



HAF- OG VATNARANNSÓKNIR

MARINE AND FRESHWATER RESEARCH IN ICELAND

Ljósáta í Ísafjarðardjúpi – nýtanleg auðlind? /
Euphausiids in Ísafjarðardjúp - a harvestable resource?

*Ástþór Gíslason, Páll Reynisson, Hjalti Karlsson, Einar Hreinsson,
Teresa Silva og Kristján Jóakimsson*

Ljósáta í Ísafjarðardjúpi – nýtanleg auðlind? /
*Euphausiids in Ísafjarðardjúp -
a harvestable resource?*

*Ástþór Gíslason, Páll Reynisson, Hjalti Karlsson, Einar Hreinsson,
Teresa Silva og Kristján Jóakimsson*

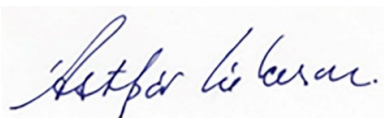
Upplýsingablað

Titill: Ljósáta í Ísafjarðardjúpi – nýtanleg auðlind? / <i>Euphausiids in Ísafjarðardjúp - a harvestable resource?</i>		
Höfundar: Ástþór Gíslason, Páll Reynisson, Hjalti Karlsson, Einar Hreinsson, Teresa Silva, Kristján Jóakimsson		
Skýrsla nr: HV 2021-52	Verkefnisstjóri: Ástþór Gíslason	Verknúmer: 9284
ISSN 2298-9137	Fjöldi síðna: 43	Útgáfudagur: 10. nóvember 2021
Unnið fyrir: Hafrannsóknastofnun	Dreifing: Opið	Yfirfarið af: Hildur Pétursdóttir.
Ágrip Gerð er grein fyrir niðurstöðum rannsókna sem fram fóru frá ágúst 2011 til ágúst 2012 í Ísafjarðardjúpi með það að markmiði að afla upplýsinga um útbreiðslu og magn ljósátu í Djúpinu á mismunandi árstímum, ásamt því að gera veiðarfæratilraunir með nýtingarsjónarmið í huga. Farnir voru fimm leiðangrar þar sem beitt var bergmálsaðferð við magnmælingar með samanburði við upplýsingar frá háfum og svífsjá. Einnig voru gerðar veiðitilraunir með sérhönnuðu ljósátutrolli. Agga (<i>Thysanoessa raschii</i>) reyndist langalgengasta ljósátutegundin í Ísafjarðardjúpi (~60 % af heildarafla allra leiðangra) en talsvert fannst líka af augnsíli (<i>T. inermis</i>, ~22%) og náttlampa (<i>Meganyctiphanes norvegica</i>, 17%). Agga virðist hrygna fyrst eins árs í maí og svo aftur tveggja ára, en deyja svo að lokinni síðari hrygningunni. Bergmálmælingarnar sýndu að þéttleiki ljósátu var yfirleitt mestur í dýpsta álum í Djúpinu (dýpi >100 m). Gott samræmi reyndist á milli bergmálmælinganna og svífsjarmælinganna. Tilraunir til að veiða ljósátu með fínriðinni vörpu gáfu misjafnan afla eða 104-348 kg á togtíma. Árlegur meðallífmassi ljósátu í Ísafjarðardjúpi var metinn um 40 þúsund tonn, en þá var matið fyrir febrúar og apríl ekki tekið með vegna mikillar óvissu þá. Ekki er gerð tillaga um hversu mikið megi veiða af ljósátu. Ef til veiða kemur er nauðsynlegt að fylgjast vel með ljósátustofnunum til að kanna áhrif veiðanna vegna mikilvægis ljósátu í vistkerfinu. Heppilegur tími til veiða er í ágúst-september, eftir aðalvaxtartímabilið, en þá er fitu- og próteininnihald dýranna hátt og lítil hætta á meðafla. Abstract <i>Results are presented of a study that was carried out from August 2011 to August 2012 on the abundance and distribution of euphausiids in Ísafjarðardjúp northwest Iceland. The study also included trial fishery of the euphausiids with a newly developed fine meshed</i>		

pelagic trawl. The abundance and distribution of euphausiids were estimated by five acoustic surveys using echo sounders. Concurrent data on abundance and distribution of euphausiids were obtained by Bongo-nets and Video Plankton Recorder (VPR). *Thysanoessa raschii* was the most abundant euphausiid species (~60% of the total catch), followed by *T. inermis* (~22%) and *Meganyctiphanes norvegica* (~17%). *T. raschii* appears to reproduce as one- and two-years old in May and then dying shortly thereafter. The acoustic measurements indicated greatest biomass of euphausiids in the middle through of the fjord (depth >100 m). Acoustic and VPR estimates of euphausiid density agreed well. Experimental fishery showed mixed results with catches of 104-348 kg per towing hour. The annual mean biomass of all euphausiids is estimated as 40 thousand tonnes. This estimate does not consider stock size estimates from February and April which are considered to have the greatest measurement uncertainty. The study does not propose a catch limit of euphausiids but emphasizes that if commercial harvesting should be tried, it should be paralleled by by-catch analysis and analysis of how the stocks react to the harvesting, due to the importance of euphausiids in the ecosystem. The best time for harvesting may be August-September, after the main growth period, when the lipid and protein content of the animals is relatively high and by-catch low.

Lykilorð: Ljósáta, veiðar, Ísafjarðardjúp

Undirskrift verkefnisstjóra:



Undirskrift forstöðumanns sviðs:



Efnisyfirlit

Inngangur	1
Aðferðir	3
Niðurstöður	12
Tegundir	12
Lífsferill ljósátu	12
Útbreiðsla og magn ljósátu	15
Hiti, selta og plöntusvif	18
Lóðrétt dreifing og dægurgöngur dýrasvifsins	20
Efnasamsetning	30
Veiðitilraunir	31
Umræða	31
Þakkir	35
Heimildir	35
Viðaukar	39

Töfluskrá

1. tafla. Helstu upplýsingar varðandi botnstykki og senda EK60 bergmáls mælanna. Táknið ψ stendur fyrir jafngildisgeisla („equivalent beam angle“) botnstykkjanna. Í öllum mælingum var notuð 1 ms púls lengd og alla jafna tvær sendingar á sekúndu.

2. tafla. Yfirlit yfir dagsetningar og fjölda stöðva sem teknar voru í rannsóknum á ljósátu í Ísafjarðardjúpi, ágúst 2011-ágúst 2012.

3. tafla. Yfirlit yfir flokkarana sem notaðir voru við úrvinnslu svifsjár sýna. Fram kemur hvaða hópar voru greindir og hvaða svifsjártog voru nýtt til að búa til flokkarana. Skýringar: cop: krabbaflær, eup: ljósáta, isn: óreglulega lagaðar lífrænar leifar, tsn: þráðlaga lífrænar leifar, jel: smáhveljur, cte: kambhveljur, other: aðrir hópar.

4. tafla. Heildarendurvarp, þ.e. margfeldi meðalendurvarps og flatarmáls útbreiðslunnar, á 120 kHz tíðni af því sem talið er vera ljósáta. Einnig er gefið upp flatarmál útbreiðslunnar, meðallengdir dýranna og mat á heildarlífsmassa og lífmassi ljósátu 17 mm og stærri (votvigt). Þessi tafla byggir á reiknilíkani fyrir TS með halladreifingu $N(0^\circ, 30^\circ)$. Sömu gögn liggja að baki meðallengdum og sýnd eru á 9. mynd. Sjá meginmál varðandi frekari útskýringar.

5. tafla. Efnasamsetning öggu (*T. raschii*) (% af þurrvigt) á mismunandi árstímum. Fjöldi mælinga í sviga. Óvissan fyrir öll gildi er 8%.

6. tafla. Efnasamsetning náttlampa (*M. norvegica*) (% af þurrvigt) á mismunandi árstímum. Fjöldi mælinga í sviga. Óvissan fyrir öll gildi er 8%.

7. tafla. Efnasamsetning augnsílis (*T. inermis*) (% af þurrvigt) á mismunandi árstímum. Fjöldi mælinga í sviga. Óvissan fyrir öll gildi er 8%.

Myndaskrá

1. mynd. Kort sem sýnir afmörkun rannsóknasvæðisins í Ísafjarðardjúpi. Á kortinu til hægri eru sýndar 50 og 100 m dýpislínur.
2. mynd. Valur, ÍS-20.
3. mynd. Yfirlit yfir aðgerðir í leiðöngrunum í Ísafjarðardjúpi, ágúst 2011 til ágúst 2012. Sjá 2. töflu varðandi dagsetningar leiðangra.
4. mynd. Svifsjáin sett út.
5. mynd. Nokkur dæmi um myndir sem teknar voru með svifsjá af algengum svifdýrum og lífrænum leifum í Ísafjarðardjúpi: Smáhveljur (A, F, O); ljósáta (B, D, L), rækjulirfa (C), kambhvelja (E), krabbaflær (G, H, P); lífrænar leifar (I, J, K), fisklirfur (M, N, Q).
6. mynd. Ljósátulóð á 38, 70, 120 og 200 kHz, ágúst 2012. Endurvarpsstyrkur er litakóðaður, Sv frá -40 til -90 dB.
7. mynd. Dýptarmælismynd á 120 og 38 kHz fyrir greiningu (túlkun) endurvarpa í ljósátu og að lokum 120 kHz-myndin eftir greiningu endurvarpanna í ljósátu. Ferill svifsjárinnar er sýndur. Endurvarpsstyrkur er litakóðaður, Sv frá -40 til -90 dB.
8. mynd. Samband lengdar og þurrvigtar hjá ljósátu í Ísafjarðardjúpi, allar tegundir, ágúst 2011 – ágúst 2012. Ljósátunni var safnað með Bongo-háfum og ljósátutrolli.
9. mynd. Hlutfallslegt magn (%) ljósátutegunda í fimm leiðöngrum í Ísafjarðardjúpi, ágúst 2011 – ágúst 2012. Í ágúst 2011, febrúar 2012 og apríl 2012 var sýnunum safnað með Bongo-háfi en í júní og ágúst 2012 bæði með Bongo-háfi og ljósátutrolli. Endurvarpsstyrkur er litakóðaður, Sv frá -40 til -90 dB.
10. mynd. Lengdardreifing öggu (*T. raschii*) í Ísafjarðardjúpi á mismunandi árstímum, ágúst 2011 - ágúst 2012. Í ágúst 2011, febrúar 2012 og apríl 2012 var sýnunum safnað með Bongo-háfi en í júní og ágúst 2012 bæði með Bongo-háfi og ljósátutrolli. Sum sýni voru stærðarflokkuð fyrir mælingu með því að sía þau gegnum 1000µ síu (>1000µ), sbr. litakóða.
11. mynd. Myndin sýnir meðalendurvarp á 120 kHz tíðni af því sem talið er vera ljósáta. Þéttleiki er gefinn til kynna með þverstrikum sem eru mælikvarði á meðalendurvarp hvernar sigldrar sjómílu. Dýpisjafngildislínur eru sýndar fyrir 50 og 100 m dýpi.
12. mynd. Samanburður á dreifingu ljósátu með dýpi samkvæmt mælingum með bergmáli (blátt) og svifsjá (rautt) í svifsjártogum í ágúst 2012.
13. mynd. Dreifing hita, seltu og blaðgrænu með dýpi í Æðeyjarsundi, ágúst 2011 til ágúst 2012.
14. mynd. Meðalendurvarp ljósátu eftir dýpi í fimm leiðöngrum, ágúst 2011 – ágúst 2012. Myndin sýnir meðalendurvarp allra mælinga í viðkomandi leiðangri.
15. mynd. Svifsjá, 8.-9. ágúst 2011 (kl. 19:31-06:10) á sniði í álnum út frá Æðeyjarsundi og út undir Vigur. Myndin sýnir gögn úr fimm togum (VPR7-11, sbr. 3. mynd). Útbreiðsla krabbaflóa, ljósátu, lífrænna leifa, smáhvelja. Gagnasöfnun brást frá ~24:30 til 03:00. Gildin á myndinni sýna fjölda dýra/agna í lítra. Tölurnar undir lárétta ásnum tákna tíma dags.
16. mynd. Dægursveifla átu á 120 (efri mynd) og 38 kHz (neðri mynd) mælum í ágúst 2011. Endurvarpsstyrkur er litakóðaður, Sv frá -35 til -85 dB.

17. mynd. Svifsjá, 8.-9. febrúar 2012 (kl. 18:02-09:30) í Ísafjarðardjúpi. Myndin sýnir gögn úr sex togum (VPR1-6, sbr. 3. mynd). Útbreiðsla krabbaflóa og ljósátu. Gildin á myndinni sýna fjölda dýra í lítra. Tölurnar undir lárétta ásnum tákna tíma dags.

18. mynd. Svifsjá, 19. apríl 2012 (kl. 21:17-23:02) í Ísafjarðardjúpi. Myndin sýnir gögn úr einu togi (VPR10, sbr. 3. mynd). Útbreiðsla krabbaflóa, ljósátu og lífrænna leifa (aðallega þráðlaga). Gildin á myndinni sýna fjölda dýra/agna í lítra. Tölurnar undir lárétta ásnum tákna tíma dags.

19. mynd. Svifsjá, 19. júní 2012 (kl. 19:28-21:35) í Ísafjarðardjúpi. Myndin sýnir gögn úr einu togi (VPR2, sbr. 2. mynd). Útbreiðsla krabbaflóa, ljósátu, óreglulega lagaðra lífrænna leifa, smáhvelja, þráðlaga lífrænna leifa og kambhvelja. Gildin á myndinni sýna fjölda dýra/agna í lítra. Tölurnar undir lárétta ásnum tákna tíma dags.

20. mynd. Svifsjá, 16. ágúst 2012 (kl. 09:05-11:51) í Ísafjarðardjúpi. Myndin sýnir gögn úr einu togi (VPR5, sbr. 2. mynd). Útbreiðsla krabbaflóa, ljósátu, óreglulega lagaðra lífrænna leifa, smáhvelja, þráðlaga lífrænna leifa og kambhvelja. Gildin á myndinni sýna fjölda dýra/agna í lítra. Tölurnar undir lárétta ásnum tákna tíma dags.

21. mynd. Myndirnar sýna legu dýranna á svifsjármyndum. Hornið er 0° ef dýrin eru lárétt en jákvætt ef dýrin snúa með höfuðið upp, en neikvætt ef dýrin snúa höfði niður. Mælt var handahófskennt úrtak dýra sem snéru nokkurn veginn þvert á myndavélina og voru bein. Rauðu strikálínurnar sýna meðalgildi.

Viðaukar

Viðauki 1. Upplýsingar um ljósátuvörpunu sem notuð var við tilraunaveiðar í Ísafjarðardjúpi í júní og ágúst 2012 á Val ÍS 20.

Viðauki 2. Upplýsingar um tog með ljósátuvörpu í júní og ágúst árið 2012 í Ísafjarðardjúpi. Tími gefur til kynna hvenær tog hófst. Stöðvar þar sem togað var eru merktar inn á 3. mynd.

Inngangur

Aukið umfang fiskeldis í heiminum hefur leitt til stöðugt vaxandi eftirspurnar eftir hágæða fódri, sem er ríkt af olíum og próteinum. Hingað til hefur besta fódrið aðallega verið fiskimjöl sem unnið er úr uppsjávarfiskum eins og loðnu og kolmunna. Þar sem langflestir fiskistofnar, bæði hér við land og annars staðar í heiminum, eru þegar fullnýttir, er ekki við því að búast að á grundvelli sjálfbærra veiða geti orðið mikil aukning í fiskimjölsframleiðslu. Það er því líklegt að vöxtur fiskeldis verði í auknum mæli háð því að aðrir fitu- og próteingjafar komi til.

Auðlind sem hugsanlega er hægt að nýta í þessu sambandi er dýrasvif, því að magn þess í hafinu er gríðarlegt og fæðugildi ákjósanlegt. Þannig hefur verið áætlað að votvigt ljósátutegunda innan íslensku efnahagslögsögunnar sé um 5 milljónir tonna (Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 2007). Í ljósi þess hversu stórir stofnarnir eru þá er ólíklegt að takmarkaðar veiðar hefðu mikil áhrif á þá. Með tilliti til efnasamsetningar er dýrasvif einnig mjög gott fóður í fiskeldi og getur fituinnihaldið, sem er að verulegu leyti fjölómettaðar fitusýrur, orðið allt að 40-50% af þurrvigt (Falk-Petersen o.fl. 1990, Hildur Pétursdóttir óbirt gögn).

Stærstu átustofnarnir hér við land eru rauðáta og ljósáta. Fullvaxin verður rauðátan um 4 mm á stærð. Ljósátutegundirnar verða hins vegar um tíu sinnum stærri (allt að 40 mm) og því eru þær sennilega auðveiðanlegri í stórum stíl en rauðátan.

Í Suður-Íshafinu fara nú þegar fram talsverðar veiðar á ljósátu (Miller og Hampton 1989, Nicol og Foster 2003, Tiller 2008). Upphaf veiða þar má rekja til veiða Sovétmanna á suðurishafsljósátu (*Euphausia superba*) í byrjun sjöunda áratugar síðustu aldar. Í upphafi var um tilraunaveiðar að ræða þar sem áhersla var lögð á að kortleggja útbreiðslu og bestu veiðisvæðin. Árið 1972 hófu Sovétmenn svo veiðar í atvinnuskyni á suðurishafsljósátu. Aflinn var 7300 tonn árið 1973, en jókst hröðum skrefum næstu árin og varð mestur árin 1982 (528 þús. tonn) og 1987 (400 þús. tonn). Japanir bættust í hóp veiðipjóða árið 1972 og Pólverjar, Chíle-menn og Suður-Kóreu-menn á níunda áratugnum. Frá upphafi veiða og fram að hruni Sovétríkjanna í byrjun tíunda áratugarins var afli Sovétmanna mestur, um og yfir 90% heildaraflans. Á tíunda áratug síðustu aldar dró úr veiðum á suðurishafsljósátu, en frá síðustu aldamótum hefur aflinn oftast verið á bilinu 100-250 þús. tonn og taka Japanir, Suður-Kóreubúar og Norðmenn (Aker ASA) stærstan hluta (CCAMLR Statistical Bulletins 2020).

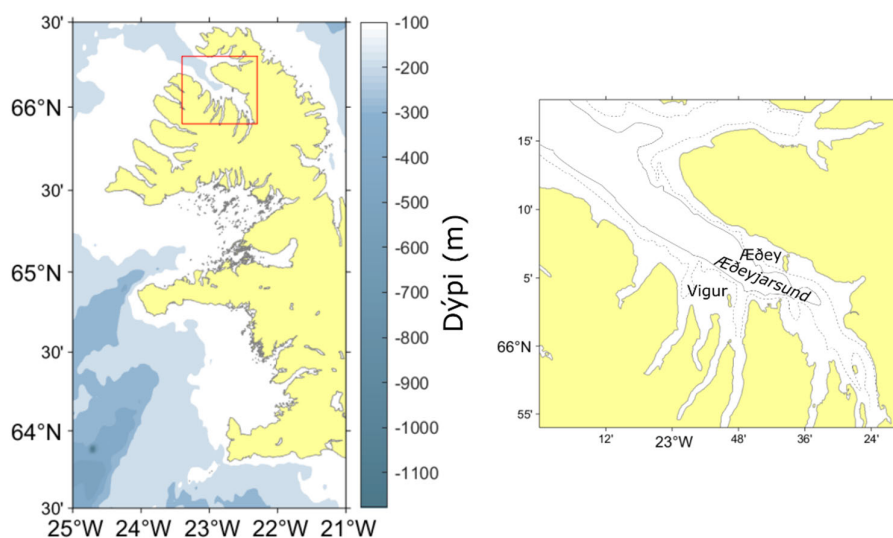
Ljósátuveiðar annars staðar en í Suður-Íshafinu eru enn sáralitlar. Í St. Lawrence flóa við austurströnd Kanada fóru fram tilraunaveiðar á miðjum tíunda áratug síðustu aldar, en þeim hefur núna verið hætt (Nicol og Foster 2003). Við Kanada eru tegundir sem við Íslendingar myndum hugsanlega nýta, agga (*Thysanoessa raschii*), náttlampi (*Meganyctiphanes norvegica*) og augnsíli (*Thysanoessa inermis*). Þá hefur norska hafrannsóknastofnunin nokkur undanfarin ár stundað lítilsháttar tilraunaveiðar á ljósátu (Webjörn Melle, munnlegar upplýsingar).

Í Suður-Íshafinu er ljósáta veidd með því að draga fínriðna uppsjávarvörpu í gegnum átuflekkina. Til að hlífa aflanum þannig að hann verði fyrir sem minnstu hnjaski er honum dælt um borð í veiðiskip. Við Kanada er beitt svipuðum aðferðum, nema að aflanum er ekki dælt um borð, heldur er varpan hífð um borð í veiðiskip að togi loknu.

Stærsti hluti ljósátuaflans í heiminum er nýttur sem fóður í fiskeldi, en hluti er nýttur í beitu, til manneldis, sem fæðubótarefni og í lyfjaiðnaði (Nicol og Foster 2003).

Eldri rannsóknaniðurstöður benda til að magn ljósátu sé mikið í Ísafjarðardjúpi (sjá m.a. Páll Reynisson og Ólafur S. Ástþórsson 1989, Ólafur S. Ástþórsson 1990). Útibú Hafrannsóknastofnunar á Ísafirði hefur unnið að verkefni sem snýr að veiðum á þorski í gildrum og fódurun þorsks í sjókvíum (Hjalti Karlsson, munnlegar upplýsingar). Til að fylgjast með atferli þorsks í kvíunum var notast við neðansjávarmyndavélar og ljós. Í þessum athugunum kom í ljós að ljósáta, sennilega aðallega agga og augnsíli, sækir gjarnan í ljósið og að fiskur hefur síðan sótt í ljósátuna og étið. Kannað var með myndavélum og vaxtarmælingum hvort það gæti verið raunhæfur kostur að fódra eldisporsk í sjókvíum með því að lokka ljósátu inn í þær.

