

**Bergmálsmaelingar á murtu
í Þingvallavatni haustið 2008**

Áfangaskýrsla I

**Ingi Rúnar Jónsson
Guðni Guðbergsson**

**nóvember 2009
VMST/09046**

Veiðimálastofnun

Keldnaholti, 112 Reykjavík, Sími: 580-6300, Bréfasími: 580-6301
Netfang: veidimalastofnun@veidimal.is

Efnisyfirlit

Inngangur	1
Framkvæmd	1
Niðurstöður og umræður	6
Þakkarorð	18
Heimildir	18

Myndir:

1. mynd. Einingar tækjabúnaðarins sem notaður var við bergmálmælingar í Þingvallavatni haustið 2008	bls. 2
2. mynd. Báturinn sem notaður var til bergmálmælinga haustið 2008	bls. 4
3. mynd. Festingar fyrir botnstykki bergmálmælis	bls. 4
4a. mynd. Siglingaleiðir í lóðréttri bergmálmælingu	bls. 5
4b. mynd. Siglingaleiðir í láréttri bergmálmælingu	bls. 5
5. mynd. Dæmi um skráningar úr bergmálmælingu	bls. 5
6. mynd. Dæmi um hljóðrit (echogram)	bls. 8
7. mynd. Fjöldi einstakra endurkasta (SED, -75 til -30 dB) eftir styrk þeirra á 4 mismunandi dýptarbilum á sniði 1	bls. 9
8. mynd. Dreifing endurkasta á stærðarbilinu -62 til -30 dB á hverju sniði, skipt á 20 m dýptarbil	bls. 10-13
9. mynd. Þéttleiki (pr. 1000m ³) endurkasta (SED) stærri en -62 dB á mismunandi dýptarbilum á hverju sniði	bls. 14
10. mynd. Þéttleiki (pr. 1000m ³) endurkasta (SED) stærri en -46 dB á mismunandi dýptarbilum á hverju sniði	bls. 15
11. mynd. Lengdardreifing murtu sem veiddist í rannsóknarnet við Mjóanes 12. október 2008	bls. 17
12. mynd. Dreifing endurkasts fisks sem veiddist í rannsóknarnet við Mjóanes 12. október 2008, m.v.að samband lengdar fisks og endurkasts sé $TS = 20 \log_{10}(L) - 65,3$ (Middel 2005)	bls. 17

Töflur:

Tafla 1. Þéttleiki einstakra skráning (SED pr.hektara) ≥ -46 dB, skipt eftir köflum innan sniða og dýpi.	bls. 16
---	---------

Útdráttur

Vorið 2007 gerðu Umhverfisstofnun, Orkuveita Reykjavíkur, Landsvirkjun og Þjóðgarðurinn á Þingvöllum með sér samkomulag um vöktun á lífríki og efna- og eðlisþáttum Þingvallavatns. Í Þingvallavatni finnast fjögur afbrigði bleikju og er ein þeirra murta, sem nýtir sér svifvist vatnsins. Vöktun fiskstofna vatnsins felst í vöktun á stofnstærð og ýmsum líffræðilegum þáttum murtu í vatninu, annars vegar með netaveiðum og hins vegar með bergmálmælingum. Hér er greint frá frumniðurstöðum bergmálmælinga sem framkvæmdar voru um miðjan október 2008.

Lykilorð: murta, bergmálmæling, sónar,

Inngangur

Þingvallavatn er stærsta náttúrulega stöðuvatn Íslands um 83 km² að flatarmáli. Meðaldýpi þess er um 34 metrar og vatnasvið um 1300 km² (Árni Snorrason 2002). Í vatninu eru þrjár tegundir fiska, bleikja (*Salvelinus alpinus*), urriði, (*Salmo trutta*) og hornsíli (*Gasterosteus aculeatus*). Lýst hefur verið fjórum afbrigðum bleikju úr Þingvallavatni. Bjarni Sæmundsson (1900, 1904 og 1917) lýsti fyrstur þessum afbrigðum og nefnir þær netbleikju, djúpbleikju, deplu og murtu. Árni Friðriksson (1939) lýsir einnig afbrigði sem hann kallaði svartmurtu (depla). Síðar hefur þessum afbrigðum verið gefin heitin kuðungableikja, sílableikja, gjámurta og murta (Hilmar J. Malmquist o.fl. 1985).

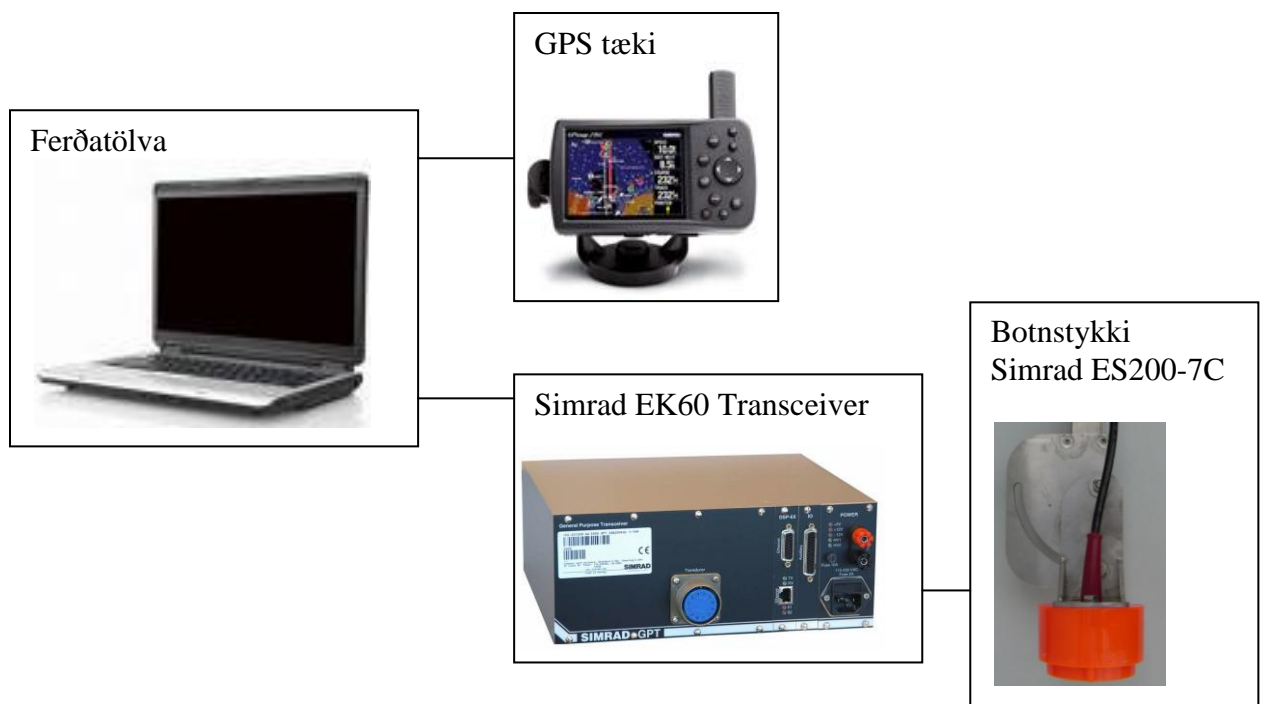
Vorið 2007 gerðu Umhverfisstofnun, Orkuveita Reykjavíkur, Landsvirkjun og Þjóðgarðurinn á Þingvöllum með sér samkomulag um vöktun á lífríki og efna- og eðlisþáttum Þingvallavatns. Í vöktuninni felast kerfisbundnar og endurteknar mælingar er taka til lykilmáttá í vistkerfi Þingvallavatns. Vöktunarverkefnið er framkvæmt af Náttúrufræðistofu Kópavogs, Jarðvísindastofnun Háskólans og Veiðimálastofnun. Fiskrannsóknirnar felast í vöktun á stofnstærð og ýmsum líffræðilegum þáttum murtu í vatninu. Annars vegar er um að ræða mat á stofnstærð murtu með bergmálmælingum, en hins vegar er um að ræða netaveiðar um mánaðamótin september–október þegar murtan gengur á grunn til hrygningar. Bergmálmælingar byggja á sendingum hljóðs út í vatnsbolinn og mælingar á endurkasti þess. Bergmálmælingar voru gerðar í lóðréttu og láréttu plani á sniðum sem siglt er eftir um vatnið.

