

APPENDIX

Bergen, 10.03.92

MENGDEMÅLING AV LODDE MED SONAR
BARENTSHAVET, JANUAR 1992

av

Ole Arve Misund

Havforskningsinstituttet,
Senter for Marine Ressurser,
Fangstseksjonen,
P.O. Boks 1870, 5024 Nordnes.

SAMANDRAG

Dersom pelagisk fisk sym i stim nær overflata og vik unna båten under tradisjonelle ekkointegreringstokt, kan biomassen verte vesentleg underestimert. For å finne ut i kva grad dette er tilfelle med lodde som ofte stimar høgt i sjøen, er det utført ein samanlikning mellom mengdemåling av lodde med horisontalt retta sonar og tradisjonell ekkointegrering. Resultata viser at sonar og ekkointegratormålingar av den stimande delen av loddebestanden stort sett var samanfallande, men i einskilde område kan unnaviking resultere i underestimering med tradisjonell ekkomengdemåling.

INNLEIING

Under vandring fra overvintringsområda i det nordaustlege Barentshavet til gytefelta på Finnmarkskysten, sym loddar ofte i stimar nær overflata. Slik symjeåtfred kan vere ugunstig for tradisjonell akustisk mengdemåling fordi avgrensa stimar ofte ikkje vert registrert, særleg dersom fisken vik unna fartøyet. Det er hevda at desse faktorane er årsak til at akustiske målinger av gytelodde på vandring har gjeve estimat som berre er omlag halvparten av forventa storleik ut frå målinger hausten før. I tillegg kan symjefart og symjeretning relativt surveyretninga influere presisjonen i akustisk estimert biomasse.

Horisontalt retta sonar kan brukast til å registrere stimar som sym nær overflata og vik unna fartøyet. Til no er det imidlertid ikkje utvikla nokon sikker metode for å konvertere ekkostyrkemålinger med sonar til biomasse. I midten av 70-åra vart det gjort forsøk på å utvikle ein sonarmengdemålingsmetode etter dette prinsippet, men det var for stor variasjoni ekkostyrkemålingane til å kunne utleie fornuftige konverteringsrelasjonar (Hewitt et al. 1976). Våre undersøkingar har imidlertid vist at det eksisterer konsistente relasjonar mellom areal og biomasse i stimar som kan nyttast til å konvertere geometriske dimensjonar målt med sonar til reelle biomasse-estimat (Misund et al. 1990).

Etter initiativ frå leiinga ved Pelagisk Seksjon ved Senter for Marine Ressurser vart det i januar 1992 gjennomført ei undersøking for å finne ut i kva grad sonarmålinger kan betre presisjonen i akustiske målinger av gytelodde. Undersøkinga vart gjennomført under eit regulert tokt for å kartleggje modning og mengde av gytelodde.

METODE

Toktet vart gjennomført med F/F "Johan Hjort" i perioden 16/1 - 31/1 1992, i området som vist på Figur 1. Det var mykje dårlig ver under toktet, og dette skapte ofte vanskelege tilhøve for registrering av stimar med sonar sidan svingaren er montert i skroget. Etter CTD-stasjon nr. 61 var det heilt umogeleg å registrere stimar med sonaren på grunn av svært dårelge verforhold (liten til full storm).

F/F "Johan Hjort" er utstyrt med ein SIMRAD SR 240 fleirstrålesonar. Denne sonaren er konstruert først og fremst med tanke på fiskeleiting med stor søkeradius. Dette er oppnådd gjennom ein relativt lav sendefrekvens (24 kHz), høve til frekvensmodulert lydutsending, automatisk (AGC) og etterklangsregulerte (RCG) styrkekontrollar, og filter for ping-til-ping korrelasjon. Sonaren er imidlertid relativt breistråla (12° horisontalt og vertikalt), slik at projeksjon av stimar er hefta med stor usikkerheit i retninga på tvers av sonarstrålen. På langs av sonarstrålen er projeksjon av stimar berre påverka av pulslengda, slik at utstrekninga av stimar i denne retninga kan målast relativt nøyaktig.

