

# INTERNE NOTAT

## HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

MILJØ - RESSURS - HAVBRUK

Nordnesgt. 50 Postboks 1870 5024 Bergen

Tlf.: 55 23 85 00 Faks: 55 23 85 31

Forskningsstasjonen	Austevoll	Matre
Flødevigen	Havbruksstasjon	Havbruksstasjon
4817 His	5392 Storebø	5198 Matredal
Tlf.: 37 05 90 00	Tlf.: 56 18 03 42	Tlf.: 56 36 60 40
Faks: 37 05 90 01	Faks: 56 18 03 98	Faks: 56 36 61 43

Distribusjon:  
INTERN - BEGRENSET

HI-prosjektnr.:  
04.08.1

Oppdragsgiver(e):  
Olje og energi departementet

Oppdragsgivers referanse:

Rapport:	INTERNE NOTAT	NR.1 - 1997
Tittel: PLANKTONFOREKOMSTER OVER SVALDBARBANKEN OM VINTEREN: AKUSTISKE REGISTRERINGER OG VIDEO-OPPTAK FRA EN FJERNSTYRT UNDERVANNSFARKOST (ROV)	Senter: Marint miljø	Seksjon: Biologisk oseanografi
Forfatter(e): Tor Knutsen, Webjørn Melle, Arne Hassel og John Dalen	Antall sider, vedlegg inkl.: 25	Dato: 24. januar 1997

Sammendrag: I forbindelse med konsekvensanalysen før eventuell oljeleting innenfor området Barentshavet-Nord er det gjennomført feltundersøkelser for å avdekke om det er et vestlig gytefelt for polartorsk i Barentshavet. Undersøkelsene dekket det vesentlige av områdene over Svalbardbanken, fra Bjørnøya til Edgeøya i perioden februar-mars. Det ble samlet inn prøver fra båt- og isstasjoner med både konvensjonelle planktonredskaper som håv og pumpe, og med akustikk og video for å finne eventuelle egg og larver, eller voksen polartorsk. Her rapporteres resultatene fra de akustiske registreringene og video-opptakene. Det ble ikke observert egg eller larver, eller signifikante mengder voksen polartorsk. Det konkluderes derfor med at gytingen innenfor undersøkelsesområdet var ubetydelig i 1996 (også på bakgrunn av tidligere rapporter).

Kombinasjonen av akustikk, video og vertikalprofiler med pumpe gav for oss en ny type planktonresultater som med sin høye romlige oppløsning og mulighet til å unngå unntakelsesproblemer er svært lovende.

- Tre stikkord:
1. Polartorsk
  2. Egg-larver-plankton
  3. Akustikk-video

.....  
Prosjektleder

.....  
Seksjonsleder

**"INTERNE NOTAT" ER FORELØPIGE ELLER UFULLSTENDIGE RAPPORTER.**

**Planktonforekomster over Svalbardbanken om vinteren :  
Akustiske registreringer og video-opptak fra en fjernstyrt  
undervannsfarkost (ROV)**

Tor Knutsen, Webjørn Melle, Arne Hassel og John Dalen  
Havforskningsinstituttet

## **Innholdsfortegnelse**

### **1 Innledning**

### **2 Materiale og metoder**

#### **2.1 Video-opptak**

#### **2.2 Tolking av videobilder**

#### **2.3 Plankton-pumpe og -håv**

#### **2.4 Akustiske målinger**

#### **2.5 Behandling av akustiske data**

### **3. Resultater**

#### **3.1 Stasjon Is-31**

#### **3.2 Stasjon Lance 01**

#### **3.3 Stasjon Lance 02**

#### **3.4 Oppsummering av akustikk- og videoresultater**

#### **3.5 Polartorsk**

### **4. Takk**

### **5. Litteratur**

## 1 Innledning

Prosjektet "Gytefelt for polartorsk" ved Havforskningsinstituttet har hatt til hensikt og framskaffe bakgrunnsmateriale i forbindelse med konsekvensutredningen for letefasen av oljevirkosomheten i Barentshavet-Nord. Arbeidsgruppen for Konsekvensutredninger om Petroleumsvirksomheten (AKUP) ønsket undersøkelser for å avdekke hvorvidt den vestlige bestandskomponenten av polartorsk i Barentshavet har et viktig gytefelt i området som omfattes av utredningen. Denne rapporten presenterer en del resultater fra video-opptak og akustiske målinger under isen. De tidligere rapportene har vist at med våre målemetoder ble det ikke sporet egg og larver av polartorsk eller større ansamlinger av voksen fisk i undersøkelsesområdet (Melle og Knutsen, 1996; Melle et. al., 1996). Dette kan selvsvagt ha sin forklaring i selve målemetodene, men kan i like stor grad skyldes at gytingen på Svalbardbanken og tilgrensende områder i 1996 var ubetydelig (Melle et. al., 1996). Det er også vist at tilstedeværelse av voksen polartorsk over Svalbardbanken varierer betydelig mellom år (Gjøsæter og Anthonypillai, 1995).

Forekomstene av plankton i Barentshavet på vinterstid, spesielt i islagte områder er lite studert. Det er derfor av spesiell interesse både i en konsekvensutrednings- og forvaltnings-sammenheng at metoder for registrering og innsamling av dyreplankton, fiske-egg, -larver og voksen fisk (Melle et. al., 1996) blir kjent, og at deres egnethet for anvendelse i arktiske områder blir evaluert. Disse områdene må ansees som ekstreme med hensyn på klima og krever spesielt utstyr og kompetanse når fiskeri- og marinbiologiske feltundersøkelser skal gjennomføres.

I våre undersøkelser ble det benyttet både tradisjonelle redskaper og ny teknologi (Melle et. al., 1996). Denne rapporten vil fokusere på resultater fra videoregistreringer og akustiske målinger foretatt fra en undervannsfarkost operert i vanmassene under isen. Bruk av akustikk i undersøkelser av dyreplankton og mikronekton kan i motsetning til tradisjonelle redskaper gi langt mer detaljert informasjon om fordelingsmønstre og mengde av organismer både vertikalt og horisontalt (Pieper og Holliday, 1984; Pieper et al., 1990). Likeledes gir videokameraer med høy oppløsning en mulighet for å dokumentere *in situ* (se Davis et al., 1992), hvilke organismer som dominerer og som mest sannsynlig bidrar til akustiske registreringer. Valg av frekvenser for det akustiske systemet (38, 120 og 200 kHz), var motivert av det forventede størrelsesspekter av organismer og objekter som skulle undersøkes (polartorsk egg [1.9 mm], dyreplankton [1.5-40 mm] og fisk [ $\geq$  40 mm]). Ved anvendelse av høyoppløselig videosystemer og akustikk unngår man problemer med unnvikelse av innsamlingsredskapene som kan være et alvorlig problem ved bruk av tradisjonell metodikk. I isfylt områder kan det også være risikofyllt og oftest umulig å benytte sleperedskaper for prøvetaging. Bruk av akustikk og videoutstyr har derfor et spesielt potensiale i slike områder. Erfaringer fra den foreliggende undersøkelse viser at der også er knyttet metodiske problemer til bruk av video undervannsakustikk (jfr. Kap. 2). Noen av disse problemene er kanskje spesielle når man opererer i arktiske områder, andre kan skyldes egenskaper ved utstyr og instrumentering eller selve målemetodikken. Med bakgrunn i den erfaring som er vunnet gjennom denne undersøkelsen og til tross for problemene en støtte på, vil både metoder og utstyr som disponeres kunne forbedres. Dette vil på sikt kunne gi en vesentlig bedre kvalitativ og kvantitativ informasjon om plankton-, fiskesamfunn og økologiske prosesser i våre havområder.

## 2 Materiale og metoder

### 2.1 Planktonpumpe og -håv

En nedsenkbar Flygt lensepumpe ble brukt til å skaffe dybdeprofiler av mindre former for dyreplankton. Til bruk på ROV var selve pumpen plassert rett under overflaten med en slange ned til og festet på ROV, og en slange til overflaten. På stasjoner tatt fra fartøyet ble pumpen senket til ønsket dyp, med slange til overflaten. Avsilingen av planktonet skjedde på isen eller dekk, med en pose laget av planktonduk plassert i en 60 l kontainer. Maskevidden var 180  $\mu\text{m}$ .

Håven, en 36 cm Judayhåv, hadde 0,1 m<sup>2</sup> åpning og 180  $\mu\text{m}$  maskevidde. Håven ble trukket fra 100 m eller bunn til overflaten. Fra båten ble det brukt vinsj, mens håven ble trukket for hånd fra isen (Melle *et al.* 1996b). Den er ikke egnet til å fange effektivt store og mobile planktonorganismer som krill og amphipoder, men er brukbar til kopepoder og plankton uten egenbevegelse som f.eks. egg. Pumpen kan heller ikke ansees å effektivt fange annet enn de minste organismene, mens maneter og kammaneter lett vil ødelegges.

### 2.2 Video-opptak

To videokameraer med forskjellig brennvidde og billedfelt ble brukt til registrering av dyreplankton. Det ene dekket et bildeutsnitt på 50·50 cm i fokalplanet, det andre dekket 10·10 cm. Dybdeskarpheten ble antatt å være omlag så stor som bredden av billedfeltet, dvs. henholdsvis 50 cm og 10 cm for de to kameraene. Dybdeskarpheten er imidlertid avhengig av blenderåpningen som til enhver tid blir brukt, og dette forhold er ikke tatt i betraktning. Det billedvolumet med objekter i fokus som på et gitt tidspunkt var mulig å undersøke noenlunde kvalitativt og kvantitativt, skulle da teoretisk være 50·50·50 cm = 0.125 m<sup>3</sup> og 10·10·10 cm = 0.001m<sup>3</sup>. Begge kameraer var tilnærmet rettet mot samme mål og brukte samme lyskilde, et stroboskop som belyste objektene fra siden i 45 graders vinkel, fra en avstand på ca. 90 cm. Hvert kamera var koplet til hver sin opptaker. For en mer utførlig beskrivelse av videostyret og dets plassering på undervannsfarkosten, henvises til tidligere toktrapport (Melle og Knutsen 1996).

Hensikten med å bruke to forskjellige kameraer var å få dekke et bredere størrelsesspekter av organismer enn om bare ett kamera ble brukt. Med utgangspunkt i størrelsen av et polartorskegg, rundt 2 mm, ble et 10 cm billedfelt valgt for om mulig å registrere egg dersom disse var tilstede. Videre ville billedforstørrelsen også være tilstrekkelig til å gjenkjenne kopepoder på størrelse med *Calanus glacialis* og *C. finmarchicus*. Større organismer som pilormer, maneter og kammaneter ville også lett bli gjenkjent når de kom inn i billedfeltet. Siden disse opptrer i langt lavere antall enn kopepoder, antok en at et større bildeutsnitt med mindre forstørrelse (50 cm) ville være bedre egnet til kvantitative beregninger.

