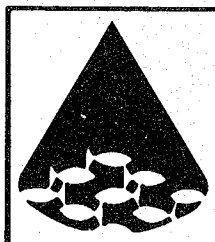


Dato: 18.10.1985

Rapport/Notat Nr. FO 8504



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

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

Rapportens Tittel:

SKREMMEEFFEKTAR PÅ FISK FRÅ 3-DIMENSJONALE SEISMISKE UNDERSØKJINGAR

Forfatter/Saksbehandler: John Dalen og Askjell Raknes	Avdeling: Fysisk oseanografi
Oppdragsgiver ref:	Prosjekt Nr: FO 8504/1802.21
	Ansvarlig: John Dalen

Sammendrag:

I tida 13-22 juni, 1984 blei det utført eit samarbeidstokt mellom eit seismisk fartøy og eit forskningsutrusta fiskefartøy i Nordsjøen i blokk 34/7 og tilgrensande naboblokker. Formålet var å klarleggja eventuelle skremmeeffektar på fisk frå 3-dimensjonale seismiske undersøkjingar. Vi har påvist at luftkanonskyting påverkar fordeling og atferd av både botnfisk og pelagisk fisk på grunnlag av spesielle endringar i fiskefordelingsmønstra og atferdsstudiar i løpet av undersøkjingsperioden.

Stikkord:

Seismikk
Fisk
Skremmeeffektar
.....

Sendt til:

Fiskeridirektøren
Olje- og energidepartementet
Div. oljeselskap
Div. fiskarorganisasjonar
.....

ABSTRACT

A co-operating survey between a seismic survey vessel and a research equipped fishing vessel took place in the North Sea during June 13-22, 1984. The working area was block 34/7 defined by $61^{\circ}15'N$ and $61^{\circ}30'N$ and $02^{\circ}00'E$ and $02^{\circ}20'E$ and adjacent areas.

The objectives of the survey were to elucidate possible scaring effects on fish from offshore seismic 3-dimensional surveys. The work was initiated on the basis of two main arguments:

- 1: Numerous observations from commercial fishermen claiming that seismic survey operations were affecting the fish on the fishing grounds.
- 2: Sound signals from the applied seismic sources are of such strengths and have their frequencies well within the audible frequency region of fish so fish might well respond to such stimuli.

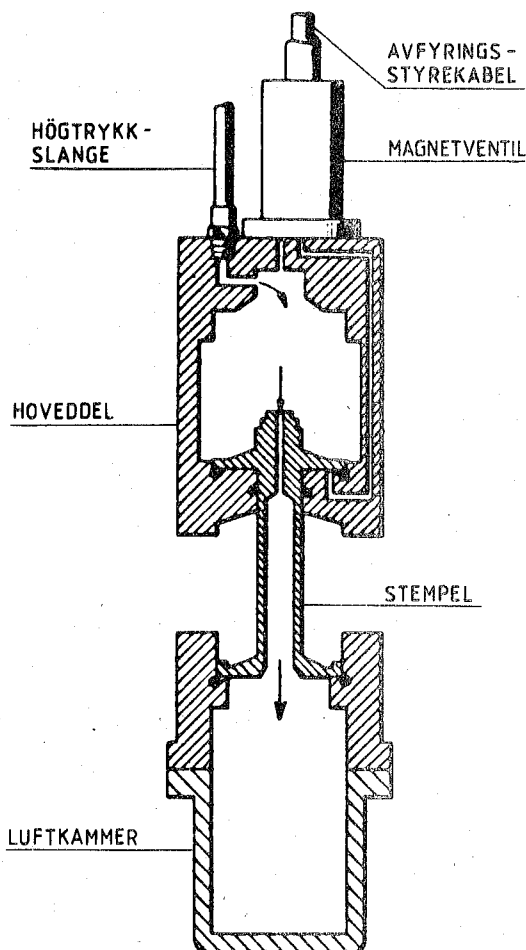
From comparative studies between the mapped fish distributions previous to the seismic operations and after 6 days of seismic operations and from fish behaviour studies during the seismic operations there were obvious indications that air gun shooting influenced the presence and the behaviour of both ground fish and pelagic fish in the area.

INNHALD	Side
1. INNLEIING	1
2. MATERIALE OG METODAR	3
2.1 Oppgaver	3
2.2 Instrumentering	4
3. RESULTAT	5
3.1 Geografiske fordelingar av fisk i området	5
3.2 Atferd og fordeling av fisk før og etter luftkanonskyting	10
4. DISKUSJON	14
4.1 Geografiske fordelingar av fisk i området	14
4.2 Atferd og fordeling av fisk før og etter luftkanonskyting	16
5. KONKLUSJON	20
6. TAKK	20
REFERANSAR	21

1. INNLEIING

I løpet av dei siste tiåra har det vore utført intensive og vidtfemnande seismiske undersøkingar i Nordsjøen og farvatna langs norskekysten. I den første tida nytta ein mykje sprengstoff som energikjelder (LOVLIA et. al. 1966, LAVERGNE 1970). Dette kunne føra til at ein drap fisk (CHELMINSKI 1974, HUBBS and RECHNITZER 1952, JACOSKY and JACOSKY 1956, DALEN 1975), så mykje utviklingsarbeid blei gjort for å utvikla andre akustiske kjelder til seismisk bruk (ANON. 1974, ANON. 1981, MOTT-SMITH et al. 1968, FRENCH and HENSON, 1978). Desse var gjerne teknisk betre og gav meir høvelege signalsignaturar enn sprengstoff (KRAMER et al. 1968, NEWMAN 1978).

Dei seinare åra har ein for det meste nytta luftkanoner i ulike samansetningar som seismiske signalkjelder. Ei luftkanon er grovt sett bygd opp av ein hovuddel og eit kammer for høgtrykksluft som opnast og lukkast med eit stempel, fig. 1 (ANON. 1974). Avfyringslufta blir styrt av ein elektromekanisk ventil.



Når ein fyrer av ei luftkanon, vil ein del av den lagra energien i høgtrykkskammeret bli omdanna til ei akustisk trykkbølgje - primærpulsen. Resten av energien som blir omdanna, er knytt til ei svingande luftboble som er opphav til sekundære akustiske trykkbølgjer - boblepulsane. Signalet er ganske lavfrekvent og fell saman med høyrseområdet hos dei fleste fiskeartane vi har i våre farvatn (CHAPMAN & HAWKINS 1969, OLSEN 1969a, b).

Fig. 1. Skisse av luftkanon (BOLT 600B).

Lydtrykket som blir presentert ved fisken ved bruk av luftkanoner, er funksjonar av tilførselstrykket, volum av kammera, antall kanoner i luftkanonrekkene og avstand mellom luftkanonrekkene og fisken. Samanfatta kan vi seia at lydtrykket ved fisken aukar med aukande tilførselstrykk, aukande kammervolum, aukande antall kanoner i rekkene og avtek med aukande avstand til fisken. I fig. 2 er vist ei horisontalskisse av eit seismisk fartøy, luftkanonfelt med 8 kanonrekker og hydrofonkabel for mottak av dei reflekterte akustiske signala frå botn.

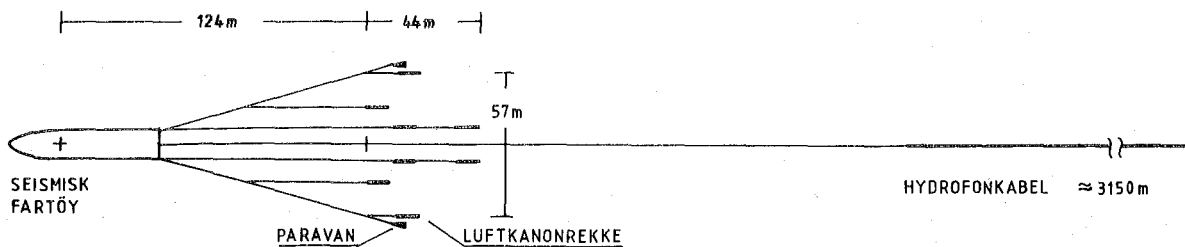


Fig. 2. Seismisk fartøy, luftkanonrekker i eit SWAG (super wide air gun)-felt og hydrofonkabel. Oppsett som under aktuelt tokt.

