

**MÆLINGAR Á STÆRÐ  
LOÐNUSTOFNSINS  
1978-1991**

**AÐFERÐIR OG  
NIÐURSTÖÐUR**



## Efnisyfirlit

Páll Reynisson:

Um bergmálmælingar á stærð fiskstofna .....bls. 1

Hjálmar Vilhjálmsson:

Mælingar á stærð loðnustofnsins 1978-1991 .....bls. 29





# UM BERGMÁLSMÆLINGAR Á STÆRÐ FISKISTOFNA

eftir

Pál Reynisson

## 1. INNGANGUR

Undanfarna áratugi hefur bergmálstæknin verið notuð til þess að fylgjast með útbreiðslu, hegðun og magni fiska í sjónum. Hér á landi hafa dýptarmælar og leitartæki (ASDIC) lengi verið í notkun um borð í fiski- og hafrannsóknaskipum og auðveldað mönnum mjög veiðar og athuganir á fiski.

Stjórnun fiskveiða byggist oftast á því að fylgst er með þeim afla sem á land kemur í samhengi við stærð þess fiskstofns sem veitt er úr. Séu aðstæður heppilegar er hægt að nota bergmálstækni til þess að mæla þessa stofnstærð. Aðferðin byggist á því að mæla hljóðendurvarp frá fiskunum og meta mergð þeirra út frá styrkleika endurvarpsins. En bergmálsmælingar er einungis hægt að gera sé fiskurinn sem mæla skal heppilega staðsettur í sjónum. Hann má hvorki vera of nálegt botni né yfirborði. Af þessum skilum er mjög sterkt endurvarp, sem yfirgnæfir það sem af fiskinum kemur. Sem betur fer eyða margar fisktegundir a.m.k. hluta ævinnar upp í miðjum sjó. Til þessara uppsjávarfiska teljast meðal annarra torfufiskar eins og loðna og síld.

Fyrstu tilraunir til magnmælinga á fiski með bergmálstækninni voru gerðar þannig að endurvörp stakra fiska voru talin. Til þess að það sé mögulegt verður fiskurinn að vera það dreifður að endurvarp nærliggjandi fiska skarist ekki. Uppsjávarfiskar mynda oft misstórar torfur, þannig að ekki er möguleiki að aðgreina endurvarp hvers einstaklings. Þegar svo háttar er talningaraðferðin ónothæf.

Þeirri hugmynd var fyrst varpað fram 1965 að möguleiki væri að mæla heildarorku alls endurvarps innan vissra dýpismarka og fá á þann hátt hugmynd um fiskmagn. Þessi aðferð sem hér er kölluð bergmálsaðferðin byggist á því að línulegt samband sé milli orku endurvarpsins og fjölda þeirra fiska sem að baki stendur, óháð þéttleika fiskanna.

Bergmálsaðferðin er nú notuð víða um heim til þess að fylgjast með stofnstærð uppsjávarfiska. Hér við land hófust bergmálsmælingar á sumargotssíld um 1973, og hefur þeim verið haldið áfram allar götur síðan. Á loðnu hófust stofnstærðarmælingar með þessari tækni 1978. Hafa niðurstöður jafnan verið notaðar til ráðgjafar varðandi veiðiþol þessara fiskistofna.

Hin seinni ár hafa augu manna beinst að fleiri tegundum. Fylgst var með kolmunna til skamms tíma í samvinnu við aðrar þjóðir. Reynt hefur verið að mæla botnfisk á landgrunninu, eins og þorsk og gullkarfa, þó án árangurs ennþá. Einnig hafa tilraunir verið gerðar til mælinga á dýrasvifi undanfarin tvö ár og athuganir á möguleikum þess að magnmæla úthafskarfa lofa góðu.

Í þeim skrifum sem hér fara á eftir er gerð nokkur grein fyrir bergmálsaðferðinni og þeim mælitækjum sem notuð eru. Byrjað er á nokkrum undirstöðuatriðum neðansjávarhljóðfræðinnar. Lýst er í grófum dráttum uppbyggingu dýptarmæla og annara mælitækja sem notuð eru. Sagt er frá því hvernig gögnum er safnað og þau síðan meðhöndluð til þess að lokum að gefa fjölda fiska á ákveðnu

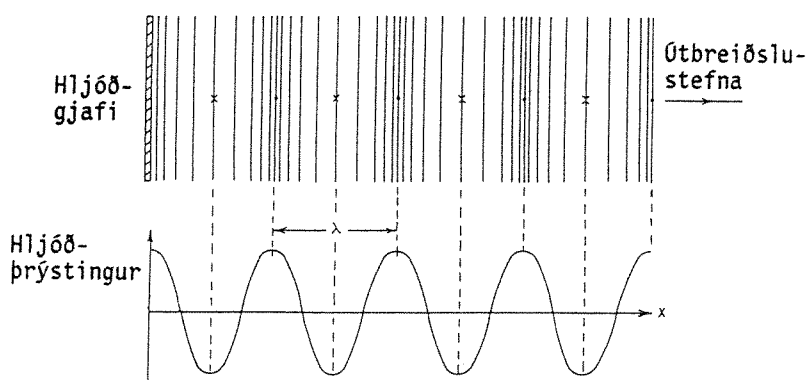
svæði. Sérstakur kafli er um endurvarpsstuðla fiska og mælingar á þeim. Að lokum er nokkuð rætt um áreiðanleika bergmálmælinga og samanburður gerður á niðurstöðum endurtekinnna mælinga og eins stofnstærðarmati með öðrum aðferðum.

## 2. UNDIRSTÖÐUATRÍÐI NEÐANSJÁVARHLJÓÐFRÆÐINNAR

Til þess að lesandi geti gert sér betur grein fyrir þeim náttúrulegum málum sem bergmálmælingar lúta, fer hér á eftir örstutt samantekt á nokkrum undirstöðuatriðum neðansjárhljóðfræðinnar.

### 2.1 Myndun hljóðbylgna, bylgjulengd og tíðni

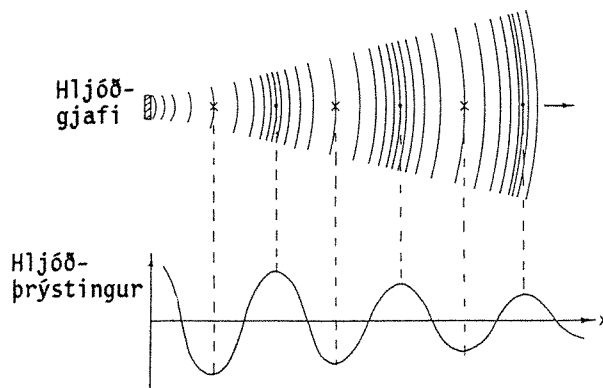
Hljóðbylgjur myndast yfirleitt vegna titrings á yfirborði hlutar úr föstu efni. Þetta er auðvelt að sjá með því að taka þunna málmplötu milli handa sinna og hrista snögg fram og aftur. Sé platan nógu þunn sést hvernig yfirborð hennar sveigist til og frá, um leið og heyrir djúpur tónn sem hækkar og lækkar í takt við hreyfinguna. Lýsa má breytingum í loftþrýstingi við plötuna með allgóðri nálgun sem einfaldri sveiflu (sinussveiflu) eins og sjá má á mynd 1. Á efri hluta myndarinnar eru teiknaðar jafnþrýstilínur, en þar sem þær liggja þétt er hár hljóðþrýstingur og svo öfugt eins og sýnt er á neðri hlutanum. Vegalengdin milli tveggja nærliggjandi hágilda er kölluð bylgjulengd, oft táknuð með gríska bókstafnum lamda,  $\lambda$ . Annað hugtak sem notað er til þess að lýsa eiginleikum bylgna er tíðni. Tíðni er skilgreind sem sá fjöldi sveiflna sem fara hjá ákveðnum punkti á sekúndu., þ.e. sveiflur á sekúndu. Einingin er Hz (herz), en á íslensku er talað um rið. Sé um þúsundir sveiflna á sekúndu að ræða er notað kHz (kílóherz, kílórið).



Almennt gildir að margfeldi bylgjulengdar og tíðni gefur hljóðhraðann. Í dæminu hér á undan er sveifla hljóðgjafans mjög áberandi og sambengið milli hreyfingar plötunnar og þess hljóðs sem myndast er greinilegt. Annað dæmi úr daglega lífinu er venjulegur hátalari. Breytilegt rafmerki er látið virka á spólu og segul við kón hans, sem sveiflast í takt við merkið og hljóð myndast. Í þessu tilfalli eru sveiflurnar mun örari og minni, en þó má greina þær með berum augum sé vel að gáð.

## 2.2 Útbreiðsla hljóðbylgna og tap

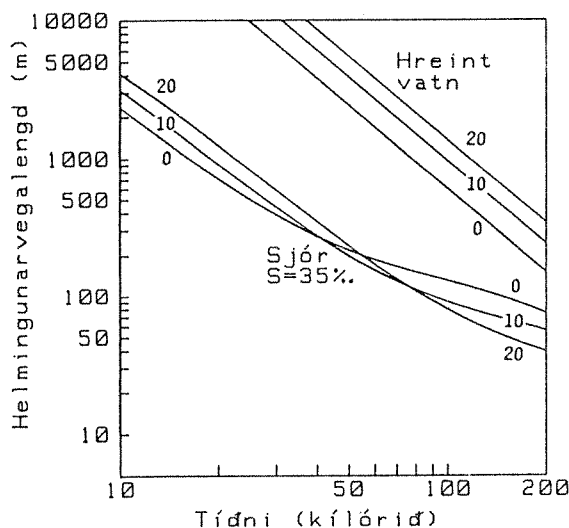
Á mynd 1. er gert ráð fyrir að bylgjurnar liggja í plani. Í raun er þetta aðeins nálgun í því tilfalli að hljóðgjafi sé mjög stór miðað við bylgjulengd hljóðsins. Sé hljóðgjafi lítill miðað við bylgjulengd er þessi nálgun ónothæf. Réttara er að jafnþrýstilínurnar fylgja hring eða öllu heldur kúlufleti með hljóðgjafann í miðju. Þetta er sýnt á mynd 2. Mjög mikilvægt atriði varðandi bylgjur sem dreifast um kúluflet er að hljóðstyrkurinn í hverjum punkti minnkar eftir því sem fjær dregur, þótt heildarorkan sé óbreytt. Flöturinn sem hljóðið dreifist um stækkar með fjarlægðinni í öðru veldi og því minnkar hljóðstyrkurinn (hljóðorka á flatareiningu) að sama skapi. Þetta samband milli styrks og fjarlægðar gildir mjög almennt fyrir hvers konar bylgjur í hvaða efni sem er.



Mynd 2. Hljóðbylgjur frá hljóðgjafa sem er lítill miðað við bylgjulengd. Orkan dreyfist um kúluflet þannig að hljóðstyrkurinn (hljóðorka á flatareiningu) minnkar með fjarlægðinni í öðru veldi.

Er hljóðbylgja berst gegnum vatn verður einnig tap vegna ísogs (absorption) þar sem hluti orkunnar umbreytist í varma. Ísog hljóðbylgna í sjó er breytilegt eftir tíðni þeirra, en einnig hita, seltu og dýpi sjávar. Áberandi er hvað ísogið eykst með vaxandi tíðni. Línuritíð á mynd 3 sýnir hvaða áhrif ísog hefur á hljóðstyrk fyrir tíðnir frá 10 til 200 kHz og 0, 10 og 20 gráðu sjávarhita.

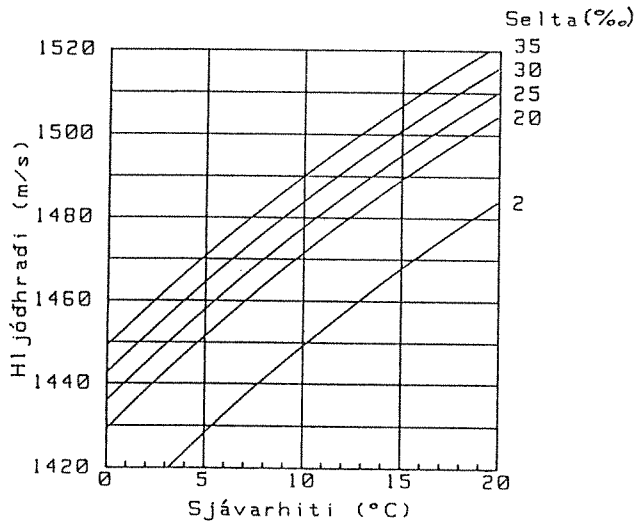
Til þess að reikna það tap sem verður í hljóðstyrk er bylgjan berst gegnum sjóinn verður að taka bæði tillit til dreifingar hennar um kúluflet og ísogsins.



Mynd 3. Áhrif ísogs á hljóðbylgjur í sjó og vatni fyrir tíðnir frá 10-200 kHz og 0, 10 og 20 gráðu hita. Helmingunarvegalengd er sú vegalengd sem hljóðbylgja hefur borist þegar hljóðstyrkur hefur fallið um helming vegna ísogs.

### 2.3 Hljóðhraði í sjó

Hljóðbylgja berst um sjóinn með hraða sem ákveðst af vissum efniseiginleikum hans, og er sá sami fyrir allar tíðnir. Hljóðhraðinn (c) breytist lítilega með hita, seltu og dýpi, og er hann af stærðargráðunni 1500 metrar á sekúndu í sjó. Til samanburðar má geta þess að í lofti er hann u.þ.b. 330 m/s. Á mynd 4 er sýnt hvernig hljóðhraðinn í sjó er háður hita og seltu. Breyting með hita er um 4 m/s fyrir hverja gráðu á Celsíus. Tvöföldun seltu, frá 15 til 30 prómill eykur hraðan um 17 m/s. Mestu staðbundnu breytingarnar má rekja til hitasveiflna, sem oft eru talsverðar í lóðréttu sniði, en tiltölulega minni í láréttu.



Mynd 4. Hljóðhraði í sjó við breytilegan hita og nokkur seltugildi.

### 2.4 Endurkast og brot hljóðbylgna

Rætt hefur verið um hljóðbylgjur eins og þær væru í óendanlegu og ójöfnulausu efni. Í raun takmarkast sjórinn af lofti við yfirborð og af föstum jarðefnum við botn. Önnur fyrirbæri hafa einnig áhrif, svo sem öldusláttur, hitaskil, fiskar, svif og uppleystar agnir.

Endurkast hljóðbylgju af skilum tveggja efna er mjög háð hlutföllum eðlisþyngdar þeirra og hljóðhraða. Margfeldi eðlisþyngdar efnis og hljóðhraða í því er nefnt hljóðviðnám, og er sú stærð notuð til þess að einkenna hljóðeiginleika efnisins.

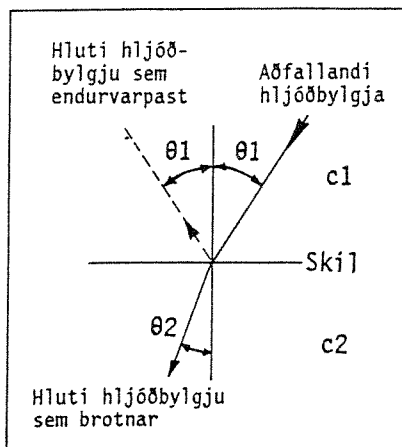
Í lofti er hljóðhraðinn tiltölulega lítill, mikill í vatni og enn hærrí í jarðefnum. Fyrir skilin milli sjávar og lofts er hlutfall hraðans um 5:1, en hlutfall eðlisþyngdar er 800:1. Hljóðeiginleikar lofts og sjávar eru því mjög ólíkir. Reyndar er munurinn það mikill að nær ógerlegt er að senda hljóðbylgjur gegnum þessi skil. Ef litið er á sjávarbotninn er dæmið ekki eins öfgafullt. Hraðahlutfallið er um það bil 1:3 og þéttleikahlutfallið svipað. Hlutfall hljóðviðnámsins er því af stærðargráðunni 1:10 og um 80 % hljóðsins endurkastast. Þetta er þó talsvert breytilegt eftir botngerð og þá staðreynd nota jarðfræðingar við hljóðfræðilegar rannsóknir á setlögum á sjávarbotni. Einnig gefa botnendurvörp fiskimanninum gagnlegar upplýsingar um botnhörku.

Athugum hvað gerist við skil tveggja vökva með mismunandi hljóðhraða. Er bylgjan fellur á þessi skil undir einhverju horni þá skiptist hljóðorkan við skilin þannig að hluti hennar endurkastast en hinn hlutinn heldur áfram, en undir öðru horni (hljóðbrot, sbr. ljósbrot).

Þetta er skýrt nánar á mynd 5. Sambandið sem gildir milli aðfalls- og fráfallshorns ( $\theta_1$  og  $\theta_2$ ) er

$$\sin\theta_1/\sin\theta_2 = c_1/c_2$$

þar sem  $c_1$  og  $c_2$  er hljóðhraði vökvanna. Þetta samband kallast Snells- lögmál. Ef annað efnið er fast efni verður dæmið mun flóknara.



Mynd 5. Endurkast og brot hljóðbylgju á skilum tveggja vökva með mismunandi hljóðhraða. Eins og hornin  $\theta_1$  og  $\theta_2$  eru teiknuð er  $c_1$  hærri en  $c_2$ .

Þó að endurvarp frá skilum lofts og sjávar annars vegar og sjávar og botns hins vegar sé mjög áberandi verður einnig endurkast og hljóðbrot í sjónum sjálfum. Þetta er vegna þess að hljóðhraðinn ( $c$ ) er ekki alls staðar sá sami í sjónum, heldur er hann breytilegur eftir hita, seltu og dýpi eins og áður er getið. Sé hitasnið þekkt má með því að nota Snells-lögmál gera sér grein fyrir hver áhrif það hefur á útbreiðslu hljóðsins. Hér verður látið nægja að benda á að lendi hljóðbylgja á sterkum hitaskilum í sjó, undir horni sem víkur verulega frá hornréttu, verður hljóðbrotið áberandi og bylgjan breytir um stefnu. Í sjó eru oft talsverðar hitabreytingar í lóðréttu sniði sem geta því haft mikil áhrif á langdrægni bergmálstækja sem senda hljóðið út í nær láréttum geisla. Þetta á við um svo kölluð ASDIC- eða fiskileitartæki sem notuð eru til þess að kanna sjóinn umhverfis skipið. Þetta hefur aftur á móti lítil áhrif á dýptarmæla sem senda hljóðið út í nær lóðréttum geisla. Hugsanlegt er þó að á straumskilum séu nokkuð skörp lóðrétt eða aflíðandi hitaskil, sem þá hafa áhrif á útbreiðslu hljóðs frá dýptarmæli.

## 2.5 Endurvarpsstuðull

Hér á undan hefur verið gerð nokkur grein fyrir því hvað verður um hljóðbylgjuna þegar hún lendir á skilum sem eru mjög stór miðað við bylgjulengd hennar. Skoðum nú lítinn hlut eða skotmark með hljóðviðnám frábrugðið viðnámi sjávar. Þetta gæti verið stakur fiskur, fiskitorfa eða jafnvel kafbátur. Hljóðbylgjur berast frá hljóðgjafanum, dreifast um kúluföt og tap verður vegna ísogs. Hljóðorkan sem skotmarkið verður fyrir endurkastast að hluta, en bylgjan sem sendist til baka er ekki plan-bylgja eins og ef um væri að ræða hitaskil eða botn, heldur bylgja sem dreifist um kúluföt. Sá hljóðstyrkur sem endurkastast minnkar því með fjarlægðinni frá

skotmarkinu í öðru veldi eins og áður er lýst. Hversu kröftugt endurvarpið er að öðru leyti ræðst meðal annars af lögun, stærð, legu og efniseiginleikum skotmarksins.

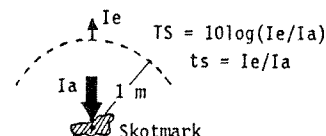
Skilgreinum nú svo kallaðan endurvarpsstuðul (Target Strength), oft skammstafað TS. Endurvarpsstuðullinn segir til um hlutfall endurkastaðs og aðfallandi hljóðstyrks. Venjan er að miða endurvarpið við eins metra fjarlægð frá miðju skotmarksins. Til hægðarauka setjum við

$$ts = I_e/I_a$$

þar sem  $I_a$  er sá hljóðstyrkur sem fellur á skotmarkið og  $I_e$  er hljóðstyrkur endurvarpsins í eins metra fjarlægð frá miðju þess. Yfirleitt er þó endurvarpsstuðullinn skrifaður á lógaritmísku formi þannig:

$$TS = 10\log(I_e/I_a)$$

eða  $TS = 10\log(ts)$



þar sem  $\log$  er lógaritmi með grunntöluna 10. TS er þá endurvarpsstuðullinn í desibelum (dB).

Desibel er ekki eining, líkt og metri, kílógrömm eða sekúnda, heldur er alltaf um að ræða hlutföll sem breytt er á lógaritmískt form til þess að einfalda tölur og útreikninga. Sem dæmi má taka að sé munur á TS tveggja fiska 3 dB þýðir það tvöfaldan mun, 6 dB fjórfaldan, 9 dB áttfaldan og svo framvegis. Annað dæmi er að 10 dB þýða tífoldan mun, 20 dB hundraðfaldan og 30 dB þúsundfaldan. Formerki desibel-tölunnar segir til um hvort hlutfallið sé minna eða stærra en einn. Sé  $TS = -30$  dB þýðir það að  $I_e/I_a = 1/1000$ .

Aðal atriðið er að endurvarpsstuðull segir til um hlutfall endurvarpaðs og aðfallandi hljóðstyrks.

## 2.6 Stefnuvirkni hljóðgjafa

Punkthljóðgjafi (þ.e. hljóðgjafi sem er mjög lítil miðað við bylgjulengd) geislar hljóðbylgjum jafnt í allar áttir, þ.e. um kúlufliót. Séu tveir eins punkthljóðgjafar staðsettir nokkuð nálægt hvor öðrum, þá geisla þeir út á sama hátt, en á hinn bóginn verður hljóðstyrkurinn ekki sá sami í allar áttir. Í sumar stefnur eru hljóðbylgjurnar í fasa (þ.e. hágildi fara saman í tíma og rúmi) eða því sem næst og hljóðstyrkurinn eykst, en í aðrar stefnur eru þær úr fasa (há- og lággildi mætast) og hljóðstyrkurinn fellur. Þessi víxlverkun myndar reglubundna en ójafna dreifingu hljóðstyrksins umhverfis hljóðgjafana. Með því að raða upp mörgum smáum hljóðgjöfum á ákveðinn hátt er hægt að beina hljóðorkunni í ákveðinn geira. Á þennan máta er hægt að byggja upp mjög stefnuvirka hljóðgjafa. Almenn gildir að því þrengri hljóðgeisla og lægri tíðni sem óskað er, því stærri geislunarflöt þarf. Sömu rök gilda fyrir stefnuvirka hljóðnema.

Þeir hljóðgjafar og nemar sem notaðir eru í dýptarmælum fiskiskipa eru yfirleitt byggðir upp á þennan hátt, þannig að hljóðbylgjurnar eru sendar út í sjóinn innan tiltölulega þröngs geira. Tekið er við endurvarpi á sama hátt.

### 3. GRUNNBYGGING BERGMÁLSMÆLA

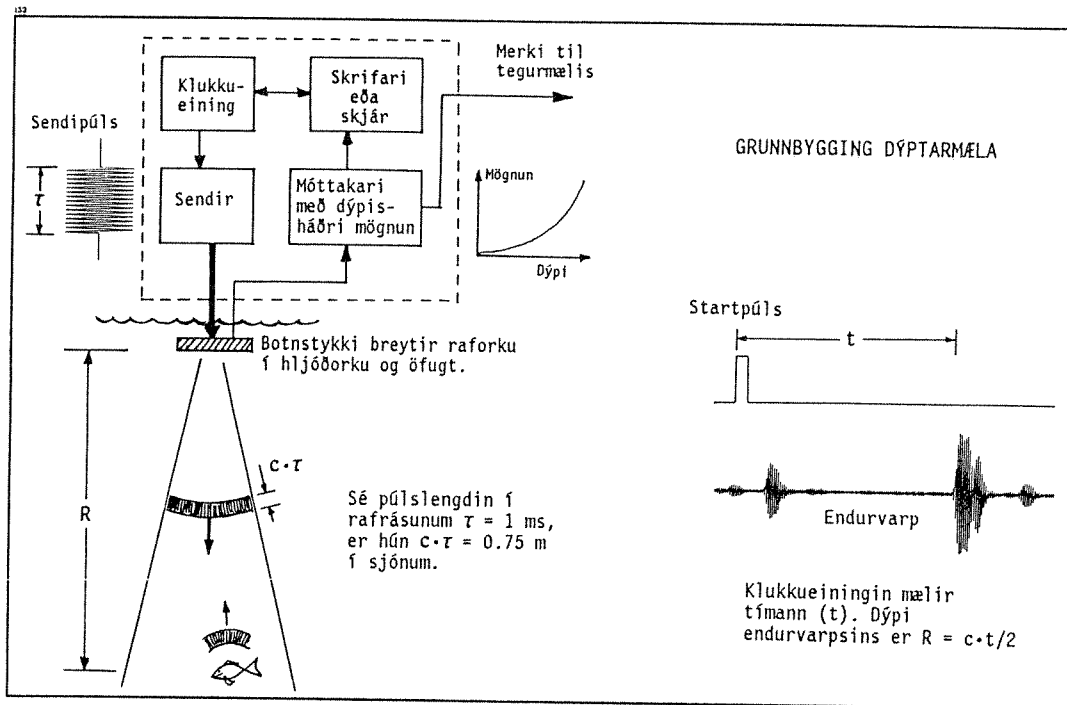
Hér á undan hefur í stórum dráttum verið sagt frá hvernig hljóðbylgjur eru myndaðar, hvernig umhverfið og aðskotahlutir hafa áhrif á útbreiðslu þeirra og hvernig hægt er að beina hljóðinu í ákveðnar stefnur. Lítum nánar á hvernig bergmálstæki nýta sér þessa eiginleika til þess að nema og mæla fisk í sjónum. Umræðan er takmörkuð við þau bergmálstæki í fiski- og hafrannsóknaskipum sem senda út hljóðpúlsa lóðrétt niður í sjóinn, í daglegu tali kölluð dýptarmælar.

Dýptarmælir sendir út stuttan hljóðpúls með reglulegu millibili niður í átt að sjávarbotni og mælir þann tíma sem það tekur hljóðið að berast fram og til baka um vatnið. Með því að nota skráningartæki af einhverju tagi, t.d. pappírsskrifara eða skjá, er hægt að fylgjast með því hvernig dýpið og lögun botnsins breytist á siglingaleið skipsins. Sé mælirinn nægilega næmur kemur einnig fram endurvarp frá fiskum. Til þess að þetta endurvarp, oftast kallaðar lóðningar (talað er um t.d. fisklóðningar og botnlóðningar), komi að sem mestu gagni þarf einhvern útbúnað sem gefur til kynna bæði hversu samfelldar þær eru og hvað þær eru sterkar. Venjulegur pappírsskrifari gefur takmarkaðar upplýsingar um styrkleika lóðninga, en í fljótu bragði má sjá hvort mikið eða lítið er af fiski, eða hvort torfurnar eru smáar eða stórar. Oft eru merkin frá dýptarmælunum einnig send inn á litaskjá, sem sýnir lóðningarnar síðustu sigldu mílu eða svo. Þá er litakvarði notaður, sem gefur mun betri hugmynd um styrkleika endurvarps en sverta pappírsskrifarans.

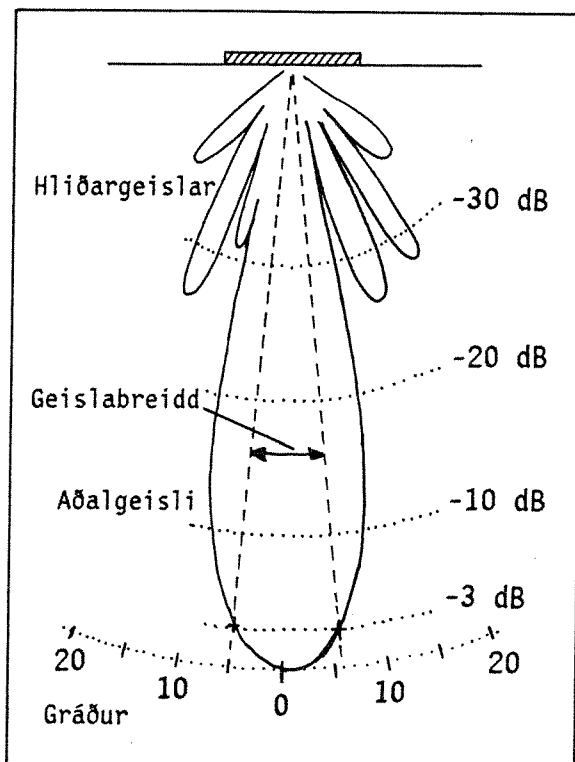
Dýptarmælar þykja ómissandi í fiskiskipum nútímans og varla er til sá bátur, stór eða smár, þar sem ekki er að finna að minnsta kosti einn slíkan. Í hafrannsóknaskipum, þar sem reynt er að meta stærð fiskistofna með bergmálsaðferðinni, er gengið skrefi lengra. Til þess þarf tæki til þess að mæla og skrá nákvæmlega orku endurvarps, ásamt aðferðum til þess að breyta þeim upplýsingum í fjölda fiska eða lífpunga. Því þarf dýptarmæla með þekktan og stöðugan sendistyrk og móttökunæmni. Merkið frá þeim er sent inn á sérstakt mælitæki, tegurmæli (echo integrator), sem velur og vinnur úr því á ýmsan hátt.

#### 3.1 Dýptarmælirinn

Dýptarmælir er samsettur úr mörgum einingum, þar sem hver hefur sitt hlutverk. Þær helstu eru: botnstykki, sendir, móttakari, klukkueining og skrifari og/eða skjár. Á mynd 6 er sýnt hvernig þessar einingar tengjast. Með botnstykki er átt við þann hluta dýptarmælisins sem er í snertingu við sjóinn og er í senn hljóðgjafi og hljóðnemi. Þessi málvenja hefur skapast þar sem að öllu jöfnu er þessum hluta komið fyrir í botni skipsins, yfirleitt nokkuð framan við miðju, öðru hvoru megin við kjöl. Sú hlið botnstykkisins sem er í snertingu við sjóinn er sléttur flötur, misjafn að stærð og lögun, eftir því hvaða geislabreidd óskað er eftir. Sendi- og móttökunæmnin er mest á ás sem liggur hornrétt út frá miðju geislaflatarins, svo kallaður hljóðás. Næmnin fellur all hratt er frá hljóðásnum dregur. Hvernig næmnin fellur er mismunandi eftir botnstykkjum, og er svo kölluð stefnuvirknimynd notuð til að lýsa því. Geislabreidd eða geislahorn segir til um hvar næmnin hefur fallið um helming. Á mynd 7 er dæmi um stefnuvirkni botnstykkis. Af framansögðu er greinilegt að hljóðstyrkur endurvarps af fiski utarlega í geislanum er veikari en af sams konar fiski á hljóðásnum.



Mynd 6. Grunneiningar dýptarmælis og samtenging þeirra.



Mynd 7. Stefnuvirknimynd fyrir botnstykki dýptarmælis. Hlutfallsleg næmni er gefin í desibelum og miðað er við næmni á hljóðás. Samkvæmt myndinni er geislabreidd um 11 gráður.



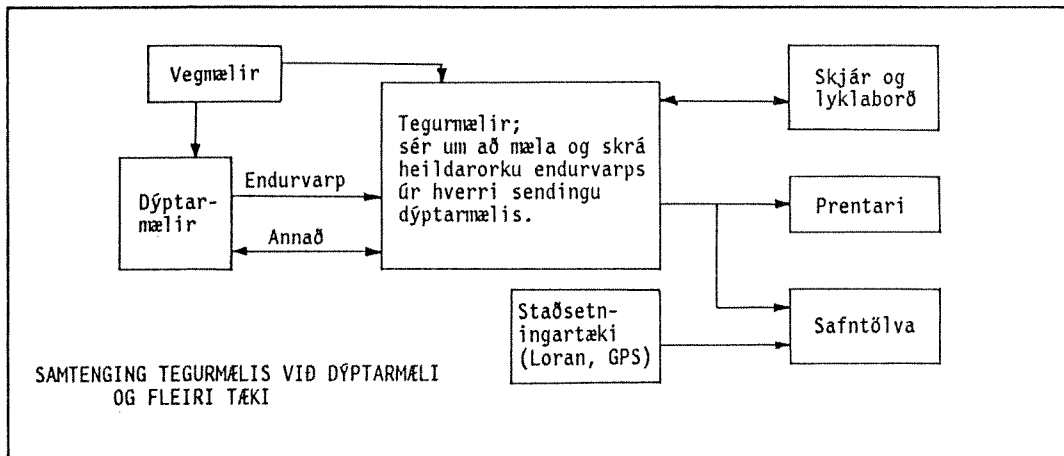
Klukkueiningin sendir út púls, sem ræsir sendinn, sem þá hefur sendingu kröftugs rafmerkis af ákveðinni tíðni, sem varir í tiltekinn tíma ( $\tau$ ). Þær tíðnir sem algengar eru í dýptarmælum eru á bilinu 10 til 200 kHz. Púls lengdin ( $\tau$ ) er oftast frá 0.1 til 3 millisekúndur. Þessi rafpúls er sendur út á botnstykkið og við það byrjar flötur þess að sveiflast í takt. Þessar sveiflur eru afar smáar. Sem dæmi má nefna að sendipúls frá kraftmiklum 50 kHz dýptarmæli veldur titringi á botnstykkisfletinum sem er af stærðargráðunni 1 míkrometri (1 míkrometri er 1/1000 úr millimetra). Sveiflurnar berast síðan út í sjóinn sem hljóðbylgjur. Í sjónum er lengd hljóðpúlsins  $c \cdot \tau$ . Eins og áður sagði fer það eftir lögun og stærð þessa botnstykkis yfir hvað stóran geira hljóðið breiðist. Fyrir dýptarmæla í rannsókn- og fiskiskipum er geislabreiddin yfirleitt 5 til 15 gráður. Endurvarp frá fiskum og botni innan þessa geira koma til baka og botnstykkið sér um að breyta því í rafmerki. Þessi merki geta verið mjög veik og því þarf að magna þau upp, en þannig að þau sem berast fljótt eftir sendingu eru mögnuð minna en þau sem koma seinna. Með öðrum orðum, mögnunin er dýpisháð. Þetta er gert í því skyni að leiðrétta endurvarpið vegna þess taps (dreifingu um kúluflet og ísogs) sem verður á orku hljóðpúlsins á ferð hans gegnum sjóinn. Leiðréttu merkin eru síðan send út á skrifara og skjá. Sérstakt úttak er fyrir merki frá móttakara dýptarmælisins sem ætlað er fyrir tegurmælinn, og er það óháð öllum stillingum fyrir skrifara og skjá.

Eftir tiltekinn tíma ræsir klukkueiningin sendinn á ný og sama ferli endurtekur sig. Hversu ört má senda ræðst af því hvað djúpt niður í sjóinn skal skoða. Þar sem hljóðhraðinn er um 1500 m/s tekur það eina sekúndu frá því sending hófst og þar til endurvarp af fiski eða botni á 750 metra dýpi berst til baka. Skrifarinn er tengdur klukkueiningunni, þannig að fyrir hverja sendingu fer penninn eina umferð þvert yfir pappírinn og svertir hann sé endurvarpið nægilega sterkt. Pappírinn er dreginn hjá með jöfnum hraða, þannig að penninn skrifi ekki ofan í fyrri sendingu, en þó það hægt að samfelld mynd komi fram. Á þennan hátt byggist upp lóðrétt snið af því sem undir skipinu er á siglingu þess.

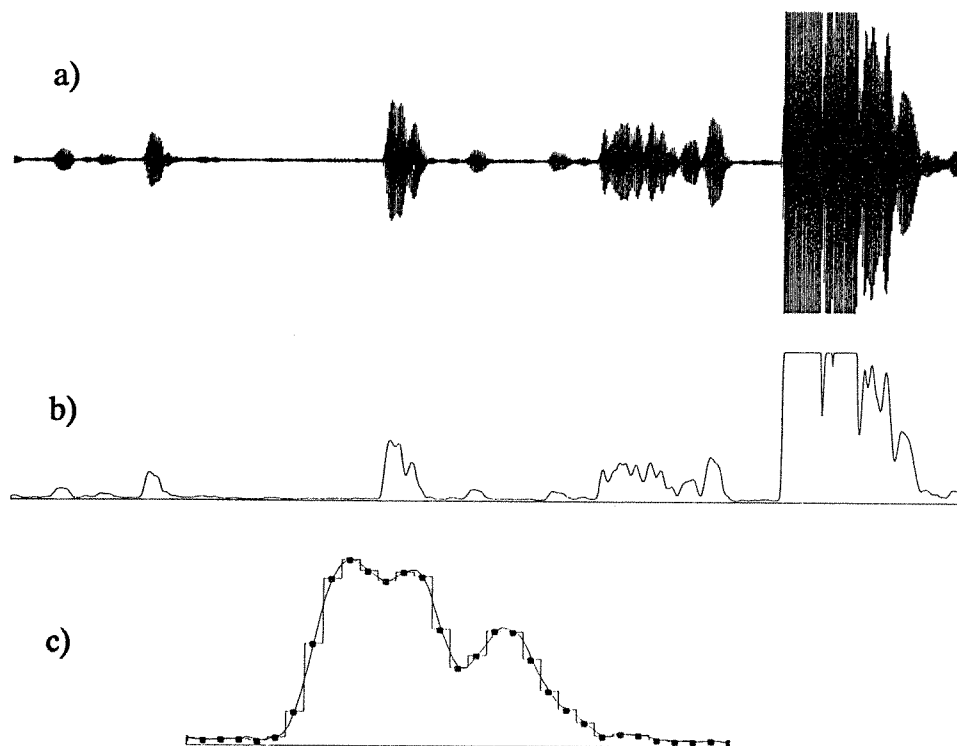
### 3.2 Tegurmælirinn

Til þess að fá nákvæmara mat á fisklóðningum en mögulegt er með því að styðjast eingöngu við það sem augað sér, þarf eins og áður sagði tæki, sem sér um að mæla og skrá heildarorku þess endurvarps sem dýptarmælirinn nemur. Þessu hlutverki gegnir tegurmælirinn. Þeir tegurmælar sem notaðir eru í rannsóknaskipum okkar í dag byggja á tölvutækninni. Merkinu frá dýptarmælinum er breytt á stafrænt form og frumúrvinnsla og skráning gerð í reiknirásum.

Á mynd 8 er sýnd samtenging tegurmælis við dýptarmæli og fleiri tæki. Gegnum lyklaborðið er hægt að gefa skipanir um þau dýpisbil sem mæla skal í, yfir hversu langa vegalengd skuli mælt o.s.frv. Vegmælir gefur upplýsingar um siglda vegalengd og skipshraða. Frá dýptarmælinum koma í fyrsta lagi upplýsingar um hversu ört er sent, púls lengd og þess háttar og í öðru lagi endurvarpið. Tegurmælirinn tekur við þessu endurvarpi og reiknar út orku þess úr hverri sendingu. Á mynd 9 er sýndur hluti endurvarps úr einni sendingu dýptarmælis. Myndin skýrir einnig nánar hvernig tegurmælirinn meðhöndlar merkið. Eftir ákveðna vegalengd eru upplýsingar um



Mynd 8. Samtenging tegurmælis við dýptarmæli og fleiri mælitæki.

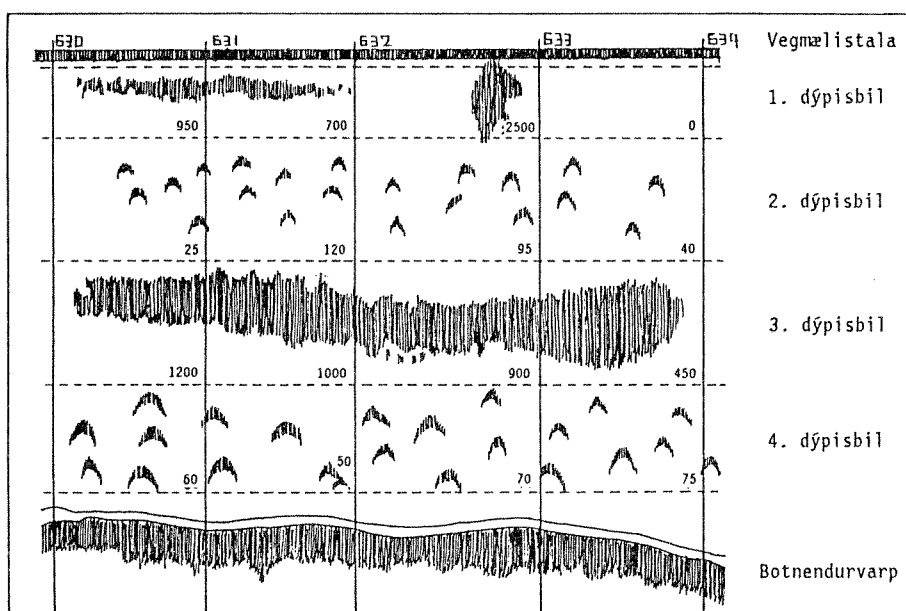


Mynd 9. a) Endurvarp af stökum fiskum, torfum og botni úr einni sendingu dýptarmælis.

b) Í tegurmælinum er grunntíðnin síuð frá. Eftir er merki sem er mælikvarði á styrkleika endurvarpsins á hverjum tíma.

c) Hluti merkis í b). Í tegurmælinum er gerður fjöldi punktmælinga (●) með ákveðnu millibili, þær lagðar saman og margfaldaðar með þeim tíma sem milli hvernar mælingar líður. Þannig fæst nákvæmt mat á heildarorku endurvarpsins. Þetta er líkt því að meta það flatarmál sem heildregna línan afmarkar með því að reikna það sem undir kassalaga ferlinum er.

meðalendurvarp á flatareiningu innan hvers dýpisbils sendar út á prentara og/eða tölvu til varanlegrar geymslu. Í þessum meðaltölum hefur verið tekið tillit til fjölda sendinga og sigldrar vegalengdar. Frá tegurmælinum koma merki inn á skrifara dýptarmælisins sem afmarka hvaða dýpisbil hafa verið valin. Á mynd 10 er sýnd stílfærð mynd af lóðningum eins og þær koma fram á skrifara dýptarmælis. Efsta línan sýnir sendipúlsinn, en þar fyrir neðan koma lóðningar ýmissa fiska bæði stakra og í torfum. Sterka óreglulega línan neðst er svo botninn. Heildregnu lóðréttu strikin eru merki frá vegmæli sem koma eftir tiltekna siglda vegalengd, t.d. eina sjómílu. Láréttu strikalinurnar sýna mörk þeirra dýpisbila sem hafa verið valin gegnum lyklaborð tegurmælisins. Setjum sem svo að óskað hafi verið eftir útskrift eftir hverja siglda sjómílu. Þá munu upplýsingar um meðalendurvarp á flatareiningu innan hvers dýpisbils koma fram á prentara eftir þá vegalengd. Tölurnar sem settar eru inn á myndina koma ekki fram á þennan hátt á dýptarmælisþappírinn, en eru settar hér inn til frekari skýringar á því sem um er að ræða.



Mynd 10. Lóðningar eins og þær koma fram á skrifara dýptarmælis. Merki frá vegmæli gefa lóðréttar heildregnar línur og vegmælistölur skrifast eftir hverja siglda sjómílu. Tegurmælir gefur strika-línur sem afmarka þau dýpisbil sem mælt er í. Tölurnar fyrir hvert þessara bila eru mælikvarði á meðalendurvarp á flatareiningu innan þeirra.

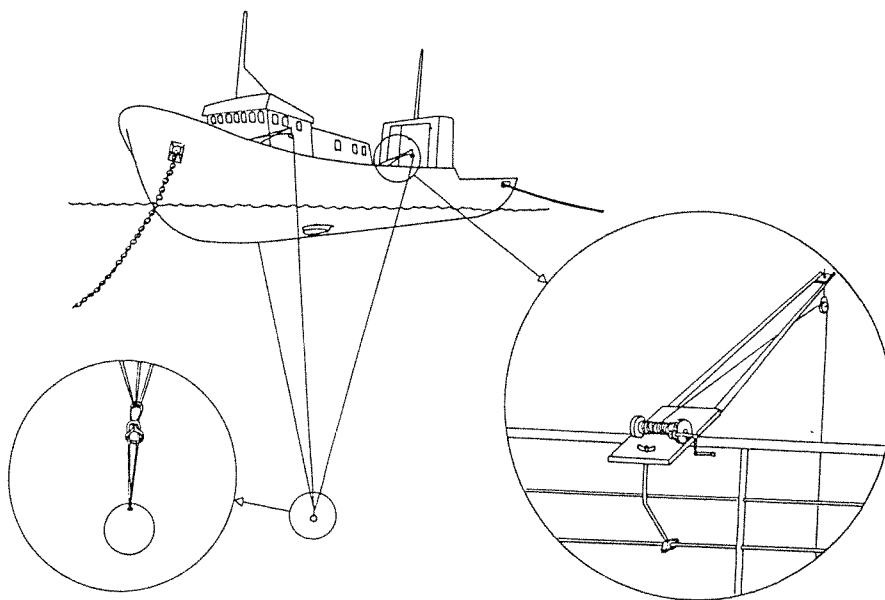
Stöðug þróun er í gerð bergmálmæla til notkunar við fiskileit og rannsóknir. Tölvuúrvinnsla verður æ öflugri og kemur stöðugt fyrir til skjalanna eftir að botnstykkið hefur skilað merkinu inn á rafrásirnar. Sem dæmi má nefna að í nýjustu dýptarmælum er öll dýpisleiðrétting gerð í tölvu, hágæða litaskjáiir eru notaðir og litaprentarar gefa varanlega mynd af lóðningum. Fyrir rannsóknaskip eru nú til tölur og hugbúnaður sem sjá um samræmda söfnun frá staðsetningartækjum, vegmæli og þremur dýptarmælum samtímis, svo og úrvinnslu allra gagna. Mögulegt er að safna öllum merkjum frá dýptarmælinum inn á tölvuminni og skoða síðan lóðningamyndirnar seinna á skjánum og velja endurvarp til frekari úrvinnslu en henda öðru.

#### 4. KVÖRÐUN BERGMÁLSMÆLA

Ef hugmyndin er annað hvort að bera saman mæld endurvörp frá einum tíma til annars eða umreikna á einn eða annan hátt yfir í fjölda fiska er nauðsynlegt að kvarða mælitækin. Kvörðun bergmálmæla felst í því að mæla sendistyrk og móttökunæmni þeirra. Einnig þarf annað hvort að mæla eða fá upplýsingar frá framleiðanda um stefnuefni þeirra botnstykkja sem notuð eru.

Í venjulegri kvörðun þykir nóg að athuga sendistyrk og móttökunæmni í miðjum hljóðgeisla, þar sem hann er sterkastur. Þetta er gert á þann hátt að skipinu er lagt við akkeri inn á firði í lygnum sjó, þannig að það sé sem allra stöðugast meðan á kvörðun stendur. Koparkúlu af ákveðinni stærð með þekkt endurvarp er slakað í hanafæti undir skipið niður á 15 til 30 metra dýpi Spottarnir þrír sem halda kúlunni stöðugri eru svo notaðir til þess að stilla kúluna af innan hljóðgeislans þar til mesta útslag fæst. Uppstillinguna má sjá á mynd 11. Endurvarp kúlunnar er svo mælt yfir ákveðinn tíma, eða þar til útskrift fæst frá tegurmælinum. Þannig fæst viðmiðunargildi, oft kallað tækjastuðull sem notast til þess að skala öll önnur mæligildi, þannig að þau verði óháð þeim bergmálmæli sem notaður er. Í þessu viðmiðunargildi verður einnig að taka tillit til stefnuefni botnstykkisins.

Í ítarlegri kvörðun er athugað hvernig endurvarp kúlunnar minnkar eftir því sem fjær miðju hljóðgeislans dregur. Þær upplýsingar eru notaðar til þess að finna orkudreifingu innan geislans og rúmmál hans, með öðrum orðum stefnuefni. Þessar upplýsingar eru afar mikilvægar þar sem þær segja til um það frá hve miklu rúmmáli sjávar endurvarp berst og hver meðalorkan er innan geislans. Einnig er fylgst með dýpháðri mögnun, púls lengd og fleiri atriðum.



Mynd 11. Uppstilling rannsóknaskips fyrir kvörðun og upphenging kvörðunarkúlu.

## 5. BERGMÁLSAÐFERÐIN

Nú hefur verið gerð nokkur grein fyrir því hvernig hægt er að nota bergmálstæknina til þess að sjá fisk í sjónum og eins hvernig mögulegt er að mæla heildarorku þess endurvarps sem kemur frá þeim fiski sem undir skipinu er. En hvernig er hægt að nota þessar upplýsingar til þess að meta stærð fiskistofna? Þessari spurningu verður leitast við að svara hér á eftir.

### 5.1 Gagnasöfnun

Hafið er stórt og fiskurinn getur verið dreifður um mikið svæði, en það sem sést á dýptarmælinn takmarkast eingöngu við þann fisk sem er innan tiltölulega þröngs geira á siglingaleið skipsins. Það er því sjaldgæft að hægt sé að mæla alla fiskana eða torfurnar á tilteknu svæði. Jafnvel þótt svæðið væri tiltölulega lítið er sú aðferð yfirleitt ekki raunhæf. Tíminn sem þarf til slíks er of mikill og auk þess syndir fiskurinn um í sjónum frá einum stað til annars, þannig að erfitt getur verið að átta sig á hvað hefur verið mælt og hvað ekki. Þess vegna er siglt fram og aftur um svæðið sem menn telja að fiskurinn haldi sig á. Hvernig siglt er ákveðst af stærð svæðisins sem rannsaka þarf, þeim tíma sem til verksins er ætlaður og ekki síður af aðstæðum, svo sem veðurfari, ísreki og hegðun fisksins. Að jafnaði er reynt að sigla með reglubundnum hætti yfir svæðið og fjarlægð milli leiðarlína höfð svipuð. Þessu er þó gjarnan breytt í samræmi við þéttleika lóðninga, þannig að þeir hlutar svæðisins þar sem mikið er um fisk eru betur kannaðir en þar sem minna er.

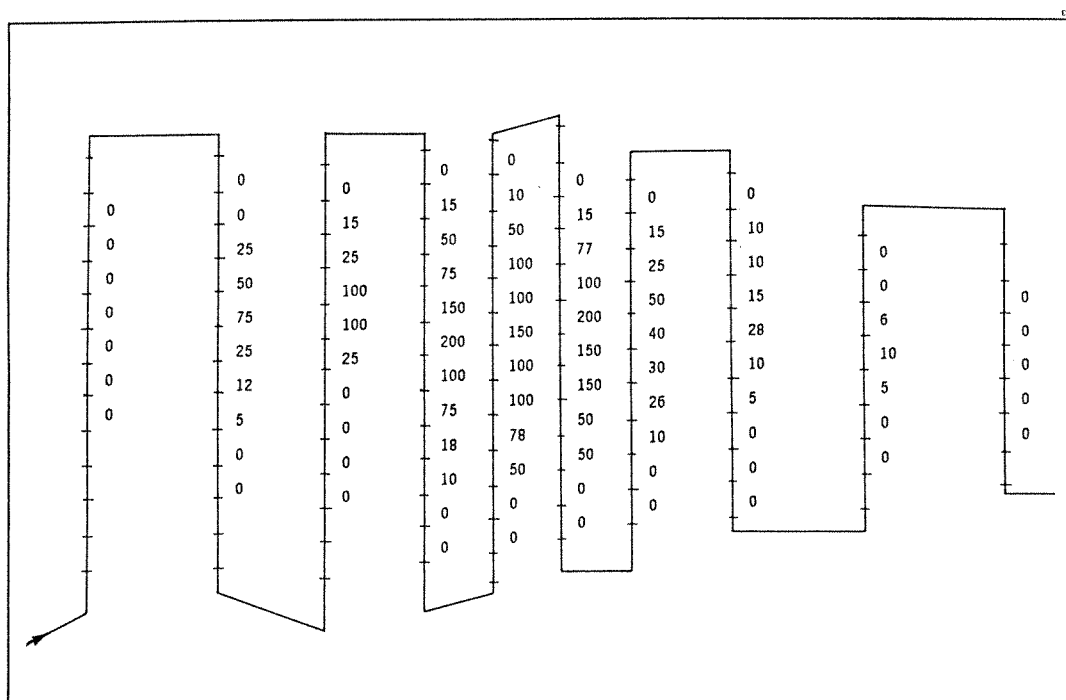
Á siglingunni eru lóðningarnar stöðugt mældar og meðalorka þeirra skráð. Fylgst er með bergmálmælunum allan sólarhringinn. Séð er um að mælitækin gangi eðlilega, dagbók haldin og togsýni tekin eftir því sem þurfa þykir. Öflun líffræðilegra gagna er mikilvægur þáttur þessara mælinga og nauðsynlegt að fá sem besta vitneskju um þær lífverur sem verið er að rannsaka. Við bergmálmælingar á loðnu og síld hér við land vill svo vel til að lítil blöndun er við aðrar fisktegundir, sem myndi annars gera þessar mælingar mun örðugri en ella. Togsýnin eru þó nauðsynleg þar sem upplýsingar um ástand fisksins, svo sem lengd, þyngd, kyn og árgangasamsetningu, þurfa að liggja fyrir. Unnið er úr þessum sýnum að hluta eða öllu leyti um borð eftir því sem við verður komið.