Þá voru gerðar tilraunir í júní-júlí og september-október 2018 á norska skipinu Röstnesvåg til að veiða ljósátu í Ísafjarðardjúpi með því að nota blátt ljós til að laða ljósátu að dælu sem dældi henni að mestu lífandi um borð í veiðiskip (Petrún Sigurðardóttir og Ástþór Gíslason 2021). Aflabrögð voru breytileg, 4,6 tonn um sumarið en 13,1 tonn um haustið. Upplýsingar um magn og útbreiðslu ljósátu eru nauðsynlegur liður í þessum athugunum.



1. mynd. Kort sem sýnir afmörkun rannsóknasvæðisins í Ísafjarðardjúpi. Á kortinu til hægri eru sýndar 50 og 100 m dýpislínur.

Ísafjarðardjúp er einn stærsti og dýpsti fjörður landsins og er eitt megineinkenni Vestfjarða (1. mynd). Fjörðurinn er í daglegu tali nefndur Djúpið og sker Vestfjarðakjálkann nánast í sundur. Djúpið er um 20 km breitt í mynni þess á milli Stigahlíðar í vestri og Grænuhlíðar í austri og greinist í fjölda fjarða. Er innar dregur þrengist það og er um 11 km á milli Óshlíðar, innan Bolungarvíkur og Bjarnanúps sunnan Jökulfjarða. Úr botni Ísafjarðar, innsta fjarðarins, eru 76 km út í mynni Djúpsins. Inn Djúpið liggur áll, 90-140 m djúpur, alveg inn á Ísafjörð (1. mynd). Flestir firðir Djúpsins eru grynri, en flestir þó án mikilla þröskulda upp úr álnum. Ofan í álnum er botn yfirleitt mjúkur leirbotn sem síðan verður sendnari og harðari eftir því sem ofar dregur í brattari kanta nær ströndinni.

Markmið þeirra rannsókna sem hér er lýst er að afla upplýsinga um útbreiðslu og magn ljósátu í Ísafjarðardjúpi, ásamt því að gera veiðarfæratilraunir með nýtingarsjónarmið í huga til framtíðar. Til að meta magnið var beitt bergmálsaðferð þar sem bergmálgildin voru sannreynð með upplýsingum frá háfum og svífsjá.

Aðferðir

Til rannsókna var notaður 30 lesta eikarbátur Valur ÍS-20 í eigu Hraðfrystihússins Gunnvarar hf. (2. mynd). Til að hægt væri að nýta bátinn til að bergmálsæla ljósátu var komið fyrir sérstökum festingum fyrir botnstykki á stjórnborðssíðu bátsins. Um var að ræða 38, 70, 120 og 200 kílóriða botnstykki, sem tengd voru sendum af gerðinni EK60 (Kongsberg Simrad). Frekari upplýsingar um bergmálsælan og stillingar þeirra eru í 1. töflu. Alls voru farnir fimm leiðangrar frá ágúst 2011 til ágúst 2012 (2. tafla).



2. mynd. Valur, ÍS-20.

Í upphafi hvers leiðangurs voru bergmálmælarnir kvarðaðir á hefðbundinn hátt (Foote o.fl. 1987). Sjálf mælingin var framkvæmd þannig að siglt var eftir fyrirfram ákveðnum leiðarlínum um Ísafjarðardjúp á ~7 hnúta ferð og bergmálgögnum safnað til að kortleggja magn og dreifingu átu á siglingaleið bátsins (10. mynd). Yfirferðin var gerð að degi til, enda benda eldri niðurstöður til að það sé hentugasti tíminn til að bergmálmæla ljósátu á þessum slóðum (Páll Reynisson og Ólafur S. Ástþórsson 1989). Til að sannreyna bergmálgögnin voru tekin sýni úr átulóðningum með Bongo-háfum eða ljósátuvörpu. Að auki var svífsjá dregin á þeim svæðum þar sem lóðaði (3. mynd).

Í öllum leiðöngurum voru tekin átusýni með Bongo-háfum (2. tafla, 3. mynd). Við söfnun var háfunum (þvermál 60 cm, möskvastærð 500 μ m) slakað því sem næst niður að botni (u.þ.b. 5 m frá botni) og hann síðan hífður aftur upp að yfirborði á meðan báturinn sigldi á um tveggja og hálfrar sjómílu ferð. Veiðidýpið var mælt með Scanmar dýpismema sem festur var á togvírinn rétt fyrir ofan háfinn.

1. tafla. Helstu upplýsingar varðandi botnstykki og senda EK60 bergmálmælanna. Táknid ψ stendur fyrir jafngildisgeisla („equivalent beam angle“) botnstykkjanna. Í öllum mælingum var notuð 1 ms púls lengd og alla jafna tvær sendingar á sekúndu.

Tíðni (kHz)	38	70	120	200
Botnstykki	ES38-12	ES70-7C	ES120-7	ES200-7C
Sendiorka (W)	500	750	250	120
Jafngildisgeisli, ψ (dB)	-15.8	-20.2	-20.8	-20.3

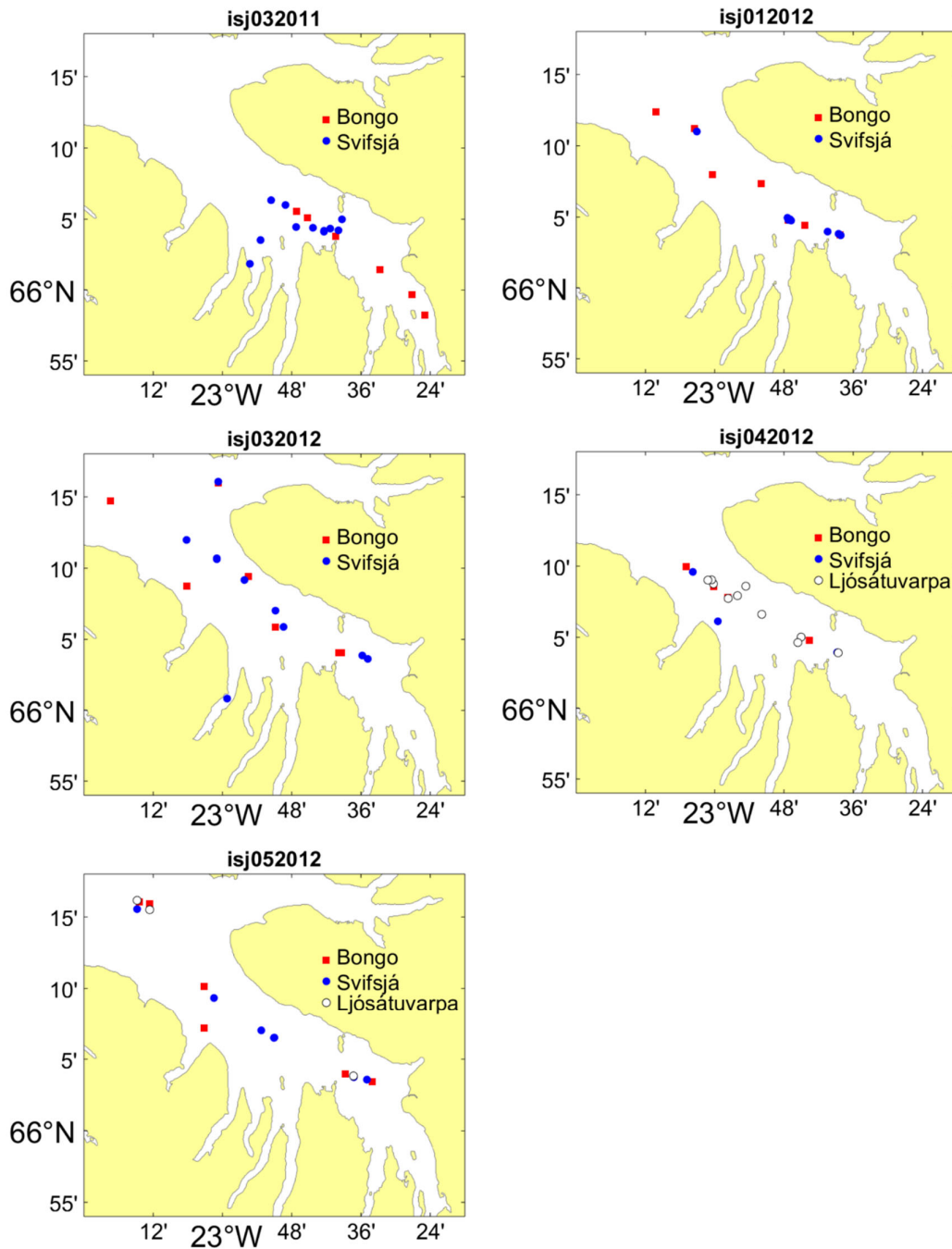
2. tafla. Yfirlit yfir dagsetningar og fjölda stöðva sem teknar voru í rannsóknum á ljósátu í Ísafjarðardjúpi, ágúst 2011- ágúst 2012.

Leiðangur	Dagsetning	Fjöldi stöðva		
		Bongo háfur	Svífsjá	Ljósátuvarpa
Isj032011	22.-26.08.2011	6	11	
Isj012012	08-10.02.2012	7	8	
Isj032012	16-19.04.2012	7	10	
Isj042012	18-22.06.2012	4	3	10
Isj052012	14-17.08.2012	6	7	3

Í tveimur leiðöngurum var togað með ljósátuvörpu sem sérstaklega var hönnuð í tengslum við þetta verkefni og sett upp af Tor-Net í Hafnarfirði (2. tafla, viðauki 1). Möskvastærð er 8 mm í belg og pokaklæðningu en 800 mm í vængjum. Lóðrétt opnun netops mæld á 1,5 sjm klst^{-1} toghraða var að jafnaði 4,5 m og reiknast virkt netop 8 mm netsins um 16 m^2 (gert ráð fyrir

hringlaga netopi með $r = 4.5/2$). Síðað rúmmál á togtíma reiknast: $1.5 \cdot 1852 \cdot 2.25^2 \cdot 3,14 \approx 44.160 \text{ m}^3 \text{ klst}^{-1}$.

Svifsjá (Seascan Inc) var dregin í öllum leiðöngurum (2. tafla, 4. mynd). Svifsjáin er í raun neðansjávarsmásjá sem dregin er á eftir rannsóknaskipi og tekur í sífellu myndir af svifi og lífrænu reki í sjónum (u.þ.b. 15 myndir á sekúndu) sem er frá 50 μm til nokkurra sentímetra að stærð. Svifsjáin tekur myndirnar í þekktu rúmmáli sjávar (407 ml skv. kvörðun við þá stækkun sem við notuðum, minnsta stækkun, S3) þannig að úrvinnsla myndefnisins gefur færi á að fá magnbundnar upplýsingar, þ.e. fjölda dýra á rúmmálseiningu. Í svifsjánni eru auk þess nemar sem mæla sjávarhita og seltu (SBE 49 sonda frá Seabird) og magn svifþörunga (flúrljómunarmælir, ECO-FLNTU frá WET Labs). Í úrvinnslu var hrágögnum flúrljómunarmælinga umbreytt í blaðgrænugildi með því að notast við stöðlun sem gerð var hjá framleiðanda mælisins (WET Labs). Gögnin sem safnast (myndir og umhverfisgögn) eru vistuð jafnóðum á harðan disk í svifsjánni á meðan á drætti stendur og svo halað niður í tölvu um borð í rannsóknaskipi að honum loknum. Á 5. mynd eru sýnd nokkur dæmi um myndir af svifdýrum og lífrænum leifum í Ísafjarðardjúpi sem teknar voru í rannsóknunum.



3. mynd. Yfirlit yfir aðgerðir í leiðöngrunum í Ísafjarðardjúpi, ágúst 2011 til ágúst 2012. Sjá 2. töflu varðandi dagsetningar leiðangra.

Svifsjain var yfirléitt dregin þannig að henni var slakað hægt niður að botni og svo hífð upp aftur og svo aftur slakað niður, og þannig áfram á víxl, á meðan báturinn sigldi á hægri ferð. Þannig fengust „jó-jó“-tog á siglingaleið bátsins. Slökunar- og hífingarhraði var $\sim 15\text{-}20\text{ m mín}^{-1}$, en hraði bátsins $\sim 2\text{-}3$ sjómílur á klukkustund. Til að fylgjast með því á hvaða dýpi svifsjain var í drætti var notast við Scanmar dýpismema sem festur var á vírinn rétt fyrir

ofan svífsjána. Eins og með aðra gagnasöfnun í leiðöngrunum var svífsjain yfirleitt dregin á daginn, en tvisvar (í ágúst 2011 og febrúar 2012) var hún einnig dregin að næturlagi til að fylgjast með dægurgöngum ljósátunnar. Hvert svífsjártog tók 2-3 klukkustundir og réðst togtíminn af endingartíma rafhlöðu svífsjárinnar.

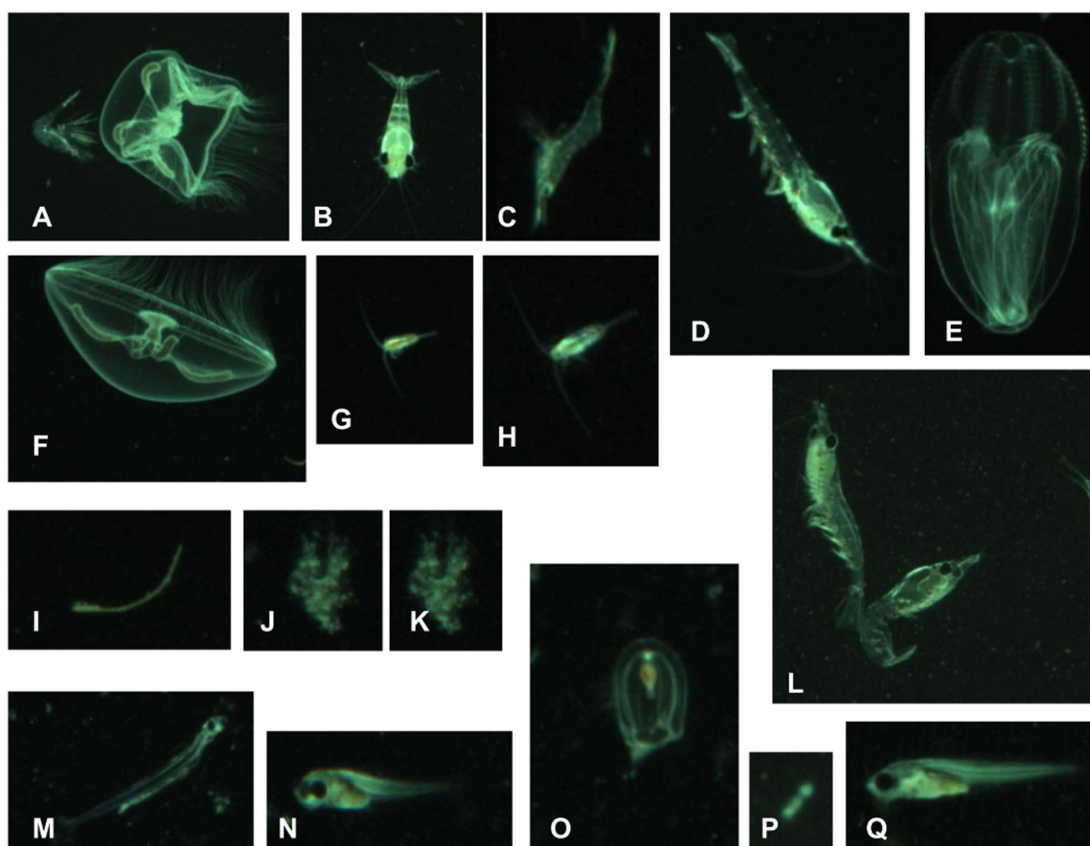


4. mynd. Svífsjain sett út.

Bergmálsgögnum var safnað á fjórum tíðnum, 38, 70, 120 og 200 kílóriðum. Um er að ræða stafræn gögn endurvarpa úr hverri sendingu mælanna ásamt staðsetningu í tíma og rúmi, sem gerir margs konar seinni tíma úrvinnslu mögulega. Það hefur lengi verið þekkt að endurvarp fiska og dýrasvífs er tíðniháð og að þessa tíðnisvörðun má nota til þess að meta endurvarp til tegunda og jafnvel stærð þeirra lífvera sem endurvarpið er af. Sérstaklega hefur gefist vel að greina sundur ljósátu og fisk með samanburði á endurvarpi þeirra á lægri og hærri tíðnum (Madureira o.fl. 1993). Með stafrænni skráningu og öflugum úrvinnsluhugbúnaði hefur þessari aðferð vaxið ásmegin hin seinni ár (sjá t.d. Brierly o.fl. 1998, Lawson o.fl. 2008, Robertis o.fl. 2010 og Ressler o.fl. 2012). Við úrvinnsluna reyndist sérstaklega gagnlegt að skoða mismun endurvarpa á 38 og 120 kílóriðum, en mismunur 70 og 200 kílóriða var einnig hafður til hliðsjónar (6. mynd).

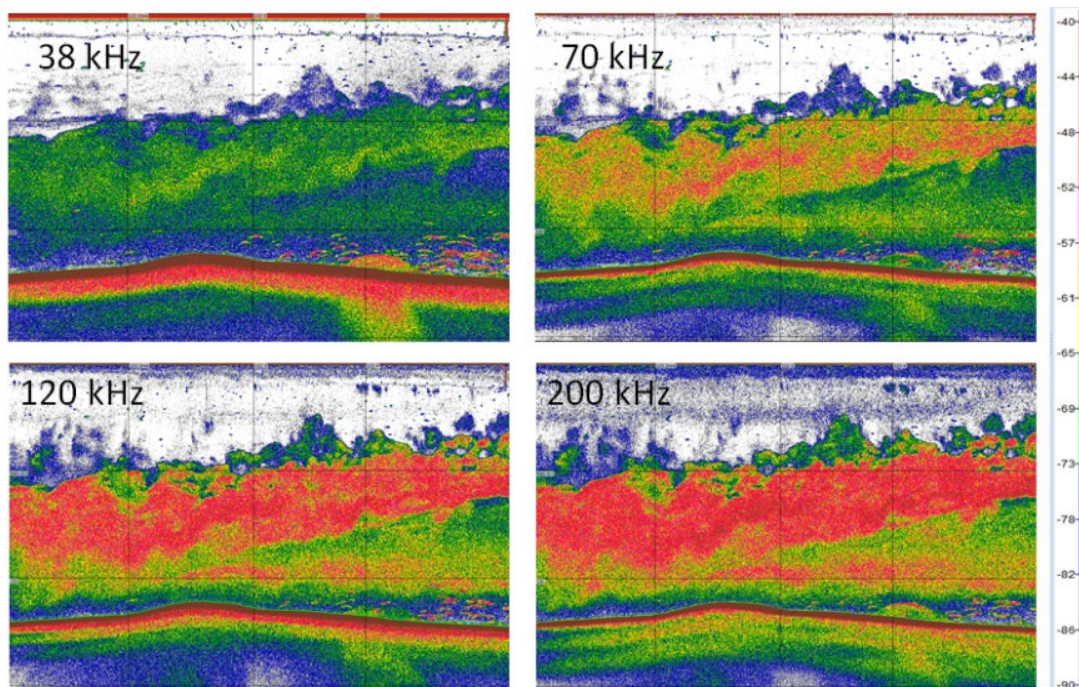
Öll úrvinnsla bergmálsgagna var gerð með Echoview hugbúnaði (Higginbottom o.fl. 2000). Í megindráttum var endurvarp frá ljósátu greint frá endurvarpi fiska og hvelja með því að athuga mismun endurvarps 38 og 120 kílóriða. Hinn óreiðukenndi breytileiki endurvarpa frá einni sendingu mælis til annarar var jafnaður með því að reikna meðalendurvarp innan eininga sem

svöruðu til 10 og 2 m í láréttu og lóðréttu sniði. Væri sá mismunur innan tiltekinna marka, $5 < Sv_{120} - Sv_{38} < 17 \text{ dB re } 1 \text{ m}^{-1}$, (volume backscattering strength (Sv), sjá MacLennan o.fl. 2002), var endurvarpið talið vera frá ljósátu, annars frá öðrum lífverum. Þau bergmálgildi á 120 kílóríðum sem sluppu í gegnum þessa síun voru notuð til þess að meta þéttleika ljósátunnar (7. mynd). Notaður var $-90 \text{ dB re } 1 \text{ m}^{-1}$ merkjaþröskuldur hvernar tíðnar við þá reikninga. Þetta er mun lægri þröskuldur en venjan er að nota við bergmálsælingar á fiski, sem ræðst af hinu lága endurvarpi af ljósátu. Sýnataka með háfum og myndgreining svífsjargagna sannreynðu þessa aðferð.



5. mynd. Nokkur dæmi um myndir sem teknar voru með svífsjá af algengum svífdýrum og lífrænum leifum í Ísafjarðardjúpi: Smáhveljur (A, F, O); ljósáta (B, D, L), rækjulirfa (C), kambhvelja (E), krabbaflær (G, H, P); lífrænar leifar (I, J, K), fisklirfur (M, N, Q).