Når det gjeld påverknad på fisk, vil det også vera avgjerande kor tett rutenett det seismiske fartøyet går i. Inntil for få år sidan var 2-dimensjonale undersøkingar med kurslinjeavstandar mellom 1 til 10 km mest brukte. Ved 3-dimensjonale undersøkingar som er ein nyare teknikk som gjev betre bilete av undergrunnen, går ein med parallelle kurslinjer med avstandar mellom 50 og 100 m. Vi ser at ved 3-dimensjonale undersøkingar kan fisk bli utsett for ein meir intensiv, varande og til dels meir systematisk påverknad enn ved 2-dimensjonale undersøkingar.

Det er tidlegare vist at sild reagerer med fluktreaksjonar på lydsignal frå luftkanoner for vesentleg lavare lydtrykksnivå enn det vi får frå typiske luftkanonrekker (DALEN 1973, 1982). Kva verknader dette kan ha i område med fleire fiskeartar til stades, vil vera avhengig av kva type seismiske undersøkingar som blir utførte, av artssamansetninga, kva tilstand fisken er i og om fisken eventuelt tilvenner seg lydstimuleringa (DALEN 1971).

2. MATERIALE OG METODAR

I dette prosjektet har vi i tida 13.-22. juni 1984, med M/S "Libas" som observasjonsfartøy, arbeidd saman med eit seismisk fartøy M/S "Malene Østervold", GECO. Det aktuelle området i Nordsjøen var blokk 34/7 som er avgrensa av $61^{\circ}15'N$ og $61^{\circ}30'N$ og $02^{\circ}00'A$ og $02^{\circ}20'A$ og tilgrensande naboblokker.

2.1. Oppgaver

1. Før det seismiske fartøyet starta, skulle det i blokk 34/7 og tilgrensande naboblokker utførast kartleggjing av fiskeforekomstane med ekkolodd-ekko-integrator og sonar for å framskaffa viten om fiskemengde og fiskefordeling i tilnærma uforstyrtra tilstand. Eit visst antall trålsta-sjonar skulle takast for å identifisera fisken på art og lengde. Kurslinjetetthet skulle fastsetjast utifrå fiskefordelingsmønstra og tilgjengeleg tid før det seismiske arbeidet starta opp.
2. For kvar ny kurs for det seismiske fartøyet, skulle observasjonsfartøyet dekkja kurslinja med ekkolodd-ekko-integrator før skyting. Straks etter skyting skulle observasjonsfartøyet gå inn på linja igjen og utføra ei ny dekning for å observera eventuelle endringar i fiskefordelingsmønstra.
3. På bakgrunn av kursprogrammet for det seismiske fartøyet og fiskefordelingane skulle vi leita opp aktuelle situasjonar for sonar- og ekkoloddobservering der observasjonsfartøyet låg i ro i ein viss avstand frå kurslinja til det seismiske fartøyet. Medan dette fartøyet nærma seg, passerte og fjerna seg, skulle vi observera eventuelle atferdsendringar av fisken i området. Dette oppsettet skulle repeterast fleire gonger ved fleire situasjonar, d.v.s. dag/natt, ved ulike lysforhold, fiskeforekomstar på ulike djup og ved ulik artssamansetjing.

4. I løpet av arbeidsperioden skulle ein repetera den akustiske kartleggjinga av fiskeforekomstane eit visst antall gonger for å framskaffa viten om eventuell vandring eller forskyvning av fisken i blokk 34/7 og naboblokkene.

2.2. Instrumentering

Observasjonsfartøyet "Libas" hadde følgjande tilgjengelege instrument for akustisk kartleggjing:

Ekkolodd, SIMRAD EK 38 A:

Sendefrekvens:	38 kHz
Påtrykt effekt:	1000 W
Pulslengde og bandbreidde:	0.6 ms og 3 kHz
Tidsvariært og fast	
mottakarforsterkning:	20 logR -20 dB
Skrivarforsterkning:	8
Diskriminator:	7 og 3 (ved tette forekomstar)
Djupneområde:	0-250 m for djup < 240 m
	200-450 m for djup > 240 m

Ekkointegrator, SIMRAD QM MK II.

	Område	Forsterkn.	Terskel	Botnstopp	Modus
Kanal A	5-200m	40dB//1V	1	på	Integrering pr naut. mil
Kanal B	200-400m	40dB//1V	1	på	Integrering pr naut. mil

I kanal B brukte vi forsterkning lik 30 dB//1V i korte periodar ved tette fiskeforekomstar.

Sonar, SIMRAD SM 600

Sonar, WESMAR SS 200.

For navigasjon brukte "Libas" SHIPMATE RS 2000 Decca Navigator og MAGNAVOX Satellite Navigator.

Det seismiske fartøyet "Malene Østervold" hadde følgende instrumentering:

Luftkanonoppsett:

Konfigurasjon som vist på fig. 2.

Kanontypar: Bolt 1900 C, Bolt 1500 C og Bolt 600 B.

Antall kanonrekker:	8
Antall kanoner i kvar rekke:	5
Kammervolum pr. rekke:	9742 cm ³ (594 cu.in.)
Totalt kammervolum for heile feltet:	77932 cm ³ (4752 cu.in.)
Lufttrykk til kanonene:	138 bar (2000 psi)
Kanondjup:	6,0 m
Lengde av kvar kanonrekke:	10,5 m
Avstand mellom næraste nabo-kanonrekker:	13,0 m
Avfyringsintervall:	25 m
Fart, fartøy:	5 knop

Akustisk effekt (kalibreringsverdiar):

Trykk, primærpuls: $P_a = 3.144$ MPa ref. 1 m (31.44 barmeter)

Opningsvinkel, resultant, for kanonfeltet (-3dB): $\approx 35^\circ$.

For navigasjon brukte "Malene Østervold" Magnavox Integrated Satellite Navigation System og i seismikkområdet:

Argo (hovedsystem)

Decca Puls - 8

Trisponder

3. RESULTAT

3.1. Geografiske fordelingar av fisk i området

Før dei seismiske undersøkingane tok til, utførte vi den 13.-15. juni ei akustisk dekning av blokk 34/7 med naboblokker. Det dekkede området strekte seg frå 61°05'N til 61°45'N og frå 01°40'A til 02°40'A. Kurslinjene blei lagt som siksak-kursar med parallelle vestgåande kursar og parallelle kursar i retning nordaust-aust som vist i fig. 3.

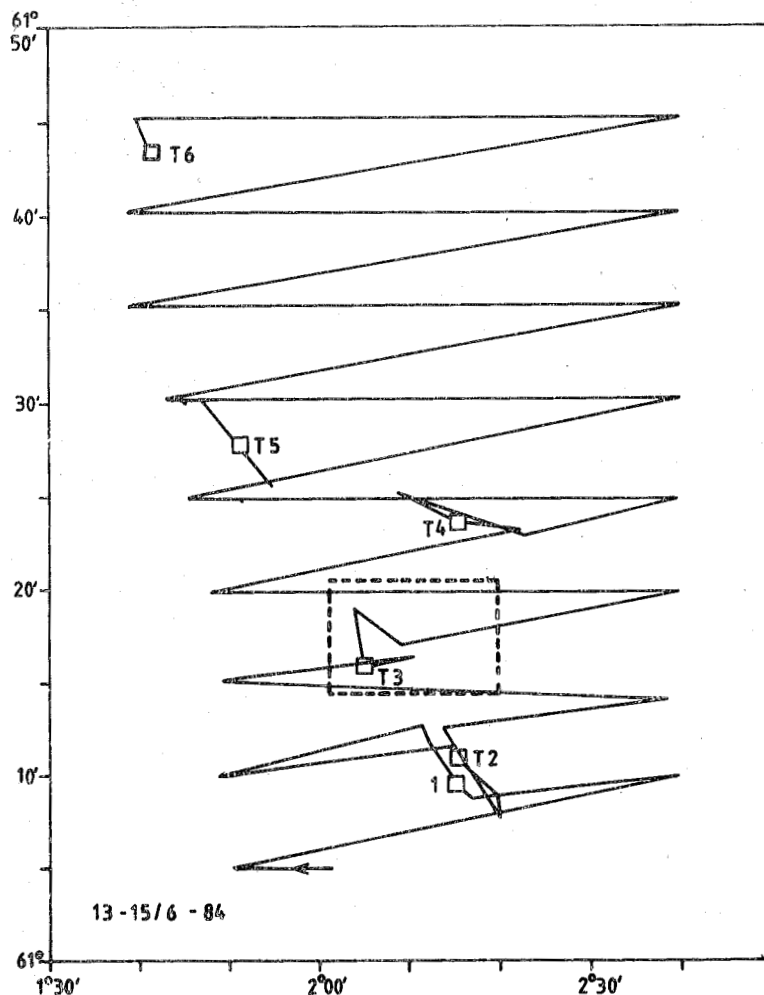


Fig. 3. Kurslinjer og trålstasjoner (□ - botntrål) for første dekning, 13.-15.6.84. Seismikkområdet er markert med stipla linjer.