Misjafnt er hversu þétt meðalorka endurvarpa er skráð og ræðst það gjarnan af stærð útbreiðslusvæðisins og fjarlægð milli leiðarlína. Við mælingar á loðnu eru gjarnan skráð meðaltöl hverra 5 sjómílna. Á þetta sérstaklega við um mælingar sem gerðar eru að haustlagi þegar loðnan er dreifð yfir mjög stórt hafsvæði. Á veturna er tíðari skráning þó algeng. Við mælingar á síld, sem gjarnan heldur sig í samfelldum torfuflekkjum á litlu svæði, eru leiðarlínur margfalt þéttari og meðaltöl jafnvel fengin fyrir hverja 0.1 sjómílu.

## 5.2 Gagnaúrvinnsla

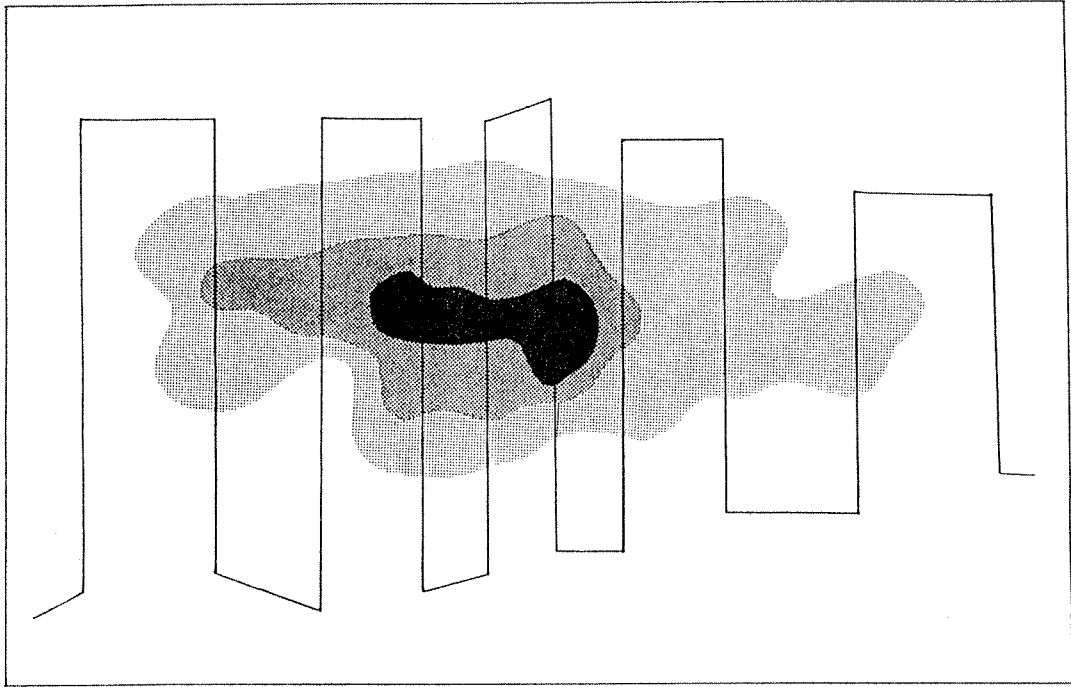
Meðan á leiðangri stendur er reglan sú að rannsóknarnamenn koma saman einu sinni á dag og yfirfara mælingar síðasta sólarhrings. Bornar eru saman lóðningar af dýptarmælispappír við skráð meðaltöl frá tegurmæli og upplýsingar úr togsýnum. Er þá reynt að vinsa úr öll grunsamleg gildi, truflanir frá botni, endurvarp frá öðrum fiski en verið er að mæla o.s.frv. Leiðarlínur, togstöðvar og mæligildi eru sett jöfnum höndum út í kort mönnum til frekari glöggvunar. Þegar yfirferð um ákveðið svæði er lokið liggja því fyrir aðgengilegar upplýsingar um bergmálgildi á siglingarleið skipsins.

Á mynd 12 eru sýndar einfaldar leiðarlínur ásamt bergmálgildum. Þessi mynd sýnir einnig útbreiðslusvæði fisksins og hlutfallslegan þéttleika hans innan þess.

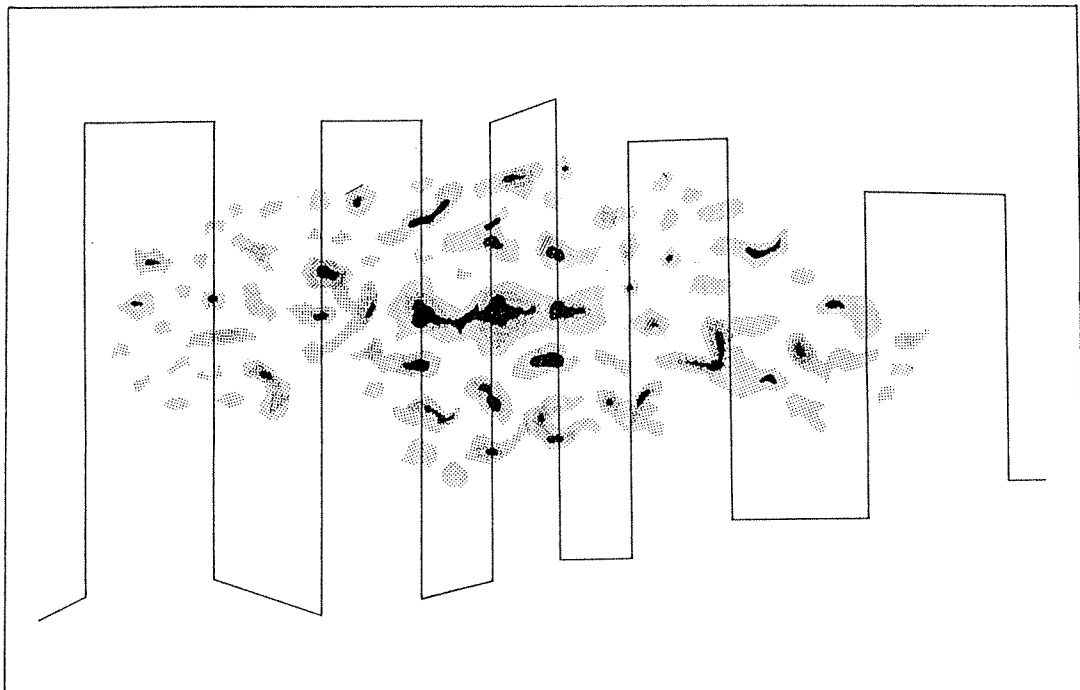


Mynd 12. Einfaldar leiðarlínur ásamt bergmálgildum.

Sé eingöngu litið á tölurnar sem fram koma á myndinni, mætti ætla að um samfelldar lóðningar hafi verið að ræða. Það þarf þó alls ekki að vera, því að bergmálgildin eru eins og áður sagði mælikvarði á meðalorku þess endurvarps sem barst innan hvers bils, hvort sem um lengri eða skemmri vegalengd er að ræða. Því gæti raunveruleg þéttleikadreifing fisksins hafa verið hvort sem heldur er samfelld eða slitrótt, eins og sjá má dæmi um á myndum 13 og 14.



**Mynd 13. Samfelld þéttleikadreifing fisks  
sem gæti gefið bergmálgildi eins og á mynd 10.**

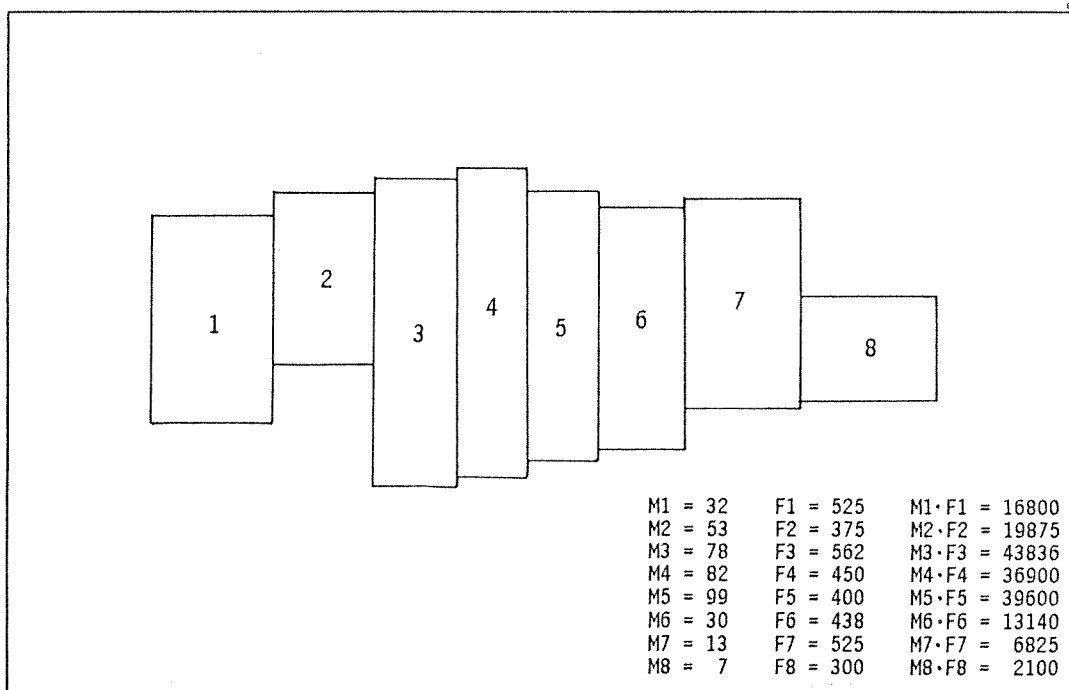


**Mynd 14. Slitrótt þéttleikadreifing fisks  
sem gæti gefið bergmálgildi eins og á mynd 10.**

Sé meðalgildi (M) allra bergmálgilda á svæðinu reiknað og síðan margfaldað með flatarmáli (F) þess, fæst mat á heildarendurvarp ( $M \cdot F$ ) alls svæðisins. Hafa skal í huga að hvert einstakt bergmálgildi er meðalorka endurvarps á flatareiningu. Sé útbreiðslusvæðið mjög stórt eða leiðarlínur óreglulegar er heppilegra að skipta því upp í minni einingar og reikna meðaltal og flatarmál hverrar einingar fyrir sig og leggja síðan saman öll margfeldi af  $M \cdot F$ . Þessi háttur er vanalega hafður á, í haustmælingum á loðnu, þar sem tilkynningaskyldureitir eru notaðir til þess að skipta svæðinu. Hvernig eðlilegast er að skipta svæðinu í dæminu hér á undan er sýnt á mynd 15.

Að sjálfsögðu er þéttleikinn einungis þekktur á siglingaleið skipsins, en í útreikningum á heildarmagni á svæðinu er gert ráð fyrir að þær upplýsingar gefi einnig nokkuð rétta mynd af því sem milli leiðarlínanna er. Þessu má líkja við sýnatöku úr afla, þar sem teknir eru nokkur hundruð fiskar af heilum skipsfarmi og reiknað með að þeir gefi rétta mynd af samsetningu eða lengdardreifingu aflans. Á sama hátt má líta á þéttleikagildin á mynd 12 sem bergmálsnýni.

Það gefur auga leið að áreiðanleiki mælingarinnar er mestur ef fiskurinn heldur sig í nokkuð jafnri samhangandi dreif. Sé fiskurinn í þéttum torfum, langt á milli þeirra og þess vegna mikil sveifla í tegurgildum, má búast við víðari öryggismörkum. Þetta þýðir ekki endilega að meðaltalið sé vitlaust, en tölfræðilega er það ekki þekkt með eins mikilli vissu.



Mynd 15. Eðlileg skipting svæðis í reiti vegna ójafna bíla milli leiðarlína á mynd 10. Svari hvert bergmálgildi til 5 sjómílna og sé bil milli leiðarlína frá 10 til 20 sjómílnur, þá er flatarmál og meðaltal bergmálgilda fyrir hvern reit eins og sýnt er á myndinni.



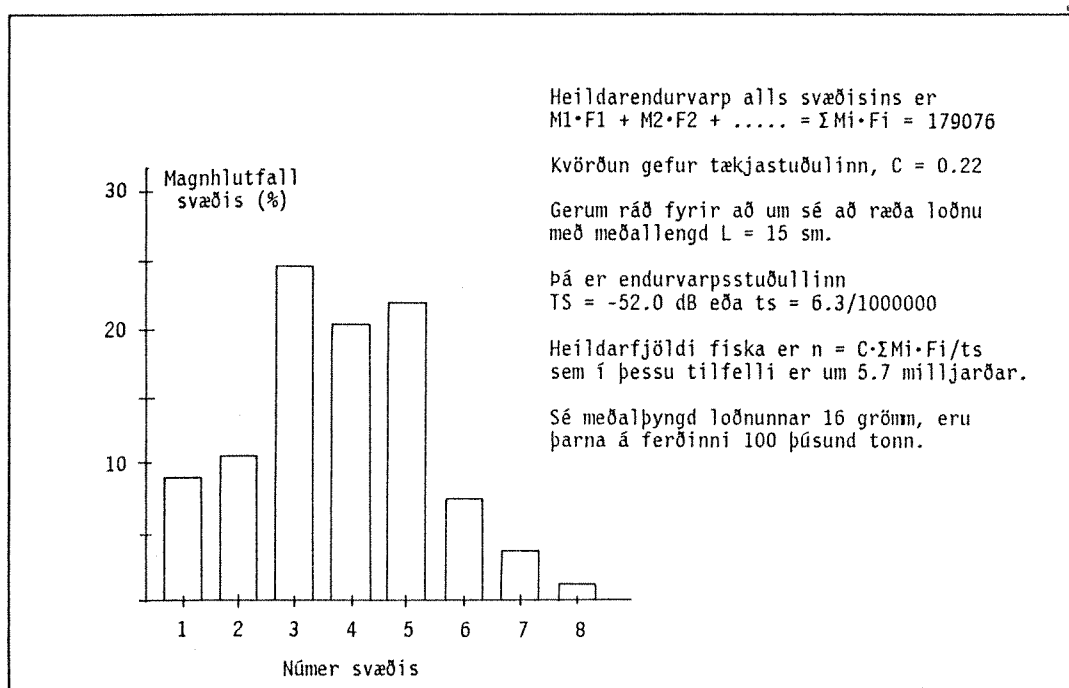
Lokamarkmið mælingar af þessu tagi er ekki aðeins að afla vitneskju um útbreiðslu og hlutfallslegan þéttleika fisks, heldur einnig að meta fjölda og lífbunga og þá um leið hugsanlegt veiðipól. Í fyrsta lagi þarf því að skala öll mæligildi með tækjastuðli (C), þannig að þau verði óháð þeim bergmálsmælum sem notaðir eru. Þessi tækjastuðull er fenginn með kvörðun eins og lýst hefur verið og því mikilvægt að hún sé sem nákvæmust. Í öðru lagi verður að þekkja endurvarpsstuðul (ts) þeirra fiska sem verið er að mæla, þannig að hægt sé að meta hvað margir fiskar liggja að baki ákveðins bergmálgildis.

Gerum ráð fyrir að heildarendurvarp tiltekins svæðis sé  $M \cdot F$  eins og áður er lýst. Fjöldi fiska (n) sem að baki liggur er því

$$n = C \cdot M \cdot F / ts$$

Þetta einfalda samband gildir aðeins að því tilskildu að allir fiskarnir á svæðinu hafi svipaðan endurvarpsstuðul. Í raun er þetta ekki svo, þar sem endurvarpsstuðullinn er bæði háður tegund og lengd fisksins. Það er því nauðsynlegt að taka tillit til tegundasamsetningar og lengdardreifinga sem fást úr togsýnum á svæðinu, og gefa hverri tegund og lengd vægi, bæði í samræmi við hlutfall úr sýni og endurvarpsstuðul. Séu til dæmis lengdardreifingar úr togsýnum innan svæðisins misjafnar eru þær upplýsingar einnig notaðar til þess að skipta svæðinu í smærri einingar áður en lokaúrvinnsla hefst.

Á mynd 16 er dæminu lokið með því að reikna út fjölda fiska og lífbunga að gefnum tilteknum forsendum.



Mynd 16. Einfaldir útreikningar á fjölda fiska og lífbunga.

## 6. HLJÓÐENDURVARP AF FISKI

Búið er að gefa almenna skilgreiningu á endurvarpsstuðli og sýna hvernig hann í sinni einföldustu mynd er notaður í bergmálmælingum. En endurvarp fiska er flókið fyrirbæri og því rétt að fjalla nokkuð ítarlegar um það.

### 6.1 Endurvarpseiginleikar fiska

Samkvæmt skilgreiningu gefur endurvarpsstuðull fisks til kynna hversu stór hluti aðfallandi hljóðbylgju endurkastast af honum. Ef lengd fisksins er af sömu stærðargráðu og bylgjulengd hljóðsins, þá er endurvarpið háð hljóðviðnámseiginleikum hans, sköpulagi og hlutfalli bylgjulengdar og fisklengdar. Til dæmis samsvarar 40 sentimetra langur fiskur 10 bylgjulengdum á 38 kHz en 32 á 120 kHz. Fyrstu tilraunir til þess að áætla endurvarp fiska miðuðu að því að setja fram almennt líkan eða jöfnu er lýsti samhengi endurvarpsstuðulsins við bylgjulengd hljóðsins og lengd fisksins. Þessi einföldun hefur þó engan veginn staðist tímans tönn, þar sem líffræðilegur munur og mismunandi hegðun tegunda hefur mjög mikil áhrif á endurvarp þeirra. Mestur hluti af bók fisksins er hold og bein sem hefur hljóðviðnám líkt sjó. Því er endurkastið mjög lítið af þeim hlutum hans. Í fiski er sundmaginn aðeins um 5 % af heildarrúmmáli hans, en þar sem sundmaginn er loftfylltur er endurkast frá honum mjög mikið í samanburði við hina hluta líkamans. Rannsóknir hafa sýnt að um 90 % endurvarps af fiski kemur frá sundmaganum. Dæmigerður sundmagi er margfalt lengri en þykkt hans og breidd og lögunin er óregluleg. Talsverður breytileiki er einnig á lögun og stærð sundmagans milli fiska, jafnvel sömu tegundar og lengdar. Sköpulag sundmagans er því of breytilegt til þess að hægt sé að notast við fræðileg líkön fyrir endurvarpsstuðla sem eiga að notast í bergmálmælingum á stærð fiskstofna.

Í samantekt er styrkleiki endurvarps frá fiski háður nákvæmri víxlverkun hljóðbylggnanna við hina ýmsu líkamshluta hans. Aðalatriðin eru:

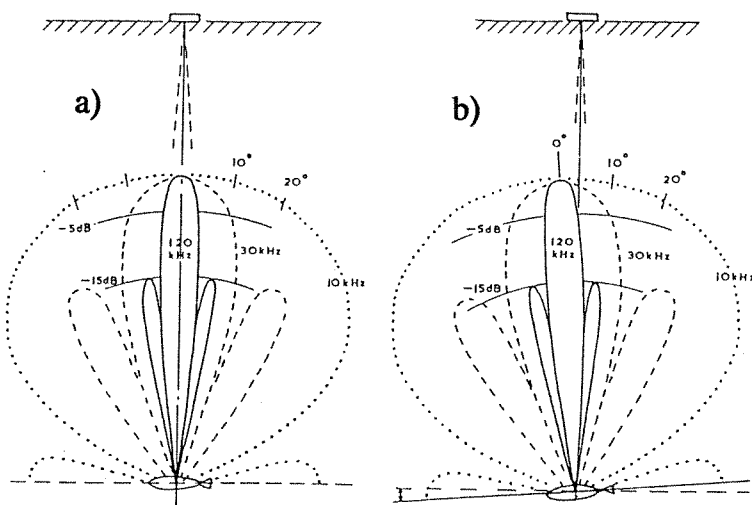
- 1) stærð, lögun og lega sundmagans,
- 2) stærð, lögun og lega búksins,
- 3) hljóðviðnám hina ýmsu lífæra
- og 4) bylgjulengd hljóðsins.

Víxlverkun hljóðbylggnanna við bók fisksins veldur því að hann endurkastar hljóðinu á stefnuvirkan hátt. Hér gilda í raun sömu lögmál og rætt var um í sambandi við stefnuvirkni hljóðgjafa. Það má því búast við því að ef fylgst er með endurvarpi af stökum fiski, sé það meðal annars mjög háð legu hans í hljóðgeislanum og sundhreyfingum. Stúlfærð mynd af stefnuvirkni í hljóðendurvarpi fisks er sýnd á mynd 17, fyrir þrjár mismunandi tíðnir. Því styttri sem bylgjulengdin er, því mjórri eru geislarnir.

Dæmi um þennan breytileika eins og hann mældist á smáporski inni á Berufirði er sýnt á mynd 18. Á mynd 19 er sýnd dreifing mikils fjölda TS-gilda af síld, og er um 30 dB munur er á hæsta og lægsta endurvarpi. Til þessara athugana var notaður svo kallaður "split-beam" mælir, sem fyrir utan styrkleika endurvarpsins gefur einnig upplýsingar um staðsetningu staks fisks í geislanum. Stefnuvirkni botnstykkisins er

þekkt, og því hægt að leiðrétta endurvarpið þannig að það sé óháð því hvort það er af fiski nær eða fjær hljóðásnum. Í stofnstærðarmati með bergmálsaðferðinni skiptir sem betur fer sá breytileiki endurvarpsgilda sem búast má við í mælingum á stökum fiski ekki máli, heldur meðalgildi þeirra.

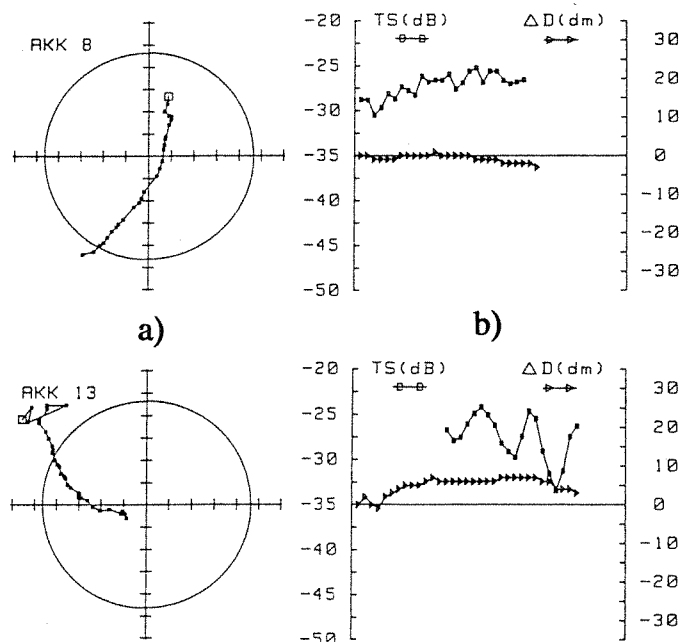
Einfalt fræðilegt líkan bendir til þess að endurvarpið sé í réttu hlutfalli við lárétt snið þeirra líffæra sem mest endurkasta hljóðinu, sem aftur eru nálægt því að vera í réttu hlutfalli við lengd þeirra í öðru veldi. Þetta þýðir með öðrum orðum að búast má við að endurvarpsstuðull fiska aukist í hlutfalli við lengd þeirra í öðru veldi. Þetta hefur að miklu leyti verið staðfest með rannsóknum víða um heim, þótt einhver frávik sé um að ræða.



Mynd 17. Stílfærðar myndir af stefnuvirku endurvarpi fiska á 10, 30 og 120 kílóriðum.

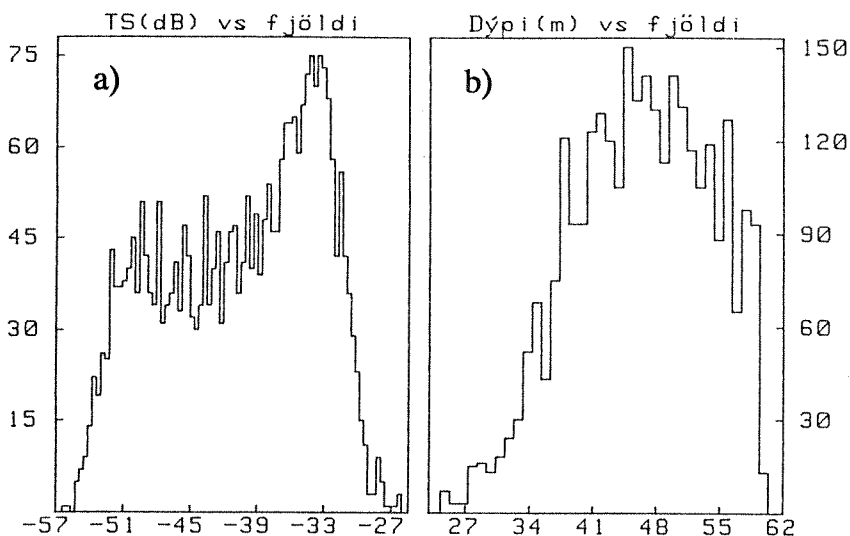
a) Mesta endurvarp í stefnu botnstykkisins. Yfirleitt er þetta ekki tilfellið sé verið að mæla fisk í sjónum.  
b) Halli um aðeins fáeinir gráður hefur áhrif á það endurvarp sem botnstykkinu berst. Sérstaklega er þetta áberandi á 120 kílóriðum.

Eftir því sem fiskurinn er stærri miðað við bylgjulengd, því mjórri eru geislarnir í stefnuvirknimynd hans.



Mynd 18. Mæling á endurvarpi staks fiska með "split-beam" mæli.

a) Ferill fisksins í hljóðgeislanum. Hringurinn svarar til u.þ.b. 6 gráða, en mæling staðsetningar utan hans telst ekki nægilega nákvæm.  
b) Tilsvarandi endurvarp í desibelum og breyting í dýpi í desimetrum.



Mynd 19. a) Dreifing TS-gilda eins og hún mældist af gisnum stórsíldar-  
löðningum inni á Seyðisfirði. Um 30 dB (1:1000) munur er á hæsta og  
lægsta endurvarpi.  
b) Dýpsdreifing síldarinnar.

## 6.2 Mælingaaðferðir

Ymsar aðferðir hafa verið notaðar til þess að ákvarða endurvarpsstuðla fiska. Fyrstu tilraunir voru gerðar á dauðum eða rotuðum fiski, sem haldið var með grönnum vírum í miðju hljóðgeislans. Þessar rannsóknir sýndu svo ekki var um villst að endurvarpsstuðull er sterklega háður legu fisksins.

Tilraunir með lifandi fiska eru þó líklegri til að gefa niðurstöður sem brúklegar eru til sjós. Algeng aðferð hefur verið að setja þekktan fjölda fiska í netbúr og mæla síðan heildarendurvarpið. Athuganir af þessu tagi hafa gefið margar vísbendingar um hvað ræður endurvarpi fiska og hvernig það breytist með líffræðilegum þáttum og ytri aðstæðum.

Galli mælinga á fiski í búi eða tank er þó sá að hugsanlega hegðar hann sér öðruvísi en í sínu náttúrulega umhverfi. Æskilegast væri að mæla endurvarpsstuðla jafnhliða því sem bergmálmælingar á stofnstærð eru gerðar. Nokkrar aðferðir hafa verið þróaðar sem gera þetta kleyft, þar á meðal áður nefnd "split-beam" tækni. Það er þó tvennt sem takmarkar beitingu þessara aðferða. Í fyrsta lagi er einungis hægt að nota þær ef fiskurinn er það dreifður að hægt sé að aðgreina endurvarp stakra fiska. Sé um torfufisk að ræða verður oft að sæta lagi að gera mælingarnar á einstaklingum sem halda sig í jaðri torfunnar. Ekki er víst að þeir fiskar séu réttur mælikvarði á þá sem halda sig innan torfunnar. Þeir gætu til dæmis verið smærri eða stærri en fjöldinn. Eins er ekki gefið að almennt sé halli fisks innan torfu sé sá sami og utan hennar. Í öðru lagi verður að ná góðum sýnum af þeim fiskum sem mældir voru til þess að ákveða tegund og lengdardreifingu. Oftast er flotvarpa notuð í þeim tilgangi, en ekki er hægt að vera þess fullviss að það sem í hana veiðist gefi rétta mynd af

lengdardreifingunni, þar sem vissar stærðir fiska geta veiðst betur en aðrar. Að öllu jöfnu má þó búast við því að mælingar á fiskum í sínu náttúrulega umhverfi gefi áreiðanlegustu endurvarpsstuðla til þess að nota við stofnstærðarmælingar.

Rétt er að nefna eina aðferð sem hugsanlegt er að nota til þess að meta endurvarpsstuðla á torfufiski, en það er bergmálsmæling smárra torfa samhliða veiðum. Árin 1982 og 1983 tókst mönnum í Noregi og Svíþjóð að bergmálsmæla tvær síldartorfur, sem síðan voru veiddar að meira eða minna leyti af nótabát í einu kasti. Þar sem bergmálsstækin voru kvörðuð og hægt var að áætla fjölda sílda í aflanum, fékkst mat á endurvarpsstuðli síldar í þessum torfum. Óvissupáttur mælinga af þessu tagi liggur aðallega í því að erfitt getur verið að meta hvað stór hluti torfunnar sleppur undan nótinni.

Stöðugar rannsóknir á endurvarpsstuðlum fiska hafa verið gerðar í áratugi, víða um heim. Tækjakostur til gagnasöfnunar verður sífellt betri, en ákveðnar tölur fyrir endurvarpsstuðla hinna ýmsu fisktegunda láta á sér standa, vegna þess hvað margra þátta taka þarf tillit til. Hin seinni ár hafa einkum verið rannsökuð áhrif flóttaviðbragða vegna hávaða og vinnuljósa frá skipi og breytingar á lögum og rúmmáli sundmagans vegna umhverfisþrýstings, fituinnihalds og hrognafyllingar.

### 6.3 Tölugildi endurvarpsstuðla

Þau gildi sem algengast er að nota í stofnstærðarmælingum með bergmálsaðferðinni byggjast flestar á mælingum á stökum fiskum í náttúrulegu umhverfi. Langflestar mælingar hafa verið gerðar á síld og þorski, og hafa Norðmenn að öðrum ólöstuðum verið fremstir á því sviði. Algengast er að gefa upp endurvarpsstuðla í desibelum (TS) fyrir hverja fisktegund sem fall af lengd þeirra í sentimetrum (L).

Alþjóða hafrannsóknaráðið hefur mælt með jöfnum sem byggðar eru á gögnum víðs vegar að, með þeim fyrirvara að hegðun og ástand fiskanna eftir svæðum og árstíma geti valdið nokkrum frávikum:

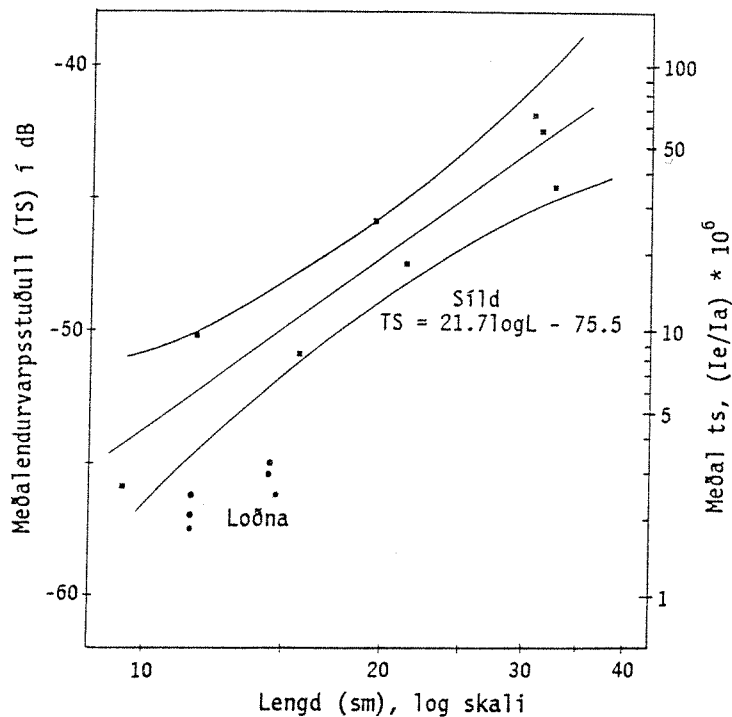
$$\begin{array}{ll} \text{TS} = 20\log L - 71.9 \text{ dB} & \text{fyrir síld} \\ \text{og} \quad \text{TS} = 20\log L - 67.4 & \text{fyrir þorsk.} \end{array}$$

Þessar jöfnur benda til þess að endurvarp frá þorski sé að minnsta kosti tvisvar sinnum meira en frá síld af sömu lengd.

Þeir endurvarpsstuðlar sem notaðir eru við bergmálsmælingar hér við land eru:

$$\begin{array}{ll} \text{TS} = 21.7\log L - 75.5 \text{ dB} & \text{fyrir síld} \\ \text{og} \quad \text{TS} = 19.1\log L - 74.5 & \text{fyrir loðnu.} \end{array}$$

Síldarjafnan byggist á mælingum sem gerðar voru hér við land í byrjun níunda áratugarins. Stuðst hefur verið við norskar TS-mælingar frá upphafi bergmálsmælinga á loðnu. Á mynd 20 eru niðurstöður nokkurra mælinga á endurvarpsstuðlum síldar og loðnu fyrir mismunandi lengdarflokka.



Mynd 20. Nokkrar TS-mælingar á síld og loðnu hér við land, fyrir breytilega lengdarflokka. Lóðréttur vinstri ás er kvarður í desibelum en hægri ásinn í tilsvarendi línulegum gildum sem gefa hlutfall endurvarpaðs og áfallandi hljóðstyrks í milljónustu hlutum. Línuleg bestun og 95% öryggismörk hennar eru gefin fyrir endurvarpsstuðla síldar. Samkvæmt þessum mælingum er ts síldar í réttu hlutfall við lengd hennar í veldinu 2.17.

Samkvæmt jöfnunum hér að ofan eru endurvarpsstuðlar 30 og 15 sentimetra síldar og 15 sm loðnu sem hér segir:

30 sm	síld:	TS = -43.4 dB	og	ts = 45.2/1000000
15	síld:	-50.0 dB		10.0/1000000
15	loðna:	-52.0 dB		6.3/1000000

Þetta eru afar lágar tölur og sú staðreynd að með góðum dýptarmælum er mögulegt að sjá stakan fisk á talsverðu dýpi ber vitni um hversu næmir þeir eru.

#### 6.4 Endurvarp frá torfufiski

Við bergmálmælingar á fiskum er yfirleitt gert ráð fyrir því að heildarendurvarpsstyrkur frá torfum sé jafn summu endurvarpa frá hverjum stökum fiski. Þetta má einnig orða svo að línulegt samband sé milli bergmálgilda og fjölda fiska, ef fiskarnir hafa svipaða endurvarpseiginleika. Fræðilega er þetta rétt, svo framarlega sem endurvarp stakra fiska verði ekki fyrir áhrifum nærliggjandi fiska.

Jafnvel þótt breyting á hegðun eða legu torfufiska í sjónum geti átt sér stað er þéttleiki þeirra eykst, og um leið haft áhrif á endurvarpsstuðlana, þá er svo kölluð skygging (shadowing effect) helst talin valda ólínulegum áhrifum.

Skygging er það nefnt þegar fiskar ofarlega í torfu deyfa hljóðið þannig að þeir sem neðar eru gefa minna endurvarp. Nokkrar tilraunir hafa verið gerðar m.a. í Noregi, til þess að sannreyna þetta. Framkvæmdin hefur verið þannig að endurvarp frá mismörgum fiskum í stórum netbúrum hefur verið mælt. Bergmálsmælar með tíðnir frá 38 til 120 kHz voru notaðir, og mismunandi sendistyrkur reyndur. Fjöldi fiska í búrunum var allt frá fáeinum fiskum og upp í 57 á rúmmetra fyrir síld og ufsa og yfir 2000 á rúmmetra fyrir brisling. Ekki varð vart við frávik frá línulegu sambandi milli bergmálgilda og fjölda fiska fyrr en fjöldinn var kominn yfir 1900 á rúmmetra. Þessi þéttleiki er margfalt meiri en sést hefur í náttúrunni. En þar sem skygging er frekar háð þéttleika á flatareiningu, þá er hættu á að hún hafi áhrif ef torfurnar eru bæði þéttar og þykkar. Undir stórum torfum má stundum sjá að botnendurvarpið virðist veikara en utan þeirra. Má gera því skóna að þetta séu áhrif skyggingar. Ennþá er lítið um nothæfar mælingar á skyggingaráhrifum, en búast má við að rannsóknir á þeim eigi eftir að aukast næstu árin.

Annað fyrirbæri sem getur valdið ólínulegum frávikum er margfalt endurvarp. Hugsanlegt er að í mjög þéttum torfum endurkastist hljóðbylgurnar af einum fiski á annan og svo koll af kalli. Hluti endurvarpsins berst því seinna en ella, þannig að lóðningin virðist ná dýpra. Þetta má þekkja á því að það er eins og gisin hali hangi niður úr torfunni. Samkvæmt fræðilegum útreikningum ættu áhrif vegna margfalds endurvarps að geta vegið nokkuð upp á móti skyggingu.

## 7. ÁREIÐANLEIKI BERGMÁLSMÆLINGA

Það má ljóst vera að það er margt sem ekki má fara úrskaiðis svo að hægt sé að nota bergmálgildi til þess að meta raunverulegan fjölda eða lífpunga fiska á því svæði sem mælt er. Nokkur veigamestu atriðin varðandi áreiðanleika bergmálsmælinga eru:

- 1) nákvæmni og stöðugleiki mælitækja
- 2) kvörðun mælitækja
- 3) dreifingarmynstur fisksins og hegðun
- 4) endurvarpsstuðlar
- 5) sýnataka
- og 6) ytri aðstæður.

### 7.1 Nákvæmni mælitækja og kvörðun

Þróun í kvörðunum bergmálsmæla hefur fleygt fram síðasta áratug. Sérstaklega hefur notkun málmkúlna með vel þekkta endurvarpseiginleika, svo og nákvæmari þekking á stefnuvirkni botnstykkja stuðlað að þessum framförum. Einnig eru mælarnir orðnir mun stöðugri og nákvæmari og hefur þetta tvennt mjög aukið áreiðanleika bergmálsmælinga. Reyndar má fullyrða að í dag sé kvörðunin það nákvæm og stöðugleiki tækjanna það mikill að skekkjur vegna þessa séu hverfandi miðað við aðra óvissuþætti.

## 7.2 Hegðun fiska

Hegðun fisks hefur að sjálfsögðu veruleg áhrif á bergmálsmælingar. Sem dæmi má nefna lárétt og lóðrétt dreifingarmynstur þeirra, göngur fiska, breytileika í endurvarpi o.s.frv. Hvernig til tekst með sýnatöku er oft einnig háð duttlungum fisksins.

Í kaflanum um bergmálsaðferðina var minnst á hvernig dreifingarmynstur fisksins hefur áhrif á öryggismörk mælingarinnar, á þann veg að sé fiskurinn nokkuð jafndreifður og lítil sveifla í bergmálgildum má búast við nákvæmara mati heldur en ef fiskurinn heldur sig í fáum og þéttum torfum á stóru svæði.

Göngur fiska geta einnig haft áhrif. Þær takmarka þann tíma sem hægt er að leyfa sér að nota til mælingarinnar þar sem útbreiðslusvæðið breytist stöðugt.

Hegðun fisksins og líkamlegt ástand hefur afgerandi áhrif á endurvarp hans eins og gerð var grein fyrir í umræðunni um endurvarpsstuðla fiska. Það er því ekki einhlítt að yfirfæra mælingar á endurvarpsstuðlum sem gerðar hafa verið við tiltekin skilyrði, á þau sem ríkja í bergmálsmælingunni.

## 7.3 Sýnataka

Þau veiðarfæri sem notuð eru til þess að ná togsýnum í bergmálsmælingum eru yfirleitt flotvörpur. Þessi veiðarfæri, eins og önnur, eru þannig að veiðihæfni þeirra er misjöfn bæði á tegundir og stærð fiska, og oftast þannig að smærri fiskurinn kemur ekki eins vel fram. Þannig geta upplýsingar sem fást úr togsýnum gefið ranga mynd af raunverulegri samsetningu. Það er því mjög til hagræðis við bergmálsmælingar að blöndun milli tegunda sé lítil og að stærð fiskanna spanni ekki mikið svið.

## 7.4 Ytri aðstæður

Ytri aðstæður setja oft strik í reikninginn. Illviðri geta stöðvað mælingu um lengri eða skemmri tíma, ísrek kemur í veg fyrir að hægt sé að kanna viss svæði og svo framvegis. Sérstaklega ef um mælingar á göngufiski eins og loðnu er að ræða hefur veðurfar þau áhrif að oft getur þurft að hefja mælingu frá byrjun ef of langar tafir hafa orðið vegna þess.

Áhrif veðurs á bergmálsmælingar eru ekki eingöngu þau að tefja eða stöðva siglingu skipsins í illviðrum. Öldusláttur og vindur orsaka einnig truflanir sem eru annars eðlis. Aukin vindhraði og ölduhæð auka myndun smárra loftbóla í efstu sjávarlögum, sem aftur auka tap og endurkast hljóðs við yfirborð, þannig að hljóðstyrkur endurvarps frá fiski eða botni verður daufari en ella. Þetta er meira áberandi á háum tíðnum en lágum.

Velta skipsins eykur einnig myndun loftbóla við botnstykkisflötinn, og séu skilyrði óhagstæð getur loftbóluteppið stöðvað nær alveg sendingu og móttöku dýptarmælisins. Önnur áhrif af veltu skipsins eru þau að stefna botnstykkisins er sitt hvor í sendingu og móttöku. Þetta veldur lítils háttar lækkun bergmálgilda, og því meiri sem geislabreidd er minni og endurvarpið frá meira dýpi. Heildaráhrif þessara



þátta á bergmálgildin er nokkuð erfitt að meta þar sem þau eru ekki eingöngu háð veður- og ölduhæð, heldur einnig stöðugleika skipsins, stefnu þess miðað við vindátt og ferð.

Með athugun lóðninga má yfirleitt gera sér grein fyrir því hvort um veruleg veðuráhrif á bergmálgildin sé að ræða, og er reynt að leiðrétta þau í samræmi við það.

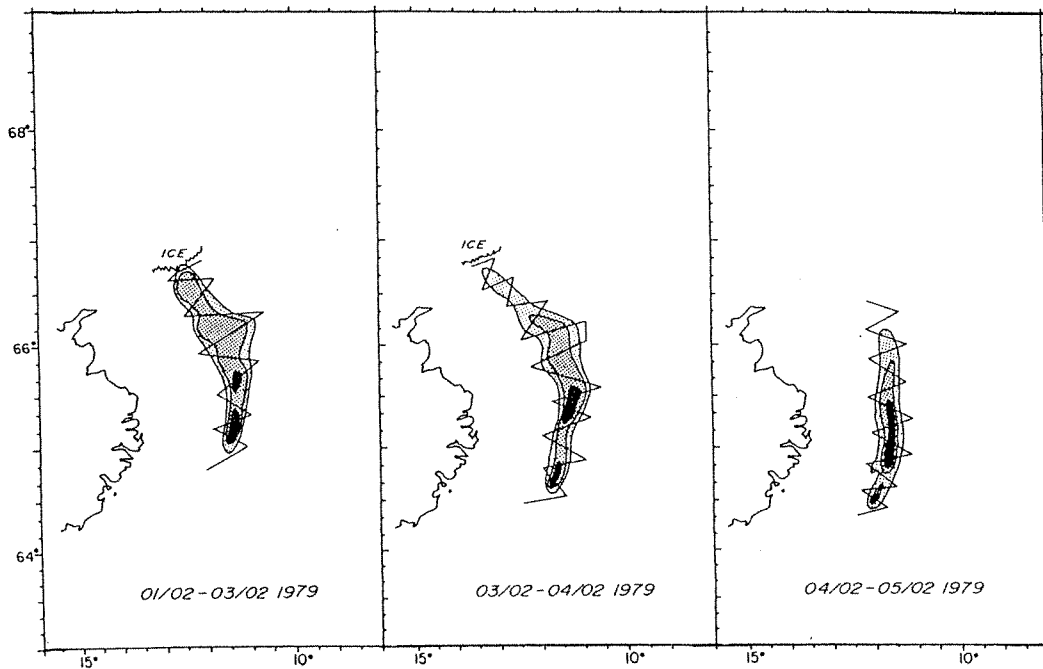
Komast má fyrir áhrif veðurs og skipsveltu að miklu leyti með notkun svo kallaðs eftirbáts. Eftirbátur er straumlínulaga hylki sem dregið er á eftir skipinu. Í þessu hylki er komið fyrir botnstykki sem tengt er bergmálmælum skipsins. Kosturinn við að nota eftirbát er sá að honum má slaka niður á heppilegt dýpi, þannig að ekki verði vart truflana vegna loftbólumyndunar og öldusláttar. Vissir ókostir fylgja notkun eftirbáts. Óhægra er um vik að snúa skipinu og meiri aðgæslu þarf við skipsstjórn, þar sem fljóttandi aðskotahlutir geta lent á tengikaplinum og slitið eftirbátinn frá. Lengri frátafir verða vegna sýnatöku, þar sem hífa þarf efirbátinn inn meðan á togi stendur. Eftirbátsbotnstykki er einnig erfiðara í kvörðun og sá búnaður sem þörf er við eftirbát krefst töliverðs viðhalds.

Gerðar hafa verið mælingar á norsku hafrannsóknaskipi, þar sem áhrif veðurhæðar og sjógangs á bergmálgildi voru athuguð. Gerður var samanburður við misjafnar aðstæður á lóðningum er fengust á dýptarmæla tengdum við botnstykki í eftirbát annars vegar og við botnstykki á skipinu hins vegar. Kom meðal annars í ljós að eftir langvarandi 25 hnúta vind (u.p.b. 6 vindstig) mátti búast við allt að 60 % lægri bergmálgildum. Svipaðar athuganir á Bjarna Sæmundssyni hafa sýnt að litla sem enga deyfingu er um að ræða í 5 til 6 vindstigum ef ölduhæð er lítil.

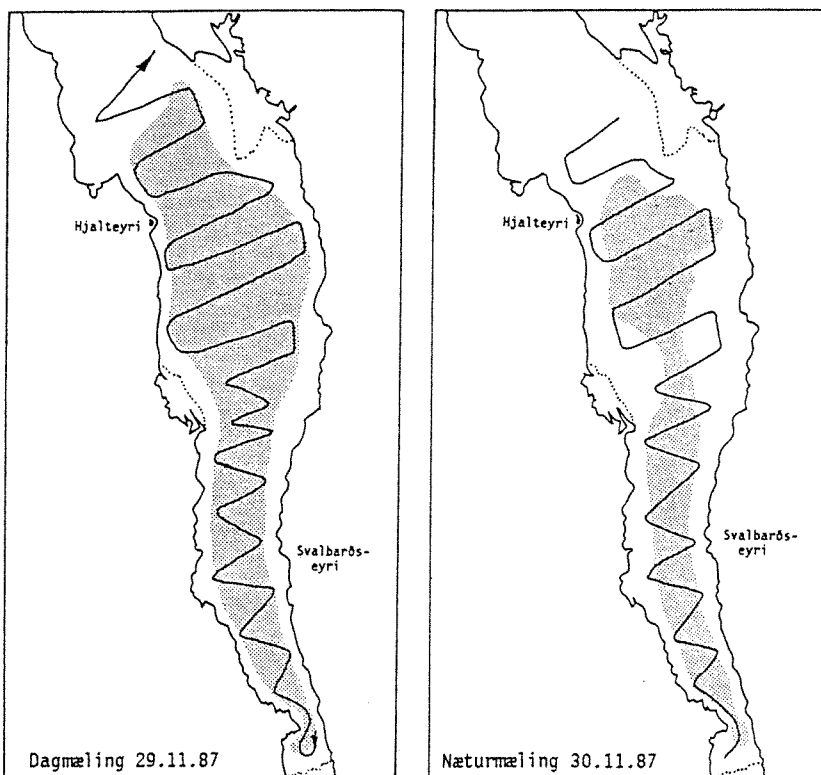
## 7.5 Samanburður mælinga

Í ljósi þeirra óvissuþátta og annmarka sem eru á bergmálsaðferðinni má spyrja hvornig hægt sé að sannreyna notagildi hennar til þess að meta fiskmergð í sjónum. Það er ekki nóg að tilraunir með fiska í búi sýni fram á gott samræmi milli endurvarps og fjölda. Hvernig er útkoman þegar reynt er að meta stærð fiskistofna úti í náttúrunni við misjafnar aðstæður? Öryggismörk stakrar mælingar af þessu tagi er erfitt að meta og hafa tölfróðir menn lengi velt vöngum yfir því vandamáli. Enn hafa þó ekki komið fram aðferðir sem þykja nægilega góðar hvað þetta varðar. Hugmynd um áreiðanleika bergmálsaðferðarinnar má þó fá með öðrum hætti.

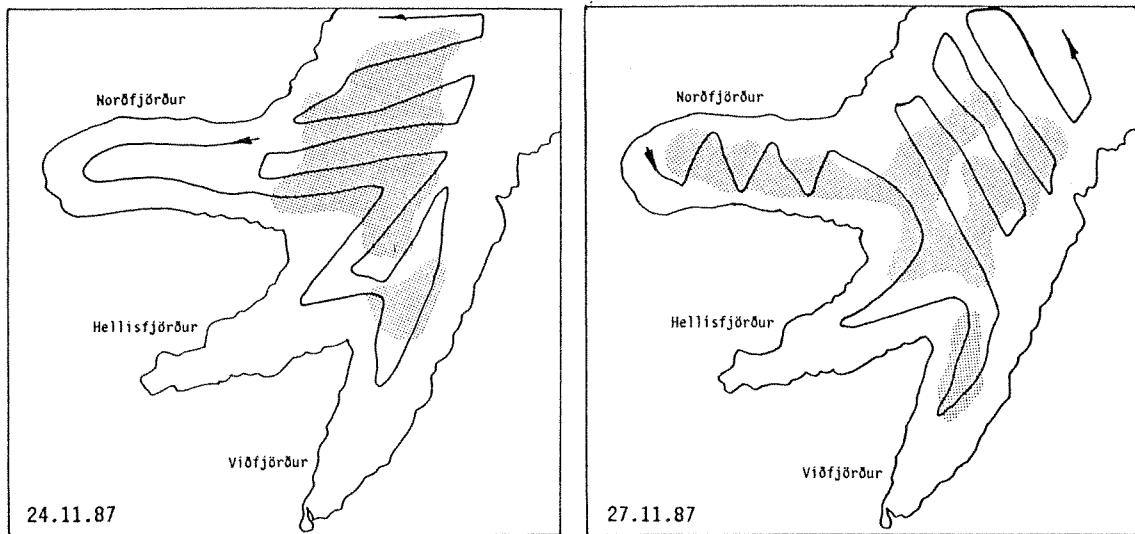
Í fyrsta lagi er um að ræða endurteknar mælingar á sama fiskistofni. Við rannsóknir á loðnu og síld hér við land hefur þetta margoft verið reynt. Þegar best lætur er frávik milli mælinga innan við 10 %. Gott dæmi um þetta eru mælingar á um 600 þúsund tonna loðnugöngu út af Austfjörðum í febrúar 1979, þar sem gerðar voru þrjár mælingar á sex dögum. Leiðarlínur og útbreiðslusvæði er sýnt á mynd 21. Að sjálfsögðu eru tilfelli þar sem samræmi hefur ekki verið svona gott. Tökum tvö dæmi af síld. Í nóvember 1987 mældust um 50 þúsund tonn af smásíld í Eyjafirði. Á einum og hálfum sólarhring voru gerðar þrjár mælingar, og var munur á þeirri hæstu og lægstu um 20 %. Um svipað leyti fundust um 90 þúsund tonn af stórsíld í Norðfjarðarfloa. Gerðar voru tvær mælingar með þriggja daga millibili. Aðeins 7 % munur var á mælingunum. Leiðarlínur og útbreiðslusvæði má sjá á mynd 22 og 23.



Mynd 21. Leiðarlínur og útbreiðslusvæði loðnu eins og það mældist út af Austfjörðum í febrúar 1979.