Þessi skýrsla greinir frá niðurstöðum bergmálmælinga (lóðrétt) murtu í Þingvallavatni haustið 2008, en bergmálmælingar eru algeng aðferð til mælinga á stofnstærðum fiska. Mælingar á stofnstærð murtu með bergmálmælingum hafa áður verið gerðar í Þingvallavatni í ágúst 1975 (Edmund P. Nunnallee and Jón Kristjánsson 1978) og 1983-1988 (Sigurður S. Snorrason o.fl. 1992). Í þessum rannsóknum voru mælingar gerðar á svipuðum 5-14 sniðum um allt vatnið. Fjöldi fiska var metinn 17,6 milljónir neðan 5 metra árið 1975 og 1,7 til 8,3 milljónir árin 1983-1988.

Framkvæmd

Mælingar á murtustofni Þingvallavatns með bergmálmæli fóru fram að kvöldi 15. október og aðfararnótt 16. október 2008. Til mælinganna var notaður sónar frá fyrirtækinu Simrad, en tæknin byggir á mælingum á endurkasti hljóðs sem sent er út í vatnið, til mats á fjölda og stærð fiska. Búnaðurinn samanstendur af botnstykki (transducer, ES200-7C,

frequency 200kHz, circular beamwidth 7°), ferðatölva með hugbúnaði (Simrad EK60 scientific echo sounder application, transceiver operation control, sensor input control, information display (echograms and numerical data), data output and record control, replay of previously recorded data), transceiver (Simrad, General purpose transceiver, EK60 GPT 200 kHz). Hægt er að keyra búnaðinn á 220 V eða 12 V spennu, en við mælingar haustið 2008 var búnaðurinn keyrður á 220 V frá rafstöð meðan á mælingu stóð. Auk þess var GPS staðsetningartæki tengt búnaðinum (1. mynd) og þannig skráði hugbúnaðurinn staðsetningu mælinga á hverjum tíma, siglingarhraða og siglingarferil um vatnið.



1. mynd. Einingar tækjabúnaðarins sem notaður var við bergmálmælingar á Þingvallavatni haustið 2008. Ferðatölvan hefur að geyma hugbúnað sem stýrir mælingunni og skráir niðurstöður mælingarinnar. Tenging við GPS staðsetningartæki gefur skráningar á staðsetningu á hverjum tíma, siglingarhraða og skráir feril mælingarinnar.

Smíðaðar voru festingar fyrir botnstykki á bát og miðaðist hönnun þeirra við það að hægt væri að koma þeim fyrir á bátum af mismunandi gerð/lögun. Vegna stærðar vatnsins og umfangs mælingarinnar var leigður bátur til verksins, þannig að aðstaða um borð og öryggi við mælinguna væri viðunandi. Einnig miðaðist val bátsins við að festingarnar pössuðu framan til á bátinn þannig að botnstykkið var framan við stefni hans (2. mynd). Festingarnar voru auk þess hannaðar þannig að með einföldum hætti væri hægt að stilla stöðu botnstykkisins hvar sem væri frá lóðréttri (niður) að láréttri stöðu (3. mynd).

Áður en mælingar hófust var bergmálmælirinn kvarðaður með koparkúlu (- 45 dB, 13,7 mm) á lygnu vatni skammt undan landi norðan við Svínanes. Megin hluti mælingarinnar var lóðrétt mæling í vatninu, en í lokin var gerð prófun á mæling í láréttu plani. Mæling í lóðréttri stöðu hófst um klukkan 21 og lauk um klukkan 2 eftir miðnætti. Byrjað var undan Miðfelli sunnan til í vatninu og mælt á 12 sniðum norður eftir vatninu (4a. mynd). Heildarlengd allra sniðanna var 42,6 km. Hugbúnaðurinn vistar gögnin eftir hverja u.þ.b. 1000 m og skiptast því sniðin upp í kafla af þeirri stærð (númeruð í siglingarstefnu), utan síðasti hluti hvers kafla sem oftast verður minni. Mæling með bergmálmæli í láréttu plani hófst um kl. 2:15 og lauk um kl. 3:23 aðfaranótt 16. október. Mælingin hófst norðan til í vatninu og var mælt suður með vesturströnd vatnsins, alls 10,3 km (4b. mynd). Ætlunin var að fara sunnar í vatnið, en veður hamlaði frekari mælingu. Í þessari skýrslu verður aðeins fjallað um niðurstöður lóðréttra mælinga.

Við mælingar á vettvangi var notaður hugbúnaður frá Simrad (Simrad EK60) sem vistar gögnin á fartölvu (5. mynd). Við úrvinnslu á gögnum úr bergmálmælinum þarf að umbreyta gögnunum (convert), en hugbúnaðurinn sem notaður var við það og úrvinnslu gagnanna var Sonar4 (Balk and Lindem 2007, Parker-Stetter o.fl. 2008). Þetta er gert til að rjúfa tengsl úrvinnsluhugbúnaðarins við ákveðinn tækjabúnað, auka vinnsluhraða og tengja önnur gögn mælingunni, s.s. athugasemdum, umhverisþáttum, myndum o.fl. Við umbreytinguna voru eftirfarandi stuðlar (parameters) notaðir:

Detector:

Min. echo length = 0,60.

Max. echo lengt = 1,50.

Evaluator

Min. target size = -75.

Max. phase dev. = 0,6.

Mult. peak sup. = Medium.

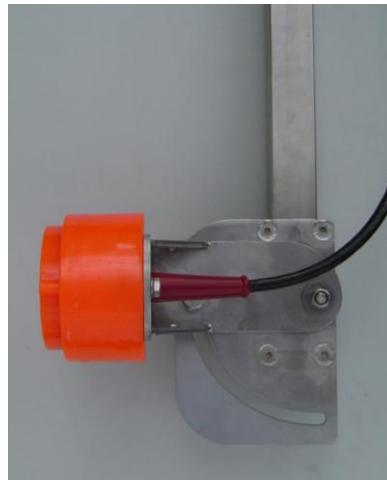
Max gain comp. = 3 db 1 way.

Transducer dept = 0,6 m.

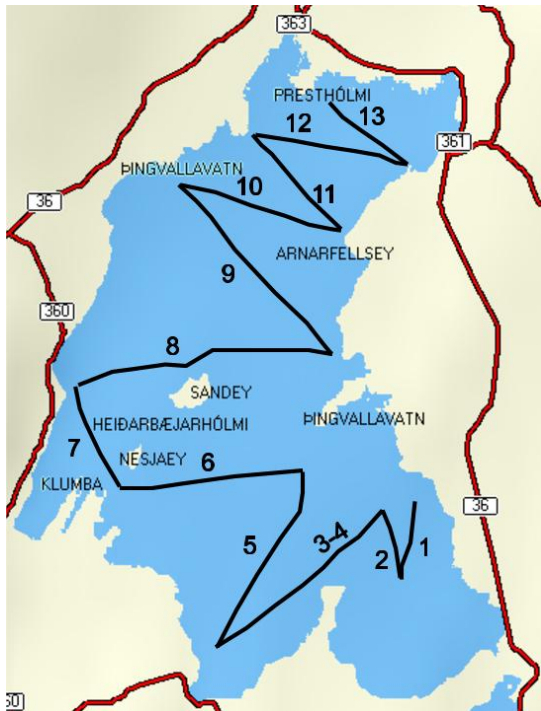
Við úrvinnslu þarf að skoða gögnin m.t.t. truflana og meta hvaða endurköst séu fiskur og hvað ekki. Í því skyni þarf að skilgreina efri og neðri mörk mælanlegs hluta vatnsbolsins. Efri hlutinn afmarkast af línu neðan við botnstykkið og botninn afmarkar neðri mörkin. Við afmörkun yfirborðslags (surface layer) var það skilgreint niður á 4 m (near field 0,57 m). Bil ofan við botn (margin fyrir bottom line) var skilgreint sem 0,5 m. Þeim hluta vatnsbolsins sem var mældur (pelagic layer) var skipt upp í 20 m dýptarbil og þau lög greind fyrir hverja skrá fyrir sig (segment size). Botnstykkið (transducer) er af gerðinni ER60 1 ES200-7C frá Simrad, pulse-width var 0,256 ms og ping rate um 5 ping pr. sek.