### 2.3 Tolking av videobilder

Det er forsøkt med to ulike linser på denne testversjonen av videoutstyret. Den ene linsen (50·50 cm) hadde automatisk blender, mens linsen med størst forstørrelse hadde manuell blender. Det er fordeler og ulemper med begge typer som ikke skal taes opp her, men nær overflaten vil en i daglys få overeksponering med den manuelt styrte linsen dersom en skal

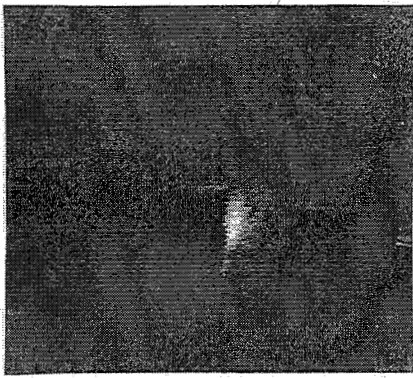
få tilstrekkelig lysstyrker i dypet der en i hovedsak har lys fra stroboskopet. Dette skal i fremtiden rettes på ved bruk av filtre. På grunn av dette var opptakene fra de øverste meterne på stasjon Is-31 overeksponerte, og det var vanskelig å se detaljer da for mye lys ble reflektert fra småpartikler i vannet. Dette problemet kan i særlig grad ha gjort seg gjeldende når det gjelder deteksjon av små organismer. Således må en regne med at antall små objekter kan ha blitt underestimert i forhold til opptak gjort på dypere vann.

Objektene som ble observert på opptakene, ble delt inn i to hovedkategorier, objekter i fokus og objekter ute av fokus. Objekter i fokus ble bestemt kvalitativt til gruppene kopepoder, pilormer, kammaneter, meduser eller uidentifiserte. De aller fleste objektene i gruppen «objekter ute av fokus» var ikke mulig å bestemme nærmere. Alle objekter ble lengdemålt, enten ved hjelp av et eget billedanalyseprogram (NIH-IMAGE v. 1.60/ppc, Rasband og Bright, 1995), eller ved å måle bildet direkte på skjermen og senere regnet om ut fra videobildets kjente mål i fokalplanet. Skarpe objekter kunne således lengdemåles med akseptabel nøyaktighet, mens uskarpe objekter med bare de mest lysskarpe og sentrale delene synlige var vanskeligere å måle. Små og sterkt reflekterende objekter ville fortone seg utflytende og store når de lå ute av fokus. Dessuten ville objekter nærmere enn fokalplanet fortone seg større, og objekter bortenfor mindre enn de som lå i fokalplanet. De minste objektene fortonte seg som skyer av meget små lysende punkter. Disse var tilstede på opptakene mesteparten av tiden når eksponeringen var brukbar, men det ble ikke forsøkt å telle eller måle disse partiklene nå. Sannsynligvis kan de tolkes som små dyreplanktonarter, egg eller larver av kopepoder og annet dyreplankton, og som dødt organisk materiale.

Hovedproblemet under analysen av videoopptakene var å bestemme hvorvidt et objekt var «i fokus» eller «ute av fokus». Denne vurdering måtte nødvendigvis bli subjektiv, men det ble prøvet å identifisere på samme måte hele tiden. Sannsynligvis befant alle objektene klassifisert i førstnevnte kategori, seg innenfor det tidligere beskrevne fokusvolumet, mens objekter fra sistnevnte kategori kan ha vært innenfor eller utenfor dette volumet.

I tillegg til registrering av objekter ble tidspunktet for videobildet notert. Dyp ble beregnet ved å synkronisere videoens telleverk med CTD-tid og -dyp. På noen av opptakene ble dybde gitt av ROVéns dybdesensor vist i videobildet, og dette lettet identifisering av dyp. Første fasen av en videoprofil var nedsenkning fra overflaten til et gitt dyp. Antall objekter registrert fra denne vannsøylen, ble brukt til å regne ut antall organismer  $m^{-3}$  i hvert 10 m intervall. Mindre intervaller var ikke hensiktesmessig på grunn av få observasjoner.

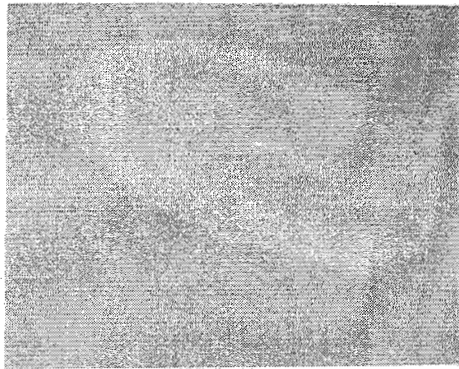
Enkeltpilder av representative planktonorganismer fra de beste video-opptakene er vist i fig. 1a-d. Kun i noen meget få tilfeller var bildene av kopepoder så skarpe at antenner og abdomen kom frem på bildet. Eksemplet i fig. 1a viser sannsynligvis en *Calanus* spp. Et karakteristisk trekk på mange av opptakene av kopepoder var at de på et visst tidspunkt eller på et bestemt sted i billedfeltet ga fra seg et kraftig lys som kunne lokaliseres til en liten del foran på dyret. Selv når kopepoden var meget svakt opplyst, kunne den plutselig og noen ganger bare i løpet av en enkelt billedramme gi fra seg et intenst lys. Dette kan vanskelig tolkes som reflektert lys i en gunstig vinkel og er sannsynlig et bioluminiscens-fenomen. Slike fenomener er velkjente hos *Metridia longa* og blir ofte observert under håndtering av fangsten i planktonhåver. Imidlertid synes ikke *M. longa* å være tallrik i prøvene som ble undersøkt. Pilormer var lette å oppdage, særlig når de var i bevegelse. Den bakre delen reflekterte mest lys, men også hodet var tidvis lett synlig (jfr. fig. 1b). I ett tilfelle kunne den



1a)



1b)



1d)



1c)

Fig. 1. Videobilder av noen representative dyreplanktongrupper. 1a) Kopepod fra Lance-2, utsnitt fra 10\*10 cm billedfelt. 1b) Pilorm under svømming, hodet øverst. St. Is-31, utsnitt fra 10\*10 cm billedfelt. 1c) Kammanet, sannsynligvis *Mertensia ovum*, lengde kropp ca. 5 cm. St. Is-31, 10\*10 cm billedfelt. 1d) Kammanet, sannsynligvis *Beroe infundibulum*. St. Is-31, utsnitt fra 10\*10 cm billedfelt.



undulerende finnebremsen observeres som et lysende felt som beveget seg langs med kroppen under svømmingen. Bilder av kammaneter med representanter fra gruppene tentaculata og nuda er vist i fig. 1c-d. Førstnevnte kan være en *Mertensia ovum* som er en av de vanligste artene, den sistnevnte er bestemt til *Beroe* spp.

## 2.4 Akustiske målinger

Akustiske data ble samlet inn ved hjelp av et SIMRAD EK500 ekkolodd som ble operert på tre frekvenser, henholdsvis 38, 120 og 200 kHz. To av svingerne 38 og 120 kHz, var splittstrålesvingere, mens 200 kHz var en enkeltstråle svinger. Mellom hver svinger og EK500, som befant seg oppe på isen i en isolert instrumentkasse, ble det benyttet separate splittstråle kabler med lengde på 100 m.

Svingerne var montert så tett sammen på undervannsfarkostens tiltbare dom (ved siden av videokameraene), som den fysiske plassen tillot. Dette for å oppnå et størst mulig felles strålevolum. Åpningsvinkelen til 38 kHz svingeren var  $12,6^\circ$ . De to andre svingerne hadde en åpningsvinkel på ca.  $7^\circ$ .

De akustiske målingene fra undervannsfarkosten ble foretatt både fra lokalitetene på isen og i råker fra fartøyet. Domen på farkosten var utviklet for å observere horisontalt og vertikalt, og ble fjernstyrt fra en dekksehhet oppe på isen. Svingeren på 38 kHz ble i hovedsak benyttet til å observere eventuell forekomst av polartorsk og større dyreplankton under isen. De andre frekvensene var valgt for å detektere mindre dyreplankton og polartorskegg.

Flere forskjellige observasjonsmodi ble benyttet. Først ble det foretatt målinger med 38 kHz når undervannsfarkosten lå i overflateposisjon. Fordi denne frekvensen har lang rekkevidde ble hele vannsøylen fra overflaten til bunn under isen kartlagt med tanke på forekomst og vertikal fordeling av polartorsk og større dyreplankton. Siden rekkevidden ved 120 og 200 kHz er relativt begrenset ble det foretatt en vertikalprofilering av vannsøylen hvor alle tre frekvensene ble benyttet. Disse målingene ble foretatt ved trinnvist å observere vertikalt i vannsøyelen fra 0-25m, 20-45 m, 40-65 m og 60-100 m. Dette ble gjort for å kunne øke pingraten slik at vi fikk flere målinger per observasjonsvolum. I tillegg var det viktig å komme nærmere eventuelle registreringer av polartorsk egg og mindre dyreplankton for slik å bedre kvaliteten og oppløsningen i de akustiske målingene. Dersom vannsøylen var dypere enn ca. 100 m, ble det også kjørt en måleserie ved alle frekvensene (fra undervannsfarkostens maksimumsdyp), hvor måleområdet på ekkoloddet var satt slik at havbunnen på lokaliteten ble registrert. Etter vertikalprofilering av vannsøylen ble ROV'en kjørt mot overflaten med en hastighet på ca. 0,5 m/s mens svingerne målte kontinuerlig horisontalt. I denne modus ble det i første del av toktet foretatt akustiske målinger i en avstand 0-25 m fra svingerne ved alle frekvenser. Senere ble det besluttet å måle i diskrete dyp da det syntes å bedre kvaliteten på de akustisk registreringene. Da vi målte horisontalt viste det seg imidlertid at vi måtte være spesielt oppmerksomme på tilbakestråling fra bunn, og fra isedekket over farkosten. Disse forhold begrenset målingene til noen få dyp.

De akustiske målingene som ble foretatt på de første islokalitetene var imidlertid beheftet med mye støy, spesielt på 120 og 200 kHz. Disse problemene er utførlig beskrevet i Melle (et. al., 1996) og skal ikke repeteres her. For at de akustiske målingene skulle kunne anvendes måtte de derfor korrigeres for støy. Metodene og prosedyrene som ble benyttet for å håndtere



støyproblemet er nærmere omtalt og behandlet i Kap. 2.5.

## 2.5 Behandling av akustiske data

De akustiske data fra ble lagret ved hjelp av Bergen Ekko Integrator (BEI), et post-prosesseringsystem for behandling av akustiske data (Knudsen, 1990; Foote et al., 1990). Systemet lagrer de akustiske målingene i filer hvor data fra hvert ping forekommer med hyppighet lik pingraten til EK500. Disse filene kan leses av BEI og vises i et ekkogramvindu på en arbeidsstasjon. Oppløsningen i ekkogramvinduet, 650 verdier vertikalt og 1500 horisontalt, er lagt til grunn når de akustiske målingene blir lagret. EK500 kan opereres med flere forskjellige rekkevidde innstillinger. Dette er kort beskrevet en innstilling som forteller ekkoloddet om en vil foreta akustiske målinger over lengre eller kortere avstander fra svingerne. Valg av rekkevidde (område) kan endres underveis i løpet av en undersøkelse, og benyttes oftest når havdypet endrer seg, f.eks. når et fartøy beveger seg fra et sokkelområde til dypere vann. Uansett hvilken rekkevidde som brukes, vil en i den pelagiske delen av tolkevinduet (fra svingerflaten til bunn), ha 500 verdier vertikalt for hvert ping som lagres. De resterende 150 verdier er avsatt til ekkogrammet bunnvindu. I våre undersøkelser ble følgende rekkevidde innstillinger benyttet: 0-250 m, 0-100 m, 0-50 m og 0-25 m. Dette gir en vertikal oppløsning mellom hvert målepunkt på 50, 20, 10 og 5 cm. Siden all logging ble utført når vi lå i ro på isen eller fra fartøyet, ble ekkoloddet satt til å logge data med simulert hastighet på 20 knop. Dette resulterte i en gjennomsnittlig pingrate på ca. 1,3-2,0 ping pr. sekund når det ble logget data på tre frekvenser.