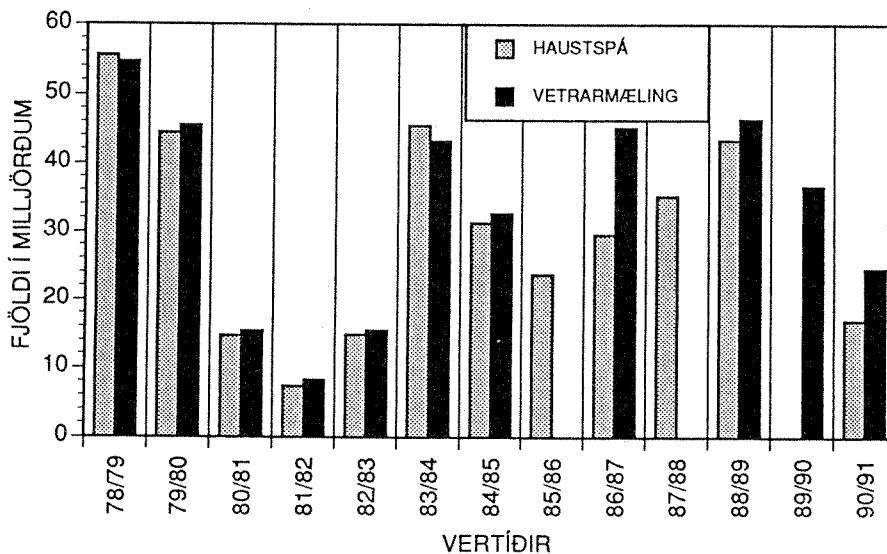


Mynd 22. Tvö dæmi um leiðarlínur og útbreiðslusvæði síldar eins og það mældist í Eyjafirðinum í nóvember 1987.



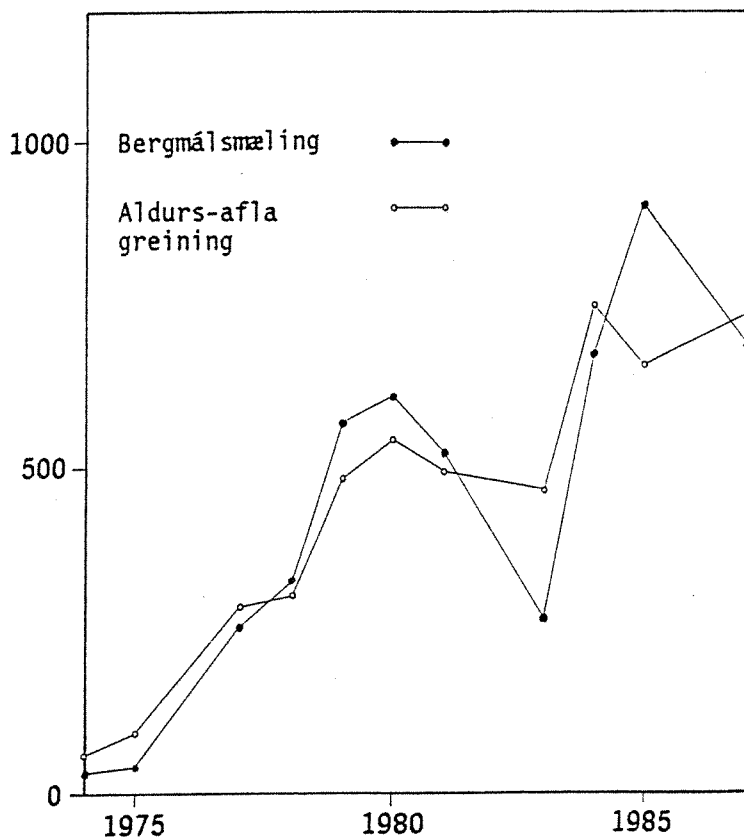
Mynd 23. Leiðarlínur og útbreiðslusvæði síldar eins og það mældist í Norðfjarðarflóanum 24. og 27. nóvember 1987.

Eðlilegast er að nota meðaltal mælinganna, teljist ein ekki annarri betri eins og í þessum tilfellum. Sé munurinn enn meiri er yfirleitt hægt að rekja hann til breyttra aðstæðna. Er það þá rannsóknamanna að meta hvort einhver mælinganna sé nothæf eða hvort byrja þurfi á nýjan leik. Einnig eru til endurteknar mælingar á íslenska loðnustofninum yfir lengra tímabil, það er haust- og vetrarmælingar. Samanburður í því tilfalli er að því leyti óöruggari, að taka þarf tillit til náttúrulegs dauða og veiða sem eiga sér stað í millitíðinni. Þó er í flestum tilfellum furðu gott samræmi í þeim eins og sést af mynd 24.



Mynd 24. Samanburður á mældri stærð veiðistofns loðnu í fjölda fiska þegar tekið hefur verið tillit til afla og náttúrulegra affalla.

Í öðru lagi er samanburður við stofnstærðarmat með öðrum aðferðum. Mjög gott dæmi um það eru mælingar á íslensku sumargotssíldinni. Stofnstærð hennar er einnig metin með svo kallaðri aldurs-afla greiningu, en hún byggist á því að fylgst er með árgangsamsetningu í síldarafla frá ári til árs. Niðurstaða þessa samanburðar er sýnd á mynd 25.



Mynd 25. Samanburður á 11 bergmálsmælingum og aldurs-afla greiningu á fjölda íslenskrar sumargotssíldar, árin 1974-1987. Samanburðurinn nær einungis til síldar fjögurra ára og eldri. Fjöldi er gefinn upp í milljónum fiska.

## 7.6 Lokaorð

Tækninni við söfnun og úrvinnslu bergmálgagna fleygir fram, bergmálsmælar verða sífellt betri og nákvæmari og möguleikar til ýmissa athugana á endurvarpi fiska úti í náttúrunni aukast. En þau lögmál sem gilda um hljóðbylgjur og útbreiðslu þeirra, áhrif umhverfis, hegðun fisksins og síðast en ekki síst þekking og reynsla manna eru þó þeir þættir sem mestu máli skipta varðandi áreiðanleika stofnstærðarmælinga með bergmálsaðferðinni.

# MÆLINGAR Á STÆRÐ LOÐNUSTOFNSINS 1978-1991

eftir

Hjálmar Vilhjálmsson

## 1. INNGANGUR

Eins og útlitið ber með sér er loðnan náskyld laxfiskum. En skyldleikinn kemur einnig fram í því að hún verður ekki nema 3 eða 4 ára, hrygnir þá og drepst og talið er að sáralítill hluti lifi hrygninguna og hrygni tvisvar.

Það er alkunna að íslenski loðnustofninn hrygnir aðallega hér við Suður- og Vesturland í mars en elst upp norðanlands og í hafinu milli Íslands, Grænlands og Jan Mayen. Mestur er vaxtarhraðinn á 3. ári, en þá fimmfaldast þyngdin. Fullvaxin loðna er hér tíðast 15-20 cm á lengd og 15-30 g þung. Loðnuveiðarnar beinast eingöngu að fiski á 3. og 4. ári og fyrst og fremst að þeim hluta þessara aldurshópa sem er að verða kynþroska.

Enda þótt loðnan hafi frá ómunatíð verið ein algengasta fisktegund við Íslandsstrendur, og stundum mátt jafnvel ganga að henni á þurru um hrygningartímamann, var hennar lengi vel að nær engu getið. Af ummælum Jóns Ólafssonar frá Grunnavík um miðja 18. öld mætti raunar ætla að loðna hafi verið talin með öllu óæt ef ekki lífshættuleg mönnum bæði sem skepnum! En hverjar sem ástæðurnar hafa annars verið er fátt um þessa fisktegund á gömlum bókum og um nytjar hennar, þó í smáum stíl sé, virðist vart að ræða fyrr en á seinustu öld. Um og upp úr aldamótum er svo farið er að veiða dálítið af loðnu til beitu og skepnufóðurs en það er ekki fyrr en með hnignun norsku og íslensku síldarstofnanna um miðjan 7. áratuginn að farið er að veiða loðnu í stærri stíl til mjöl og lýsisframleiðslu hér á landi.

Í fyrstu voru íslenskar bræðsluveiðar á loðnu eingöngu stundaðar við suður- og vesturströndina seinustu vikurnar fyrir hrygningu. Með lengingu veiðitímans jukust þessar veiðar smám saman og fljótlega upp úr 1970 var farið að veiða loðnu á Austfjarða- og Norðurmiðum strax upp úr áramótum. Sumarið 1976 byrjuðu Íslendingar að veiða loðnu úti af Norðurlandi og í Grænlandssundi og sumarið 1978 hófu Norðmenn og Færeyingar veiðar úr íslenska loðnustofninum á svæðinu milli Grænlands og Jan Mayen.

Loðnuaflinn á vertíðunum 1964/65-1990/91 er sýndur í töflu 1. Eins og þar kemur fram var aflinn tiltölulega lítill fyrstu árin og jókst ekki að ráði fyrr en farið var að veiða á djúpmiðum austan- og norðanlands strax upp úr áramótum. Það var þó ekki fyrr en með tilkomu sumar- og haustveiðanna að aflinn úr íslenska loðnustofninum fór yfir 500 þús. tonna markið. En þá varð það líka svo um munaði og fengust nærri 1,2 milljónir tonna á vertíðinni 1978/79 samtals.

Þegar í ljós kom hvað sumar- og haustveiðarnar gengu vel varð ljóst að ógerlegt myndi til frambúðar að stunda óheftar loðnuveiðar. Vegna þeirrar tilhneigingar loðnunnar að mynda auðveiddar torfur getur, stór og tæknivæddur, að ekki sé talað um fjölþjóðlegur, veiðifloti tekið mjög mikinn afla á skömmum tíma og undir vissum kringumstæðum nánast veitt stofninn upp. Eru um slíkt mörg dæmi, bæði af loðnu og öðrum tegundum sem hegða sér á sviðaðan hátt. Loðnuárgangar eru ákaflega misstórir en skammlífið og hrygningardauðinn veldur svo aftur því að ekki eru nema tveir í veiðinni hverju sinni og ekkert af veiðistofninum geymist til næsta árs. Stærð stofnsins er af þessum sökum

ákaflega breytileg og því verður að hafa stjórn á veiðunum. En til þess þarf vitanlega að finna stærð veiðistofnsins og auk þess að þekkja líffræði loðnunnar og stöðu hennar í lífríkinu.

Það gefur auga leið að vegna þess eiginleika loðnunnar að fara um í torfum, sem oft er auðvelt að finna og veiða, eru aflabrögð afar lélegur mælikvarði á stofnstærð. Enda hefur það sýnt sig við veiðar á slíkum tegundum (loðnu, síld, ansjósu o.fl.) að mjög vel getur aflast þótt lítið sé orðið eftir af fiski. Ennfremur veldur skammlífi tegundarinnar því að ekki er unnt að fylgja árgöngum í gegnum veiðina á sama hátt og gert er við langlífari tegundir og finna þannig stærð þeirra. Af sömu ástæðu koma merkingar að litlu haldi þar sem vart er mögulegt að koma þeim við fyrr en seinasta æviárið vegna smæðar loðnunnar og niðurstöður fást því tæpast fyrr en eftir að veiði og hrygningu er lokið. Í dag er eina þekkta leiðin til að mæla stærð skammlífra fiskstofna eins og loðnunnar að beita akústík eða bergmálsaðferð. Þessi aðferð hefur verið allengi notuð til að mæla stærð fiskstofna víða um heim, t.d. loðnu í Barentshafi og við Nýfundnaland og Labrador, síld við Ísland, Noreg, Kanada og Bandaríkin, ansjósu við Perú, kolmunna í Noregshafi og vatnafisk víða um lönd svo eitthvað sé nefnt. Frá 1978 hefur bergmálsaðferðinni verið beitt til að finna stærð íslenska loðnustofnsins.

## 2. MÆLINGAR Á VEIÐI- OG HRYGNINGARSTOFNI

### 2.1 Tímasetning

Langbest er að mæla stofnstærð með bergmálsaðferðinni þegar fiskurinn er jafndreifður og lítið um mjög þéttar en tiltölulega smáar torfur. Þetta stafar af því að í flestum tilvikum er nánast útilokað að mæla hverja torfu og verður því að notast við meðaltalsreikninga. Vegna þess að dreifing loðnunnar er sjaldnast nákvæmlega með þeim hætti sem best hentar verður að velja þá tíma ársins sem næst komast þessu dreifingarmunstri og hafa jafnframt í huga að útbreiðslusvæðið sé það takmarkað að komast megi yfir það með viðunandi hætti með þeim skipakosti og á þeim tíma sem hægt er og sanngjarnt að ætla til verksins.

Þegar ráðist var í að mæla stærð íslenska loðnustofnsins með bergmálsaðferðinni haustið 1978 voru þegar fyrir hendi mikilvægar upplýsingar um göngur og hegðun hennar svo og staðhætti á hugsanlegum mælingasvæðum og árstímum. Þessara upplýsinga hafði verið aflað í fjölmörgum hafrannsókn- og leitarleiðöngrum auk þess sem stuðst var við vitneskju skipstjórnarmanna sem fengist hafði við loðnuveiðar seinasta áratuginn eða svo. Á grundvelli þessa var ályktað að til lítills myndi að reyna mælingar á hinum veiðanlega hluta stofnsins að sumri til. Þá er fullorðna loðnan oft dreifð um mjög stór svæði norður í hafi við ætisleit og hluti hennar oft það nærri yfirborði sjávar að torfur sjást ekki að fullu á dýptarmæla sem senda frá botni skips. Betri árangur myndi hins vegar nást í október/nóvember, þegar veiðistofninn hefði safnast saman um og utan við landgrunnsbrúnina úti af Vestfjörðum og Norðurlandi. Sennilega væri þó langbest að mæla í janúar/febrúar eftir að hrygningargöngurnar hefðu tekið á sig mynd og útbreiðslusvæðið við landgrunnsbrúnina orðið enn takmarkaðra en að haustinu. Ennfremur væri möguleiki að mæla á hrygningarstöðvunum við suðurströndina og þá helst austan til fyrst eftir að loðnan gengi á grunnmið.

Það kom fljótlega á daginn að ofangreindar ályktanir voru nærri lagi. Tilraun til þess að mæla stærð veiðistofnsins, sem gerð var í júlí 1979, fór algerlega út um þúfur, að því er virtist mest vegna þess að mikið af smátorfum hét sig nær alveg uppi við yfirborð og sáust helst ekki á dýptarmæla þótt þeirra yrði vart á asdik. Með einni undantekningu (1988) hefur sama verið uppi á teningnum í leiðöngrum sem Norðmenn hafa farið nær árlega á svæðið milli Grænlands og Jan Mayen á tímabilinu júlí/ágúst síðan þá. Tilraunir

til þess að mæla stærð loðnustofnsins í september og um mánaðamótin september/október hafa einnig mistekist (t.d. september 1978, september/október 1979).

Hins vegar hafa mælingar síðar að haustinu oft heppnast vel ef ekki hefur verið byrjað á þeim fyrr en viku af október og með einni undantekningu (1990) tekist vel í nóvember ef hægt hefur verið að athafna sig vegna veðurs og íss. Vetrarmælingar á djúpmiðum austanlands eru þó taldar öruggastar og áreiðanlegastar enda er útbreiðslusvæði hrygningar- og veiðistofnsins þá orðið mjög takmarkað og hægt að kanna loðnumagnið og mæla miklu nánar en að haustinu. Þá er enn fremur öllum vaxtarbreytingum lokið, en þær geta verið umtalsverðar og mismunandi frá haustinu að telja og fram á veturinn. En vegna þess að loðnuvertíð hefst gjarnan strax um sumarið og mjög mikill afli fæst oft á tímabilinu október-janúar er venjulega reynt að mæla á báðum þessum árstímum.

Þá eru ótaldar mælingar í febrúar og mars. Fyrst eftir að hrygningargangan eða göngurnar halda inn í hlýja sjóinn úti af sunnanverðum Austfjörðum er loðnan oft mjög dreifð og erfitt að henda reiður á henni. Þegar á grunnsævið kemur við austanverða suðurströndina myndast hins vegar aftur torfur og dreifarflekkir sem stundum er hægt að mæla með mjög góðum árangri. Sá böggull fylgir þó skammrifi þegar hér er komið sögu að oft gengur loðnan það nærri landi að ekki næst til hennar vegna grynnsla og eins ber oft við að efsti hluti torfanna, stundum mjög þéttur, er svo nærri yfirborði að hann skráist ekki á dýptarmæla og mælist því ekki. Af þessum sökum hafa loðnumælingar við suðurströndina yfirleitt ekki verið á verkáætlun Hafrannsóknastofnunarinnar en verið gerðar þegar þannig hefur til tekist að ekki hefur náðst að mæla stofninn með viðunandi hætti fyrr um veturinn. Dæmi um þetta eru frá í febrúar 1984 og 1991.

## 2.2 Framkvæmd

Enda þótt útbreiðslusvæði loðnunnar að haust- og vetrarlagi sé þekki í aðalatriðum er ekki þar með sagt að hægt sé að ganga að henni vísri og mæla stærð veiðistofnsins eftir algerlega fyrirfram gerðri áætlun ef veður og hafís leyfa. Til þess eru umhverfisáðstæður sjávar of breytilegar og þar með nákvæmlega hvar loðnan heldur sig í hvert skipti. Þannig hefur mestallur veiðistofninn stundum mælst á haustin vestur í Grænlandssundi úti af Vestfjörðum, stundum aðallega úti af Norðurlandi og stöku sinnum úti af Norðausturlandi og Austfjörðum. Á sama hátt fara vetrarmælingarnar oftast fram úti af Austfjörðum, en engu að síður höfum við einnig lent í því að mæla veiðistofninn úti af Norðurlandi á þeim tíma ársins og veturinn 1979 var hann nokurn veginn jafnt skiptur milli Austfjarðasvæðisins og svæðisins norðvestur af Vestfjörðum.

Vegna þessa er unnið eftir eins konar rammaáætlun þar sem gert er ráð fyrir mestu útbreiðslu miðað við árstíma. Leiðarlínur skipanna eru lagðar fyrirfram með ákveðnu millibili en lengd þeirra ræðst síðan af dreifingu loðnunnar í hvert skipti. Fást jafnan síauknar og nákvæmari upplýsingar um útbreiðsluna og dreifingarmunstrið eftir því sem verkinu miðar og er tíminn sem þannig vinnst nýttur til að þetta leiðarlínur á svæðum þar sem mikið er af loðnu og hætta sýnist á að venjuleg yfirferð sé ófullnægjandi. Oftast hafa verið notuð tvö skip við haustmælingarnar oen raunar þrjú um tíma meðan Norðmenn voru enn þátttakendur í þeim. Að vetrarlagi, þegar hugsanlegt útbreiðslusvæði er miklu takmarkaðra en oftast á haustin, er yfirleitt byrjað á því að finna göngurnar og þær síðan mældar þegar veður er hagstætt og ljóst er orðið hvar þær eru og hvernig háttar um dreifingu loðnunnar innan þeirra. Ef sæmilega viðrar er þannig hægt að fara miklu þéttar yfir loðnusvæðið heldur en mögulegt er að gera á haustin enda er það nauðsynlegt þar sem meira er þá af loðnu á flatarmálseiningu og dreifing hennar oft misjafnari.

Í báðum tilfellum er farið yfir loðnusvæðið á reglubundinn hátt, styrkur lóðninga skráður fyrir hverja sendingu dýptarmælis og umreiknaður í meðaltöl á flatarmálseiningu. Með því að taka tillit til eiginleika mælitækjanna, endurvarpsstuðulsins svo og stærðar

loðnunnar, sem fundin er með því að taka sýni úr lóðningum með flotvörpu, er auðvelt að reikna hvað mikið af loðnu hefur verið á leið skipsins. Á þennan hátt fæst eins konar sneiðmynd af loðnumagninu á mjóu belti á siglingarleið skipanna. Meðaltalsgildin sem þannig fást eru síðan látin gilda yfir hálfra vegalengdina að næstu sigldum leiðum hvorum megin. Þá taka hins vegar við þau gildi sem þar hafa skráðst og svo koll af kolli.

Það hefur sýnt sig að við samlagningu gefur þessi aðferð raunsanna mynd af heildarmagninu ef hæfilega langt er á milli leiðarlína miðað við þéttleika loðnunnar og hvernig hún er dreifð. Hitt er deginum ljósara að þessi tvö atriði hafa úrslitapýðingu um það hvað langt má vera milli leiðarlína. Reynslan hefur sýnt að á haustin má reikna með um 15-20 sjómílum nema á stöku stað þar sem mikið er af loðnu og þéttar torfur, en þar þarf að minnka bilið um helming eða jafnvel niður í 5 sjómílur. Á veturna er oftast miðað við 5-10 sjómílur á djúpmiðum, en allt niður í 2 sjómílur á grunnslóðinni við austanverða suðurströndina. Ákvarðanir um minnkaða fjarlægð milli leiðarlína eru teknar á staðnum og er þá stuðst við asdiktækin og við upplýsingar frá veiðiskipum ef þau eru á svæðinu. Auðvitað fæst nákvæmari mynd eftir því sem oftar er farið yfir útbreiðslusvæðið og má því segja að viðmiðunin liggir fyrir þegar reynsla er fengin.

Það hefur hins vegar sýnt sig að aðstæður geta verið mjög breytilegar frá ári til árs. Það eru ýmsir þættir sem takmarka hvað hægt er og raunar vit er í að eyða miklum tíma í hverja mælingu og er hér átt við breytingar sem verða innan útbreiðslusvæðisins vegna gangna loðnunnar og mismunandi hegðunar, kostnað við skipanotkun og mannafla, veðurfar og fleira. En síðast en ekki síst vegna þess að við tilteknar aðstæður vex nákvæmnin ekki í réttu hlutfalli við fjölda athugana nema upp að vissu marki og verður loks ekki bætt að neinu marki nema aðstæður breytist.

### 2.3 Leiðangrar 1978-1991

Þegar litið er til baka yfir hinar fjölmörgu mælingar sem gerðar hafa verið að haust og vetrarlagi á hinum veiðanlega hluta loðnustofnsins kemur í ljós að allverulegar breytingar hafa orðið á skipulagi leiðangranna með tímanum. Þetta er mjög eðlilegt því að árangur starfs af þessu tagi byggist að mjög miklu leyti á þekkingu á líffræði og hegðunarmunstri þeirrar fisktegundar sem mæla á og staðháttum á útbreiðslusvæði loðnunnar á hinum ýmsu árstímum. Enda þótt hegðun og göngur loðnunnar að sumar-, haust- og vetrarlagi væru í stórum dráttum kunnar þegar mælingar á stærð stofnsins hófust hefur sitthvað bæst við síðan. Og enn er ekki fulllært eins og dæmin sanna.

Í upphafi var mikið notað svokallað V eða Z munstur til siglinga við þessar mælingar, einkum að vetrarlagi, sem hefur þann kost að fjótlegt er að kanna svæði og ná mælingu þegar aðstæður leyfa. Það kom hins vegar fljótlega í ljós að þetta munstur hentaði oft á tíðum ekki og eftir 1981 má segja að mælt hafi verið eftir samsíða leiðarlínum þar sem þess var nokkur kostur. Síðan þá hefur jafnan verið leitast við að leggja leiðarlínur sem næst þvert á gönguleið og/eða útbreiðslusvæði loðnunnar. Þetta auðveldar alla úrvinnslu og túlkun mæligagna og gerir mögulegt að skjóta inn aukaleggjum ef þurfa þykir án þess að raska upphaflegri áætlun að öðru leyti. Ef unnið er á þennan hátt er einnig auðveldara að laga mælisvæðið eftir dreifingu loðnunnar hverju sinni. Það er því misstilningur sem stundum er haldið fram, að ævinlega sé unnið eftir fastmótaðri fyrirfram gerðri áætlun. Hið rétta er að upphafsramminn er ósköp svipaður frá ári til árs en er hins vegar lagaður til eftir efnum og ástæðum þegar ljóst þykir orðið hvar loðnan aðallega er og hvernig hún hagar sér hverju sinni.

Árið 1979 gerðust Norðmenn þátttakendur í haustmælingunum og héldu því áfram til 1984 að þeir urðu að hætta vegna annríkis á heimamíðum. Síðan hafa rannsóknir Norðmanna á íslenska loðnustofninum takmarkast við sumartímamann. Þátttaka Norðmanna í haustmælingunum var mikils virði á sínum tíma því bæði höfðu þeir reynslu



af sams konar mælingum í Barentshafi og voru auk þess betur búnir tækjum að ýmsu leyti en við.

Enda þótt reynt sé að velja heppilegan tíma til loðnumælinganna bæði með tilliti til veðurfars, hafíss og dreifingar og hegðunar loðnunnar sjálfrar eru aðstæður sjaldnast fullkomnar. Það kemur því æði oft að einhverju leyti til kasta rannsóknanna að meta áhrif aðstæðna, leiðréttu vegna þeirra ef það er hægt, endurtaka hluta mælingar eða afskrifa heila leiðangra eins og stöku sinnum hefur þurft að gera. Þetta verður að sjálfsögðu að fara fram á staðnum og er jafnan getið í leiðangursskýrslum eins og rakið mun verða. Þetta vinnulag er fullkomlega eðlilegur og sjálfsagður þáttur mælinga á fiskstofni sem flakkar víða um síbreytilegt hafsvæði. Margt af þeirri gagnrýni sem fram hefur komið á niðurstöður loðnumælinganna virðist stafa af því að mönnum hefur ekki verið ljóst að tiltekna mælingar höfðu verið dæmdar ógildar og voru aldrei notaðar við stjórn veiðanna.

Haustmælingar á veiði- og hrygningarstofninum hafa oftast verið gerðar í október. Ástæðan er ekki fyrst og fremst sú að aðstæður séu þá bestar heldur vegna þess að vantað hefur sárlega upplýsingar um stærð veiðistofnsins eins fljótt og mögulegt er. Októbermælingarnar hafa stundum mistekist eins og rakið verður og hefur þá orðið að fara viðbótarleiðangur, stundum fleiri en einn. Sama má raunar segja um vetrarmælingarnar sem afar erfitt er að segja fyrir um hvað taka muni langan tíma. Vegna þess að Hafrannsóknastofnunin hefur takmarkaðan mannafla og fjárráð og aldrei er borð fyrir báru er nánast ógerningur að hafa á skipaáætlun alla þá leiðangra til mælinga á stærð loðnustofnsins sem hugsanlega þyrfti að fara. Enda þótt Sjávarútvegsráðuneytið hafi jafnan leyst uppfallandi vandræði eftir hendinni hefur oftsinnis skipast tímabundinn rekstrarvandi á Hafrannsóknastofnun, bæði að því er varðar fólk og fjárhag, vegna viðbótar loðnuleiðangra og hefur þetta óhjákvæmilega komið niður á öðrum þýðingarmiklum rannsóknum. Þetta er óviðunandi en allt tal um aukningu og umbætur loðnurannsóknna án þess að tryggja fjármagn til þess að fjölga rannsóknamönnum, leiðöngum og bæta tækjakost rannsóknaskipa er út í hött.

Hér á eftir verður reynt að rekja á örstuttu máli alla þá leiðangra sem farnir hafa verið til að mæla stærð veiðistofnsins að haust og vetrarlagi. Gerð verður grein fyrir framkvæmd mælinganna, niðurstöðum um stofnstærð og aðstæðum eins og þær voru metnar í hvert skipti og fram kemur í leiðangursskýrslum sem jafnan eru skrifaðar í lok hvers leiðangurs. Teiknaðar hafa verið skýringarmyndir sem sýna í grófum dráttum útbreiðslu og hlutfallslegt magn loðnunnar svo og leiðarlínur á hverjum tíma. Hafa ber þó í huga að oft voru sjálfar mælingar gerðar að undangenginni leit sem ógerningur er að tíunda hér og er það einkum algengt við vetrarmælingar. Þar að auki hafa upplýsingar frá veiðiskipum ef fyrir liggja jafnan verið hafðar til hliðsjónar við ákvarðanir um nauðsynlega stærð mælisvæðis.

En víkjum nú að sjálfum mælingunum.

### **2.3.1 Vertíðin 1978/79**

#### Október 1978

Stærð hins veiðanlega hluta íslenska loðnustofnsins var fyrst mæld í seinni hluta októbermánaðar 1978. Eins og sýnt er á 1. mynd fóru þessar mælingar fram á djúpmiðum N og NNV af Vestfjörðum og var farið þrisvar yfir svæðið. Yfirferðir 1 og 3 gáfu svo til sömu niðurstöðu enda voru aðstæður góðar og svipaðar í bæði skiptin bæði að því er varðaði veður og dreifingu loðnunnar. Var meðaltal þeirra um 1550 þús. tonn. Yfirferð 2 gaf hins vegar um 1150 þús tonn, en henni tókst ekki að ljúka vegna veðurs og kemur það einnig fram á 1. mynd.

Þess ber að geta að þessar mælingar voru gerðar að undangengnum löngum leitarleiðangri sem farinn var á Bjarna Sæmundssyni í september og mikil umferð veiðiskipa hafði auk þess verið á loðnuslóðum norður og norðvestur af landinu og á svæðinu milli Jan Mayen og Grænlands að undanfögnu. Það lá því fyrir að svo til allur veiðistofninn myndi saman kominn þar sem mælt var.

#### Janúar-febrúar 1979

Í seinni hluta janúar var Árni Friðriksson við loðnuleit og fylgdist með hrygningargöngunni á leið hennar austur og síðan suður með landgrunnsbrúninni úti af austanverðu Norðurlandi og Norðausturlandi. Um mánaðamótin janúar-febrúar var öll þessi loðna komin suður á móts við Langanes.

Dagana 1-7 febrúar var gangan svo mæld þrisvar sinnum á Bjarna Sæmundssyni við mjög góðar aðstæður, tiltölulega jöfn dreifing loðnunnar (2. mynd) og veður ágætt. Niðurstöður voru frá 550-605 þús. tonn og meðaltalið um 575 þús. tonn. Í ljósi októbermælingarinnar var augljóst að enn vantaði mikinn hluta stofnsins og var því haldið norður fyrir land. Mikill ís reyndist vera á Norðurmiðum en það kom ekki að sök því Vestfjarðasvæðið var íslaut og þar fannst hinn hluti hrygningarstofnsins.

Vestari hluti stofnsins var fyrst mældur dagana 8-9 febrúar í góðu veðri (3. mynd) en nokkrir erfiðleikar voru vegna torfumyndunar við yfirborð og eins vegna þess að mikið var af snáloðnu saman við hrygningarfiskinn. Varð niðurstaðan um 535 þús. tonn af hrygningarloðnu. Vestfjarðasvæðið var síðan skoðað aftur í 3. viku febrúar. Leiðinda veður var þarna til að byrja með, en 17.-18. febrúar lýgndi og var hrygningargangan þá mæld aftur eins og einnig er sýnt á 3. mynd. Nú var engin smáloðna saman við hrygningarfiskinn og aðrar aðstæður til fyrirmyndar. Stærð göngunnar mældist einnig nokkru meiri eða um 605 þús. tonn.

#### Febrúar-mars 1979

Að loknum loðnumælingum á Vestfjarðamiðum var leitað austur um úti af Norðurlandi og þaðan suður úti fyrir Austfjörðum en árangurslaust. Í marsbyrjun var austangangan á svæðinu milli Ingólfshöfða og Hrollaugseyja og var mæld þar einu sinni enn (4. mynd). Aðstæður voru ekki upp á það besta, bæði vegna göngu, grynnsla og torfumyndunar nærri yfirborði. Ljóst var þó að gangan hafði mjög látið á sjá vegna mikilla veiða í h.u.b. 4 vikur og mældist nú um 340 þús. tonn.

### **2.3.2 Vertíðin 1979/80**

#### Júlí-ágúst 1979

Dagana 26. júlí til 12 ágúst gerðu Íslendingar og Norðmenn tilraun til að mæla stærð veiðistofns loðnunnar á rannsóknaskipunum Bjarna Sæmundssyni og G. O. Sars. Eins og sýnt er á 5. mynd varð vart við loðnu á mjög stórum svæðum en hún var yfirleitt dreifð og oft í mjög smáum, þéttum torfum við yfirborð þar sem ekki náðist til hennar með dýptarmælum. Auk þess kann eitthvað að hafa verið óaðgengilegt undir ís sem einkum var mikið af Grænlandsmegin á svæðinu vestur og norður af Vestfjörðum. Alls mældust um 475 þús. tonn í þessum leiðangri og í skýrslu sem samin var við lok hans á Akureyri segir að stofninn sé vanmetinn eins og búast mátti við. Seinni mælingar benda til þess að aðeins hafi mælst um þriðjungur þeirrar loðnu sem í sjónum var í það skiptið.

#### September-október 1979

Næsta tilraun til að mæla stærð veiðistofnsins var einnig gerð í samvinnu Íslendinga og Norðmanna og nú á rannsóknaskipunum Bjarna Sæmundssyni og Michael Sars á tímabilinu 25/9-5/10 eins og sýnt er á 6. mynd. Aðstæður voru ekki uppá það besta því leiðinda veður var nyrst á svæðinu og að hluta til í Grænlandssundi. Þá bar nokkuð á löðningum við yfirborð, þó miklu minna væri um slíkt en í ágúst.

Niðurstaða þessarar mælingar var tæp 810 þús. tonn af fullorðinni loðnu og voru bæði sjómenn og rannsóknamenn á sama máli um að hún myndi vera í lægri kantinum og því tæpast gild. Gagnrýndu sjómenn einkum grófa yfirferð um og í námunda við veiðisvæðið en rannsóknamenn veltu meira fyrir sér aðstæðum almennt. Nú myndi vera talið að fara hefði þurft mun þéttar yfir langmestan hluta útbreiðslusvæðisins.

#### Október 1979

Eins og að framan segir lék grunur á að stærð stofnsins hefði verið vanmetin í norsk-íslenska leiðangrinum um mánaðamótin september-október. Annar leiðangur var því farinn á Bjarna Sæmundssyni dagana 14-26 október eins og sýnt er á 7. mynd. Á myndinni eru raunar aðeins sýndar þær leiðarlínur sem mælingin byggist á, en áður hafði verið farið víðar um við aðstæður sem teljast mátu viðunandi til leitar þó ekki væri hægt að mæla.

Samtals mældust um ein milljón tonn af fullorðinni loðnu eða um 250 þús. tonnum meira en í fyrri leiðangrinum þegar aflinn frá seinustu mælingu er meðtalinn. Þrátt fyrir nokkra óvissu um norðurmörk svæðisins eins og fram kemur á 7. mynd og áhrif rysjóttis veðurs var þessi mæling tekin gild. Byggðist þetta ekki hvað síst á fyrri upplýsingum um útbreiðslu og dreifingarmunstur loðnunnar, því sem vitað var um gönguleið og hraða á þessum árstíma og loks heppilegri hegðun og dreifingu hennar þegar októbermælingin var gerð.

#### Janúar 1980

Þegar taka átti til við loðnumælingar upp úr áramótunum 1979/80 kom upp alls óvænt staða því um miðjan mánuðinn hafði engin loðna fundist úti af Austfjörðum, Norðaustur-eða Norðurlandi þrátt fyrir víðtæka og ítarlega leit rannsókn- og veiðiskipa sem ekki er hægt að sýna hér. Um þetta leyti var mikill ís úti af Vestfjörðum og vestanverðu Norðurlandi og fór ástandið ekki að lagast fyrr en um 20. janúar. Kom þá í ljós að veiðistofninn hélt sig alfarið um landgrunnskantinn á svæðinu frá Kópanesgrunni norðaustur um á utanvert Kögurgrunn og var á allhraðri göngu NA og A á bóginn.

Dagana 25.-28. janúar var gangan svo mæld á Árna Friðrikssyni og Bjarna Sæmundssyni eins og sýnt er á 8. mynd og var fremsti hluti göngunnar þá kominn austur á móts við Siglunes. Veðurfarslega voru aðstæður mjög góðar við þessa mælingu, dreifing loðnunnar tiltölulega jöfn og vegna hinnar víðtæku leitar sem áður hafði farið fram var nákvæmlega víðað um legu og víðáttu útbreiðslusvæðisins. Niðurstaðan, 755 þús. tonn, var því talin áreiðanleg.

Frekari mælingar voru ekki gerðar á veiðistofninum á þessari vertíð en fylgst var með framvindu mála á Árna Friðrikssyni og svo vitanlega af veiðiflotanum. Hluti hrygningarstofnsins gekk venjulega leið en mjög grunnt austur fyrir land og hrygndi við austanverða suðurströndina í mars. Afgangurinn sneri hins vegar við og gekk suður með Vestfjörðum til hrygningar við Vestur- og Suðvesturland.

### **2.3.3 Vertíðin 1980/81**

#### Október 1980

Í ljósi fenginnar reynslu var haustmælingunum seinkað og mældu Íslendingar og Norðmenn nú veiðistofninn á tveimur skipum á tímabilinu 11.-22. október. Reyndist veiðistofninn tvískiptur og halda sig annars vegar suður úr Scoresbysundi milli 68°30' og 69° N og svo vestur í Grænlandssundi úti af Ísafjarðardjúpi (9. mynd). Gengu mælingarnar vel enda gott veður allan tímann og var farið tvisvar yfir hluta svæðisins þó það sé ekki sýnt á myndinni. Niðurstaðan varð hins vegar um 505 þús. tonna veiðistofn sem var miklu minna en næstliðin ár og náði raunar ekki eftirstöðvum þess kvóta sem

settur hafði verið fyrir vertíðina. Þrátt fyrir það að allmikill ís væri yfir grænlenka landgrunninu var ekki að sjá að það hefði haft áhrif á októbermælinguna og var íslenski loðnukvótinn skorinn niður um 30% í framhaldi af henni.

#### Janúar 1981

Bæði Arn Friðrikssyni og Bjarna Sæmundssyni var haldið til leitar og mælinga strax í fyrstu viku mánaðarins. Eins og venjulega var byrjað að leita við kantinn úti af sunnanverðum Austfjörðum og fannst fremsti hluti göngunnar þann 10. janúar NA úr Langanesi. Veður var afleitt fyrri hluta mánaðarins og mikill ís úti af Norðurlandi og um 15. janúar var gert nokkurt hlé af þeim sökum.

Dagana 20.-22. janúar gerði hins vegar blíðu veður og var þá gangan mæld við kantinn á svæðinu frá N af Tjörnesi að austri frá Langanesi. Var farin ein umferð á hvoru skipi (10. mynd) og voru niðurstöður mjög misvísandi, eða 430 þús. tonn annars vegar og 270 þús tonn hins vegar. Við nánari athugun kom í ljós að þetta var vegna mjög ójafnrar dreifingar loðnunnar og of grófrar yfirferðar miðað við þær aðstæður. Þannig hafði annað skipið hitt á fleiri þetta bletti heldur en hitt.

Dagana 27.-29. janúar var gangan því mæld í þriðja sinn, nú af báðum skipunum samtímis og farið miklu þéttar yfir svæðið (10. mynd). Veður var ágætt og varð niðurstaðan rúm 320 þús tonn sem er nálægt meðaltali fyrri yfirferðanna (350 þús tonn).

Leit að frekari loðnugöngum, sem gerð var á Bjarna Sæmundssyni í febrúar 1981 á Norðurlands- og Vestfjarðamíðum, bar ekki árangur.

### **2.3.4 Vertíðin 1981/82**

#### Október 1981

Á tímabilinu 14.-23. október mældu Íslendingar og Norðmenn stærð veiðistofnsins með venjulegum hætti og er skráð útbreiðsla ásamt leiðarlínum sýnd á 11. mynd. Veður var ágætt þennan tíma en mjög mikill ís var yfir grænlenka landgrunninu og í Grænlandssundi. Niðurstaðan varð aðeins 140 þús. tona veiðistofn sem var langlægsta mælingi sem sést hafði til þessa.

Í leiðangursskýrslunni segir hins vegar að vegna rekíss sé líklegt að menn hafi ekki komist að hluta stofnsins til að mæla hann. Mælingin sé því tæpast gild en engu að síður beri að taka niðurstöðuna sem viðvörðun um áframhaldandi minnkun veiðistofnsins.

#### Nóvember 1981

Vegna fjarveru mælingamanna á vinnufundi um síld og loðnu hjá Alþjóðahafrannsóknaráðinu í Kaupmannahöfn í seinustu viku október mun ekki hafa komið fram opinberlega, að áður en þangað var farið hafði verið ákveðið að efna til annarrar mælingar strax og menn kæmu aftur. Lagt var af stað í þennan leiðangur þann 3. nóvember og stóð hann að heita mátti út mánuðinn.

Í nóvember tókst að mæla stærð veiðistofnsins tvisvar. Stóð aðalhluti fyrri umferðarinnar frá 3.-12. nóvember er gera þurfti nokkurt hlé vegna brælu. Þegar komið var út aftur var leitað alllangt norðaustur fyrir aðalsvæðið sem þó varð árangurslaust að kalla. Útbreiðsla og dreifing loðnunnar í þessum hluta leiðangursins er sýnd á 12. mynd en stærð veiðistofnsins mældist um 325 þús tonn. Þá var búið að veiða talsvert meira en sem októbermælingunni nam og hét það "englaloðna" sem umfram hafði fengist end virtust allir telja að fyrri mælingin hefði verið tekin gild!

Dagana 26.-29. nóvember var stofnstærðin síðan mæld enn á ný eins og sýnt er á 13. mynd. Niðurstaðan varð tæp 245 þús tonn en talsvert hafði veiðst frá 12. nóvember er aðalhluta fyrri mælingarinnar lauk eins og greint er frá annars staðar.

#### Janúar-febrúar 1982

Veturinn 1982 má segja að Bjarni Sæmundsson hafi verið við loðnuleit og mælingar frá 7. janúar til 21. febrúar og Árni Friðriksson um viku í janúarmánuði.

Tíðafar var rysjótt framan af janúar og náðist ekki gild mæling á hrygningargöngunni fyrr en dagana 20.-22. janúar. Mældist gangan aðeins um 150 þús tonn, en mælingin var talin mjög áreiðanleg enda útbreiðslan þekkt, loðnan í tiltölulega jafnri dreif á minna en 100-150 m dýpi og veður ágætt. Um miðjan febrúar fannst önnur, en miklu minni, ganga af hrygningarloðnu úti af Austfjörðum og var mæld þar.

Rúmsins vegna eru þessar mælingar báðar sýndar á 14. mynd, en ekki varð vart við meiri hrygningarloðnu en þessu nemur. Samtals mældist stærð hrygningarstofnsins um 165 þús. tonn í janúar-febrúar 1982.

### **2.3.5 Vertíðin 1982/1983**

#### Október 1982

Vegna hinnar ört minnkandi stærðar loðnustofnsins sem lýst var hér að framan og nánast óþekktrar nýliðunar voru loðnuveiðar ekki leyfðar sumarið 1982.

Hinn sameiginlegi mælingaleiðangur Íslendinga og Norðmanna var farinn á tímabilinu 2.-20. október eins og sýnt er á 15. mynd. Alls mældust um 560 þús. tonn af loðnu en af þessu taldist aðeins rúmur helmingur fullorðin hrygningarloðna. Afgangurinn var árgömul smáloðna og er meiri hluti þeirra lóðninga sem sýndar eru úti af Vestfjörðum og vestanverðu Norðurlandi vegna hennar. Ytri aðstæður til mælinga voru mjög góðar. Í leiðangursskýrslu er þó nefnt að vegna þess hvað loðnan var dreifð kunni að vera eitthvað meira af henni á norðausturhluta svæðisins en mælingin sýndi. En vegna hinna lágu mæligilda þarna þótti ólíklegt að það vanmat gæti skipt sköpum

Októbermælingin í heild var því tekin gild. Hún sýnir vitanlega bágt ástand hrygningar- og veiðistofnsins en vakti jafnframt vonir um að stofninn myndi rétta nokkuð við á næsta ári.

#### Janúar-febrúar 1983

Þann 14. janúar hélt Bjarni Sæmundsson til loðnuleitar og mælinga austur fyrir land og var við þann starfa til 13. febrúar en auk þess var Árni Friðriksson við leit og mælingar frá því í seinni hluta janúar til 10 febrúar.

Dagana 16.-18. janúar var gerð forkönnun á loðnugöngum austanlands allt norður fyrir Langanes og var lítið um hrygningarloðnu eftir að kom norður fyrir Gerpi. Vikuna 18.-25. janúar var svo rakinn illviðrakaflí en þá brá til hins betra.

Dagana 25.-29. janúar tókst með báðum skipunum að fullkanna svæðið NA frá Langanesi og suður á Papagrúnn og mæla loðnugöngur þar við mjög góðar aðstæður eins og sýnt er á 16. mynd. Hrygningarstofninn mældist tæp 300 þús. tonn eða með öðrum orðum á svipuðum nótum og haustmælingin hafði gefið til kynna. Áfram var fylgst með hrygningargöngunni á Árna Friðrikssyni og hún mæld á nýjan leik og með nánast sama árangri þegar vestasti hluti hennar var við Ingólfshöfða. Frekari leit á miðunum úti af Norðurlandi og Vestfjörðum í febrúar benti ekki til frekari hrygningargangna að þessu sinni.

### 2.3.6 Vertíðin 1983/84

#### Október 1983

Í þetta skipti var hin sameiginlega haustmæling Íslendinga og Norðmanna gerð á þremur skipum, þ.e. Árna Friðrikssyni, Bjarna Sæmundssyni og G.O. Sars á tímabilinu 3.-22. október eins og sýnt er á 17. mynd. Engin vandkvæði voru vegna íss og hegðun loðnunnar heppileg til bergmálmælinga. Sama má segja um veðráttuna nema á Vestfjarðasvæðinu þar sem var ótíð og þurfti að sæta lagi. Allmikið var af smáloðnu syðst á Vestfjarðasvæðinu og sömuleiðis sunnan til á svæðinu úti af vestanverðu Norðurlandi.

Alls mældust rúmlega 1100 þús tonn af kynþroska 2-3 ára loðnu í október 1983 og var mælingin talin gild að því er varðar þann hluta stofnsins. Í framhaldi af þessu voru veiðar síðan leyfðar í nóvemberbyrjun.

#### Janúar-febrúar 1984

Bæði Arni Friðriksson og Bjarni Sæmundsson fóru frá Reykjavík þann 11. janúar til loðnumælinga á Austfjarðamiðum. Á tímabilinu 14.-31. janúar var síðan leitað og mælt á svæðinu frá Austfjörðum norður og vestur um á Vestfjarðamið eins og sýnt er á 18. mynd. Í lok þessa hluta leiðangursins höfðu aðeins mælst 2-300 þús. tonn af hrygningarloðnu, að langmestu leyti á Austfjarðamiðum, en hins vegar allmikið af smáloðnu úti af Norðurlandi og Vestfjörðum.

Í ljósi októbermælingarinnar þótti einsýnt að rannsóknaskipin hlytu að hafa farið framhjá aðalgöngunni þótt engan veginn væri ljóst hvar það hefði gerst. Veiðar höfðu ekki gengið vel á Austfjarðamiðum til þessa og alls staðar verið farið vel út fyrir útbreiðslu þeirrar loðnu sem fundist hafði. Var Árna Friðrikssyni því haldið austur um á ný suður fyrir land, en Bjarna Sæmundssyni austur með Norðurlandi.

Í febrúarbyrjun hófust veiðar af miklum krafti úti af Hornafirði og fylgdi Arni Friðriksson þessari göngu upp að landinu meðan sú hrygningarloðna sem enn var austanlands var mæld á Bjarna Sæmundssyni. Saman mældu svo bæði skipin aðalgönguna á svæðinu frá Hrollaugseyjum að Dyrhólaey dagana 8.-9. febrúar eins og sýnt er á 19. mynd. Voru aðstæður almennt mjög góðar, lóðningar tiltölulega samfelldar og lítið um torfur nærri yfirborði. Þó reyndist erfitt að komast upp fyrir loðnuna á stuttum kafla úti af Alviðru.

Á heildina lítið verður að telja að þessi mæling hafi tekist vel og raunar verið mjög nákvæm. Að meðtöldu því litla sem enn var ógengið af Austfjarðamiðum var niðurstaðan tæplega 880 þús. tonn sem var talsvert hærri tonnataka en búist var við í ljósi októbermælingarinnar. Nánari athugun leiddi hins vegar í ljós að þetta var vegna óvæntrar þyngdaraukningar og fjöldinn því svipaður og reiknað hafði verið með miðað við októbermælinguna eins og síðar verður að vikið. Hins vegar er enn óútkljáð nákvæmlega hvar farið var fram hjá aðalgöngunni í janúar. Langlíklegast er að í byrjun janúar hafi hún haldið út eftir straumskilunum úti af sunnanverðum Austfjörðum eins og dæmi eru um og komið síðan djúpt að inn á Hornafjarðar-Ingólfshöfðasvæðið. Þegar svo háttar er oft erfitt að fylgjast með loðnunni en umferð um þetta svæði mun hafa verið lítil þennan tíma.

### 2.3.7 Vertíðin 1984/1985

#### Nóvember 1984

Vegna verkfalls hluta ríkisstarfsmanna dróst haustmælingin fram í nóvember. Að þessu sinni var hún gerð á Árna Friðrikssyni og Bjarna Sæmundssyni eingöngu, því Norðmenn

höfðu neyðst til að boða forföll vegna vandræða ástands í Barentshafi sem m.a. hafði skapast vegna hruns loðnustofnsins þar.

Tíðarfar var gott í nóvember 1984 og töfðust mælingar sáralítið af veðurfarsástæðum og ís var ekki til trafala nema á mjög takmörkuðu svæði úti af Vestfjörðum sem ekki var talið afgerandi. Af þessum sökum tókst að fara tvisvar yfir svæðið og er fyrri yfir ferðin (1.-11. nóvember) sýnd á 20. mynd. Hrygningarloðna var í afgerandi meirihluta úti af Vestfjörðum og Norðausturlandi en á Norðurlandssvæðinu var mikið saman við hana af ókynþroska smáloðnu.

Dagana 15.-22. nóvember var svo farin önnur umferð yfir svæðið (ekki sýnd á mynd). Á þeim stutta tíma sem liðið hafði milli þessara mælinga höfðu þó orðið umtalsverðar breytingar á dreifingu loðnunnar í þá veru að meginhluti loðnunnar úti af Langanesi var kominn á svæðið úti af norðanverðum Austfjörðum en úti af Vestfjörðum og Norðurlandi hafði hinn veiðanlegi hluti stofnsins gengið um 50-70 sjm. austur á bóginn. Við þetta hafði fullorðna loðnan skilist að mestu leyti frá smælkinu og var því auðveldara að henda reiður á því hvað var smátt og hvað stórt.

Að því er varðar hrygningar- og veiðistofninn voru niðurstöður mjög svipaðar og var hann við lok seinni mælingarinnar talinn nema tæpum 780 þús. tonnnum.

#### Janúar-febrúar 1985

Veturinn 1985 var Bjarni Sæmundsson einn við loðnuleit og mælingar úti af Austfjörðum og Norðausturlandi frá 13. janúar og út mánuðinn, en bæði skipin könnuðu síðan Norðurlands- og Vestfjarðasvæðin í fyrstu viku febrúarmánaðar.

Janúarmælingarnar á hrygningarloðnunni gengu fremur stirðlega vegna umhleypinga. Hins vegar urðu nægileg hlé inn á milli til þess að mælingarnar sjálfar tókust ágætlega. Eins og búist var við í ljósi nóvembermælingarinnar fundust tvær aðalgöngur úti af Austfjörðum í janúar. Var hin fyrri mæld dagana 14.-18. janúar, en hin seinni 27.-29. janúar úti af Norðausturlandi og var vestasti hluti hennar nokkuð blandaður smáloðnu. Sameiginlegar mælingar beggja skipanna úti af Norðurlandi og Vestfjörðum í fyrstu viku febrúar leiddu í ljós að þar var eingöngu smáloðna.

Leiðarlínur og dreifing loðnunnar við ofangreindar mælingar eru sýndar á 21. mynd, en samtals mældust um 720 þús tonn af hrygningarloðnu í janúar 1985. Þetta er talsvert meira af loðnu en nóvembermælingin benti til og skýrist ekki nema að hluta af meiri þyngdaraukningu en gert hafði verið ráð fyrir. Það er athyglisvert og á það bent í janúarskýrslunni, að fullorðin loðna hafði ekki áður verið mæld úti af Langanesi og norðanverðum Austfjörðum að hausti og líkur eru að því leiddar að mismunurinn liggi í misvísandi mælingu á þeim hluta stofnsins haustið áður.

#### Febrúar 1985

Í ljósi þess mismunar sem var á nóvember- og janúarmælingunum var enn reynt að mæla hrygningargöngurnar á tímabilinu 17.-20. febrúar á Árna Friðrikssyni eftir að þær voru báðar komnar upp að landinu. Eru leiðarlínur og dreifing loðnunnar á þessum tíma sýndar á 22. mynd.

Í þetta skipti reyndist ógerningur að mæla loðnugönguna með nokkurri vissu. Bæði voru torfur mjög misþéttar vestast á svæðinu og erfitt að túlka mæligildin, en auk þess fór gangan svo nærri landi á köflum að ekki varð komist á frían sjó landmegin við hana. Engu að síður var það samdóma álit leiðangursmanna að ólíklegt væri að veiði- og hrygningarstofninn hefði verið ofmetinn í janúar.

### 2.3.8 Vertíðin 1985/86

#### Október 1985

Loðnustofninn var að þessu sinni mældur á Árna Friðrikssyni og Bjarna Sæmundssyni á tímabilinu 8.-29. október. Ís var ekki til trafala í leiðangrinum en tíðarfar var fremur stirt framan af og var talið að það gæti hafa valdið einhverju, en trúlega óverulegu, tapi á svæðinu milli Vestfjarða og Grænlands. Það vakti nokkra furðu að ekki skráðist neitt að ráði af ókynþroska 2 ára loðnu af 1983 árganginum, sem vitað var að var mjög stór. Einnig mældist fremur lítið af ársgamalli smáloðnu, en hún fannst svo til eingöngu úti af Norðausturlandi og var þar einráð. Hvort tveggja var þetta reyndar mjög til bóta að því er varðar túlkun gagna um stærð veiðistofnsins.