Det er ikkje utvikla system for etterprosessering av sonardata. Under toktet vart derfor registrering og måling av stimar utført manuelt med ein linjal og direkte på sonarskjermen. Sonaren vart operert med ein søkeradius på 180° , ein søkeavstand på 400 m, og vanleg pulsa sinus lydutsending (CW) med ein pulslengde på 3 ms. Ved å måle utstrekninga av stimregistreringar (lw) på langs av sonarstrålen og forutsette sirkulære stimar, vart arealet (A) av stimane estimert ved;

$$LW = lw \cdot s - c\tau/2$$

$$A = (LW)^2 \pi/4$$

LW = stimdiameter

s = skaleringsfaktor

c = lydfarta (1500 m/s)

τ = pulslengda til sonaren

I tillegg vart måleavstand, sym jedjup og logg notert for kvar stim. Sonaren vart operert med ein tiltvinkel varierande frå ca. -5° til -10° alt etter sym jedjupet til stimane. I periodar med brukbare sonarforhold (vindstyrke < 35 m/s) vart det halde nokonlunde kontinuerleg vakt ved sonaren frå kl. 08.00 til ca. kl. 23.00. Det vart også halde eit vist oppsyn med sonaren om natta.

For å kunne estimere biomassen i dei registrerte stimane måtte det etablerast ein relasjon mellom stimareal og biomasse. Dette vart gjort ved å måle transektlengde (tl), vertikalutstrek-

ning (h) og integratorverdi (SA) på stimar registrert på ekkoloddet. Storleiken av desse stimane vart så berekna ved;

$$\text{Transektlengde (TL)} = ((1852/\text{NM}) \cdot t - D \cdot (2 \tan(\phi/2))) \text{ (m)}$$

$$\text{Vertikalutstrekning (H)} = h - ct/2 \text{ (m)}$$

$$\text{Tettleik } (\rho) = \text{SA} / (4\pi \cdot \sigma \cdot 1852 \cdot \text{TL} \cdot \text{H}) \text{ (n/m}^3\text{)}$$

$$\text{Areal } (A) = (\text{TL})^2 \pi / 4 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\text{Volum } (V) = A \cdot (H/2) \cdot 4/3 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$\text{Biomasse } (B) = V \rho \cdot W \text{ (kg)}$$

NM = 1 nautisk mil interval

ϕ = strålebreidde på ekkoloddet

D = symjedjup til stim

c = lydfarta (1500 m/s)

τ = pulslengda på ekkoloddet (1 ms)

W = gjennomsnittsvekt til lodde i stimane (kg)

σ = lodda sitt tilbakespreiingstversnitt rekna ut frå $TS_{lodde} = 19.1 \log L - 74$

I denne utrekningsmåten er det forutsett at transektlengda registrert på ekkoloddet er lik diameter i stimen, og at stimane er sirkulære.

I den sør-austlege delen av Barentshavet vart det registrert ein del sildestimar. Arealet av desse stimane vart sonarmålt på same måte som for loddestimane, men biomassen i sildestimane vart estimert ved ein relasjon mellom stimareal og biomasse etablert ved sonarmålingar og ekkointegtering av nordsjøsildstimar i 1989;

$$\log(\text{biomasse}) = 1.55 \log(\text{stimareal}) - 1.10 \quad (\text{Misund et al. 1990})$$

Symjeåtforda til ein del av stimane vart observert ved å nytte den automatiske målfølgings-funksjonen på sonaren. Ein HP-arbeidsstasjon var kobla til ein RS 232 datautgang på sonaren, slik at data om stimen sin symjeåtferd og båten sin kurs og fart vart lagra ping for ping. Desse dataene skal nyttast til å studere stimane sin symjeåtferd, og resultata vil venteleg verte presentert på åtferds-symposiet til sommaren.

Det vart teke rutinemessige prøver av stimane med ein Hardstad-trål for identifisering av art, måling av lengde, kjønn og modningsgrad, samt veging og registrering av alder. Resultata av desse prøvene er nærmere omtala i den ordinære tokrapporten.

Målt stimareal og biomasse vart summert for kvar fem nautiske mil utsegla distanse og for kvar statistisk rute (Fig. 2). Arealet søkt med sonar for kvar statistisk rute vart rekna ut frå utsegla distanse multiplisert med deteksjonsavstanden til sonaren. Vertilhøva gjorde at deteksjonsavstanden var ganske variabel, og den vart derfor estimert ut frå ei vurdering av fordelinga av måleavstandane for kvar fem nautiske mil utsegla distanse. Total biomasse for kvar statistisk rute vart estimert ved å multiplisere summert biomassemål med proporsjonen mellom totalt og sonarsøkt areal i ruta.