De resulterende datafilene hadde derfor en vertikal oppløsning på 500 punkter. Antallet ping i hver datafil (horisontal oppløsning) varierte noe og var bl.a. avhengig av hvor lenge logging av data pågikk. Vanligvis inneholdt hver fil i størrelsesorden 1000-1500 ping. Avhengig av område innstilling på ekkoloddet, gav dette en detaljert akustisk informasjon om forekomst av organismer under isen.

Den første prosessering og innsamling av data internt i EK500 foregår med en høyere oppløsning enn de målinger som er tilgjengelig fra BEI. Gitt en lydshastighet på 1450 m/s, finner vi at EK500 i løpet av pulsutstrekningen vist i tab. 1 har i størrelsesorden 4,35-4,8 punktprøver pr. puls (Anon, 1996). EK500 var kalibrert ved alle frekvensene og ble operert med kort pulslengde.

Tabell 1. Svingerkarakteristika EK500

Frekvens (kHz)	Pulslengde (ms)	Punktprøve avstand (cm)	Pulsutstrekning (cm)
38	0.3	10	43.5
120	0.1	3	14.5
200	0.06	2	8.7

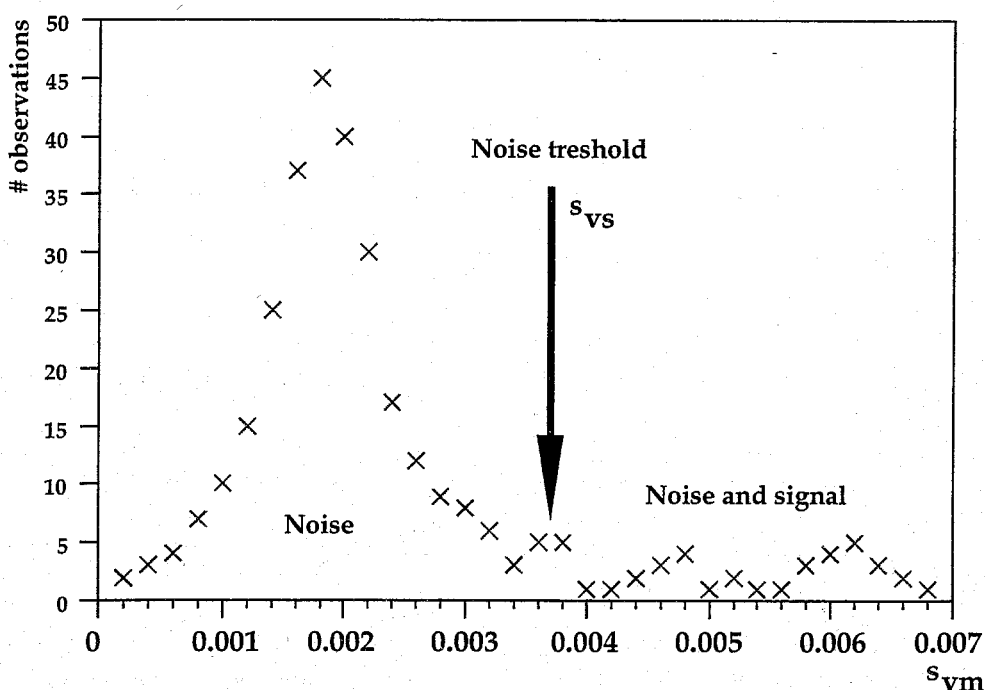
På grunn av tildels mye støy i de akustiske data og de små målorganismene for undersøkelsen, ble det avgjort å støykorrigere alle data som var samlet inn på de tre frekvensene. Støykildene var mange og skyldtes faktorer som elektrisk støy fra annet

elektronisk utstyr, generert støy i lange kabler, termisk støy, dobbelbunn ekko, tilbakestråling fra isdekket over farkosten og issørpe i nærheten av farkost og svingere når disse målte fra overflateposisjon. Det viste seg også å være et problem at svingerne sannsynligvis ikke var godt nok bakstråledempet slik at mye lyd ble sendt ut bakover fra svingerne, ble reflektert fra isen og deretter detektert igjen.

Det ble utviklet en metode og prosedyre for å støykorrigere dataene. Bakstråling, ringing fra svingerne og dobbelbunndeteksjon, eller annen systematisk generert elektrisk støy, kunne ikke behandles på en tilfredsstillende måte. Når denne type støy ble observert, ble målingene fra disse delene av ekkogrammet ikke benyttet.

Spesielt på frekvensene 120 og 200 kHz, men også på den laveste frekvensen, 38 kHz, vil den "undefinerte" støyen øke med dypet. Dette har bl.a. sin årsak i at høyere frekvenser er utsatt for større absorpsjon. Kombinert med en lavere sendeeffekt vil derfor 120 og 200 kHz ha et betydelig lavere signal/støy-forhold og kortere rekkevidde enn 38 kHz. Ved konstant utgangseffekt vil derfor et gitt mål være vanskeligere å skille fra støy på 120 og 200 kHz enn ved 38 kHz, dess lenger fra svingerne målet befinner seg. På grunn av ekkoloddets tidsvarierte forsterkning (TVG) vil støy i like stor grad som et reelt objekt forsterkes opp og bidra til registreringene på ekkoloddet. Når en kommer ut i en viss avstand fra svingerne (> 50m), vil støybidraget (i betydningen "undefinert støy"), ofte være vesentlig på 120 og 200 kHz, og bidraget fra mindre organismer vanskeligere å skille fra støy. Dette er hovedårsaken til at vi valgte en innsamlingsstrategi som gikk på å flytte svingerne nærmere registreringene ved å kjøre undervannsfarkosten trinnvis dypere i vannsøylen.

Metoden som ble benyttet for å fjerne eller redusere støybidraget fra de akustiske data, er utviklet ved Havforskningsinstituttet i samarbeid med Rolf Korneliussen. Den går ut på å velge ut en blokk med akustiske målinger (som inneholder så mange målinger som mulig), i vårt tilfelle 400-800 ping. Deretter ble alle akustiske data fra ett spesielt dyp over hele denne blokken ekstrahert og plottet som et histogram. Ved valg av intervallbredde tilpasset måleverdiene som ble plukket ut, fordelte målingene seg i histogrammet som vist i fig. 2.



Figur 2. Teoretisk fordeling av målt volumspredekoefisient  $s_{vm} \cdot 10^{-7} (\text{m}^2 \text{m}^{-3})$ , fra et gitt dyp over et gitt antall ping.

Et dataprogram<sup>1</sup> ble benyttet for å konvertere BEI's binærfiler til ascii-format samtidig som de akustiske målingene ble omregnet til volumspredekoefisient  $s_v$  ( $m^2/m^3$ ), senere også omtalt som bare  $s_v$ . To andre dataprogrammer<sup>2</sup> ble anvendt for å ekstrahere de blokkene av akustiske data som skulle støykorrigeres og viderebehandles.

Figuren viser at de akustiske målingene fordeler seg med en større ansamling i venstre kant av histogrammet. Her ligger de laveste verdiene som er målt og disse har gjerne form som en sadelfordeling, mens resten av målingene ligger spredt utover histogrammets x-akse. Når ekkoloddet opereres med en støyterskel på 0 dB er dette den fordeling en teoretisk kan forvente av signal og støy (R. Korneliussen, pers. med.). Den tilnærmede normalfordeling i histogrammets venstre kant kan da tilordnes støykomponenten, mens resten av observasjonene ligger over støygrensen ( $s_{vs}$ ). Ut fra disse betraktninger ble derfor støygrensen satt lik høyre kant av normalfordelingen som vist i fig. 2. Denne prosedyren ble gjentatt for 7-10 dyp i de blokkene med akustiske data som ble valgt ut for analyse og presentasjon. Det ble så foretatt en kurvetilpasning mellom den avleste støyverdi ( $s_{vs}$ ) og avstanden fra svingeren (=dypet) hvor utplukket av akustiske data ble foretatt. I de fleste tilfellene ble den beste tilpasning funnet ved å anvende av en eksponentiell funksjon ( $s_{vs} = a \cdot 10^{b \cdot \text{dyp}}$ ) eller et 3dje grads polynom ( $s_{vs} = a \cdot \text{dyp}^3 + b \cdot \text{dyp}^2 + c \cdot \text{dyp} + d$ ), hvor a - d er estimerte koeffisienter i ligningene. På denne måten kunne støykorreksjonen beregnes over hele dybdeområdet for den blokken av akustiske data som skulle analyseres. Den målte volumspredekoefisienten ( $s_{vm}$ ) er lik summen av støy og tilbakespredetverrsnittet,  $\sigma_{bsi}$  for de N organismene som er i et gitt volum, normalisert til  $1m^3$ ):

$$s_{vm} = \left( \sum_{i=1}^N \sigma_{bsi} \right) + \text{støy}$$

Derfor ble det beregnet en ny volumspredekoefisient  $s_{vadj} = s_{vm} - s_{vs}$ . Siden denne relasjonen kan bli lik eller mindre enn 0, avhengig av om den målte verdien for et gitt dyp og ping er mindre enn det som beregnes ved hjelp av støykorreksjonsformelen, ble alle negative verdier satt lik null.

Sammenhengen mellom volumspredestyrke ( $S_v$ ) og volumspredekoefisient ( $s_v$ ) er gitt ved formelen  $S_v = 10 \cdot \log_{10}(s_v)$ . For å kunne presentere volumspredestyrken (på de ulike frekvensene som en funksjon av dypet) ble først en gjennomsnittlig volumspredekoefisient for hvert dybdeintervall beregnet. Av forskjellige årsaker vil det alltid være en naturlig variabilitet mellom hvert ping. Derfor må en midle over et visst antall for å oppnå stabile målinger. For å oppnå et 95% konfidensintervall for målingene som ligger innenfor  $\pm 1\text{dB}$  er det vist at en må inkludere ca. 75 ping ("samples") (Kristensen, 1983). Vi valgte derfor å benytte et midlingsregime hvor de akustiske målingene for hvert dybdesteg ble midlet over 150 ping. Med en gjennomsnittlig pingrate på 1,3-2,0 ping per sekund, skulle dette tilsi at data fra en måleperiode med varighet på 1-2 minutter ble midlet. I løpet av denne måleperioden antok vi at volumspredekoefisienten var relativt stabil fra et gitt dyp og volum, selv om både drift

<sup>1</sup>ReadFileNew laget av Rolf Korneliussen (HI)

<sup>2</sup>noise, clipsv laget av Tor Knutsen (HI)

av is og fartøy, vannbevegelse og organismenes egenbevegelse allikevel kan ha bidratt til en viss variabilitet i målingene.