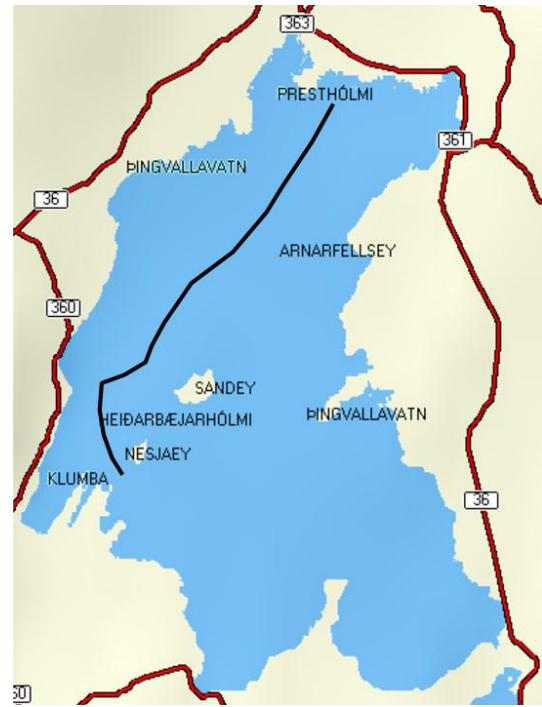
2. mynd. Báturinn sem notaður var til bergmálmælinga á Þingvallavatni haustið 2008. Hjóðsendir/-móttakari er festur á slá framan á bátinn og tengdur við tölvubúnað inni í bátum sem stýrir sendingum og skráir endurkastið



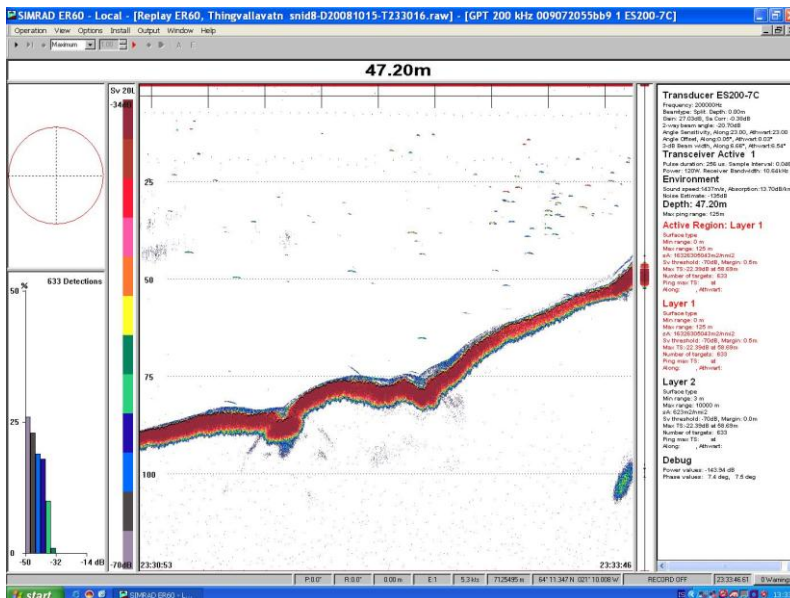
3. mynd. Festing fyrir botnstykki bergmálmælis. Með einföldum hætti er hægt að láta botnstykkið snúa frá lóðréttri stöðu (vinstri mynd) að láréttri stöðu (hægri mynd).



4a. mynd. Siglingarleið, í lóðréttri bergmálmælingu, um Þingvallavatn 15. – 16. október 2008. Byrjað var sunnan til í vatninu og mælingu lokið undan Presthólma.



4b. mynd. Siglingarleið, í láréttri bergmálmælingu, um Þingvallavatn 16. október 2008. Byrjað var undan Presthólma og siglt suður vestanmegin í vatninu.



5. mynd. Dæmi um skráningar úr bergmálmælingu við mælingar í Þingvallavatni haustið 2008. Mælingin er á sniði 8 og þegar myndin er tekin er dýpi minnkandi og er komið niður í 47,2 m. Rauða línan sýnir botninn, en í vatnsbolnum má greina skráningar á endurkasti frá fiskum.

Niðurstöður og umræður

Sá tækjabúnaður sem notaður var við mælingarnar var nýr og lítil reynsla til staðar hérlendis við notkun hans. Allmikil vinna fólst í uppsetningu hans og ýmsum þáttum varðandi framkvæmd mælingarinnar. Smíða þurfti festingar fyrir búnaðinn og finna hentugan bát til verksins. Sú vinna gekk vel, sem og framkvæmd mælingarinnar á vettvangi. Því má segja að mikilvæg reynsla hafi fengist hvað þessa þætti varðar sem búið verður að við áframhald slíkra mælinga. Í upphafi var gert ráð fyrir að einhvern tíma tæki að aðlaga tækjabúnaðinn að aðstæðum og ná færni í tækninni. Samband var haft við sérfræðinga við háskólann í Ósló sem veittu ráðgjöf. Meðal annars kom fram að finna þarf út hvaða stillingar henta á hverjum stað en það getur verið breytilegt milli vatna og aðstæðna á hverjum tíma.

Hér verður aðeins gerð grein fyrir bergmálmælingum sem gerðar voru lóðrétt. Við skoðun gagna og úrvinnslu kom í ljós að heppilegra hefði verið að hafa senditíðnina (ping rate) minni en notuð var. Tækið var stillt þannig að það sendi út mesta ping rate en hefði mátt vera um 1 ping/s. Þetta leiðir til þess að óþarflega mikið varð af truflunum (noise) í gögnunum (6. mynd) sem þarf að sigta út og því erfiðara en ella að greina smáan fisk þar sem hætta er á að einhverjir þeirra tapist þegar verið er að taka út truflanirnar. Einnig kom í ljós að auka hefði mátt áreiðanleikann með því að taka s.k. passive data, en þá er búnaðurinn látinn hlusta án þess að senda merki og það gert við þær aðstæður sem eru við mælinguna. Þannig má með aukinni nákvæmni greina hvað geti verið truflanir (s.s. frá bát, vél og umhverfi) og hvernig þær koma fram.

Ef skoðaður er fjöldi einstakra endurkasta (SED) á mismunandi dýptarbilum, sést að fjöldi endurkasta með litlum endurkastsstyrk eykst með auknu dýpi og að toppur myndast í dreifingu einstakra endurkasta við lægri endurkastsstyrk með auknu dýpi (7. mynd). Skýringin á þessu gæti verið mögnun í búnaðinum á endurköstuðu merki eftir því sem endurkastið kemur lengra að. Séu gögnin skoðuð fyrir endurkast sem er stærra en -61dB er fjöldi skráninga (SED) mjög mismunandi milli sniða og dýptarbila (8. mynd). Sömu tilhneigingar má sjá þegar skoðaður er þéttleiki skráninga m.v. rúmmál ($\text{SED}/1000\text{m}^3$) sama styrks endurkasts (9. mynd).

Ekki liggja fyrir sýni af murtunni úti í vatnsbolnum á þeim tíma sem mælingin var gerð, þannig að sjá megi stærðardreifingu þess fisks sem þar er til samanburðar. Ekki voru heldur verið gerðar mælingar á endurkasti þekktra stærða af murtu. Á níunda áratugnum voru gerðar mælingar á murtu í Þingvallavatni með bergmálmælingum (Snorrason o.fl. 1992). Í þeirri rannsókn var gögnunum skipt við -46dB og gert ráð fyrir að það endurkast sé frá um 12 cm langri murtu. Rannsóknir á sambandi endurkasts (TS) og lengdar fyrir blettasilung