RESULTAT

Det vart registrert loddestimar i tre hovedområde (Fig. 3). I område 1, med hovedtyngde opp mot iskanten sør av Hopen, vart det registrert i alt 763 loddestimar på sonaren med eit summert stimareal på tilsaman ca. 425 000 m². I område 1a vart det registrert 105 stimar, og desse symde heilt i overflata og vart berre i nokre få høve registrert på ekkoloddet. I område 1c symde stimane i djup frå ca. 10 m ned til 50 m djup, og i desse områda vart det også registrert store mengder lodde i slør frå 50 m til 100 m djup. Ca. 20% av lodda i område 1 var modnande. Aust av Thor Iversen og Tidly banken vart det registrert store mengder lodde i slør frå ca. 50 m til 100 m djup, men berre to stimar med sonaren. Ca. 40% av lodda i dette området var modnande. Sør-vest av Gåsbanken (område 3) vart det registrert 57 stimar med stor lodde på gytevandring. Desse stimane symde frå ca. 10 m til 25 m djup.

I den sør-austlege delen av Barentshavet (Fig. 3) vart det registrert tilsaman 47 sildestimar med eit samla stimareal på ca. 35 000 m². Mesteparten av sildestimane var svært små (stimareal < 100 m²), men i aust for Skolpenbanken vart det registrert 5 store stimar med areal frå ca. 1000 til 21500 m².

Lodda symde i stimar med ein tettleik varierande frå 2.5 individ/m³ til 55.8 individ/m³, og individua i desse stimane varierte frå 11.6 cm til 16.0 cm i gjennomsnittleg lengde. Om dagen

stima lodda med ein gjennomsnittleg tettleik på 17.7 individ/m³. Gytelodda vart registrert i stimar også om natta. Sjølv om gjennomsnittleg tettleik i desse stimane var berre halvparten av dagstimane (Tabel 1), var det ingen signifikant skilnad ($p > 0.05$, Wilcoxon 2-sample test) i gjennomsnittleg tettleik mellom dei to stim-kategoriane. Tettleiken i tre sildestimar som vart registrert på loddet aust av Skolpenbanken varierte fra 1.3 individ/m³ til 38.9 individ/m³. Silda i desse stimane var 19.5 cm i gjennomsnittleg lengde.

Dersom biomassen i sildestimane vert estimert ut frå regresjonen mellom stimareal og biomasse etablert for Norsjøsild (Misund et al. 1990) gjev dette ein biomasse på ca. 90 000 tonn sild i området undersøkt aust av Skolpenbanken.

Tabell 1. Tettleik i loddestimar, Barentshavet, januar 1992.

	$\bar{\rho}$ (n/m ³)	SD (n/m ³)	N	MIN (n/m ³)	MAX (n/m ³)
Nattstimar	8,5	5,9	9	2,5	20,1
Dagstimar	17,7	10,4	36	2,9	55,8

Det var ein signifikant regresjon mellom areal og biomasse i loddestimane som vart registrert på loddet (Fig. 4). Regresjonen følger likninga;

$$\log (\text{Biomasse}) = 1.1058 \cdot \log (\text{Areal}) - 0.094, \quad r^2=0.86$$

I rute 1308 (område 1a) stod stimane som nemnt heilt i overflata, og ved estimering av biomasse vart det forutsett at stimane var 4 m i gjennomsnittleg vertikalutstrekning, hadde ein tettleik på gjennomsnittleg 17.4 individ/m³ (dagstimar), og ein individvekt på gjennomsnittleg 0.0071 kg. Trass det relativt store antal registrerte stimar gjev dette ein total biomasse på berre ca. 900 tonn. For dei andre områda vart biomassen i loddestimane estimert ved den etablerte regresjonen mellom biomasse og stimareal. Dette gav totalt ca. 200 000 tonn stimane lodde i område 1, berre ca. 15 000 tonn stimane lodde i område 2, og ca. 60 000 tonn stimande gytelodde i område 3.

Tabell 2. Biomasse måling av lodde og sild, Barentshavet, januar 1992, F/F "Johan Hjort".

