

Hafrannsóknir nr. 181

Þættir úr vistfræði sjávar 2014

Environmental conditions in Icelandic waters 2014

Reykjavík 2015



Formáli

Foreword

Á Hafrannsóknastofnun er unnið að margvíslegum rannsóknum á vistfræði sjávar og beinast þær m.a. að því að fylgjast með langtíma-breytingum á ástandi sjávar og lífríki í yfirborðslögum. Rannsóknirnar hafa m.a. verið notaðar við umfjöllun um líklega þróun nytjastofna og eru því einn af þeim þáttum er mynda forsendur ráðgjafar stofnunarinnar um verndun og nýtingu fiskistofnanna. Allt frá árinu 1994 hefur verið greint frá helstu niðurstöðum þessara rannsókna í skýrslu um ástand sjávar og umhverfisþætti.

Skýrslan sem hér birtist fjallar um árið 2014, en einnig eru niðurstöðurnar settar í samhengi langtímaþróunar. Á tímum mikilla breytinga á hitaskilyrðum og sjógerðum við strendur Íslands eru langtíma rannsóknir af þessu tagi afar mikilvægar. Í meginráttum má segja að árið 2014 hafi hiti í efri lögum sjávar umhverfis landið verið um meðallag fyrir sunnan og vestan land en um eða yfir meðallagi fyrir norðan og austan landið.

Í lokakafla ritsins er að finna fjórar greinar um vistfræði sjávar eftir starfsmenn og samstarfsmenn stofnunarinnar, um bergmáls-mælingar ljósátu á Íslandsmiðum árin 2011-2014, nýlegar breytingar á útbreiðslu og fjölda skíðishvala við Ísland, mælingar á náttúrulegri ákomu lífræns efnis á Vestfjörðum og loks hugleiðingar um markmið og tilgang sjórannsókna.

Greinarnar í lokakaflanum eru skrifaðar undir nafni höfunda, en að öðru leyti sá sérstakur starfshópur um útgáfu skýrslunnar. Starfshópin skipa Héðinn Valdimarsson, Kristinn Guðmundsson, Sólveig Ólafsdóttir og Ástþór Gíslason, sem jafnframt er ritstjóri þessarar útgáfu. Ólafur S. Ástþórsson las yfir handritið. Er þeim öllum þökkuð vel unnin störf og einnig öðrum þeim starfsmönnum stofnunarinnar sem tekið hafa þátt í söfnun og úrvinnslu gagna, bæði á sjó og landi.

Reykjavík 5. maí 2015
Jóhann Sigurjónsson

Efnisyfirlit

Contents

Ágrip	4
<i>English summary</i>	5
1. ÁSTAND SJÁVAR OG SVIFSAMFÉLÖG	
<i>ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND PLANKTON COMMUNITIES</i>	6
2. LANGTÍMABREYTINGAR	
<i>LONG-TERM CHANGES</i>	20
3. STUTTAR GREINAR UM VISTFRÆÐI SJÁVAR	
<i>SHORT NOTES ON MARINE ECOLOGY</i>	26
Páll Reynisson og Ástþór Gíslason: Bergmálsmælingar á ljósáttu við Ísland árin 2011-2014 / Acoustic measurements of euphausiids around Iceland 2011-2014.....	26
Gísli A. Víkingsson, Teresa Silva, Bjarki Þór Elvarsson og Héðinn Valdimarsson: Nýlegar breytingar á útbreiðslu og fjölda skíðishvala við Ísland og hugsanlegir orsakavaldar / Recent changes in distribution and abundance of baleen whales in Icelandic waters and their potential causes.....	36
Sólveig R. Ólafsdóttir, Alice Benoit-Cattin og Jón Örn Pálsson: Mæling á náttúrulegri ákomu lífræns efnis í Arnarfirði, Patreksfirði og Tálknafirði / Flux of organic matter in Arnarfjörður, Patreksfjörður and Tálknafjörður.....	47
Héðinn Valdimarsson og Sólveig R. Ólafsdóttir: Almennt um tilgang og markmið sjórannsóknna við Ísland / On the purpose of hydrographic monitoring around Iceland.....	53
4. VIÐAUKI. UMHVERFISÞÆTTIR Í MAÍ-JÚNÍ 1952-2014	
<i>APPENDIX. ENVIRONMENTAL VARIABLES IN MAY-JUNE 1952-2014</i>	59