Leiðarlínur skipanna og dreifing loðnunnar í október 1985 eru sýndar á 23. mynd. Alls mældust tæp 1100 þús. tonn af fullorðinni kynþroska loðnu og þótti sá þáttur mælingarinnar trúverðugur í betra lagi.

#### Febrúar 1986

Af ýmsum ástæðum var ekki reynt að mæla stærð hrygningar- og veiðistofnsins í janúar 1986. Í ljósi þess hvað lítið hafði sést af ókynþroska loðnu af árgöngum 1983 og 1984 um sumarið og haustið árið áður var megináherslan hins vegar lögð á að finna og mæla þann hluta stofnsins. Var þetta gert á tímabilinu 1.-19. febrúar eins og sýnt er á 24. mynd. Tókst leiðangurinn ágætlega í þeim skilningi að það mikið mældist af ókynþroska loðnu að ljóst var að ekki þyrfti að kvíða komandi vertíð. Með tilliti til dreifingarinnar í febrúar sýnist líklegast að þessi hluti stofnsins hafi haldið sig að miklu leyti yfir grænlenka landgrunninu í október svipað og var haustið 1979.

### 2.3.9 Vertíðin 1986/87

#### Október 1986

Haustleiðangurinn var að venju farinn á tveimur skipum og stóð frá 4.-22. október. Eins og búist hafði verið við var hlutfall 3 ára loðnu mjög hátt (um 60% af fjölda). Árs gömul smáloðna fannst einkum út undir ísnum NV af Vestfjörðum og úti af Norðausturlandi og var mjög lítið af henni saman við veiðistofninn. Ís var ekki talinn hafa truflað mælingu á hinum kynþroska hluta stofnsins en hins vegar hafa komið niður á smáloðnunni vestur frá. Brætur voru ekki til trafala en þess er hins vegar getið í leiðangursskýrslu að torfumyndun nærri yfirborði, sem talsvert var um að næturlagi á Vestfjarðasvæðinu, kunni að hafa orsakað vanmat á hinum veiðanlega hluta stofnsins þar miðað við fyrri mælingar í október.

Útbreiðsla og dreifing loðnunnar ásamt leiðarlínum skipanna í október 1986 eru sýndar á 25. mynd. Alls mældist veiði og hrygningarstofninn tæplega 1100 þús tonn með því fororði um vanmat á vestursvæðinu sem að ofan greinir.

#### Janúar-febrúar 1987

Þessi leiðangur var farinn einskipa á Bjarna Sæmundssyni og stóð frá 13 janúar til 5. febrúar. Til að byrja með var veðurfar afar óhægt á Austfjarðamiðum og aðeins næði til grófrar leitar til að átta sig útbreiðslu fremsta hluta göngunnar. Upp úr 20. janúar fór veður batnandi og eftir það var hægt að halda sleitulaut áfram til loka leiðangursins.

Alls mældust rúmlega ein milljón tonn af hrygningarloðnu, að langmestu leyti úti af Austfjörðum en talsvert var þó einnig úti af Norðurlandi milli 17° og 18° V og þaðan á kafla vestur eftir saman við smáloðnu. Mikið af hinum ókynþroska hluta stofnsins var þó greinilega óaðgengilegur vegna íss úti af vestanverðu Norðurlandi og Vestfjörðum.



Leiðarlínur og dreifing loðnu í þessum leiðangri eru sýndar á 26. mynd. Verulegu munar á þessari mælingu og októberniðurstöðum fyrra árs en áréttað er hér að því var spáð haustið áður að svo kynni að fara.

### **2.3.10 Vertíðin 1987/88**

#### Október 1987

Eins og vanalega var haustleiðangurinn farinn á tveimur skipum og hófst hann úti af Vestfjörðum þann 7. október eftir að beðið hafði verið veðurs um hríð. Eftir það sóttist verkið sæmilega enda þótt stöku sinnum þyrfti að bíða átekta meðan veður batnaði.

Leiðarlínur og loðnulóðningar eru sýndar á 27. mynd. Úti af Norður og Norðausturlandi var eingöngu smáloðna en veiðistofninn alfarið á vestasta hluta leitarsvæðisins og mest af honum upp við ísinn frá Scoresbysundi og suður eftir. Í heild mældust aðeins um 400 þús. tonn af fullorðinni loðnu og stærð þess hluta stofnsins augljóslega vanmetin eins og gerð er grein fyrir í leiðangursskýrslu. Við svo búíð var ákveðið að hætta mælingum í bili og reyna aftur nokkru síðar þegar von væri til að ástandið hefði batnað.

#### Nóvember-desember 1987

Beðið var með að endurmæla veiði- og hrygningarstofninn þar til ljóst var af fréttum frá veiðiskipum að góðar aðstæður hefðu skapast. Leiðangurinn hófst síðan þann 20. nóvember úti af Vestfjörðum og lauk við Langanes þann 3. desember. Að þessu sinni voru aðstæður almennt hinar ákjósanlegustu. Að vísu var dreifður ís og nýis til nokkurs trafala í Grænlandssundi, en þetta kom ekki að sök þar sem á þessum svæðum var eingöngu smáloðna.

Leiðarlínur og útbreiðsla og dreifing loðnu í nóvember-desember 1987 eru sýndar á 28. mynd. Alls mældust um 1030 þús tonn af kynþroska loðnu í þessum leiðangri. Dreifing loðnunnar var tiltölulega jöfn og lítið af torfum sem voru miklu þéttari en almennt gerðist, loðnan kom svo til aldrei nær yfirborði en á 30 m dýpi og veður með eindæmum gott. Niðurstaðan var því talin mjög áreiðanleg að því er varðar hinn kynþroska og veiðanlega hluta stofnsins.

#### Veturinn 1988

Vegna þess hvað vel tókst til um endanlega haustmælingu á stærð veiði- og hrygningarstofnsins ásamt því hvað mælingin var seint á ferðinni var þessi hluti stofnsins ekki mældur eftir áramótin. Um mánaðamótin janúar-febrúar var hins vegar gerð tilraun til að mæla hinn ókynþroska hluta stofnsins. Það mistókst þó með öllu þar sem engin slík loðna var úti af Austfjörðum og austanverðu Norðurlandi en ís lokaði loðnumiðum vestar.

### **2.3.11 Vertíðin 1988/89**

#### Ágúst-september 1988

Eins og fram kom í inngangi hafa Norðmenn venjulega farið leiðangra á Jan Mayen-Grænlandssvæðið til loðnuleitar og mælinga sem staðið hafa frá því seinast í júlí og staðið fram til 10.-20. ágúst. Í þessum leiðöngrum hefur jafnan tekist að fá sæmilega mynd af útbreiðslu loðnunnar á norðursvæðinu en mæligildi sjáanlega verið alltof lág.

Þessar rannsóknir hófust um 25. júlí 1988 norður af Jan Mayen og 10 dögum seinna þegar leitað hafði verið frá 68° N að 72°N milli 9° V og 22° V hafði engin loðna fundist. Var leiðangurinn þá framlengdur, farið vestur í Grænlandssund og þar fannst fullorðna loðnan um það bil í miðju sundinu NV af Vestfjörðum og mældist þar yfir ein milljón

tonna. En því er frá þessu sagt að þetta er í eina skiptið sem tekist hefur að mæla veiði- og hrygningarstofninn að sumri til á trúverðugan hátt að því er niðurstöðutöluna varðar.

Grænlenstur leiðangur, sem farinn var á Árna Friðrikssyni í september m.a. um þetta svæði, varð var við talsverða loðnu á svipuðum slóðum. Flest benti þó til þess að meginhluti stofnsins hefði gengið eitthvað norðaustur á bóginn í millitíðinni.

#### Október 1988

Íslenska haustmælingin var gerð á tveimur skipum á tímabilinu 6.-24. október eins og oft áður. Byrjað var úti af Vestfjörðum og leitað norður og austur um eins og oftast er gert.

Í október 1988 fannst ekki loðna fyrr en NNV af Kögri. Þaðan og austur á móts við Rauðanúp var talsvert af blandaðri loðnu milli 67°30' N og 68° N en úti af Langanesi var eingöngu smáloðna. Mestur hluti hrygningar- og veiðistofnsins var hins vegar dýpra, eða á svæðinu frá 68° N, 22°30' V að 69°30' N, 18° V. Leiðarlínur skipanna og útbreiðsla loðnu í þessum leiðangri eru sýnd á 29. mynd.

Alls mældust 1225 þús tonn af fullorðinni loðnu í október 1988. Ef frá er talin tveggja daga bræla í upphafi leiðangurs var veður hagstætt og ekki var annað að sjá en komist hefði verið yfir allt útbreiðslusvæðið þrátt fyrir talsverðan ís, einkum úti af Vestfjörðum. Ástæður þess að ekki var farið lengra NA eftir voru þær að norskar, grænlenskar og íslenskar rannsóknir í ágúst og september bentu einbregið til þess að það væri öldungis óþarft. Í leiðangursskýrslu er þess getið að enda þótt norðurmörkum útbreiðslusvæðisins ekki e.t.v. ekki verið náð væri ólíklegt að mikið væri af loðnu norðar. Mælingin var því í heild talin mjög góð.

#### Desember 1988

Í byrjun mánaðarins var ákveðið að reyna nýja mælingu og var ein ástæða þess að loðnan gekk óvenju snemma áleiðis austur fyrir land. Veður var ekki hagstætt meðan þessi tilraun stóð og bar hún ekki marktækan árangur.

#### Janúar 1989

Vetrarmælingin var gerð á Bjarna Sæmundssyni einskipa og stóð frá 5. til 30. janúar. Leiðarlínur og dreifing loðnu eru sýnd á 30. mynd. Veiði- og hrygningarstofninn var svo til eingöngu úti af Austfjörðum og lítið af ókynþroska fiski saman við hann. Norður og norðvestur af Vestfjörðum var að hinu leyntinu eingöngu smáloðna.

Alls mældust um 935 þús tonn af fullorðinni loðnu í janúar 1989. Nokkrar truflanir urðu á leiðangrinum vegna veðurs og er gerð grein fyrir því í leiðangursskýrslu. Vegna þess að ekki var unnið nema í góðu var þó talið að áhrif veðurfars á niðurstöður væru minni háttar og mælingin talin gild.

### **2.3.12 Vertíðin 1989/1990**

#### Október-nóvember 1989

Að þessu sinni var haustmælingunni seinkað vegna mikils íss, einkum á vesturhluta hugsanlegs útbreiðslusvæðis, og þess að veiðiskip höfðu svo til enga loðnu fundið eða fengið um sumarið og haustið. Leiðangurinn hófst á Árna Friðrikssyni 26. október en 11. nóvember á Bjarna Sæmundssyni og lauk honum 29. nóvember. Framan af var tíðarfar stirt en batnaði er á leið og var að mestu gott veður meðan aðalvinnan stóð yfir. Er skemmst frá því að segja að sáralítið fannst af kynþroska loðnu og eingöngu fyrir Norðurlandi úti af Siglunesi og Húnaflóa en annars staðar var eingöngu smáloðna.

Leiðarlínur skipanna og útbreiðsla 1-3 ára loðnu er sýnd á 31. mynd. Alls mældust aðeins um 65 þús. tonn af hrygningarloðnu í nóvember 1989 sem er hið langlægsta sem

sést hefur að haustinu 1981 ekki undanskildu. Eins og einnig kemur fram á 31. mynd var mikill ís á Vestfjarðamiðum og í ljósi reynslunnar töldu menn líklegt að ekki hefði verið hægt að komast að hluta hrygningar- og veiðistofnsins af þeim sökum. Þá höfðu mælingar á ókynþroska loðnu sem gerðar voru veturinn áður bent til þess að veiðistofninn gæti alls numið um 1600 þús. tonnum næsta haust miðað við venjulegt hlutfall eldri árgangs og vaxtarskilyrði. Nóvembermælingin 1989 var því afskrifuð með öllu strax og leiðangrinum lauk.

#### Desember 1989

Í desember urðu veiðiskip vör við talsvert af fullorðinni loðnu úti af Siglunesi og þaðan á dálitlu svæði austur eftir. Í framhaldi af því voru loðnugöngur norðanlands og austan kannaðar á Bjarna Sæmundssyni dagana 5.-18. desember. Þá var mikill ís fyrir Vestfjörðum og Norðurlandi allt austur á móts við Sléttu en sérstaklega vestan Sigluness.

Alls mældust um 95 þús tonn af hrygningarloðnu úti af austanverðu Norðurlandi á því svæði sem hægt var að komast um vegna íss, en annars staðar fannst aðeins smækki. Eru leiðarlínur og lóðningar sýndar á 32. mynd en mælingin var að sjálfsögðu dæmd ógild eins og í nóvember.

#### Janúar 1990

Miklar loðnuveiðar hófust strax eftir áramótin úti af Digranesgrunni. Árna Friðrikssyni var haldið austur fyrir land til leitar og mælinga strax 3. janúar en bilun varð í vél Bjarna Sæmundssonar svo skipið komst ekki af stað fyrr en nokkru síðar.

Fremsti hluti loðnugöngunnar fannst úti af miðjum Austfjörðum þann 6. janúar alllangt sunnan við veiðisvæðið og tókst að mæla hann í fyrstu atrennu dagana 6.-8. janúar. Vegna veðurs var ekki hægt að endurtaka þessa mælingu og ekki hægt að mæla seinni hluta loðnugangnanna fyrr en dagana 13.-16. janúar. Frekari leit norður og vestur um frá Langanesi að Siglunesi bar ekki árangur. Eru leiðarlínur og útbreiðsla loðnunnar í janúar 1990 sýndar á 33. mynd.

Alls mældust rúm 760 þús. tonn af kynþroska loðnu í janúar 1990 og svarar mælingin til um 525 þús. tona aflakvóta á vertíðinni allri þegar tillit er tekið til þess sem þegar hafði veiðst auk náttúrulegra affalla og venjulegra ákvæða um 400 þús. tona hrygningarstofn. Vegna brælukafans dagana 9.-12. janúar voru mælingamenn ekki ánægðir með framkvæmd mælingarinnar því hugsanlegt var að eitthvað af loðnu hefði farið hjá ósæð þennan tíma. Ennfremur svaraði þessi mæling til þess að veiðistofninn hefði ekki verið nema um ein milljón tonn haustið áður í stað um 1,6 milljón tonn eins og fyrir fram var talið og um getur hér að ofan. Af þessum sökum voru ekki gerðar tillögur um kvótasetningu í framhaldi af janúarmælingunni.

#### Janúar-febrúar-mars 1990

Í seinustu viku janúar endurleitaði Bjarni Sæmundsson Austfjarðasvæðið en mjög lítið var þá orðið um hrygningarloðnu þarna.

Dagana 3.-9. febrúar voru gerðar tvær tilraunir til að mæla aðalgönguna eða göngurnar á svæðinu frá Lónsvík að Ingólfshöfða ( fyrri mælingin er sýnd á 34. mynd). Aðstæður til mælinga voru ekki sem bestar, mest vegna þess að loðnan hélt sig oft það nærri yfirborði að mælitækin náðu ekki til hennar. Undir slíkum kringumstæður er stærð stofnsins vitanlega vanmetin. Enda þótt reynt sé að leiðrétta fyrir missinum með því að gera ráð fyrir sama þéttleika og skráist á næsta dýpisbili er óvíst um nákvæmni slíkra leiðréttinga. Þær mælingar sem gerðar voru á grunnslóðinni voru þó í þokkalegu samræmi við Austfjarðamælinguna (13% lægri) þegar leiðrétt hafði verið vegna taps í yfirborðslögum og þeim afla sem fengist hafði milli mælinganna.

Í febrúar og mars voru tíðar fréttir af stórri kynþroska loðnu við Víkurál. Loðnuverksmiðjur sem ekki eru í ríkiseign stóðu fyrir því að senda Bjarna Sæmundsson til leitar á svæðið úti af Faxaflóa, Breiðafirði og Vestfjörðum dagana 14.-18. mars (35. mynd). Aðeins varð vart við nokkrar litlar torfur á takmörkuðu svæði ofan Víkuráls og ekkert sem benti til að vænta mætti umtalsverðrar hrygningargöngu vestan að í þetta sinn.

### 2.3.13 Vertíðin 1990/91

#### Október-nóvember 1990 - leit

Í ljósi þeirra vandkvæða sem urðu á loðnumælingum haustið 1989 var skipulag þeirra nú með nokkuð öðrum hætti en venjulega. Því var gert ráð fyrir að Árni Friðriksson yrði einskipa til að byrja með, leitaði hefðbundnar loðnuslóðir og mældi síðan vitanlega þá loðnu sem á leið skipsins yrði. Aðalmælingin yrði svo gerð síðar á Bjarna Sæmundssyni eða báðum skipunum samtímis eftir atvikum.

Leiðangur Árna Friðrikssonar hófst þann 1. október og stóð með stuttu hléi, sem gert var um 20. október, til 10. nóvember. Ef frá er talið upphaf leiðangursins og hluti af svæðinu norður af Vestfjörðum var veður almennt gott og yfir engu að kvarta í þeim efnum. Leitað var allt frá 31° V og austur á 9° V og norður á 69° N. Ísinn var langt frá landi nema helst NV af Kögri þar sem ísbrúin var um 90-100 sjómíllur úti.

Leiðarlínur og loðnulóðningar Árna Friðrikssonar eru sýndar á 36. mynd en eins og þar sést varð loðnu aðallega vart á tveimur svæðum, þ.e. úti af vestanverðu Norðurlandi og Vestfjörðum annars vegar og úti af Norðausturlandi hins vegar. Á Norðurlandssvæðinu var eingöngu smáloðna en blanda af smárrí og stórri loðnu úti af Vestfjörðum og Norðausturlandi. Mæligildi voru lág og víðast hvar erfitt að deila þeim á aldursflokka vegna blöndunar aldursflokka.

#### Nóvember 1990

Leiðangur Bjarna Sæmundssonar, hin eiginlega mæling, fór fram á tímabilinu 8.-27. nóvember. Við framkvæmdina var að sjálfsögðu tekið mið af forkönnun Árna Friðrikssonar svo og þeim upplýsingum sem fyrir lágu frá veiðiflotanum. Eru leiðarlínur og útbreiðsla loðnunnar sýndar á 37. mynd.

Eins og sjá má höfðu talsverðar breytingar orðið á dreifingu loðnunnar frá yfirferð Árna Friðrikssonar. Þannig hafði útbreiðslusvæðið minnkað talsvert úti af Vestfjörðum og Norðurlandi, að því er virtist vegna þess að smáloðnan hafði gengið af Kolbeinseyjarsvæðinu og vestur eftir eins og venja er á haustin. Sama máli gengdi úti af Langanesi nema hvað aðalbreytingin var vegna göngu stærri loðnunnar suður eftir. Þess utan fundust nú nokkrar torfur af stórri loðnu austur úr Glettinganesi.

Almennt voru ytri aðstæður til mælinga góðar í nóvember og ekki sjáanleg sérstök vandkvæði vegna veðurs eða íss. Aðalhluti loðnusvæðisins norður af Vestfjörðum var mældur tvisvar með svipaðri niðurstöðu (um 15% munur) en annars staðar var aðeins ein yfirferð. Þó skráð mæligildi væru heldur hærri en í leiðangri Árna Friðrikssonar, vafalítið m.a. vegna betra veðurs á Vestfjarðamiðum, voru þau enn lág og vandkvæði voru svipuð og áður varðandi aðskilnað í aldurs- og stærðarflokka.

Alls mældust um 370 þús. tonn af hrygningarloðnu í nóvember 1990 sem er miklu minna en vænst hafði verið (um 1,3 milljónir tonna). Í leiðangursskýrslu segir að í ljósi þeirra upplýsinga sem fyrir lágu úr leiðangri Árna Friðrikssonar megi leiða að því sterkar líkur að allur hrygningar- og veiðistofninn sé nú dreifður á landgrunninu norðanlands og austan eða í næsta nágrenni við það. Þessi staða sé næsta óvenjuleg miðað við fyrri ár og kunni að hafa leitt til þess að niðurstaða mælingar sem gerð er við slíkar aðstæður sé ekki

sambærileg við haustmælingar fyrri ára. Um þetta sé þó ekki hægt að fullyrða og veiðistofninn geti allt eins verið miklu minni en útlit hafði verið fyrir.

#### Desember 1990

Í byrjun desember fannst hrygningarloðna norður af Siglunesi. Var Árna Friðrikssyni því enn haldið til leitar með það fyrir augum að kanna hvað þarna væri að gerast.

Leiðangurinn hófst á Austfjarðamiðum enda skipið státt þar. Engar nýjar upplýsingar fengust þó af þeim slóðum enda leiðinda veður sunnan Langaness. Er komið var vestur á móts við Grímsey fannst umrædd loðnuganga og var á allhraðri austurleið. Aldursdreifing reyndist áþekk og verið hafði meðal hins kynþroska hluta loðnunnar á Vestfjarðasvæðinu um 3 vikum fyrr og magnið síst meira. Ekki var hægt að endurkanna Vestfjarðasvæðið vegna veðurs en talið var fullvíst að þarna væri komin Vestfjarðaloðnan í venjulegum erindagerðum.

#### Janúar 1991

Þar sem nóvembermælingar Bjarna Sæmundssonar þóttu ekki trúverðugar á öllum bæjum og veiðar höfðu samt sem áður verið stöðvaðar var lagt kapp á að ná óyggjandi mælingu á stærð hrygningar- og veiðistofnsins í janúar. Eftir samráðsfundi ráðuneytis-, rannsókn- og útgerðarmanna var ákveðið að auk rannsóknaskipanna tveggja skyldu 6 loðnuskip halda til leitar strax eftir áramótin og kanna öll hugsanleg mið frá Vestfjörðum norður og austur um að Hornafirði. Var þetta gert eins og sýnt er á 38. mynd. Engar hrygningargöngur fundust úti af Norðurlandi eða Vestfjörðum.

Rannsóknaskipin héldu áleiðis austur fyrir land þann 2. janúar og á tímabilinu 4.-6. janúar var lokið við að mæla þær tvær loðnugöngur sem þá voru allvel aðskildar úti af Austfjörðum og Norðausturlandi eins og sýnt er á 39. mynd. Var mikil bót að þeim upplýsingum sem þá þegar lágu fyrir frá leitarskipunum um útbreiðslu og háttalag loðnunnar. Niðurstaðan varð hins vegar aðeins 320 þús. tonn (um 65% sunnan 66° N og 35% úti af Langanesi. Aðstæður virtust eðlilegar miðað við stað og árstíma.

Vegna þess að nokkurt bil var milli loðnugangnanna var hægt að mæla syðri hlutann aftur án þess að eiga á hættu tvímælingu á hluta af annarri hvorri göngunni. Þetta var gert dagana 7.-8. janúar eins og sýnt er á mynd 40. Niðurstaðan varð nánast hin sama og áður (um 5% lægri) en þess er getið í leiðangursskýrslu að í seinna skiptið hafi loðnan verið á allhraðri suðurgöngu, þ.e.a.s. á móti mælingamönnum. Erfitt er að meta gönguhraða og áhrif hans nákvæmlega en þau geta verið umtalsverð til hækkunar eða lækkunar eftir því hvort mælt er á móti eða með göngunni.

Eftir þetta hélt syðri gangan inn í hlýja sjóinn djúpt úti af sunnanverðun Austfjörðum og dreifðist þar eins og oft áður. Nyrðri gangan var hins vegar mæld aftur úti af miðjum Austfjörðum 20.-23. janúar og varð niðurstaðan svipuð og fyrr í mánuðinum. Þessi ganga hélt hins vegar grynri leiðina um Hvalbakssvæðið í áttina á Lónsvík.

#### Febrúar 1991

Af því að fremri gangan fór djúpleiðina en sú seinni grynna sameinuðust þær báðar á Lónsvíkur-Hornafjarðarsvæðinu í fyrstu viku febrúar. Dagana 8. og 9. febrúar mældu rannsóknaskipin þessar göngur (41. mynd) við mjög góðar aðstæður, ágætt veður og tiltölulega jöfn dreifing loðnunnar. Lítið var um torfur nærri yfirborði og nær ekkert af loðnu á of grunnu vatni. Niðurstaðan varð um 450 þús. tonn.

Þessu til viðbótar mældust um 25 þús tonn á Lónsvíkinni næstu daga auk lítillar göngu af smærri hrygningarloðnu úti af Reyðarfjarðardjúpi sem taldist um 50 þús. tonn. Alls mældust því um 525 þús tonn af hrygningarloðnu 8.-13. febrúar 1991. Þetta svarar um 600 þús. tonnum miðað við október haustið 1990 þegar afli og náttúruleg afföll eru tekin með í reikninginn og er innan við helmingur þess sem fyrirfram hafði verið gert ráð fyrir.

Aðalloðnugangan var síðan mæld enn á ný á svæðinu frá Dyrhólaey að Þorlákshöfn dagana 17. og 18. febrúar eins og sýnt er á 42. mynd. Aðstæður voru ekki upp á það allra besta að þessu sinni, hluti loðnunnar í stökum og þéttum torfum og veður að versna undir lokin. Niðurstaðan eftir leiðréttingar varð um 400 þús. tonn sem er í góðu samræmi við mælinguna við suðausturströndina þegar aflinn er tekinn inn í dæmið.

Dagana 23. og 24. febrúar voru gerðar tvær tilraunir til að mæla stærð loðnugöngunnar sem þá var komin í Faxaflóa. Þetta reyndist ómögulegt með öllu og var aðalástæðan sú að loðnan hafði myndað stakar torfur sem orðnar voru 3 sinnum þéttari en áður hafði sést við suðurströndina og 20 sinnum þéttari heldur en austanlands. Enda þótt mælitækin ráði í sjálfu sér við slíkar loðningar gefur auga leið að meðaltalsreikningar eru ekki marktækir undir slíkum kringumstæðum. Hefði því þurft að mæla hverja torfu fyrir sig sem er ekki mögulegt nema þær haldi kyrru fyrir um talsverðan tíma.

Seinustu dagana í febrúar og fram til 10. mars leitaði Árni Friðriksson að frekari loðnugöngum við Suður- og Suðausturland og síðan úti af Vestfjörðum. Engar nýjar göngur fundust en hluti göngunnar sem kom sunnan að og hrygndi ekki í Faxaflóa eða Breiðafirði hélt norður með Vestfjörðum og var komin í Ísafjarðardjúp er leiðangri lauk. Þess má enn geta að seinast í leiðangrinum voru tekin sýni úr loðnutorfum sem talið var hugsanlegt að væru að ganga inn á Vestfjarðasvæðið vestan að. Í þessum sýnum voru sömu aldurshlutföll og í austanloðnunni og var hún á nákvæmlega sama kynþroskastigi. Hefði loðnan komið vestan að sýnir reynslan að kynþroski hefði átt að vera skemmra á veg kominn og ólíklegt er að aldurshlutföll hefðu verið nákvæmlega hin sömu. Ennfremur varð vart við loðnu við Reykjanes og úti af Höfnum seint í mars og í apríl en aldurs- og stærðardreifing bendir til þess að það hafi verið sama loðnan og mæld var á Bjarna Sæmundssyni á Austfjarðamiðum í febrúar.

Seinasti þáttur í sögu þessarar vertíðar felst í því að togarasjómenn telja að mikil loðna hafi gengið inn yfir kantinn úti af Vestfjörðum í aprílmánuði og endanlega hrygnt þar og austar, allt að Hornbanka. Þetta er í sjálfu sér ekki nýtt, en slíkum göngum höfum við ekki orðið vitni að nema í smáum stíl. Hvað þarna var mikil loðna á ferðinni í þetta sinn verður nú ekki fullyrt þar sem hún var aldrei skoðuð og mæld af rannsóknaskipi. Er það miður þó ekki sé nema vegna almennrar þekkingar á hugsanlegum göngum tegundarinnar.

### **3. SAMANBURÐUR MÆLINGA Á STÆRÐ LOÐNUSTOFNSINS**

#### **3.1 Endurteknar mælingar**

Af ýmsum ástæðum hefur vafist fyrir mönnum að meta reikningslega hvað áreiðanlegar einstakar mælingar eru. Þetta stafar fyrst og fremst af hinum síbreytilegu unhverfisaðstæðum ásamt göngumunstri og þéttleika loðnunnar sem gera það að verkum að ekki er hægt að mæla sífellt á sama hátt eða tilviljanakennt heldur verður að haga vinnuáferðum talsvert eftir aðstæðum. Með ýmis konar samanburði er hins vegar hægt að mynda sér rökstudda skoðun á því hvað áreiðanlegar loðnumælingarnar eru í heild sinni og þá um leið á því hvort unnt er að nota þær til að stjórna veiðunum.

Í upphafi gerðum við talsvert að því að endurtaka mælingar á loðnustofninum eða hlutum hans hvað eftir annað og með það stuttu millibili að nær ekkert var veitt úr honum í millitíðinni. Árangur slíkra endurtekninga er sýndur í töflu 2.

Í fyrstu tilrauninni, sem gerð var á Vestfjarðamiðum haustið 1978, var stofninn mældur 3 sinnum. Mælingar 1 og 3 voru gerðar við mjög áþekk skilyrði, en miðmælingunni varð ekki lokið vegna brælu. Mismunur mælinga 1 og 3 er um 8% .

Í annarri tilraun af þessu tagi sem gerð var á Austfjarðamiðum í febrúarbyrjun árið eftir var sá hluti hrygningarstofnsins sem þar var mældur 3 sinnum við svipaðar aðstæður. Frávik frá meðaltali eru frá 1% til 6% og mismunur milli hæstu og lægstu mælingar rúmlega 9%.

Seinna í sama mánuði var hinn hluti hrygningarstofnsins mældur tvisvar á Vestfjarðamiðum með rúmlega viku millibili. Mælingarnar voru gerðar annars vegar úti af Kögurgrunni og hins vegar úti af Kópanesgrunni og við talsvert ólíkar aðstæður að því er varðar dreifingu loðnunnar. Engu að síður er mismunurinn innan við 12%.

Loks er rétt að geta þess að í janúar 1981 var stærð hrygningargöngunnar mæld á Árna Friðrikssyni annars vegar og Bjarna Sæmundssyni hins vegar úti af norðanverðum Austfjörðum. Niðurstöður þóttu mjög misvísandi sem var álitid stafa af því að ekki hefði verið farið nægilega þétt yfir svæðið miðað við hina ójöfnu dreifingu loðnunnar sem var á þessu svæði. Þriðja mæling, sem var margfalt nákvæmari (styttra milli leiðarlína), var gerð sameiginlega á báðum skipunum og leiddi hún til niðurstöðu sem er mjög svipuð meðaltali hinna tveggja þar sem augljóst er að annað skipið hitti á tiltölulega fleiri torfur en hitt.

Til eru fleiri slíkar samstæður en milli þeirra var oft mjög mikil og góð veiði. Þess vegna er erfiðara um nákvæman samanburð í þeim tilvikum og þau ekki tíunduð hér að öðru leyti en því að yfirleitt leiða þau til sams konar niðurstöðu og mælingarnar frá 1978 og 1979.

Niðurstaðan er því sú að við heppilegar aðstæður er bergmálsaðferðin samkvæm sjálfri sér en reynslu þarf til að beita henni svo vel fari. Vegna hinnar víðtæku loðnuleitar sem fram fór á vegum Hafrannsóknastofnunar á árunum frá 1966 til 1978 (og raunar mætti einnig vísa til síldaráranna milli 1960 og 1970 þegar oft var farið um loðnuslóðir norður af landinu og jafnvel undir það síðasta milli Íslands og Grænlands) er það sköðun mín að íslenskir mælingamenn hafi nær undantekningarlaust áttað sig á því hvenær aðstæður voru nothæfar og hvenær ekki.

### **3.2 Samanburður á haust- og vetrarmælingum**

Eins og þegar hefur komið fram hófust mælingar á hinum kynþroska og veiðanlega hluta stofnsins haustið 1978 og hafa þær verið gerðar árlega síðan.

Niðurstöður haustmælinganna í fjölda fiska og þyngd eftir aldri eru sýndar í 3. töflu. Eins og einnig kemur fram í töflunni voru sumar þessara mælinga dæmdar ógildar og síðan endurtekna við breyttar aðstæður eins og gerð var grein fyrir í sérstökum kafla hér að framan. Undantekning er haustið 1986 þegar haustmælingin var ekki endurtekin þrátt fyrir sérstakar efasemdir um ágæti hennar eins og einnig hefur verið gerð grein fyrir. Haustið 1989 náðist aldrei mæling sem var neitt nærri því að vera tekin góð og gild.

Í töflu 4 eru sýndar niðurstöður úr vetrarmælingum á stærð veiði- og hrygningarstofnsins í fjölda fiska og þyngd eftir aldri árin 1979-1991. Athygli er vakin á því að engar mælingar voru gerðar á þessum hluta stofnsins veturna 1986 og 1988. Ástæðurnar eru þær að mælingarnar frá haustinu áður voru taldar mjög góðar auk þess sem mælingin frá 1987 var gerð mjög seint. Þeim skipatíma sem við höfðum til loðnurannsóknna þessa vetur var því varið til þess að reyna að mæla smáloðnu í því skyni að afla upplýsinga um komandi vertíðir. Af þessum sökum vantar samanburð milli haust og vetrarmælinga á vertíðunum 1985/86 og 1987/88 sem er vitanlega mjög bagalegt þegar mælingar hafa staðið jafn skamman tíma og raun ber vitni.

Við þann samanburð sem hér um ræðir er eðlilegast að nota stofnstærð í fjölda fiska en ekki þyngd (tonnum). Ástæðan er sú að töluverð þyngdaraukning verður á tímabilinu október-febrúar en hún er mismikil og þess vegna erfitt að segja fyrir um hver hún verður í raun. Í útreikningum á aflakvóta sem gerðir eru út frá haustmælingum er þó vitanlega gert ráð fyrir þyngdaraukningu af þessu tagi.

Eftirfarandi samanburður á stærð veiði- og hrygningarstofns í fjölda fiska eins og hann mælist að haust- og vetrarlagi er gerður sem hér segir:

Frá haustmælingunni er dregið tiltekið fast hlutfall af henni á mánuði. Þetta hlutfall er hér kallað afrán (át þorsks af loðnu) og þykir þeim lágt sem fást við að átla fæðuþörf þorsks.

Nákvæmar aflaskýrslur og taka sýna úr afla gera mögulegt að umreikna loðnuafli til fjölda fiska sem síðan er einnig dreginn frá haustmælingunni.

Afgangurinn, sem hér er kallaður spá, er þá sá fjöldi fiska sem ætti að mælast í seinna skiptið, þ.e.a.s. að vetrinum.

Ofangreindur samanburður haust- og vetrarmælinga á vertíðunum 1978/79-1990/91 er sýndur á 43. mynd. Þetta eru mælingar sem á sínum tíma voru dæmdar gildar og notaðar á einn veg eða annan við stjórn veiðanna. Eins og glöggst má sjá á myndinni er munurinn hverfandi nema á vertíðunum 1986/87 og 1990/91 eða í átta tilfellum af tíu. Eins og gerð hefur verið grein fyrir höfðu mælingamenn sínar efasemdir um ágæti haustmælingarinnar 1986 á sínum tíma og jafnframt um haustmælinguna 1990 enda þótt hún væri engu að síður talin merki þess að stofninn stæði illa og þess vegna notuð til að rökstyðja hlé á veiðum þar til tekist hefði að mæla stofninn að nýju. Áður er getið ástæðna þess að samanburðarmælingar voru ekki gerðar veturna 1986 og 1988 og engin fullgild mæling var á sínum tíma talin hafa náðst á vertíðinni 1989/90.

Á undangengnum árum hefur mikið verið rætt um nákvæmni og skekkjumörk bergmálmælinga á veiðistofni loðnunnar, þ.e. hvað búast má við að skakkað geti miklu á annan hvorn veginn. Þessu hefur hingað til verið erfitt að svara af ástæðum sem nefndar voru hér að framan og eins vegna þess hvað sambærilegar mælingar á heildarstofni eða hlutum hans hafa verið fáar. Vegna þess að stundum hafa verið gerðar aukamælingar innan sömu vertíðar eru slík mælingapör nú orðin 15 talsins (að meðtöldum mælingum seinustu vertíðar) og auðvelt að stilla þeim upp í þar til gerðu reiknilíkani og fá þannig viðurkennda tölfræðilega úttekt á nákvæmni mælinganna. Niðurstaða þessa samanburðar er sýnd á 44. mynd og þýðir á mæltu máli að með nær fullri vissu megi búast við því að mælingum skakki minna en 10% á annan hvorn veginn ef þær eru dæmdar gildar á annað borð. Í þessum samanburði er meðtalið mælingaparið 1986/87. Væri því hins vegar sleppt eins og ástæða væri til yrðu skekkjumörkin vitanlega talsvert þrengri. Af þessu má svo álykta að mælingarnar hljóti í báðum tilvikum að ná til alls stofnsins því með ólíkindum verði að telja að sama hlutfall sleppi ævinlega og mælist ekki.

#### 4. MÆLINGAR Á ÚTBREIÐSLU OG MAGNI SMÁLOÐNU

Það er vart þýðingarminna að sjá fyrir nánustu framtíð loðnuveiða en framvindu efnahagsmála almennt. Að því er varðar loðnuna er þetta þó miklum vandkvæðum bundið, bæði vegna þess hve skammlíf loðnan er og háð umhverfi sínu og eins vegna þess að það hefur reynst ákaflega erfitt að ná til hins ókynþroska hluta stofnsins.

Segja má að fyrstu tilraunir í þessa átt hafi byrjað um 1970 með því að farið var að mæla fjölda loðnuseiða á fyrsta ári og er það raunar enn gert. Í tímans rás hefur hins vegar komið í ljós að seiddafjöldinn er líklega skárri mælikvarði á stærð hrygningarstofnsins sem



stóð að framleiðslunni í hvert skipti heldur en á framtíðina og stafar það væntanlega fyrst og fremst af mjög misjöfnum afföllum fyrsta veturinn í æfi loðnunnar.

Við mælingar á stærð veiði- og hrygningarstofnsins að haust- og vetrarlagi fást jafnan tölulegar upplýsingar um útbreiðslu og fjölda ókynþroska loðnu á 2. og 3. ári og voru þessir leiðangrar raunar endurhannaðir nokkuð á sínum tíma til þess að reyna að ná til smælkisins líka. Enda þótt stundum fáiast gagnlegar upplýsingar um fjölda smáloðnu kom fljótlega í ljós að ekki var á vísan að róa. Stundum mældist talsvert af þessum hluta stofnsins en í annan tíma lítið enda þótt seinni tíma mælingar sýndu að jafnmikið eða meira hefði átt að sjást. Til þessa liggja ýmsar ástæður og m.a. þær að smáloðnan lendir gjarnan tímabundið undir ís á haustin og veturna auk þess sem flotvarpan sem notuð er við að afla sýna til aldurs- og stærðarflokkunar mæligilda nær ekki smáloðnunni í sama hlutfalli og eldri árgöngunum. Það skiptir því miklu máli hvort smáloðnan er ein á ferð eða í bland við stærri fisk.

Upp úr 1980 kom fram sú hugmynd hvort ekki væri rétt að reyna að mæla smáloðnuna jafnhliða þeirri könnun sem jafnan er gerð á fjölda og útbreiðslu fiskseiða í ágústmánuði. Þá væri mest af hinum eldri og veiðanlega hluta stofnsins í ætisleit norður í hafi og seinni hluta mánaðarins oftast nær íslítið í Grænlandssundi. Smáloðnumælingar byrjuðu síðan í ágúst 1982 og hafa verið gerðar árlega síðan.

Smáloðnumælingarnar fara fram á sama hátt og mælingar á hinum kynþroska hluta stofnsins en eru einfaldari í sniðum, m.a. vegna þess að dreifingin er jafnari og útbreiðslusvæðið ekki eins breytilegt að því er virðist. Tímaskortur hefur stundum valdið því að ekki tókst að komast yfir allt útbreiðslusvæðið en tæknilega sýnast þessar mælingar hafa gengið að öðru leyti þokkalega. Þess ber að geta að smáloðnumælingarnar ná fyrst og fremst til loðnu á öðru ári en síður og oftast nær ekki til hins ókynþroska hluta árgangsins á undan (á 3. ári).

Ástæðulaust er að lýsa hverjum smáloðnuleiðangri fyrir sig. Leiðarlínur í ágúst 1982-1990 og útbreiðsla smáloðnu þessi ár eru sýndar á myndum 45-53 sem tala sínu máli. Niðurstöður um fjölda árgamallar ókynþroska loðnu af árgöngunum frá 1981-1989 eru gefnar í eftirfarandi textatöflu.

Árgangar	Fjöldi (milljarðar)
1981	119
1982	155
1983	286
1984	31
1985	71
1986	101
1987	147
1988	111
1989	36

Því miður er spádómsgildi þessara mælinga ekki einhlítt. Mælingarnar virðast t.d. ekki ná til alls árgangsins sem út af fyrir sig kemur ekki að sök ef frávikhið er alltaf hið sama. Spárnar reyndust allvel í fyrstu en seinustu tvö árin hefur hins vegar svo við brugðið að árgangarnir frá 1987 og 1988 hafa reynst miklu slakari en ágústmælingar á þeim sem óþroska smáloðnu gáfu til kynna. Spár um vertíðarafla á þeim forsendum stóðust því ekki og brugðust raunar hrapalega eins og rakið var frammar og kunnugt er.

Samanburður á spáðri stærð og raunverulegri stærð árganganna 1981-1988 er sýndur á 54. mynd. Eins og nefnt var hér að ofan getur orsök þessara fráviks vitanlega verið rangar mælingar, en hins vegar hefur komið í ljós að mjög mikil fylgni er milli átumagns á Norðurmíðum og stærðar yngri árgangs í veiðistofni (55. mynd). Þetta bendir til þess

að seinasti veturinn og vorið á ævi hvers árgangs áður en hann verður kynþroska og bætist í veiðistofninn skipti sköpum, a.m.k. þegar árferði er slæmt eins og tvö undanfarin ár. Brynt er að finna lausn á þessari gátu enda virðist ágústmánuður eina vonin til þess að fá megi upplýsingar sem gætu gert okkur kleift að spá fram í tímann af nokkru viti.

Ekki má leggja að jöfnu mælingar á smáloðnu í ágúst og mælingar á hrygningar- og veiðistofni að haust- og vetrarlagi eins og oft virðist þó gert. Eðli þessara mælinga er allt annað og á engan hátt sambærilegt. Hinar síðarnefndu snúast um fullorðinn fisk eftir að áhrifa náttúrunnar á afkomu hans og ástand er að miklu leyti hætt að gæta. Frá því smáloðnumælingarnar fara fram á loðnan hins vegar eftir að komast yfir þann erfiða hjalla sem 2. veturinn á ævi hennar sjáanlega getur verið auk þess sem breytileg vaxtarskilyrði ein sér geta valdið allt að 30% mun í meðalþyngd loðnu á 3. ári haustið fyrir hrygningu.

## 5. LOKAORÐ

Hér að framan hefur verið leitast við að rekja í stórum dráttum framkvæmd bergmálmælinga á stærð loðnustofnsins og skýra þær ástæður sem liggja til þess að þegar á heildina er litið finnst okkur rannsóknamönnum að gagnrýni á vinnubrögð og niðurstöður hafi oft verið óbilgjarnari en efni standa til.

Hitt sýnist jafnljóst að þrátt fyrir þessa greinargerð munu margir verða okkur ósammála enn um hríð að minnsta kosti. Eins og áður getur er það skoðun okkar sem þessar mælingar gerðum að þær hafi gefið nokkuð rétta mynd af stærð loðnustofnsins þann tíma sem þær hafa verið gerðar og þar af leiðandi af því hvernig loðnustofninn hefur verið nýttur. Eins og sjá má á 56. mynd var gengið mjög nærri hrygningarstofninum í tvígang á árum áður (1981 og 1982) þrátt fyrir allharkalegar stjórnunaraðgerðir á þeim tíma. Sama kann að hafa verið uppi á teningnum vorið 1990 þótt um það verði ekki fullyrt. Enda þótt veiðarnar hafi líklega ekki skert viðkomu loðnustofnsins hingað til er samt sem áður næsta ljóst að það er ekki hægt að stunda óheftar loðnuveiðar til frambúðar án þess að eiga það á hættu að þær leiði til viðkomubrests fyrr eða síðar.

Í nánustu framtíð er því mest um vert að reyna að finna leiðir til þess að auka tiltrú á bergmálmælingar á loðnustofninum og umfram allt að koma á nánara og traustara sambandi milli okkar rannsóknamanna og sjómanna og útvegsmanna en því, sem ríkir á þeim vígstöðvum í augnablikinu. Og víst er um það að ekki hvarflar að neinum að ekki sé hægt að bæta loðnumælingar, ráðgjöf og um leið stjórn loðnuveiða. Til þess að þetta megi verða þurfa menn væntanlega að hittast oftar til að ræða málin og skiptast á skoðunum. Til dæmis er svo að sjá að menn hafi ekki gert sér grein fyrir því grundvallaratriði að við metum aðstæður til mælinga hverju sinni og dæmum síðan mælinguna gilda eða ónothæfa eftir því sem við á. Að öðru leyti þurfa menn greinilega að kynnast betur vinnubrögðum og þankagangi hvor annars. En þessu til viðbótar þarf að koma eitthvað áþreifanlegra.

Í fyrra vetur voru nokkur loðnuskip við loðnuleit meðan rannsóknaskipin mældu stofnstærðina. Þetta gafst afar vel og sparaði rannsóknaskipunum miklar siglingar, tíma sem þau gátu síðan notað til þess að sinna loðnusvæðinu sjálfu betur en annars hefði verið mögulegt. Einsýnt virðist að koma á slíkri samvinnu til frambúðar bæði haust og vetur, en finna verður leiðir til þess að fjármagna leitarkostnaðinn svo að allir geti við unað. Fyrir utan mjög svo áþreifanlegt hagnýtt gildi leiðir samvinna af þessu tagi sjálfkrafa til miklu nánari samskipta fyrir, um og eftir sjálfan mælingatímann en hingað til hafa átt sér stað.

Í öðru lagi er aukin útgerð rannsóknaskipa, einkum að vetrarlagi. Hér er ekki átt við frekari mælingar á aðalhrygningargöngunum við suðurströndina en almennt hafa verið gerðar heldur er hugmyndin sú að gera rannsóknamönnum kleift að kanna og mæla

frekari loðnugöngur, einkum á Vestfjarðamiðum í mars og byrjun Apríl. Oft koma fréttir af slíkum göngum á þessum árstíma, sjálfsagt misjafnlega áreiðanlegar eins og gengur. Bagalegt er að geta sjaldnast kannað slíkar fréttir til hlítar, bæði vegna þess að sú loðna hefði tæpast verið mæld áður og því ekki í kvótanum og svo einfaldlega vegna þess að bætast myndi við þá þekkingu sem við höfum um líffræði og göngur tegundarinnar. Því miður er Hafrannsóknastofnun ekki ætlað fjármagn nema til takmarkaðra loðnurannsókna og nemur það engan veginn þeirri útgerð sem stunduð var á seinustu vertíð hvað þá meiru.

Þá er að nefna þátttöku skipstjórnarmanna í bergmálsleiðöngrum og ferðir rannsóknamanna með veiðiskipum. Varðandi þátttöku skipstjórnarmanna í leiðöngrum stofnunarinnar viljum við enn áréttu gamalt boð um að koma með okkur eftir því sem "húsrúm leyfir". Það stendur enn. Að því er okkur sjálfa varðar er málið allt vandræðalegra og ástæðan er einfaldlega sú að við erum of fáir. Okkur veitist örðugt að manna þá bergmálsleiðangra sem okkur er ætlað að fara samkvæmt starfsáætlun og má ekkert út af bera. Sannleikurinn er sá að nauðsynlegt er að fá a.m.k. tvo sérþjálfaða menn til viðbótar í þessi störf. Mikilvægur hluti af þjálfun þeirra þyrfti að eiga sér stað um borð í veiðiskipum líkt og var um okkur hina á sínum tíma. Þá yrði með betra móti hægt að fjölga bergmálsleiðöngrum frá því sem nú er. Þetta kostar vitanlega peninga eins og aukin útgerð. Þetta eru engin ný sannindi og hefur oft verið á þau minnst.

Loks er að nefna mælingar á smáloðnu á öðru ári en góðar mælingar af því tagi eru aðalforsenda þess að hægt sé að segja til um hvers megi vænta á næstu vertíð með einhverjum fyrirvara og af einhverju viti. Vorin fyrir vertíðirnar 1984/85-1990/91 lögðum við fram tillögur um bráðabirgðakvóta (í þúsundum tonna) fyrir sumar- og haustvertíð eins og sýnt er í eftirfarandi textatöflu:

Vertíðir	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91
Aflakvóti	300	700	800	500	500	900	600

Þessir aflakvótar voru um helmingur til tveir þriðju hlutar af því sem spá byggð á smáloðnumælingum, meðal vaxtarskilyrðum og hlutfalli eldri árgangs í veiðistofni gerði ráð fyrir. Eins og þegar hefur verið gerð grein fyrir brugðust þessar spár hrapalega tvær síðustu vertíðir og þess vegna liggur ekki fyrir tillaga um bráðabirgðakvóta fyrir sumar- og haustvertíðina 1991 - í fyrsta skipti í 8 ár.

Af þessum sökum hafa um nokkra hríð heyrst raddir í þá veru að óhætt muni að setja fastan byrjunarkvóta, eins konar lágmark, og 4-500 þús. tonn nefnd í því samhengi. Þetta teljum við óforsvaranlega stjórnunarhætti á þeirri forsendu að sú staða muni koma upp, og hafi raunar gert það oftast en einu sinni, að hrygningarstofninn næði ekki lágmarksviðmiðun í vertíðarlok og hefði jafnvel verið veiddur upp. Þess vegna verður að beita öllum tiltækum ráðum til að finna leiðir til þess að bæta aðferðir við rannsóknir á smáloðnu og afdrifum hennar til þess að sjá fram í tímann með meiri nákvæmni en nú er hægt. Eins og auðskiljanlegt er og nýleg dæmi sýna skiptir þetta einkum miklu máli þegar stofninn er í lægð og takmarkað hvað er til skiptanna ef nokkuð.

Tafla 1. Loðnuafli Íslendinga og annarra þjóða eftir vertíðum árin 1964-1991.

Ár Year	Vetrarvertíð Winter season			Sumar og haustvertíð Summer and autumn season				Samtals Total
	Ísland Iceland	Noregur Norway	Færeyjar Faeroes	Ísland Iceland	Noregur Norway	Færeyjar Faeroes	Aðrir Others	
1964	8.6	-	-	-	-	-	-	8.6
1965	49.7	-	-	-	-	-	-	49.7
1966	124.5	-	-	-	-	-	-	124.5
1967	97.2	-	-	-	-	-	-	97.2
1968	78.1	-	-	-	-	-	-	78.1
1969	170.6	-	-	-	-	-	-	170.6
1970	190.8	-	-	-	-	-	-	190.8
1971	182.9	-	-	-	-	-	-	182.9
1972	276.5	-	-	-	-	-	-	276.5
1973	440.9	-	-	-	-	-	-	440.9
1974	461.9	-	-	-	-	-	-	461.9
1975	457.1	-	-	3.1	-	-	-	460.7
1976	338.7	-	-	114.4	-	-	-	453.1
1977	549.2	-	24.3	259.7	-	-	-	833.2
1978	468.4	-	36.2	497.5	154.1	3.4	-	1.159.6
1979	521.7	-	18.2	442.0	124.0	22.0	-	1.127.9
1980	392.0	-	-	367.4	118.7	24.2	17.3	919.6
1981	156.0	-	-	484.6	91.4	16.2	20.8	769.0
1982	13.2	-	-	-	-	-	-	13.2
1983	-	-	-	133.4	-	-	-	133.4
1984	439.6	-	-	425.2	104.6	10.2	8.5	988.1
1985	348.5	-	-	644.8	193.0	65.9	16.0	1.268.2
1986	341.8	50.0	-	552.5	149.7	65.4	5.3	1.164.7
1987	500.6	59.9	-	311.3	82.1	65.2	-	1.019.1
1988	600.6	56.6	-	311.4	11.5	48.5	-	1.028.6
1989	609.1	56.0	-	53.9	52.7	14.4	-	786.1
1990	612.0	62.3	12.3	84.8	22.0	5.6	-	799.0
1991	202.6	-	-	-	-	-	-	-

Tafla 2. Samanburður endurtekinna mælinga á sömu hlutum stofnsins þar sem afli milli mælinga er nánast enginn og tímamunur lítil. Fjöldi í milljörðum og þyngd í þús. tonna.