På bakgrunn av fiskefordelinga og krav til tilstrekkeleg dekning blei det tråla for å identifisera registreringane på art, og kvar art på lengde. For å fordela integratorverdiane på art eller artsgruppe blei registreringane inndelt i følgjande grupper:

1. Botnfisk - inneheldt sei, torsk, hyse, kviting, lange, brosme og andre sjeldant forekomande botnfiskartar.
2. Kolmule.
3. Små pelagisk fisk - inneheldt augepål, sølvtorsk, kviting, lysprikkfisk og få og tynne registreringar av sild.
4. Plankton og yngel - som i delar av området forekom i dei øvste 20-40 meter.

På fig. 4-6 er fordelingskarta vist for botnfisk, kolmule og små pelagisk fisk frå den første dekninga.

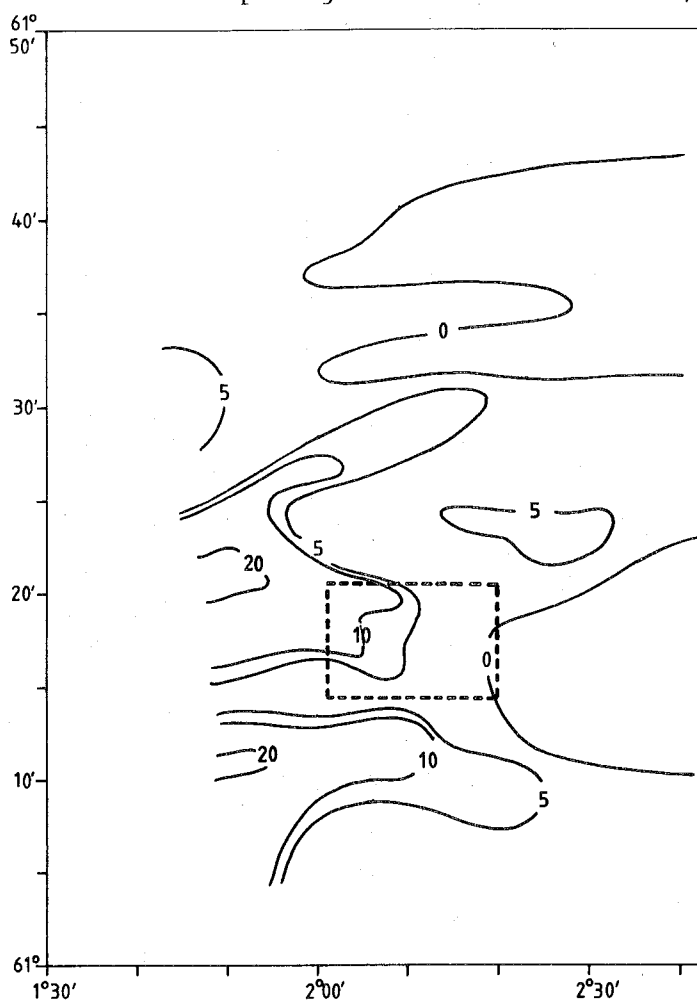


Fig. 4. Fordeling av botnfisk frå første kartleggjing før luftkanonskyting, (integratorverdiar i relative einingar mm/n.mil²).

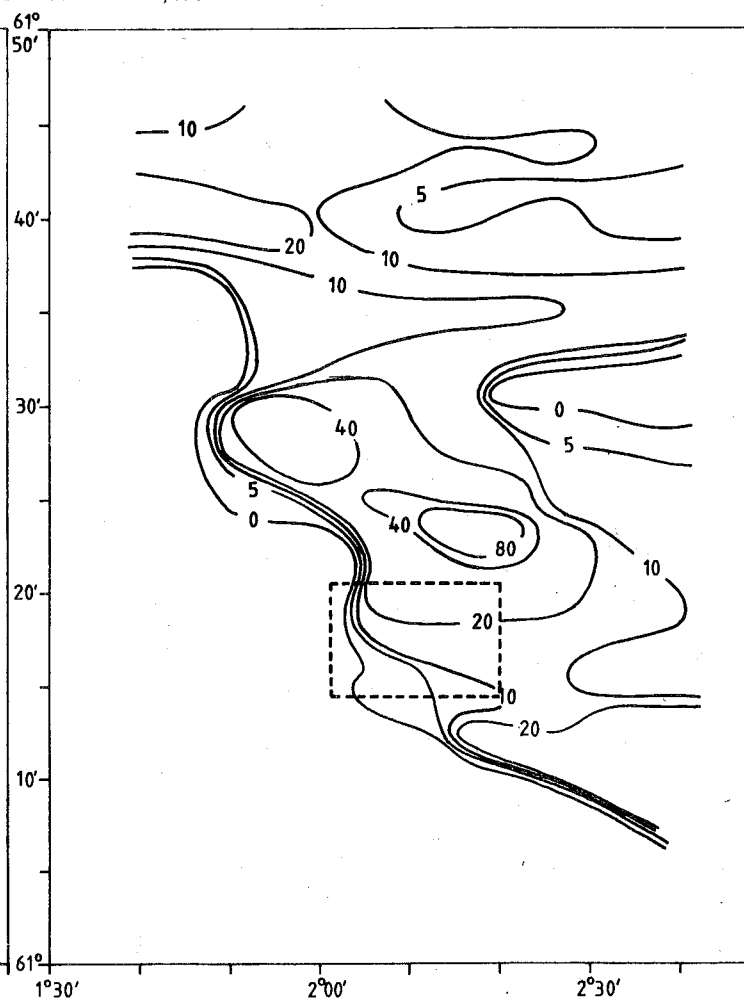


Fig. 5. Fordeling av kolmule frå første kartleggjing før luftkanonskyting, (måleining som i fig. 4).

Det seismiske fartøyet "Malene Østervold" arbeide innafor eit område som var avgrensa av $61^{\circ}14'N$ og $61^{\circ}20'N$ og $02^{\circ}01'A$ og $02^{\circ}20'A$. Dette området som er kalla seismikkområdet, er avmerka med stipla linjer på karta. Straks før det seismiske arbeidet starta opp, foretok vi den 15.-16. juni ei tett dekning av dette området med parallelle aust-vestgåande kursar med ei nautisk mils avstand for å få ei meir detaljert fordeling av fiskeforekomstane innafor seismikkområdet. På fig. 7-9 er fordelingskarta vist for dei tre aktuelle gruppene.