Átusýnin voru ýmist varðveitt í formalíni eða fryst. Formalínsýnin voru nýtt til að fá upplýsingar um tegundasamsetningu, þroska og lengd dýranna. Sýnin voru meðhöndluð þannig að hveljur voru fyrst tíndar úr þeim og þvermál þeirra mælt. Sýnin voru því næst síuð í gegnum 1000 μ síu. Þeim hluta sem hafnaði í síunni ($>1000 \mu$) var skipt endurtekið í Motoda-skiptara þar til að ~ 200 ljósátur voru í hlutsýninu. Ljósáturnar voru því næst greindar til tegunda, þroska og kyns og lengdarmældar (heildarlengd, frá fremri brún auga til enda halaplötu, AT, Mauchline og Fisher 1969). Að auki voru nokkur sýni greind og mæld, án þess að þau væru fyrst stærðarflokkuð.



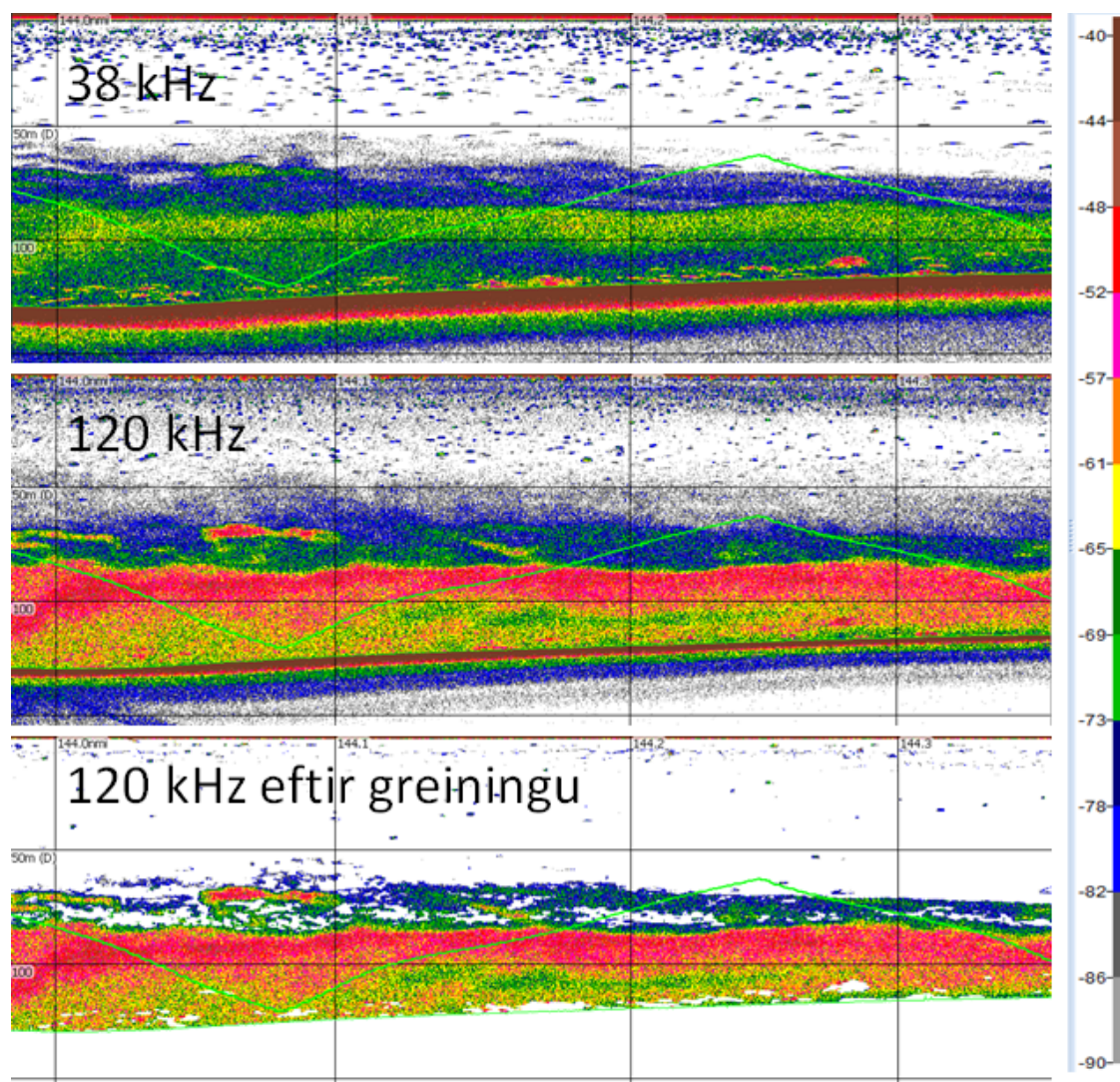
6. mynd. Ljósátulóð á 38, 70, 120 og 200 kHz, ágúst 2012. Endurvarpsstyrkur er litakóðaður, Sv frá -40 til -90 dB.

Frystisýnin voru annars vegar nýtt til að mæla lengd og þurrvigir einstakra dýra, en hins vegar til að mæla hlutfallslegt efnainnihald þeirra (vatns-, lípíð- og próteininnihald sem hlutfall af votvigt).

Til að mæla þurrvigt einstaklinga voru frystisýnin þídd og 100 dýr tínd tilviljanakennt úr þeim (lirfur og fullorðin dýr). Dýrin voru því næst greind til tegundar eða ættkvíslar og lengdarmæld (heildarlengd, frá fremri brún auga til enda halaplötu, AT, Mauchline og Fisher 1969). Dýrin voru því næst sett á vegna álbakka, þurrkuð í 20 klst. við 70°C og loks vegin sem gaf þurrvigt dýra.

Matís annaðist mælingar á hlutfallslegu magni vatns, fitu og próteina miðað við votvigt. Til efnamælinga voru útbúin sýni með u.þ.b. 15 g af ljósátu af hverri tegund (>200 einstaklingar, ungvíði og fullorðin dýr). Við mælingarnar voru notaðar staðlaðar aðferðir Matís (AE4 fyrir vatnsmælingu, AE3 fyrir próteinmælingu og AE1 fyrir fitumælingu).

Úrvinnsla gagna úr svífsjánni gerist að hluta til á sjálfvirkkan hátt í tölvu í þremur skrefum. Fyrst skoðar sérstakur hugbúnaður (AutoDeck) allar myndirnar (þær skipta gjarnan tugum eða hundruðum þúsunda) með tilliti til þess hvort á þeim séu lífverur, agnir eða lífrænar leifar, sem þá eru vistaðar á tölvu. Næst „kennir“ sérfræðingur tölvu að þekkja myndefnið. Það er gert í sérstökum hugbúnaði, VisualPlankton. Fyrst er búið til æfingasafn (e. training set) sem tölvan notar til að greina einkenni mismunandi hópa. Út frá því verður til í tölvunni svokallaður flokkari (e. classifier), sem er safn reikniregla sem hugbúnaðurinn notar til að greina myndirnar í tölvu. Flokkarinn er loks notaður til að greina og telja allar myndirnar á sjálfvirkkan hátt.



7. mynd. Dýptarmælismynd á 120 og 38 kHz fyrir greiningu (túlkun) endurvarpa í ljósáttu og að lokum 120 kHz-myndin eftir greiningu endurvarpanna í ljósáttu. Ferill svífsjárinnar er sýndur. Endurvarpsstyrkur er litakóðaður, Sv frá -40 til -90 dB.

Tímafrekasti liðurinn í sjálfvirkri úrvinnslu svífsjárýnanna er að búa til flokkara. Í þeim efnum þarf að þreifa sig áfram og prófa mismunandi flokkara. Frammistaða flokkarans við að greina

myndir var prófuð með því að nota hann til að greina safn mynda sem áður hafði verið greint af sérfræðingi. Árangurinn var svo metinn með sérstökum tölfræðilegum aðferðum (e. ten-fold cross validation). Niðurstaðan er sett fram sem svonefnt ruglingsfylki (e. confusion matrix) en af því má ráða hversu vel flokkarinn ræður við að þekkja mismunandi hópa. VisualPlankton hugbúnaðurinn notar ruglingsfylkin til að leiðrétta fyrir ónákvæmni sjálfvirku greininganna. Rannsóknir hafa sýnt að árangur þessarar leiðréttingar er góður (Hu og Davis 2006). Óhjákvæmilega er nokkur óvissa tengd sjálfvirku greiningunum. En þá ber líka að hafa í huga að jafnvel í hefðbundinni greiningu á tusýna í víðsjá er samkvæmnin (e. self consistency) á milli sérfræðinga ekki nema 67-83% (Culverhouse o.fl. 2003).

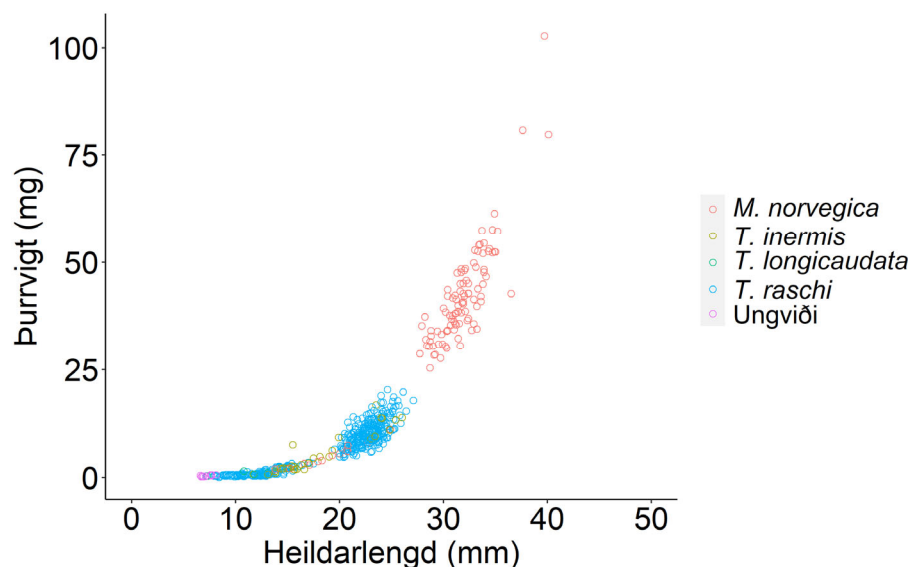
Þar sem samsetning dýrasvifsins var talsvert breytileg á milli leiðangra reyndist nauðsynlegt að þróa sérstakan flokkara fyrir hvern leiðangur og fór það eftir margbreytileika eða tegundaauðgi dýrasvifsins, hversu margir hópar voru teknir með í flokkarann (3. tafla). Dýrasviðið var fábreyttast í febrúar, þá voru aðeins greindir þrír hópar, en margbreytilegast að sumrinu (6-7 hópar greindir á sjálfvirkum hátt, 3. tafla).

3. tafla. Yfirlit yfir flokkarana sem notaðir voru við úrvinnslu svifsjárýsna. Fram kemur hvaða hópar voru greindir og hvaða svifsjártog voru nýtt til að búa til flokkarana. Skýringar: cop: krabbaflær, eup: ljósáta, isn: óreglulega lagaðar lífrænar leifar, tsn: þráðlaga lífrænar leifar, jel: smáhveljur, cte: kambhveljur, other: aðrir hópar.

Leiðangur	Svifsjártog	Hópar í flokkara
isj032011	3,4,5,6,7,8,9,10,11	cop, eup, isn, jel, tsn, other
isj012012	1,2,3,4,5,6,8	cop, eup, other
isj032012	1,2,3,4,5,6,7,8,10	cop, eup, tsn, other
isj042012	1,2,3	cop, cte, eup, isn, jel, tsn, other
isj052012	1,3,4,5,6,7	cop, eup, isn, jel, tsn, other

Til þess að meta magn ljósátu sem liggur að baki tilteknum bergmálgildum þarf vitneskju um meðalendurvarp ljósátunnar á svæðinu. Umtalsverðri þekkingu hefur verið aflað á endurvarpi ljósátu síðustu áratugina, bæði varðandi hvaða þættir eru þar að verki og í gerð reiknilíkana. Komið hefur í ljós að endurvarp af ljósátu er helst háð stærð og legu (halladreifingu) dýranna og mun á efniseiginleikum átunnar og umhverfisins (Foote o.fl., 1990; Wiebe o.fl., 1990; Chu o.fl., 1993; McGehee o.fl., 1998). Við byggðum á svokölluðu DWBA-líkani („Distorted-Wave-Borne Approximation“, Stanton o.fl. 1998; Stanton og Chu 2000; Conti og Demer 2006; Lawson o.fl. 2006). Í þessu líkani var meðalhalli settur 0° með staðalfrávik 30° , $N(0^\circ, 30^\circ)$ (Kristiansen og Dalen 1986). Varðandi hlutföll efniseiginleika voru notaðar niðurstöður Kögeler o.fl. (1987): eðlisþyngdarhlutfall (g) = 1.04 og hljóðhraðahlutfall (h) = 1.026. Að þessu gefnu fékkst endurvarpsstuðull einnar ljósátu á 120 kílóriðum: $TS=49.54 \cdot \log(L)-153.77$, þar sem TS er stuðullinn í decibelum (dB) og L er heildarlengd hennar í millimetrum. Fjöldi hvers lengdarflokks var metinn út frá vægi hans samkvæmt sýnatöku og heildarendurvarps

(Simmonds og MacLennan 2005). Í lífmassareikningum var stuðst við samband milli lengdar og þurrvigtar (8. mynd). Til að umbreyta þurrvigt í votvigt var gert ráð fyrir að þurrvigt væri 20% af votvigt, þ.e. þurrvigtargildin voru margfölduð með fimm (Matthews og Heimdal. 1980). Sambandið á milli votvigtar og lengdar: $Votvigt(mg) = 30 \cdot (10^{-5}) \cdot L(mm)^{3.8763}$, þar sem L er heildarlengd.



8. mynd. Samband lengdar og þurrvigtar hjá ljósátu í Ísafjarðardjúpi, allar tegundir, ágúst 2011 – ágúst 2012. Ljósátunni var safnað með Bongo-háfum og ljósátutrolli.

Niðurstöður

Tegundir

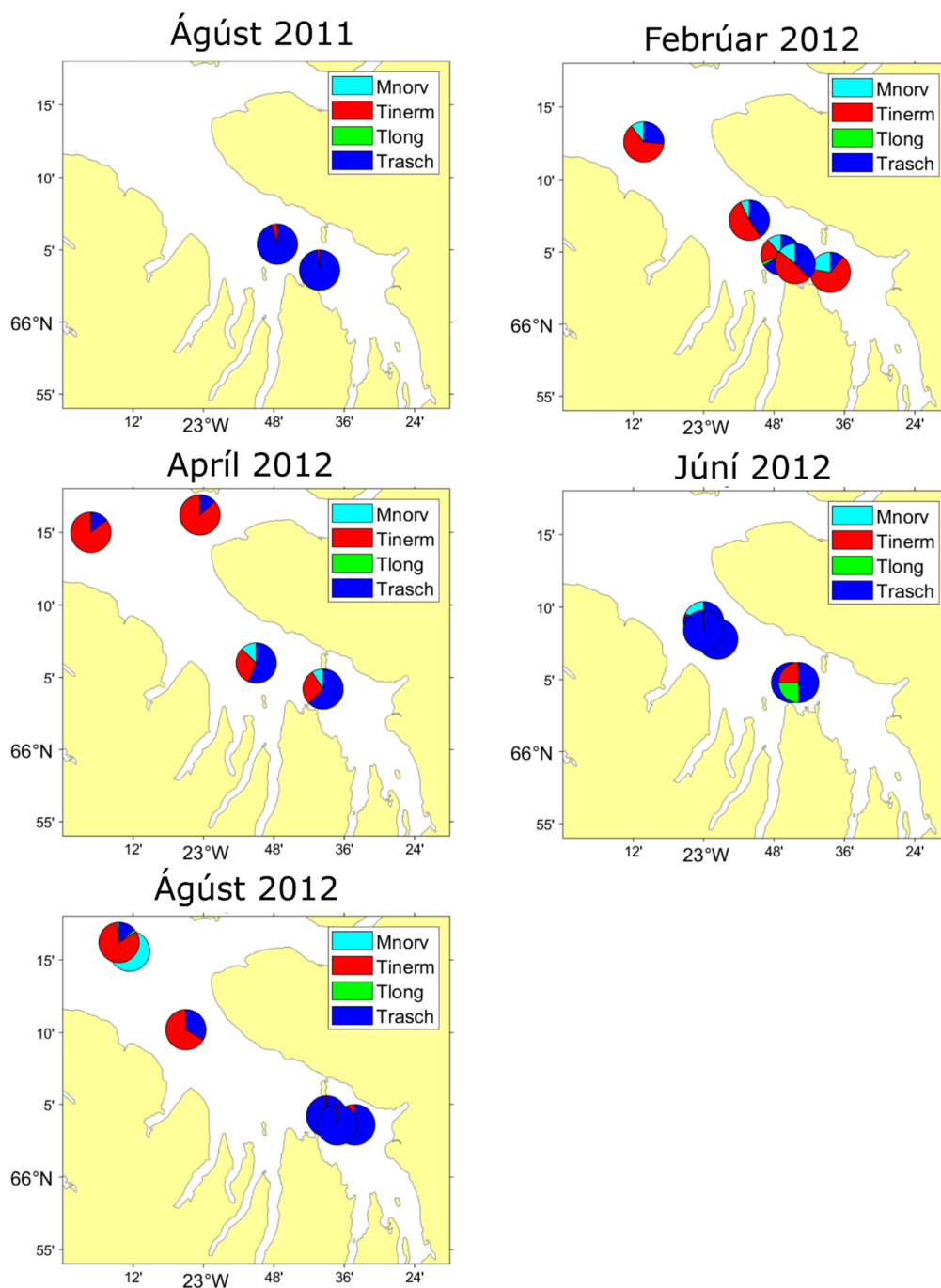
Fjórar tegundir ljósátu fundust í Ísafjarðardjúpi. Agga (*T. raschii*) var langalgengasta tegundin (~60 % af samanlögðum heildarafla allra leiðangra miðað við fjölda) (9. mynd). Minna fannst af augnsíli (*T. inermis*, ~22%), og náttlampa (*M. norvegica*, 17%) og mjög lítið af smæstu ljósátutegundinni, kríli (*T. longicaudata*, <1%). Hlutfall öggu reyndist yfirleitt hæst fremur innarlega í Djúpinu (9. mynd).

Lífsferill ljósátu

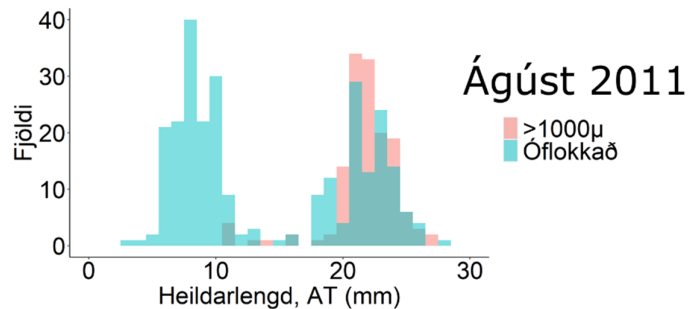
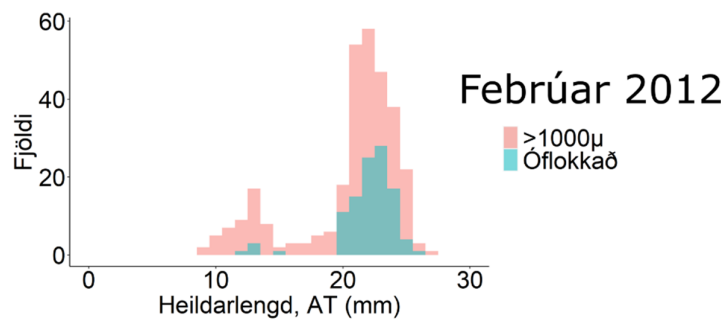
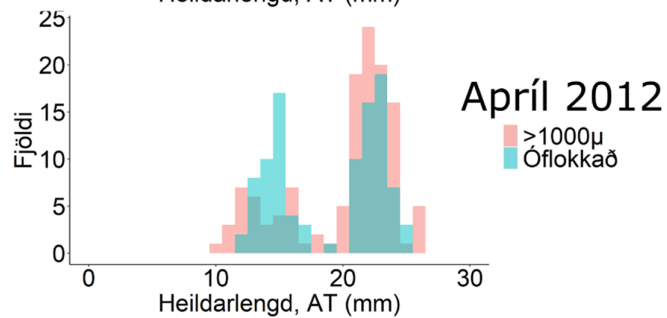
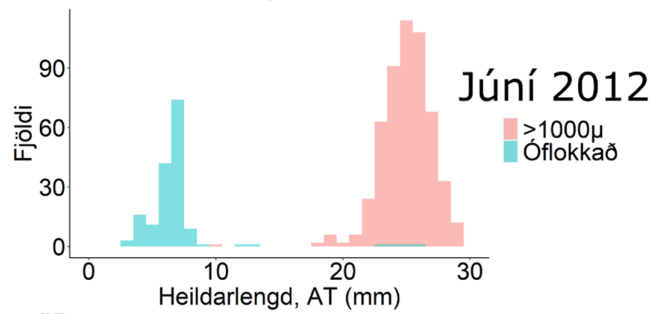
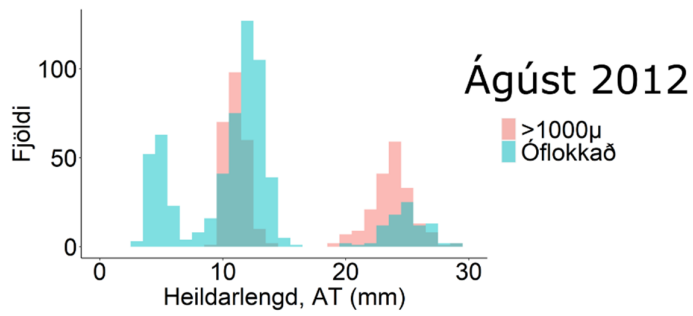
Á 10. mynd eru sýndar lengdardreifingar öggu, sem var eins og áður sagði langalgengasta ljósátutegundin í Ísafjarðardjúpi. Á flestum árstímum komu fram tvö hámark í lengdardreifingunum, sem endurspeglar mismunandi aldurshópa.