Vestfirðir

	Aldur 2		Aldur 3		Samtals	
	Fjöldi	Þyngd	Fjöldi	Þyngd	Fjöldi	Þyngd
16/10-29/10 1978						
Mæling 1	58.3	1,142.7	13.5	344.3	71.8	1,487.0
Mæling 2 (hætt við)	45.0	882.0	10.3	263.7	55.3	1,145.7
Mæling 3	63.4	1,242.6	14.6	372.3	78.0	1,614.9
Meðaltal 1 og 3	60.8	1,192.7	14.1	358.4	74.9	1,551.0

Austfirðir

	Aldur 3		Aldur 4		Samtals	
	Fjöldi	Þyngd	Fjöldi	Þyngd	Fjöldi	Þyngd
01/02-07/02 1979						
Mæling 1	21.3	428.1	5.0	121.4	26.3	549.5
Mæling 2	22.0	442.8	5.2	125.6	27.2	568.4
Mæling 3	23.5	472.1	5.5	133.9	29.0	606.0
Meðaltal	22.3	447.6	5.2	127.0	27.5	574.6

Vestfirðir

	Aldur 3		Aldur 4		Samtals	
	Fjöldi	Þyngd	Fjöldi	Þyngd	Fjöldi	Þyngd
08/02-18/02 1979						
Mæling 1	20,9	424.3	4.6	110.9	25.5	535.2
Mæling 2	22.7	460.8	6.0	144.6	28.7	605.4
Meðaltal	21,8	442.6	5.3	127.8	27.1	570.3

Austfirðir

	Aldur 3		Aldur 4		Samtals	
	Fjöldi	Þyngd	Fjöldi	Þyngd	Fjöldi	Þyngd
20/01-29/01 1981						
Mæling 1 (of gróf yfirf.)	15.2	312.5	4.3	117.5	19.5	430.0
Mæling 2 (of gróf yfirf.)	9.5	156.2	2.7	73.8	12.2	270.0
Mæling 3	11.4	234.7	3.2	87.3	14.6	322.0
Meðaltal	12.0	234.5	3.4	92.7	15.4	340.7

Tafla 3. Niðurstöður bergmálmælinga á hinum kynþroska hluta loðnustofnsins (veiðistofni) í fjölda (milljörðum) og þyngd (þús. tonna) eftir aldri að haustlagi 1978-1990. Skip: BS=Bjarni Sæmundsson; ÁF=Árni Friðriksson; GOS=G. O. Sars; MS=Michael Sars.

Ár	Dagsetning	Skip	Fjöldi/þyngd	Aldur			Samtals
				2	3	4	
1978	16/10-29/10	BS	Fjöldi	60.6	13.9	0.4	74.9
			Þyngd	1189.1	353.3	10.5	1,552.9
1979 *	27/07-12/08	BS GOS	Fjöldi	33.0	5.0	+	38.0
			Þyngd	390.2	85.8	0.8	476.8
1979 *	25/09-05/10	BS MS	Fjöldi	42.0	8.0	0.1	50.1
			Þyngd	638.8	166.5	3.6	808.9
1979	14/10-26/10	BS	Fjöldi	49.7	9.1	0.4	59.2
			Þyngd	780.3	209.3	8.3	997.9
1980	11/10-22/10	BS GOS	Fjöldi	19.5	4.8	+	24.3
			Þyngd	377.5	128.2	+	505.7
1981 *	14/10-23/10	BS GOS	Fjöldi	6.9	0.2	-	7.1
			Þyngd	134.0	4.4	-	138.4
1981	03/11-12/11	BS	Fjöldi	16.6	0.3	-	16.9
			Þyngd	316.9	7.5	-	324.4
1981	26/11-29/11	BS	Fjöldi	11.9	0.6	-	12.5
			Þyngd	230.4	13.5	-	243.9
1982	02/10-20/10	BS GOS	Fjöldi	15.0	1.6	-	16.6
			Þyngd	247.2	38.6	-	285.8
1983	03/10-22/10	BS ÁF GOS	Fjöldi	58.6	5.6	0.1	64.3
			Þyngd	982.7	126.8	2.3	1,111.8
1984	01/11-22/11	BS ÁF	Fjöldi	31.9	10.3	0.3	42.5
			Þyngd	542.1	265.8	7.0	814.9
1985	08/10-29/10	BS ÁF	Fjöldi	43.7	14.4	0.4	58.5
			Þyngd	738.8	341.9	11.8	1,092.5
1986 *?	04/10-22/10	BS ÁF	Fjöldi	19.9	29.8	0.3	50.0
			Þyngd	359.9	719.3	8.6	1,087.8
1987 *	07/10-23/10	BS ÁF	Fjöldi	17.1	4.1	0.1	21.3
			Þyngd	300.3	103.0	3.1	406.4
1987	18/11-04/12	BS	Fjöldi	52.0	13.5	-	65.5
			Þyngd	929.1	348.1	-	1,277.2
1988	06/10-24/10	BS ÁF	Fjöldi	53.1	17.0	0.4	70.5
			Þyngd	820.2	399.3	8.4	1,227.9
1989 *	26/10-29/11	BS ÁF	Fjöldi	4.7	0.6	-	5.3
			Þyngd	51.0	16.0	-	67.0
1989 *	05/12-18/12	BS	Fjöldi	4.9	0.4	-	5.3
			Þyngd	84.2	10.4	-	94.8
1990	08/11-27/11	BS	Fjöldi	16.4	2.7	0.1	19.2
			Þyngd	296.0	68.8	3.6	368.4

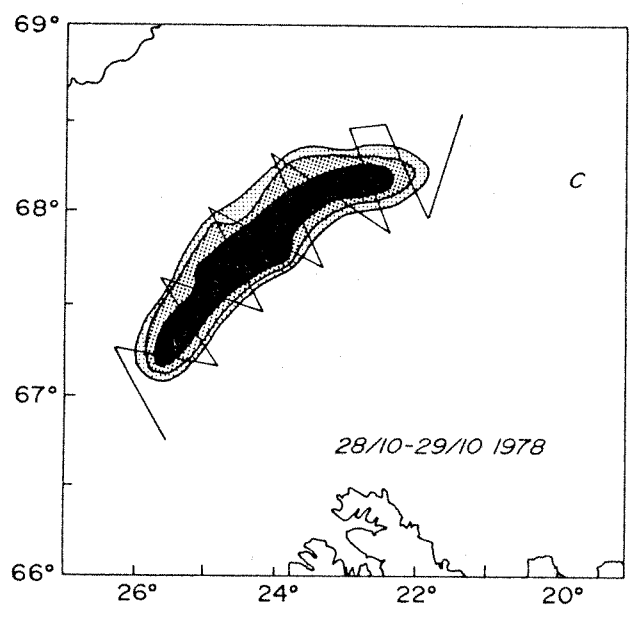
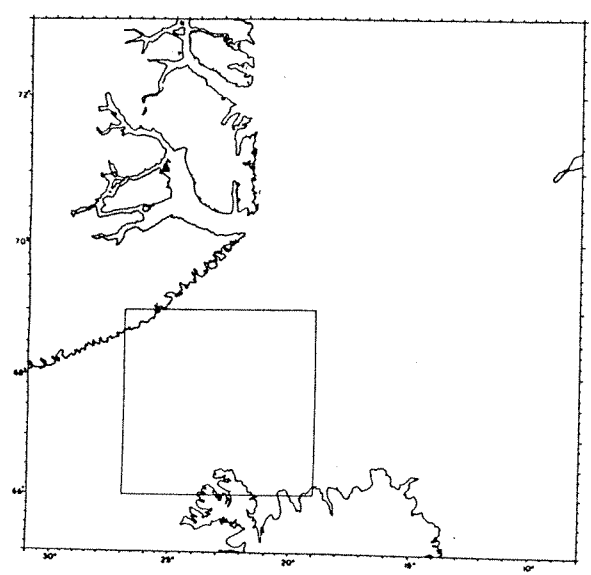
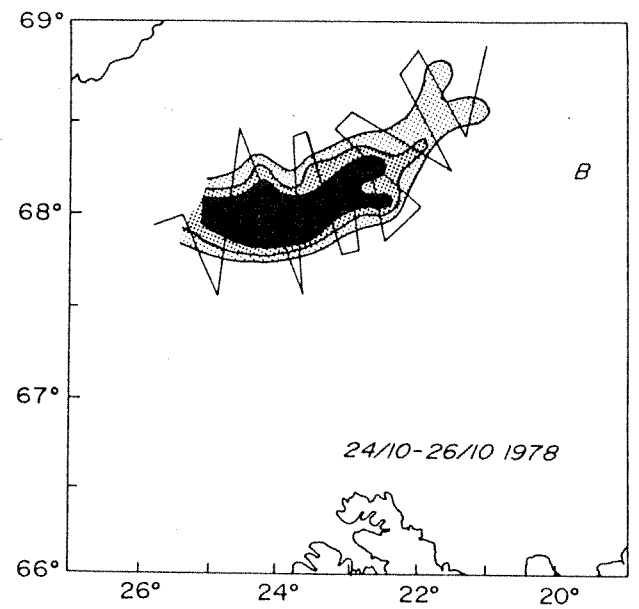
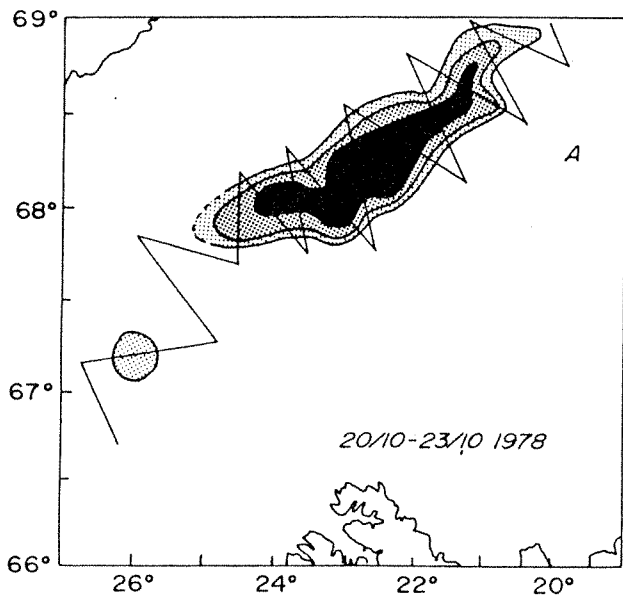
\* Dæmt ógilt vegna íss og/eða óheppilegrar dreifingar og hegðunar loðnunnar.

Tafla 4. Niðurstöður bergmálmælinga á hinum kynþroska hluta loðnustofnsins (veiðistofni) í fjölda (milljörðum) og þyngd (þús. tonna) eftir aldri að vetrarlagi 1979-1991. Skip: BS=Bjarni Sæmundsson; ÁF=Árni Friðriksson.

Ár	Dagsetning	Skip	Fjöldi/þyngd	Aldur			Samtals
				3	4	5	
1979 *	01/02-18/02	BS	Fjöldi	44.1	10.3	0.3	54.7
			Þyngd	890.2	254.8	9.0	1,154.0
1979	27/02-01/03	BS	Fjöldi	13.5	3.7	+	17.2
			Þyngd	249.5	92.8	+	342.3
1980	25/01-28/01	BS ÁF	Fjöldi	41.7	3.8	+	45.5
			Þyngd	633.7	92.1	+	755.8
1981 *	20/01-29/01	BS ÁF	Fjöldi	12.0	3.4	+	15.4
			Þyngd	234.5	92.7	+	340.7
1982	20/01-21/02	BS ÁF	Fjöldi	7.7	0.5	-	8.2
			Þyngd	151.8	13.5	-	165.3
1983	14/01-13/02	BS ÁF	Fjöldi	13.6	1.9	-	15.5
			Þyngd	251.7	47.9	-	299.6
1984	14/01-09/02	BS ÁF	Fjöldi	36.1	7.1	+	43.2
			Þyngd	695.8	183.2	+	879.0
1985	14/01-29/01	BS ÁF	Fjöldi	21.1	11.5	0.1	32.7
			Þyngd	402.8	312.7	3.5	719.0
1985	17/02-20/02	ÁF	Fjöldi	18.0	11.1	0.2	29.3
			Þyngd	373.7	309.4	6.2	680.1
1986			Engin mæling				
1987	16/01-04/02	BS ÁF	Fjöldi	17.4	27.6	0.2	45.2
			Þyngd	333.5	689.2	5,8	1,028.5
1988			Engin mæling				
1989	05/01-20/01	BS	Fjöldi	37.1	11.5	-	48.6
			Þyngd	659.3	274.5	-	933.8
1990 **	06/01-21/01	ÁF BS	Fjöldi	26.2	10.1	0.3	36.6
			Þyngd	473.2	270.4	8.5	752.1
1991 **	04/01-25/01	ÁF BS	Fjöldi	13.3	2.3	-	15.6
			Þyngd	258.3	57.3	-	315.6
1991	08/02-12/02	ÁF BS	Fjöldi	20.5	4.0	-	24.5
			Þyngd	412.7	110.4	-	523.1

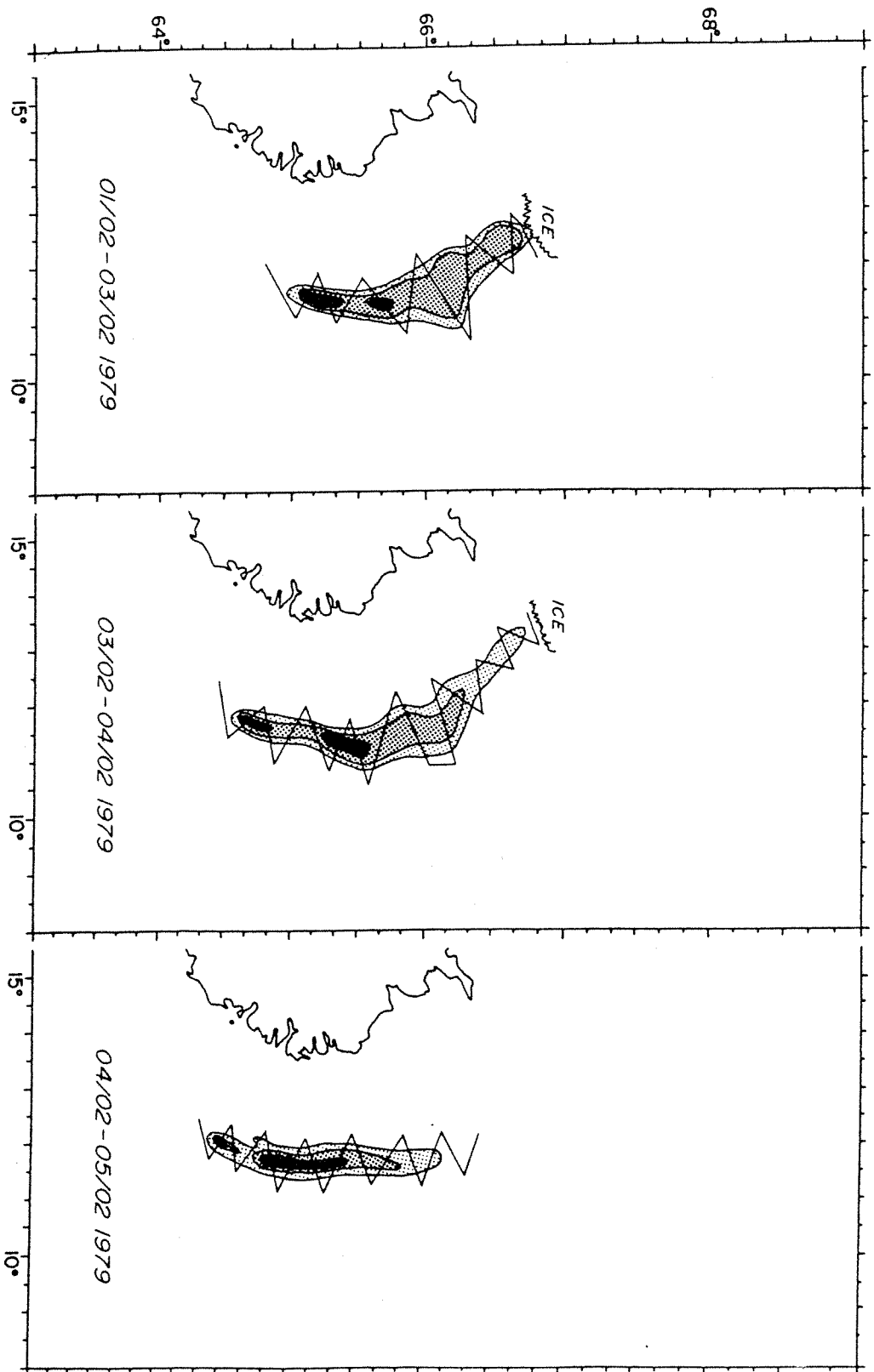
\* Meðaltal endurtekinna mælinga.

\*\* Talið vafasamt hvort náð hefði til alls stofnsins.

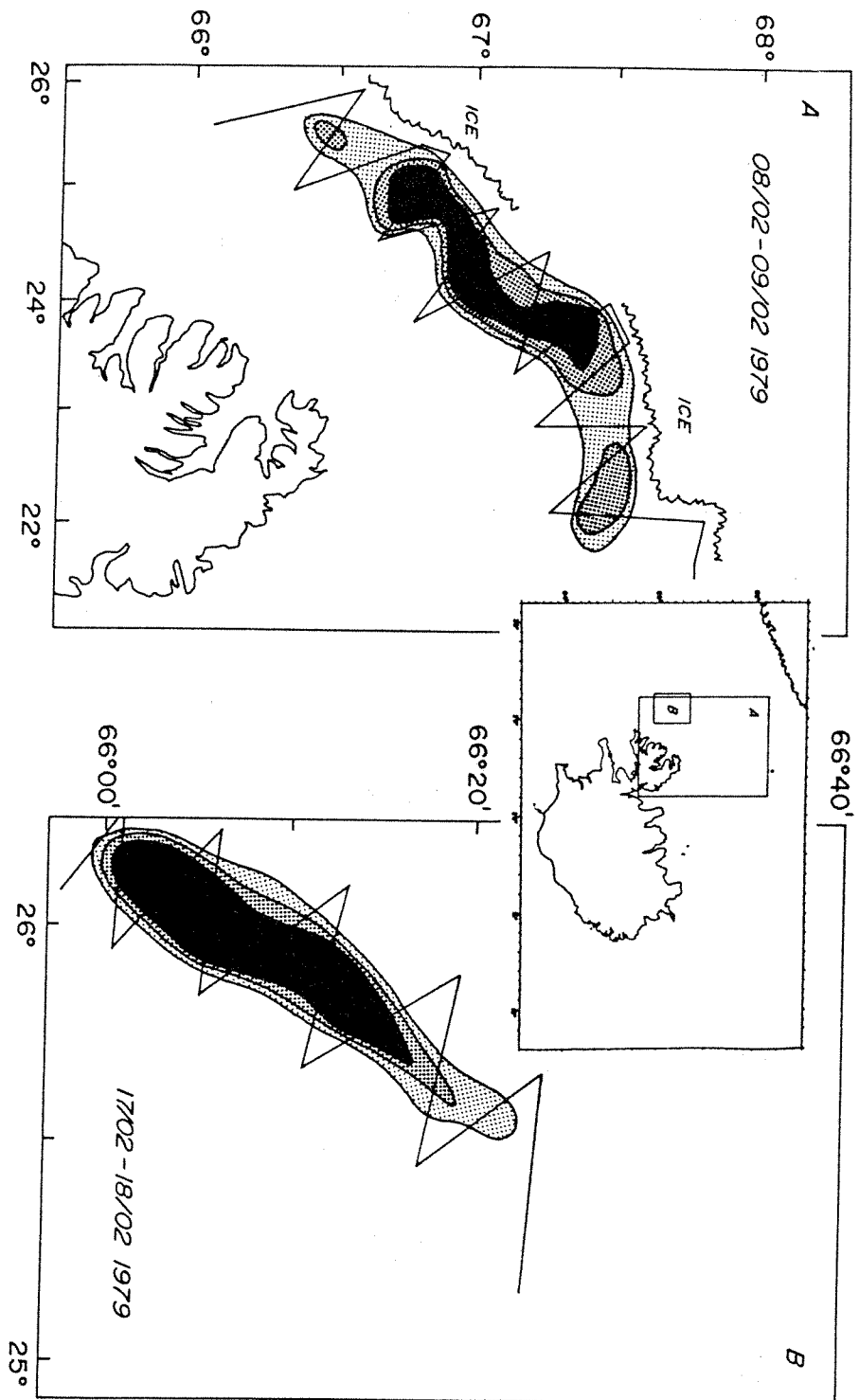


Mynd 1. Leiðarlínur og loðnudreifing, októbermæling 1978.

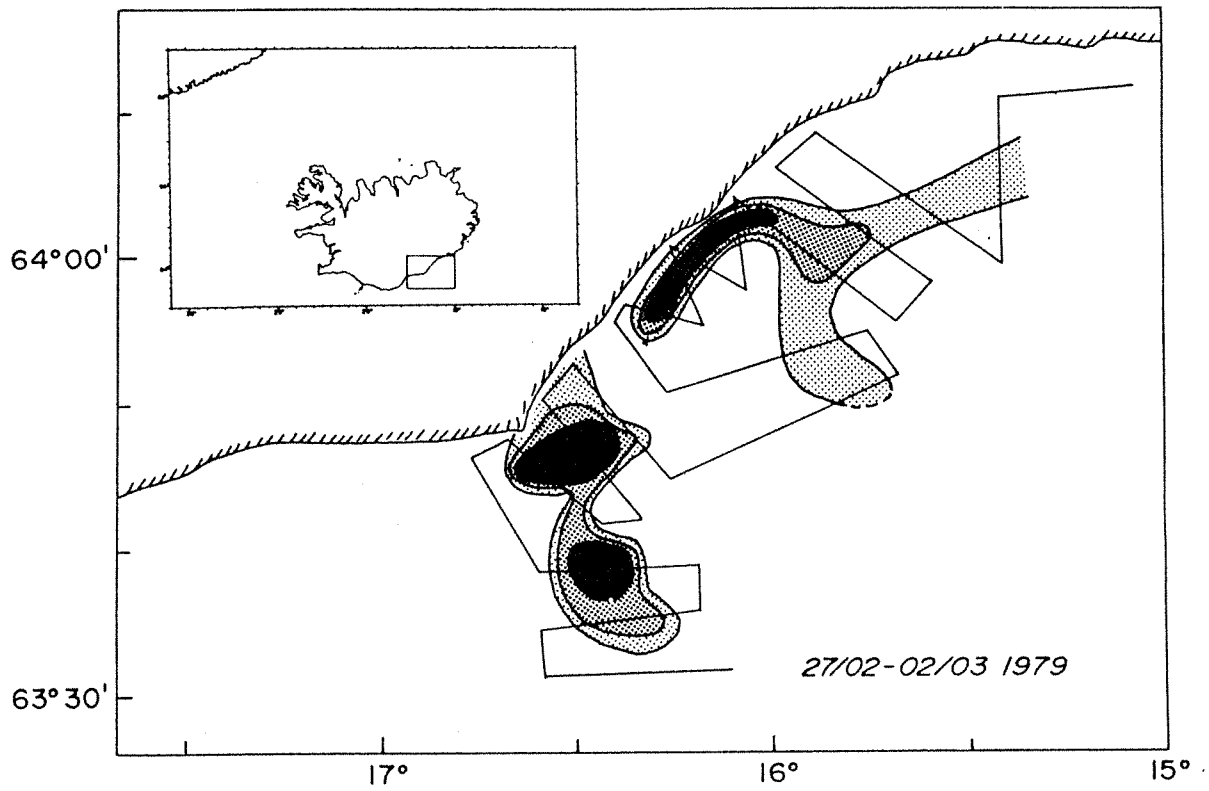




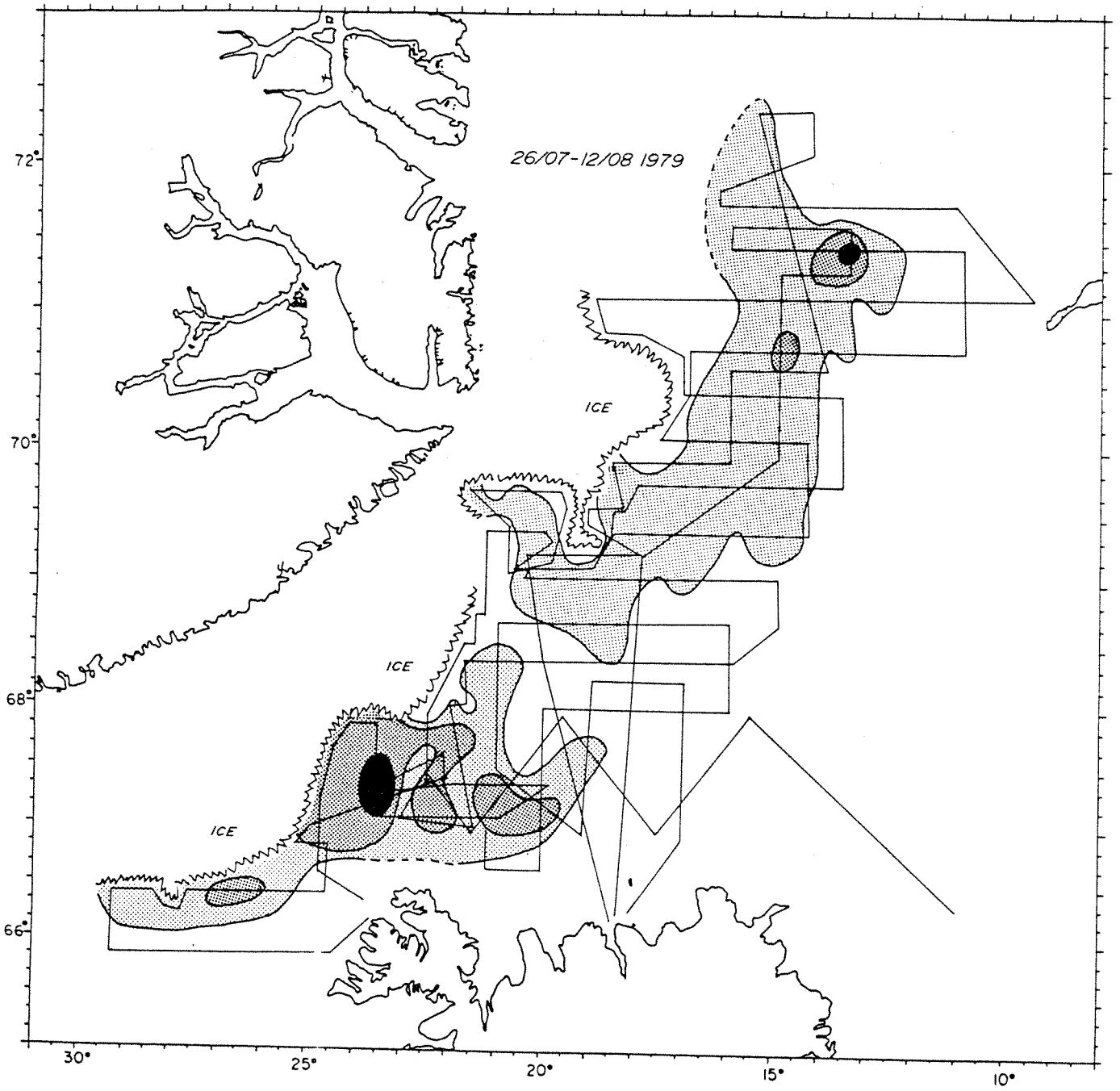
Mynd 2. Leiðarlínur og loftmyndreifing, Austfirðir, febrúarmæling 1979.



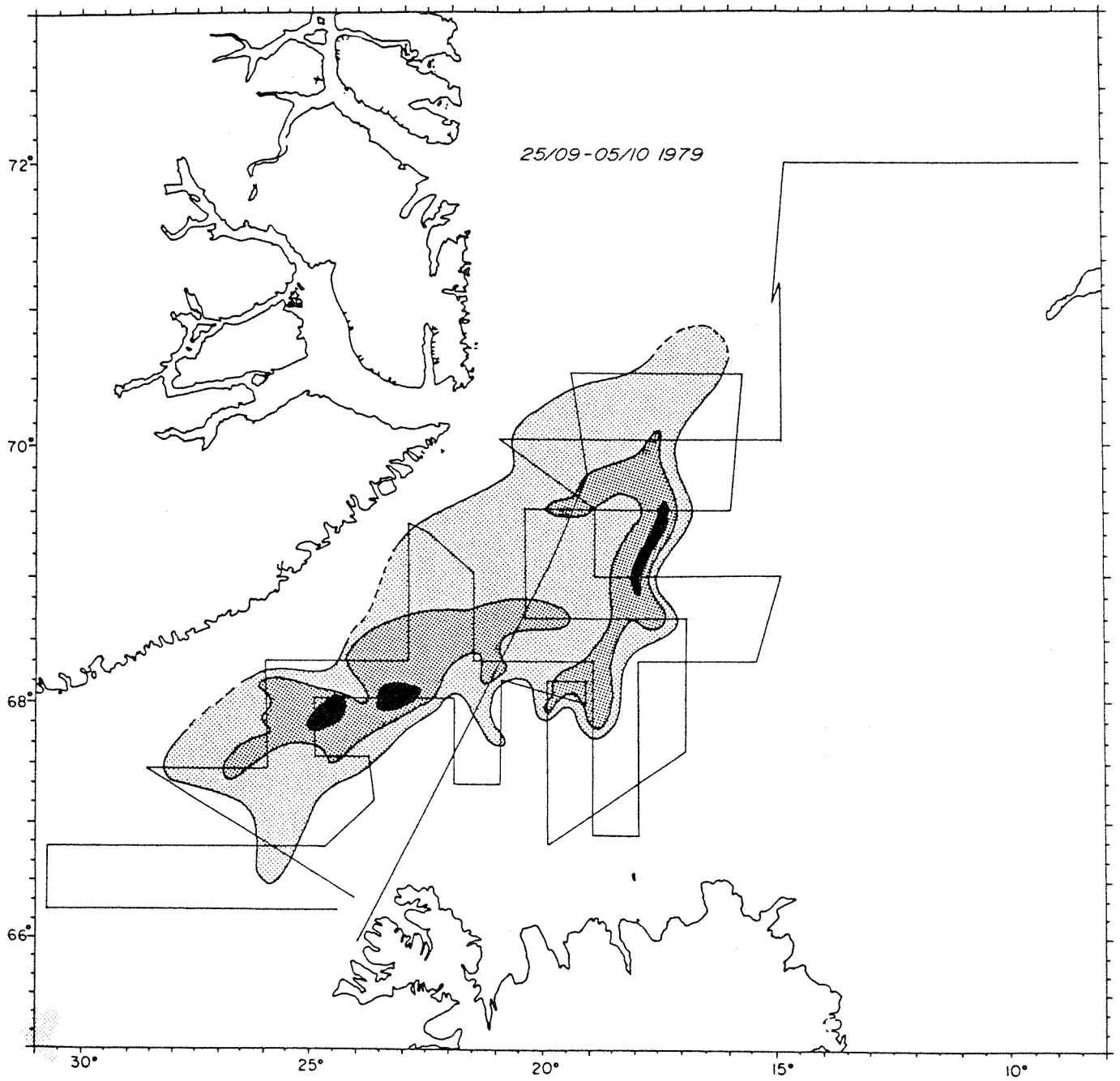
Mynd 3. Leiðarlínur og loðnudreifing, Vestfirðir, febrúarmæling 1979.



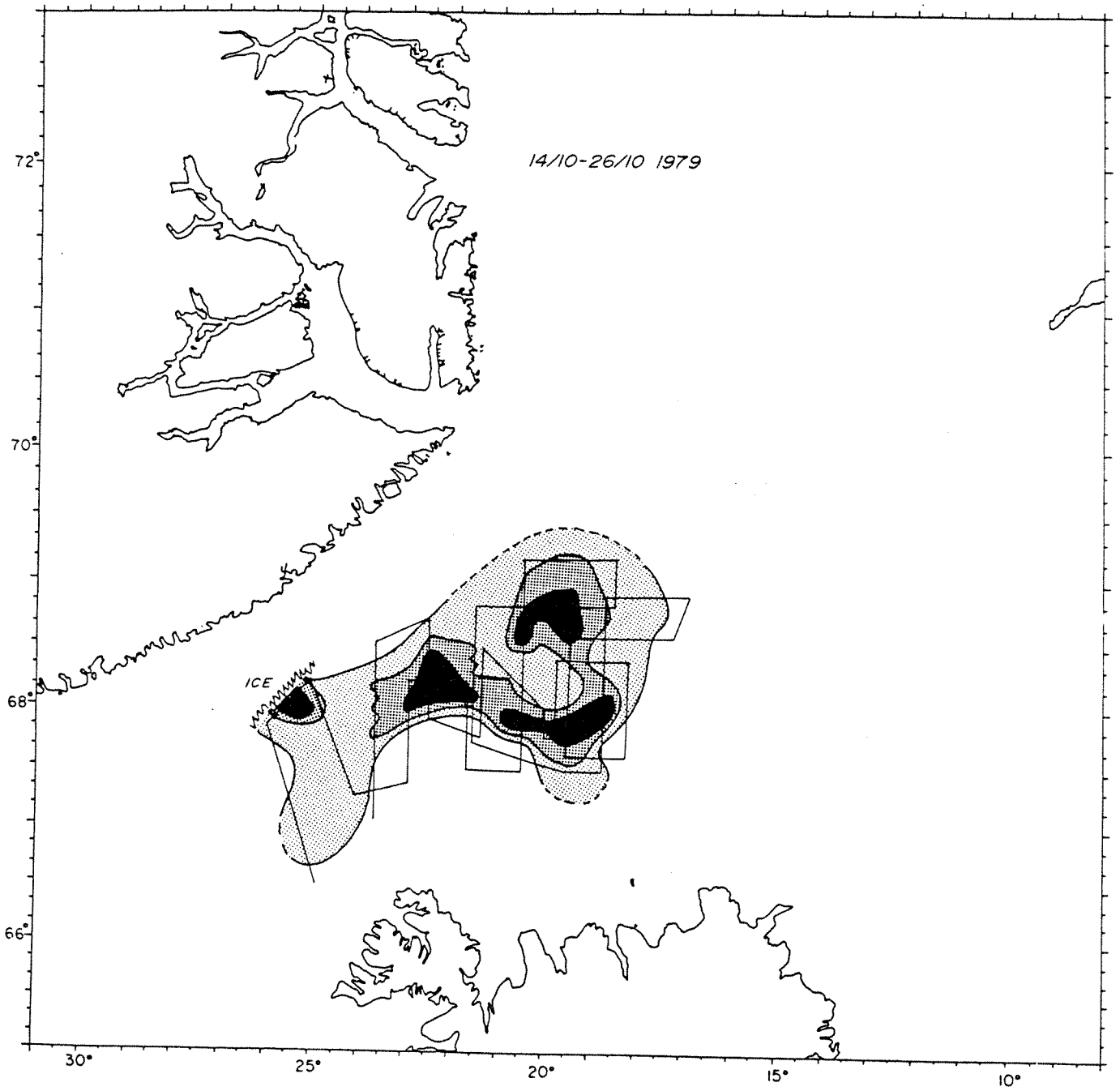
Mynd 4. Leiðarlínur og loðnudreifing, SA-land, marsmæling 1979.



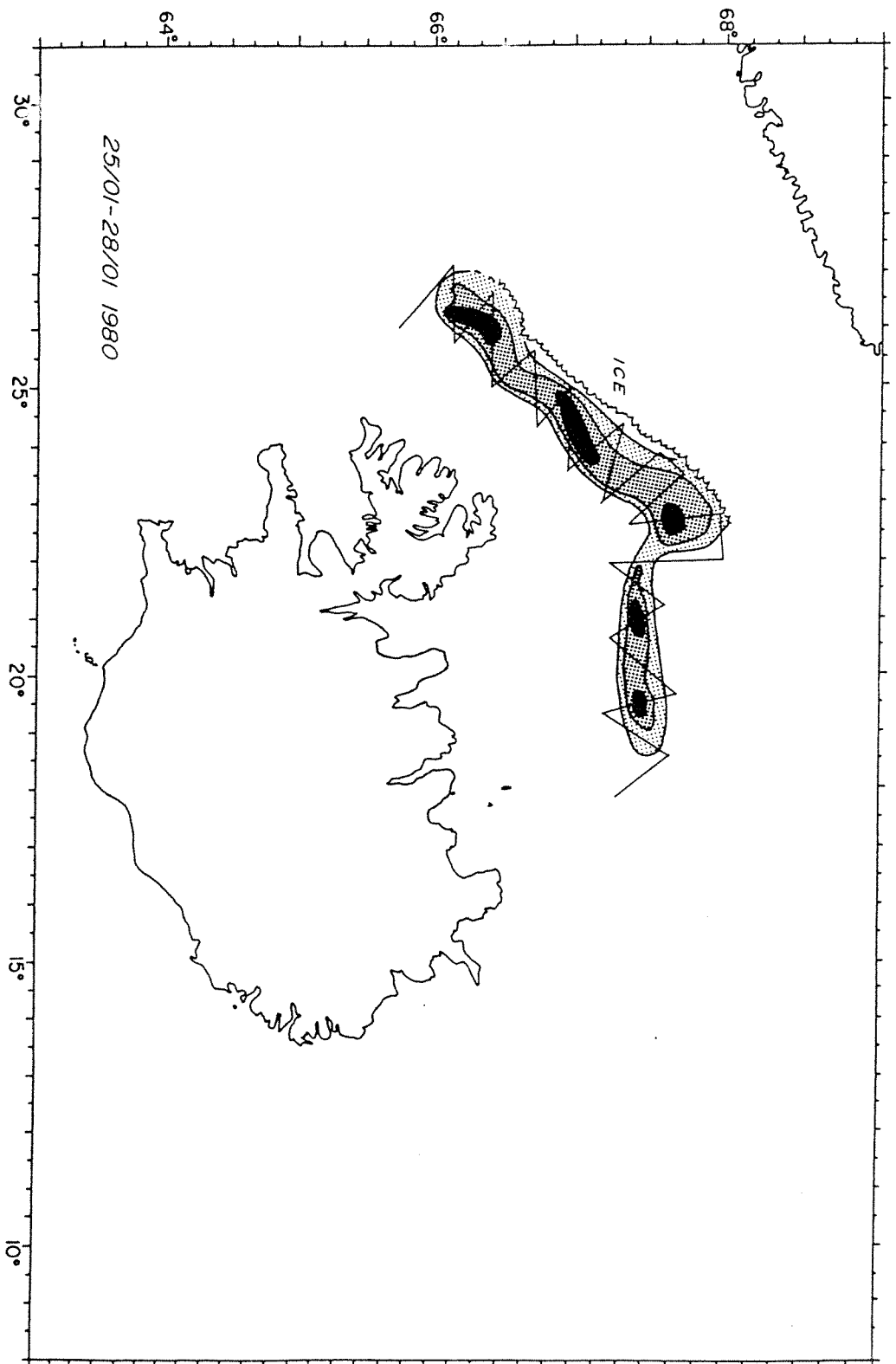
Mynd 5. Leiðarlínur og loðnudreifing, mæling í júlí/ágúst 1979.



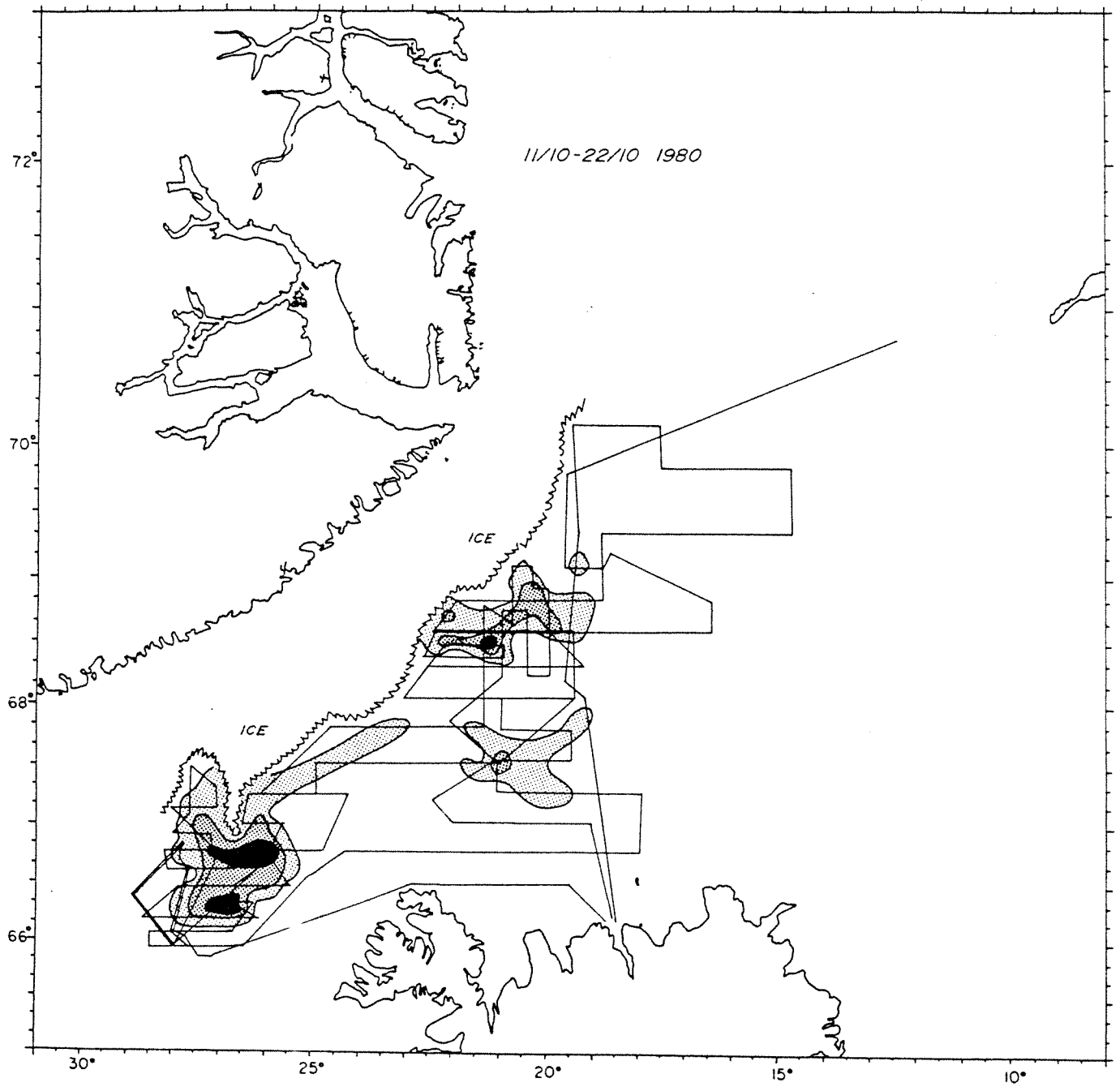
Mynd 6. Leiðarlínur og loðnudreifing, mæling í september/október 1979.



Mynd 7. Leiðarlínur og loðnudreifing, októbermæling 1979.

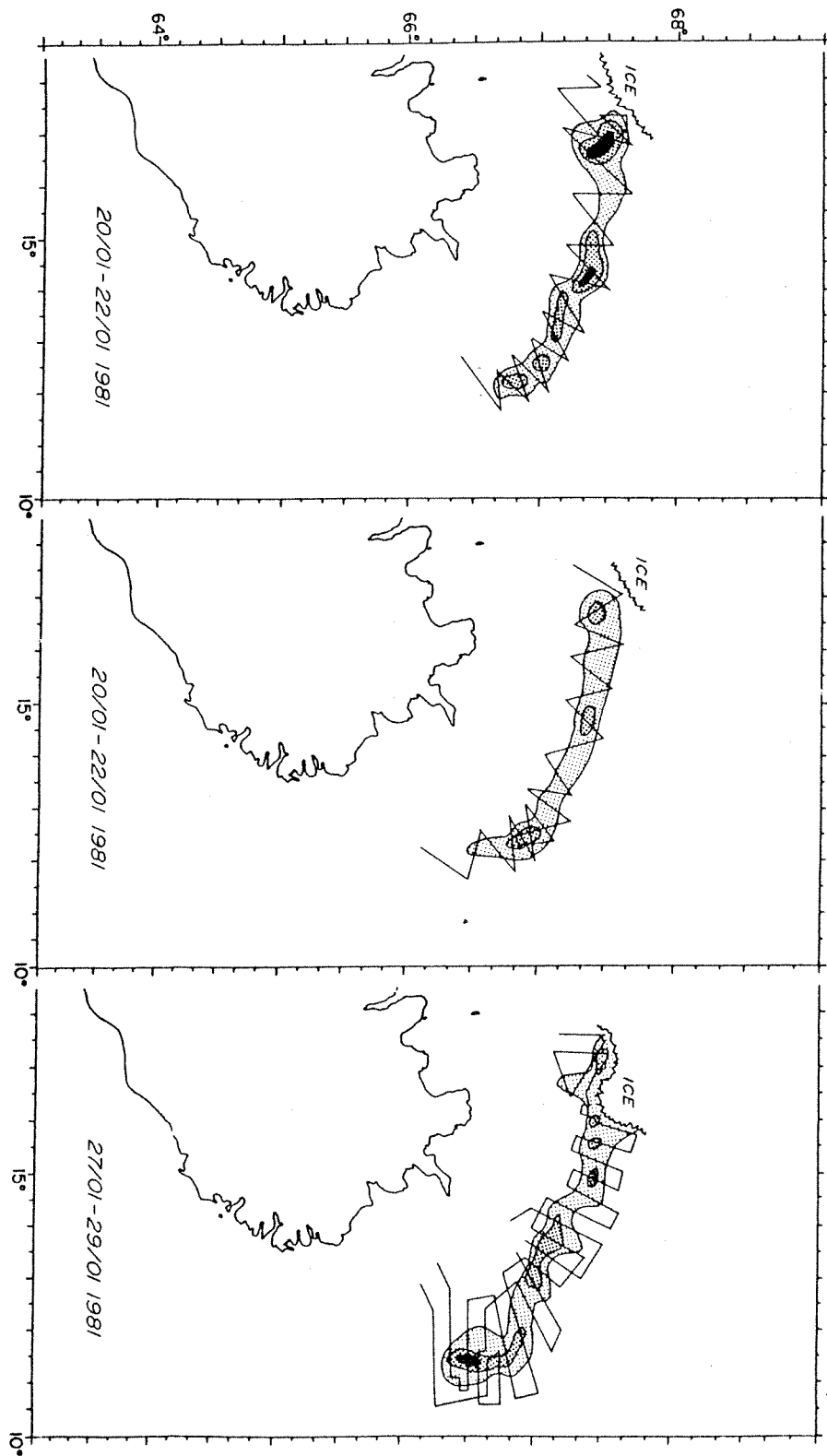


Mynd 8. Leiðarlínur og loðnudreifing, N-land, janúarmæling 1980.

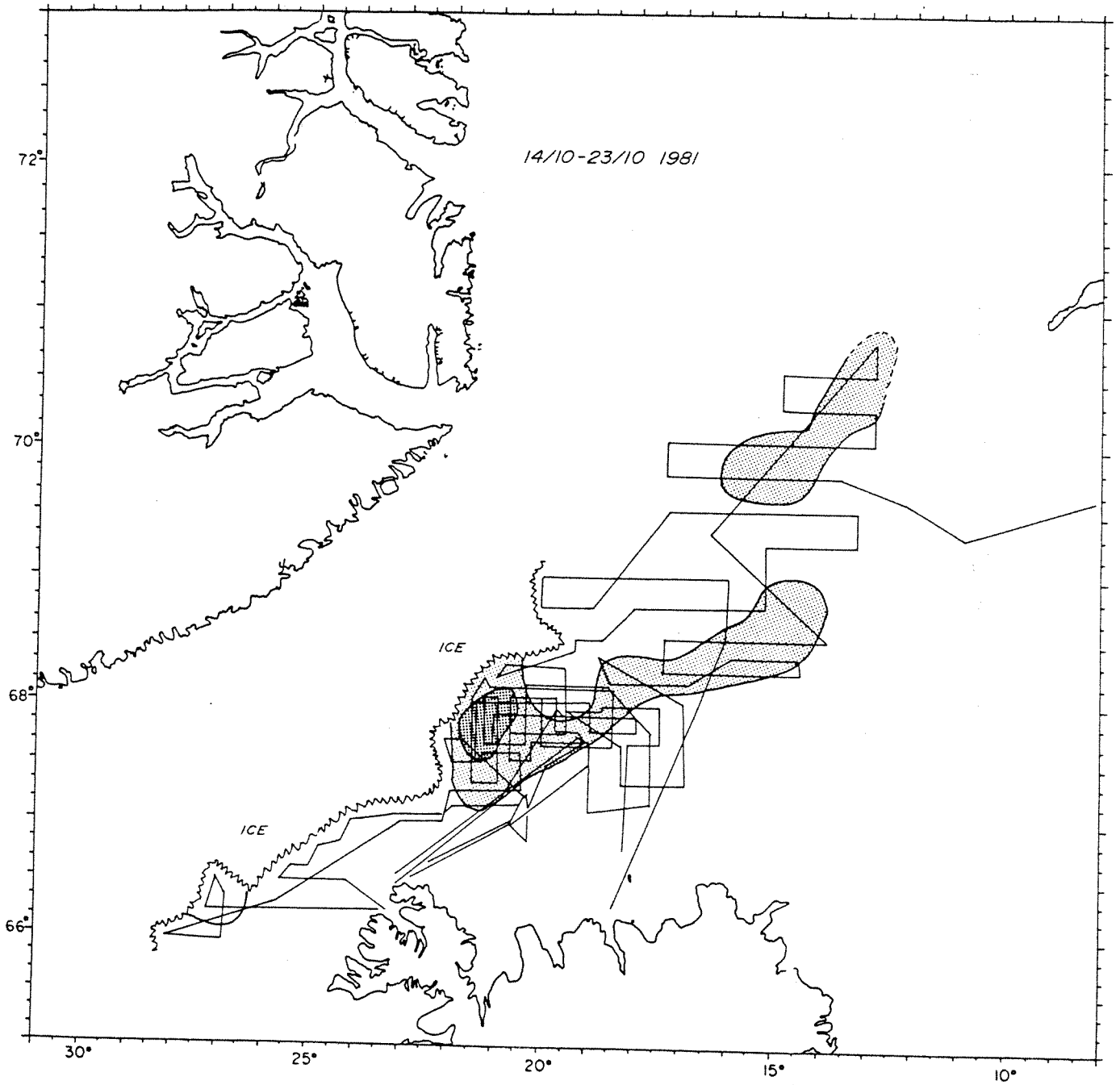


Mynd 9. Leiðarlínur og loðnudreifing, októbermæling 1980.