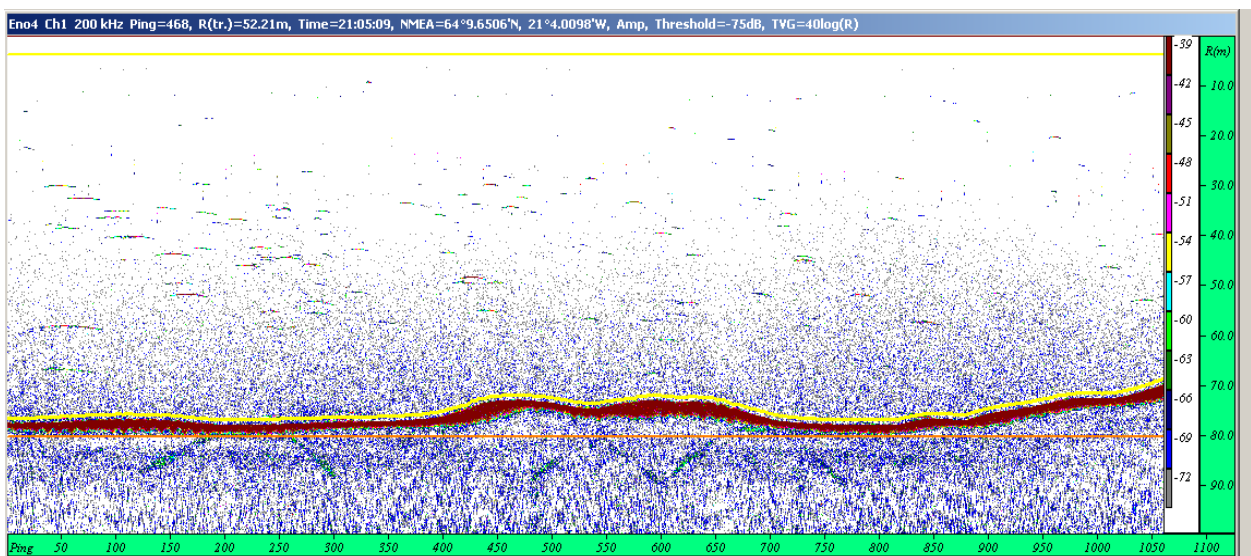
(*Salvelinus namaycush*) sýndu að sambandið var $TS = 20 \log_{10}(L) - 65,3$ þar sem L er lengd fisksins (Middel 2005). Samkvæmt því er TS fyrir 20 cm silung -39,3 dB og -46 dB er því um 9,2 cm langur silungur samkvæmt jöfnunni. Samkvæmt þessari jöfnu væru -62 dB um 1,5 cm sem telst ekki raunhæf stærð í þessu sambandi.

Ef lágmarks endurkast er hækkað í -46 dB breytist myndin nokkuð, þó breytileikinn milli sniðanna haldist (10. mynd). Þéttleikinn í skráningum á endurkasti (SED) m.v. -46 dB umreiknað sem fjöldi á hektara eru líka mismunandi milli sniðanna (tafla 1). Hér er um að ræða heildarendurkast yfir -46 dB og því um einhverja stærri fiska að ræða í þessum gögnum. Hins vegar má sjá á dreifingu endurkastanna (8. mynd) að aðeins lítið hlutfall þeirra er stærra en -37 dB og því ætti langstærstur hluti þeirra að vera smáir fiskar. Þéttleikinn er venjulegast mestur í efstu 20 m sem voru mældir. Heildarmælingin gaf stofnstærð sem var mun minni en í eldri rannsóknum (Edmund P. Nunnallee and Jón Kristjánsson 1978, Sigurður S. Snorrason o.fl. 1992) og myndi þýða að heildarfjöldi murta í vatninu væri nokkuð undir einni milljón einstaklinga. Þá hefur ekki verið reiknað með þeim einstaklingum sem voru mjög ofarlega í vatnsbolnum þegar mælingin fór fram og því ofan við þann hluta vatnsbolsins sem var mældur. Mögulegt á að vera að mæla þann hluta með láréttri mælingu, en til þess eru frekari prófanir nauðsynlegar. Áður hefur fjöldi murta í efstu metrunum verið metinn út frá dreifingu afla í netaveiðum og var niðurstaðan að bæta mætti um 40 % við niðurstöðu bergmálmælinga (Sigurður S. Snorrason o.fl. 1992). Ef því hlutfalli er bætt við niðurstöðu bergmálmælingarinnar 2008, hækkar niðurstaðan í um milljón einstaklinga. Einnig verður að hafa í huga að hluti stofnsins var á riðum á þeim tíma þegar mælingin fór fram og því líklega utan mælanlegs hluta stofnsins. Að svo stöddu er vert að taka stofnstærðarmatið með fyrirvara, en frekari vinnsla gagnanna og endurskoðun mæli- og úrvinnsluaðferða þarf til að meta frekar áreiðanleika þess. Slíkt verður hægt í ljósi frekari prófana og mælinga og líklegt að það muni auðvelda frekari túlkun og greiningu þessara gagna.

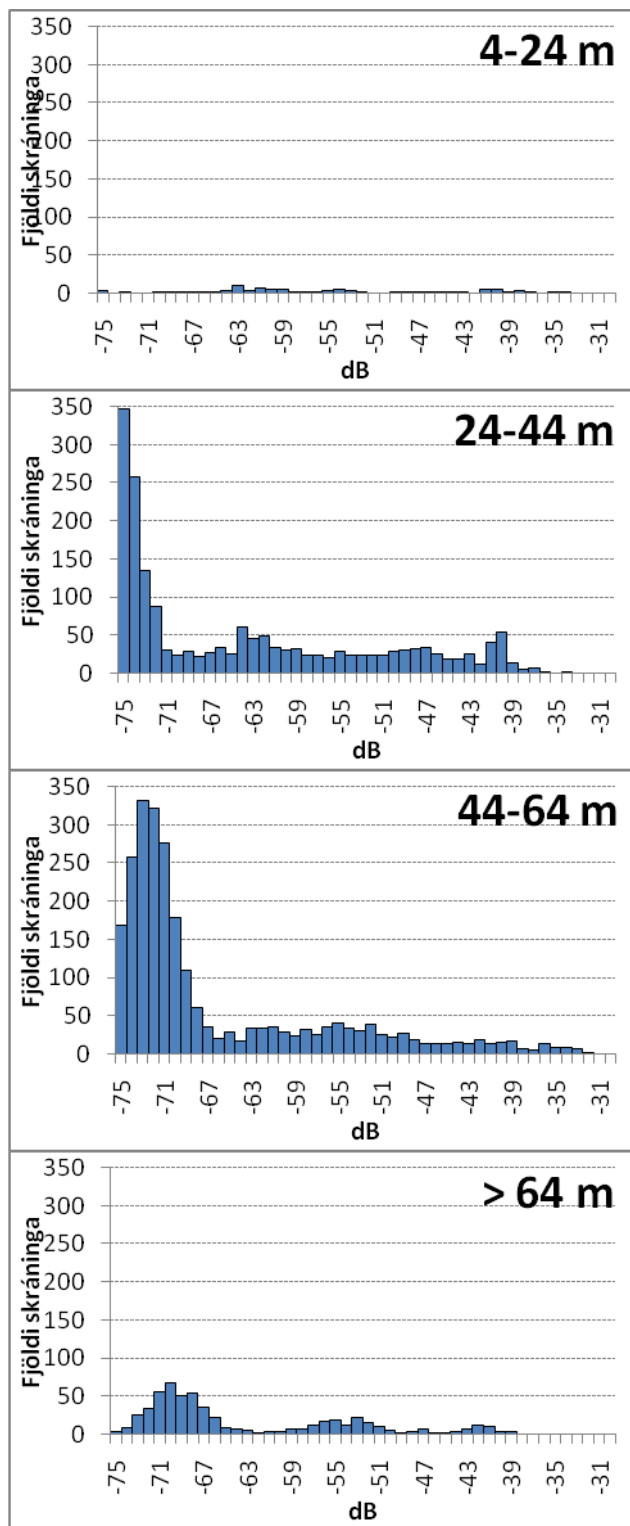
Sé lengdardreifingu murta sem veiddust í tilraunaveiði við Mjóanes í október 2008 (11. mynd) varpað yfir í styrk endurkasts (TS) miðað við jöfnu Middel (2005) væri endurkast þeirra á bilinu -38,6 til -44,1 dB (12. mynd). Ekki verður séð að góð samsvörun sjáist milli þeirrar dreifingar og dreifingar á endurkasti á mismunandi dýpi á sniðunum sem mæld voru (8. mynd). Skýringin á þessu gæti falist í gæðum og úrvinnslu gagna bergmálmælingarinnar, en einnig verður að hafa í huga að verið er að bera saman tvo aðskilda staði, þ.e. uppi við land og utar í vatninu. Sýnataka í tilraunaveiðum við Mjóanes miðast við að taka sýni af kynþroska fiskum, en úti í vatninu er auk þess ókynþroska fiskur. Í framtíðinni þarf að taka sýni með netaveiðum af þeim fiski sem er að finna úti í vatninu á sama tíma og bergmálmælingin fer

fram. Þannig er unnt að bera saman stærðardreifingar fiska sem þar eru og dreifingu á styrk endurkasts úr bergmálmælingu. Mælt er með að mælingar verði gerðar fyrir á árinu, t.d. í byrjun ágúst, eftir að nótt verður dimm en áður en murta fer að ganga á rið og tryggara sé því að kynþroska einstaklingar stofnsins séu með í mælingunni.