Rute	Seilt distanse (nm)	Søkt areal (nm ²)	Rute areal (nm ²)	Antal stimar observert	Σ stimareal sonarmålt (nm ²)	Σ sonarmålt biomasse (kg)	Sonar estimat (tonn)	Ekko- integrator estimat (tonn)
<i>Lodde</i>								
1308	60	25,9	2 045	105	35 730	11 771*	929*	-
1502	60	25,9	1 924	15	3 326	6 587	489	17 316
1508	50	21,6	1 803	4	672	1 054	88	43 272
2012	160	51,8	2 886	95	44 730	161 977	9 024	172 871
2019	68	29,4	1 924	-	-	-	-	90 043
2302	10	3,2	1 803	122	127 613	227 479	128 170	75 005
2303	40	10,8	1 803	442	211 911	359 014	59 935	264 680
Σ Område 1				763			198 635	663 187
1005	50	21,6	2 285	-	-	-	-	10 968
1006	40	17,3	2 285	-	-	-	-	297 050
1108	85	6,5**	2 285	1	14 243	31 554	11 092	64 894
1305	60	19,4	2 165	1	14 243	31 554	3 521	34 857
1306	40	17,3	2 165	-	-	-	-	386 885
1312	30	13,0	2 045	-	-	-	-	40 900
1401	13	20,3	2 165	-	-	-	-	64 734
1407	20	4,3	2 045	-	-	-	-	18 814
Σ Område 2							14 613	919 102
1101	40	13,0	2 403	4	101 793	191 126	35 328	10 093
1102	85	-	2 403	-	-	-	-	73 051
1109	65	6,5**	2 285	53	43 143	77 458	27 229	44 558
Σ Område 3				57			62 557	127 702
<i>Sild</i>								
1101	40	17,3	2 403	2	570	1 485	206	
1003	100	34,6	2 403	-	-	-	-	
1002	95	30,8	2 403	43	24 577	657 651	51 310	
1001	40	8,6	2 403	2	10 642	138 639	38 738	

* Forutset stimar 4 m i vertikalutstrekning, tettleik 17,4 lodde/m³, vekt = 0,0071 kg

** Ikke heile seilt distanse søkt med sonar Det var likevel ein ganske stor variasjon i forholdet mellom biomasse og areal frå den eine stimen til den andre, i dei mest ekstreme tilfella var variasjonen omlag ein storleiksorden.

DISKUSJON

Under dårlige verforhold var deteksjonsavstanden til sonaren svært avhengig av kursretninga, og estimeringa av søkt areal i kvar rute er derfor noko usikker. Når båten gjekk unna vinden vart det detektert stimar på meir enn 400 m avstand sjølv om vindstyrken var oppe i sterk kuling. Dersom kursretninga var rett mot vinden, var det umogeleg å detektere stimar når vindstyrken var sterkare enn stiv kuling. Dette gjorde til dømes at det ikkje vart registrert loddestimar på sonaren men berre på ekkoloddet i rute 1102 der det var store mengder gytelodde.

Dei mange små stimane i område 1a vart registrert nesten utelukkande på sonaren sidan dei stod heilt i overflata, men totalestimatet frå dette området var likevel marginalt. Forutsetnaden om gjennomsnittleg 4 m vertikalutstrekning på desse stimane synest rimeleg ettersom dei ikkje var synlege på overflata, og berre i nokre få tilfelle vart registrert på ekkoloddet. Det var ikkje mogeleg å få mål på tettleiken i desse stimane slik at det vart forutsett at den var gjennomsnittleg lik tettleiken målt i dagstimar i område 1b og 1c.

I område 1 gav sonarmålingane eit totalt estimat på ca. 200 000 tonn stimande lodde, eller ca. 30 % av estimatet frå ekkointegreringa. Dette er årsaka av at det i område 1c stod store loddeforekomstar i slør frå ca. 50 m til 100 m djup som ikkje vart registrert på sonaren. Stimane i området stod frå overflata og ned til ca. 50 m djup, men dei viste liten unnaviking slik at integratorestimatet av den stimande delen av forekomstane truleg er nokonlunde påliteleg. Berre i ei statistisk rute (2302) var estimatet frå sonarmålingane høgare (ca. 70 %) enn frå ekkointegreringa. Registreringane i denne ruta vart då også gjort i skyminga når stimane kom opp mot overflata. Stimane veik også unna båten, og på ekkoloddet vart det registrert berre eit slør på ca. 50 m djup. Dersom sonarestimatet frå denne ruta vert lagt til ekkointegratorestimatet, vil dette auke totalestimatet med ca. 20 %.

I område 3 der det vart registrert gytelodde i stimar, var estimatet frå sonaren ca. 50 % av estimatet frå ekkointegreringa. Imidletid vart det ikkje registrert loddestimar på sonaren i rute 1102 på grunn av dårlige forhold, men ekkointegreringa viste likevel at det var store forekomstar nettopp i denne ruta. I dei to andre rutene (1102 og 1109) i dette området var sonar og ekkointegratorestimata av nokonlunde same storleik. Stimane i dette område viste også liten unnaviking, slik at ekkointegratores-

timatet derfor truleg er temmeleg påliteleg. I område 2 stod lodda nesten utelukkande i slør, og sonarestimatet vart derfor marginalt samanlikna med mengdemålet frå ekkointegrieringa.