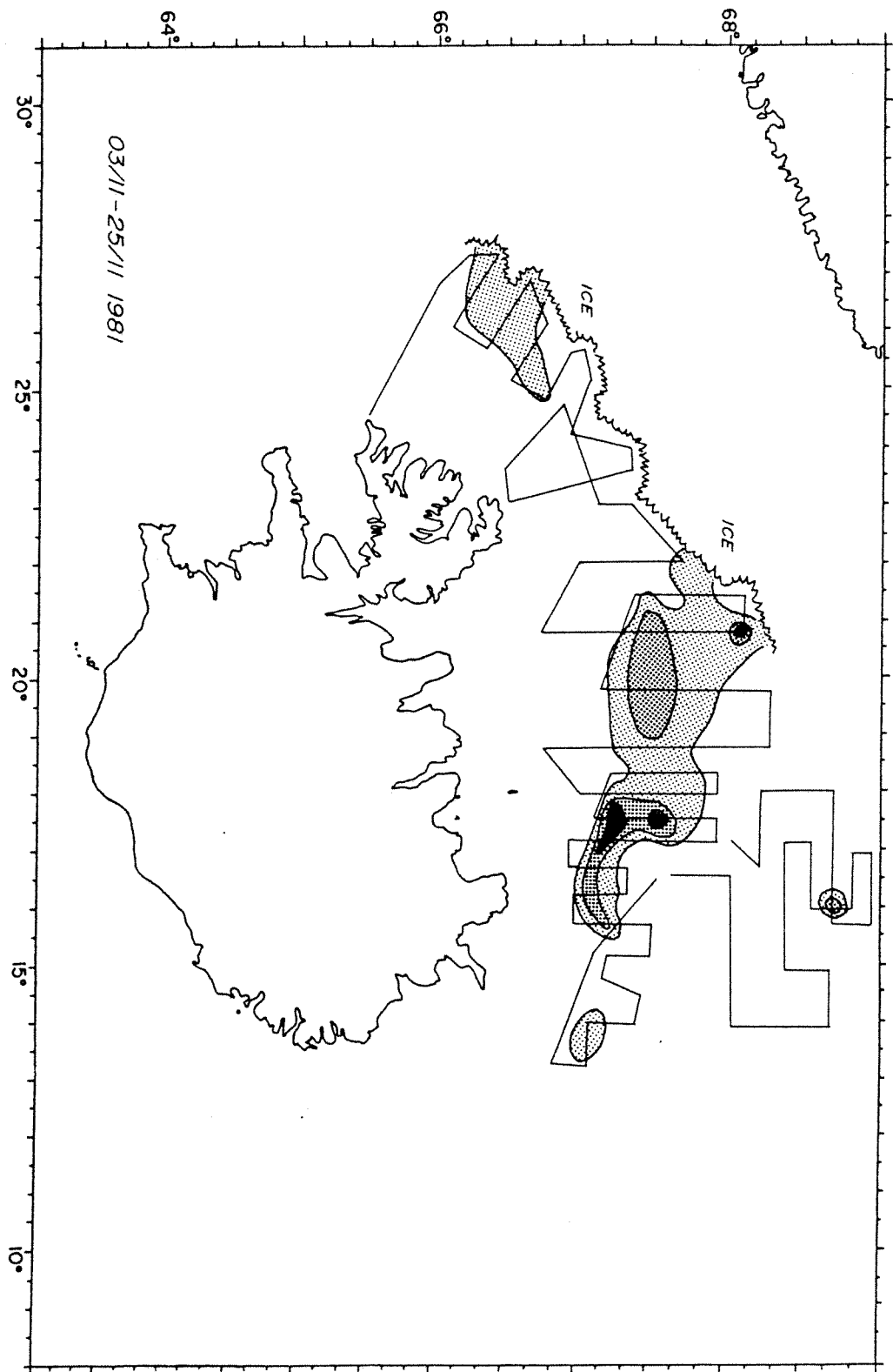




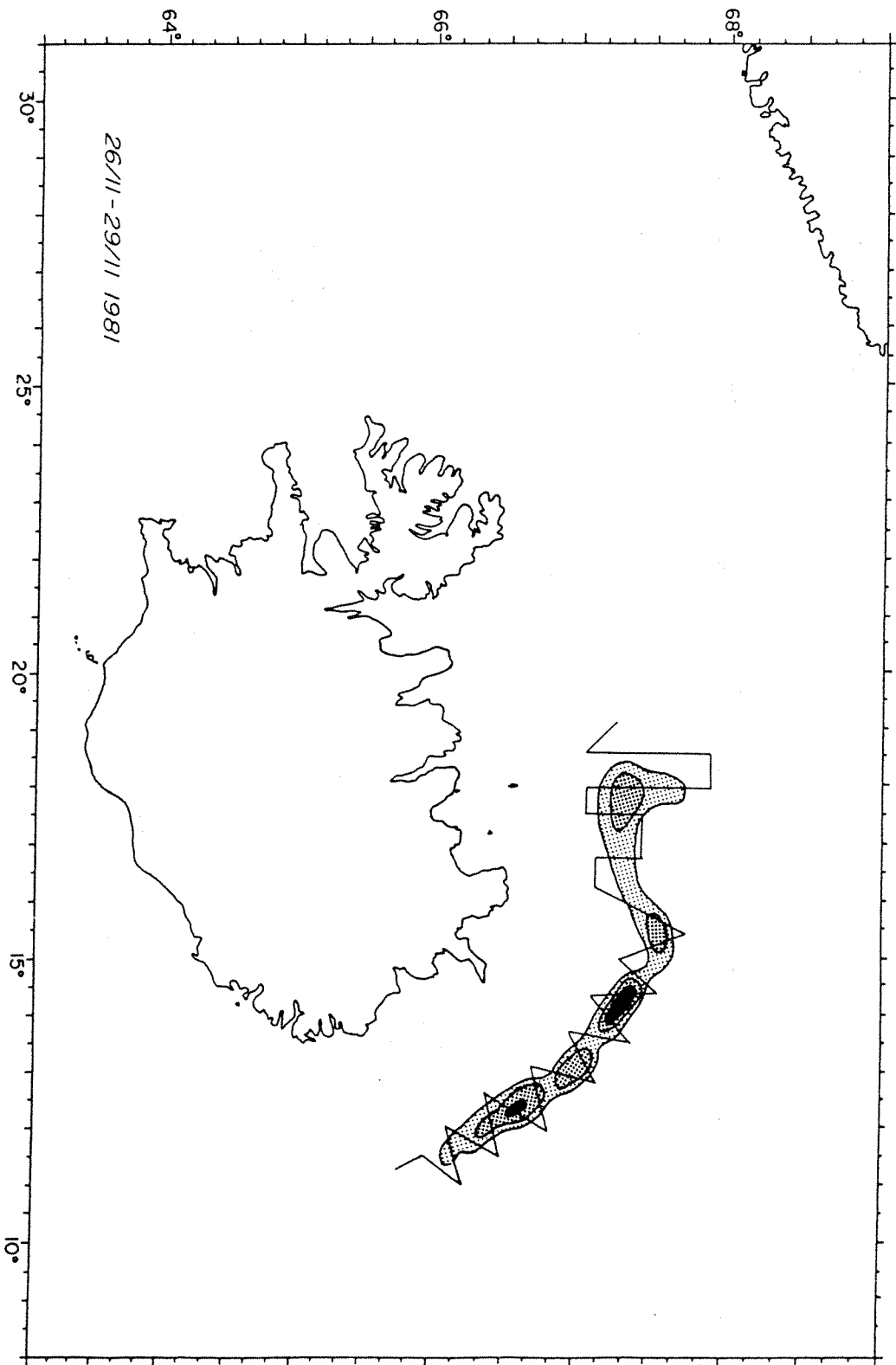
Mynd 10. Leiðarlínur og loðndreifing, NA-land, janúarmælingar 1981.



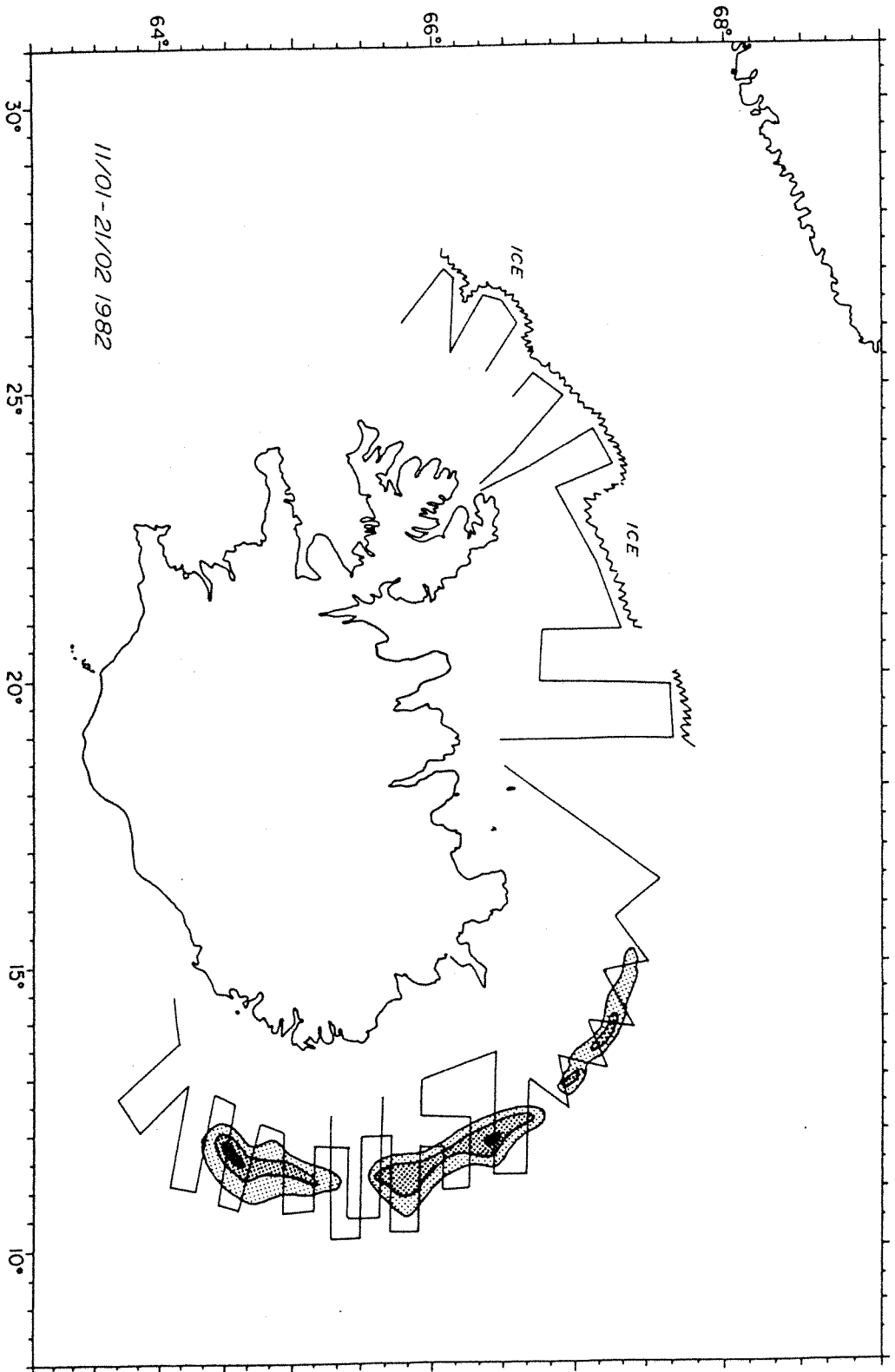
Mynd 11. Leiðarlínur og loðnudreifing, októbermæling 1981.



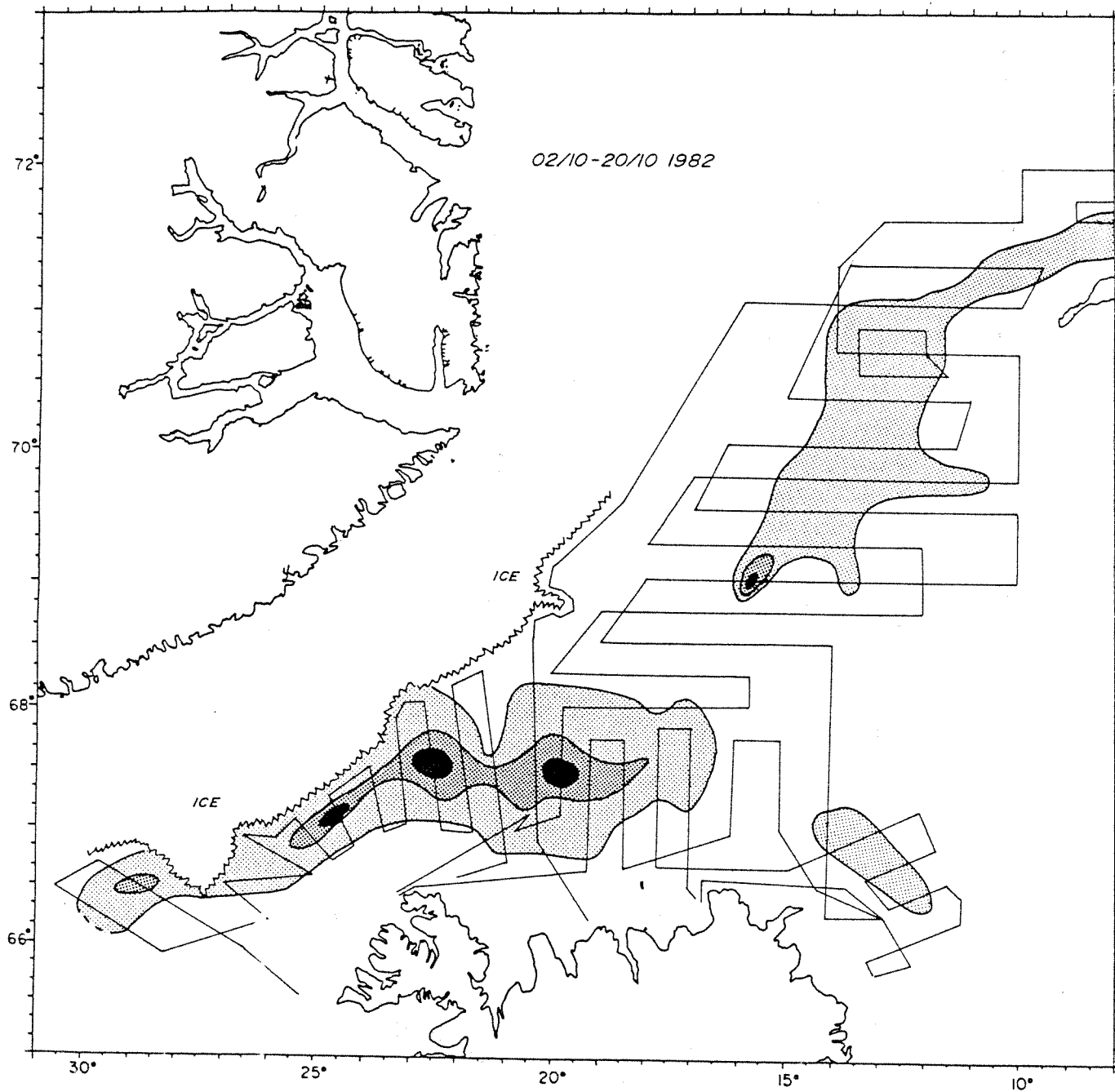
Mynd 12. Leiðarlínur og loðndreifing, nóvembermæling 1981.



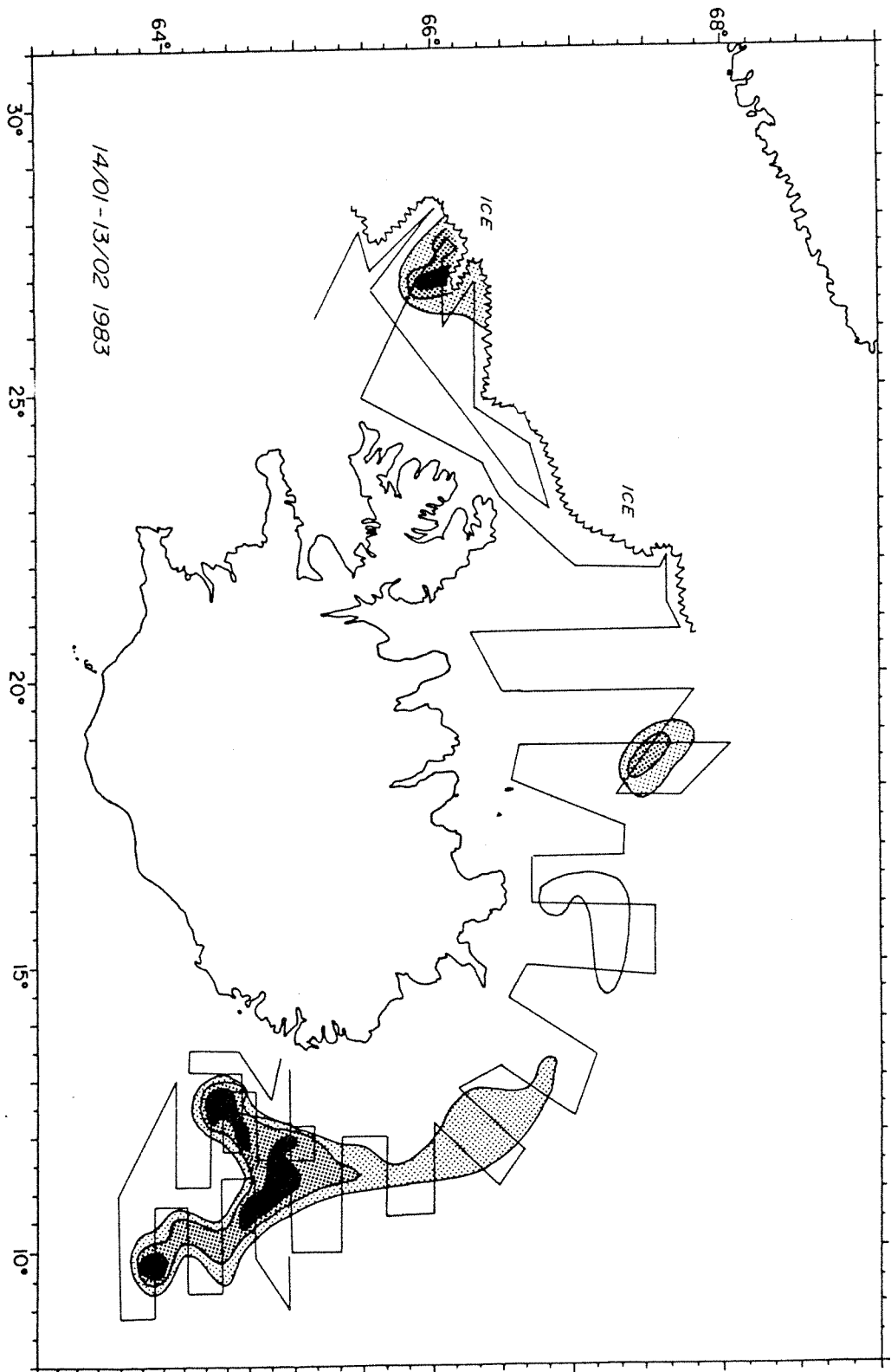
Mynd 13. Leifjarlinur og loðnudreifing, nóvembermæling 1981.



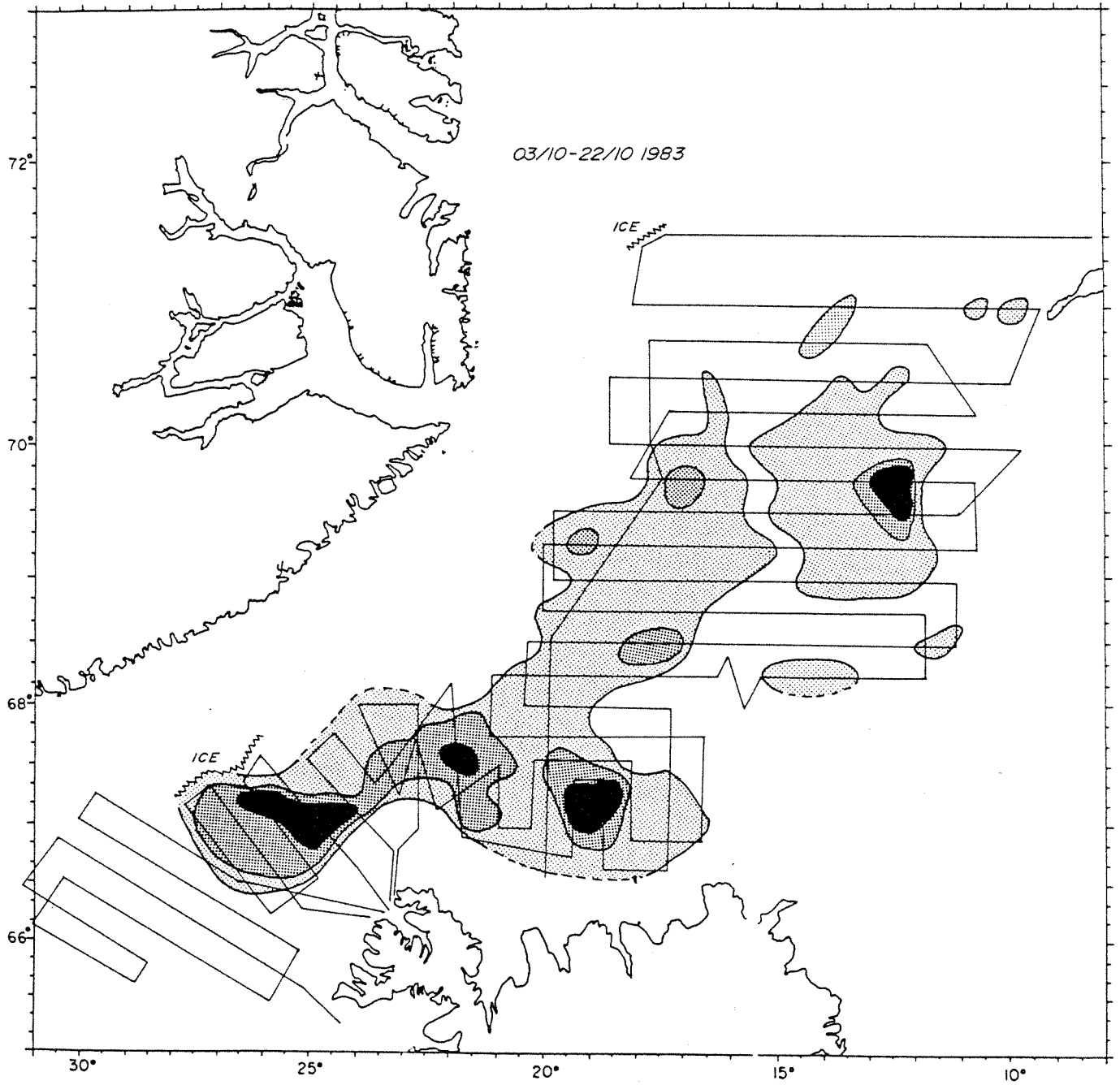
Mynd 14. Leiðarlínur og lóðudreifing, Austfirðir, janúar/febrúar 1982.



Mynd 15. Leiðarlínur og loðnudreifing, október 1982.

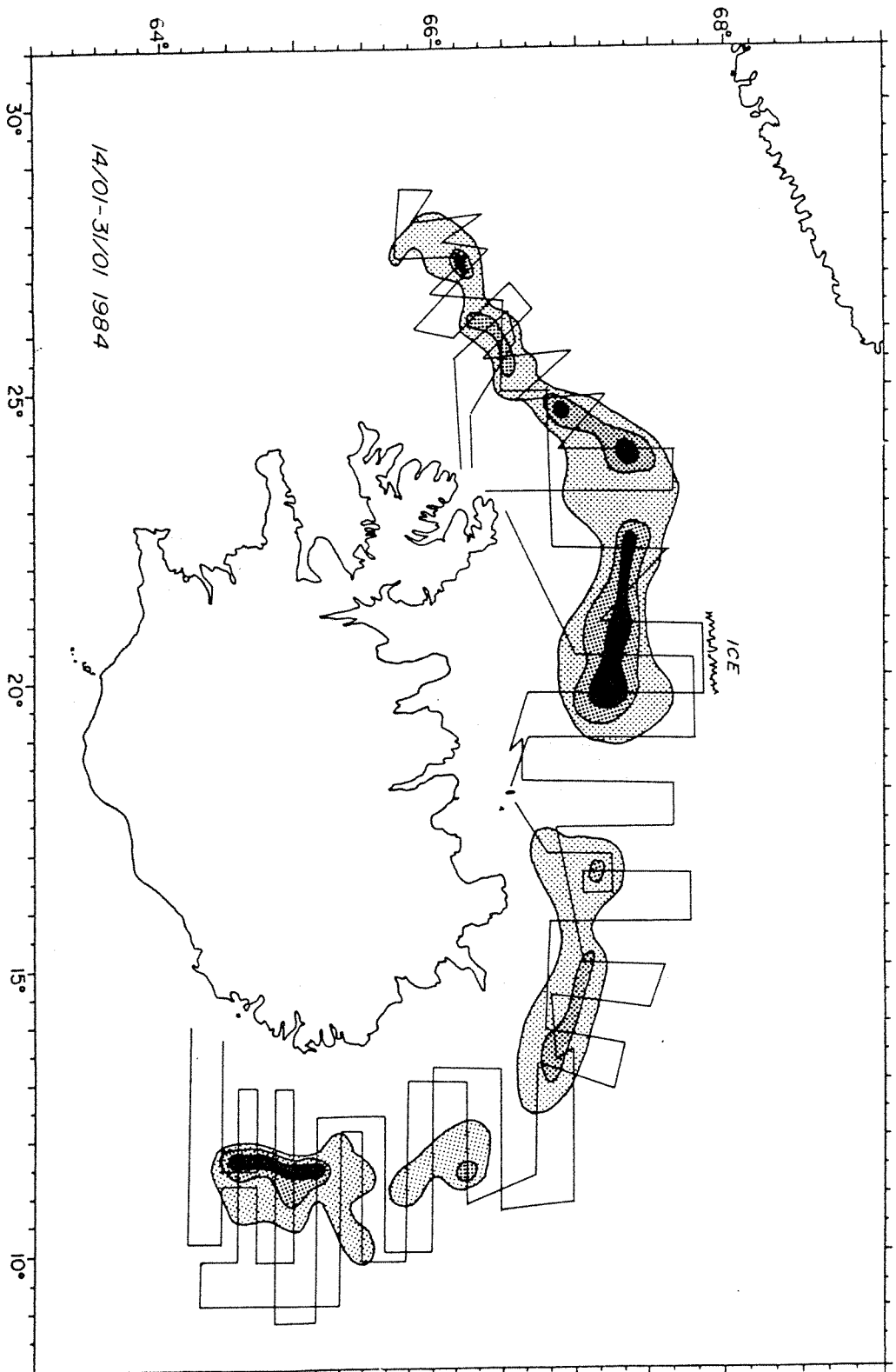


Mynd 16. Leiðarlínur og loðnudreifing, Austfirðir, janúarmælingar 1983.

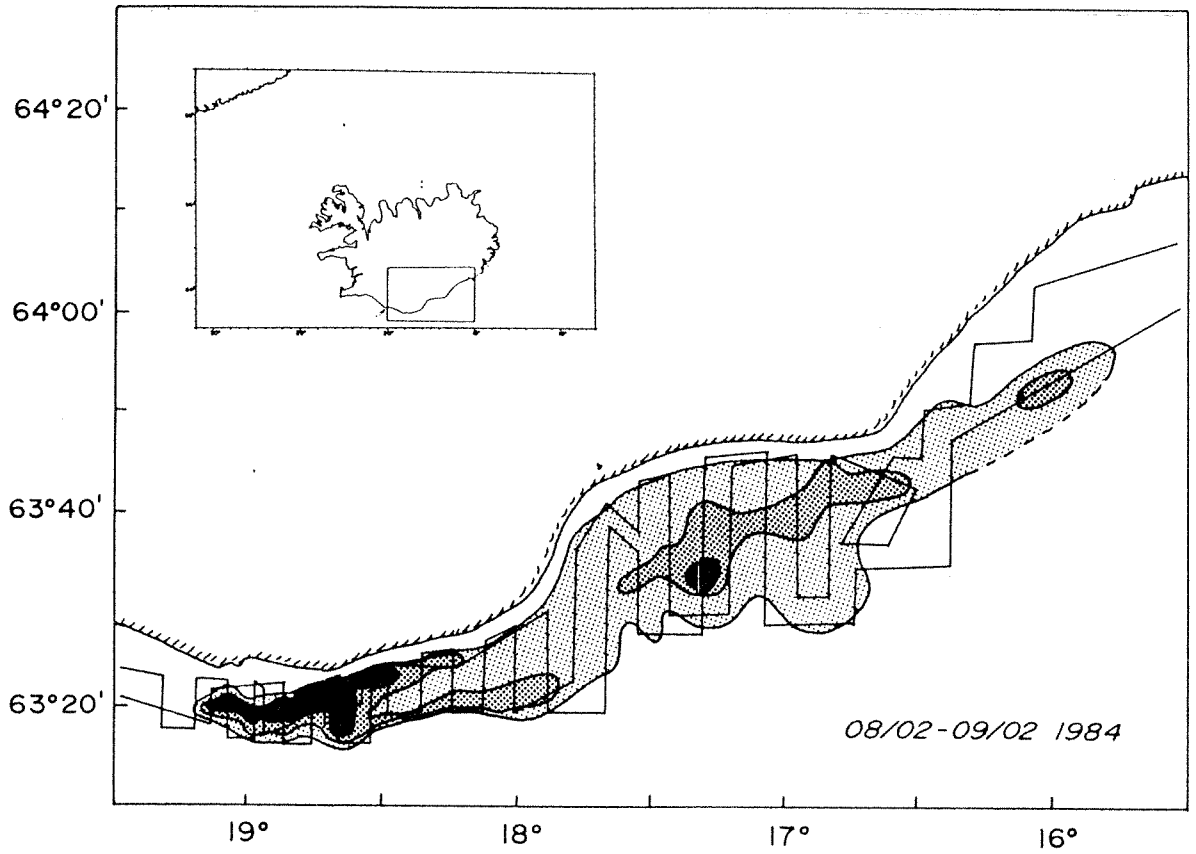


Mynd 17. Leiðarlínur og loðnudreifing, októbermælingar 1983.

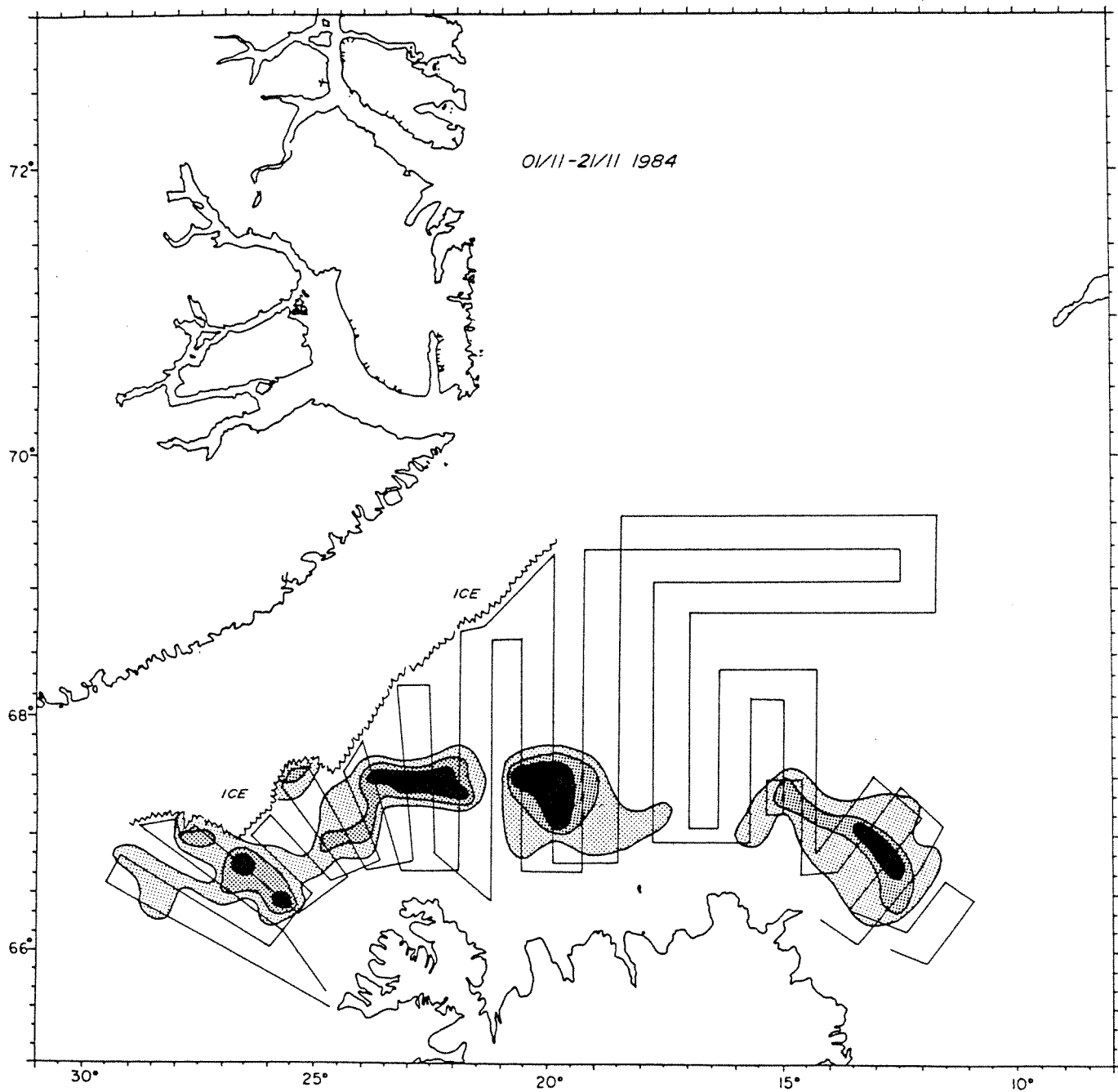




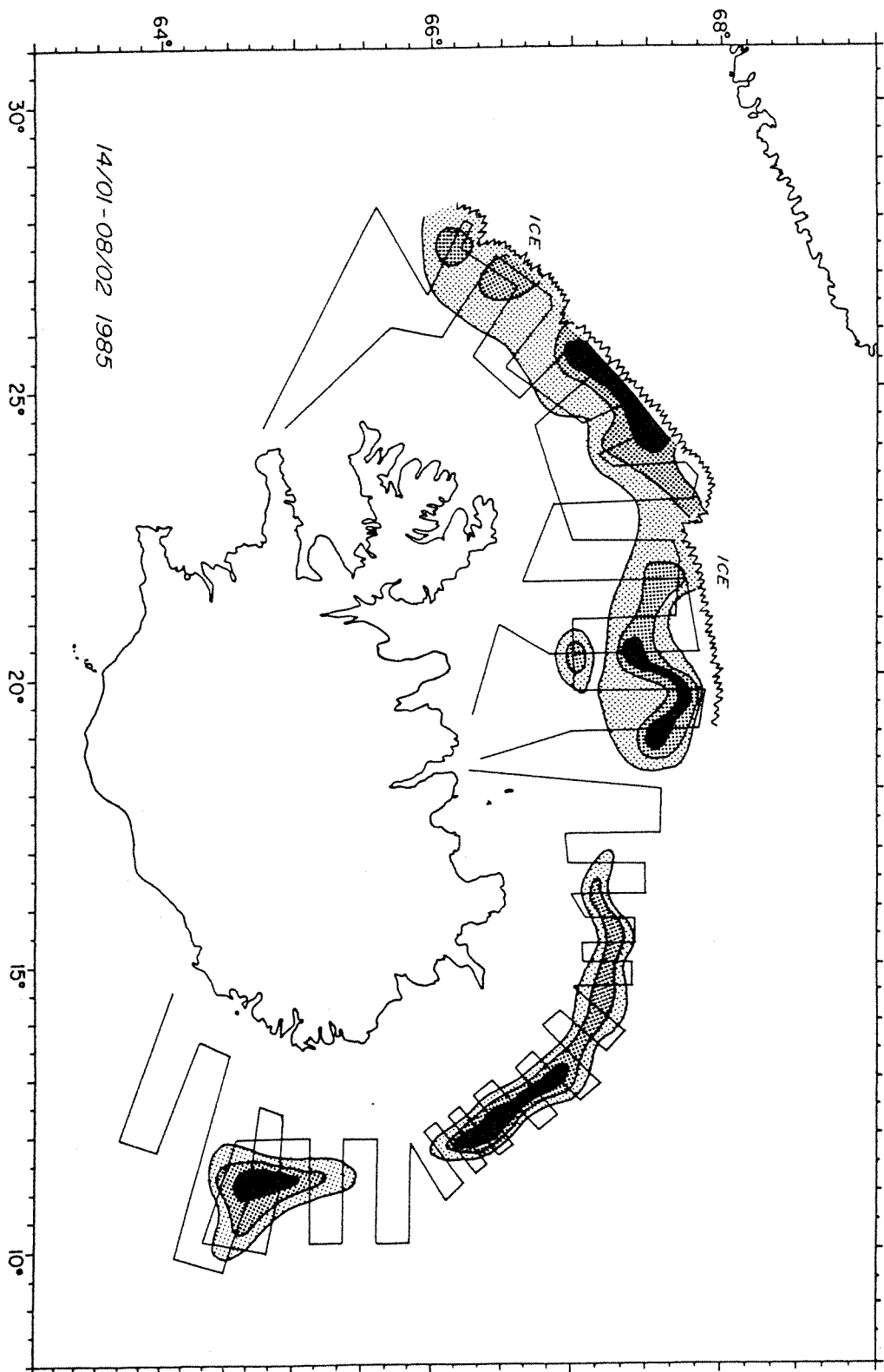
Mynd 18. Leiðarlínur og loðndreifing, Austfirðir, N-land og Vestfirðir, janúarmælingar 1984.



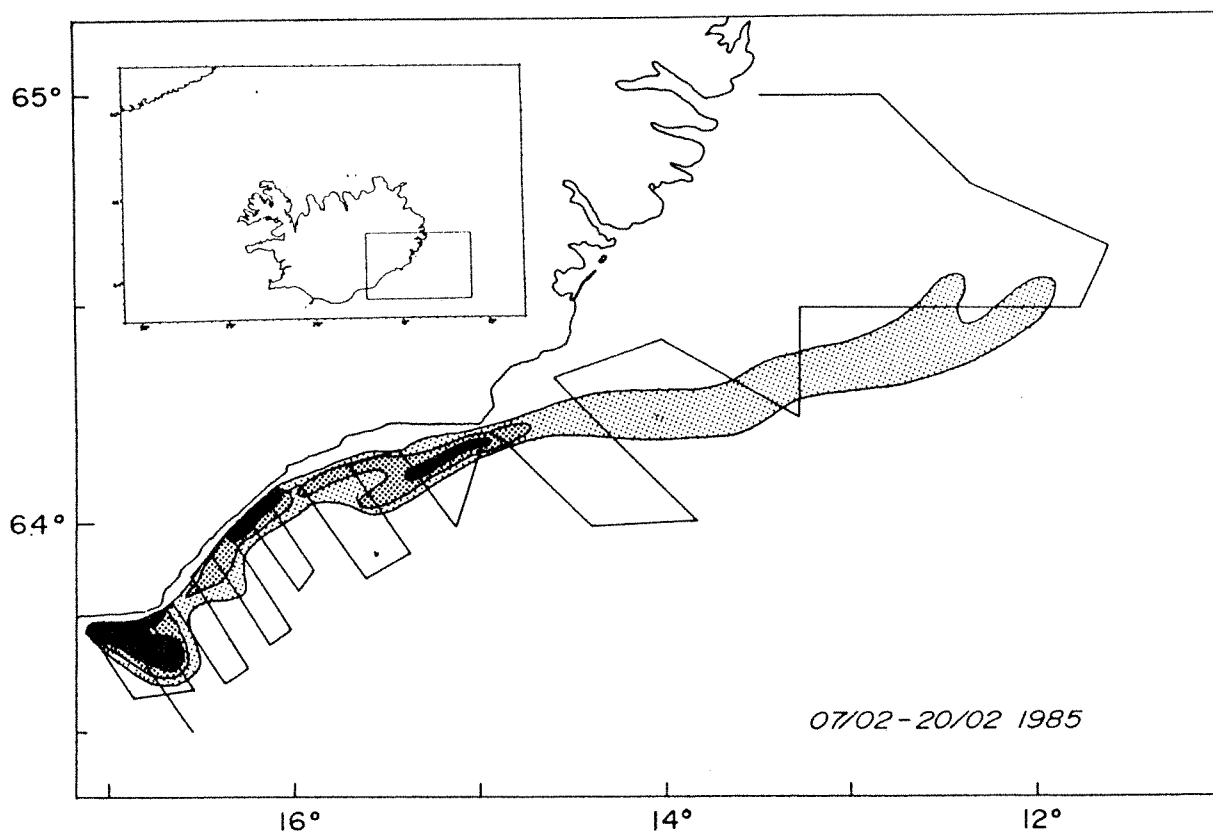
Mynd 19. Leiðarlínur og loðnudreifing, Suðurland, febrúarmæling 1984.



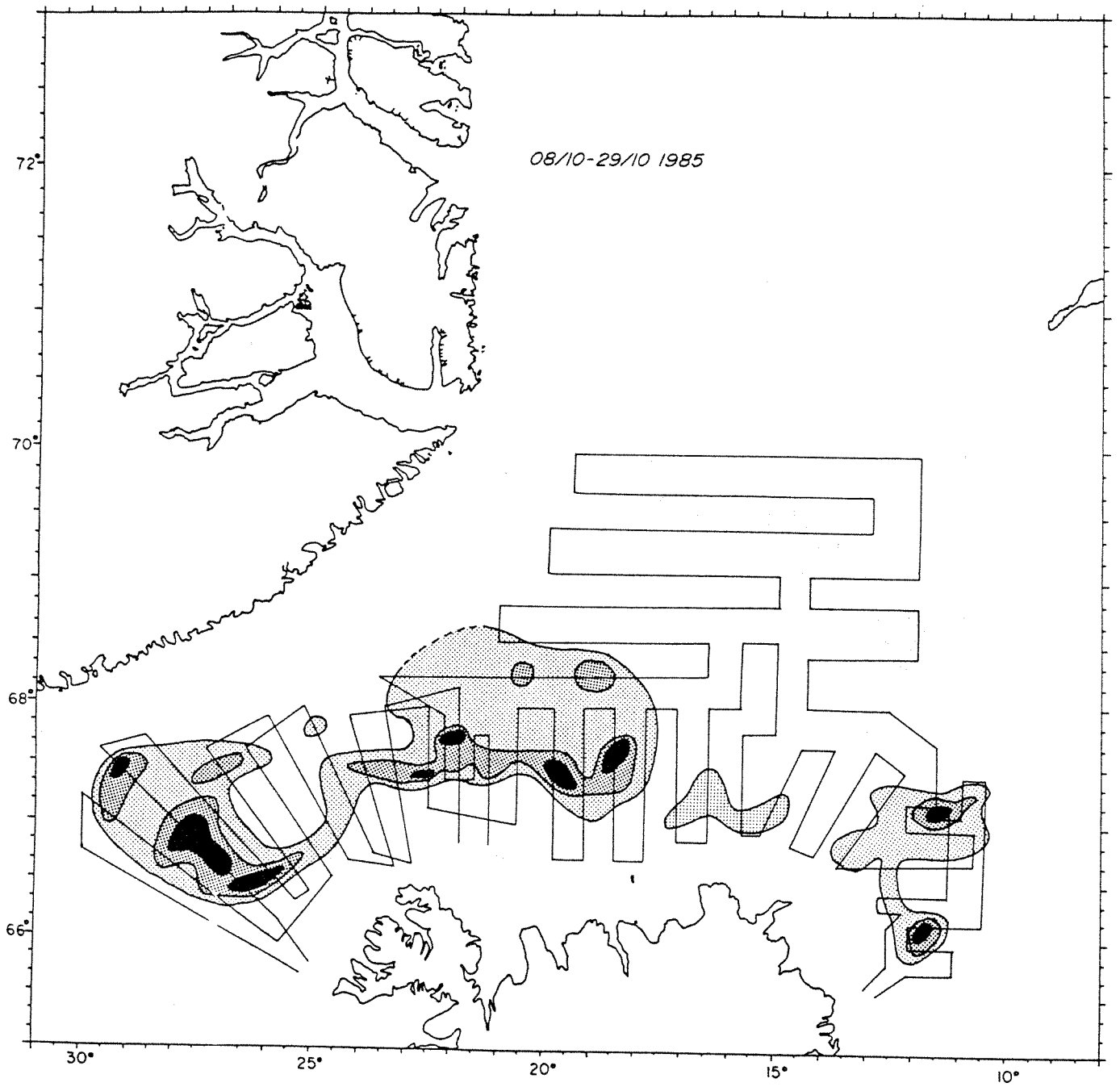
Mynd 20. Leiðarlínur og loðnudreifing, nóvember 1984.



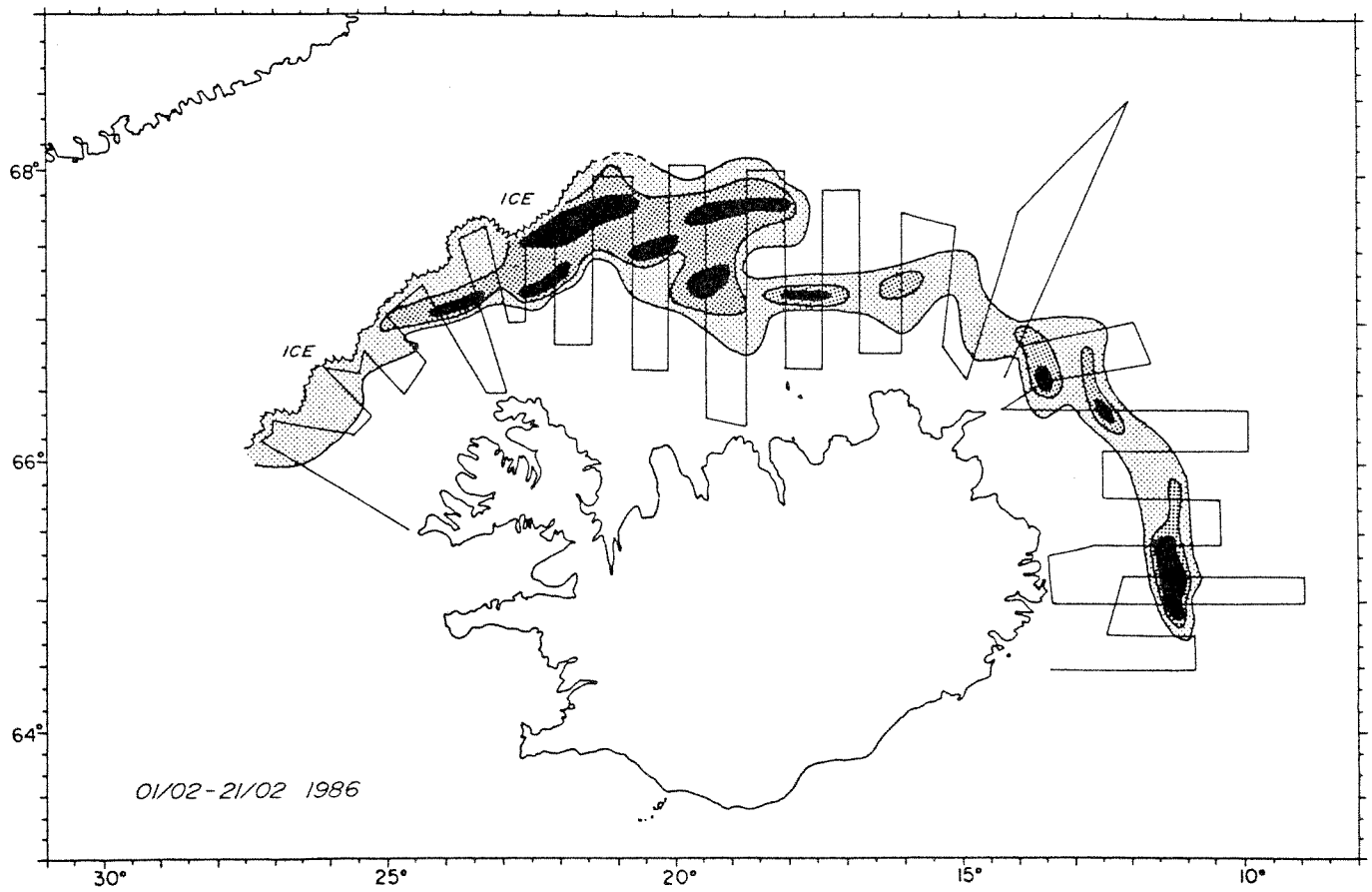
Mynd 21. Leiðarlínur og loðnudreifing, Austfirðir, janúar 1985.



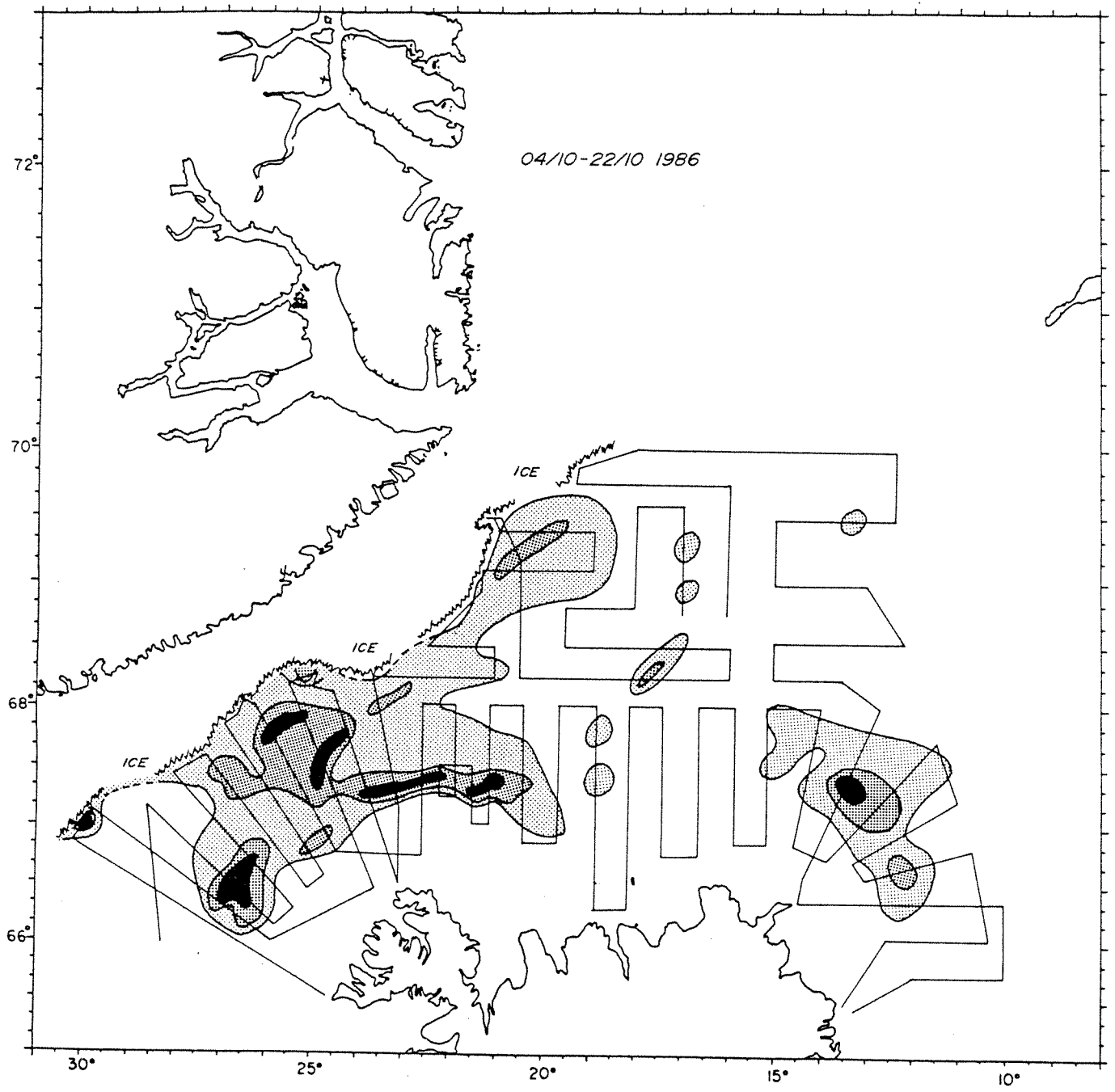
Mynd 22. Leiðarlínur og loðnudreifing, SA-land, febrúar 1985



Mynd 23. Leiðarlínur og loðnudreifing, októbermæling 1985.

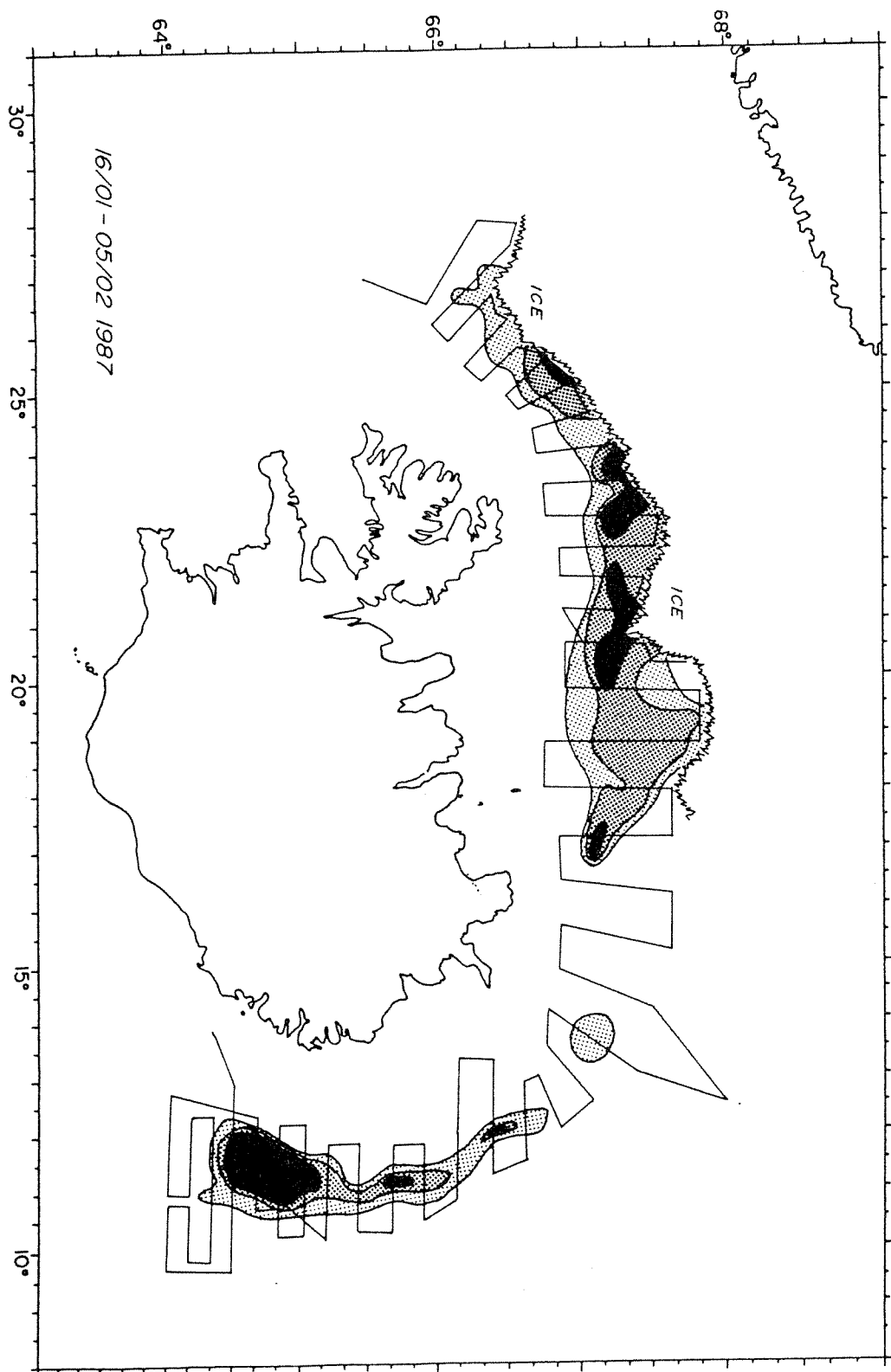


Mynd 24. Leiðarlínur og loðnudreifing, Austfirðir og Norðurland, febrúar 1986.