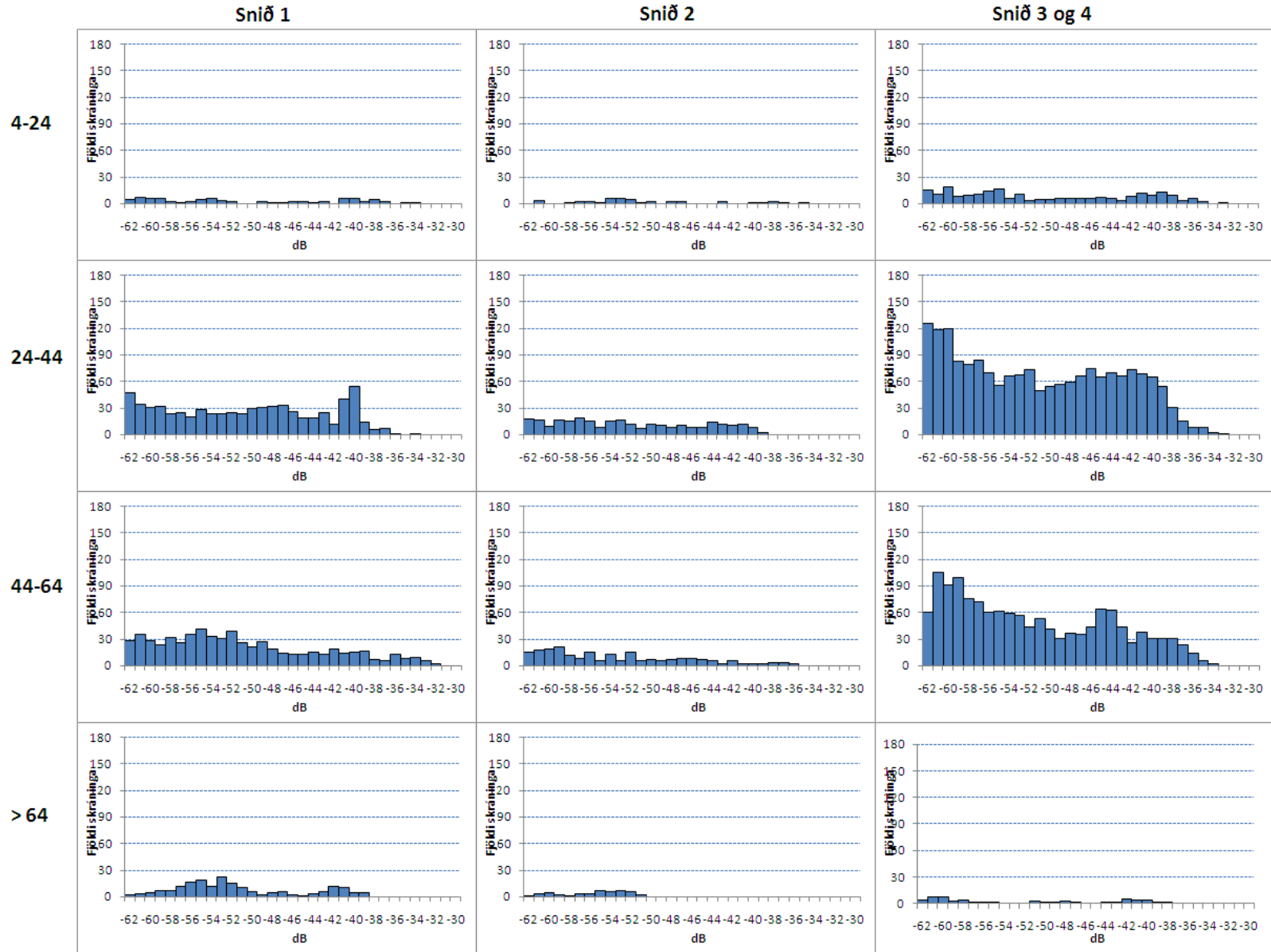
Líklega er mikið af truflunum (noise) í gögnunum eins og þau birtast hér, sem e.t.v. skýrir mikið af endurköstum sem eru of lítil til að vera líklega fiskur. Frekari greiningu sérfræðinga á þessu sviði þyrfti til að greina það frekar. Mögulegt er á síðari stigum að greina frekar þau gögn sem söfnuðust haustið 2008, þegar frekari reynsla og þekking hefur skapast á framkvæmd mælinga á murtustofninum og tæknilegum atriðum.