For 200 kHz og 120 kHz ble det ikke foretatt vertikal midling av data ved presentasjon av vertikalprofilene. Når det gjaldt 38 kHz ble de akustiske målingene midlet over to og fire dybdesteg når rekkevidden på ekkoloddet var satt til henholdsvis 0-50 m og 0-25 m. Ved disse valg av rekkevidde har en data fra et dybdeområde på henholdsvis 10 og 5 cm. Ved å beregne et kjedet middel over to eller fire dybdesteg (se over), får vi en gjennomsnittsverdi for et dybdeintervall tilnærmet lik halve pulsutstrekningen ( $c\tau/2$ ), også kalt oppløsningslengden på 38 kHz.

På grunn av at de akustiske data for alle frekvensene etter støykorleksjon, men før midling, innholdt relativt mange 0-verdier, og volumtilbakespredningen i vertikalprofilene skulle presenteres som dB, ble laveste verdi (med unntak av 0), funnet for hvert datasett og 90% av denne ble addert til alle verdier i datasettet for å unngå problemer med konvertering av måleverdier til dB :

$$S_{vmeanadj} \text{ (dB)} = 10 \cdot \log_{10}(s_{vmeanadj} + 0.9 \cdot s_{vmeanadj \text{ min}})$$

En komplett vertikalprofil av volumspredstyrke på 120 og 200 kHz ble satt sammen av blokker av data målt når undevannsfarkosten lå i henholdsvis 0,75, 20, 40, og 60 m dyp, med måleområdet satt til 0-25 m eller 0-50 m fra svingerne. For 38 kHz ble vertikalprofilen i hovedsak laget på bakgrunn av akustiske målinger foretatt når farkosten lå i overflateposisjon.

Det er antatt at målt volumspredstyrken ( $S_v$ ) gir informasjon om mengden av organismer pr. volumenhet siden tilbakespredetverrsnittet,  $\sigma_{bs}$ , er antatt å være proporsjonal med størrelsen av de organismene en måler på (Holliday og Pieper, 1980; Pieper og Holliday, 1984). En viktig faktor er imidlertid valg av frekvenser. Generelt kan en si at jo høyere frekvens til lettere vil en detektere mindre organismer og at bølgelengden bør være mindre eller lik størrelsen av de organismene som skal studeres. Forutsetningen er imidlertid at dataene ikke er beheftet med støy.

Undersøkelser viser at det er god sammenheng mellom en organismes målstyrke  $TS = 10 \cdot \log_{10}(\sigma_{bs})$ , og et dyrs størrelse målt som tørrvekt (Wiebe et al., 1990). En utførlig diskusjon omkring dette tema og hvordan ulike spredemodeller kan estimere en målstyrke som er tilnærmet målt målstyrke, er gitt av Demer og Martin (1995).

Et viktig punkt er altså hvilken teoretisk modell som benyttes for beregne bidraget i volumspredstyrke fra et planktonsamfunn. Flere undersøkelser tyder på at ulike grupper av organismer har svært forskjellige egenskaper når det gjelder å reflektere lyd avhengig av om de har harde eller myke skall, eller gassfylte blærer (Stanton et al., 1996). Dessuten viser en rekke undersøkelser at variasjon i kroppsvevets biokjemiske sammensetning og derved organismenes lydshastighet- og tetthetskontrast i forhold til det omgivende sjøvann, samt dyrenes orientering, i betydelig grad kan påvirke et dyrs sprede-egenskaper (Sameoto, 1980; Dalen & Kristensen, 1981; Kristensen, 1983; Falk-Petersen et al., 1985). På tross av mange og usikre variable, ønsket vi å undersøke i hvilken grad de akustiske målingene gav et representativt bilde av "mengden" dyreplankton i vannsøylen og var sammenlignbar med målinger foretatt ved hjelp av et videosystem og planktonpumpe.

Det ble derfor benyttet en matematisk modell "high pass fluid sphere" (Anderson, 1950; Johnson, 1977; Greenlaw, 1977, 1979; Stanton 1990) for å beregne tilbakespredetverrsnitt og volumspredstyrke fra en kopepod av en viss størrelse gitt en målefrekvens på henholdsvis 38, 120 og 200 kHz. Kopepodene var den organismegruppe som dominerte i antall på de fleste lokaliteter og dyp, selv om pilormer også var tallrike i den dypere del av vannsøylen på flere lokaliteter (se Kap. 3.1-3.3). Det kan derfor forsvares å benytte en "væskefylt sfærisk modell" som basis for en grov tilnærming for å sammeligne den målte volumspredstyrken med en teoretisk modellberegnet volumspredstyrke. En parameter som må bestemmes og som inngår i ovennevnte modell er "Ekvivalent Sfærisk Radius" (ESR). For å bestemme denne parameteren ble følgende ligninger anvendt (P. Wiebe, Woods Hole Oceanographic Institution, pers.med.) :

$$\begin{aligned} \text{copww} &= 0.086 \cdot \text{coplengh}^{2.809} \\ \text{copESR} &= ((3.0 \cdot \text{copww}) / (4.0 \cdot \pi))^{(1/3)} \end{aligned}$$

Kopepod våtvekt, lengde og ekvivalent sfærisk radius er gitt ved variablene *copww* (mg), *coplengh* (mm) og *copESR* (mm).

I Tabell 2 er gitt verdier for teoretisk volumspredstyrke (dB) fra kopepoder av forskjellig størrelse (1-5 mm) på 38, 120 og 200 kHz, med volumtettheter tilsvarende de som ble observert i felt, i størrelsesorden 25-400 individer m<sup>-3</sup>.

Tabell 2. Volumspredstyrke S<sub>v</sub> for kopepoder basert på Stanton (1990)'s approksimasjon til "high pass fluid sphere" modellen. N=antall kopepoder·m<sup>-3</sup>, f= frekvens (kHz), C 1.0-5.0 : kopepodlengde (mm).

f N	38					120					200				
	25	50	100	200	400	25	50	100	200	400	25	50	100	200	400
C 1.0 mm	-135.92	-132.91	-129.89	-126.89	-123.88	-115.95	-112.94	-109.93	-106.92	-103.91	-107.14	-104.13	-101.12	-98.11	-95.10
C 2.0 mm	-119.01	-115.99	-112.89	-109.98	-106.97	-99.16	-96.15	-93.14	-90.13	-87.12	-91.08	-88.07	-85.06	-82.05	-79.04
C 3.0 mm	-109.12	-106.11	-103.10	-100.09	-97.08	-89.71	-86.70	-83.69	-80.68	-77.66	-83.44	-80.43	-77.42	-74.41	-71.40
C 4.0 mm	-102.11	-99.10	-96.09	-93.08	-90.07	-83.61	-80.60	-77.59	-74.58	-71.57	-79.45	-76.44	-73.43	-70.42	-67.41
C 5.0 mm	-96.69	-93.68	-90.67	-87.66	-84.65	-79.57	-76.56	-73.55	-70.54	-67.53	-76.99	-73.99	-70.98	67.97	-64.96

Ekkoloddet ble kun kalibrert når svingerne lå i overflateposisjon. Vi vet imidlertid at trykkforholdene kan påvirke svingeregenskapene slik at svingere og ekkolodd ideelt sett burde vært kalibrert for hvert dyp det ble målt fra (E. Ona, pers. medd.). Også temperatur forholdene er viktig når det gjelder svingernes egenskaper (Sameoto, et al., 1993). Kalibrering ble imidlertid foretatt før toktet i et miljø med en noe høyere *in situ* temperatur en det som ble målt i undersøkelsesområdet. Dette kan ha påvirket målingene, men det er usikkert i hvor stort omfang. Praktisk var det imidlertid vanskelig å gjennomføre en kalibrering under feltarbeidet i isen eller under lignende forhold før feltundersøkelsen ble gjennomført.

### 3 Resultater og diskusjon

Video-opptakene på St. Is-31 og båtstasjonene Lance-01 og Lance-02 (se stasjonskart i Melle *et al.*, 1996) er ferdig analysert m.h.t. sammenhengende dybdeprofiler. Her vektlegges resultater fra videomålinger med høyest oppløsning (10·10·10 cm). Disse sammenlignes med akustiske registreringer og en pumpeprofil fra St. Is-31 (fig. 3, 5, 7). Der er ikke pumpe eller håvdata fra St. Lance-01 og Lance-02.

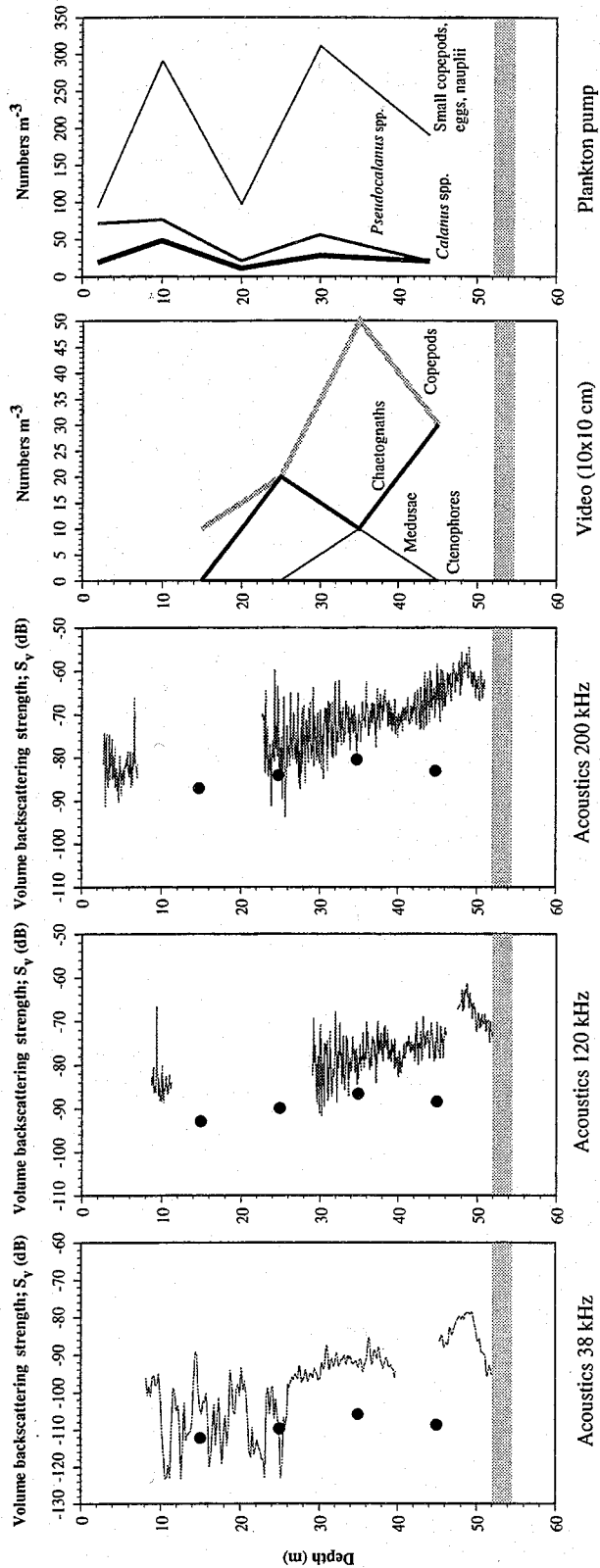
Komplette planktondata fra pumpeprøver og Judayhåv for alle opparbeidete stasjoner er oppsummert av Melle *et al.* (1996). Generelt viser planktonprøvene at overvintrings-stadiene CIV og CV samt voksne hunner av *Calanus glacialis* og *C. finmarchicus* dominerte blant de større kopepodene. *Metridia longa* var kun tilstede i lave antall, og ikke i alle prøvene. Den mindre *Pseudocalanus* spp. var mest tallrik, men også cyclopoiden *Oithona* spp. kunne forekomme i stort antall. En annen liten kopepod som tidvis ble observert var *Microcalanus* spp.