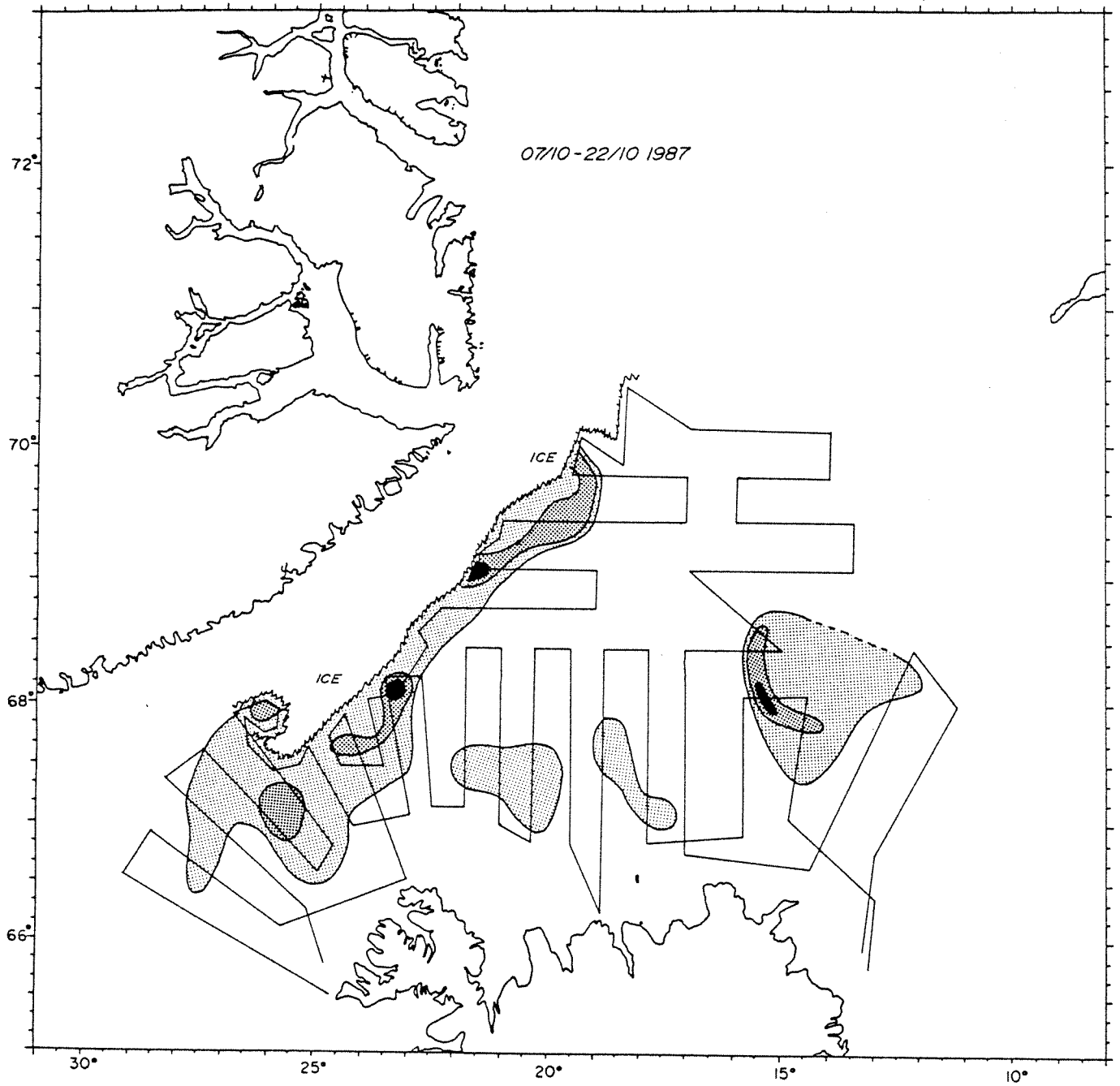


Mynd 25. Leiðarlínur og loðnudreifing, október 1986.

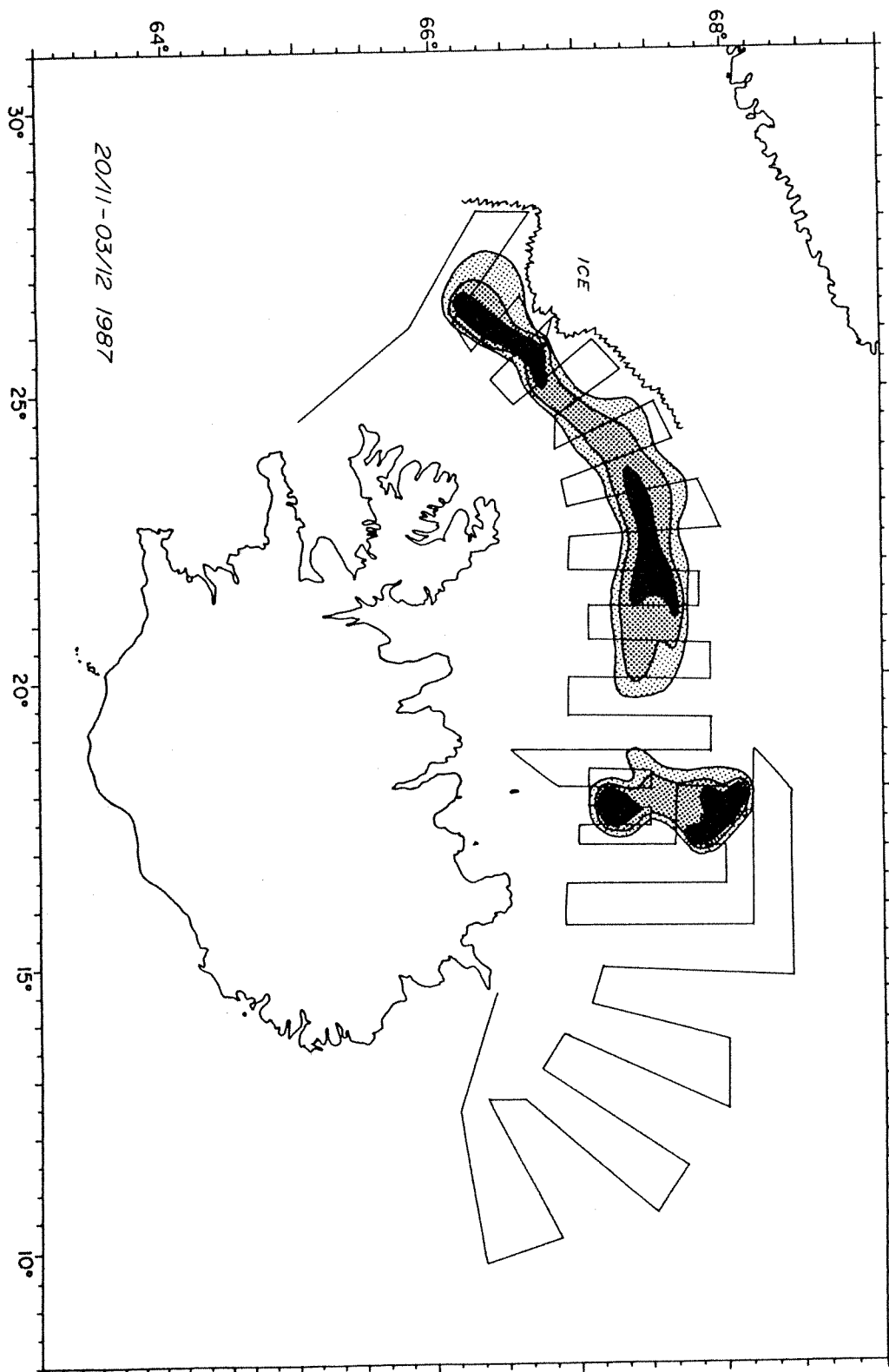




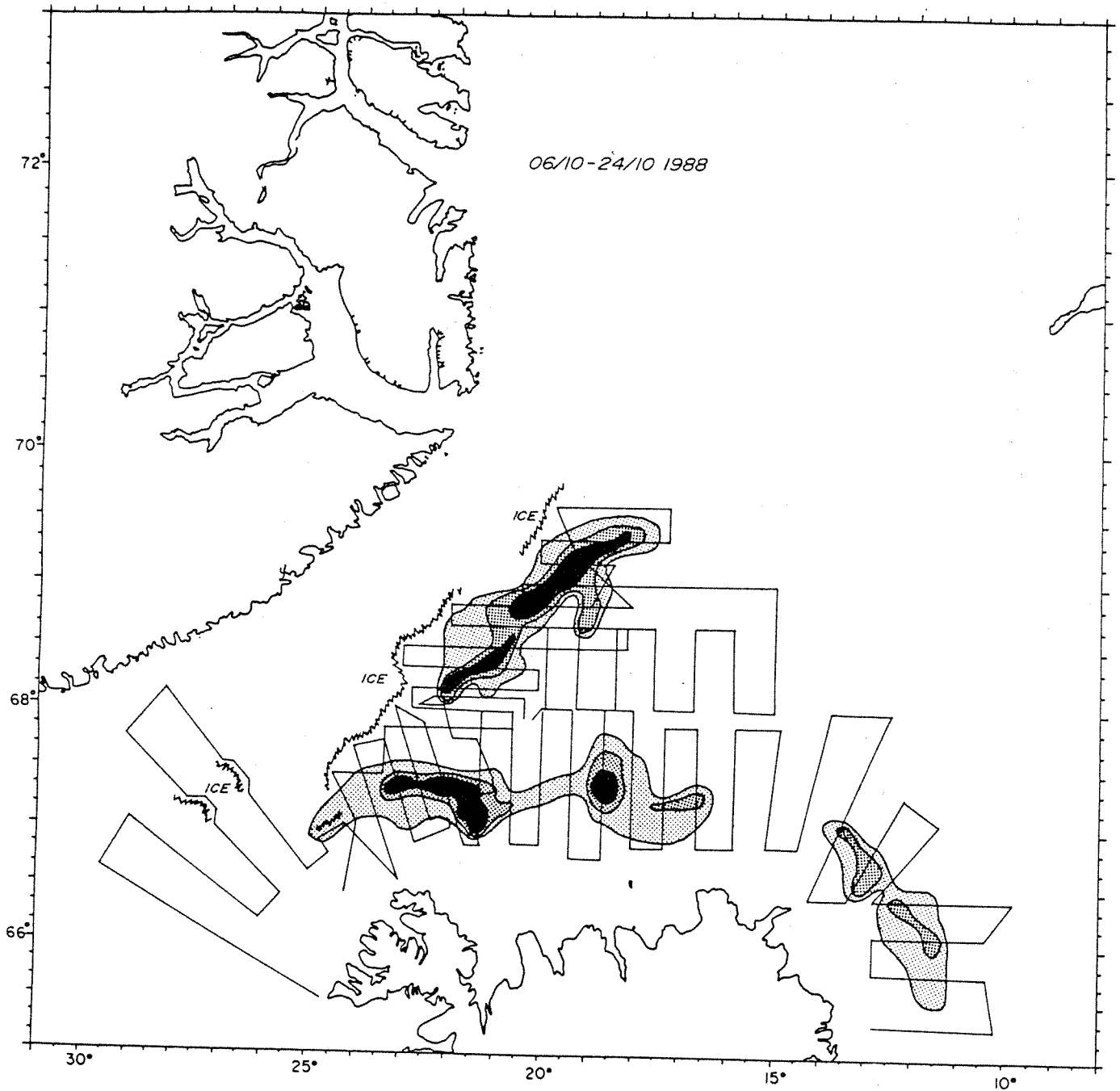
Mynd 26. Leiðarlínur og loðnudreifing, Austfirðir og Norðurland, janúar/febrúar 1987.



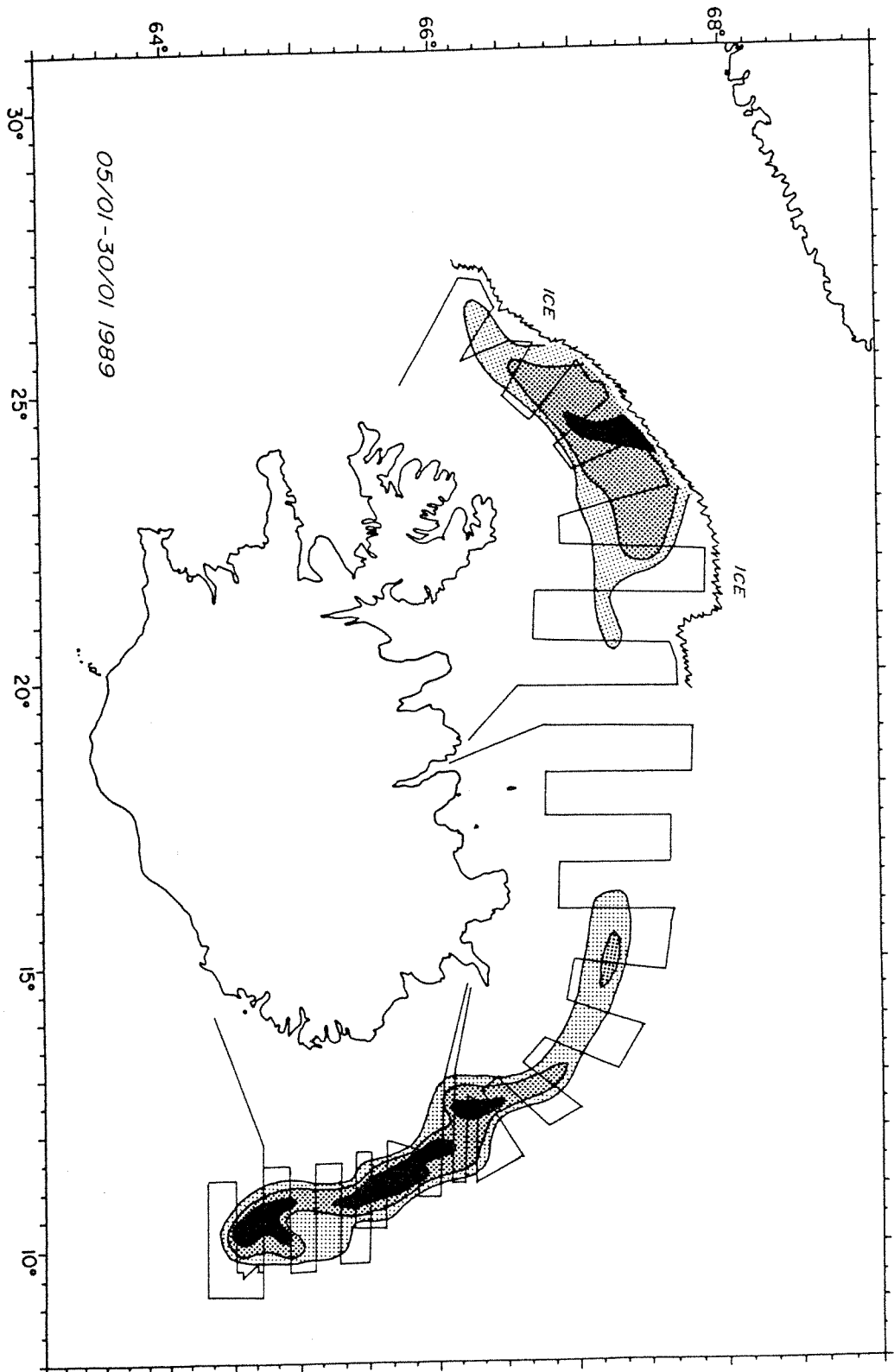
Mynd 27. Leiðarlínur og loðnudreifing, október 1987.



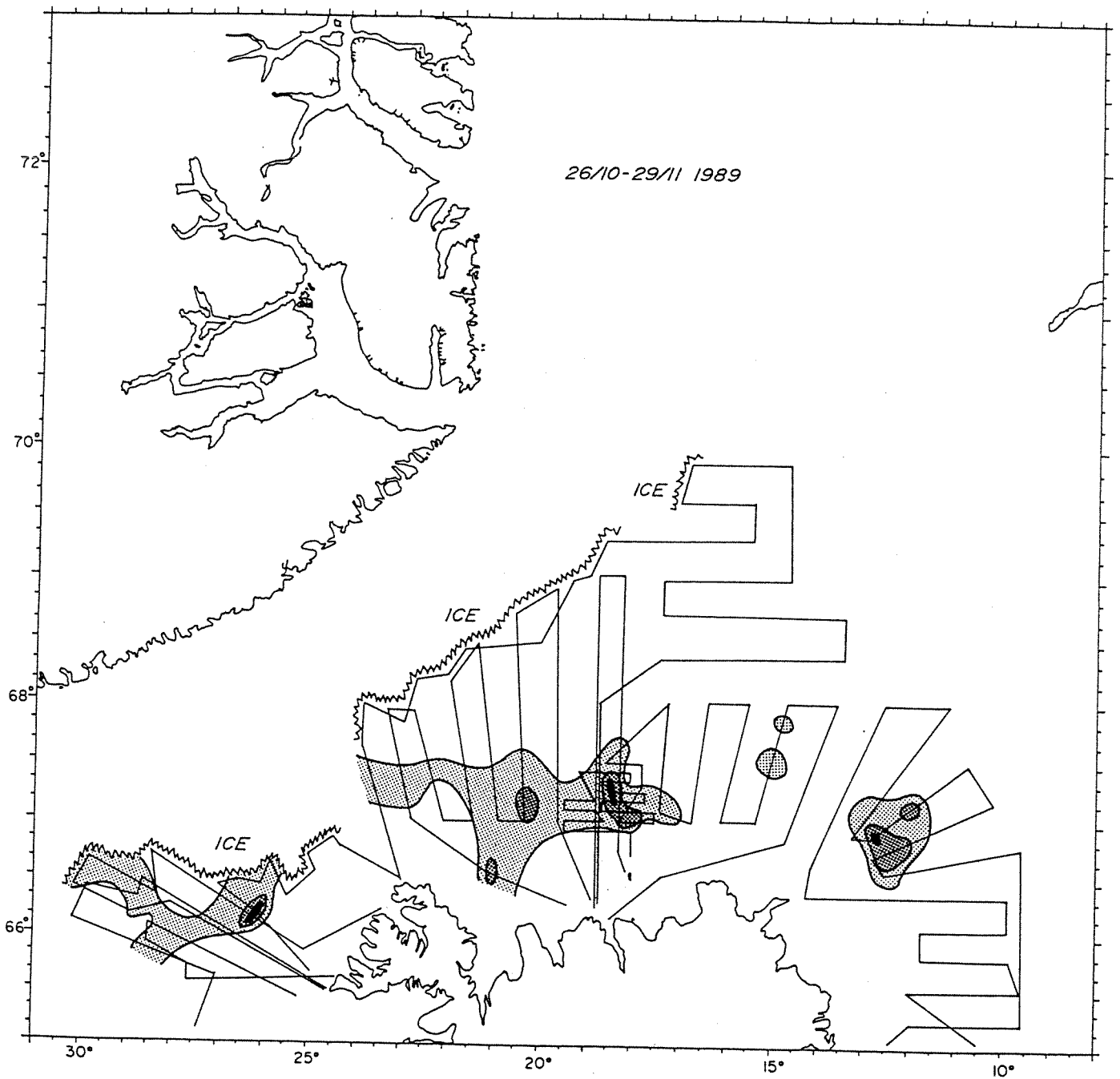
Mynd 28. Leiðarlínur og loðnudreifing, nóvember/desember 1987.



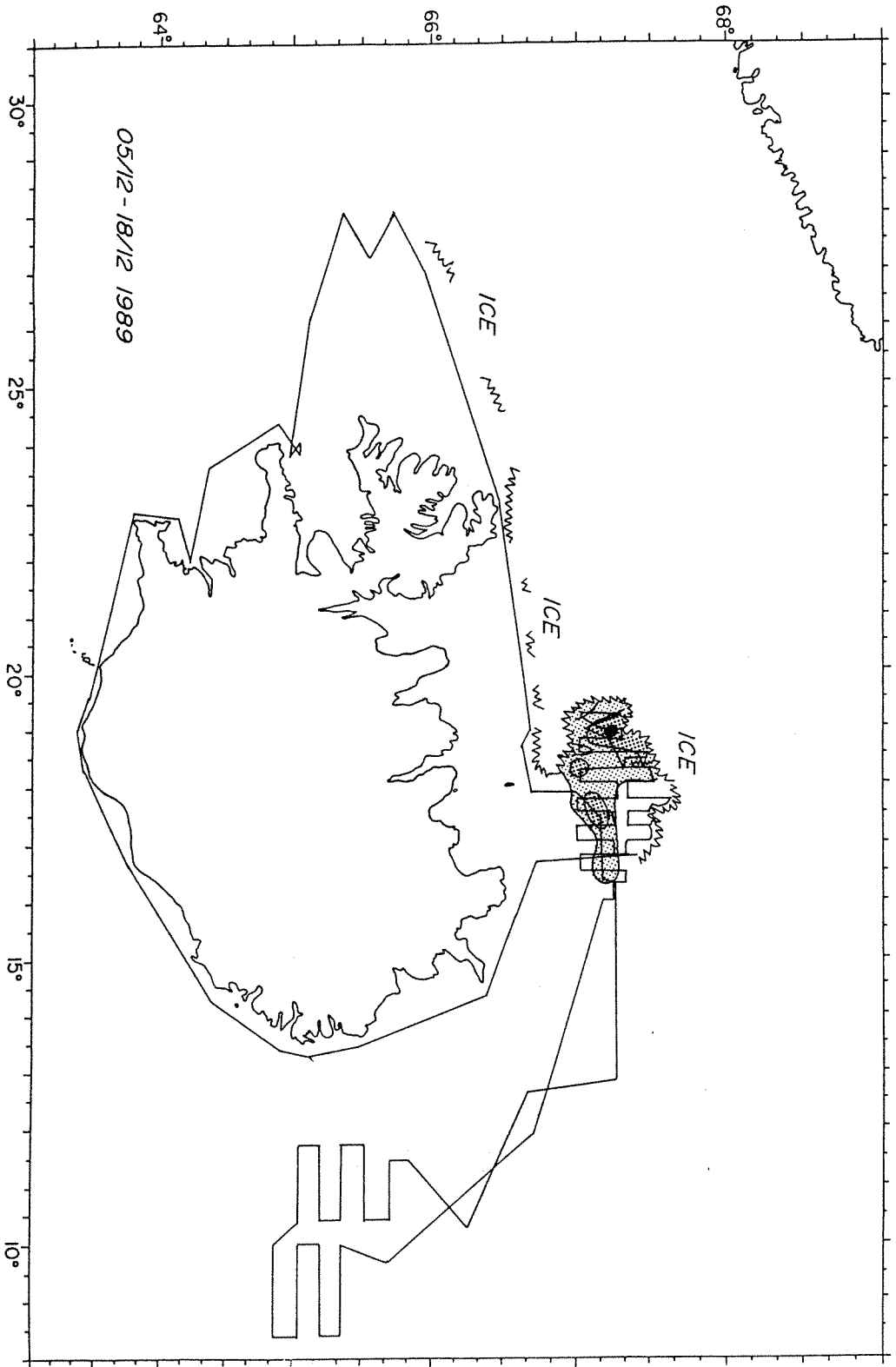
Mynd 29. Leiðarlínur og loðnudreifing, október 1988.



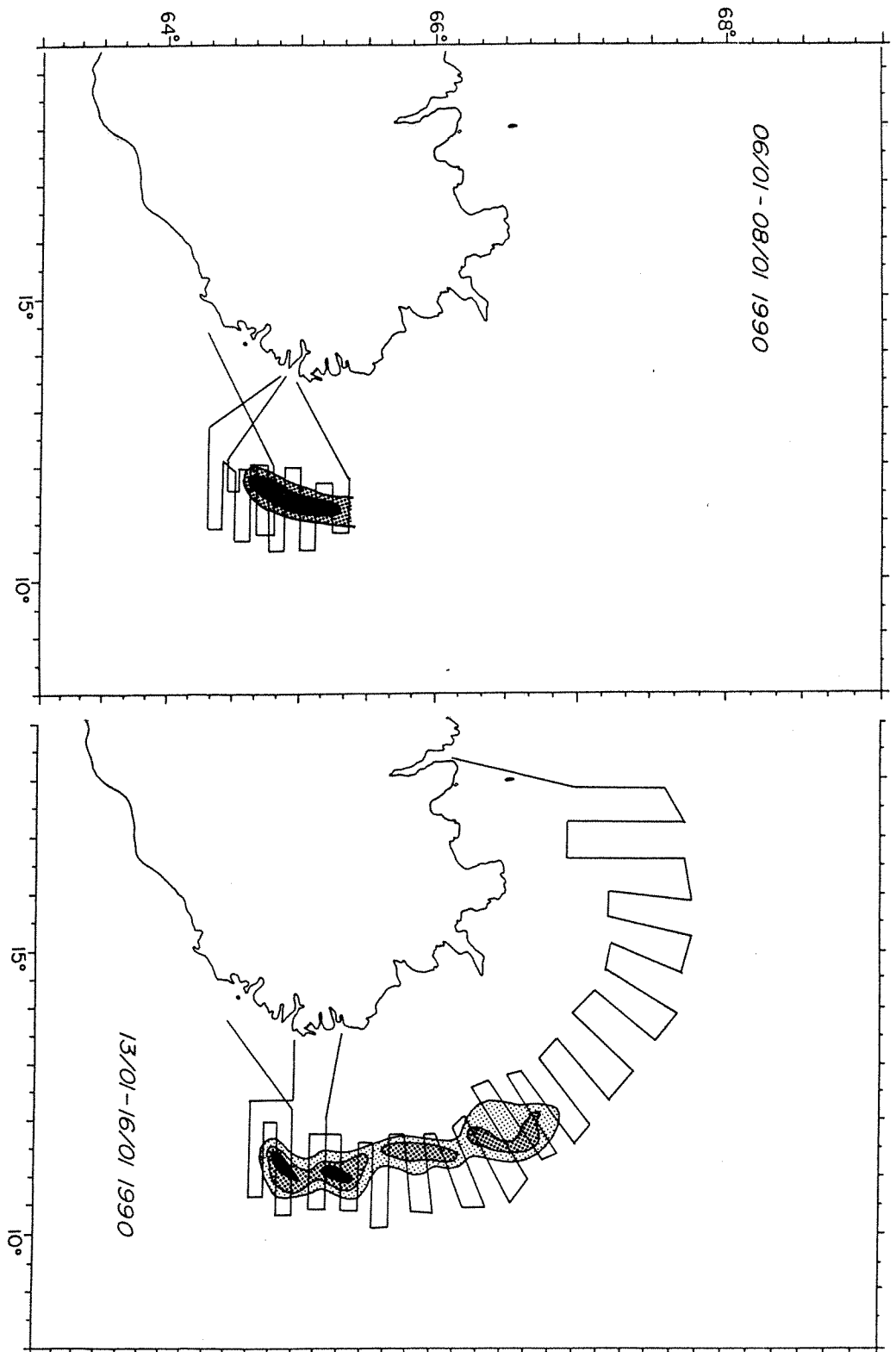
Mynd 30. Leiðarlínur og loðnudreifing, Austfirðir og Norðurland, janúar 1989.



Mynd 31. Leiðarlínur og loðnudreifing, október/nóvember 1989.

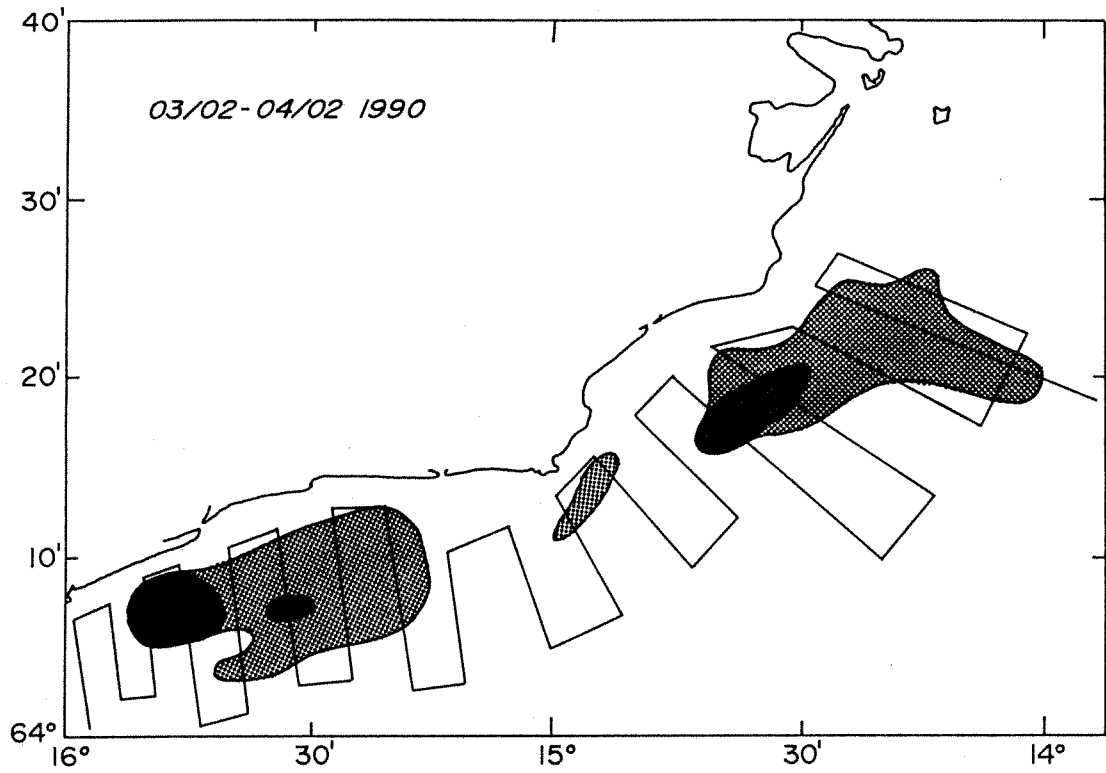


Mynd 32. Leiðarlínur og loðnudreifing, desember 1989.

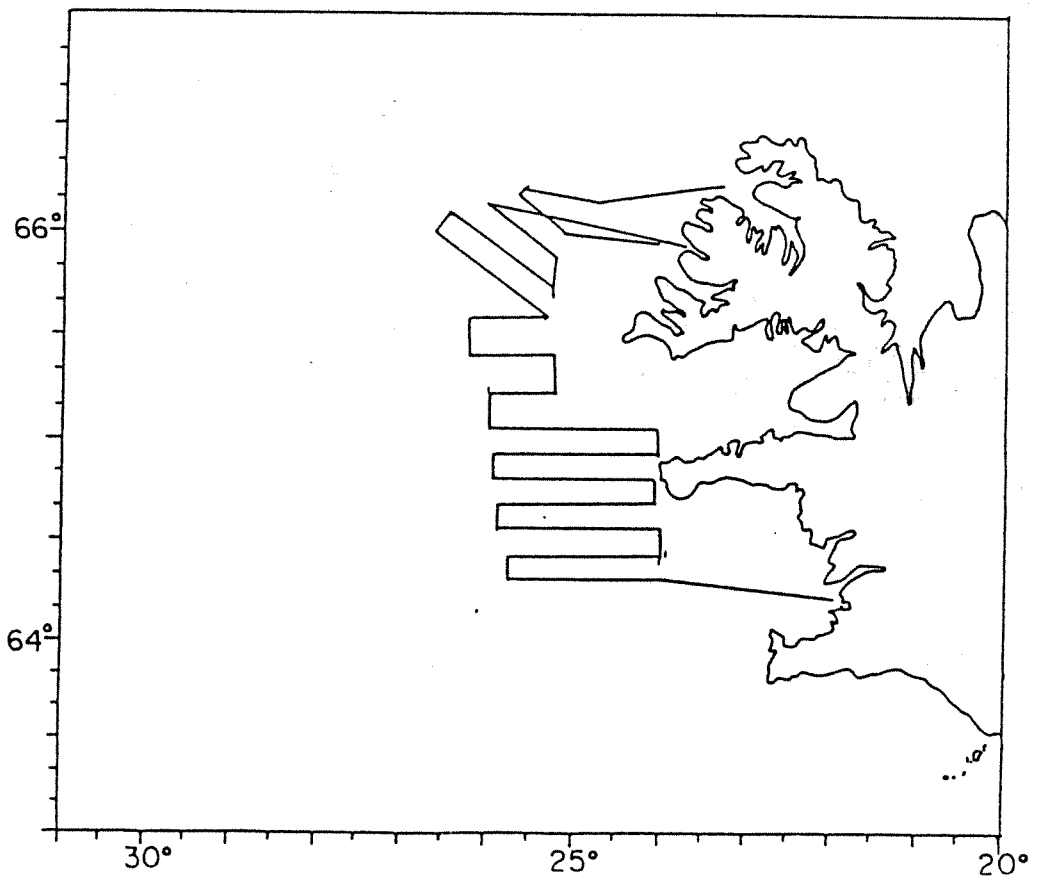


Mynd 33. Leiðarlínur og loðnudreifing, Austfirðir, janúar 1990.

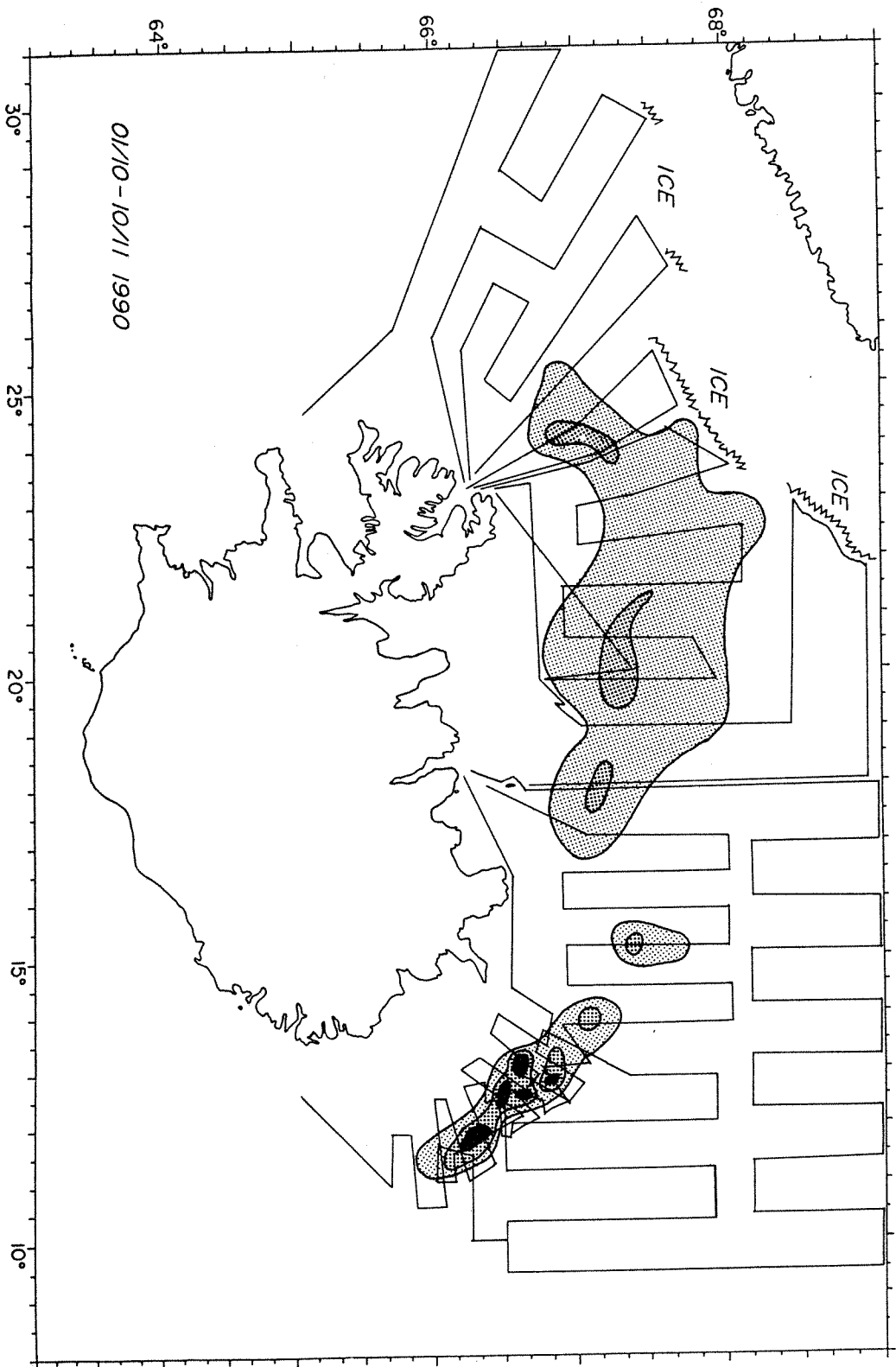




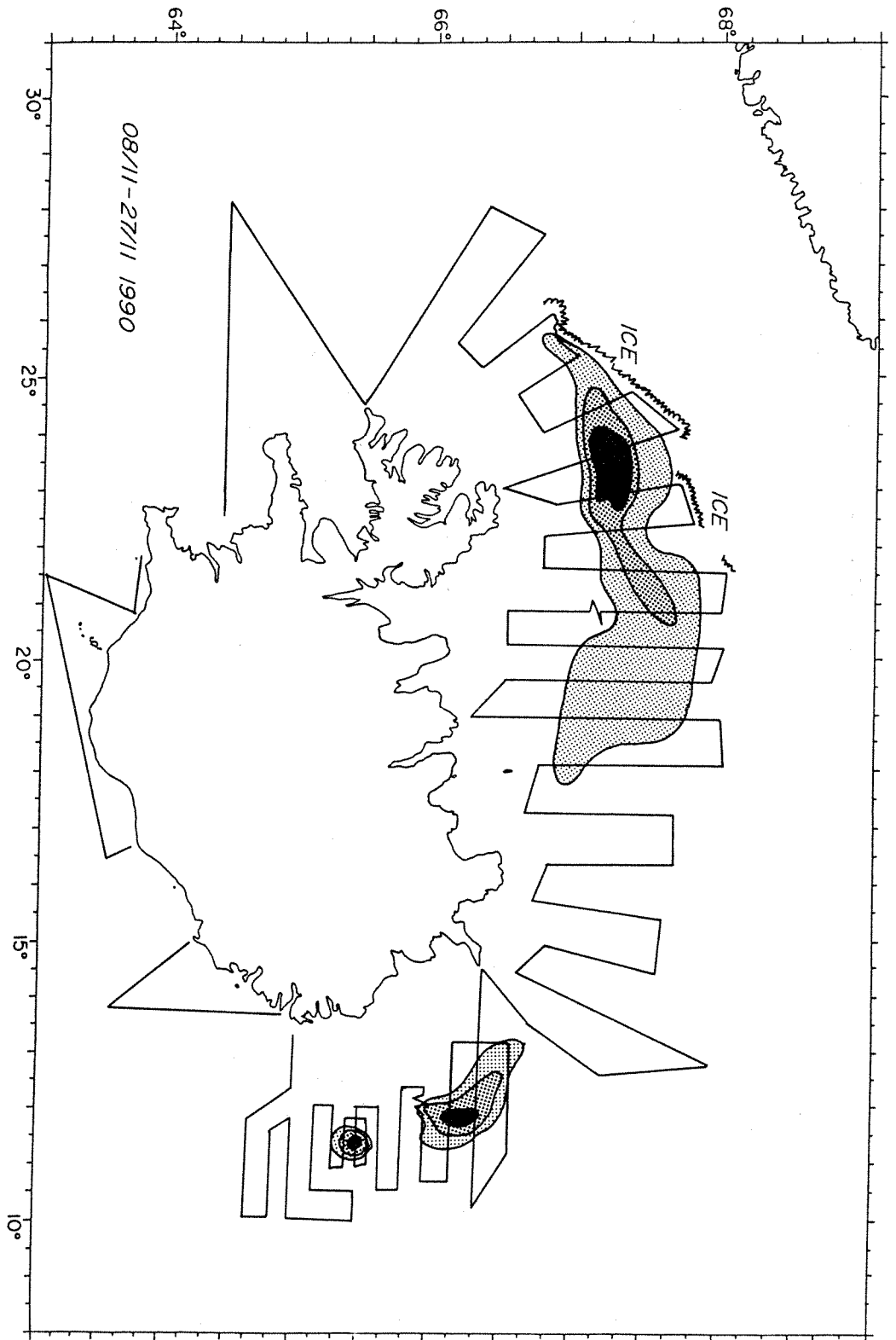
Mynd 34. Leiðarlínur og loðnudreifing, SA-land, febrúar 1990.



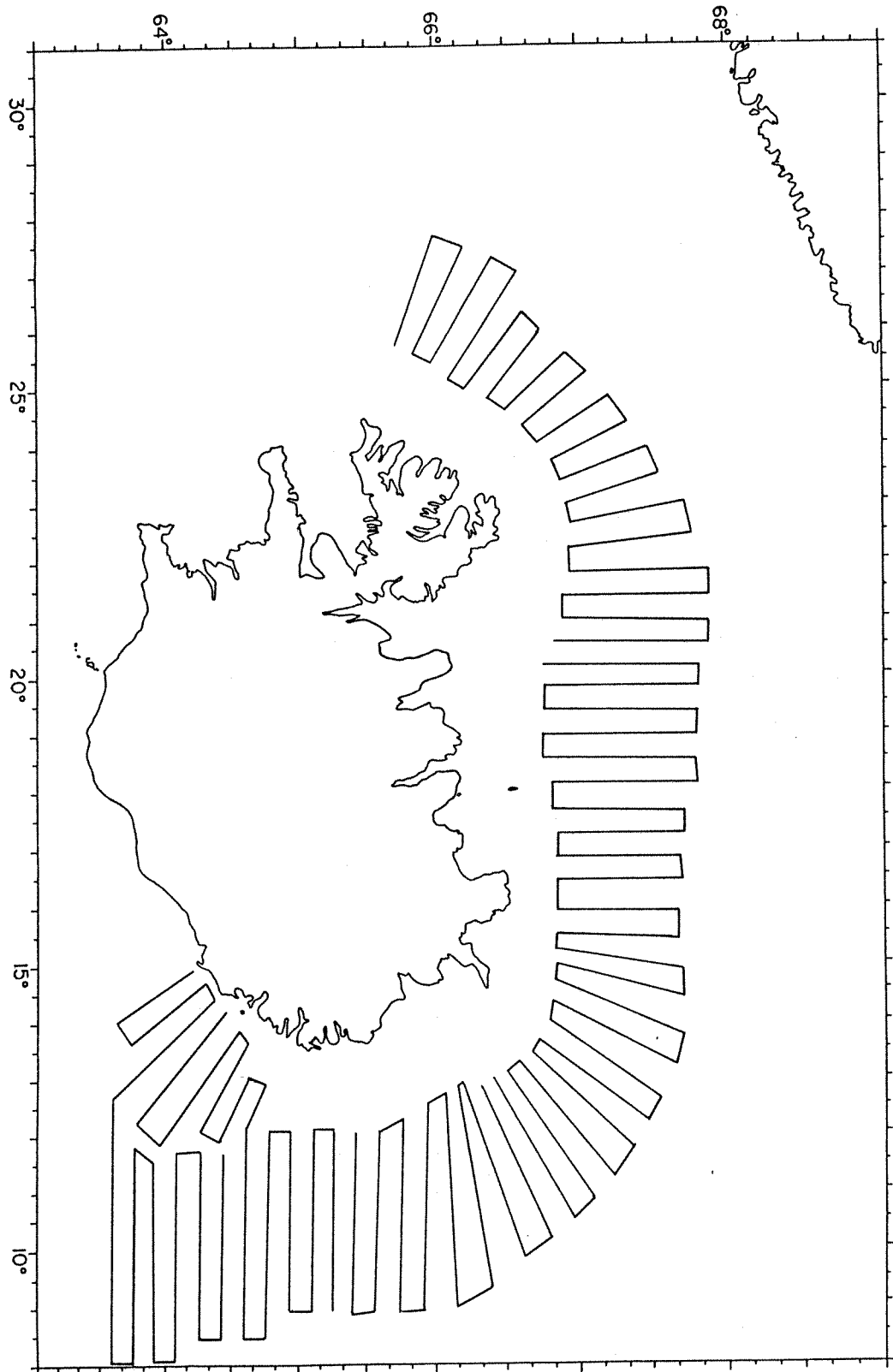
Mynd 35. Loðnuleit vestanlands, mars 1990.



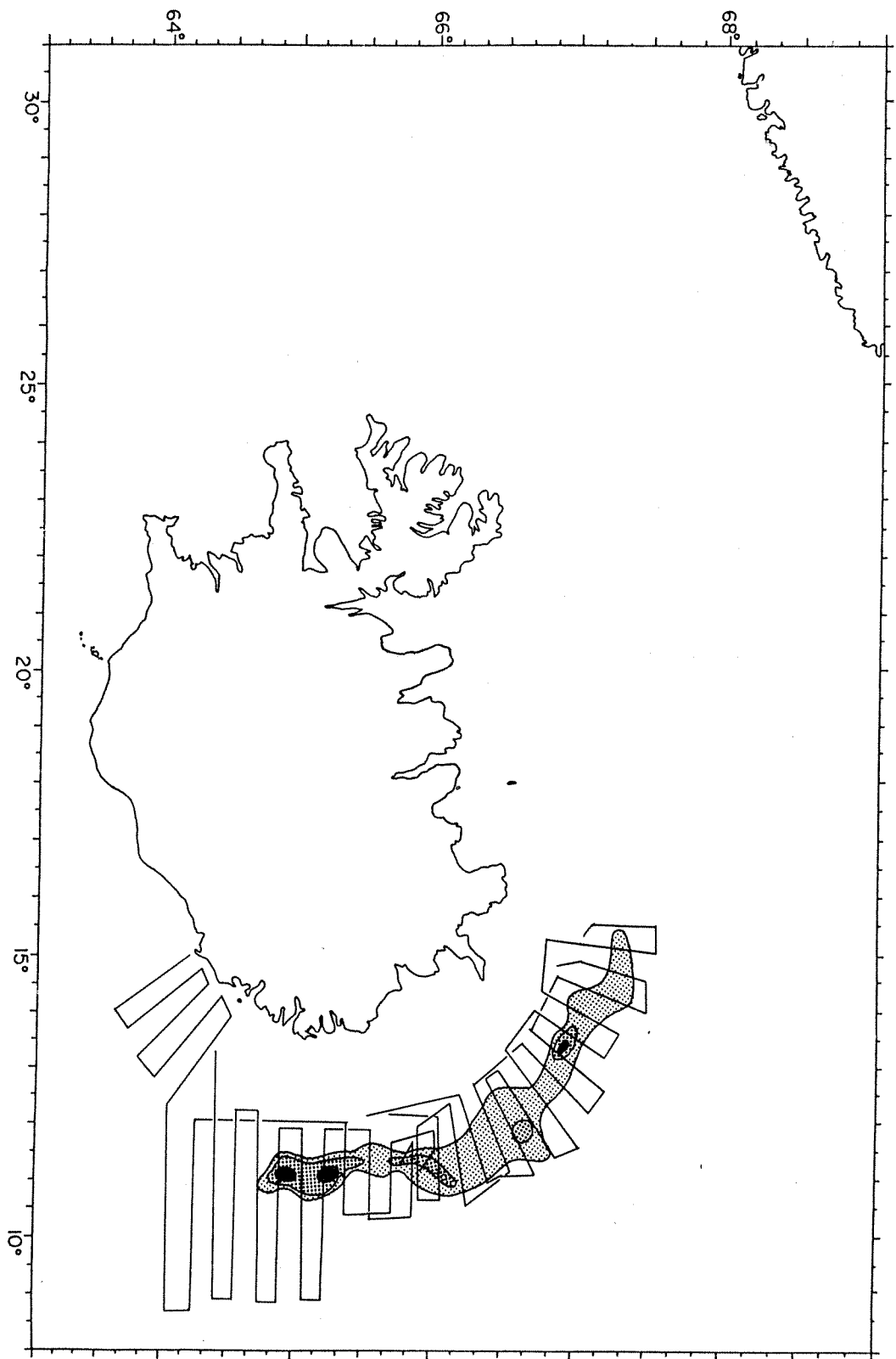
Mýnd 36. Leiðarlínur og loðndreifing, Á.F. í október/nóvember 1990.



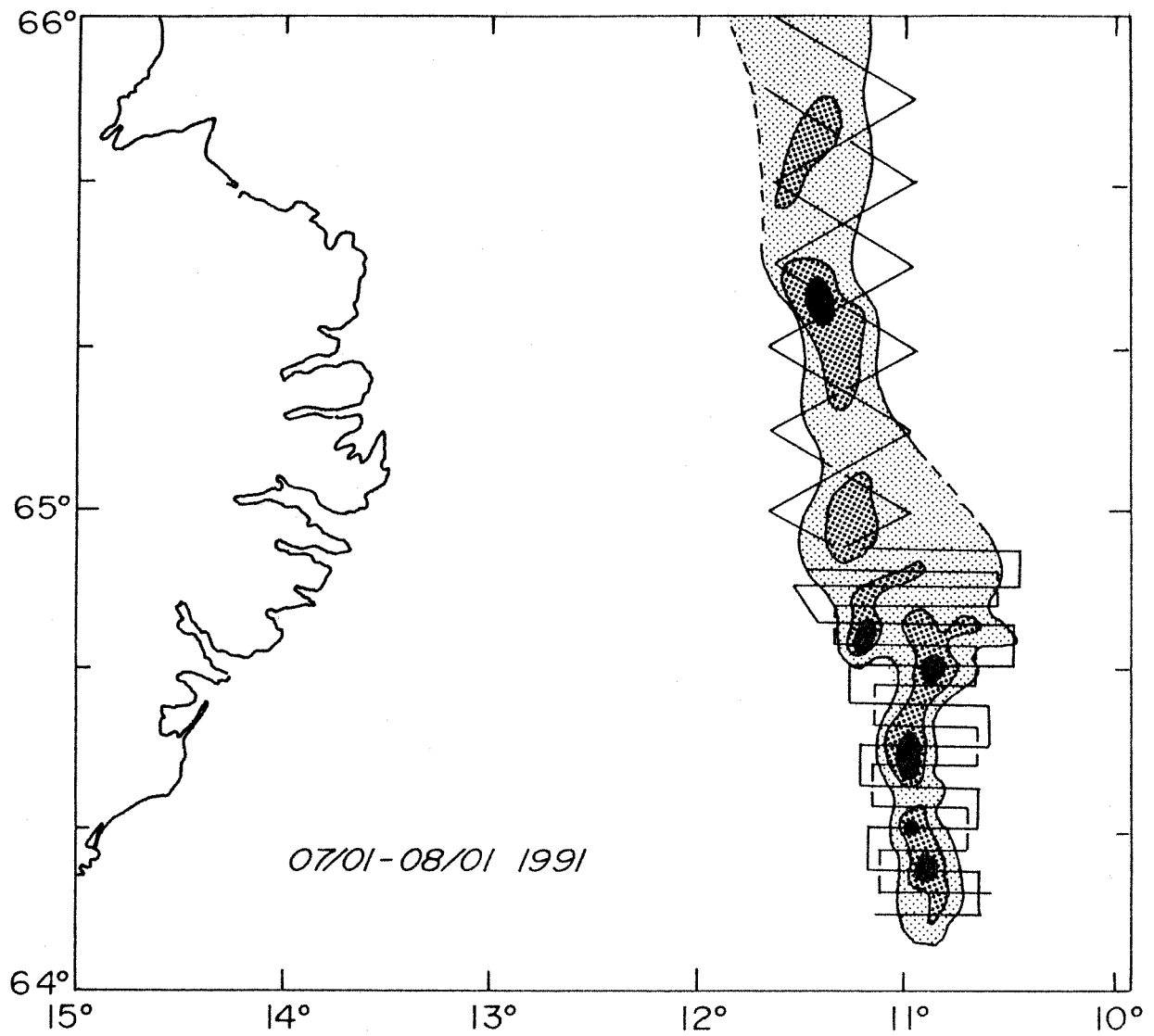
Mynd 37. Leiðarlínur og loðnudreifing, B.S. í nóvember 1990.



