehov, litteratursøking og modellering. *Internt prosjekt-notat*, 02.04.92, SINTEF avd. for reguleringsTeknikk, Trondheim.
- Holmstrøm, S. 1973. Effekter av luftkanonseismikk på larver og yngel til havs - modellering og simulering. SINTEF-rapport nr. STF48 A93007, Trondheim.
- Kostyuchenko, L.P. 1970. Effects of elastic waves generated on fish in the Black sea. *Hydrobiol. Jour.* 9:45-48.
- Malme, C.I., Smith, P.W. and Miles, P.R. 1986. Study of the Effects of Offshore Geophysical Acoustic Survey Operations on Important Commercial Fisheries in

California. *Techn. Report No. 1*, BBN Laboratories Inc., Cambridge, MA, USA.

Olsen, K. 1969a. Directional Hearing in Cod (*Gadus morhua* L.). *Contr. 8th I.F. Meeting, Lowestoft*. (Mimeo).

Olsen, K. 1969b. Directional Responses in Herring to Sound and Noise Stimuli. *Contr. ICES Meet. Gear and Behaviour Comm...*, Bergen. (Mimeo).

Wardle, C.S. 1977. Effects of size on the swimming speeds of fish. In (ed. T.J. Pedley) *Scale effects of animal locomotion*. Academic Press, London, pp. 299-313.

Weihs, D. 1980. Energetic significances of changes in swimming modes during growth of larval anchovy (*Engraulis mordax*). *U.S. Fish. Bull.* 77, pp. 597-604.

Bergen 26.04.93

  
John Dalen