Ljósáta þroskar kynkirtla síðari hluta vetrar, kvendýr mynda egg og karldýr sæðisfrumur (Ólafur S. Ástþórsson 1990). Karldýrin koma sæðisfrumunum fyrir í sérstökum sáðsekkjum sem þau koma svo fyrir á kvendýrunum við mökun. Egg kvendýranna frjóvgast svo um leið og þeim

er hrygnt. Með því að fylgjast með því hvenær dýrin eru með sáðsekki og hvenær mest er af eggjum og lirfum í sjónum má því fá upplýsingar um hrygningartímann.



9. mynd. Hlutfallslegt magn (%) ljósátutegunda í fimm leiðöngurum í Ísafjarðardjúpi, ágúst 2011 – ágúst 2012. Í ágúst 2011, febrúar 2012 og apríl 2012 var sýnunum safnað með Bongo-háfi en í júní og ágúst 2012 bæði með Bongo-háfi og ljósátutrolli. Skammstafanir: Mnorv: Náttlampi (*M. norvegica*), Tinerm: augnsíli (*T. inermis*), Tlong: kríli (*T. longicaudata*), Trasch: agga (*T. raschii*).



10. mynd. Lengdardreifing öggu (*T. raschii*) í Ísafjarðardjúpi á mismunandi árstímum, ágúst 2011 - ágúst 2012. Í ágúst 2011, febrúar 2012 og apríl 2012 var sýnunum safnað með Bongo-háfi en í júní og ágúst 2012 bæði með Bongo-háfi og ljósátutrolli. Sum sýni voru stærðarflokkuð fyrir mælingu með því að síá þau gegnum 1000μ síu (>1000μ), sbr. litakóða.

Í ágúst 2011 voru fullorðnu dýrin ókynþroska (ekki með sáðsekki). Minni dýrin sem veiddust þá hafa klakist vorið áður en þau stærri eru sennilega blanda af eins og tveggja ára dýrum (sjá síðar).

Í febrúar 2012 fundust engin dýr með sáðsekki en í apríl 2012 fundust kynþroska dýr af báðum kynjum í sýnunum og flest kvendýrin voru nú með sáðsekki, sem er í samræmi við það að karldýrin hafi flutt sáðsekkina yfir á kvendýrin nokkru áður. Í apríl 2012 voru tvö hámarks lengdardreifingunni, minni dýrin voru eins árs (hafa klakist út um vorið 2011), en þau stærri tveggja ára, og er þá miðað við að dýrin séu á fyrsta ári frá klaki og þar til í lok mars, eins árs frá 1. apríl til 31. mars árið eftir, og tveggja ára eftir það (Hermann Einarsson 1945, Falk-Petersen og Hopkins 1981, Ólafur S. Ástþórsson 1990).

Í júní 2012 voru tveir stærðarflokkar greinilegir. Smærri dýrin (<10 mm) voru ungvíði og lifur úr hrygningu vorsins sem sennilega hefur aðallega farið fram í apríl og maí, en stærri dýrin voru blanda af eins og tveggja ára dýrum.

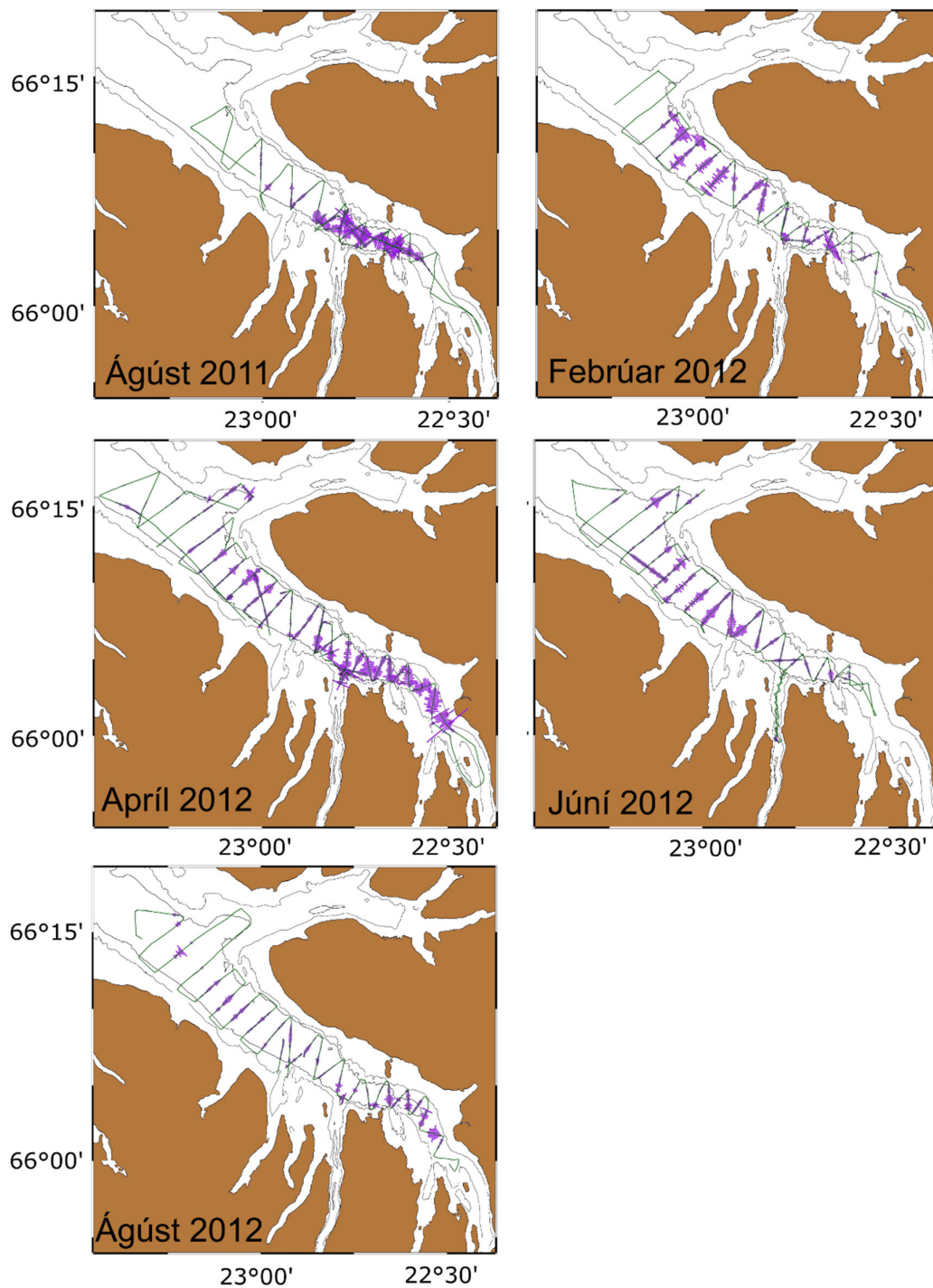
Í ágúst 2012 voru þrjú hámarks í lengdardreifingunni. Smæstu dýrin (~5 mm) voru sennilega frá síðbúinni hrygningu um sumarið en dýrin með meðallengd um 12 mm voru frá meginhrygningunni um vorið (apríl og maí). Stærstu dýrin (meðallengd um 24 mm) voru væntanlega bæði eins og tveggja ára. Að vísu sér þess ekki stað í lengdardreifingu stærstu dýranna (~20-30 mm) að um tvo aldurshópa hafi verið að ræða (aðeins eitt hámark í lengdardreifingu stærstu dýranna, 10. mynd), en það stafar sennilega af því að eldri dýrin vaxa hægar en þau yngri þannig að lengdardreifingin þéttist og einnig því að elstu dýrin (þau sem eru tveggja ára) eru að hverfa úr stofninum á þessum tíma.

Þannig verða einstaklingarnir kynþroska eins árs. Þeir hrygna fyrst eins árs og svo aftur tveggja ára en deyja svo eftir síðari hrygninguna.

Að svo stöddu gefa gögnin ekki tilefni til að fjalla ítarlega um lífsferil hinna ljósátutegundanna í Djúpinu, en rannsóknir Ólafs S. Ástþórssonar (1990) benda til að karldýr augnsílis verði kynþroska eins árs en kvendýrin tveggja ára. Um náttlampu er minna vitað.

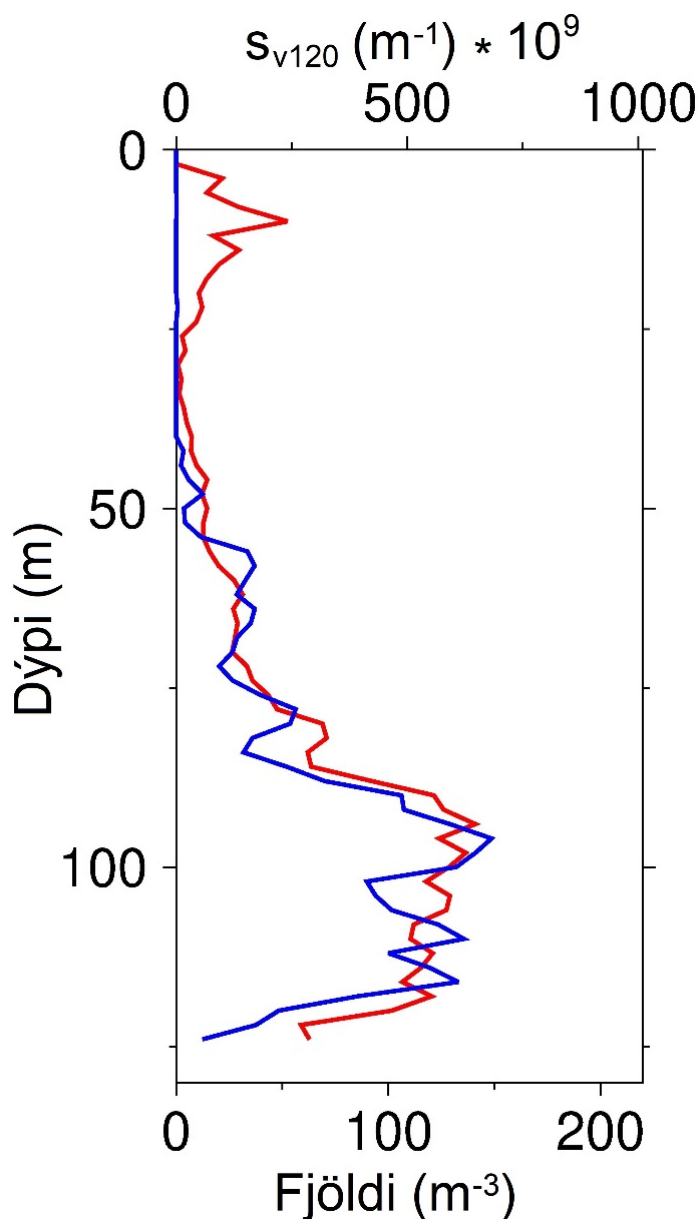
Útbreiðsla og magn ljósátu

Á 11. mynd er sýnd útbreiðsla og þéttleiki ljósátu á siglingaleið í Ísafjarðardjúpi samkvæmt bergmálmælingum í ágúst 2011 og í febrúar, apríl, júní og ágúst 2012. Þverstrikin eru mælikvarði á bergmálgildi ljósátunnar á 120 kílóíðum. Af myndunum má ráða að þéttleiki ljósátu var yfirleitt mestur í dýpsta álum í Djúpinu þar sem dýpið er um og yfir 100 m. Á grunnunum nærri ströndinni fannst yfirleitt mjög lítið.



11. mynd. Myndin sýnir meðalendurvarp á 120 kHz tíðni af því sem talið er vera ljósáta. Þéttleiki er gefinn til kynna með þverstrikum sem eru mælikvarði á meðalendurvarp hvers sigldrar sjómílu. Dýpisjafngildislínur eru sýndar fyrir 50 og 100 m dýpi.

Á 12. mynd er sýnd dreifing ljósátu með dýpi í ágúst 2012 (isj05-2012) samkvæmt bergmálmælingunum (120 kílóriða bergmálgildi eftir síun) og svífsjármælingunum. Á myndinni sést að samræmið var gott á milli þessara mæliaðferða, nema fyrir ofan 50 m dýpi þar sem svífsjain gaf talsvert meira en bergmálið. Við þennan samanburð þarf að hafa í huga að verið er að bera saman mat á fjölda (svífsjain) og lífmassa (bergmálgildin). Yngri og smærri ljósátur halda sig gjarnan ofar í vatnsbolnum en þær sem eru eldri og hafa minna lóðrétt dægurfar (Mauchline og Fisher 1969). Smærri dýrin endurkasta einnig mun minna en þau stærri. Dýrin í efstu lögum sjávar gefa því hlutfallslega minna endurvarp en þau sem eru dýpra.



12. mynd. Samanburður á dreifingu ljósátu með dýpi samkvæmt mælingum með bergmáli (blátt) og svífsjá (rautt) í svífsjártogum í ágúst 2012.

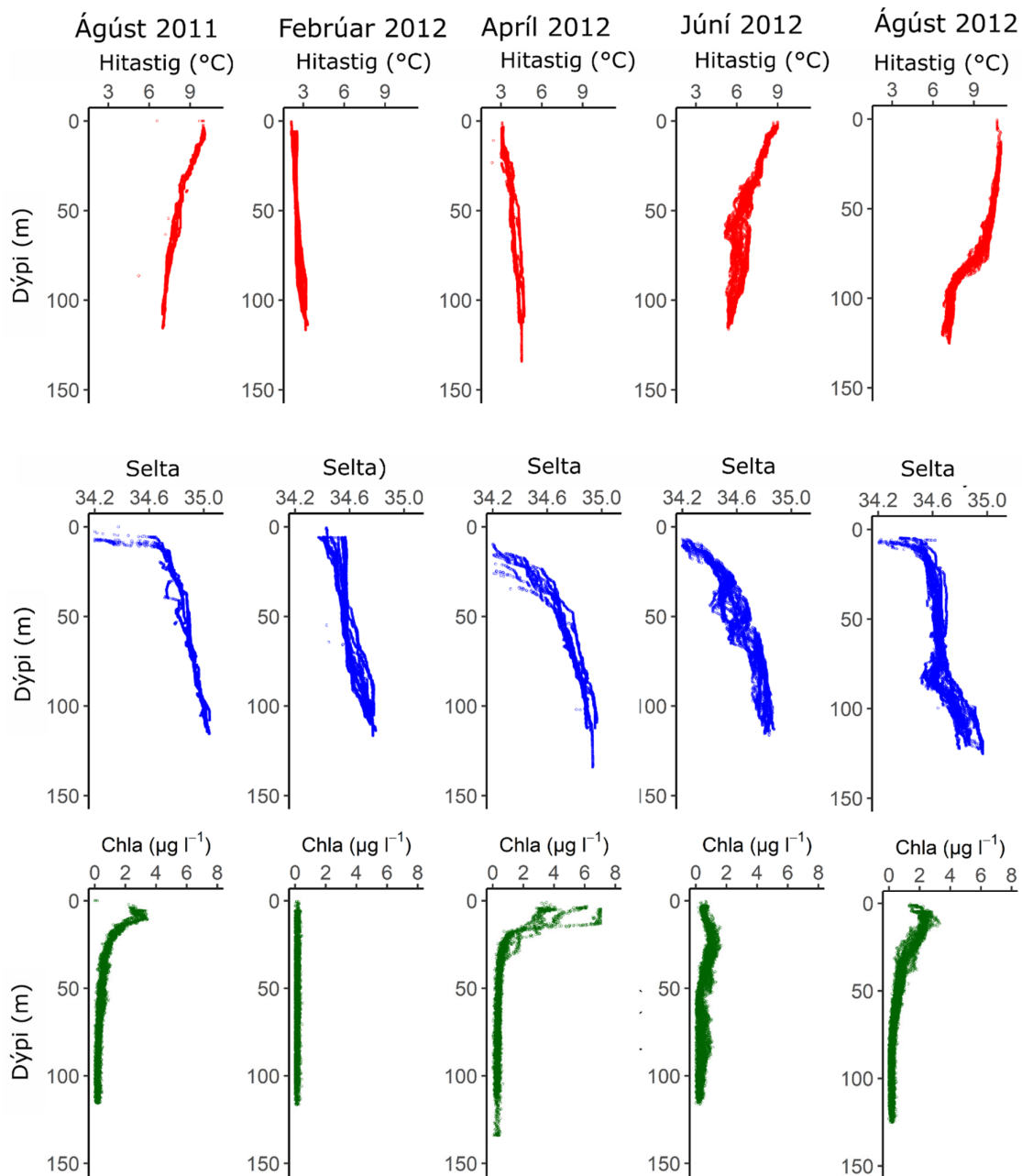
Í 4. töflu er yfirlit heildarendurvarps á 120 kHz tíðni af því sem talið er vera ljósáta og áætlaður lífmassi ljósátu (votvigt), bæði heildarstofnsins og þess hluta þar sem einstaklingarnir eru stærri en 17 mm. Fram kemur mikill breytileiki í áætluðum lífmassa. Eins og rakið er í umræðukafla hér fyrir aftan, teljum við að matið fyrir febrúar 2012 og apríl 2012 sé háð mestri óvissu. Sé stofnmati fyrir febrúar og apríl 2012 sleppt í útreikningum var árlegur meðallífmassi ljósátu í Ísafjarðardjúpi á tímabilinu ágúst 2011 til ágúst 2012 um 40 þúsund tonn. Langstærsti hlutinn var ljósáta stærri en 17 mm, um 39 þúsund tonn.

4. tafla. Heildarendurvarp, þ.e. margfeldi meðalendurvarps og flatarmáls útbreiðslunnar, á 120 kHz tíðni af því sem talið er vera ljósáta. Einnig er gefið upp flatarmál útbreiðslunnar, meðallengdir dýranna og mat á heildarlífmassa og lífmassi ljósátu 17 mm og stærri (votvigt). Þessi tafla byggir á reiknilíkani fyrir TS með halladreifingu N(0°,30°). Sömu gögn liggja að baki meðallengdum og sýnd eru á 9. mynd.

Leiðangur	Heildarendurvarp (m ²)	Flatarmál (sjm ²)	Meðallengd (mm)	Lífmassi (tonn) samtals og ≥ 17 mm	
Ágúst 2011	19870	55	16.7	39678	38611
Febrúar 2012	32882	52	19.1	67298	61190
Apríl 2012	47630	94	19.6	95267	87912
Júní 2012	23745	76	21.5	40134	40052
Ágúst 2012	27350	81	17.8	40211	38660

Hiti, selta og plöntusvif

Í ágúst 2011 var hitastig við yfirborð um 10°C og lækkaði með dýpi, án sterks hitaskiptalags, og var um 7°C við botn (13. mynd). Seltulækkunar gætti í yfirborðslögum og var greinilegt seltuskiptalag á um 10-15 m dýpi. Talsverður gróður var í yfirborðslögum og var magnið mest í seltuskiptalaginu (~2-4 µg l⁻¹).



13. mynd. Dreifing hita, seltu og blaðgrænu ($\text{Chla } \mu\text{g l}^{-1}$) með dýpi í Aðeyjarsundi, ágúst 2011 til ágúst 2012.

Í febrúar 2012 var sjávarhiti um 2.5°C við yfirborð og jókst með dýpi og var um 3°C við botn (13. mynd). Vatnsbolurinn var tiltölulega einsleitur með tilliti til seltu. Nánast ekkert mældist af blaðgrænu ($<0.3 \mu\text{g l}^{-1}$).

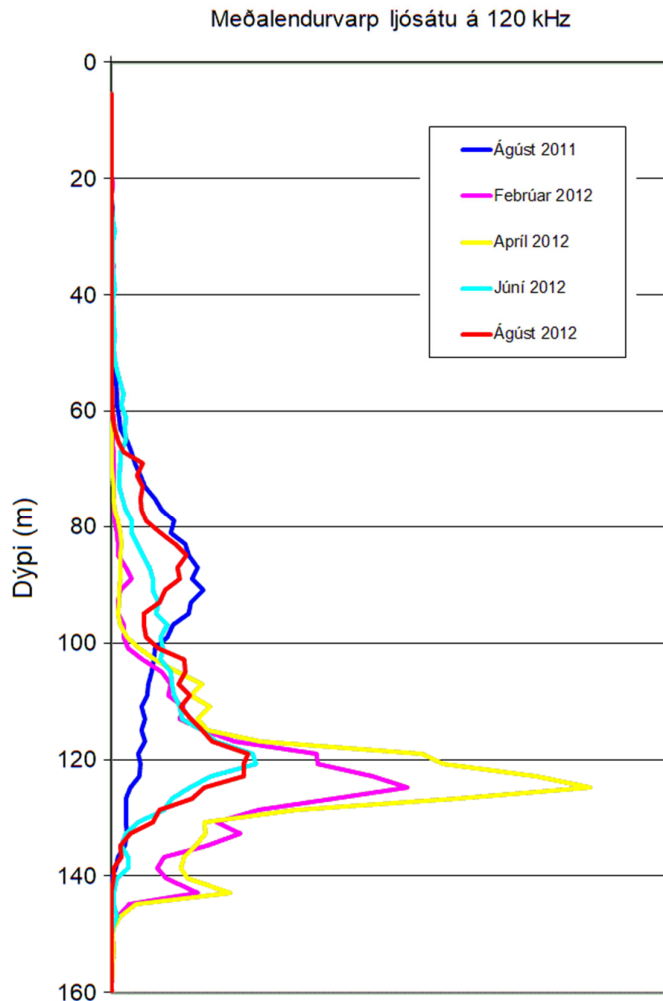
Í apríl 2012 hafði sjávarhiti hækkað frá því í febrúar (13. mynd), en eins og þá var kaldara við yfirborð ($\sim 3.5^{\circ}\text{C}$) en við botn ($\sim 4.5^{\circ}\text{C}$). Selta var lægst í yfirborðslögum (<34.2) og jókst með dýpi. Mikið af blaðgrænu mældist í yfirborðslögum ($\sim 3-6 \mu\text{g l}^{-1}$) og vöxtur svifþörunga því greinilega hafinn.