Metoden for å måle stimarealet er basert på at stimane er sirkulære, og denne tvilsame forutsetnaden kan ha årsaka relativt store feil i målingane. Sidan det er den absolutte feilen som er avgjerande ved mengdemåling, kan ukorrekt arealestimering av store stimar ha påverka resultata. Dersom loddestimane vert påverka av båten som nærmar seg og orienterer seg med størst utstrekning i tversretninga relativt båten slik som sildestimar ofte gjer, vil målemetoden underestimere stimarealet i vesentleg grad. På same måte er relasjonen mellom areal og biomasse i stimane basert på den tvilsame forutsetnaden om sirkulære stimar. Dessutan er det forutsett at transektlengda er lik diameter i stimane. Dersom dette har resultert i underestimering av stimarealet, kan det ha årsaka ein for lav stigningskoeffisient i areal til biomasse regresjonen. Dette vil medføre at den absolutte feilen ved estimering av biomasse aukar med storleiken på stimane.

Det er vist at fisk organiserer fritt-symjande stimar med ein tettleik som er omvendt proporsjonal med lengda i tredje potens (Serebrov 1976, 1984, Misund 1990). Ut frå dette var tettleiken i loddestimane omtrent som forventa for stimande fisk av den aktuelle storleiken. Lodda vart også registrert i stimar om natta, men tettleiken i desse stimane var berre halvparten av tettleiken i dagstimane, sjølv om det vart observert for få stimar til å påvise nokon signifikant skilnad. Det ville derfor vere mest korrekt å etablere separate areal-til-biomasse relasjonar for desse stimkategoriane.

REFERANSER

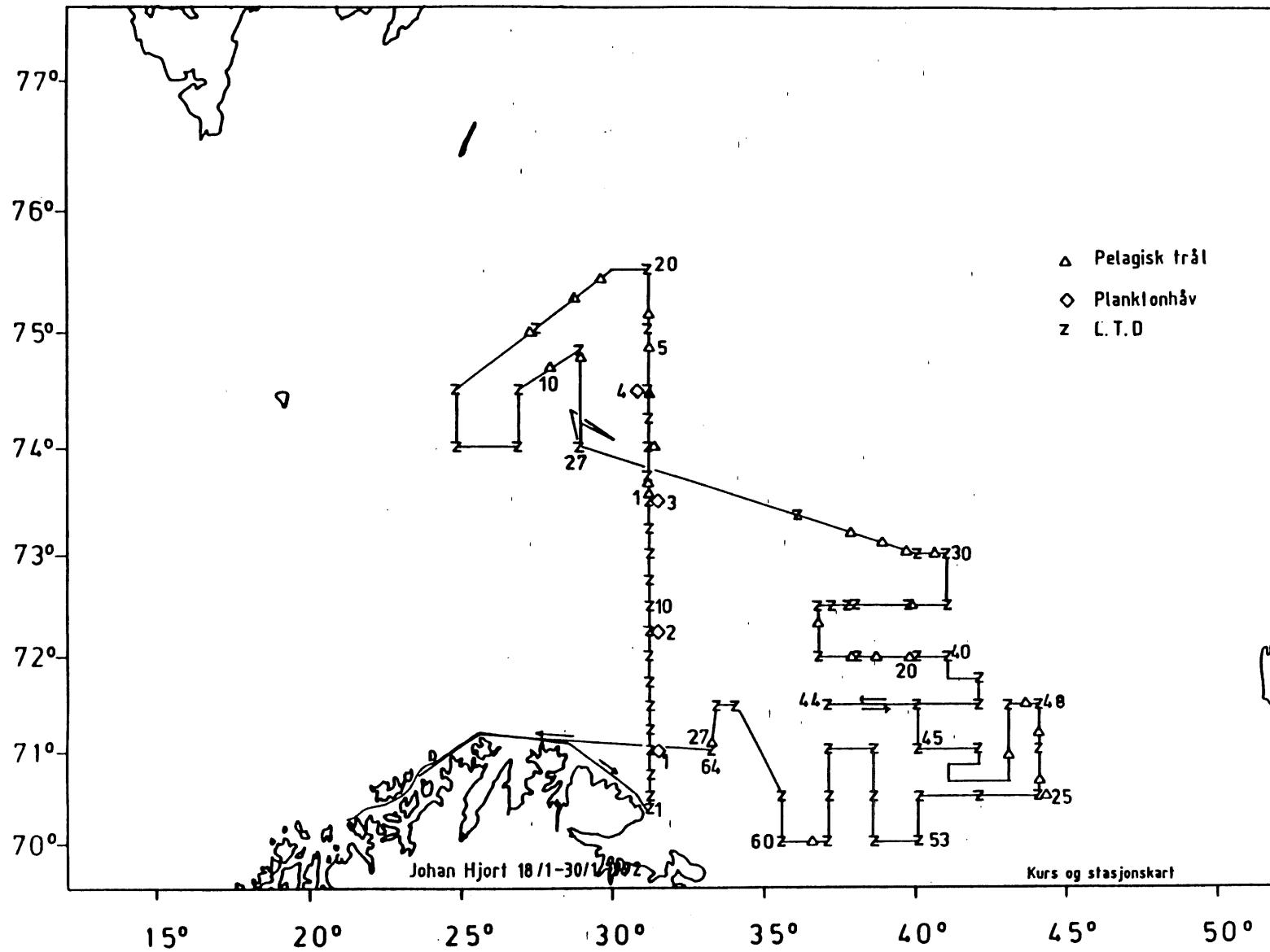
Hewitt, R. P., Smith, P. E. and Brown, J. C. 1976. Development and use of sonar mapping for pelagic stock assessments in the California current. Fish.Bull.U.S., 74:281-300.