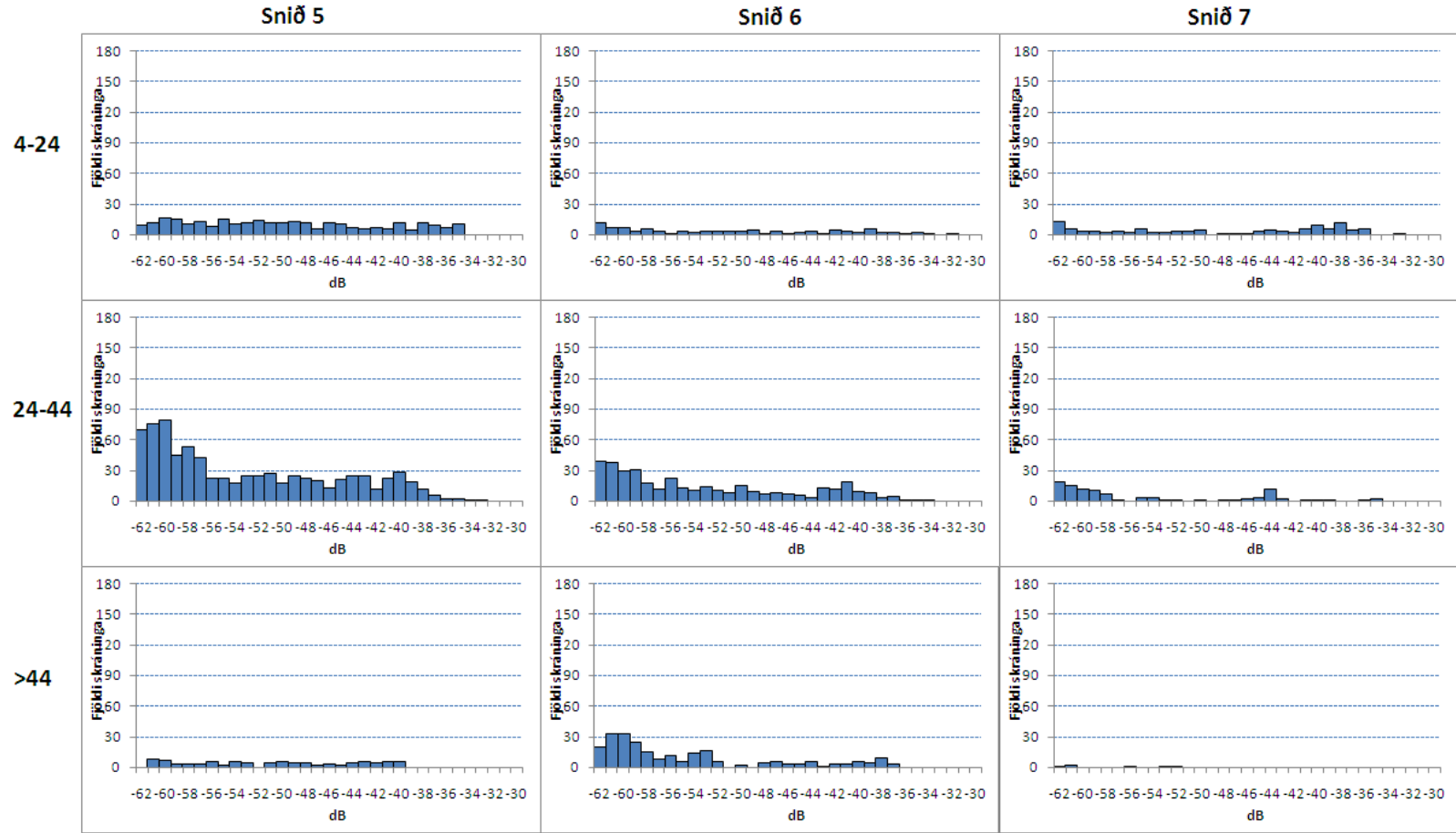


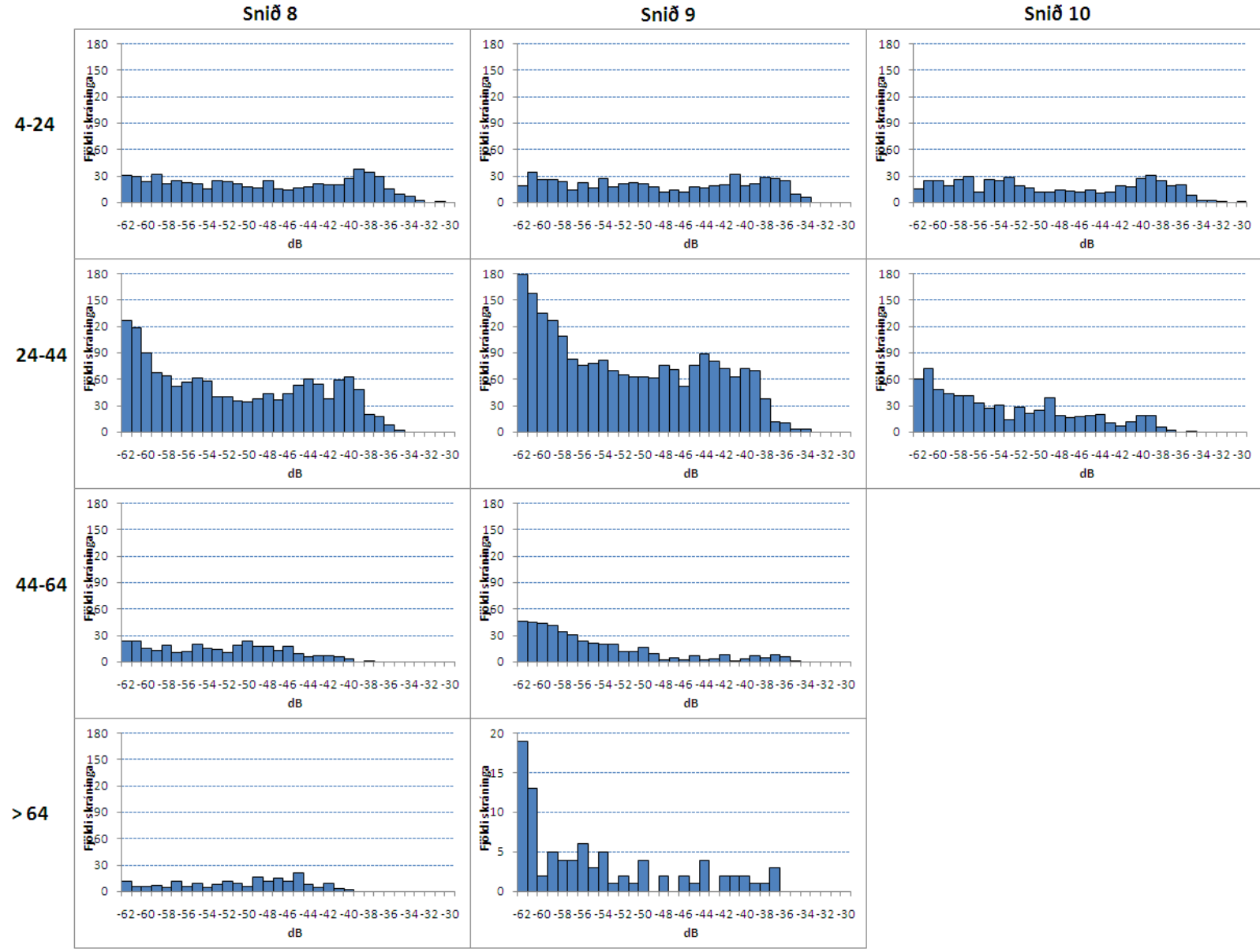
6. mynd. Dæmi um hljóðrit (echogram) af sniði 1 í Þingvallavatni haustið 2008. Á myndinni má greina bergmál (echo) frá fiskum og truflanir (noise).

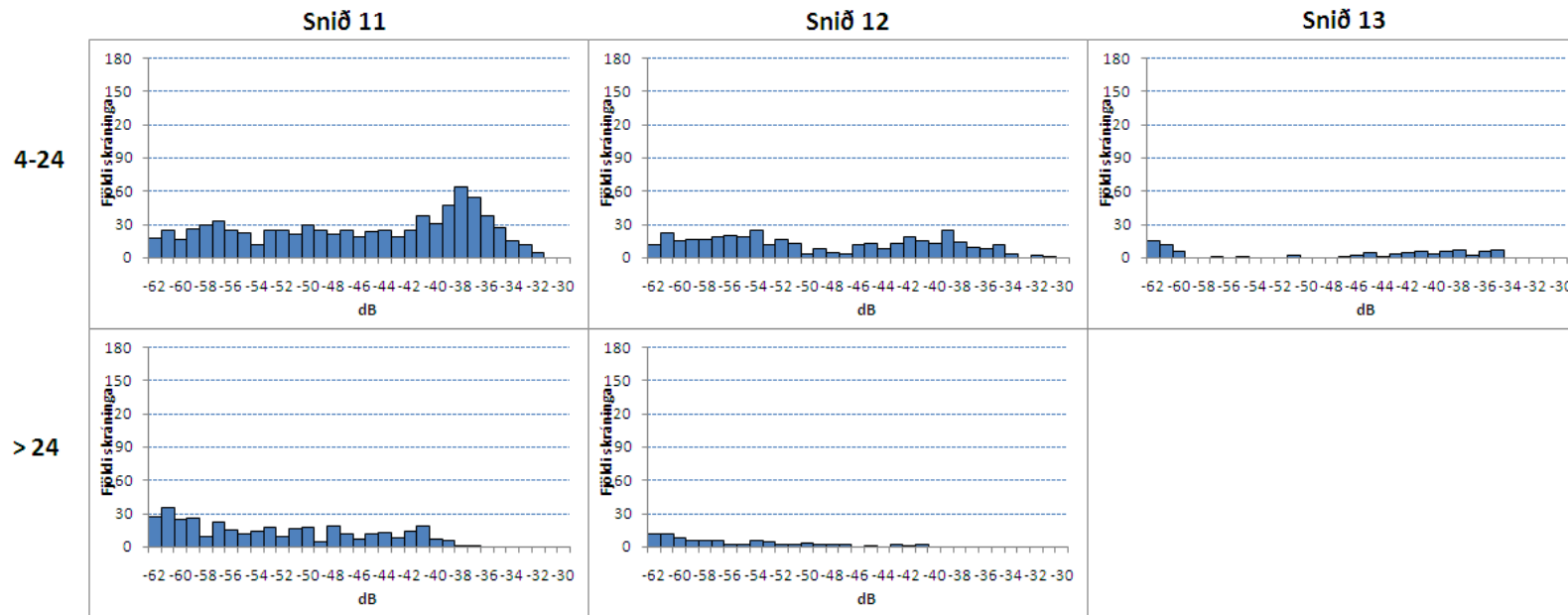


7. mynd. Fjöldi einstakra greindra endurkasta (single echo detected (SED), -75 til -30 dB) eftir styrk þeirra (dB) á 4 mismunandi dýptarbilum á sniði 1 í Þingvallavatni.