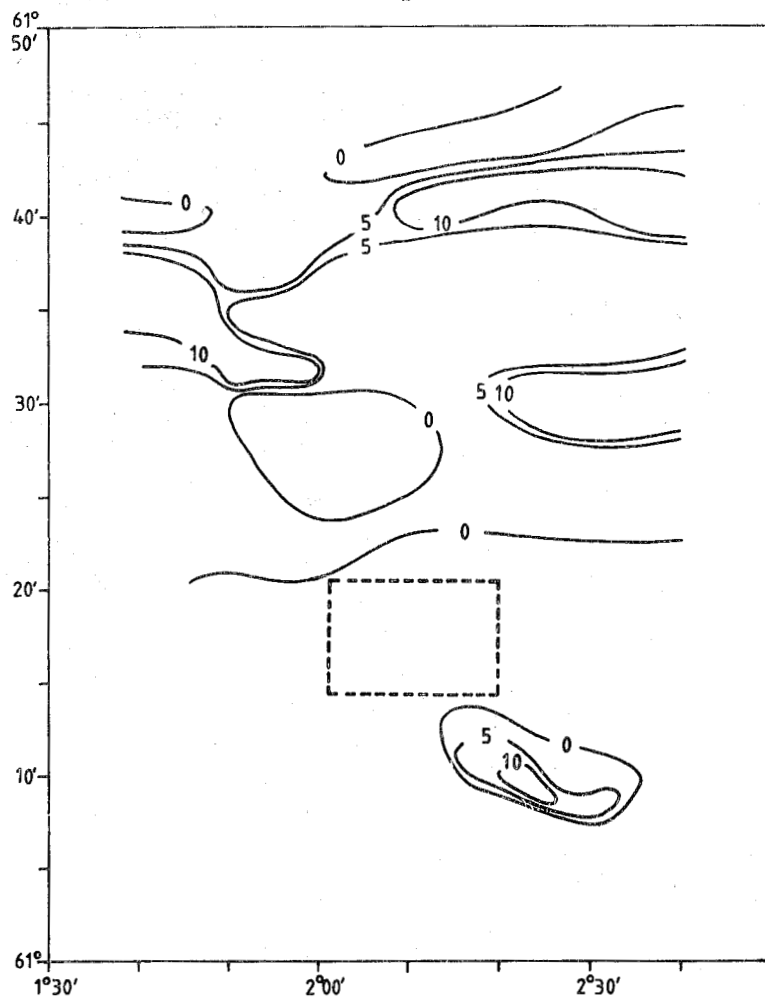


Fig. 6. Fordeling av små pelagisk fisk frå første kartleggjing før luftkanon-skyting, (måleeining som i fig. 4).

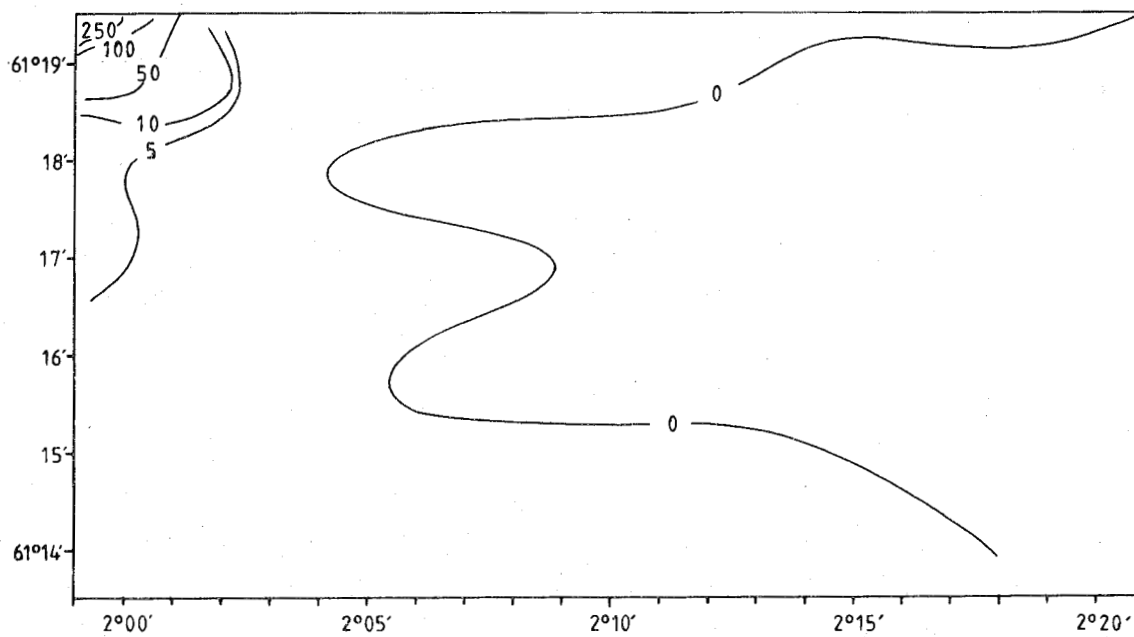


Fig. 7. Fordeling av botnfisk frå andre kartleggjing før luftkanon-skyting, (Måleeining som i fig. 4).

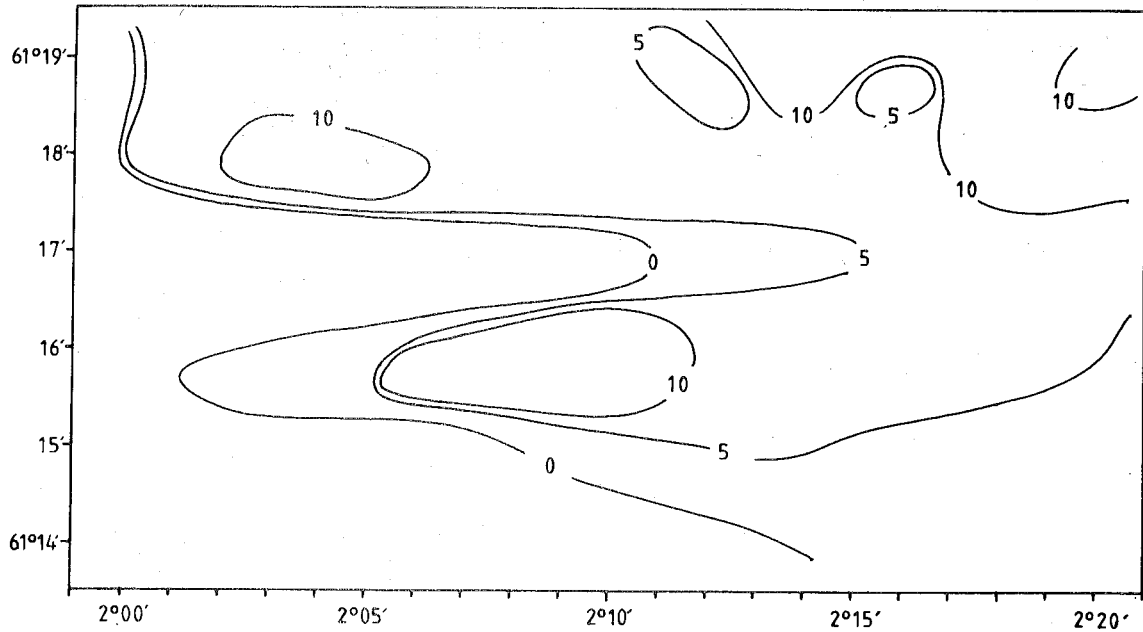


Fig. 8. Fordeling av kolmule frå andre kartleggjing før luftkanon-skyting, (måleeining som i fig. 4).

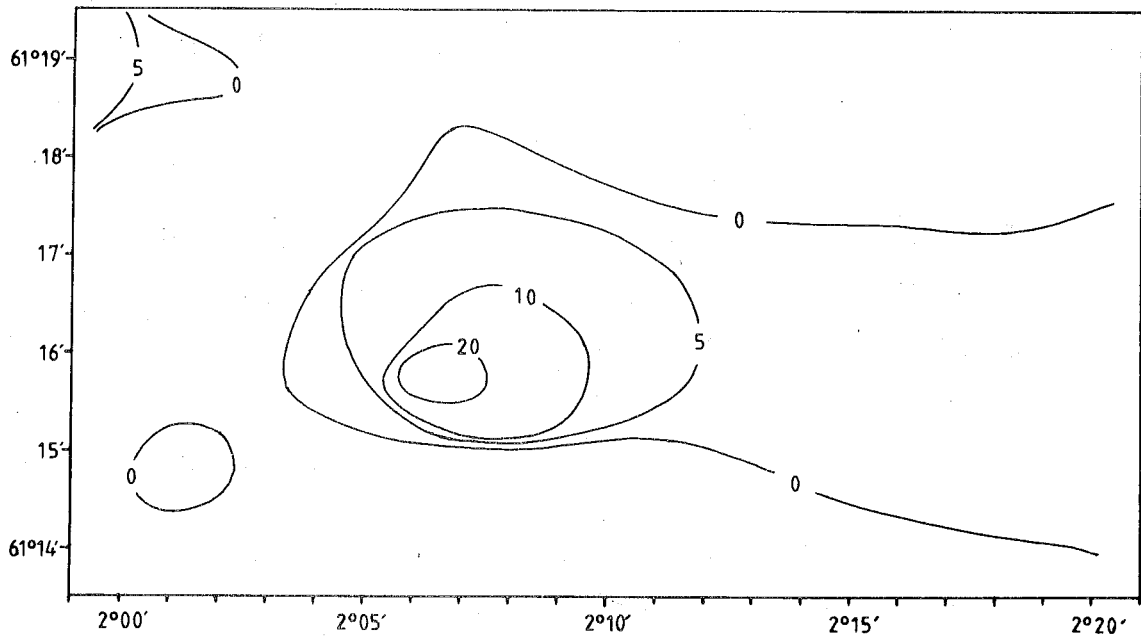


Fig. 9. Fordeling av små pelagisk fisk frå andre kartleggjing før luftkanon-skyting, (måleeining som i fig. 4).