Misund, O. A. 1990. Dynamics of moving masses. Variability in packing density and shape of pelagic schools. ICES CM 1990/B:40.

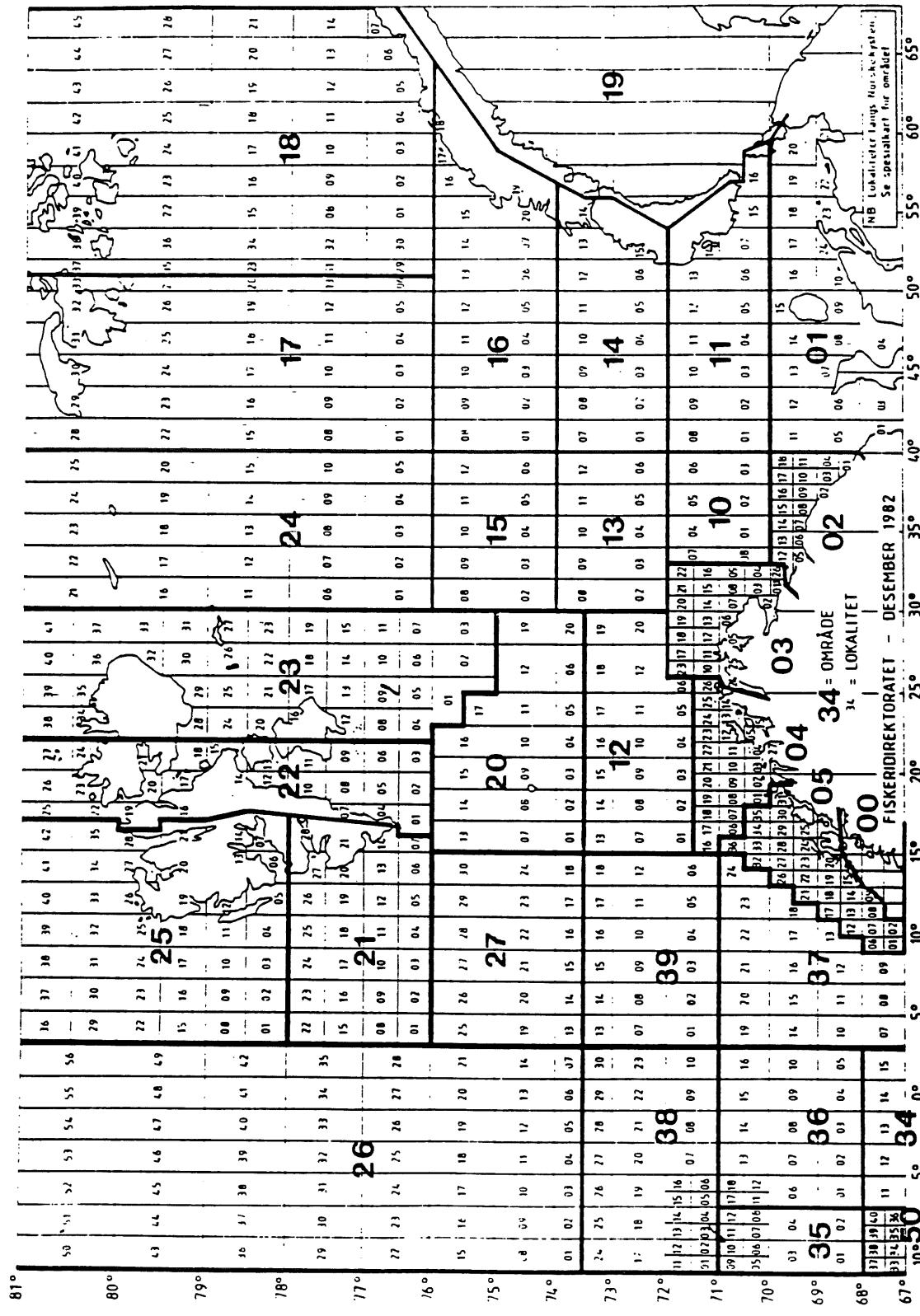
Misund, O. A., Aglen, A., Beltestad, A. K., and Dalen, J. 1990. Relationships between the geometric dimensions and biomass of schools. ICES CM 1990/B:41.