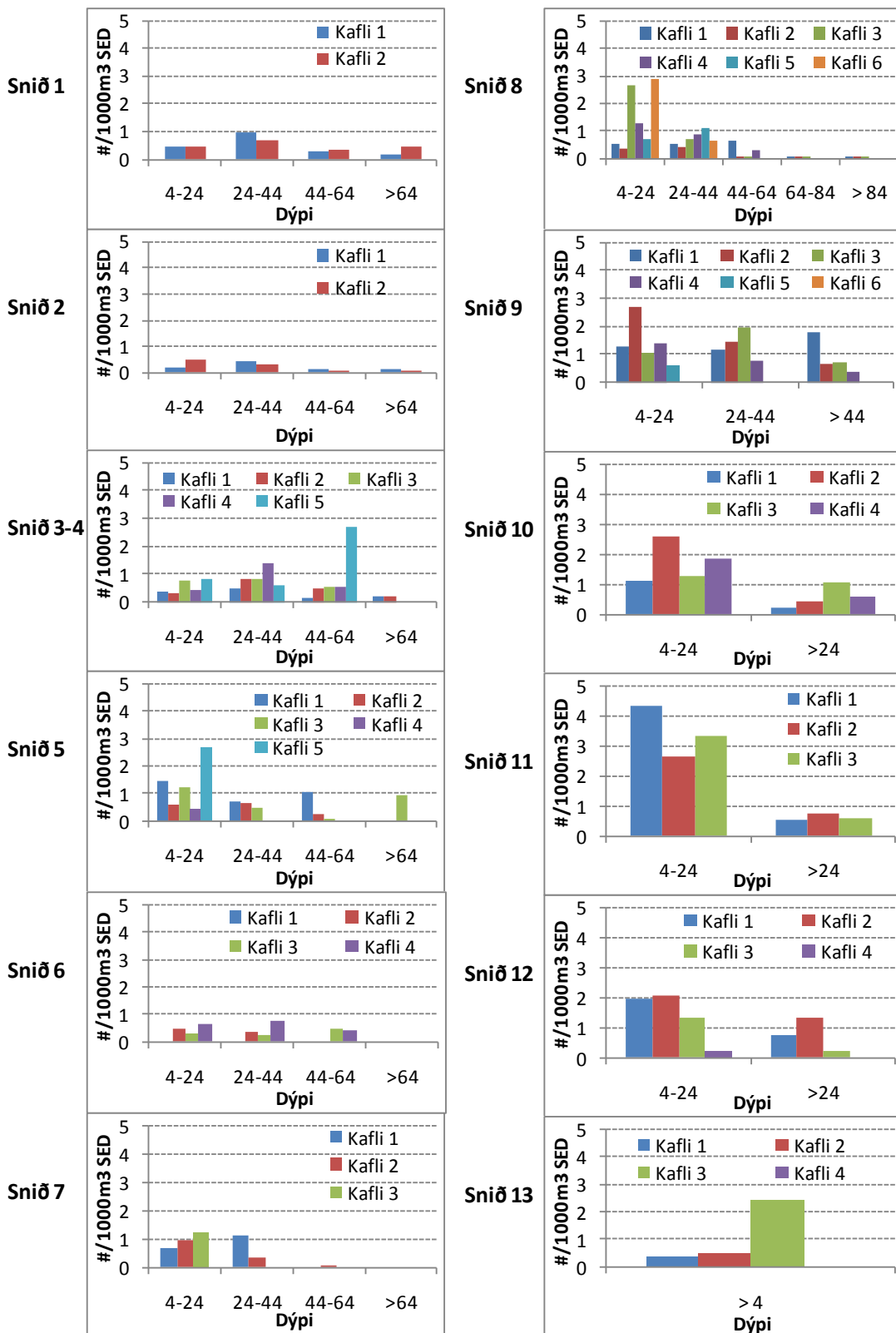




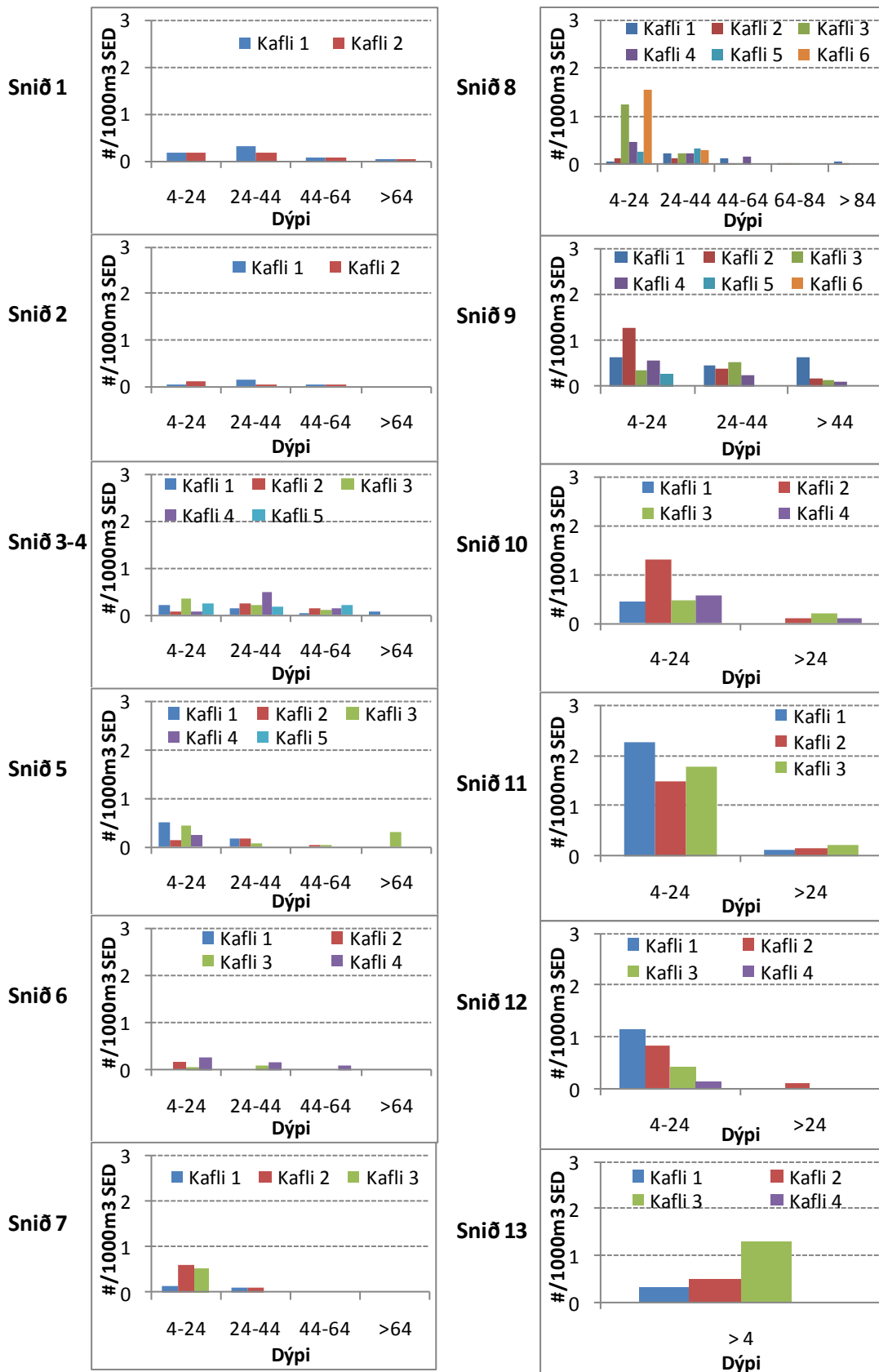




8. mynd. Dreifing endurkasta á stærðarbilinu -62 til -30 dB á hverju sniði í Þingvallavatni, skipt á 20 m dýptarbil.



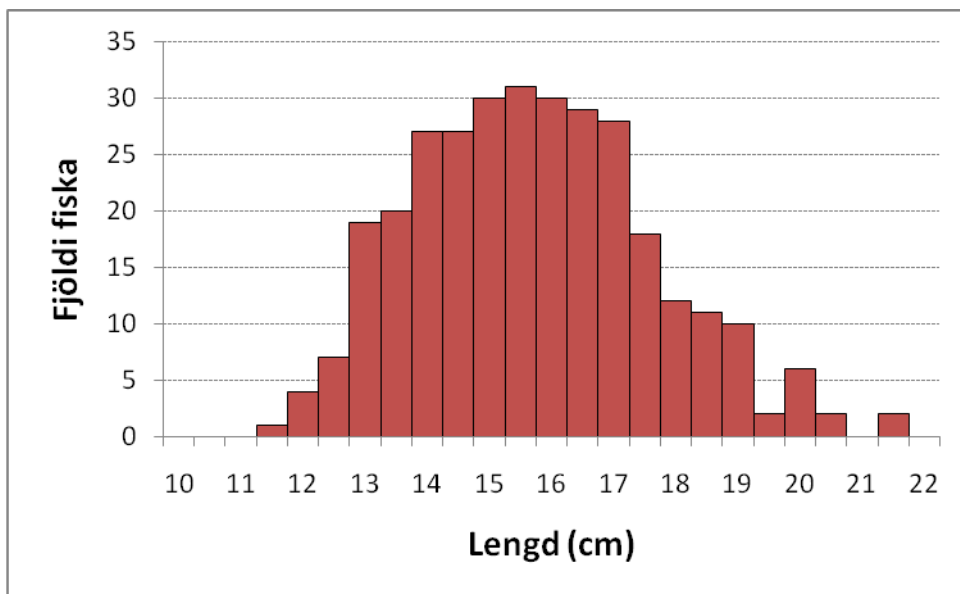
9. mynd. Þéttleiki (fj.pr. 1000m³) endurkasta (SED) stærri en -62 dB (≥ -62 dB) á mismunandi dýptarbilum, skipt eftir köflum (um 1 km) á hverju sniði.