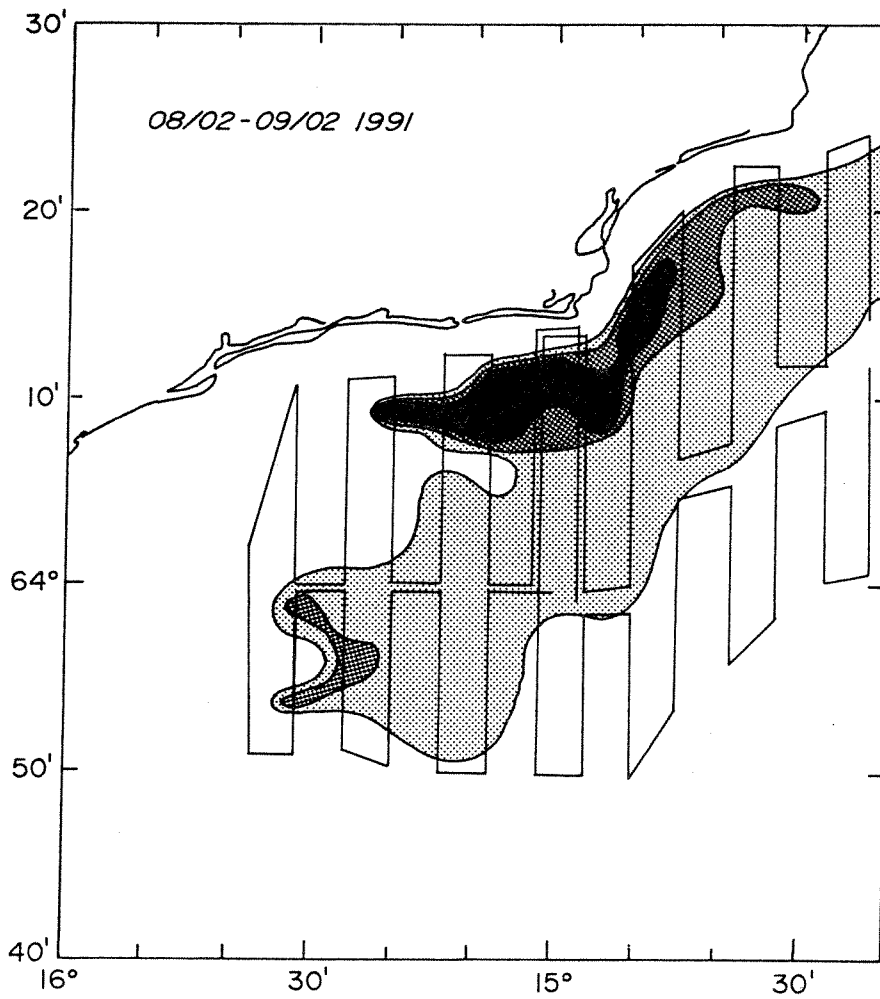
Mynd 38. Loðnuleit í janúar 1991.



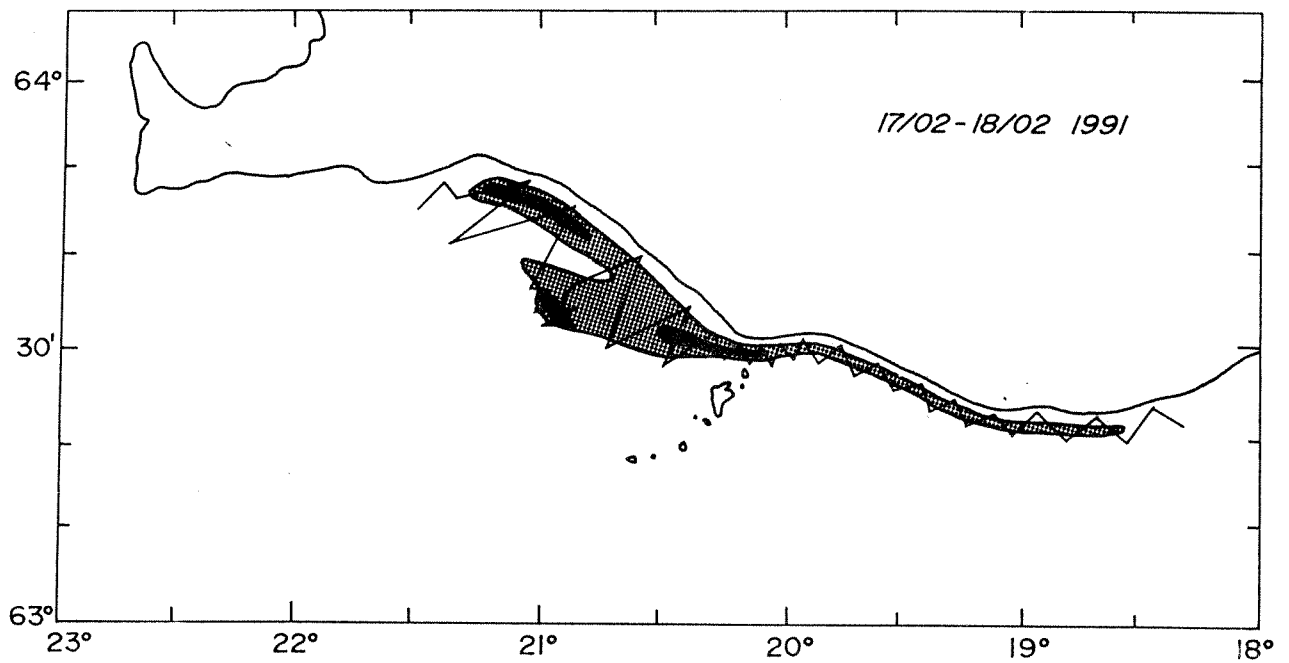
Mynd 39. Leiðarlínur og loðnuðreifing, Austfirðir og NA-land, janúar 1991.



Mynd 40. Leiðarlínur og loðnudreifing, Austfirðir seinni mæling, 1991.

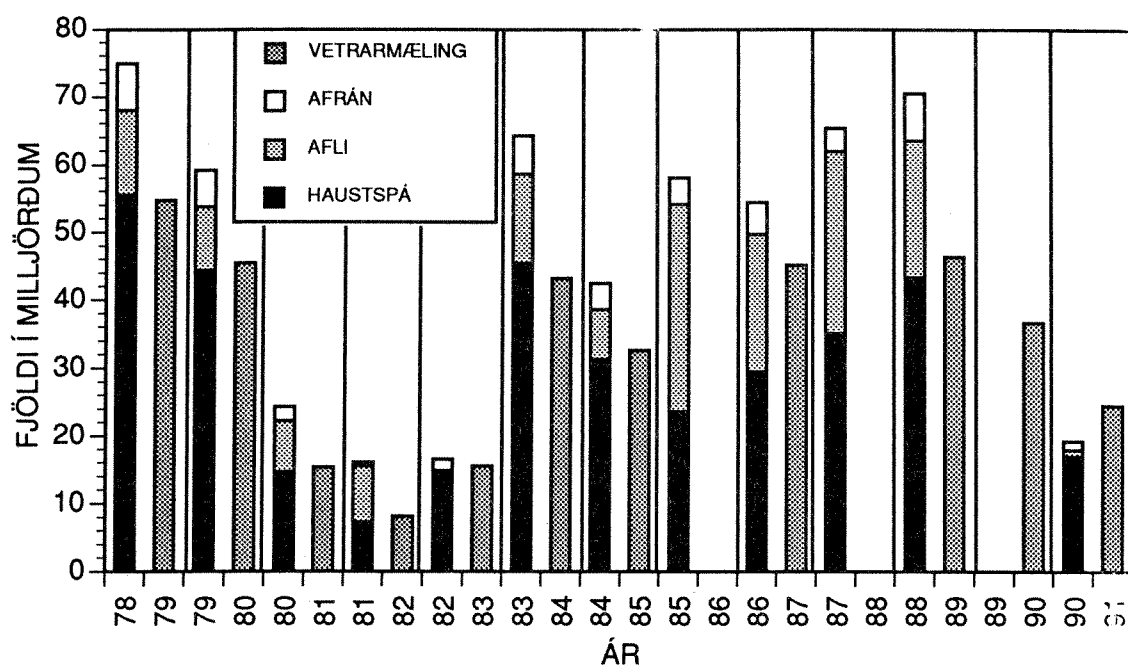


Mynd 41. Leiðarlínur og loðnudreifing, SA-land, febrúar 1991.

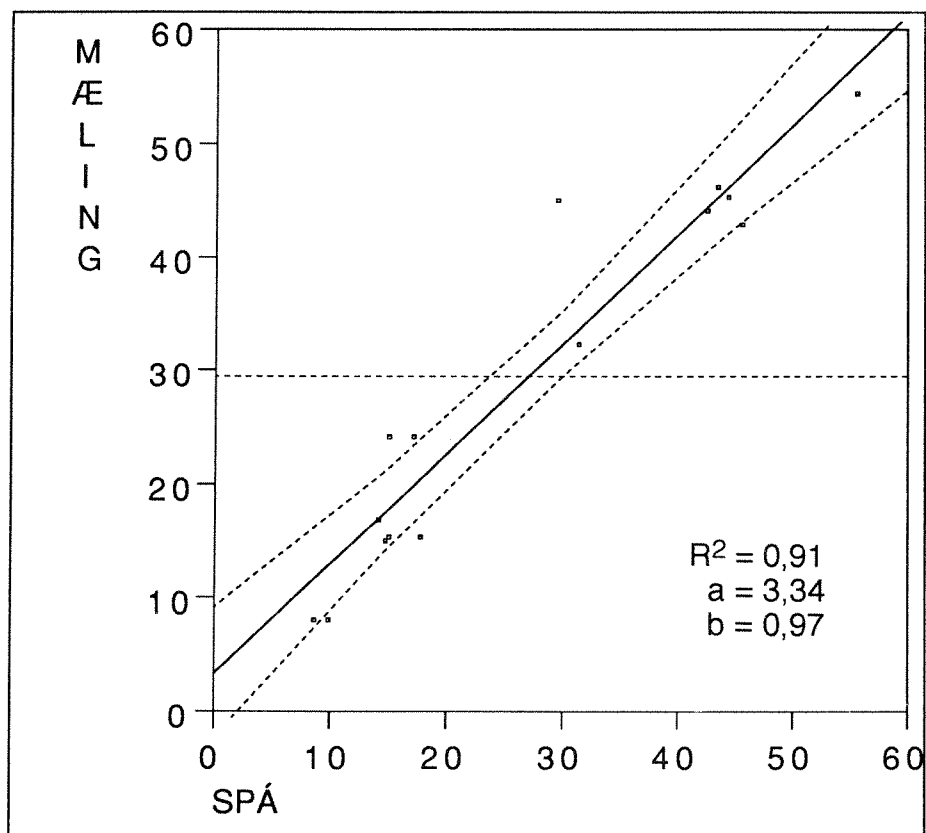


Mynd 42. Leiðarlínur og loðnudreifing, S-land, febrúar 1991.

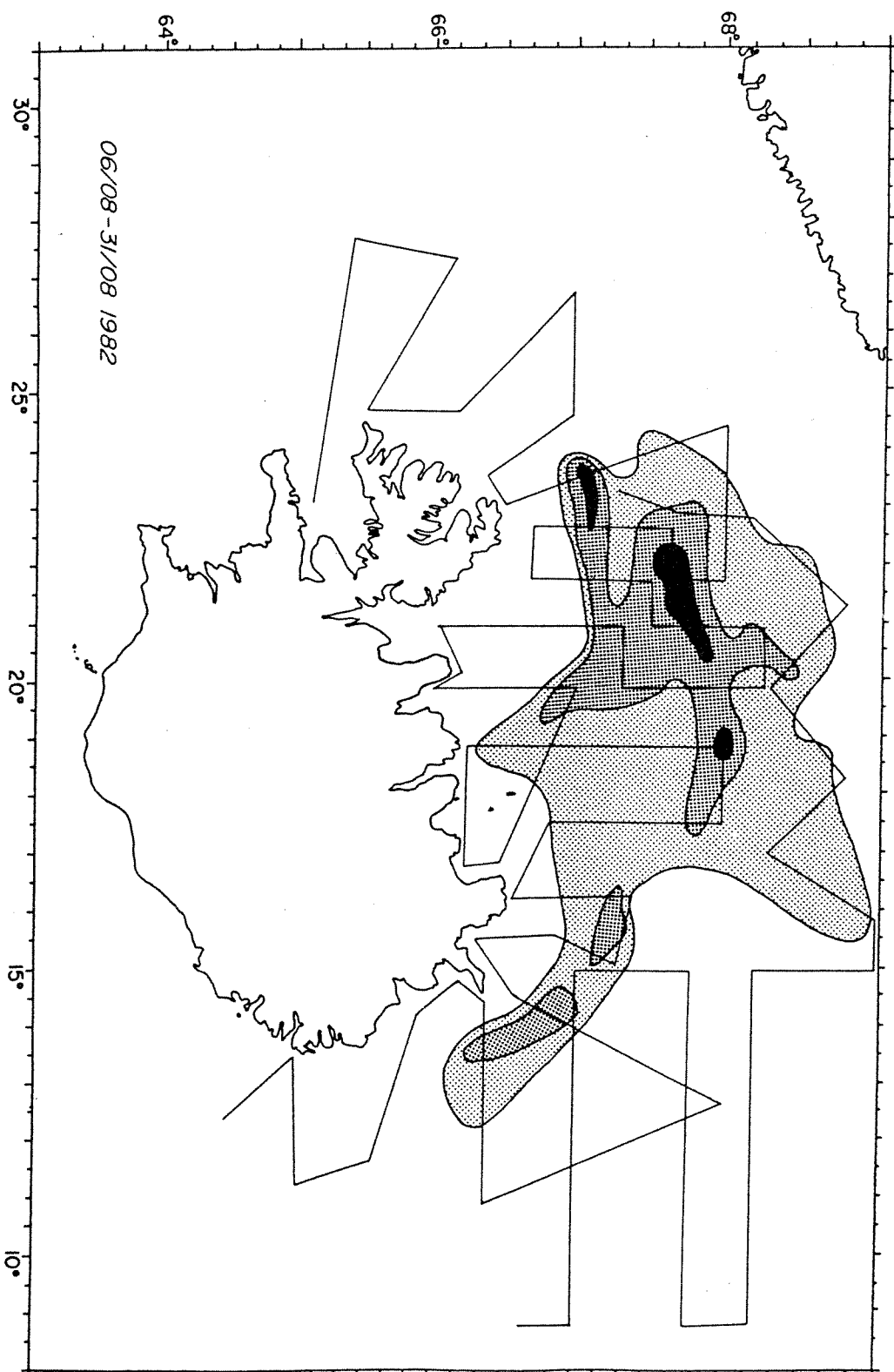




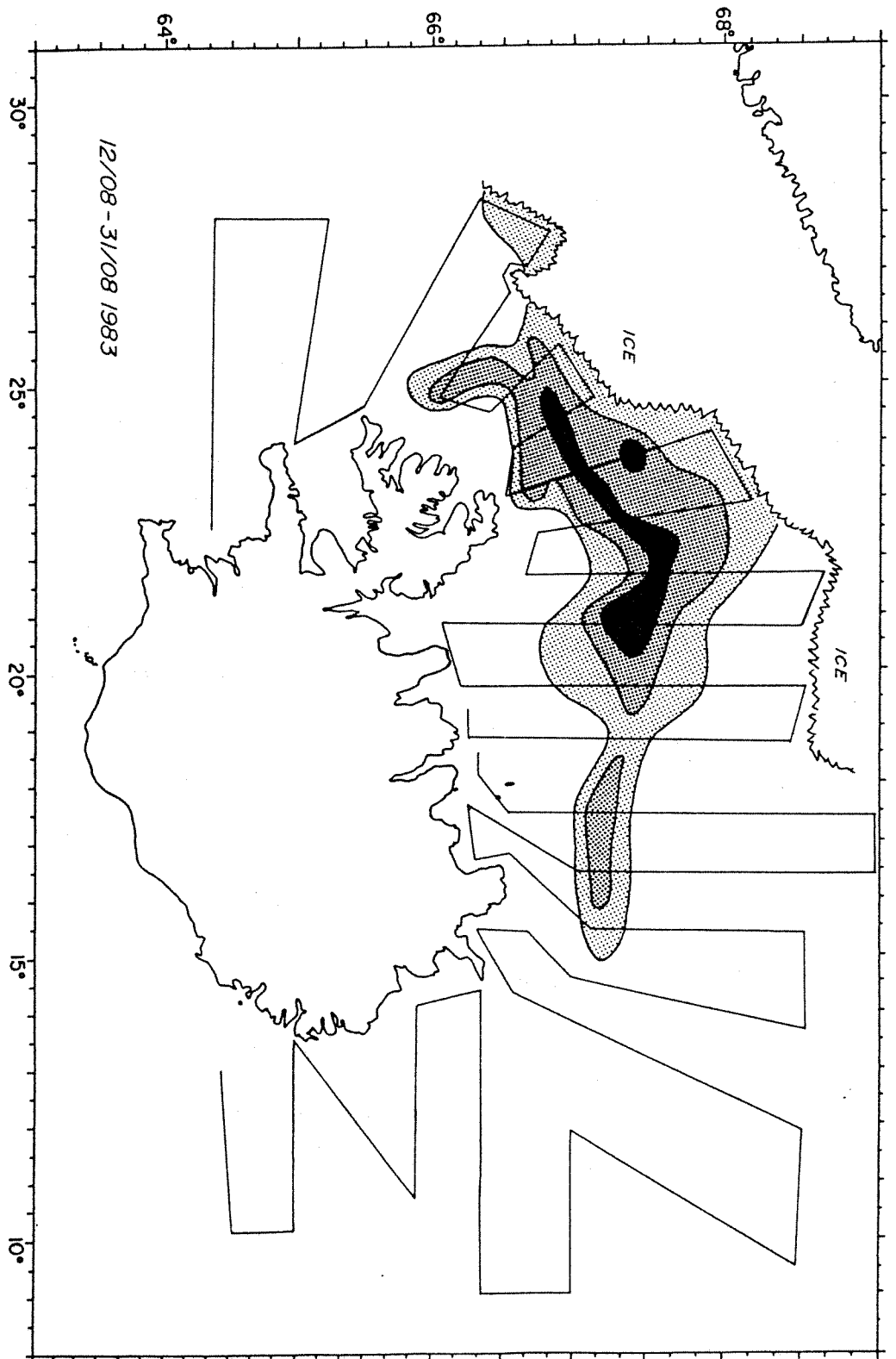
Mynd 43. Samanburður á haust- og vetrarmælingum á stærð veiðistofnsins í fjölda fiska á vertíðunum 1978/79 - 1990/91.



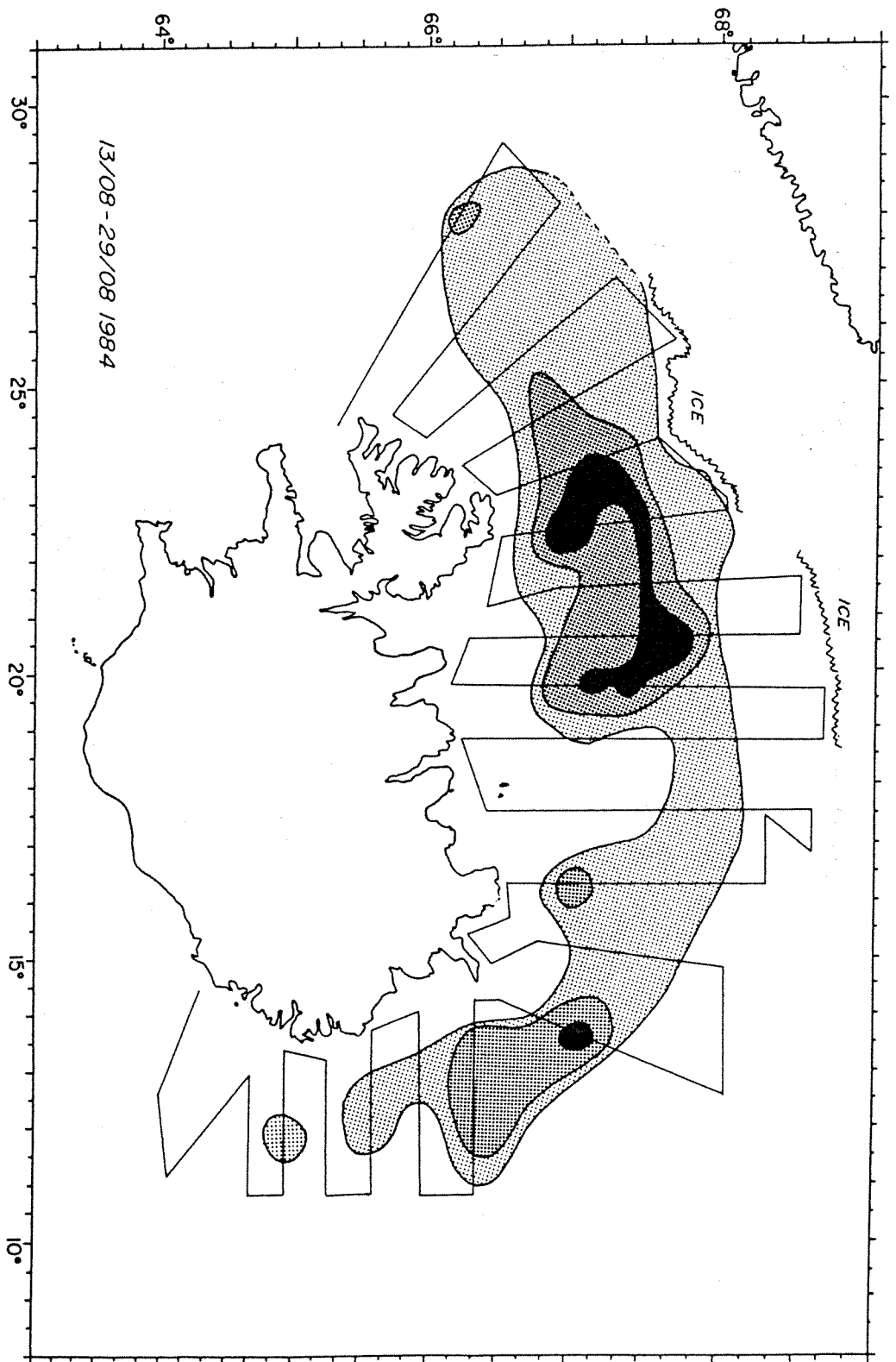
Mynd 44. Reiknuð skekkjumörk bergmálmælinga á stærð veiði- og hrygningarstofnsins í fjölda fiska að haust- og vantarlagi.



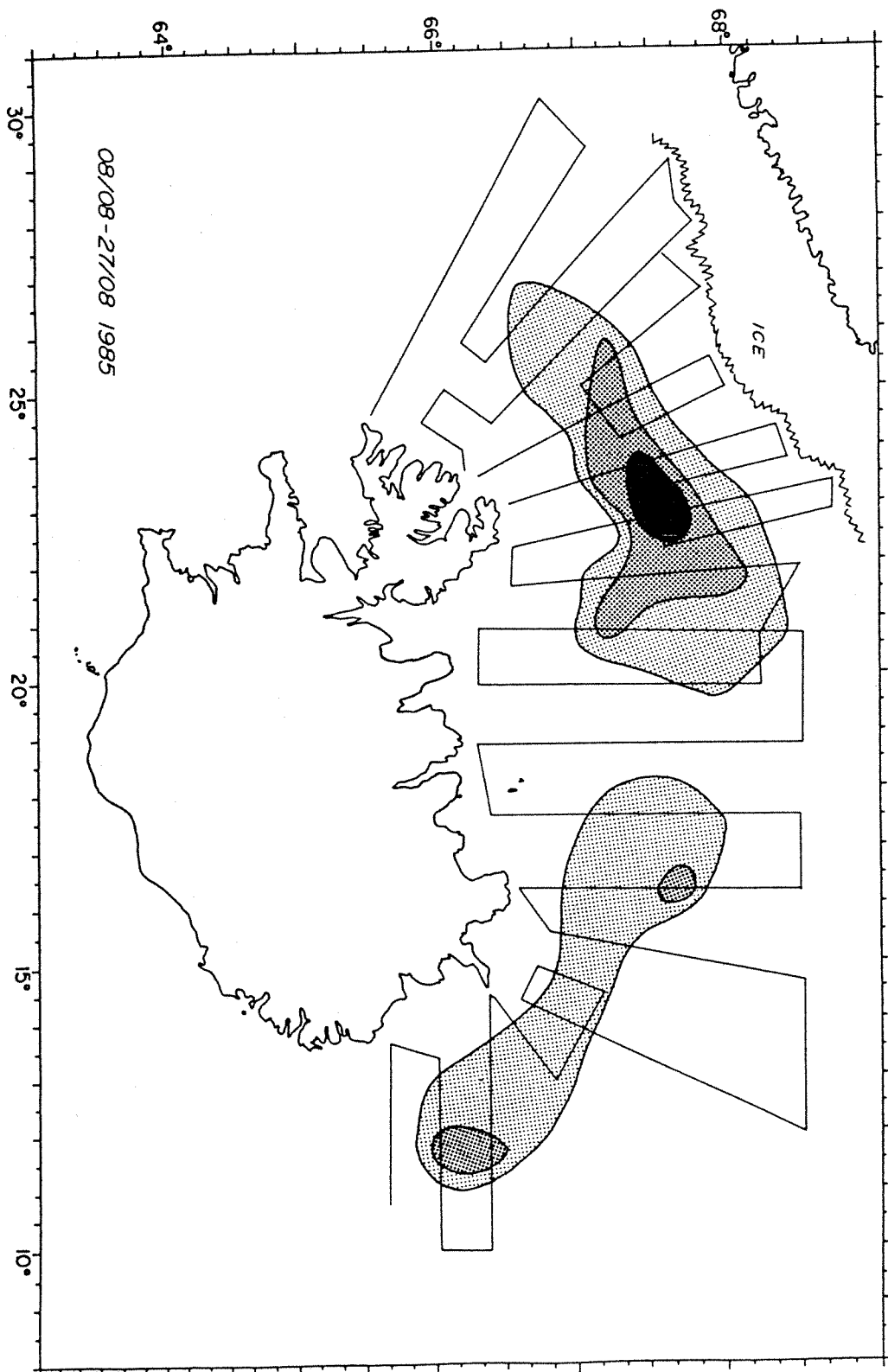
Mynd 45. Leiðarlínur og dreifing ókyrproska smáloðnu í ágústmánuði 1982.



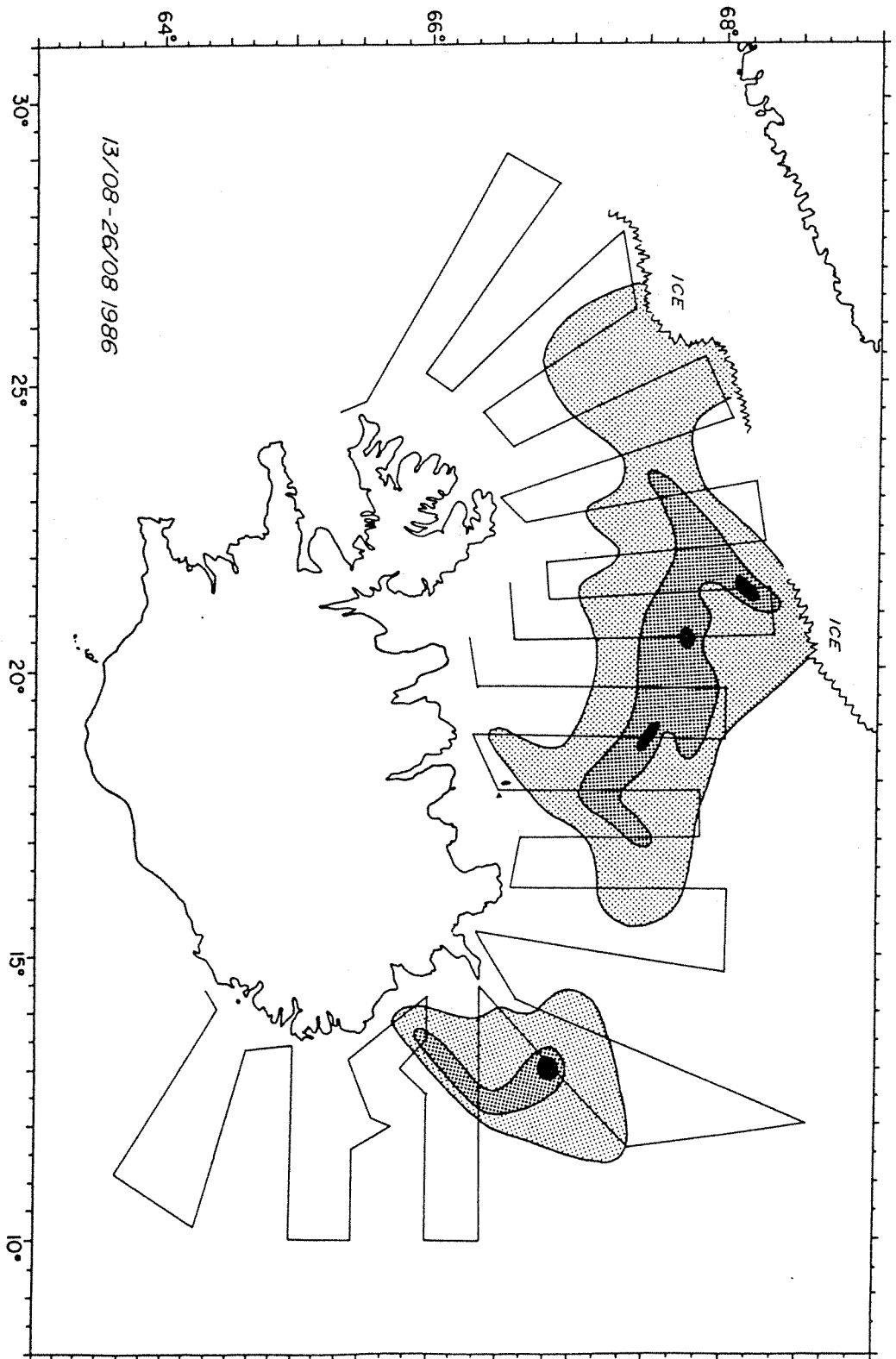
Mynd 46. Leiðarlínur og dreifing ókynproska smáloðnu í ágústmánuði 1983.



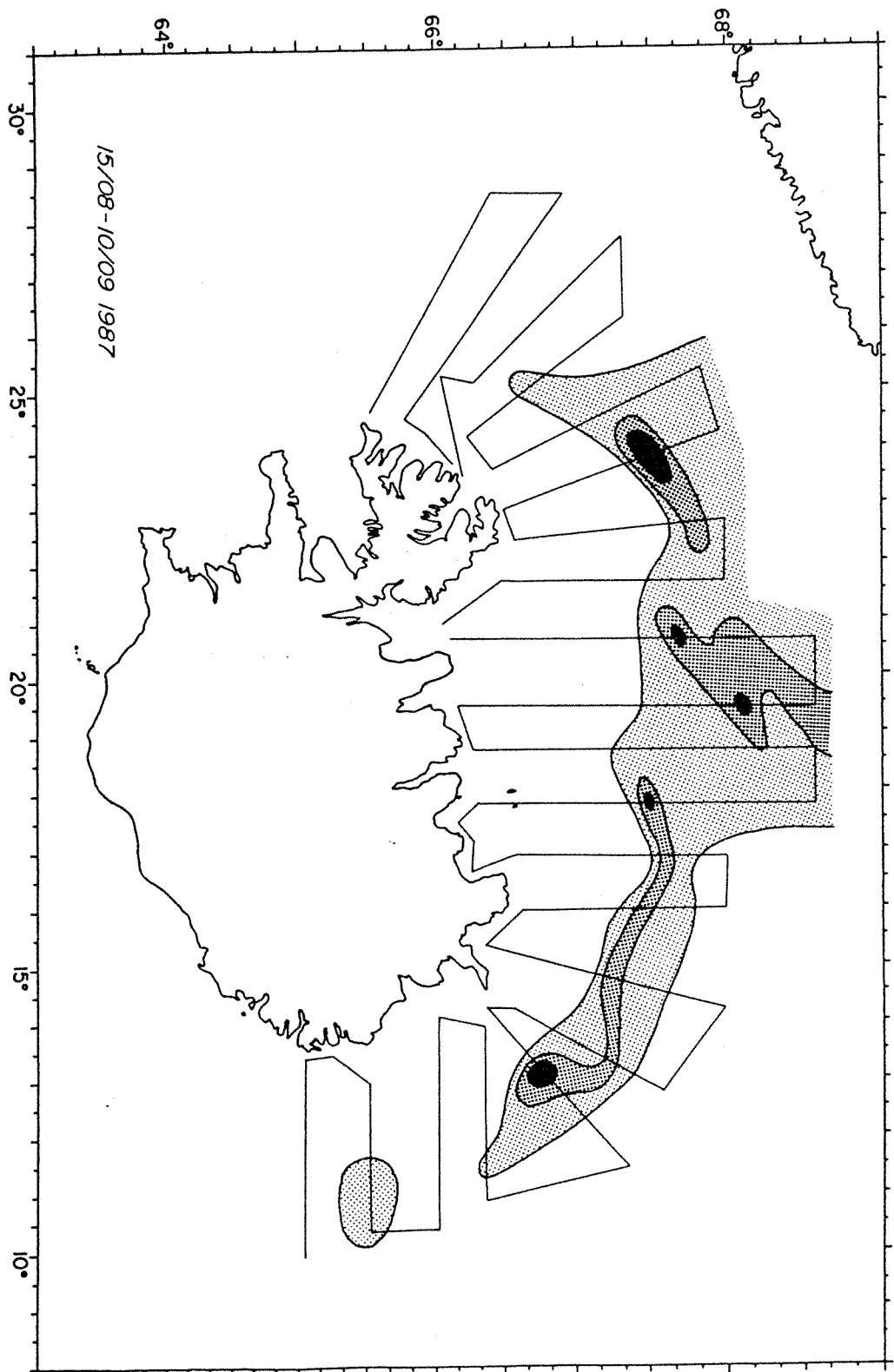
Mynd 47. Leiðarlínur og dreifing ókynþroska smáloðnu í ágústmánuði 1984.



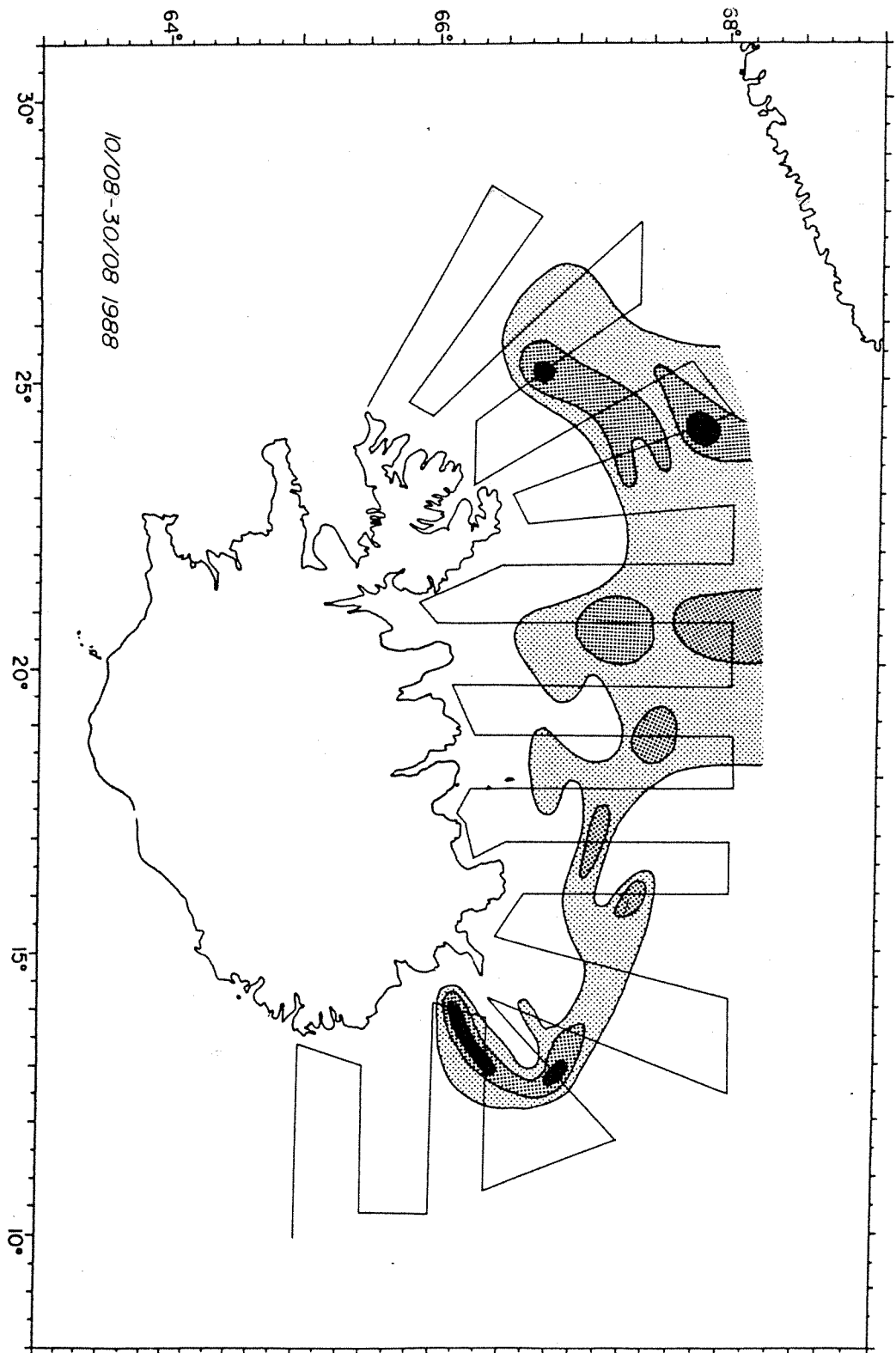
Mynd 48. Leiðarlínur og dreifing ókynþroska smáloðnu í ágústmánuði 1985.



Mynd 49. Leiðarlínur og dreifing ókyrproska smáloðnu í ágústmánuði 1986.

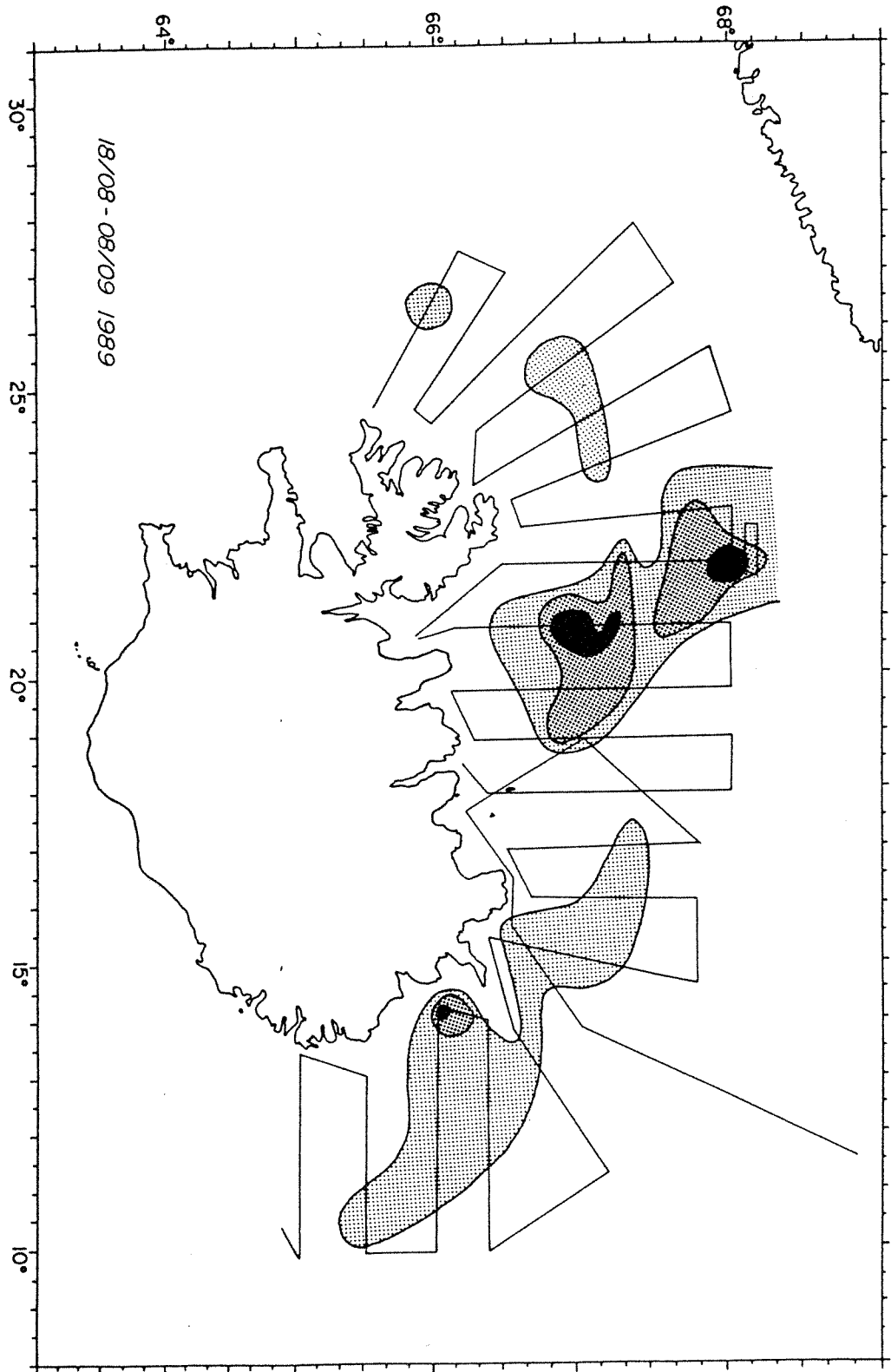


Mýnd 50. Leiðarlínur og dreifing ókynproska smáloönu í ágústmánuði 1987.

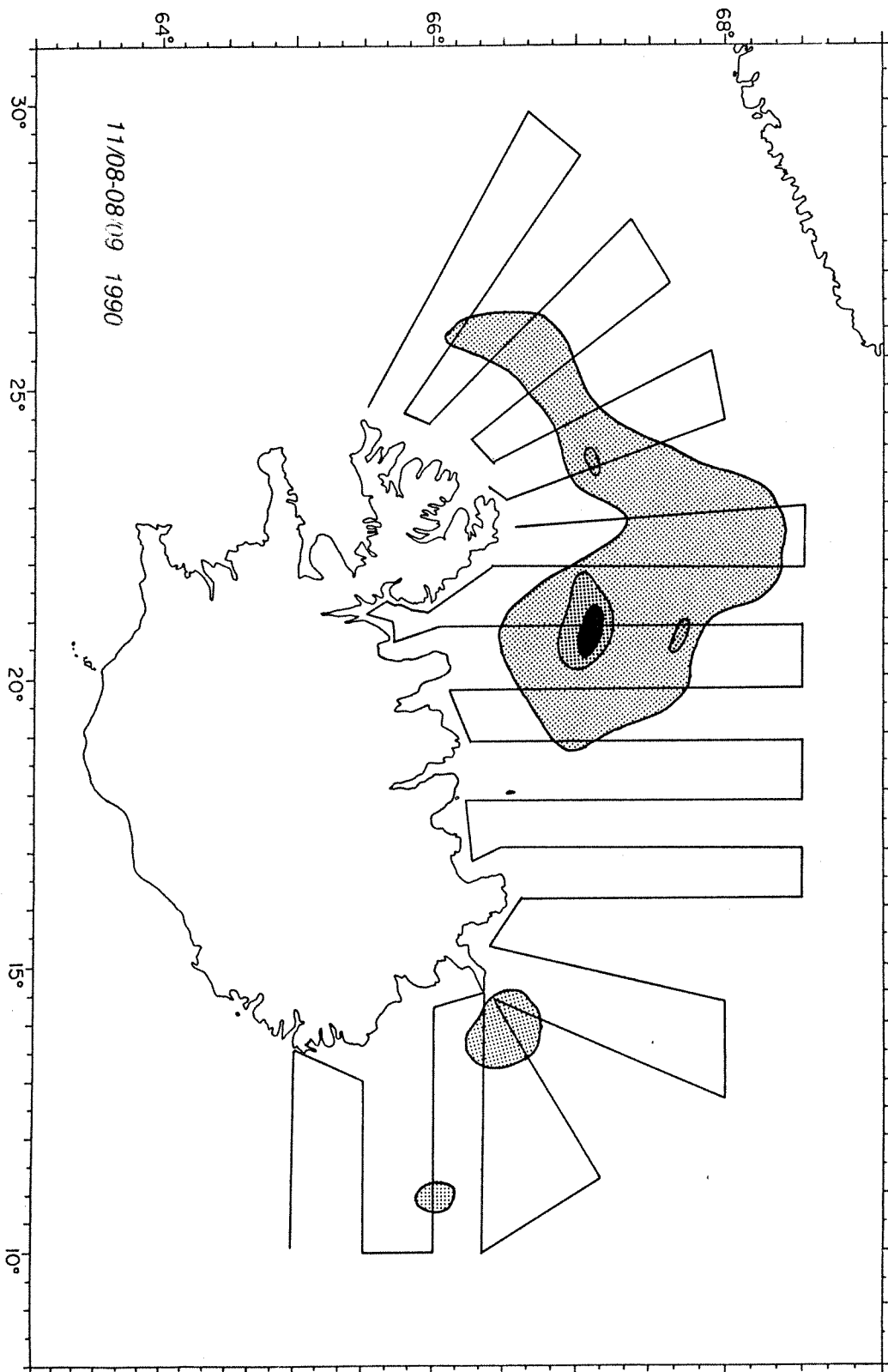


Mynd 51. Leiðarlínur og dreifing ókynþroska smáloðnu í ágústmánuði 1988.

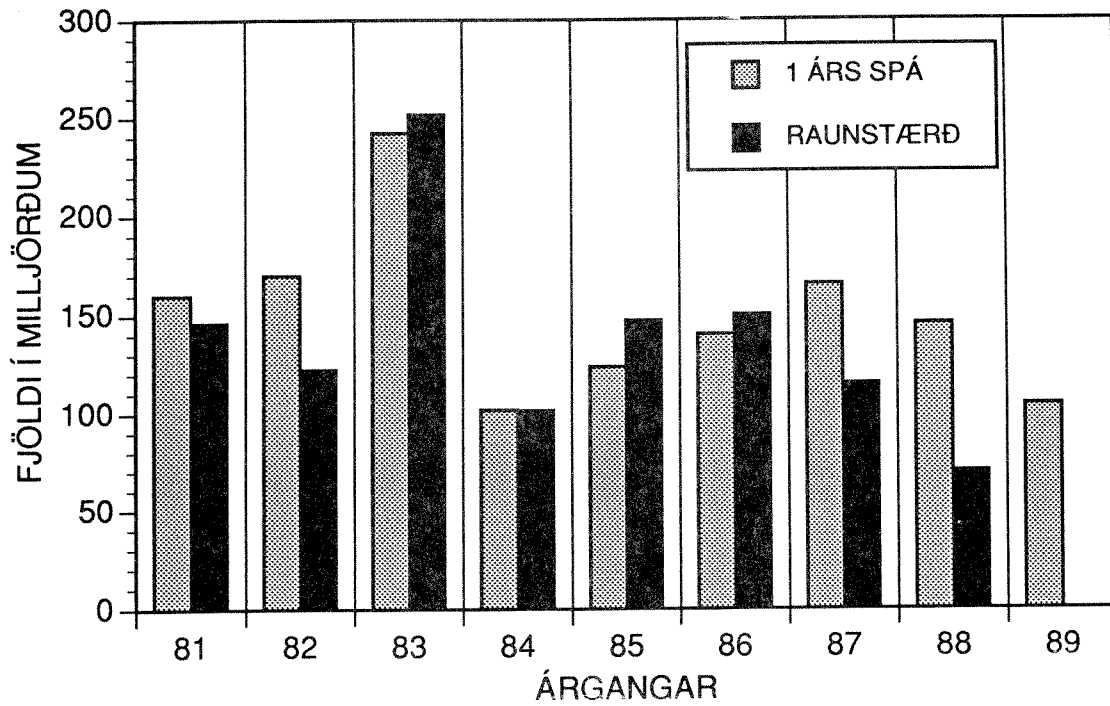




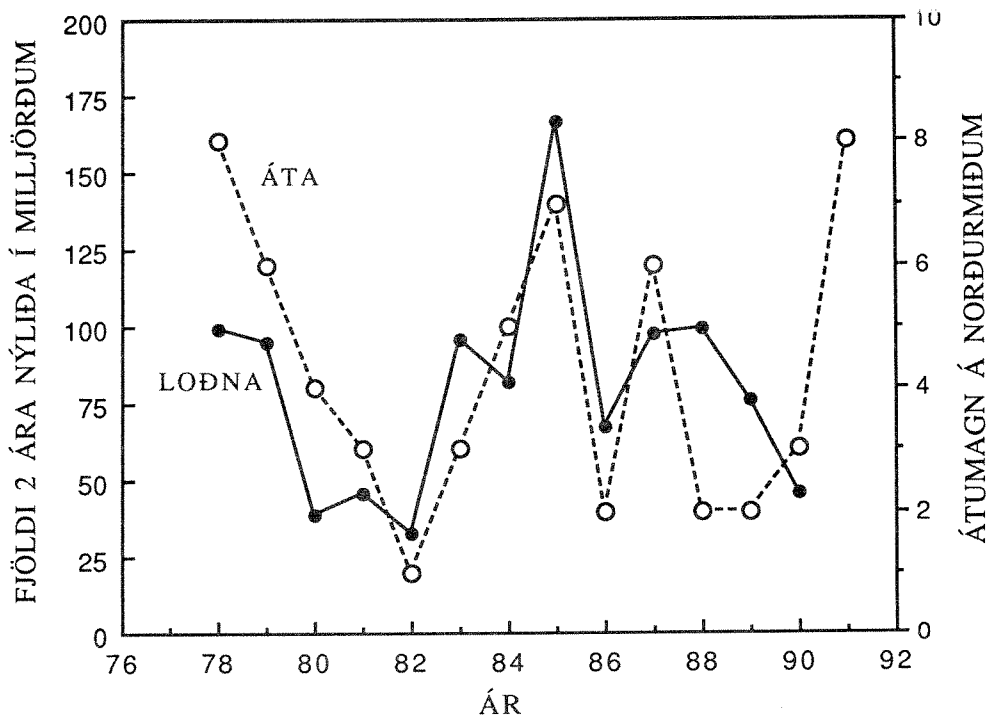
Mynd 52. Leiðarlínur og dreifing ókynþroska smáloönu í ágústmánuði 1989.



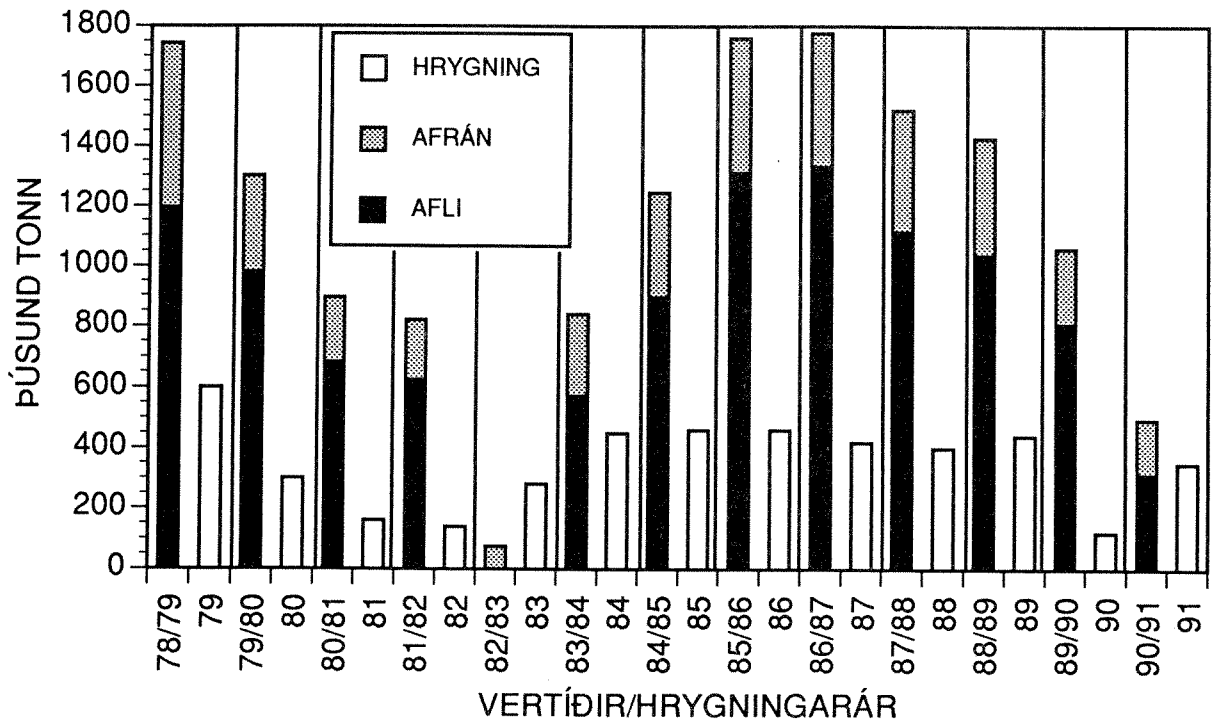
Mýnd 53. Leiðarlínur og dreifing ókyrrþroska smáloönu í ágústmánuði 1990.



Mynd 54. Samanburður á spáðri stærð og raunverulegri stærð loðnuárganganna frá 1981-1989.



Mynd 55. Átumagn á norðurmíðum og fjöldi nýliða í veiðistofni loðunnar 1978-1990.



Mynd 56. Loðnaflinn, náttúruleg afföll og hrygningarstofn við lok veiða á vertíðunum 1978/79 - 1990/91.