Serebrov, L. I. 1976. Relationship between school density and size of fish. J.Ichtyol.,16:135-140.

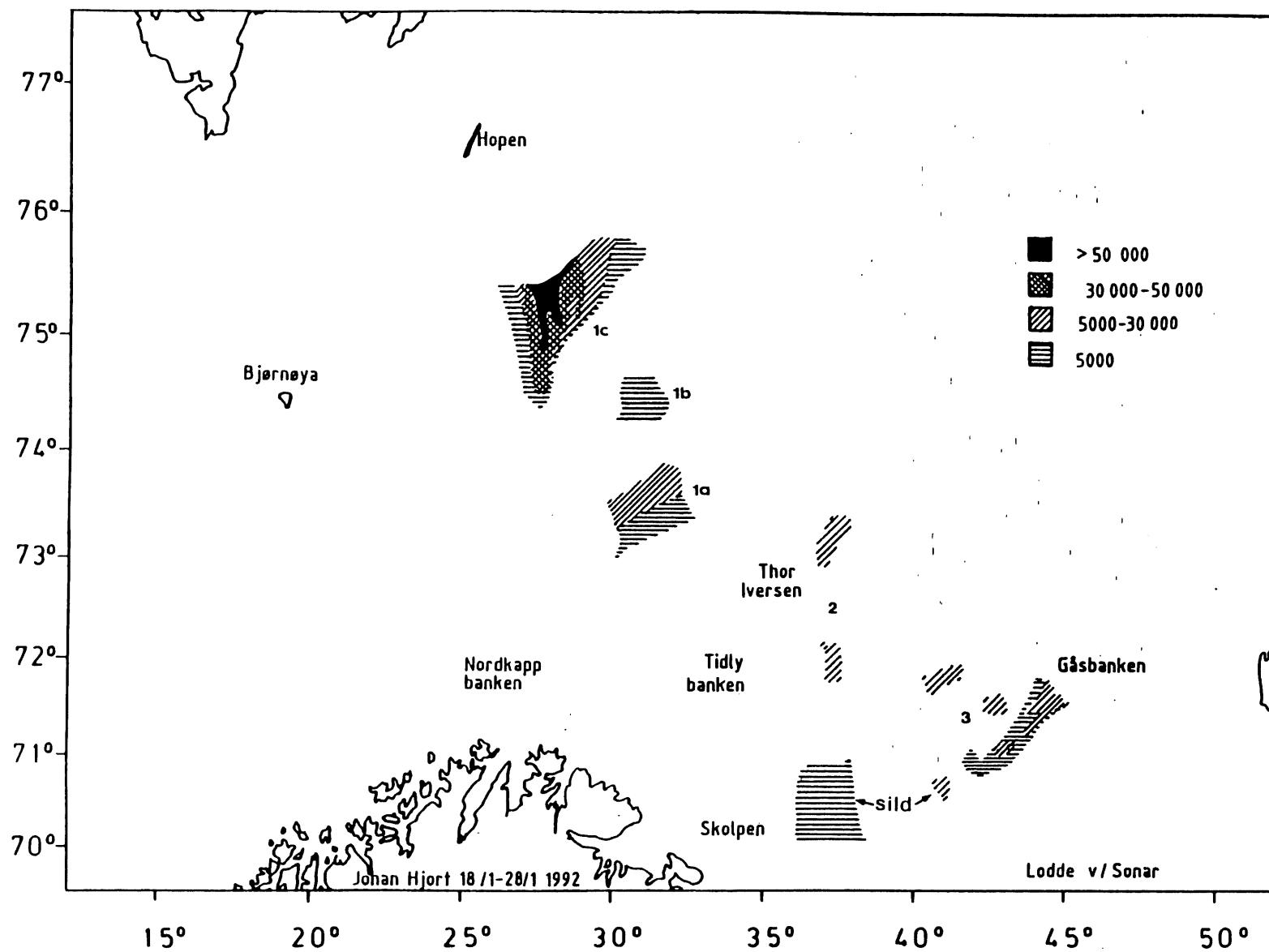
Serebrov, L. I. 1984. On the density of distribution and orientation of capelin schools. In: Proceedings of the Soviet-Norwegian Symposium on the Barentz Sea Capelin, (Ed. by H. Gjøsæther), pp. 157-169. Bergen, Institute of Marine Research.