Í júní 2012 hafði sjávarhiti hækkað mikið frá því í apríl og ólíkt því sem var um veturinn og vorið, var sjávarhiti nú hæstur við yfirborð ($\sim 9-10^{\circ}\text{C}$) og lægstur við botn ($\sim 6^{\circ}\text{C}$). Lóðrétt dreifing seltu var svipuð og í apríl. Svifþörungamagnið virtist minna en í apríl og ekki bundið eingöngu við tiltölulega þunnt yfirborðslag eins og þá. Lífmassi þörunga var nú mestur á $\sim 10-40$ m dýpi (13. mynd). Þessi tiltölulega djúpa dreifing svifþörunganna kann að endurspegla að þörungarnir hafi náð að klára næringarefnin í yfirborðslögum fyrr um vorið og að í kjölfarið hafi vaxtarsvæði þörunganna færst neðar í vatnsbolinn.

Í ágúst 2012 hafði sjávarhiti hækkað frá því í júní. Í yfirborðslögum var heitast ($\sim 12^{\circ}\text{C}$). Hitastig lækkaði svo með dýpi og var $\sim 7-8^{\circ}\text{C}$ við botn. Seltuskiptalag var greinilegt á um 10 m dýpi og þar var magn svifþörunga mest ($\sim 2-3 \mu\text{g l}^{-1}$) (13. mynd).

Lóðrétt dreifing og dægurgöngur dýrasviðsins

Dýpisdreifing ljósátunnar samkvæmt bergmálmælingu hvers leiðangurs er sýnd á 14. mynd. Meðaltalsgildin endurspegla að mælingarnar fóru aðallega fram á daginn þegar átan hélt sig tiltölulega djúpt. En það er líka greinilegur munur á dýpisdreifingu átunnar samkvæmt bergmálmælingunum á milli leiðangra, sem trúlega tengist árstíma.



14. mynd. Meðalendurvarp ljósátu eftir dýpi í fimm leiðöngrum, ágúst 2011 – ágúst 2012. Myndin sýnir meðalendurvarp allra mælinga í viðkomandi leiðangri.

Hér á eftir er lýsing á dreifingu og samsetningu átu í Ísafjarðardjúpi á rannsóknatímanum samkvæmt mælingum sem gerðar voru með svífsjá. Eins og fram hefur komið var svífsjain dregin á mörgum stöðum (2. tafla, 3. mynd). Hér verða sýndar niðurstöður úr togum sem sýna dæmigert ástand í viðkomandi leiðöngrum.

Ágúst 2011

Á 15. mynd eru sýnd samantekin gögn frá fimm svífsjártogum sem tekin voru frá kvöldi 25. ágúst og til morguns 26. ágúst. Svífsjain var þá dregin fram og aftur sama sniðið frá Æðeyjarsundi og út undir Vigur (3. mynd). Gagnasöfnun misfórst í um tvo og hálfan tíma upp úr miðnætti vegna tæknilegra örðugleika (rafhlaðan tæmdist), en engu að síður má greina greinilegt dægurfar sumra dýrahópa.

Samkvæmt svífsjármælingunum voru algengustu hóparnir lífrænar leifar, ljósáta, krabbaflær og smáhveljur (15. mynd).

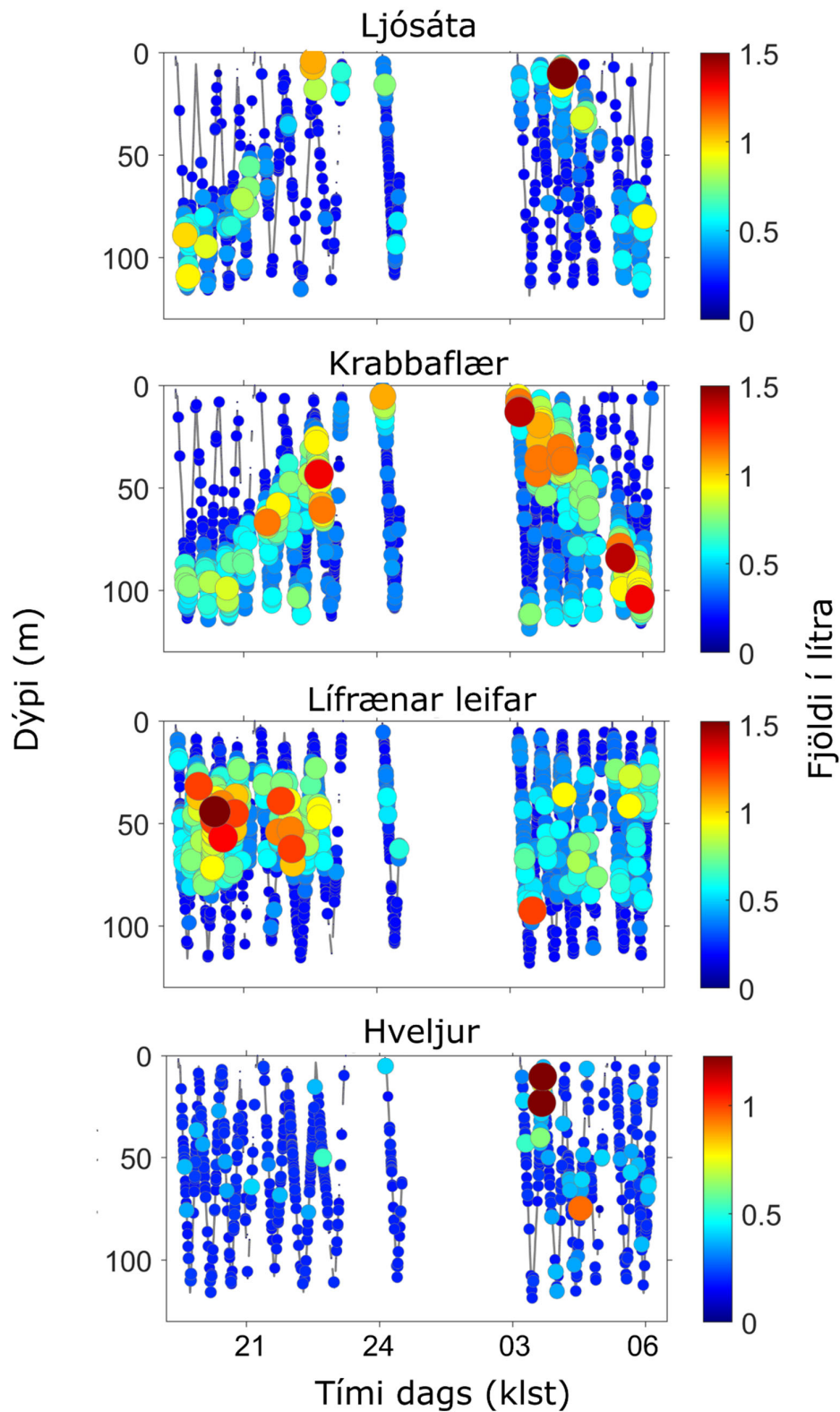
Þótt ekki séu tiltæk gögn frá miðnætti og til um kl. 3, þá kom fram greinilegt dægurfar í dreifingu ljósátu. Þannig hélt hún sig aðallega á ~60-70 m dýpi á daginn (~0,3-1 einstaklingar l^{-1}) en byrjaði svo að færa sig ofar í vatnsbolnum um kvöldið (~kl. 19). Frá því um kl. 23 og fram undir morgun (~kl. 05) hélt ljósátan sig tiltölulega grunnt (<40-50 m) og þéttleikinn var þá tiltölulega hár (~0,3-1 einstaklingar l^{-1}). Um morguninn (~kl. 06) var ljósátan svo aftur komin niður á >70 m dýpi.

Þótt ekki hafi verið greint á milli mismunandi tegunda krabbaflóa í hinni sjálfvirku úrvinnslu þá leiddi nákvæm skoðun myndanna í ljós að aðallega var um að ræða rauðátu (*Calanus finmarchicus*) og tegundina *Pseudocalanus* spp. Að deginum héldu krabbaflærnar sig aðallega frá ~70 m dýpi og niður undir botn (~0,3-0,6 einstaklingar l^{-1}). Um kvöldið (~kl. 20) færðu þær sig upp og frá því um kl. 23 og fram undir morgun (~kl. 05) virtust þær aðallega halda sig ofan ~30 m dýpis (~0,8-1 einstaklingar l^{-1}). Eftir það fóru þær að færa sig neðar.

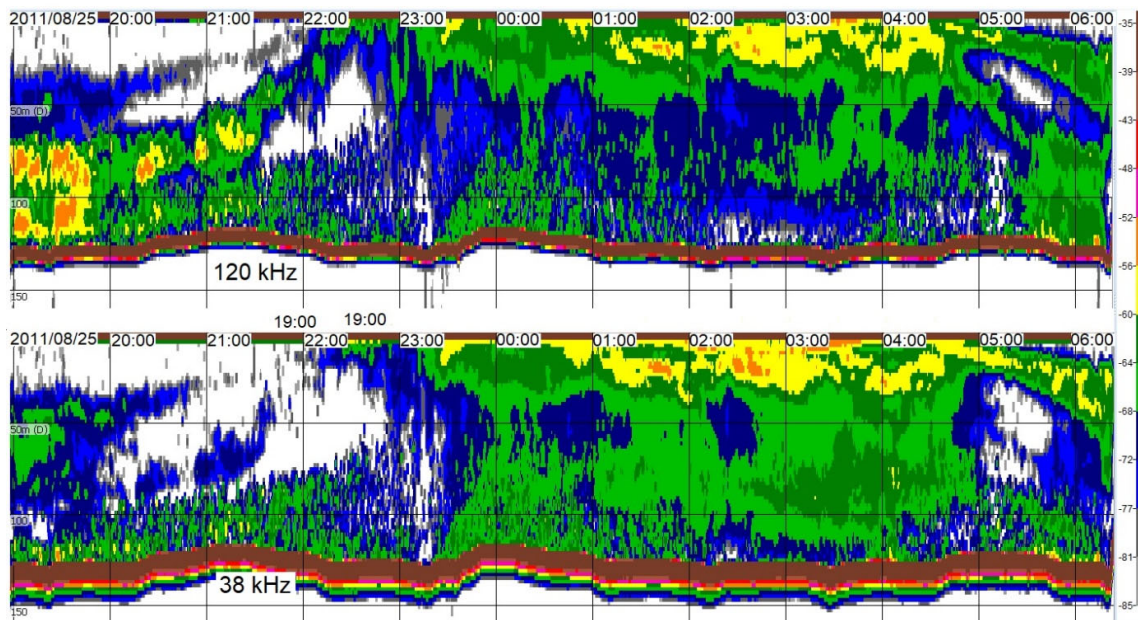
Eins og áður sagðu voru lífrænar leifar langmest áberandi á svífsjármyndunum (15. mynd). Í úrvinnslu voru þær flokkaðar í tvennt, þær sem voru óreglulegar í laginu og þær sem voru þráðlaga. Óreglulegu leifarnar, sem sennilega er aðallega blanda af mismunandi mikið niðurbrotnu plöntu- og dýrasvífs, voru algengastar tiltölulega djúpt í vatnsbolnum (~80-100 m). Þráðlaga leifar voru algengari en óreglulegu leifarnar, og voru algengastar á 30-80 m dýpi. Nákvæm skoðun á myndum af þráðlaga leifum í samráði við erlendan sérfræðing (Prófessor Marit Reigstad við Háskólann í Tromsø) bendir til að þær séu að stórum hluta saur frá ljósátu. Dýpsdreifing lífrænu leifanna var svipuð að degi og nóttu (15. mynd).

Smáhveljur voru einnig algengar í Ísafjarðardjúpi á þessum tíma (~0,3-0,5 einstaklingar l^{-1}). Aðallega var um að ræða tegundina *Eutonina indicans* (5. mynd, A, F). Ólíkt krabbaflóm og ljósátu virtist dýpsdreifing smáhveljanna ekki breytast eftir tíma sólarhrings. Þéttleikinn var ávallt mestur á ~30-70 m dýpi (15. mynd).

Dægursveifla í bergmálsmælingum á 38 og 120 kHz mælum á sama tímabili er sýnd til samanburðar á 16. mynd. Á myndinni má sjá greinilega tilfærslu átu frá dýpri lögum og upp í yfirborðslögin um kvöldið. Einnig er greinilegt að átulóðið er sterkara á 120 kHz en á 38 kHz mælinum.



15. mynd. Svífsjá, 8.-9. ágúst 2011 (kl. 19:31-06:10) á sniði í álnum út frá Æðeyjarsundi og út undir Vigur. Myndin sýnir gögn úr fimm togum (VPR7-11, sbr. 3. mynd). Útbreiðsla krabbaflóa, ljósátu, lífrænna leifa, smáhvelja. Gagnasöfnun brást frá ~24:30 til 03:00. Gildin á myndinni sýna fjölda dýra/agna í lítra. Tölurnar undir lárétta ásnum tákna tíma dags.



16. mynd. Dægursveifla átu á 120 (efri mynd) og 38 kHz (neðri mynd) mælum í ágúst 2011. Endurvarpsstyrkur er litakóðaður, Sv frá -35 til -85 dB.

Febrúar 2012

Á 17. mynd eru sýnd samantekin gögn úr sex svifsjártogum sem tekin voru 8.-9. febrúar 2012. Fyrsta togið hófst um kl. 18 þann 8. febrúar, síðan var svifsjáin dregin af og til um kvöldið og nóttina og síðasta toginu lauk um kl. 8 morguninn eftir.

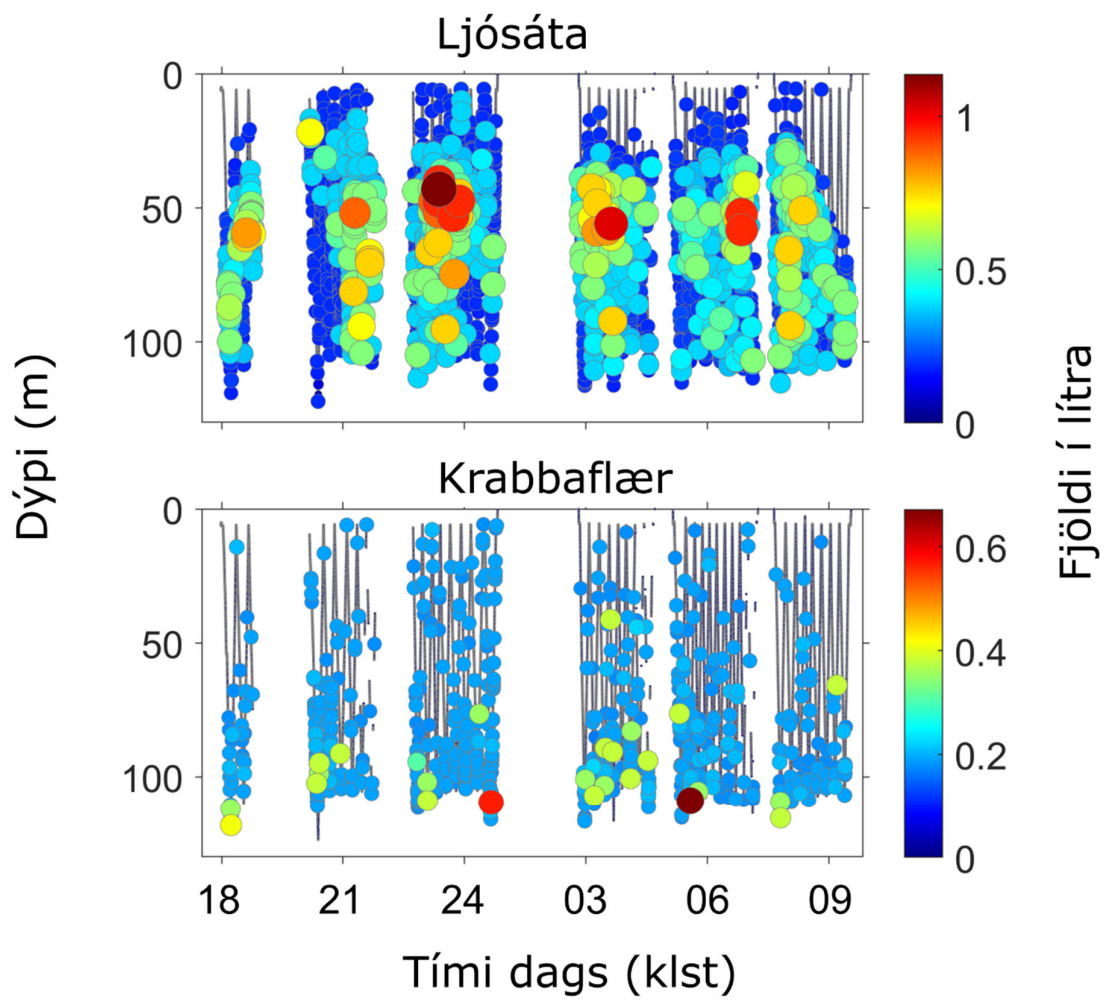
Tveir dýrahópar voru algengastir, krabbaflær (aðallega rauðáta) og ljósátur. Aðrir dýrahópar komu aðeins fyrir á fáeinum myndum og eru því ekki sýndir hér.

Ljósáturnar héldu sig grynna en krabbaflærnar. Þéttleikinn var mestur á dýpabilinu ~40-80 m (0,3-0,5 einstaklingar l⁻¹). Lítil munur var á dýpsdreifingu dýranna milli dags og nætur (17. mynd).

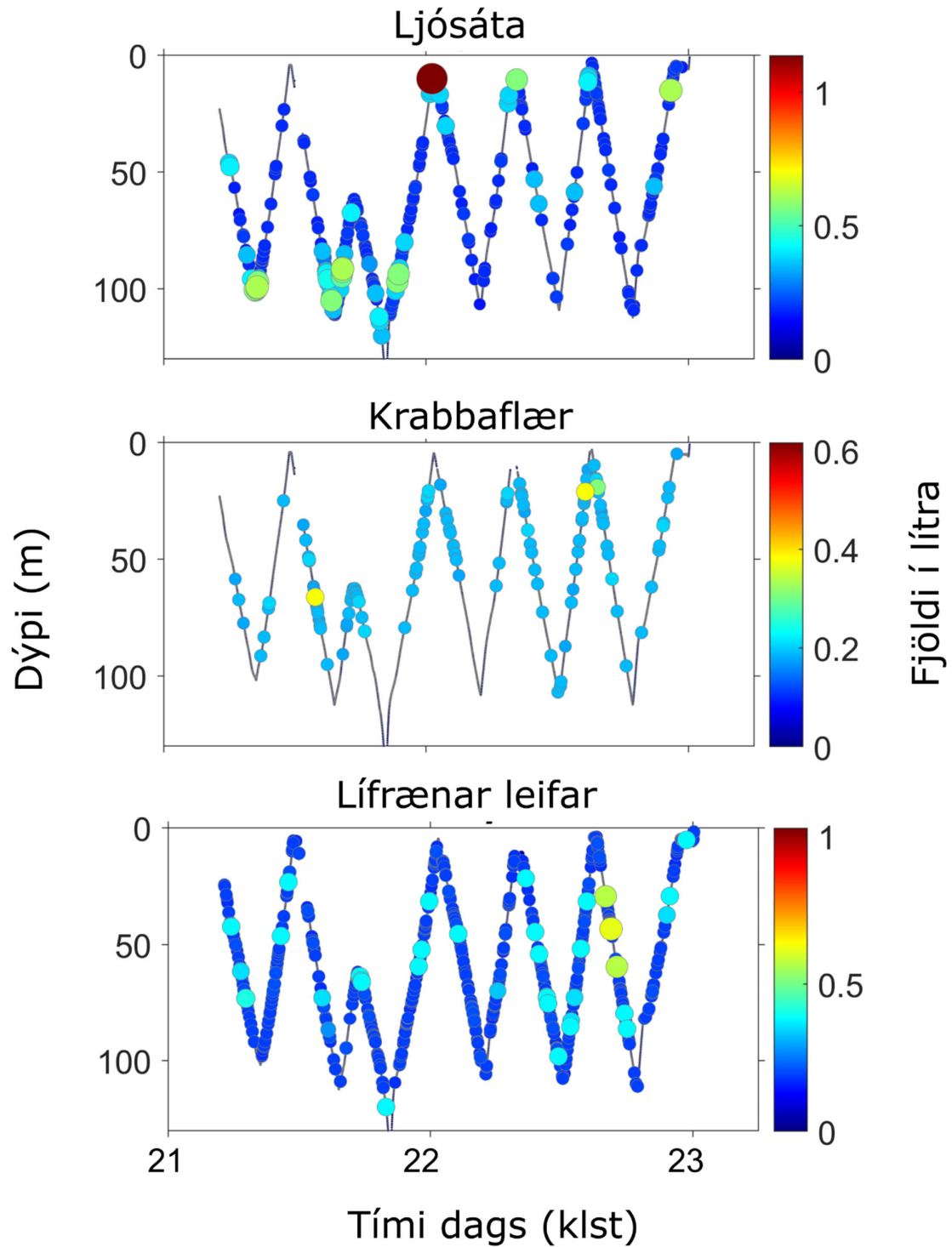
Krabbaflær voru algengastar neðan við 60-70 m dýpi (~0,3-0,5 einstaklingar l⁻¹). Lítil munur var á dreifingu krabbaflóa eftir tíma sólarhrings.