I tida 21.-22. juni foretok vi ei akustisk kartleggjing av blokk 34/7 med nærliggjande område etter retningslinjer som for den første dekninga, (oppgave 1). Fig. 10-12 viser fordelingskarta for botnfisk, kolmule og små pelagisk fisk etter 6 døgn med luftkanonskyting.

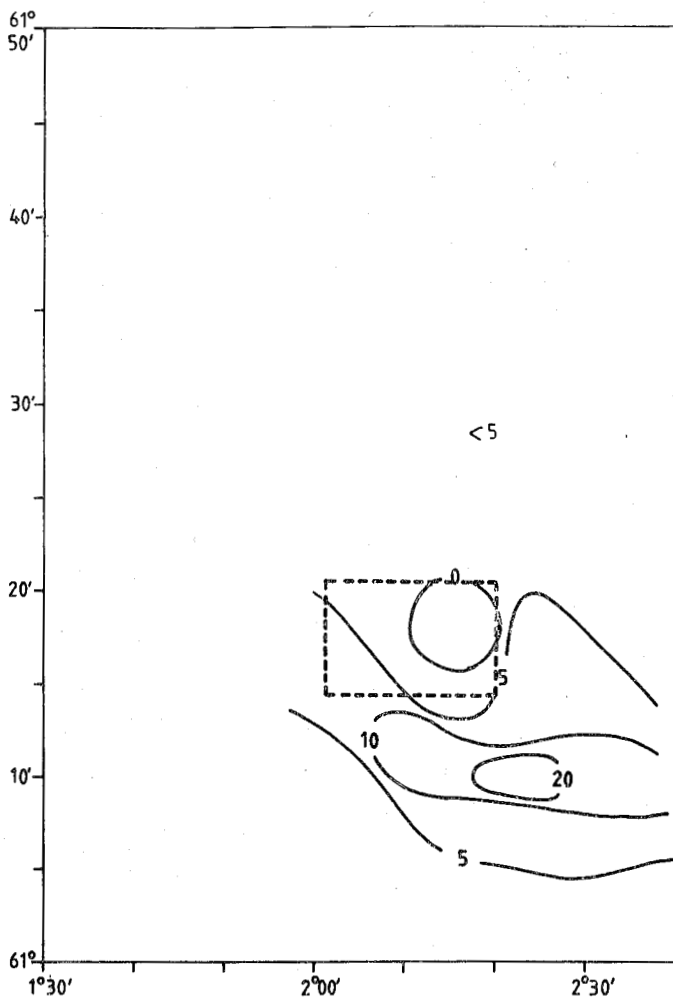


Fig. 10. Fordeling av botnfisk etter 6 døgn med luftkanonskyting, (måleining som i fig. 4).

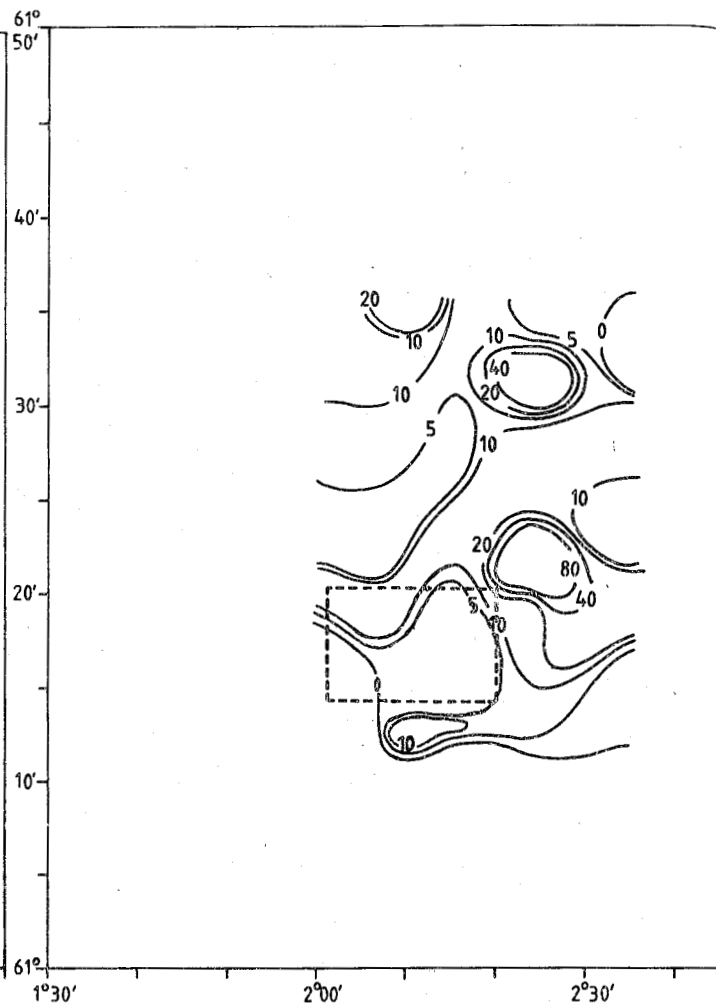


Fig. 11. Fordeling av kolmule etter 6 døgn med luftkanonskyting, (måleining som i fig. 4).

3.2. Atferd og fordeling av fisk før og etter luftkanonskyting

"Malene Østervold" var framme ved området den 13. juni. I tida fram til den 16. juni foretok dei utleggjing og testing av det seismiske utstyret. Første delen av programmet var å dekkja seismikkområdet med såkalla lydfartslinjer. Det vil seia kursar med avstand 500 m over heile området. Dette foregjeikk i grove trekk slik at dei austgåande kursane som starta i nord, blei etterfulgt av vestgåande kursar som låg mellom 500 og 3000 m lengre sør. Neste austgåande kurs blei deretter nabolinja (avstand 500 m) til den forrige austgåande kursen og neste vestgåande blei nabolinja (avstand 500 m) til den forrige vestgåande. Dei varierende avstandane mellom påfølgjande aust- og vestgåande kursar blei styrt av trafikk i området, vind- og straumforhold og funksjon av det seismiske utstyret. Av dette

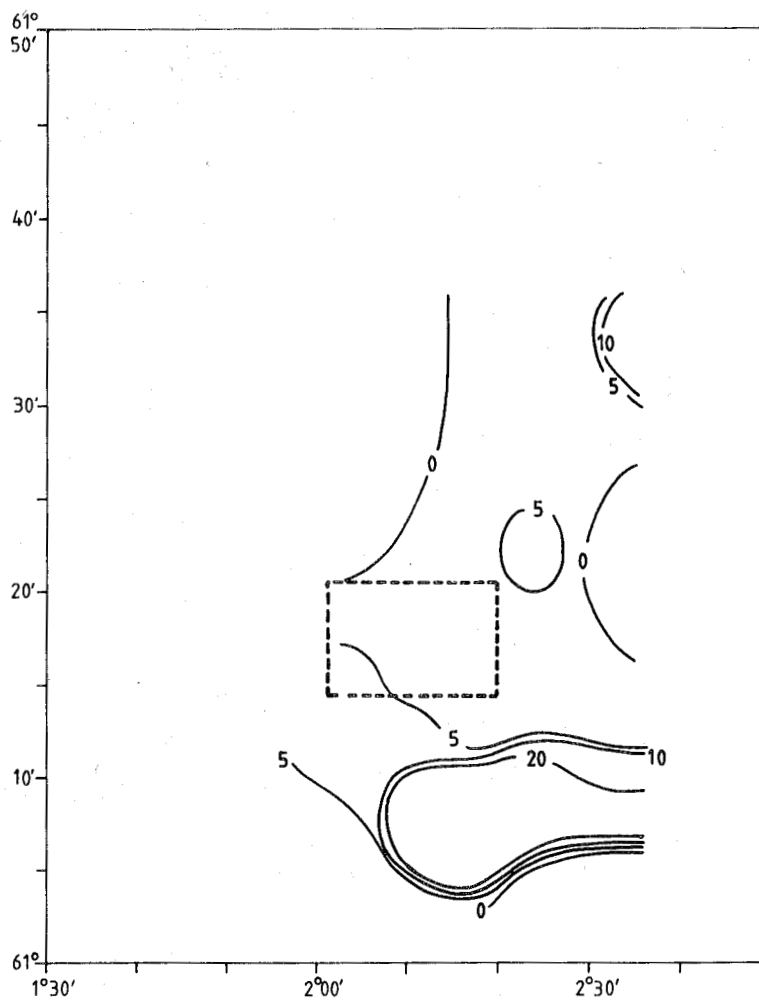


Fig. 12. Fordeling av små pelagisk fisk etter 6 døgn med luftkanonskyting, (måleining som i fig. 4).

ser vi at det blei inga einsretta systematisk påverknad av fisken i ei definert retning, f.eks. frå nord mot sør.