#### 3.1 Stasjon Is-31

Pumpeprøvene fra St. Is-31, tatt kl. 12:30, viser at nær overflaten i 2 m dyp var det relativt fattig på plankton, i hvert fall de større kopepodene som *C. glacialis* og *Pseudocalanus* spp. (fig. 3). Det ser også ut til å være tendens til en reduksjon i individtettheten i 20 m og i det nederste dypet på 44 m. Antall *Calanus* spp. varierte fra ca. 15 til knapt 50 individer  $m^{-3}$ . *Pseudocalanus* spp. viste samme fordelingsmønster som *Calanus* spp. med hensyn på dyp, men tetthetene var høyere; 25-75 individer  $m^{-3}$ . Høyest tettheter var det av ulike små kopepoder, egg og nauplier. Disse hadde også samme dybdefordeling som *Calanus* spp. og *Pseudocalanus* spp., men tetthetene var langt høyere; 100-300 individer  $m^{-3}$  (fig. 3).

På videoen (10·10 cm) fra St. Is-31 ble det ikke observert objekter mindre enn 10 mm i 0-10 m, og kun ett objekt større enn 10 mm. Årsaken til dette kan ha vært at innstillingen av den manuelle blanderen førte til overeksponering nær overflaten på denne stasjonen som ble tatt i dagslys, i motsetning til St. Lance-01 og Lance-02 (se Kap. 2.3). Data fra 0-10 m er derfor ikke inkludert i fig. 3. I de andre dypene ble det identifisert totalt 11 kopepoder, tilsvarende opp til 50 individer  $m^{-3}$ . I de tilfeller der kopepoder kunne identifiseres, var disse oftest *Calanus* spp. Pilormer var lette å identifisere både på grunn av størrelsen (30-40 mm) og på grunn av hurtige s-formete bevegelser. Det ble observert seks individer totalt i vannsøylen. Kun én kammanet ble observert på denne profilen, men både *Beroe* spp. og *Mertensia* spp. ble sett på andre opptak fra samme stasjon. Av meduser var det også kun én observasjon (mulig *Aglantha digitale*).

Konsentrasjonene av kopepoder økte med dypet mellom 10 og 20 m, og var høyest mellom 30 og 40 m (50 individer  $m^{-3}$ ). Der var en reduksjon i antall kopepoder under 40 m. Denne reduksjonen fallt sammen med en økning i forekomstene av chaetognather (som ikke ble observert grunnere enn 20 m). Antall pilormer økte og nådde maksimum mellom 40 og 50 m (fig. 3).



Figur 3. Videoprofil (10·10 cm), plankton pumpeprofil og volumsprede styrke  $S_v$  (dB) ved 38, 120 og 200 kHz på Istasjon-31. • : Angir volumsprede styrke for kopepodene beregnet ved hjelp av Stanton (1990)'s approksimasjon til "high pass fluid sphere" modellen.

Størrelsesfordelingen av mål i fokus for videokameraene og som dermed kunne identifiseres til gruppene; kopepoder, chaetognather, ctenophorer og meduser, viste at det var vanskelig å



identifisere mål mindre enn ca. 2 mm. Dette ble derfor satt som den nedre størrelsesgrensen for de objekter som ble talt. Utfra størrelsesfordelingen av gruppen kopepoder (2-5 mm) består denne av nesten 100 % *Calanus* spp. *Pseudocalanus* spp. som er omlag 1,5 mm som voksne, vil i liten grad bli talt. Det var noen *Metridia* spp. innenfor undersøkelsesområdet (Melle *et al.* 1996), og disse er større enn *Pseudocalanus* spp. Arten var imidlertid sjelden og vil bidra lite til det samlede antall kopepoder. Sammenligner vi mengder og vertikalfordeling av gruppen kopepoder i videotellingen med mengder og fordeling av *Calanus* spp. i pumpeprøvene, ser en at konsentrasjonene med begge metoder varierer mellom 11 og 50 individer  $m^{-3}$  (fig. 3). Fordelingsmønstrene med hensyn på dyp var derimot ganske ulike. Siden videodataene er midlet over 10 m og pumpen gir punktmålinger for hver 10 m, må imidlertid variasjon forventes. Tilstedeværelse av *Calanus* spp. i de øvre 10 m i pumpeprofilen støtter antagelsen om at videobildene nær overflata var for lyse til at alle objekter kunne sees. Det er interessant å se at chaetognather og geléplankton som ikke ble fanget med pumpen, er representert i videoprofilene ganske regelmessig. Dette gjør videomålinger metodisk lovende, ikke minst som et kvalitativt hjelpemiddel for tolking av resultater oppnådd med andre målemetoder.

Videobildene viste også at der var et stort antall mindre uidentifiserbare mål, men disse er altså ikke talt i denne omgang. Selvom disse ikke er identifiserbare, synes det å være mulig både å måle og telle dem. Vi vil derfor i det videre arbeidet med dataene forsøke å kvantifisere denne gruppen som trolig består av småkopepoder og ulike arter av egg og larver.

På bakgrunn av sammenhengen mellom signalfrekvens og en organismes akustiske spredeareal kan samme mål ha ulik målstyrke, TS (se Kristensen, 1983), ved de tre frekvensene som er benyttet i denne undersøkelsen. Mål av en gitt størrelse har høyere målstyrke ved høyere frekvenser så lenge vi er innenfor Rayleigh-området (se Clay og Medwin, 1977, s. 186), og nedre grense for størrelser av mål som kan detekteres, vil gå mot mindre størrelser med økende frekvenser. Ved høyere frekvenser vil også tynne forekomster av små mål gi høyere volumspredestyrke,  $S_v$  (se Kap. 2.5). Denne er en additiv funksjon av tilbakespredt energi fra alle mål innenfor målevolumet. Over Rayleigh-området gjelder ikke alltid disse forutsetningene fordi målstyrken ikke nødvendigvis øker med økende frekvens. Målstyrken for planktonorganismer målt ved 120 og 200 kHz kan ligge over Rayleigh-området og dermed er det ikke sikkert at en overgang fra 120 til 200 kHz gir øket målstyrke for de organismene vi detekterte (se også Clay og Medwin, 1977). Tabell 2 (se Kap. 2.5), viser imidlertid at for kopepoder av de størrelser som dominerte våre planktonprøver, så beregner den teoretiske modellen en økende  $S_v$  med en økning i frekvensen fra 120 til 200 kHz. Ved 38 kHz er vi innenfor Rayleigh-området og en kan forvente en økning i målstyrke (TS), ved økende størrelse av målene som detekteres. Vi vil bruke disse egenskaper ved den akustiske metoden til å tolke endringer i størrelse og konsentrasjoner av mål med hensyn på dyp og mellom stasjoner.

Oversiktsbilder av de akustiske profilene for de tre frekvensene 38, 120 og 200 kHz, er vist ved ekkogrammene i fig. 4. Volumspredekoefisienten  $s_v$  er her vist for 50 enkeltping med vertikaloppløsning (5-22 cm) som definert av BEI, for de ulike frekvenser (se Kap. 2.5), og der er ingen horisontal midling som i fig. 3, 5, 7. Dette gir et bilde som med hensyn på tid (horisontal akse), og særlig for de større og mer spredte mål, gir bedre mulighet til å løse opp

enkeltmål enn tilfelle er på bakgrunn av fig. 3, 5, 7. På St. Is-31 ser en at alle tre frekvensene viser det samme bildet, relativt få mål nær overflaten og en økning mot bunnen (fig. 4). Mellom omlag 40 og 50 m fortettes registreringene for så å løse seg opp like over bunn. I alle dyp er det flere mål registrert på 200 kHz enn det er både på 120 og særlig 38 kHz. Også  $S_v$  er sterkere i alle dyp på de høyeste frekvensene. Dette tolkes som forekomster av mindre dyreplankton. De er som det framgår av registreringene med 38 kHz, få store mål på denne stasjonen.

I fig. 3 vises volumspredestyrke,  $S_v$ , på st. Is-31 midlet over 150 ping med den samme oppløsning vertikalt som i fig. 4. På grunn av støy som vi ikke klarte å fjerne med våre programrutiner, var det ikke nok brukbare data til å dekke hele vannsøyla på denne stasjonen. Det synes som  $S_v$  målt på de to høyeste frekvensene var lav over 10 m, svakt økende mot 40 m, deretter kraftig økende mot ca 48 m, og så avtakende mot bunn i 52 m. Dette er det samme mønster som vist i fig. 4. Økningen fra 10 mot 48 m sammenfaller med økningen i konsentrasjoner av kopepoder og chaetognather målt med video, men passer dårlig med resultatene fra pumpeprøvene. Slik sett støtter de akustiske resultatene og videomålingene hverandre. Over 20 m er trolig videoresultatene for dårlige til å kunne bidra kvantitativt, men der synes å være lite av alle typer plankton. Kopepodgruppen ble ovenfor utledet til å måtte bestå nærmere 100 % av *Calanus* spp. I de stadier som ble fanget i pumpe og håver ellers på banken (mindre enn 20 % CIII, ellers CIV og eldre), er dette kopepoder som i størrelse varierer mellom 1,5 og 4 mm. Størrelsesmålene gjort med video viste også at kopepodgruppen i individstørrelse varierte mellom 2 og 5 mm, mest 3 og 4 mm. Dersom dette legges til grunn, kan en bruke matematiske modeller for beregning av  $S_v$  basert på antall og størrelse av kopepoder (se Kap. 2.5). I tillegg viste pumpeprøvene at det var relativt høye konsentrasjoner av egg, nauplier og småkopepoder. Denne gruppen varierer i størrelse fra 0,1 til 1,0 mm. Det er imidlertid i denne omgang ikke beregnet hvilke bidrag disse vil gi på de aktuelle frekvenser, og dette er ikke vurdert kvantitativt i den videre analyse.