Apríl 2012

Á 18. mynd eru sýndar mælingar með svifsjá sem gerðar voru að kvöldlagi 19. apríl 2012 (~kl. 21-23). Eins og í febrúar voru tveir dýrahópar algengastir, ljósátur og krabbaflær. Ljósátur voru algengastar neðan ~50-60 m dýpis (~0,3-0,5 einstaklingar l⁻¹), en krabbaflærnar voru tiltölulega jafndreifðar um allan vatnsbolinn (~0,1-0,2 einstaklingar l⁻¹). Lífrænar leifar (aðallega práðlaga, saur frá ljósátu) voru fremur algengar, nokkurn veginn jafndreifðar í öllum vatnsbolnum (~0,3-0,4 einstaklingar l⁻¹).



17. mynd. Svífsjá, 8.-9. febrúar 2012 (kl. 18:02-09:30) í Ísafjarðardjúpi. Myndin sýnir gögn úr sex togum (VPR1-6, sbr. 3. mynd). Útbreiðsla krabbafloa og ljósátu. Gildin á myndinni sýna fjölda dýra í lítra. Tölurnar undir lárétta ásnum tákna tíma dags.



18. mynd. Svífsjá, 19. apríl 2012 (kl. 21:17-23:02) í Ísafjarðardjúpi. Myndin sýnir gögn úr einu togi (VPR10, sbr. 3. mynd). Útbreiðsla krabbaflóa, ljósáta og lífrænna leifa (aðallega þráðlaga). Gildin á myndinni sýna fjölda dýra/agna í lítra. Tölurnar undir lárétta ásnum tákna tíma dags.

Júní 2012

Á 19. mynd eru sýndar mælingar sem gerðar voru að kvöldlagi 19. júní 2012 (~kl. 19-21:30). Dýrasvifið var mun fjölbreyttara í júní en um veturinn (sbr 17., 18. og 19. myndir). Fjórir hópar dýrasvifs voru algengir, ljósátur, krabbaflær, smáhveljur og kambhveljur.

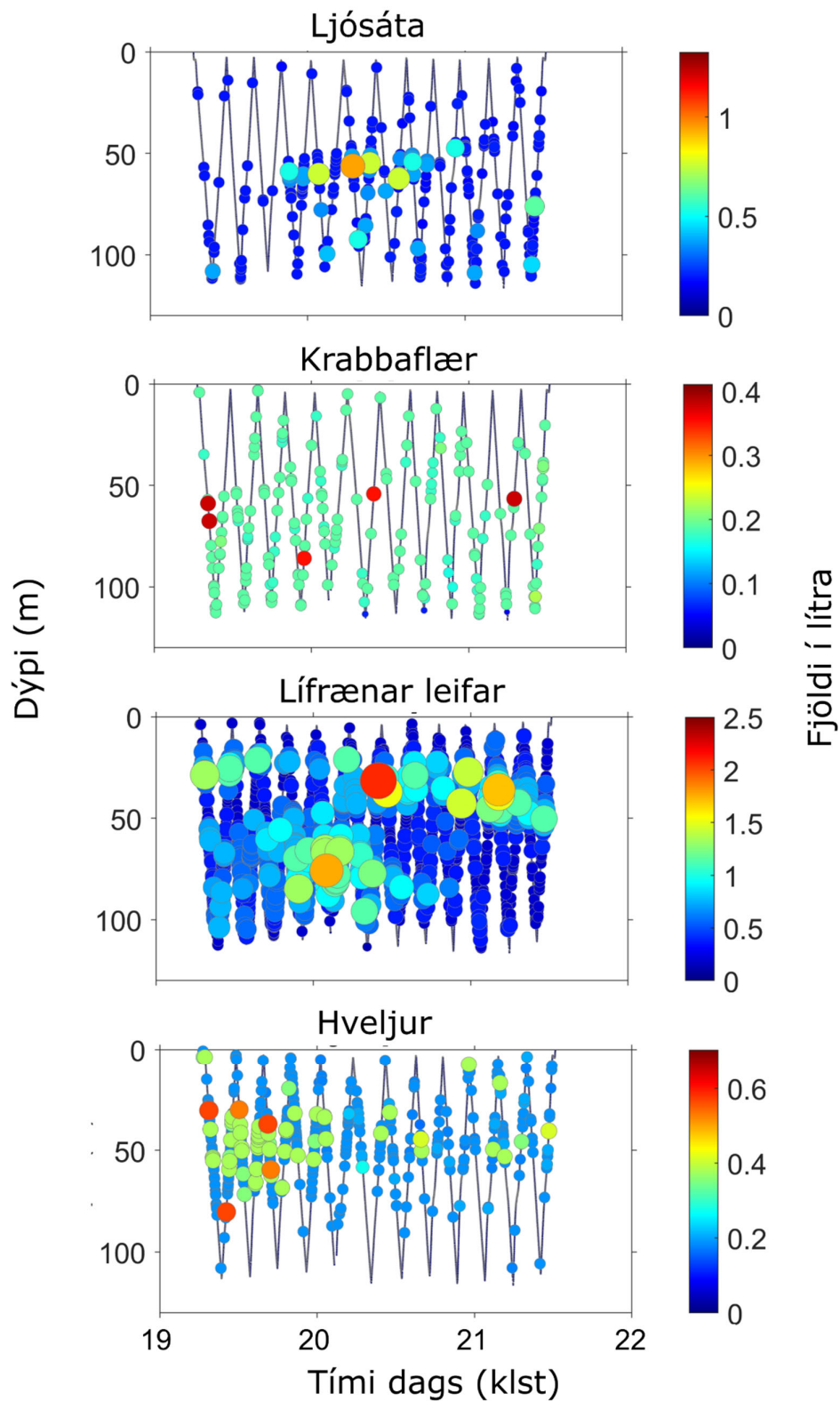
Ljósátur voru algengastar á dýpisbilinu 40-60 m (~0,5-0,8 einstaklingar l^{-1}). Krabbaflær (aðallega rauðáta) voru tiltölulega jafndreifðar um vatnsbolinn en þó algengastar neðan 50 m dýpis (~0,1-0,3 einstaklingar l^{-1}). Bæði smáhveljur (aðallega *E. indicans*) og kambhveljur voru tiltölulega jafndreifðar í vatnsbolnum (~0,3-0,6 einstaklingar l^{-1}).

Tvenns konar lífrænar leifar voru algengar, óreglulegar lagaðar leifar sem aðallega voru ofan ~30-50 m dýpis og þráðlaga leifar (saur frá ljósátu) sem voru aðallega neðan ~50 m dýpis.

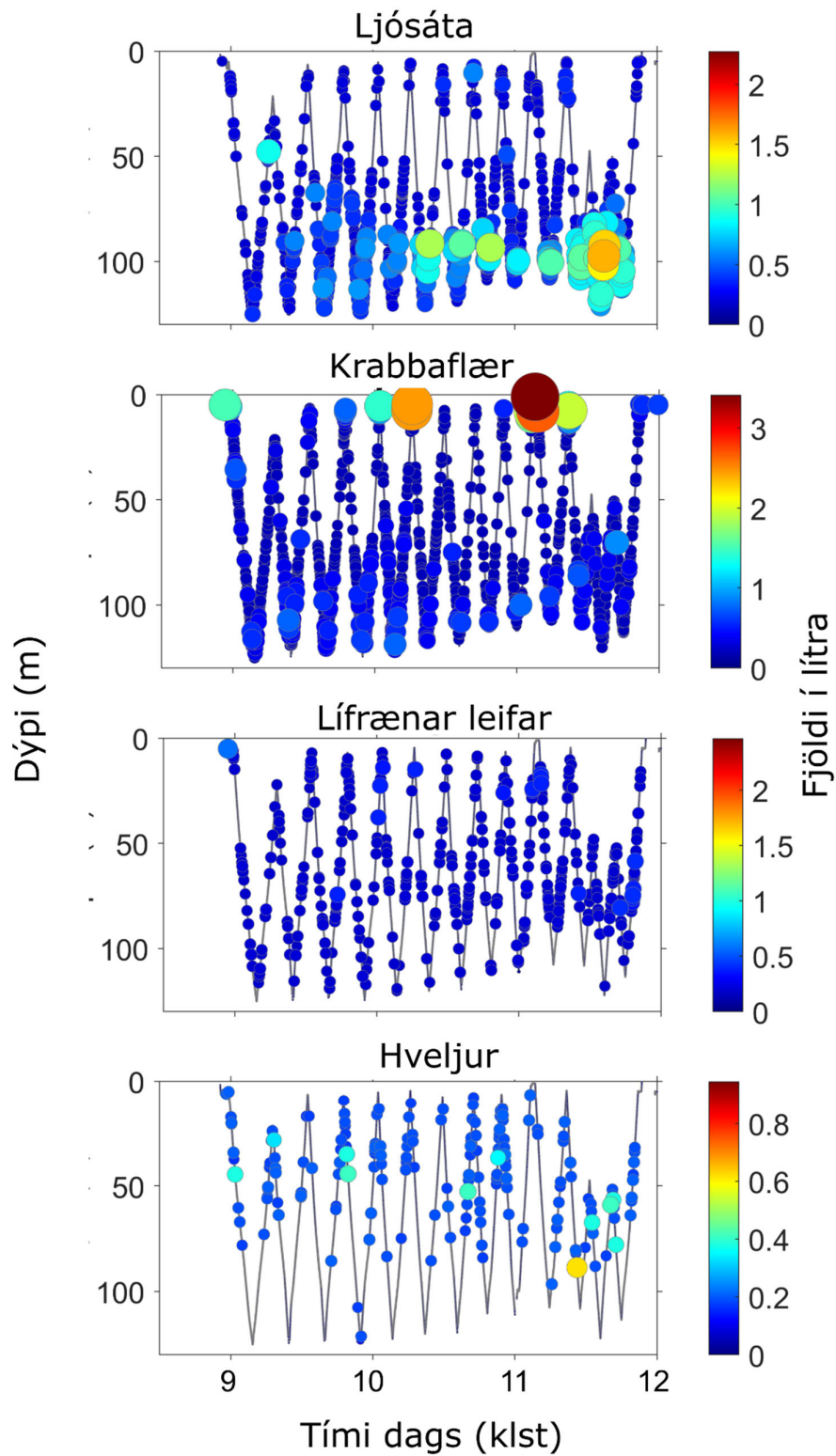
Ágúst 2012

Á 20. mynd eru sýndar mælingar sem gerðar voru með svifsjá að morgni 16. ágúst 2012. Ljósátur, krabbaflær og hveljur voru algengustu dýrahóparnir. Ljósáta hélt sig aðallega neðan 80 m dýpis og virtist þéttleikinn aukast eftir því sem nær dró hádegi. Dýpisdreifing krabbaflóa var tvískipt, sumar héldu sig nálægt yfirborði (~1 einstaklingur l^{-1}) á meðan aðrar héldu sig dýpra (~60-80 m, ~0,6 einstaklingar l^{-1}). Öfugt við ljósátu, héldu smáhveljur sig aðalega ofan ~80 m dýpis (~0,1-0,3 einstaklingar l^{-1}).

Eins og í júní voru lífrænar leifar áberandi. Þær voru sem fyrr tvenns konar. Óreglulegar leifar fundust einkum djúpt í vatnsbolnum (neðan ~80 m) en þráðlaga leifar voru grynna (ofan ~80 m).



19. mynd. Svifsjá, 19. júní 2012 (kl. 19:28-21:35) í Ísafjarðardjúpi. Myndin sýnir gögn úr einu togi (VPR2, sbr. 2. mynd). Útbreiðsla krabbaflóa, ljósátu, óreglulega lagaðra lífrænna leifa, smáhvelja, þráðlaga lífrænna leifa og kambhvelja. Gildin á myndinni sýna fjölda dýra/agna í lítra. Tölurnar undir lárétta ásnum tákna tíma dags.



20. mynd. Svífsjá, 16. ágúst 2012 (kl. 09:05-11:51) í Ísafjarðardjúpi. Myndin sýnir gögn úr einu togi (VPR5, sbr. 2. mynd). Útbreiðsla krabbaflóa, ljósátu, óreglulega lagaðra lífrænna leifa, smáhvelja, þráðlaga lífrænna leifa og kambhvelja. Gildin á myndinni sýna fjölda dýra/agna í lítra Tölurnar undir lárétta ásnum tákna tíma dags.

Efnasamsetning

Efnasamsetning þriggja algengustu ljósátutegundanna er sýnd í 5., 6. og 7. töflu. Hjá öllum tegundum var bæði prótein- og fituinnihald lægst að vetrinum en hæst yfir sumarmánuðina.

Hjá öggu var próteininnihald tiltölulega lágt yfir vetrarmánuðina og í ágúst (50-55% af þurrvigt) en hæst í júní (~60%). Fituhlutfallið breyttist enn meira en próteinhlutfallið eftir árstíðum. Það var lægst í febrúar og apríl (~4-6%), en hafði um það bil tvöfaldast í júní og ágúst (~7-12%)

Próteininnihald náttlampa var lægst í febrúar og apríl (~50-51%) og hæst í júní og ágúst (~58-66%) (6. tafla). Eins og hjá öggu, tvöfaldaðist hlutfall fitu frá vetri (~5-6%) til sumars (~10-14%) (5. tafla).

Aðeins náðist að mæla efnainnihald augnsílis í sýnum sem tekin voru í febrúar og apríl (próteinhlutfall ~53%, fituhlutfall ~6-7%) (7. tafla).

5. tafla. Efnasamsetning öggu (*T. raschii*) (% af þurrvigt) á mismunandi árstímum. Fjöldi mælinga í sviga. Óvissan fyrir öll gildi er 8%.

Leiðangur	mán	Protein	Fita	Annað
isj032011	22.-26.08.2011	50.6 (2)	11.6 (2)	37.8 (2)
isj012012	08.-10.02.2012	54.6 (5)	6.5 (5)	39 (5)
isj032012	16.-19.04.2012	55.9 (2)	3.8 (2)	40.4 (2)
isj042012	18.-22.06.2012	60.3 (20)	9.2 (20)	30.5 (2)
isj052012	14.-17.08.2012	54.1 (1)	6.8 (1)	39 (1)
Meðaltal		58.2 (3)	8.5 (30)	33.4 (30)

6. tafla. Efnasamsetning náttlampa (*M. norvegica*) (% af þurrvigt) á mismunandi árstímum. Fjöldi mælinga í sviga. Óvissan fyrir öll gildi er 8%.

Leiðangur	mán	Protein	Fita	Annað
isj012012	08.-10.02.2012	49.7 (5)	6.1 (5)	44.3 (5)
isj032012	16.-19.04.2012	51.4 (1)	5.5 (1)	43 (1)
isj042012	18.-22.06.2012	58.3 (4)	14.4 (4)	27.3 (4)
isj052012	14.-17.08.2012	65.8 (2)	9.9 (2)	24.3 (2)
Meðaltal		55.4 (12)	9.4 (12)	35.2 (12)

7. tafla. Efnasamsetning augnsílis (*T. inermis*) (% af þurrvigt) á mismunandi árstímum. Fjöldi mælinga í sviga. Óvissan fyrir öll gildi er 8%.

Leiðangur	mán	Protein	Fita	Annað
isj012012	08.-10.02.2012	53.6 (5)	6.1 (5)	40.3 (5)
isj032012	16.-19.04.2012	53.4 (1)	6.8 (1)	39.8 (1)
Meðaltal		53.5 (6)	6.2 (6)	40.2 (6)

Veiðitilraunir

Gerðar voru veiðitilraunir með ljósátuvörpu í tveimur leiðöngrum, í júní og ágúst 2012. Varpan var dregin í því lóði sem líklegast var talið vera ljósáta. Notaður var höfðulínúmælir til að mæla opnun og gaf hann einnig vísbendingar um innkomu, einkum þegar lóð var hvað sterkast. Tiltölulega auðvelt var að fylgja lóðinu fyrrihluta dags en versnaði er leið á daginn. Ekki var reynt að veiða að næturlagi. Varpan var meðfærileg, svaraði vel hraðabreytingum og var tiltölulega auðvelt að snúa með hana. Vírahlotfall var 1,6-1,8. Togað var á 1-2 hnúta hraða en mest á um 1,5 hnútum. Lóðrétt opnun mældist að jafnaði 4,5 m á 1,5 hnúta ferð og breyttist lítið með hraðabreytingum. Togátak var ekki mælt en togað var með vél á lágum snúningi (á 800-900 snúningar mín⁻¹).

Í júní 2012 var togað á nokkrum stöðum (2. tafla, 3. mynd). Aflinn var misjafn, 104-240 kg á togtíma. Yfirleitt var um að ræða tiltölulega hreina ljósátu, en í nokkrum togum var aukaafli fáein loðnuseiði (stöðvar 1, 7, 8, 10) og fáeinar ýsur (stöð 7) (viðauki 2).

Í ágúst 2012 var togað þrisvar sinnum, en einungis einu sinni í ljósátulóðningum. Togað var í 50 mínútur og reyndist aflinn vera 290 kg af hreinni ljósátu eða 348 kg á togtíma (viðauki 2).

Umræða

Í mati á lífmassa átunnar samkvæmt bergmálsmælingum er eingöngu reiknað með að um öggu (*T. raschii*) sé að ræða, enda er hún langalgengust. Tvær aðrar tegundir, augnsíli (*T. inermis*) og náttlampi (*M. norvegica*) eru einnig algengar í Djúpinu (8. mynd). Augnsíli er álíka stór og agga, en náttlampi verður talsvert stærri (agga og augnsíli verða um 20-26 mm langar en náttlampi um 30-40mm). Í fyrirliggjandi mati er gert ráð fyrir að endurvarpsstuðull (ES) ljósátunnar sé óháður tegund.

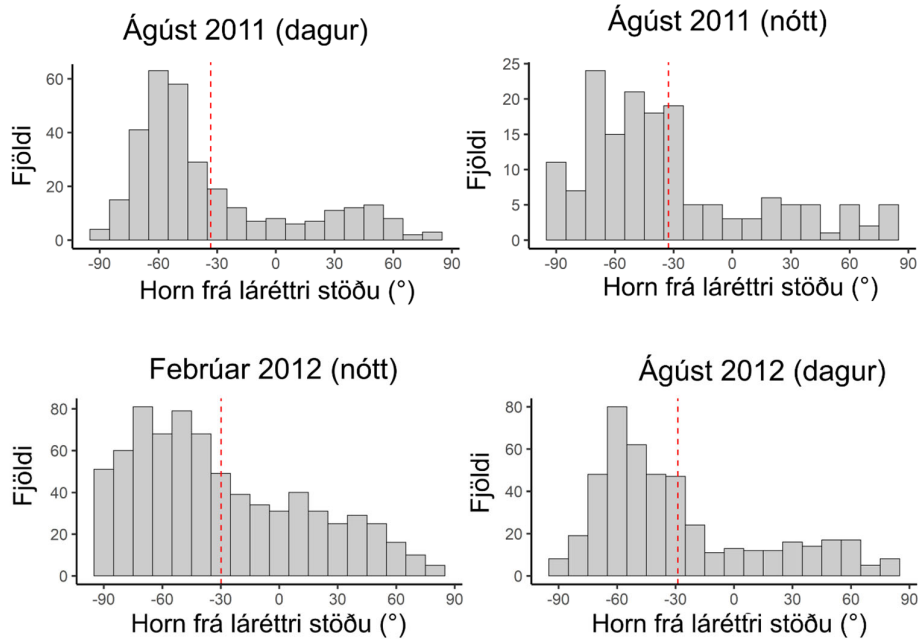
Töluverður breytileiki var á milli mælinga á heildarlífmassa (4. tafla). Stingur þar helst í stúf mælingin í apríl 2012, sem gaf mun meiri lífmassa en hinar. Febrúarmælingin var einnig nokkuð há. Stundum var erfiðleikum bundið að ná öruggum sýnum af öllu svæðinu, m.a. vegna þess hversu botnlæg átan var á köflum. Þetta getur haft talsverð áhrif á niðurstöður og er möguleg skýring á háu mati í febrúar og apríl.

Meðalendurvarp ljósátu eykst með stærð. Reikningar byggðir á líkönum gefa til kynna að munur á meðalendurvarpi 12 og 22 mm ljósátu geti verið um tuttugufaldur. Sé sýnataka ekki áreiðanleg m.t.t. lengdardreifingar og hlutfalla árganga getur það haft töluverð áhrif á ætlaðan lífmassa. Á hvorn veginn það mat leitar fer mikið eftir fjöldahlutfalli árganga.

Lengi hefur verið þekkt að ljósáta forðast háfa, sérstaklega í dagsbirtu (sjá t.d. Sameoto o.fl. 1993, Wiebe o.fl. 2013). Vel hefur reynst að nota framvísandi leifturljós á veiðarfærum, sem að eykur veiðni þeirra umtalsvert. Virðist það blinda átuna, þannig að hún nær ekki að forðast veiðarfærin. Ekki er talið að skip á siglingu fæli ljósátuna nema hún sé nálægt yfirborðinu (Brierly o.fl. 2002).