Medan "Malene Østervold" skaut langs kurslinjene, arbeidde vi etter følgjande opplegg:

Å dekkja kvar kurslinje med ekkolodd-ekkointegrator før skyting og deretter dekkja linjene straks etter skyting, (oppgave 2).

Dette var ikkje alltid råd å få gjennomført fullt ut avdi dei distansane "Libas" måtte gå før og etter skyting på ei linje, tok lengre tid enn den tida "Malene Østervold" brukte på ei linje pluss snuoperasjonen til neste linje. Som nemnd i oppgave 2 (MATERIALE OG METODAR) var formålet med dette å studera eventuelle påverknader av fisken ved skyting på ei kurslinje.

For å kunna foreta statistiske analysar av dette materialet er seismikkområdet inndelt i 12 underområde som vist i fig. 13.

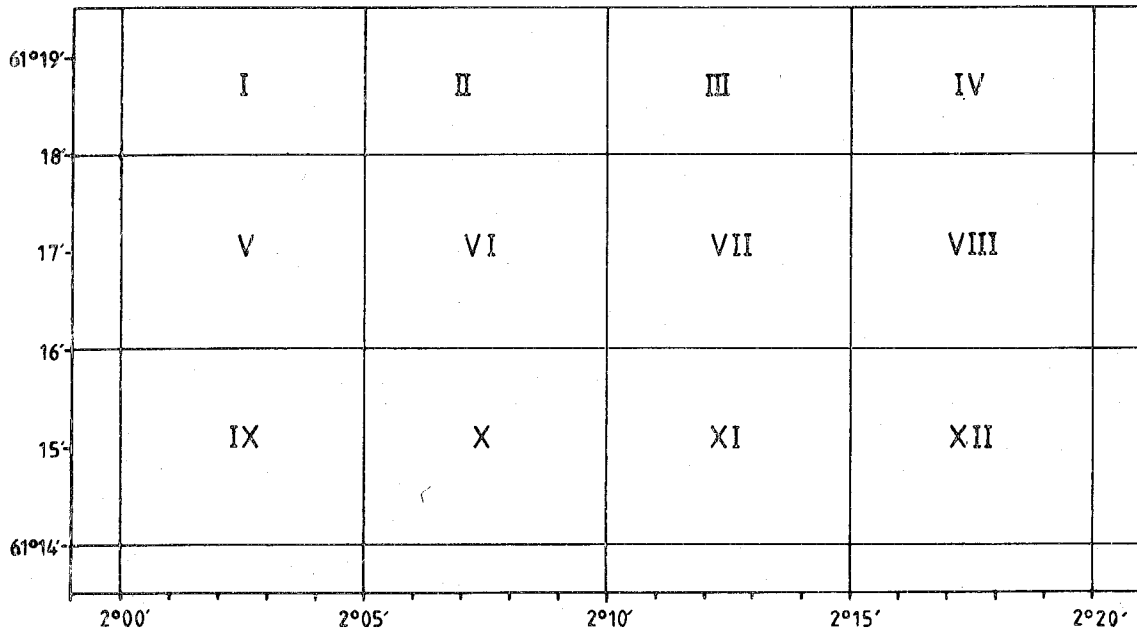


Fig. 13. Inndeling av seismikkområdet i underområde.

Tabell 1 viser resultatene frå ekkolodd-ekko-integrator-observasjonane langs kvar kurslinje før og etter skyting. Her er vist midlare integratorverdiar (relativ fiskemengde) i kvart underområde før, \bar{I}_f , og etter, \bar{I}_e , skyting med standardavvik og antall observasjonar.

For å klarleggja eventuelle endringar i artssamansetninga i djupneområdet ned mot botn før og etter skyting tok vi den 20. juni tre tråltrekk, ein før og to straks etter skyting på ei linje, i posisjonar som låg tett ved kvarandre. Resultata er vist i tabell 2.

Oppgave 3 (MATERIALE OG METODAR) lot seg ikkje gjennomføra avdi det var for små forekomstar av stimande fisk i området. Dessutan skapte fartøystøyen frå "Libas" visse problem for mottakinga på hydrofonkabelen.

TABELL 1. Midlare ekkointegratorverdi [mm/n.mil^2] for botnfisk, kolmule og små pelagisk fisk før, \bar{I}_f , og etter, \bar{I}_e skyting langs kvar kurslinje. S er standard avvik og N er antall observasjonar i kvart underområde.

UNDER-OMRÅDE	BOTNFISK						KOLMULE						SMÅ PELAGISK FISK						KOMMENTAR		
	Før skyting			Etter skyting			$\bar{I}_f - \bar{I}_e$	Før skyting			Etter skyting			$\bar{I}_f - \bar{I}_e$	Før skyting			Etter skyting			$\bar{I}_f - \bar{I}_e$
	\bar{I}_f	S	N	\bar{I}_e	S	N		\bar{I}_f	S	N	\bar{I}_e	S	N		$\bar{I}_f - \bar{I}_e$	\bar{I}_f	S	N	\bar{I}_e	S	
I	1.5	0.7	2	4.2	3.1	9		4.5	3.5	2	0.1	0.3	9		1.0	1.4	2	3.7	3.8	9	
II	-	-	-	4.2	3.9	10		-	-	-	3.6	5.0	10		-	-	-	1.5	1.7	10	
III	2.8	2.2	9	2.5	1.8	11	0.3	71.7	103.8	9	12.0	17.9	11	59.7	0	-	9	0.4	0.8	11	-0.4
IV	1.2	0.9	10	1.1	1.1	10	0.1	77.3	101.4	10	34.4	26.5	10	42.9	0	-	10	0	-	10	0
V	5.0	3.5	17	3.6	2.4	14	1.4	0	-	17	0	-	14	0	2.6	2.8	17	3.0	3.2	14	-0.4
VI	7.8	8.2	4	1.8	1.2	14		0	-	4	0	-	14		1.3	1.5	4	1.1	0.9	14	
VII	0	-	1	1.9	1.6	15		1.0	-	1	2.0	5.1	15		0	-	1	1.5	1.6	15	
VIII	1.0	1.4	9	0.9	1.0	15	0.1	29.9	41.5	9	21.7	32.3	15	8.2	0.8	1.4	9	1.9	3.3	15	-1.1
IX	4.1	4.2	18	2.5	1.9	15	1.6	0	-	18	0	-	15	0	2.1	1.9	18	0.7	0.8	15	1.4
X	4.7	6.3	16	2.3	1.8	14	2.4	0	-	16	0	-	14	0	1.5	1.8	16	1.3	2.0	14	0.2
XI	7.3	6.4	12	2.2	2.9	16	5.1	0.2	0.6	12	0	-	16	0.2	2.3	1.9	12	1.4	1.1	16	0.9
XII	2.9	2.8	14	4.1	6.3	15	-1.2	0.4	0.8	14	1.7	3.2	15	-1.3	0.9	1.1	14	1.3	1.3	15	-0.4

TABELL 2. Artssamansetning frå trålstasjonane 9 (før skyting) og 10 og 11 (etter skyting) i underområde III.