Vi antar at midlere lengde av kopepoder i sjøen var 3 mm og i følge videomålingene var det 10, 20, 50 og 30 individer  $m^{-3}$  i henholdsvis 10-20, 20-30, 30-40 og 40-50 m på St. Is-31 (fig. 3). I følge tab. 2 skulle dette tilsvare følgende volumspredestyrke i de samme dypene; mindre enn -82 dB over 30 m, -79.4 dB mellom 30 og 40 m og ca. -83 dB mellom 40 og 50 m estimert ved 200 kHz, og mindre enn -89 dB over 30 m, -86.7 dB mellom 30 og 40 m og ca. -88 dB mellom 40 og 50 m estimert ved 120 kHz (fig. 3). I alle dyp der en har både akustiske data og videomålinger, gir dette lavere estimert enn målt volumspredestyrke både ved 120 og 200 kHz. Nærmest synes en å være rundt 30 m. Dette kan selvsagt skyldes at antall kopepoder målt med video er for lavt, men vi ser også at fra ca. 20 m skjer det en kraftig økning i mengden av chaetognather, og disse vil bidra i ukjent grad til den målte  $S_v$ . Vi har vi foreløpig ikke en operativ matematisk modell for å estimerer bidraget fra pilormene. Over 20 m der det i følge video-målinger synes å være lite innblanding av større dyr i kopepodforekomstene, vil en tetthet på 20 til 30 *Calanus* spp.  $m^{-3}$  kunne forklare de observerte  $S_v$  mellom ca. -78 og -85 dB ved 200 kHz. I 2 m ble det på grunnlag av pumpeprøvene beregnet å være 20 individer  $m^{-3}$  av *Calanus* spp. Ved 38 kHz var estimert og målt volumspredestyrke over 30 m mer lik enn for de høyere frekvensene (fig. 3). Dette tolker vi ikke som at *Calanus* spp. bidrar til  $S_v$  på 38 kHz. Den lave og variable  $S_v$  grunnere enn 25 m antas å skyldes lave konsentrasjoner av større dyr som kan bidra i særlig grad til  $S_v$  på 38 kHz. Først når større organismer som chaetognather og geléplankton øker i antall fra ca. 25 m, registrerte vi en økning i  $S_v$  på 38 kHz (fig. 3). Vertikalprofilen vist for 38 kHz, ble

Is-31

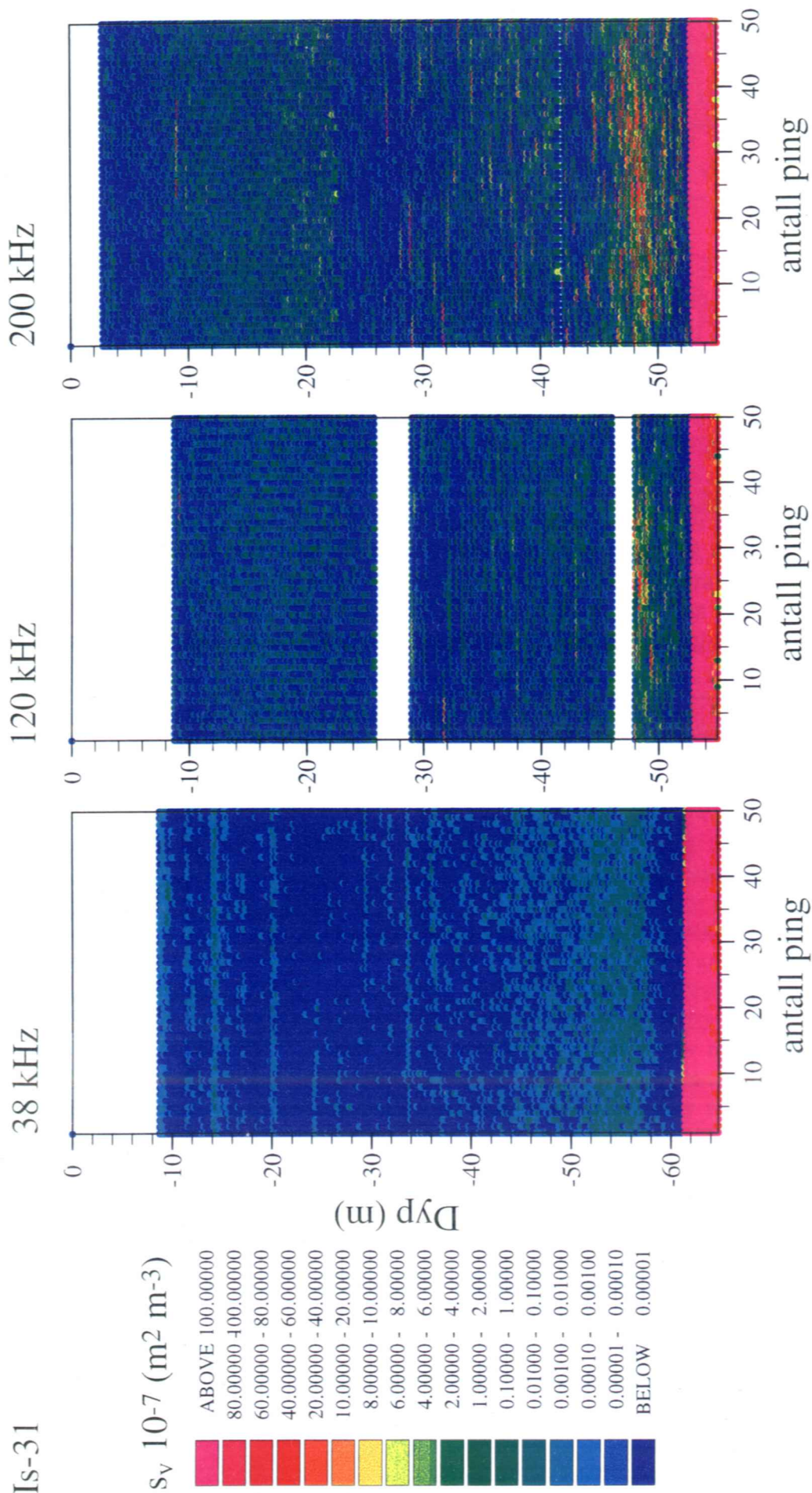
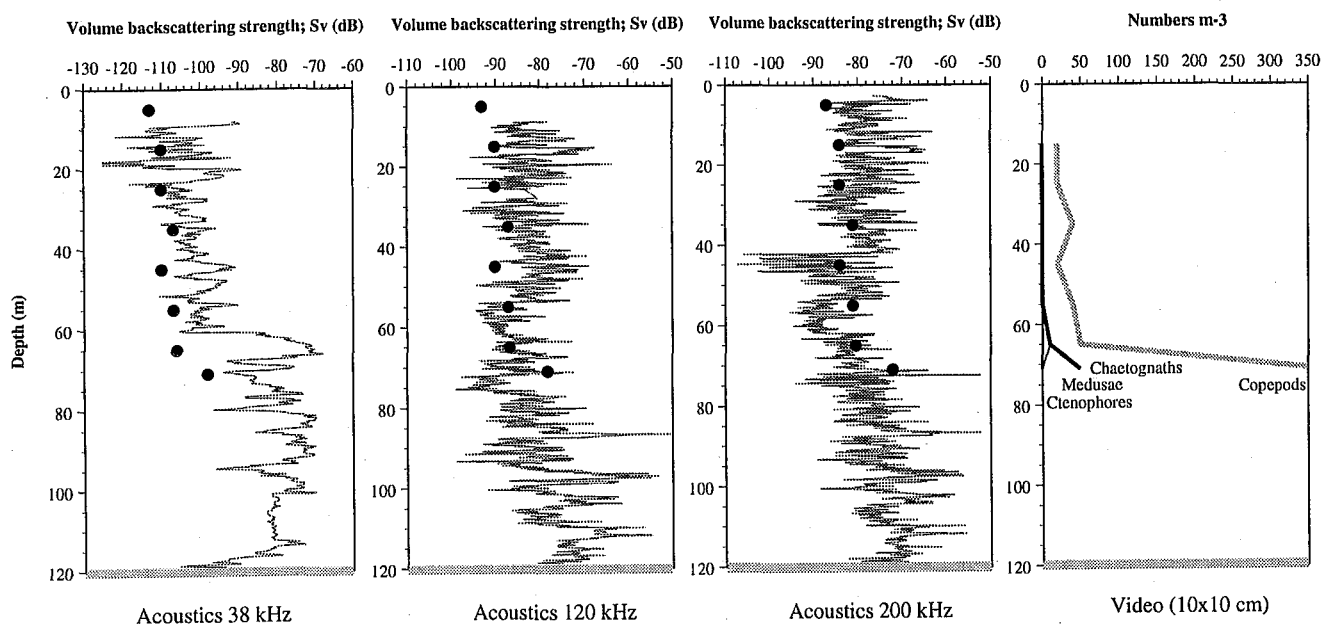


Fig. 4. Støykorrigert volumspredekkoeffisient,  $s_v$   $10^{-7} \text{ (m}^2 \text{ m}^{-3})$ , ved 38, 120 og 200 kHz på Isstasjon-31.

i motsetning til de to høyeste frekvensene, målt i ett fra nær overflaten og til bunn. Dermed fikk vi et stort observasjonsvolum i nedre deler av profilen, noe som kan forklare den reduserte variabilitet i  $S_v$  med dyp. På den andre side skjer reduksjonen svært brått rundt 25 m og den sammenfaller med økningen i antall større mål slik dette ble målt med video. Vi mener derfor at stabilisering og økning i  $S_v$  fra 25 m skyldes en økning i konsentrasjonene av større organismer.

### 3.2 Stasjon Lance-01

Bunndypet på St. Lance-01 var omlag 120 m. Video-profilen ble foretatt kl. 01:00, og gikk fra 0 til 72 m. Videoobservasjoner over intervallet 70 til 72 m ble midlet for seg, noe som gav øket sannsynlighet for ekstreme verdier. Vi har ingen pumpe- eller håvdata på stasjonene Lance-01 og Lance-02. Videoprofilen viste at konsentrasjonene av kopepoder var ganske lave (ca. 50 individer  $m^{-3}$ ) ned til omlag 70 m (fig. 5). Fra 70 til 72 m ble det observert 350 individer  $m^{-3}$ , som var høyere enn tetthetene funnet på noen av de andre undersøkte lokalitetene. Chaetognather og meduser ble kun observert i de to nederste dybdeintervallene (under 60 m), og i konsentrasjoner under 50 individer  $m^{-3}$  for chaetognather og ca. 10 individer  $m^{-3}$  for meduser.



Figur 5. Videoprofil (10·10 cm), plankton pumpeprofil og volumspredstyrke  $S_v$  (dB) ved 38, 120 og 200 kHz på Lance-01. • : Angir volumspredstyrke for kopepodene beregnet ved hjelp av Stanton (1990)'s approksimasjon til "high pass fluid sphere" modellen.

De akustiske målingene fra St. Lance-01 viser at fordelingen av dyr i vannsøyla var ganske forskjellig fra St. Is-31 (fig. 6). Der var antydninger til lag mellom 30-40 og 65-75 m (120 og 200 kHz), og en økning i volumspredekoefisienten,  $s_v$ , grunnere enn 10 m (særlig ved 200 kHz). Lagene syntes å bestå av mange små mål og  $s_v$  var høyest ved 200 kHz. Under 65 m kom det også inn større mål som er spesielt tydelig på 38 kHz, og antall mindre mål syntes å avta under 75 m. Ekkogrammet for 38 kHz i fig. 6 var basert på en måling fra overflaten, med 0-250 m rekkevidde på ekkoloddet. Dermed mistet vi oppløsning i dypet, og manglende ekstremverdier kan forklares med denne målesituasjonen.