Í Ísafjarðardjúpi var í september 2016 og október 2018 kannað hvort framvísandi leifturljós á Bongo-háfum hefðu áhrif á veiðnina. Í þeim athugunum kom fram að það veiddist um 10-15 sinnum meira af ljósátu með ljósum en án. Það hvort ljós væru notuð hafði einnig töluverð áhrif á lengdardreifingu dýranna, þannig að hlutfallslega fékkst meira af stærri dýrum væru ljós notuð. Ef það er raunin að lengdardreifing sem fæst í net með framvísandi ljósum sé nær raunverulegri lengdardreifingu en sú sem fæst án ljósa, þá getur það haft veruleg áhrif á ætlaðar fjöldataölur og lífmassa. Þetta á sérstaklega við um smærri dýrin. Ekki var gerð tilraun til þess að endurmeta eða leiðrétta lengdardreifingar með tilliti til þessa.

Halladreifing ljósátunnar í Ísafjarðardjúpi var metin með greiningu ljósmynda frá svifsjártogum í ágúst 2011 og 2012. Samkvæmt þeirri athugun snéru flest dýrin um 50-60° frá láréttri stöðu með höfuðið niður (21. mynd). Athuganir hafa verið gerðar á legu ljósátu í vatnsbolnum, flestar á suðurishafsljósátu. Hvað varðar þá tegund benda fyrirliggjandi niðurstöður til að þegar hún syndir um í torfum þá snúi allir einstaklingar lárétt (Hamner o.fl. 1983, Lawson o.fl. 2006), en að þegar hún hægir á sér eða „svamlar“ í vatnssúlunni þá snúi dýrin yfirleitt um 45° frá láréttri stöðu með höfuðið upp (Kils 1981, Endo 1993). Náttlampi (*M. norvegica*) og *Thysanoessa* spp. virðast einnig synda um því sem næst í láréttri stöðu (Kristensen og Dalen 1986), en með nokkuð víða dreifingu, staðalfrávik um 30°, N(0°,30°). Beinar mælingar á halladreifingu nokkurra ljósátutegunda við Suðurskautslandið (Lawson o.fl. 2006), við Bouvet eyju (Kubilius o.fl. 2015), og í Beringshafi og Alaskaflóa (Lucca o.fl. 2021) sýna halla þeirra að degi til liggja að meðaltali á milli 0-17°, en með nokkuð víða dreifingu, staðalfrávik frá 30-39°. Hvoru tveggja, þ.e. meðalhalli og staðalfrávik, hefur áhrif á endurvarp ljósátunnar. Líkanareikningar á endurvarpsstuðli gefa ljóslega til kynna að mikill halli og víð halladreifing ljósátu þýði minna endurvarp en lítill halli og þröng dreifing. Með óbeinum athugunum, þ.e. samanburði á afla í net og tíðnisvörun endurvarps öggu (*T. raschii*) hefur halladreifingin verið metin mun þrengri, um N(10°,4°), (McQuinn o.fl. 2013; Simard og Sourisseau 2009). Með slíkri halladreifingu yrði mat okkar á lífmassa aðeins 54% af því sem gefið er upp í 4. töflu. Okkar niðurstöður þar sem flest dýrin snúa niður gætu bent til að þau reyni að forðast svifsjána.



21. mynd. Myndirnar sýna legu dýranna á svífsjármyndum. Hornið er 0° ef dýrin eru lárétt en jákvætt ef dýrin snúa með höfuðið upp, en neikvætt ef dýrin snúa höfði niður. Mælt var handahófskennt úrtak dýra sem snéru nokkurn veginn þvert á myndavélina og voru bein. Rauðu strikálínurnar sýna meðalgildi.

Samanburður bergmálgilda og talningar með svífsjá, með og án framvísandi ljósa eins og að framan getur, og einnig meiri toghraði, gaf til kynna að hvoru tveggja (þ.e. að nota ljós og að toga hraðar) hafði áhrif til aukningar á fjölda ljósáta. Hins vegar var ekki að sjá marktæka breytingu á halladreifingu samkvæmt svífsjármyndunum. Með samanburði við reiknilíkön gefa þessar mælingar til kynna að meðalendurvarp ljósátunnar í Djúpinu sé best lýst með nokkuð víðri halladreifingu (Páll Reynisson o.fl., grein í vinnslu). Þessar athuganir, og ekki síður þær beinu mælingar sem vísað er til hér að ofan, rökstyðja val þeirrar halladreifingar, $N(0^\circ, 30^\circ)$, sem notuð var við reikninga á endurvarpstuðli og lífmassa ljósátunnar.

Hafa þarf í huga að endurvarpsstuðull getur verið breytilegur á milli árstíða og milli ára. Það fer eftir árferðinu og þá um leið ástandi dýranna (fituinnihaldi, kynþroskastigi o.s.frv.). Ekki eru tölur á að taka tillit til þess hér.

Ljósáta er ónýtt auðlind á Íslandsmiðum. Eins og kom fram í inngangskaflanum hafa veiðar á ljósátu aðallega farið fram í Suður Íshafinu þar sem þær beinast að mun stærri tegund en hér er að finna. Smæð ljósátu, hátt flúorinnihald og lítið geymslupól, sem tengist mjög virkum meltingarensímum, eru meðal atriða sem hafa gert veiðar og nýtingu erfiða og dregið úr áhuga manna á að veiða ljósátu í stórum stíl. Langmest af aflanum hefur hingað til verið nýttur sem fóður í fiskeldi. Í ljósátu er mikið af verðmætum efnum (t.d. kítíni, meltingarensímum, litarefnum og fitusýrum) og telja verður líklegt að arðbærar veiðar í framtíðinni muni tengjast því að þróaðar verði aðferðir til að draga þessi efni úr ljósátunni og nýta þau.

Algengustu ljósátutegundirnar í Ísafjarðardjúpi, agga og augnsíli, eru að mestu plöntusvífsætur, þó að þær eigi það til að éta einnig fæðu af öðrum uppruna einkum á veturna.

Náttlampi er mun meira rándýr og étur t.d. rauðátu og annað dýrasvif (Falk-Petersen o.fl. 2000, Siegel, 2000, Schmidt 2010). Þannig er ljósátan neðarlega í fæðustiganum. Sjálf er ljósáta svo fæða mjög margra íbúa hafsins, þar á meðal nytjastofna sem eru mikilvægir í Djúpinu, eins og þorsks, loðnu, síldar, ufsa, hvala, rækju og sjófugla (Ólafur K. Pálsson 1983, Konráð Þórisson 1986, Ólafur S. Ástþórsson og Ólafur K. Pálsson 1987, Hjálmar Vilhjálmsson 1994, Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson 1997, Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson 1997, Dommasnes o.fl. 2004, Jaworski og Ragnarsson 2006, Savenkoff o.fl. 2006, Pedersen og Fossheim, 2007, Ólafur K. Pálsson og Höskuldur Björnsson 2011).

Varðandi nýtingu ljósátu í Djúpinu verður m.a. að huga að því hvort veiðar geti hugsanlega haft skaðleg áhrif á fæðugrundvöll nytjastofna sem þar eru fyrir. Fyrirliggjandi gögn Hafrannsóknastofnunar benda til þess að ársát þorsks á ljósátu í Ísafjarðardjúpi nemi um 1000-2000 tonnum (Höskuldur Björnsson, munnlegar upplýsingar). Ekki er vitað hvað aðrir nytjastofnar í Djúpinu eru að éta mikið. Ljóst er að áhrif hvala geta verið umtalsverð, en bæði hrefna og hnúfubakar venja komur sína í Djúpið á sumrin og er ljósáta snar þáttur í fæðu þeirra (Gísli Víkingsson, munnlegar upplýsingar). Í leiðöngrunum í ágúst 2011 og 2012 varð vart við nokkra hnúfubaka í Djúpinu. Þegar þetta er skrifað (2021) hefur það nánast verið árviss atburður að nokkrir tugir hnúfubaka hafa dvalið í Djúpinu að sumrinu og fram eftir hausti (Hjalti Karlsson, munnlegar upplýsingar). Miðað við að daglegt át þeirra sé um 4% af eigin líkamsþyngd og að hver hnúfubakur vegi um 20-30 tonn sem er ekki óraunhæft mat (munlegar upplýsingar frá Þorvaldi Gunnlaugssyni og Gísla Víkingssyni) þá gæti daglegt át hvers hnúfubaks verið um 1000 kg. Daglegt át hvernar hrefnu er minna, enda hrefna miklu minni (hvert dýr vegur um 4 tonn), eða um 2-300 kg.

Mat á heildarlífmassa ljósátu er enn óvissu bundið. Eins og áður hefur komið fram er óvissan sennilega hvað mest yfir vetrartímann (febrúar og apríl 2012) vegna erfiðleika við sýnatöku sem áður voru nefndir. Ef stofnmatið fyrir febrúar og apríl er ekki tekið með er áætlun okkar um árlegan meðallífmassa ljósátu í Ísafjarðardjúpi um 40 þúsund tonn á svæði sem nær yfir um 70 fersjómílur (240 km^2) („lífmassi 2“ í 4. töflu). Ef þessi tala er stöðluð miðað við hversu mörg grömm af ljósátu (votvigt) eru yfir hverjum fermetra fæst gildið 166 g m^{-2} ($(40 \times 10^9 \text{ g}) / (0,240 \times 10^9 \text{ m}^2)$). Lífmassi ljósátu hefur ekki áður verið metinn hér við land á sambærilegan hátt þannig að viðmiðunartölur liggja ekki fyrir frá íslenska hafsvæðinu. Á landgrunnssvæðunum við austurströnd Kanada (Emerald Basin, laHave Basin), þar sem náttlampi er algeng tegund, liggur hins vegar fyrir mat á lífmassa ljósátu þar sem svipuðum aðferðum var beitt (bergmálsaðferðum og háfum) og samkvæmt þeim er meðallífmassi ljósátu þar á bilinu $79.2\text{-}102 \text{ g m}^{-2}$ (Cochrane og Sameoto 1991, Sameoto o.fl. 1993) sem er talsvert minna en okkar niðurstaða úr Djúpinu (166 g m^{-2}).

Fituinnihald öggu í Ísafjarðardjúpi (% af þurrvigt) var á bilinu ~4-6% yfir vetrarmánuðina (febrúar, apríl) og ~7-12% í júní og ágúst. Þetta eru lág gildi samanborið við mælingar í Norður Noregi (~14% á vorin, ~35% á sumrin, Hopkins o.fl. 1978, Falk-Petersen o.fl. 1981) og í

Beringshafi (22-30% á vorin, 14-31% á sumrin, Harvey o.fl. 2012). Skýringin á þessum mun tengist líklega aðferðafræðinni sem við notuðum, en hún hefur þann galla að ná ekki fullkomlega allri fitu sem er til staðar í ljósátunni (Heiða Pálmadóttir, Matís, munnlegar upplýsingar). Það eru einkum fosfólípiðar og vax esterar – sem einmitt eru einkennandi fyrir fitu í öggu (Harvey o.fl. 2012) – sem erfiðlega gengur að ná út með þeim aðferðum sem við notuðum til að draga fituna úr ljósátunni. Í norrænum ljósátutegundum gegna fosfólípiðar nefnilega mikilvægu hlutverki sem orkugeymsluefni, auk þess að vera byggingarefni (Harvey o.fl. 2012).

Hér verður ekki gerð ákveðin tillaga um hversu mikið ráðlegt sé að veiða af ljósátu úr Ísafjarðardjúpi. Nauðsynlegt er að hafa í huga að ljósáta er mikilvæg fæða næstum allra nytjastofna á svæðinu. Við ákvörðun um nýtingu þarf að beita ýtrustu varúðarreglu og haga ber veiðum á þann hátt að fæða sé ekki tekin frá öðrum nytjastofnum. Í samræmi við þetta sjónarmið leggjum við aðeins til tilraunaveiðar í smáum stíl og að jafnframt verði fylgst vel með ljósátustofnunum til að kanna áhrif veiðanna á þá. Heppilegur tími til veiða er að haustlagi, en þá hafa dýrin lokið hrygningu, fitu- og próteininnihald þeirra er hátt og lítil hætta er á meðafla.

Þakkir

Rannsóknirnar voru styrktar af AVS - rannsóknarsjóði í sjávarútvegi (verkefni númer R 11/12-030-11). Kunnum við sjóðnum bestu þakkir. Hildur Pétursdóttir las greinina í handriti og færði margt til betri vegar.

Heimildir

Brierly, A. S., Fernandes, P. G., Brandon, M. A., Armstrong, F., Millard, N. W., McPhail, S. D., Griffiths, G. (2002). An investigation of avoidance by Antarctic krill of RRS James Clark Ross using the Autosub-2 autonomous, underwater vehicle. *Fisheries Research*, 1448: 1-8.

Brierly, A. S., Ward, P., Watkins, J. L. Goss, C. (1998). Acoustic discrimination of Southern Oceanic zooplankton. *Deep Sea Research Part II*, 45: 1155-1173.

CCAMLR Statistical Bulletins. (2020). <https://www.ccamlr.org/en/document/data/ccamlr-statistical-bulletin-vol-33>. Síða heimsótt 8.11.2021.

Chu, D., Foote, K. G., Stanton, T. K. (1993). Further analysis of target-strength measurements of Antarctic krill at 38 and 120 kHz: comparison with the deformed-cylinder model and inference of orientation distribution. *Journal of Acoustic Society of America*, 93(5): 2985-2988.

Cochrane, N. A., Sameoto, D. D. (1991). Corrected euphausiid abundance estimates from hydroacoustics: Comments on Cochrane et al. (1991). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48, 2034-2035.

Conti, S. G., Demer, D. A. (2006). Improved parameterization of the SDWBA for estimating krill target strength. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 928-935.

Culverhouse, F. P., Williams, R., Reguera, B., Herry, V., Gonzales-Gil, S. (2003). Do experts make mistakes? A comparison of human and machine identification of dinoflagellates. *Marine Ecology Progress Series*, 247: 17-25.

Dommasnes, A., Melle, W., Dalpadado, P., & Ellertsen, B. (2004). Herring as a major consumer in the Norwegian Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 61: 739-751.

- Endo, Y. (1993). Orientation of Antarctic krill in an aquarium. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59: 465–468.
- Falk-Petersen, S., Hagen, W., Kattner, G., Clarke, A., Sargent, J. (2000). Lipids, trophic relationships, and biodiversity in Arctic and Antarctic krill. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57 (Suppl. 3): 178–191.
- Falk-Petersen, S., Hopkins, C. C. E. (1981). Ecological investigations on the zooplankton community of Balsfjorden, northern Norway: population dynamics of the euphausiids *Thysanoessa inermis* (Krøyer), *Thysanoessa raschii* (M. Sars) and *Meganyctiphanes norvegica* (M. Sars) in 1976 and 1977. *Journal of Plankton Research*, 3: 181–192.
- Falk-Petersen, S., Hopkins, C. C. E., Sargent, J. R. (1990). *Trophic relationships in the pelagic, arctic food web*. Pp. 315–333. In Barnes, M & R.N. Gibson (eds). *Trophic Relationships in the Marine Environment*. Proceedings of the 24th European Marine Biology Symposium, Aberdeen University Press.
- Foote, K. G., Knudsen, H. P., Vestnes, G., MacLennan, D. N., Simmonds, E. J. (1987). *Calibration of acoustic instruments for fish density estimates: a practical guide*. In: ICES Cooperative Research Report, vol 144. International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen, Denmark.
- Foote, K. G., Everson I., Watkins J. L., Bone D. G. (1990). Target strength of Antarctic krill (*Euphausia superba*) at 38 and 120 kHz. *Journal of the Acoustical Society of America*, 878 (1): 16–24.
- Hamner, W. M., Hamner, P. P., Strand, S. W., Gilmer, R. W. (1983). Behavior of Antarctic krill, *Euphausia superba*: Chemoreception, feeding, schooling, and molting. *Science*, 220: 433–435.
- Harvey, H. R., Pleuthner, R. L., Lessard, E. J., Bernhardt, M. J., Tracy S. (2012). Physical and biochemical properties of the euphausiids *Thysanoessa inermis*, *Thysanoessa raschii*, and *Thysanoessa longipes* in the eastern Bering Sea. *Deep-Sea Research Part II*, 65–70: 173–183.
- Hermann Einarsson. (1945) Euphausiacea I. Northern Atlantic species. *Dana Report*, 27: 1–191.
- Higginbottom, I. R., Pauly, T. J., Heatly, D. C. (2000). *Virtual echograms for visualization and post-processing of multiple-frequency echo sounder data*. In Proceedings of the Fifth European Conference on Underwater Acoustics, 10–13 July 2000, Lyon, France. Office for Publication of the European Communities, Luxembourg, pp. 1497–1502.
- Hjálmar Vilhjálmsson. (1994). *The Icelandic capelin stock. Capelin (Mallotus villosus) in the Iceland–East Greenland–Jan Mayen ecosystem*. Rit Fiskideildar, 13. 281 pp.
- Hopkins, C. C. E., Falk-Petersen, S., Tande, K., Eilertsen, H. C. (1978). A preliminary study of zooplankton sound scattering layers in Balsfjorden: structure, energetic, and migrations. *Sarsia*, 63: 255–264.
- Hu, Q., Davis, C. S. (2006). Accurate automatic quantification of taxa-specific plankton abundance using dual classification with correction. *Marine Ecology Progress Series*, 306: 51–61.
- Jaworski, A., Ragnarsson, S. A. (2006). Feeding habits of demersal fish in Icelandic waters: a multivariate approach. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 1682–1694.
- Jóhann Sigurjónsson, Gísli Víkingsson. (1997). Seasonal Abundance of and Estimated Food Consumption by Cetaceans in Icelandic and Adjacent Waters. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 22: 271–287.
- Kils, U. (1981). The swimming behavior, swimming performance and energy balance of Antarctic krill, *Euphausia superba*. *BIOMASS Science Series*, 3: 1–121.
- Konráð Þórisson. (1986). The food of larvae and pelagic juveniles of cod (*Gadus morhua* L.) in the coastal waters west of Iceland. *Rapports et Procès-Verbaux des Reunions des Conseils International pour l'Exploration de la Mer*, 191: 264–272.
- Kristensen, Å., Dalen, J. (1986). Acoustic estimation of size distribution and abundance of zooplankton. *Journal of the Acoustic Society of America*: 80, 601–611.
- Kristján Lillindahl, Jón Sólmundsson. (1997). *Sumarfæða sex sjófuglategunda við Ísland*. Fjölrit Hafrannsóknastofnunarinnar, 57: 249–260.
- Kubilius, R., Ona, E., Calise, L. (2015). Measuring *in situ* krill tilt orientation by stereo photogrammetry: examples for *Euphausia superba* and *Meganyctiphanes norvegica*. *ICES Journal of Marine Science*, doi:10.1093/icesjms/fsv077.

- Køgelier, J. W., Falk-Petersen, S., Kristensen, Å., Pettersen, F., Dalen, J. (1987). Density and Sound Speed Contrasts in Sub-Arctic Zooplankton. *Polar Biology*, 7 (4): 231-235.
- Lawson, G. L., Wiebe, P. H., Ashjian, C. J., Chu, D., Stanton, T. K. (2006). Improved parameterization of Antarctic krill target strength models. *Journal of Acoustic Society of America*, 119: 232-242.
- Lawson, G. L., Wiebe, P. H., Stanton, T. K., Ashjian, C. J. (2008). Euphausiid distribution along Western Antarctic Peninsula- Part A: Development of robust multi-frequency acoustic techniques to identify euphausiid aggregations and quantify euphausiid size, abundance and biomass. *Deep-Sea Research, Part II*, 55: 412-431.
- Lucca, B. L., Ressler, P. H., Harvey, H. R., Warren, J. D. (2021). Individual variability in sub-Arctic krill material properties, lipid composition, and other scattering model inputs affect acoustic estimates of their population. *ICES Journal of Marine Science*, 78: 1470–1484
- MacLennan, D. N., Fernandes, P. G., Dalen, J. (2002). A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 365-369.
- McGehee, D. E., O'Driscoll, R. L. and Martin Traykovski, L. V. (1998). Effects of orientation on acoustic scattering from Antarctic krill at 120 kHz. *DeepSea Research II*, 45: 1273-1294.
- Madureira, L.S.P., Everson, I., Murphy, E.J. (1993). Interpretation of acoustic data at two frequencies to discriminate between Antarctic krill (*Euphausia superba* Dana) and other scatters. *Journal of Plankton Research*, 15(7): 787-802.
- Matthews, J. B. L., Heimdal, B. R. (1980). *Pelagic productivity and food chains in fjord systems*. Í Freeland, H. J., Farmer, D. M., Levings, C. D. (ritstj.) Fjord Oceanography. Plenum Press, New York, 377-398.
- Mauchline, J., Fisher, L. R. (1969). *The biology of euphausiids*. London and New York: Academic Press.
- McQuinn, I. H., Dion, M., St. Pierre, J-F. (2013). The acoustic multifrequency classification of two sympatric euphausiid species (*Meganyctiphanes norvegica* and *Thysanoessa raschii*), with empirical SDWBA model validation. *ICES Journal of Marine Science*, 70: 636-649.
- Miller, D. G. M., Hampton, I. (1989). *Biology and ecology of the Antarctic krill (Euphausia superba Dana): A review*. Biological investigations of marine Antarctic systems and stocks (BIOMASS Vol 9). SCAR and SCOR Scott polar Research institute, Cambridge, England. 166 s.
- Nicol, S., Foster, J. (2003). Recent trends in the fishery for Antarctic krill. *Aquat. Living Resources*, 16: 42-45.
- Ólafur K. Pálsson. (1983). *The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters*. Rit fiskideildar, 7: 1-60.
- Ólafur K Pálsson, Höskuldur Björnsson. (2011). Long-term changes in trophic patterns of Iceland cod and linkages to main prey stock sizes. *ICES Journal of Marine Science*, 68: 1488-1499.
- Ólafur S. Ástþórsson. (1990). Ecology of the euphausiids *Thysanoessa raschi*, *T. inermis* and *Meganyctiphanes norvegica* in Ísafjörður-deep, northwest Iceland. *Marine Biology*, 107: 147-157.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ólafur K. Pálsson. (1987). Predation on euphausiids by cod, *Gadus morhua*, in winter in Icelandic subarctic waters. *Marine Biology*, 96: 327-334.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason, Steingrímur Jónsson. (2007) Climate variability and the Icelandic marine ecosystem. *Deep-Sea Research*, 54: 2456-2477.
- Páll Reynisson, Ólafur S. Ástþórsson. (1989). *Bergmálmælingar á dýrasvífi í Ísafjarðardjúpi á Bjarna Sæmundssyni 6-9. febrúar 1989 (B2/89)*. Leiðangursskýrsla/Áfangaskýrsla. 30 síður.
- Pedersen, T., Fosshiem, M. (2007). Diet of 0-group stages of capelin (*Mallotus villosus*), herring (*Clupea harengus*) and cod (*Gadus morhua*) during spring and summer in the Barents Sea. *Marine Biology*, 153: 1037-1046.
- Petrún Sigurðardóttir, Ástþór Gíslason. (2021). *Experimental harvesting of krill with a pump in Ísafjarðardjúp*. Haf- og vatnarannsóknir. HV 2021-45. 33 s.
- Ressler, P. H., De Robertis, A., Warren, J. D., Smith, J. N., Kotwicki, S. (2012). Developing an acoustic survey of euphausiids to understand trophic interactions in the Bering Sea ecosystem. *Deep Sea Research Part II*, 65-70: 184-195.