FØR LUFTKANONSKYTING		ETTER LUFTKANONSKYTING			
Stasjon, tid (GMT)	Antall fisk	Stasjon, tid (GMT)	Antall fisk	Stasjon, tid (GMT)	Antall fisk
9, 1247		10, 1507		11, 1850	
ART: Kolmule	7760	-	1520	-	7
Torsk	3	-	5	-	35
Sei	12	-	19	-	119
Hyse	3	-	4	-	235
Vassild	69	-	64	-	0
Lange	12	-	36	-	3
Brosme	1	-	6	-	-

4. DISKUSJON

4.1. Geografiske fordelingar av fisk i området.

Fig. 4-6 viser fordelinga av dei tre viktigaste artsgruppene i blokk 34/7 med omkringliggjande område. Dei viser at botnfisken er mest forekommande i den vestlege delen av det dekkte området og kolmule er fordelt i eit område som følgjer sokkelkanten innafor området. Pelagisk fisk er mest forekommande i den nordlege og vestlege delen av området og ein liten konsentrasjon i den sørlege delen. Plankton og yngel som det ikkje er vist kart for, er meir flekkvist og usystematisk fordelt over området.

Ser vi dette mot fordelingane vist i fig. 7-9 som gjev meir detaljerte framstillingar for seismikkområdet, ser vi at der er visse små skilnader. Dette kan ha fleire årsaker:

- 1 - i den første dekninga (fig. 4-6) er integratorverdiane midla verdiar pr. 5 n.mil som mellom anna fører til at høge integratorverdiar for små område blir jamna ut til lavare verdiar over vidare område. Små område med lave verdiar kan på same måte få tildelt noko høgare verdiar enn kva fiskemengda tilseier. I den andre dekninga (fig. 7-9) er verdiane logga pr. 1 n.mil. Dermed får vi fram

meir detaljerte fordelingar ved den andre dekninga enn ved den første.

- 2 - der har vore visse naturlege vandringar av fisken i området frå den første dekninga til den andre.
- 3 - dei to dekningane av seismikkområdet blei utførte i ulike tidsrom over døgnet, kveld, natt og morgen, men forskyvd med 4 timar i forhold til kvarandre. Dermed kunne fisken vera ulikt tilgjengeleg for ekkoloddobservering.

Summert kan vi likevel seia at fiskefordelingen i seismikkområdet har dei samme vesentlege trekk ved dei to dekningane før luftkanonskytinga.

Samanliknar vi fiskefordelingskarta frå før skytinga tok til, fig. 4-6, med dei tilsvarende karta, fig. 10-12, etter 6 døgn med seismiske undersøkingar, kan vi trekkja følgjande konklusjonar:

Botnfisk: Fordelinga har endra seg slik at ein stor del av fisken er trykt til botn og dermed ikkje tilgjengeleg for ekkoloddobservering eller fisken har vandra ut av området. Samanliknande trålfangstar mellom trålstasjonane, T3 og T7, før skyting og T8-T12 medan skyting pågår, viser at midlare antall av middels og stor fisk av botnfiskartane er $172+83$ stk for T3 og T7 og $77+47$ stk for T8-T12. Inkluderer vi småhyse i den samme vurderinga blir antala $203+40$ stk for T3 og T7 og $301+312$ stk for T8-T12.

Kolmule: Fisken tykkjest å ha vandra ut av området, mot nord og aust. Dei samanliknande tråltrekka viser her store variasjonar i antal fisk vesentleg på grunn av varierende innslag av små fisk. Dette kan ha si årsak i fleire forhold:

- 1 - påverknader av fisken frå det seismiske arbeidet,
- 2 - kva djup i sokkelskråninga ein har tråla,

3 - kva tid på døgnet ein har tråla, og

4 - varierende lysforhold, overskya eller klårvær.

Dataene frå observasjonane vi har, kan ikkje avgjera kven av desse faktorane som har vore dominerande ved dei aktuelle trålstasjonane.

Små pelagisk fisk: Her kan vi ikkje påvise særlege systematiske endringar i fordelingsmønstra. Vi kan likevel observera ein viss reduksjon i fiskemengda i området etter 6 døgn skyting sjølv om det er heller små mengder av desse artane i området under heile toktperioden.

4.2. Atferd og fordeling av fisk før og etter luftkankonskyting

For å klarleggja korleis fisken blei påverka ved skyting langs kvar kurslinje arbeidde vi som skissert i oppgave 2 (MATERIALE OG METODAR). I fig. 14 er vist eit vertikalsnitt av seismikkfartøyet og fordelingar av pelagisk fisk (f.eks. kolmule) og botnfisk. Hypotesen som skal stadfestast, er om den pelagiske fisken går ut til sidene frå kurslinja og om botnfisken går ned mot botnen. Blir hypotesen oppfylt, skal det føra til at integratorverdiane blir lavare langs kurslinja etter skyting enn før skyting for begge artsgruppene. Vi får ei fortynning av dei pelagiske forekomstane og fisk som går ned i daudsona, her rekna 0,7-1,5 m opp frå botn, let seg ikkje observera med ekkolodd.

Tabell 3 viser midlare integratorverdiar for seismikkområdet før og etter skyting langs kurslinjene. I midlinga har vi utelate data frå områda I, II, VI og VII på grunn av for få observasjonar, sjå tabell 1. Vi ser at integratorverdiane reduserast frå før skyting til etter skyting. Den mest markerte endringa får vi for kolmule og botnfisk.

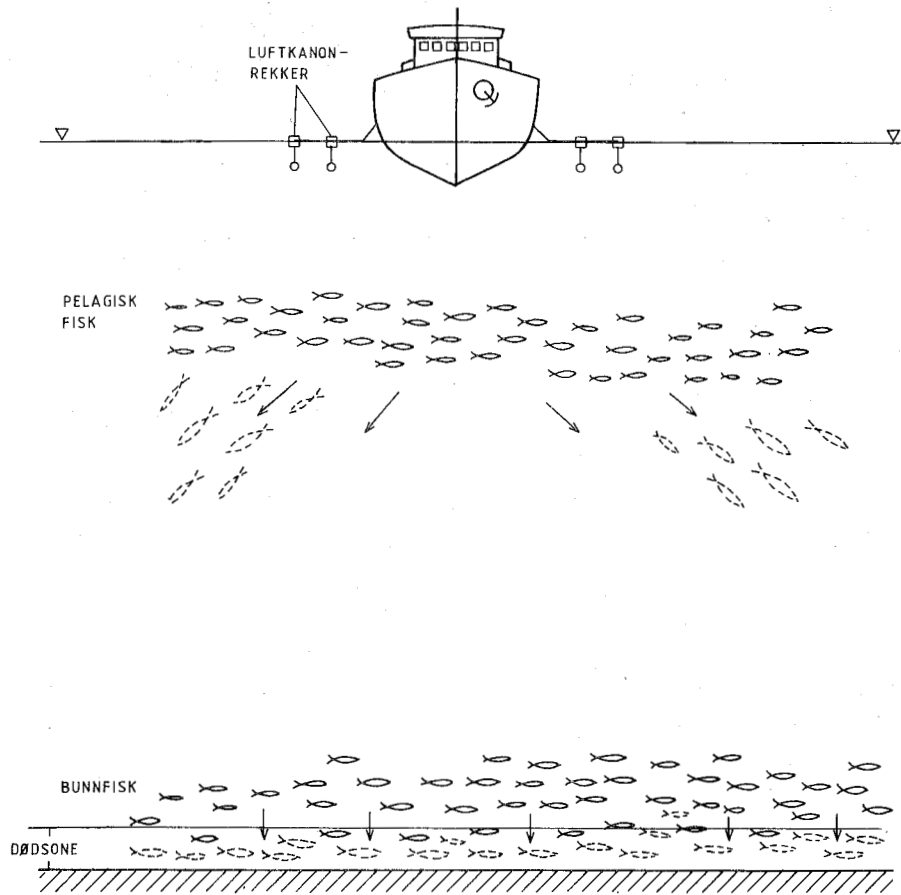


Fig. 14. Skisse av seismisk fartøy og fordelinger av fisk.

TABELL 3. Midlare integratorverdiar for artsgruppene i seismikk-området før og etter skyting langs kurslinjene og reduksjon i midlare integratorverdi i %.

Artsgruppe	Midlare integratorverdi		Reduksjon
	Før skyting	Etter skyting	
Botnfisk	3.9	2.5	36%
Kolmule	16.2	7.5	54%
Små pel. fisk	1.5	1.3	13%
Antall observasjoner	105	110	

For å verifisera hypotesen utfører vi også to statistiske testar på dataene i tabell 1, ein-sidig binomisk test (ZAR 1974) og ikkje-parametrisk ein-sidig test (LEHMANN 1975).