Midlet volumspredestyrke over 150 ping mot dypet, viste relativt høye verdier nær overflaten på 200 kHz, og avtok mot et minimum rundt 60 m (fig. 5). Deretter økte  $S_v$  kraftig ned mot 90 m og holdt seg høy mot bunn. Variasjonen med dyp var ganske lik for 120 kHz, men der var ingen tydelig økning i verdiene fra 50 m mot overflata slik som på 200 kHz. Både ved 200 og 120 kHz ser en tydelige ekstremverdier på toppen av det midlere bidrag, som tolkes som enkeltdyr (-50 til -55 dB). Bakgrunnen for denne tolkningen er at vi på oversiktsbildene i fig. 6 kan se at de store målene vertikalvandret med ganske stor hastighet. En samling av mindre mål antas ikke å kunne vise slik synkron adferd. Dersom vi antar at bidraget fra de andre målene er beskjedent og tilnærmet neglisjerbart i forhold til ekstremverdiene, kan  $S_v$ -verdiene sees som direkte mål for TS. Forutsetningen er at bare ett større mål befinner seg i målevolumet, noe som ikke er urealistisk gitt et målevolum på 0,034 og 0,55 m<sup>3</sup> i en avstand av henholdsvis 5 og 20 m fra svingerne ved 120 kHz. Ut fra vår generelle viten om målstyrke er det bare små fisk med gassfylt svømmeblære som kan gi så høy TS (over -55 dB), ved 120 og 200 kHz. Under 65 m har vi altså plankton av ukjent konsentrasjon iblandet mindre fisk.

I de øvre 72 m som dekkes av videoprofilen, ser en at der var en ganske god sammenheng mellom estimert  $S_v$  for kopepoder basert på antall fra videomålingene (jfr Kap. 2.5, tab. 2) og  $S_v$  målt ved 120 og 200 kHz (fig. 5). Derimot var sammenhengen dårligere med  $S_v$  målt ved 38 kHz, særlig i dypere deler av vannsøylen. En ser at der var en tett sammenheng mellom estimert og målt  $S_v$  fra 30 til 72 m på 120 og 200 kHz (fig. 5). Når  $S_v$  målt ved 200 kHz grunnere enn 30 m økte mot overflaten økte imidlertid ikke estimert  $S_v$  basert på antall kopepoder like mye. En ser også at  $S_v$  målt ved 120 kHz, ikke økte mot overflaten og at  $S_v$  målt ved 38 kHz faktisk avtok i samme dybdeintervall. Dette kan tolkes som et økende antall av dyr mindre enn kopepoder mot overflaten. Disse vil i større grad registreres ved den høyeste frekvensen, 200 kHz, og vil kunne forklare den økende forskjellen mellom estimert og målt  $S_v$ . En ser også at de ekstremt høye verdiene under 65 m for målt  $S_v$  ved 38 kHz, ikke forklares av estimert  $S_v$ . Dette tolkes som at her er det større mål som bidrar mest til volumspredestyrken. Også denne profilen ved 38 kHz ble målt fra overflaten til bunn i ett intervall, og dette må taes hensyn til i tolkningen. Det påvirker trolig likevel ikke våre konklusjoner.

Den gode sammenhengen mellom estimert og målt  $S_v$  ved 200 kHz mellom 20 og 72 m gjør at en i denne delen av vannsøyla kan se på målt  $S_v$  som et uttrykk for mikrovariasjoner i fordeling av overvintrende *Calanus* spp. Denne type data er svært sjelden og verdifull. Det er også interessant å se at den overvintrende *Calanus* spp. i denne delen av Barentshavet tilsynelatende ikke står kloss i bunn. Selv om *Calanus* spp. også er fordelt grunnere enn de høyeste konsentrasjonene av visuelle predatorer, i dette tilfellet fisk (se over), overlapper den til en viss grad med disse predatorene. Dette kan sannsynliggjøre at den er utsatt for predasjon, selv om dette var en nattsituasjon.



# Lance 01

$s_v 10^{-7} (m^2 m^{-3})$

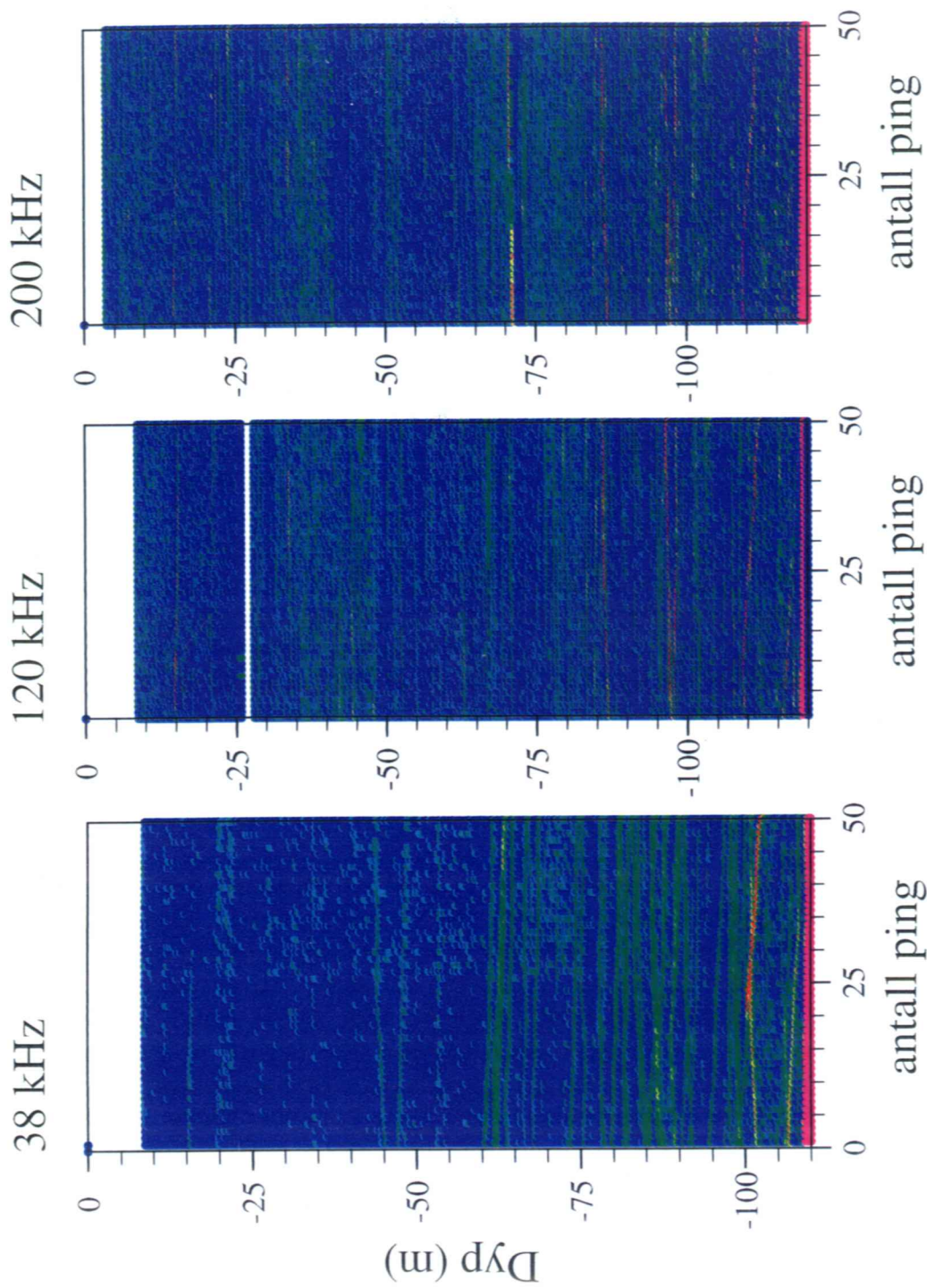
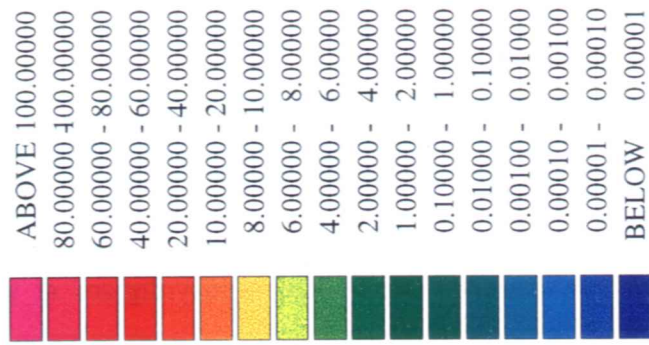
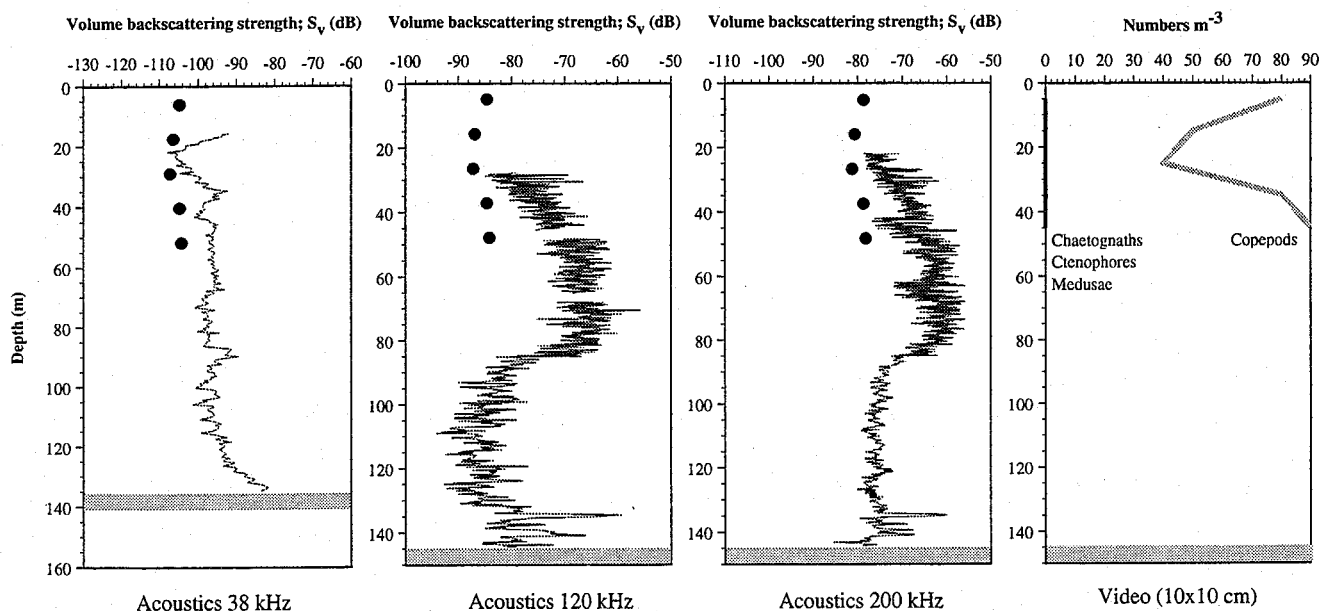


Fig. 6. Støykorrigert volumspredecoeffisient,  $s_v 10^{-7}(m^2 m^{-3})$ , ved 38, 120 og 200 kHz på Lance-01.

### 3.3 Stasjon Lance-02

Bunndypet på stasjon Lance-02 var ca 145 m. Videoprofilen ble foretatt ca. kl. 22:00 og gikk kun til omlag 50 m (fig. 7). Antall kopepoder nær overflaten var relativt høyt (80 individer  $m^{-3}$ ), ulikt de andre stasjonene. Derunder minket konsentrasjonene ned mot 25 m (40 individer  $m^{-3}$ ) for så å øke mot et nytt maksimum mellom 40 og 50 m (90 individer  $m^{-3}$ ). Det ble ikke observert chaetognather (pilormer) eller annet større dyreplankton på denne stasjonen, som nok delvis skyldtes det begrensede dyp som ble dekket av videoprofilen (fig. 7).