Figur 1. Kurs og stasjonskart, loddetokt med F/F "Johan Hjort" 18/1-30/1 1992.

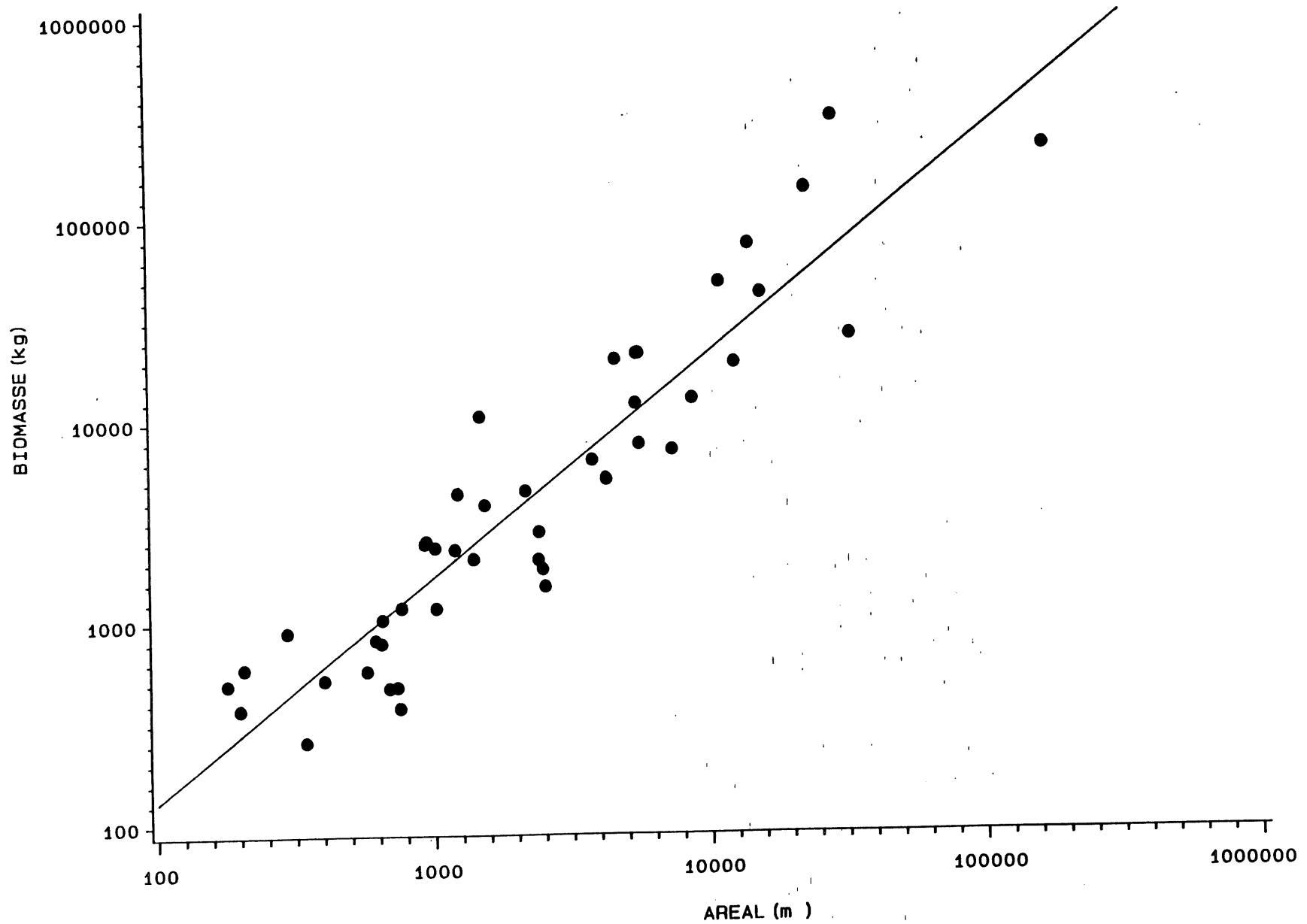


Figur 2. Inndeling av statistiske ruter i Barentshavet.



Figur 3. Sonarmålingar av stimande lodde og sild i Barentshavet, januar 1992.

Registreringane er gjeven som summet stimareal (m^2) per fem nautiske mil utsegla distanse.



Figur 4. Relasjon mellom areal og biomasse i loddestimar.