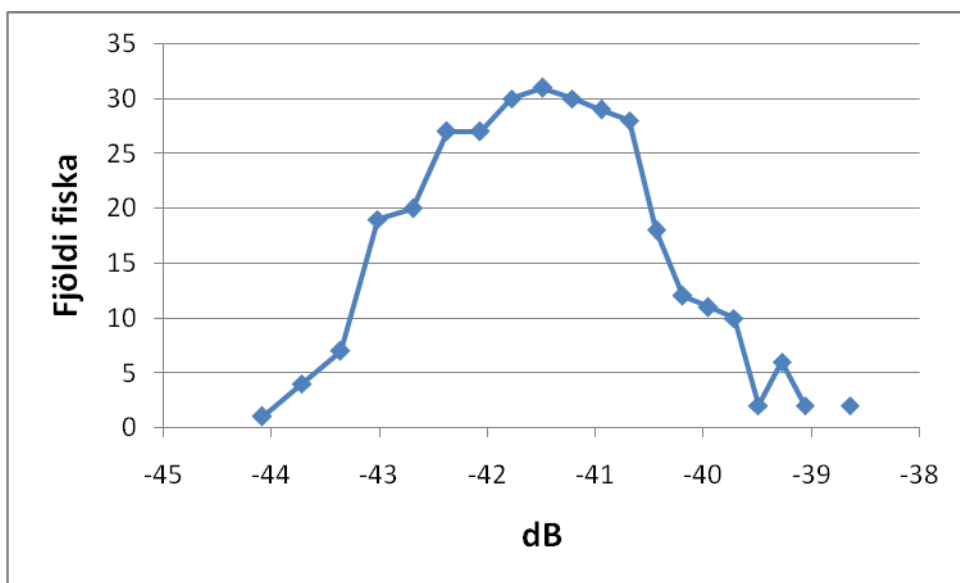
10. mynd. Þéttleiki (fj.pr. 1000m³) endurkasta (SED) stærri en -46 dB (>= -46 dB) á mismunandi dýptarbilum, skipt eftir köflum (um 1 km) á hverju sniði.

Tafla 1. Þéttleiki einstakra skráning (SED pr.hektara) \geq -46 dB, skipt eftir köflum innan sniða og dýpi.

		Dýpi (m)				
		4-24	24-44	44-64	64-84	84-104
Snið 1	Kafli 1	22,2	59,6	16,9	2,3	
	Kafli 2	23,1	33,4	14,7	0,8	
Snið 2	Kafli 1	5,6	24,7	3,3	0,0	
	Kafli 2	14,7	6,0	8,2	0,0	
Snið 3-4	Kafli 1	26,4	24,8	10,7	1,0	
	Kafli 2	9,7	46,1	23,8	0,0	
	Kafli 3	45,9	40,1	17,4		
	Kafli 4	11,1	89,3	8,9		
	Kafli 5	32,0	28,6	0,7		
Snið 5	Kafli 1	63,9	28,2	0,0		
	Kafli 2	19,4	31,1	2,8	0,0	
	Kafli 3	46,1	8,6	2,2	2,4	
	Kafli 4	13,0				
	Kafli 5	0,0				
Snið 6	Kafli 1	0,0				
	Kafli 2	9,9	0,0			
	Kafli 3	7,0	12,2	0,0		
	Kafli 4	28,9	18,4	6,7		
Snið 7	Kafli 1	9,7	0,9			
	Kafli 2	64,7	6,6	0,0	0,0	
	Kafli 3	38,1				
Snið 8	Kafli 1	6,0	12,1	5,0	1,3	0,2
	Kafli 2	15,3	24,8	15,5	10,8	38,0
	Kafli 3	148,3	28,8	0,4	0,5	0,0
	Kafli 4	56,3	31,8	0,9		
	Kafli 5	33,4	49,1	0,0		
	Kafli 6	129,6	19,4	0,0		
Snið 9	Kafli 1	75,1	65,1	2,6		
	Kafli 2	160,0	70,2	1,2		
	Kafli 3	43,1	95,0	7,2		
	Kafli 4	72,3	39,2	8,0		
	Kafli 5	13,5	0,0			
	Kafli 6	0,0				
Snið 10	Kafli 1	42,9	0,0			
	Kafli 2	164,2	11,6			
	Kafli 3	58,4	31,9			
	Kafli 4	73,5	14,9			
Snið 11	Kafli 1	285,2	17,8			
	Kafli 2	186,4	16,8			
	Kafli 3	207,1	18,4			
Snið 12	Kafli 1	119,9	0,0			
	Kafli 2	102,9	4,5			
	Kafli 3	51,9	0,0			
	Kafli 4	12,2				
Snið 13	Kafli 1	25,4				
	Kafli 2	47,6				
	Kafli 3	114,2				
	Kafli 4	0,0				



11. mynd. Lengdardreifing murtu sem veiddist í rannsóknnet við Mjóanes 12. október 2008 (óbirt gögn Náttúrufræðistofa Kópavogs/Hilmar J. Malmquist pers. uppl.).



12. mynd. Dreifing endurkasta fisks sem veiddist í rannsóknnet við Mjóanes, miðað við að samband lengdar fisks og endurkasts sé $TS = 20 \log_{10}(L) - 65,3$ (Middel 2005).

Þakkarorð

Sverri, eiganda og skipstjóra bátsins sem notaður var til mælinganna, er þakkað samstarfið. Helge Balk og Torfinn Lindem við Óslóarháskóla veittu ráðgjöf vegna tækja og úrvinnslu og eiga þakkir skyldar fyrir það.

Heimildir

- Árni Friðriksson 1939. Um murtuna í Þingvallavatni með hliðsjón af öðrum silung í vatninu. Náttúrufræðingurinn. 9: 1-30.
- Árni Snorrason 2002. Vatnafar á vatnasviði Þingvallavatns. Bls. 110-119. Í: Þingvallavatn. Undraheimur í mótun. Pétur M. Jónasson og Páll Hersteinsson (ritstjórar). Mál og menning. Reykjavík.
- Balk and Lindem, 2008. Sonar4 and Sonar5 post processing systems, Operator manual version 5.9.7, 235p..
- Bjarni Sæmundsson 1900. Fiskirannsóknir 1899. Andvari, 36-83.
- Bjarni Sæmundsson 1904. Fiskirannsóknir 1902. Andvari 1904, 79-119.
- Bjarni Sæmundsson 1917. Fiskirannsóknir 1915 og 1916. Andvari 1917. 71-129 .
- Edmund P. Nunnallee and Jón Kristjánsson. 1978. Hydroacoustic assessment of the lake Thingvallavatn and lake Skorradalvatn fish populations. J. Agr. res. Icel. 10, 2: 141-155.
- Hilmar J. Malmquist, Sigurður S. Snorrason og Skúli Skúlason 1985. Bleikjan í Þingvallavatni. I. Fæðuhættir. Náttúrufræðingurinn 55: 195-217.
- Middel, T. A. 2005. Hydroacoustic assessment of lake trout (*Salvelinus alpinus*) populations. University of Toronto, Toronto, ON, Canada.
- Parker-Stetter, S. L.; Rudstam, L. G., Sullivan, P. J. and Warner, D.M. 2008. Standard operating procedures of fisheries acoustic surveys in the Great Lakes. Draft Aug 10, 2008.
http://www.glsc.usgs.gov/main.php?content=research_DWS_acrosslakes_acousticSOP&title=Across%20Lakes0&menu=research_DWS_acrosslakes
- Sigurður S. Snorrason, Pétur M. Jónasson, Bror Jonsson, Torfinn Lindem, Hilmar J. Malmquist, Odd Terje Sandlund and Skúli Skúlason. 1992. Population dynamics of the planktivorous arctic charr *Salvelinus alpinus* ("murta") in Thingvallavatn. OIKOS 64: 352-364.