De akustiske målingene foretatt grunnere enn ca. 22 m ved 200 kHz, og ca. 27 m ved 120 kHz, var usikre p.g.a. vanskeligheter med støykorreksjonen (fig. 7). Fra disse dypene var det imidlertid en økning i  $S_v$  målt ved begge frekvenser ned til ca. 50 m. Mellom 50 og 80 m var  $S_v$  relativt uendret, for så å avta ned mot 120 m. Fra 120 m og mot bunn økte  $S_v$  igjen, og nå antydte innslag av ekstremverdier, tilstedeværelse av større dyr (fig. 7). Vertikalprofilen for 38 kHz er målt fra overflaten med en rekkevidde instilling på 0-250 m. For 120 og 200 kHz består profilen av målinger foretatt med rekkevidde instilling 0-25 m, i intervall ned til vel 80 m (se Kap. 2.4). Derunder er profilen målt fra 60 m til bunn. De ekstreme  $S_v$ -verdiene målt på denne lokaliteten kan derfor ikke sammenlignes med tilsvarende målinger på St. Lance-01, fordi de i utgangspunktet er midlet over et mye større målevolum.



Figur 7. Videoprofil (10·10 cm), plankton pumpeprofil og volumspredstyrke  $S_v$  (dB) ved 38, 120 og 200 kHz på Lance-02. • : Angir volumspredstyrke for kopepodene beregnet ved hjelp av Stanton (1990)'s approksimasjon til "high pass fluid sphere" modellen.



Estimert  $S_v$  basert på antall kopepoder i videoprofilen og målt  $S_v$ , var svært forskjellige på denne stasjonen (fig. 7). En kan ikke utelukke at dette skyldtes støy som ikke ble fjernet ved støykorreksjonen. De originale ekkogrammene (ikke vist her), antydte imidlertid ikke at det var spesielt mye støy på denne stasjonen. Årsaken kan ha vært tilstedeværelse av store mål som ikke ble observert med videokameraene. Dette er lite sannsynlig siden det er få ekstreme  $S_v$ -verdier grunnere enn 60 m. Mest sannsynlig er det høye konsentrasjoner av små organismer (mindre enn de som ble registrert på video), som er årsak til forskjellen mellom estimert  $S_v$  og målt  $S_v$  ved 200 og 120 kHz. Dette støttes av ekkogrammene som viste en stor tetthet av små mål. En annen faktor en må ta hensyn til er den grove skalaen vi har valgt å presentere videoresultatene på. Med den store dynamikken som volumspredestyrken,  $S_v$ , viser med hensyn på dyp, vil en lett kunne få middelveier for antall kopepoder  $m^{-3}$  beregnet over 10 m's intervall målt med video, som avviker kraftig fra en tilnærmet kontinuerlig observasjon.

### 3.3 Oppsummering av akustikk- og videoresultater

På St. Is-31 var overvintrende *Calanus* spp. antallsmessig den viktigste komponenten i dyreplanktonet grunnere enn 30 m. Fra 30 m og mot bunn utgjorde i økende grad chaetognather den dominerende del av planktonet. Plankton mindre enn *Calanus* spp. syntes ikke å være viktig biomassemessig på denne lokaliteten. Der ble her heller ikke observert fisk. På St. Lance-01 var det høyere konsentrasjoner av overvintrende *Calanus* spp. Vertikalfordelingen var ekstrem med maksimum dypere enn 65 m, men sannsynligvis dypere enn 75 m. Mindre planktonformer syntes kun å være tilstede i særlige mengder grunnere enn 30 m. Fra 60 m og til bunn var også småfisk jevnlig til stede. Chaetognather var trolig ikke en særlig viktig del av planktonet. På St. Lance-02 var trolig mye av planktonet mindre enn *Calanus* spp., særlig mellom 20 og 80 m. Chaetognather og fisk var trolig tilstede, men var ikke en så viktig del av biomassen som på Lance-01. Den totale og gjennomsnittlige biomasse med hensyn på dyp av *Calanus* spp. og mindre planktonformer, var sannsynligvis størst på St. Lance-02 og minst på St. Is-31. På sistnevnte stasjon syntes chaetognather å være viktigste predator, mens småfisk trolig var viktigste predator på de dypere stasjonene Lance-01 og Lance-02.

### 3.4 Polartorsk

Hovedproblemstillingen for dette prosjektet har vært å avdekke hvorvidt der finnes et vestlig gytefelt for polartorsk i Barentshavet. For å belyse problemstillingen er det benyttet flere metoder. Først og fremst ble det samlet inn planktonprøver i vannsøylen med vanlig håv og pumpe. Siden eggene er lettere enn sjøvann og vil flyte opp mot overflaten, ble det også brukt pumpe for å kunne sile vann fra isens underside. Resultatet av disse undersøkelsene er rapportert tidligere, og da det hverken ble funnet polartorskegg eller -larver, var konklusjonen at det ikke hadde vært en betydelige gyting innenfor undersøkelsesområdet vinteren 1995-96 (Melle *et al.* 1996).

For å kunne observere eventuell voksen polartorsk i vannsøylen eller ved bunn, ble det brukt akustisk metodikk. Noen få enkeltobservasjoner av polartorsk ble gjort når KV "Lance" brøt is. Fisk som befant seg i lommer under isen ble da kastet opp på isflak rundt fartøyet. Vi observerte imidlertid ikke voksen polartorsk i signifikante mengder innenfor undersøkelsesområdet, og vi kan heller ikke si at observasjonene av fisk som ble gjort med

ekkolodd på to av lokalitetene omtalt i denne rapporten var polartorsk, men dette kan heller ikke utelukkes. Videoopptak av planktonsamfunnet ble brukt for om mulig å observere polartorskegg (ca. 2 mm i diameter), og eventuelt larver som er istand til å unngå de tradisjonelle redskapene. Videoprofilene med høyest oppløsning (10·10 cm) dekket organismer ned til 1 mm. Vi kunne ikke se hverken egg eller larver på noen av de undersøkte videoopptakene. Siden der ikke var mengder av egg i vannsøylen som kunne identifiseres, var det heller ikke mulig å tolke de akustiske data med hensyn på slike. Våre konklusjoner er derfor at gytingen på Svalbardbanken i 1995-96 var ubetydelig.

#### 4 Takk

En spesiell takk rettes til Rolf Korneliussen (HI) for hans bidrag til valg av metode for å støykorrigere de akustiske målingene. Anna Bækkevold og Signe Johannessen takkes for opparbeiding av planktonprøver og videoanalyse. Ellers rettes en varm takk til Seksjon Elektronisk Instrumentering (HI), og Seksjon Teknisk Drift ved verkestedet. Uten deres støtte og kompetanse vil prosjekter av denne typen vært vanskelig å gjennomføre.

## 5 Litteratur

- Anon., 1996. SIMRAD EK500 Scientific Echo Sounder Operator Manual
- Anderson, V.C., 1950. Sound scattering from a fluid sphere. *J. Acoust. Soc. Am.* 22: 426-431.
- Clay, C.S. og H. Medwin, 1977. *Acoustical Oceanography*. John Wiley and Sons, New York. 544 pp.
- Dalen, J., og K-E. Kristensen, 1990. Comparative Studies of Theoretical and Empirical Target Strength Models of Euphausiids (Krill) in Relation to Field Experiment Data. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 189:336-344.
- Dalen, J. og Å. Kristensen, 1981. Measurements of target strength and spatial orientation of euphausiids (KRILL). *ICES CM/B:17,1-10*.
- Davis, C.S., Gallagher, S.M., Berman, M.S., Haury, L.R og J.R. Strickler, 1992. The video plankton recorder (VPR): Design and initial results. *Arch. Hydrobiol Beih.*, 36:67-81.
- Demer, D.A. og L.V. Martin, 1995. Zooplankton target strength: Volumetric or areal dependence ? *J. Acoust. Soc. Am.*, 98(1):1-8.
- Falk-Petersen, S., J.W. Køgeler, Å. Kristensen og J. Dalen, 1985. Density in sub-arctic zooplankton. *ICES C.M. L:12*, Pp. 1-11.
- Gjørseter, H. og V. Anthonypillai, 1995. Utbredelse av polartorsk i Barentshavet. *Fisken og Havet*, 23:1-56.
- Greenlaw, C. F., 1977. Backscattering spectra of preserved zooplankton. *J. Acoust. Soc. Am.*, 62,44-52.
- Greenlaw, C. F., 1979. Acoustical estimation of zooplankton populations. *Limnol. Oceanogr.* 24(2): 226-242
- Johnson, R. K., 1977. Sound scattering from a fluid sphere revisited. *J. Acoust. Soc. Am.* 61: 375-377.
- Knudsen, H.P., 1990. "The Bergen Echo Integrator: An introduction". *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, 47:167-74.
- Kristensen, Å., 1983. Acoustic classification of zooplankton. Ph. D. Thesis, Norwegian Institute of Technology, Trondheim, Norway. Pp. 1-107.
- Melle, W. og T. Knutsen, 1996. Toktrapport K/V "Lance", 23. februar - 14. mars 1996: (Framdriftsrapport for prosjektet "Gydefelt for polartorsk"). *Intern rapport, Havforskningsinstituttet i Bergen, 1996: 25 s.*

Melle, W., A. Hassel og T. Knutsen, 1996. Hydrografi og planktonøkologi over Svalbardbanken om vinteren: Et mulig gytefelt for den vestlige bestandskomponenten av polartorsk. *Intern rapport, Havforskningsinstituttet i Bergen, juli 1996*. 48 s.

Pieper, R.E. og D.V. Holliday, 1984. Acoustic measurements of zooplankton distributions in the sea. *J. Cons. int. Explor. Meer*, 41:

Pieper, R. E. , D.V. Holliday og G.S. Kleppel, 1990. Quantitative zooplankton distributions from multifrequency acoustics. *Journal of Plankton Research*,12,(2)433-441.

Rasband, W.S. og D.S. Bright, 1995. NIH Image: A Public Domain Image Processing Program for the Macintosh. *Microbeam Analysis Society Journal*. 4: 137-149.

Sameoto, D. D., 1980. Quantitative measurements of euphausiids using a 120 kHz sounder and their in situ orientation. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*,37,693-702.

Sameoto, D. D., N. Cochrane og A. Herman, 1993. Convergence of acoustic, optical and net-catch estimates of euphausiid abundance: use of artificial light to reduce net avoidance. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*,50,334-346.

Stanton, T. K., 1990. Sound scattering by zooplankton. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. int. Explor. Mer.*,189,353-362.

Stanton, T.K., D. Chu, og P.H. Wiebe, 1996. Acoustic characteristics of several zooplankton groups. *ICES J. Mar. Sci.*,53:289-295.

Wiebe, P. H., C.H. Greene, T.K. Stanton og J. Burczynski, 1990. Sound scattering by live zooplankton and micronekton: Empirical studies with a dual-beam acoustical system. *J. Acoust. Soc. Am.*,88,(5):2346-2360.