- Robertis, A. D., McKelvey, D. R., Ressler, P. H. (2010). Development and application of an empirical multifrequency method for backscatter classification. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 67: 1459-1474.
- Sameoto, D., Cochrane, N., Herman, A. (1993). Convergence of acoustical, optical and net-catch-estimates of euphausiids abundance: use of artificial light to reduce net avoidance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50: 334-346.
- Savenkoff, C., Savard, L., Morin, B. Chabot, D. (2006). Main prey and predators of northern shrimp (*Pandalus borealis*) in the northern Gulf of St. Lawrence during the mid-1980s, mid-1990s, and early 2000s. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2639: v+28 pp.
- Schmidt, K. (2010). *Food and feeding in northern krill* (Meganyctiphanes norvegica Sars). Pp. 127-171. In *Advances in Marine Biology* (Tarling, G.A. ritstj.). Amsterdam, Elsevier.
- Siegel, V. (2000). Krill (Euphausiacea) life history and aspects of population dynamics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57 (Suppl. 3): 130–150.
- Simard, Y., Sourisseau, M., (2009). Diel changes in acoustic and catch estimates of krill biomass. *ICES Journal of Marine Science*, 66: 1318-1325.
- Simmonds, E. J., MacLennan, D. N. (2005). *Fisheries Acoustics: Theory and Practice*, 2nd edn. Blackwell, Oxford, UK. 456 pp.
- Stanton, T. K., Chu, D., Wiebe, P. H. (1998). Sound scattering by several zooplankton groups. II. Scattering models. *Journal of the Acoustical Society of America*, 103: 236–253.
- Stanton, T. K., Chu, D. (2000). Review and recommendations for the modelling of acoustic scattering by fluid-like elongated zooplankton: euphausiids and copepods. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 793-807.
- Tiller, R. G. (2008). The Norwegian system and the distribution of claims to redfeed. *Marine Policy*, 32: 928–940.
- Wiebe, P. H., Greene, C. H., Timothy K. Stanton, T. K., Burczynski, D. 1990. Sound scattering by live zooplankton and micronekton: Empirical studies with a dual-beam acoustical system. *Journal of the Acoustical Society of America*, 88: 2347–2360.
- Wiebe, P. H., Lawson, G. L., Lavery, A. C., Copley, N. J., Horgan, E., Bradley, A. (2013). Improved agreement of net and acoustical methods for surveying euphausiids by mitigating avoidance using a net-based LED strobe light system. *ICES Journal of Marine Science*, 70: 650–664.

Viðaukar

Viðauki 1. Upplýsingar um ljósátuvörpuna sem notuð var við tilraunaveiðar í Ísafjarðardjúpi í júní og ágúst 2012 á Val ÍS 20

Varpan er búin til úr aftasta hluta belgs af stærri átuvörpu skipa Hafrannsóknastofnunar. Framan á belghlutann er settur toppur og aftan við er settur poki. Stærðin er miðuð við að auðvelt sé að nota vörpuna á minni bátum með 300-400 ha vélar.

Ummál að framan er 4×1400 upptökur (4 byrði) = 5600 u.

Möskvastærð: 8 mm

Belglengd: 2350 síður = 18,8 m strekt.

Skurður á byrðum er alls staðar 5S3L.

Ummál í aftari enda: 4×290 u = 1160 u

Leisi er vélsaumuð og án styrktarlína.

Að framan er ísaumuð dynema lína, 5,5 m á hvert byrði þannig að fastsett ummál 8mm riðilsins að framan er $4 \times 5,5$ m = 22 metrar. Fellingin er því:

$$4 \times 5,5 \text{ m} / 4 \times 1400 \times 0,008 \text{ m} = 22 \text{ m} / 44,8 \text{ m} = 0,49 \text{ eða tæp } 50\%$$

Framan á þessa línu eru feldar (benslaðar) 56 upptökur, ein síða á lengd, af 800 mm möskva, garnsverleiki 8 mm, efnið er dynema. Felling á 800 mm netinu er því:

$$22 \text{ m} / 56 \times 0,8 \text{ m} = 22 / 44,8 \text{ m} = 49,1 \% \text{ eða tæp } 50\%$$

Framan á þennan bekk koma svo vængir sem allir eru einslaga, 12 upptökur að neðan og 5 að ofan, 6,5 síðna langir. Möskvastærð er 800 mm og garnið er 8 mm dynema. Langsum eftir miðjum vængjum er fest 8 mm dynamastyrktarlína 6.5 m að lengd. Búss eru einn möskvi (tvær í fellingunni).

Línur: $4,8 + 0,52 + 4,8 \text{ m} = 10,12 \text{ m}$ bogalengd, augu eru 20 cm til viðbótar og er heildar bogalengd því $10,12 + 0,2 + 0,2 = 10,52 \text{ m}$.

Poki var útbúinn með því að klæða að innan 4 m hefðbundin rækjupoka (leggjupoka) með 8 mm neti.

Grandarar eru 20 mm PE tóg 12 m að lengd auga í auga.

Mismunur að neðan er úr 1,5 m af 13 mm langhlekkjakeðju og var 1 m notaður í mun.

Bakstroffur voru 2,5 faðmar eða 4,5 m.

Sett voru tvö 20 kg keðjulóð hvoru megin í framlengingarkeðjur við neðri vængenda (lásuð með dragnótalásunum) þannig að 40 kg voru á hvorum vængenda. Til viðbótar var fest um 200 kg keðja á miðja fiskilínu.

Kúlur voru ca. 10 stk dragnóta egg (800 gr. Uppdrift/stk).

Hlerar: Flotvörpuhlerar af Suberkub- gerð frá Poly-Ice, 1 x 2.5 m og 200 kg.

Lóðrétt opnun mældist að jafnaði 2,5 fm = 4,5 m á 1,5 mílna toghraða.

Athugasemdir

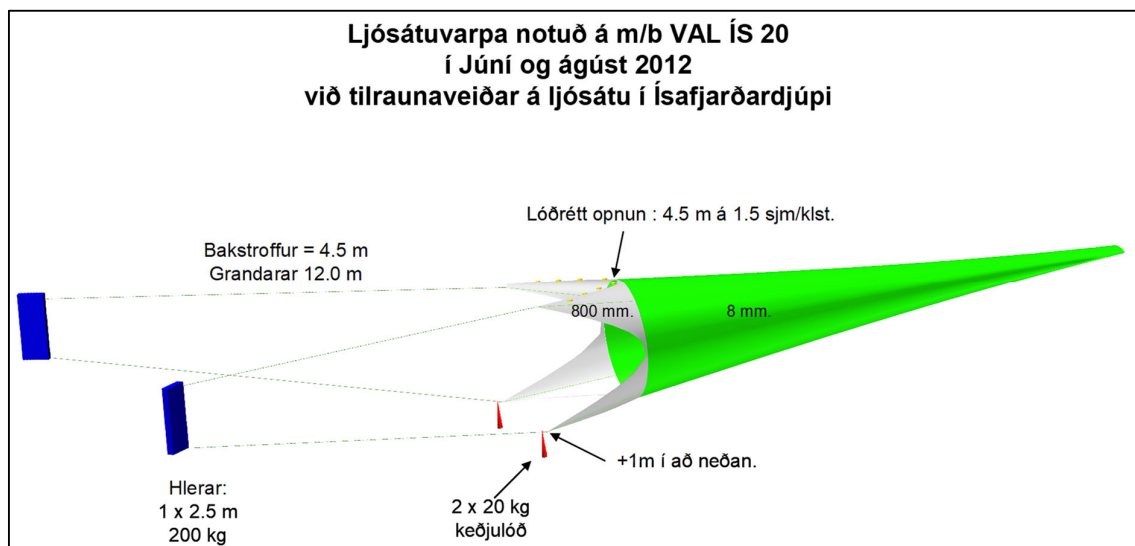
Flotkúlur eru of smáar og vildu flækjast í 800 mm netinu. Flot er raunar óþarfi nema til að halda höfuðlínunumæli klárum og dygðu tvær 11" kúlur sennilega í það. Taka þarf dragnótaeggin af vörpunni.

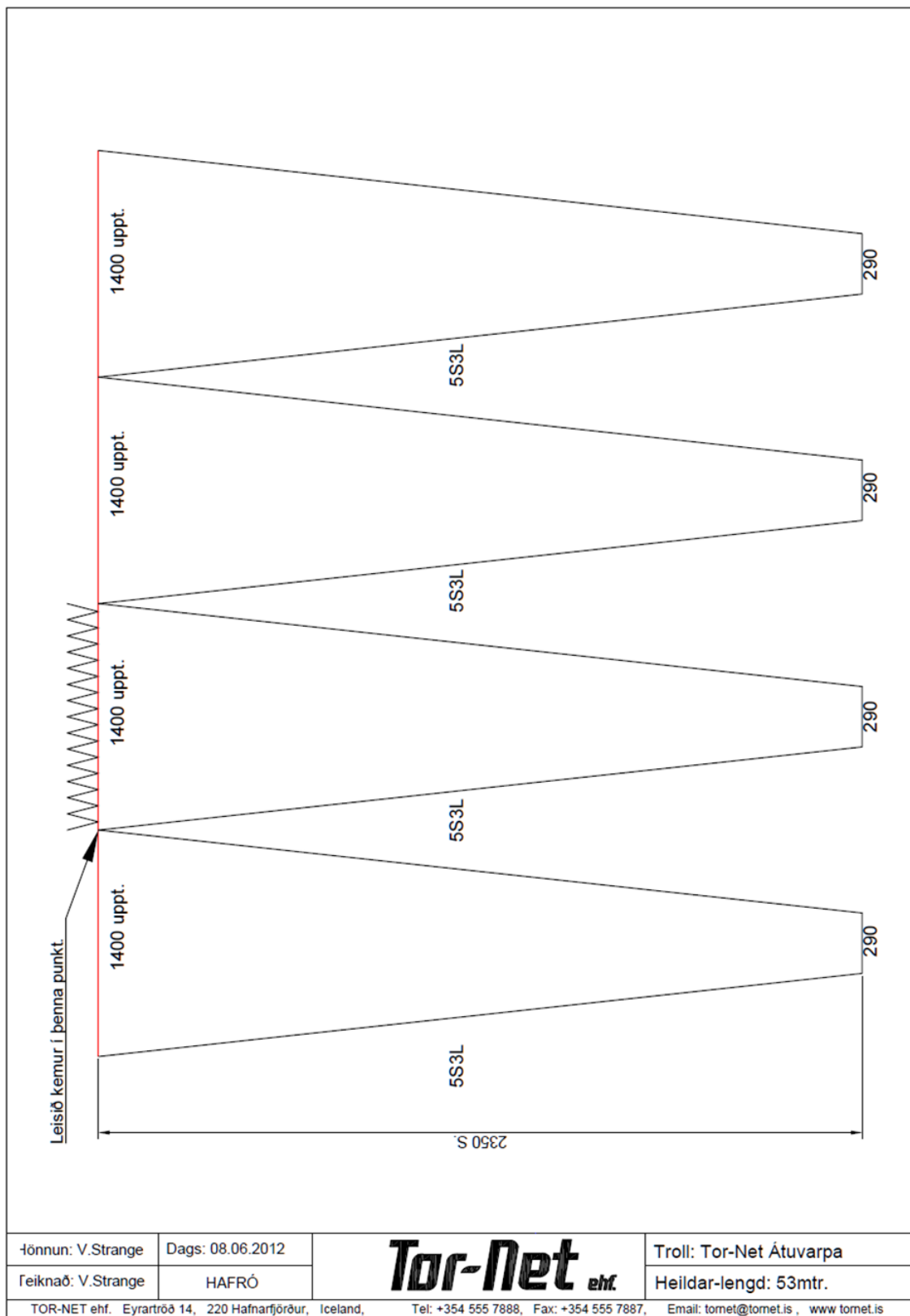
Fellingin á 800 mm netinu á 22 m línuna gerir að verkum að línan kprast undan áttakinu og ummál vörpuopsins minnkar. Betra væri að hafa 1-2 smærri riðla þarna í milli til að jafna yfirganginn. Einnig mætti hafa upptökurnar fleiri en 56, þ.e. að fella stærri riðilinn meira á föstu línuna. Þannig mætti fá meiri opnun í vörpuna en hún ætti að skila nálægt 5 -5,5 m í opnun í stað 4,5 m. Ekki er vitað um lárétta opnun netsins þar sem ekki var notaður höfuðlínusónar og þar með ekki vitað hvort opnunin er samhverf eða ekki.

Leggpokinn hélt of mikið við afturendann á belgnum þar sem leggurinn gefur ekki eftir á breiddina. Þannig myndaðist útblástur á belgnetinu. Nota þarf venjulegt net í pokann. Klæðning innan í poka vildi rifna undan aflanum þegar tekið var inn fyrir. Ganga þarf betur frá henni og setja á hana leisislínur sem svo eru festar í pokaleisin.

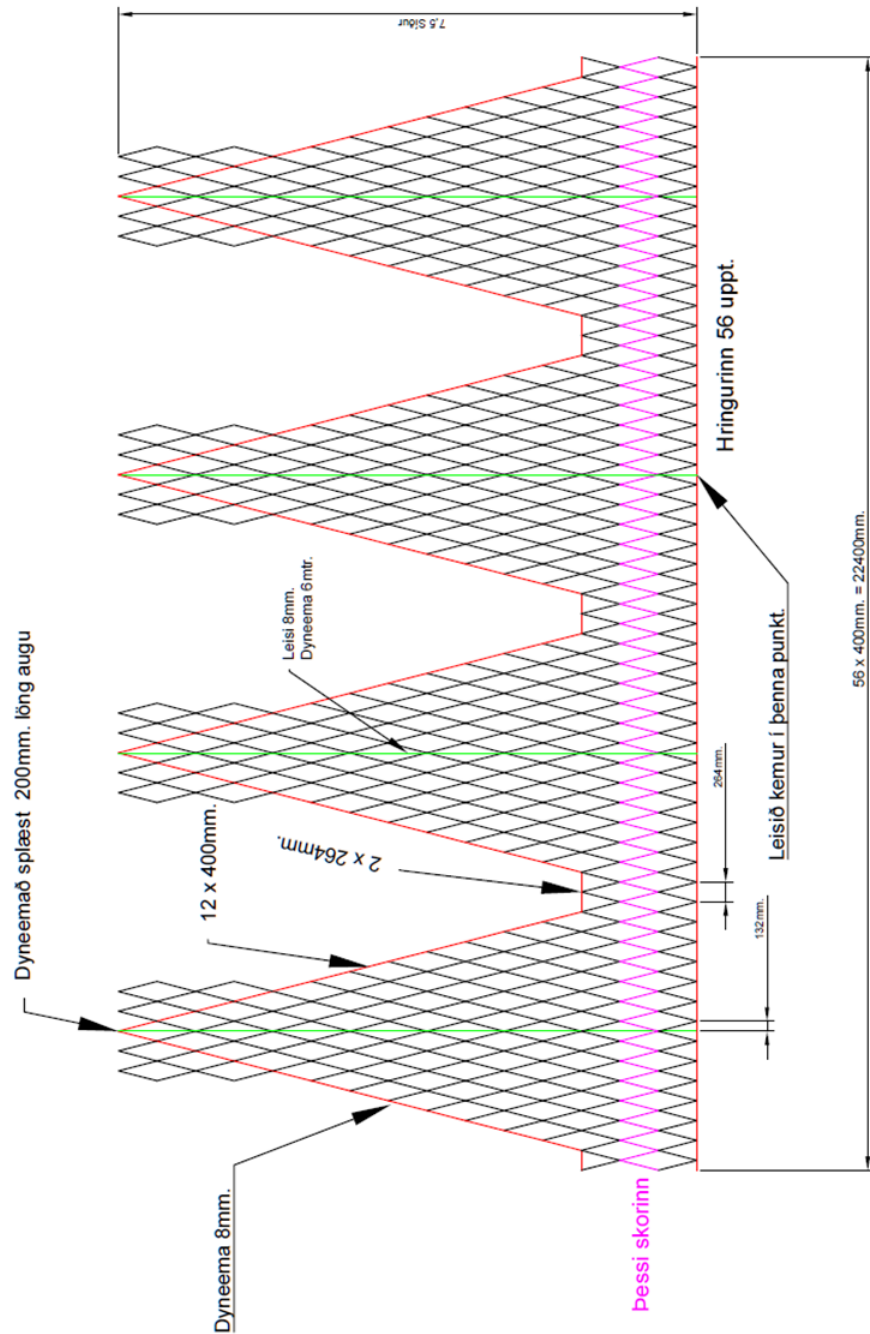
Upplýsingar um skip

Sknr.	Nafn skips	Umd. nr.	Smíðastaður	Smíðaár	Brl.	Skr. lengd
Flokkunarf.	Kallmerki	Heimahöfn	Smíðastöð		Bt.	Skr. breidd
Fyrri nafn skips			Gerð skips	Efni í bol	Nt.	Skr. dýpt
Eigandi			Aðalvél		IMO-nr.	Mesta lengd
Heimilisfang						Aflvisir
1440	VALUR	ÍS020	FÁSKRÚDSFJÖRÐUR	1975	27,37	15,60
SI	TFDZ	SÚÐAVÍK	TRÉSMÍÐJA AUSTURLANDS		25,00	4,47
VALUR			FISKISKIP	EIK	9,00	1,89
Hraðfrystihúsið - Gunnvör hf			VOLVO PENTA	árg. 1989	220 kW	17,07
Hnífsdalsbryggju 410 Hnífsdal						0,00





Vægir á litla



Hönnun: V.Strange	Dags: 08.06.2012	Tor-Net ehf.	Troll: Tor-Net Átuvarpa
Teiknað: V.Strange	HAFRÓ		Heildar-lengd: 53mtr.
TOR-NET ehf. Eyrartröð 14, 220 Hafnarfjörður, Iceland,		Tel: +354 555 7888, Fax: +354 555 7887, Email: tornet@tornet.is, www.tornet.is	

Viðauki 2. Upplýsingar um tog með ljósátuvörpu í júní og ágúst árið 2012 í Ísafjarðardjúpi. Tími gefur til kynna hvenær tog hófst. Stöðvar þar sem togað var eru merktar inn á 3. mynd

Leiðangur	St.	Dagur	Tími	Tog-tími (mín)	Tog-hraði (sjm/klst)	Tog-dýpi (m)	Afli (kg)	Tog-vega-lengd (m)	Lóðrétt opnun (m)	Lárétt opnun (m)	Síað rúm-mál (m ³)	Afli á tog-tíma (kg/klst)	Þétt-leiki átu (g/m ³)	Meðafli
isj042012	1	18.6.	15:00	30	1.50	50-100	88	1389	4.5	4.5	28127	176	3.1	Loðnuseiði
isj042012	3	18.6.	18:50	60	1.50	70-100	104	2778	4.5	4.5	56255	104	1.8	
isj042012	6	20.6.	17:32	60	1.50	80-100	180	2778	4.5	4.5	56255	180	3.2	
isj042012	7	21.6.	09:19	60	1.80	80-100	240	3333	4.5	4.5	67505	240	3.6	Loðnu- & ýsuseiði
isj042012	8	21.6.	10:46	120	1.70	100-110	343	6296	4.5	4.5	127510	172	2.7	
isj042012	10	21.6.	13:50	160	1.75	100-110	351	8642	4.5	4.5	175014	132	2	
isj042012	11	22.6.	16:20	214	1.50	100-110	379	9908	4.5	4.5	200641	106	1.9	Loðnuseiði
isj052012	6	16.8.	14:03	50	1.80	80-100	290	2778	4.5	4.5	56255	348	5.2	



HAFRANNSÓKNASTOFNUN

Rannsókn- og ráðgjafarstofnun hafs og vatna