Einsidig binomisk test

Vi utfører testen med følgende hypoteser:

$$H_0: \bar{I}_f = \bar{I}_e$$

dvs. - integratorverdiane før skyting er lik integratorverdiane etter skyting.

$$A \text{ (alternativ hypotese): } \bar{I}_f > \bar{I}_e$$

dvs. - integratorverdiane før skyting er større enn etter skyting.

Underområde med færre enn 5 observasjonar er utelatne i testen på middelverdidifferansane, $\bar{I}_f - \bar{I}_e$.

Frå tabell 1 har vi:

Botnfisk:	$\bar{I}_f > \bar{I}_e$	i 7 av 8 tilfelle.
Kolmule:	$\bar{I}_f > \bar{I}_e$	i 4 av 5 tilfelle.
Små pel. fisk:	$\bar{I}_f > \bar{I}_e$	i 3 av 7 tilfelle.

Sannsynlegheita for eit gjeve utfall:

$$P(x) = \frac{n!}{x! (n-x)!} \cdot p^x \cdot q^{n-x}$$

n - antall observasjonspar (\bar{I}_f og \bar{I}_e),

x - antall tilfelle der $\bar{I}_f > \bar{I}_e$, og under test av den alternative hypotese er $p = q = 0.5$.

Dette gjev:

$P(x)$ botnfisk	= 0,0313
$P(x)$ kolmule	= 0,0783
$P(x)$ små pel. f.	= 0,2734

Konklusjon: På 0,05 signifikansnivå er det observert karakteristisk større fiskemengde for botnfisk før skyting enn etter skyting. For kolmule og små pelagisk fisk gjev dette materialet ikkje uttrykk for dette.

Ikkje-parametrisk einssidig test (Mann-Whitney test)

På grunn av få observasjonar i fleire av områda kan det vera riktigare å foreta ein ikkje-parametrisk einssidig test på enkeltobservasjonane. Dette vil gje styrke i forhold til ein t-test avdi observasjonane ikkje er normalfordelte. Underområde med færre enn 5 observasjonar er utelatne i testen.

Vi har også her hypotesene:

$$H_0: \bar{I}_f = \bar{I}_e$$

$$A \text{ (alternativ hypotese): } \bar{I}_f > \bar{I}_e$$

Etter rangering av enkeltobservasjonane - høgaste integratorverdi gjev lågaste rang - og utrekning av hjelpefordelinga, u , etter følgjande formel:

$$u = n_1 \cdot n_2 + \frac{n_1 (n_1 + 1)}{2} - R_1$$

der

n_1 - antall observasjonar i serien med lågaste rangsum

n_2 - antall observasjonar i serien med høgaste rangsum

R_1 - lågaste rangsum

gjev testen resultat som vist i tabell 4.

Konklusjon: Det høge antall tilfelle der H_0 ikkje kan forkastast på 0,05 signifikansnivå, tilseier at det ikkje er karakteristisk endring i fiskemengde for nokon av artane før og etter skyting.

Samanfatta kan vi seia at desse statistiske testane ikkje viser så tydeleg som resultatata i tabell 3 tilseier, at det er endringar i fiskemengdene før og etter skyting.

Tabell 4. Resultat frå ikkje-parametrisk ein-sidig test.

- : H kan ikkje forkastast, + : H kan forkastast (A oppfylt)
og 0 : det er ikkje fisk korkje før eller etter skyting.

Rute	Botnfisk	Kolmule	Små pel. fisk
III	-	+	0
IV	-	-	0
V	-	0	-
VIII	-	-	-
IX	-	0	-
X	-	0	-
XI	+	0	-
XII	-	-	-

5. KONKLUSJON

Ved hjelp av akustisk kartleggjing av fiskeforekomstane i blokk 34/7 i Nordsjøen med naboblokker har vi påvist klare endringar i fiskefordelingsmønstra i løpet av ein periode frå straks før seismisk arbeid starta til etter 6 døgn med seismisk arbeid.

På grunnlag av akustiske observasjonar langs kurslinjene til det seismiske fartøyet før og etter luftkanonskyting tyder endringane i fiskefordelingane på at fisken blir påverka av skytinga. Pelagisk fisk trekkjer sannsynleg ned og til sides under det seismiske fartøyet medan botnfisk sannsynleg blir trykt ned mot botn.

Slike skremmeeffektar hadde kunna påvisast meir tydeleg dersom det hadde vore større fiskemengder i det aktuelle området.

6. TAKK

Vi vil retta ei takk til dei øvrige tokt-deltakarane I. Hoff, F. Pettersen og L. Solbakken samt til mannskapet på F/F "Libas". Likeeins vil vi takka mannskap og GECO-personell på M/S "Malene Østervold" for godt samarbeid under toktet og til Saga Petroleum A/S for den interesse og velvillige støtte dei har vist i planleggjing og utføring av toktet.

Prosjektet har vore finansiert av Fiskeridirektoratets Havforskningsinstitutt og Olje- og Energidepartementet.

REFERANSAR

- ANON. 1974. BOLT PAR AIR GUN. Bolt Associates, Inc., Norwalk, Conn., USA.
- ANON. 1981. High Pressure Airgun. Western Geophysical, Houston, Texas, USA.
- CHAPMAN, C.J. and HAWKINS, A.D. 1969. A Field Determination of Hearing Thresholds for the Cod (Gadus morhua L.). 8th I.F. Meeting, Lowestoft. (mimeo.)
- CHELMINSKI; P. 1974. The effect of dynamite and PAR AIR GUNS on marine life. Bolt Associates, Inc., Norwalk, Conn. 06854, USA.
- DALEN, J. 1971. Akustiske stimuli for fisk. Hovedoppgave, Inst. for akustikk, NTH, Trondheim.
- 1973. Stimulering av sildestimer. Forsøk i Hoppvågen og Imsterfjorden/Verrafjorden 1973. Rapport for NTNF, Inst. for teknisk kybernetikk, NTH, Trondheim.
 - 1975. Kort om dødelig effekt på fisk ved sprengstoffdetonasjoner. Notat, Havforskningsinstituttet, Bergen.
 - 1982. Kort om luftkanoner, typisk bruk av disse og observasjonar av skade- og skremmeeffektar på fisk. Notat nr. FO8302, Havforskningsinstituttet, Bergen.
- FRENCH, W.S. and HENSON, C.G. 1978. Signature measurements on the water gun marine seismic source. Contr. to Offshore Tech. Conf. 1978, Houston, Texas, USA.
- HUBBS, C.L. and RECHNITZER, A.B. 1952. Report on Experiments Designed to Determine Effect of Underwater Explosions on Fish Life. California Fish and Game, Vol. 38, pp 333-365.

- JAKOSKY, J.J. and JAKOSKY, J.Jr. 1956. Characteristics of Explosives for Marine Seismic Exploration, Geophysics, Vol. 21, pp 969-991.
- KRAMER, F.S., PETERSON, R.A. and WALTER, W.C. 1968. Seismic Energy Sources 1968 Handbook. United Geophysical Corp., Pasadena, USA.
- LAVERGNE, M. 1970. Emission by Underwater Explosions. Geophysics, Vol. 35, No 3, June 1970, pp 419-435.
- LEHMANN, E.L. 1975. NONPARAMETRICS: Statistical Methods Based on Ranks. Holden-Day, Inc., McGraw-Hill Int. Book Company, San Francisco, USA.
- LOVLIA, S.A., KAPLAN, B.L., MAIOROV, V.V. and KOUPALOV-YAROPOLK, I.K. 1966. Explosives for Experimental Geophysics. Nedra, Moskva.
- MOTT-SMITH, L.M., MASRAFF, A.G. and OTTE, V.A. 1968. The Air Gun as a Marine Seismic Source. Contr. to Society of Exploration Geophysicists, Denver, Colorado, Oct. 1968.
- NEWMAN, P. 1978. Water gun fills marine seismic gap. The Oil and Gas Journal, Aug. 7, 1978, pp 138-150.
- OLSEN, K. 1969a. Directional Hearing in Cod (Gadus morhua L.). 8th I.F. Meeting, Lowestoft. (mimeo.)
- 1969b. Directional Responses in Herring to Sound and Noise Stimuli. ICES, Meet., Gear and Behaviour Comm., Bergen, (mimeo.).
- ZAR, J.H. 1974. Biostatistical Analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., USA.