ÁGRIP

Fyrsti kafli skýrslunnar fjallar um niðurstöður rannsókna á vistfræði sjávar við Ísland árið 2014. Í honum er gerð grein fyrir ástandi sjávar, styrk næringarefna í yfirborðslögum og útbreiðslu og magni svifs við landið. Sagt er frá rannsóknum á hita og seltu á þremur árstímum en sérstök áhersla lögð á umhverfis- og vistfræðiathuganir í svokölluðum vorleiðöngrum sem farnir eru í seinni hluta maímánaðar en í þeim eru gerðar mælingar á hita- og seltu, næringarefnum og plöntu- og dýrasvifi. Þá er einnig greint frá vöktunarverkefni til að fylgjast með eiturþörungum við strendur landsins. Annar kafli skýrslunnar lýsir langtímabreytingum í hita- og seltu og dýrasvifi. Í síðasta kafla eru svo greinar um afmörkuð efni er varða vistfræði sjávar. Loks er viðaukatala með tölugildum fyrir nokkra umhverfisþætti eftir árum.

Í meginráttum má segja að árið 2014 hafi hiti í efri lögum sjávar umhverfis landið verið um meðallag fyrir sunnan og vestan land en um eða yfir meðallagi fyrir norðan og austan landið.

Um miðjan maí var vorhámark plöntusvifs yfirstaðið í innanverðum Faxaflóa, en djúpt vestur og norðvestur af landinu hafði nánast engin gróðuraukning átt sér stað. Mikill gróður mældist grunnt undan Kögri og þar voru næringarefni uppurin. Umfangsmikill gróðurflekkur mældist hins vegar yfir landgrunninu norðan landsins og austur fyrir land að Krossanessniði. Svifgróður sunnan landsins var víðast hvar í rénum og styrkur næringarefna víðast hvar lágur.

Átumagn við landið í vorleiðangri var nálægt langtímameðallagi. Á Suður- og Vesturmiðum var átumagn heldur yfir meðallagi en fyrir norðan og austan heldur undir því. Séu niðurstöðurnar um átu bornar saman við vorið 2013 kemur í ljós að átumagnið var meira en þá á flestum stöðum við landið, enda var átumagn þá undir meðallagi. Samkvæmt bergmálmælingunum var ljósátumagnið einnig meira árið 2014 en 2013, matið var um 30% hærra árið 2014.

Árið 2014 var oft varað við neyslu skelfisks í Hvalfirði vegna hættu á eitrun, þar sem tegundir af ættkvísl *Dinophysis* voru yfir viðmiðunarmörkum stærri hluta vöktunartímabilsins. Annars staðar voru sviflægar eiturþörungategundir ekki til staðar eða í það litlu magni að ekki þótti ástæða til þess að loka svæðum utan tvisvar í Breiðafirði og einu sinni í Mjóafirði eystri.

Summary

The first section of this report describes environmental monitoring in the waters around Iceland during the year 2014. The main emphasis is on research carried out during the annual spring survey during the latter part of May. The second section describes long-term trends in hydrography and zooplankton abundance, while the last section is a collection of short papers on some of the marine ecological work carried out by the Marine Research Institute.

Temperature and salinity in surface waters in 2014 was generally near average values south and west of Iceland, but near or above average off the north and east coasts.

In mid May the spring phytoplankton bloom was over in Faxaflói Bay. In the more offshore areas west and northwest of Iceland, the spring blooming had hardly begun, while close to shore off the Westfjords peninsula, vigorous growth was observed with lowering of nutrients. Substantial phytoplankton growth was observed off the north coast and in shallow waters in northeast. Off the south coast phytoplankton growth was generally decreasing.

During the latter part of May, mesozooplankton biomass around Iceland was near long-term average. Off the south and west coasts, zooplankton was slightly above average, whereas slightly below the long-term mean off the north and east coasts. During the latter part of May, mesozooplankton biomass in Icelandic surface waters was generally higher in 2014 compared to 2013. Acoustic measurements targeting macroplankton showed higher abundance of euphausiids in 2014 compared to 2013.

Monitoring of harmful algae revealed that the numbers of *Dinophysis* spp. frequently exceeded critical levels for DSP in Hvalfjörður, while much less so in other monitoring areas.

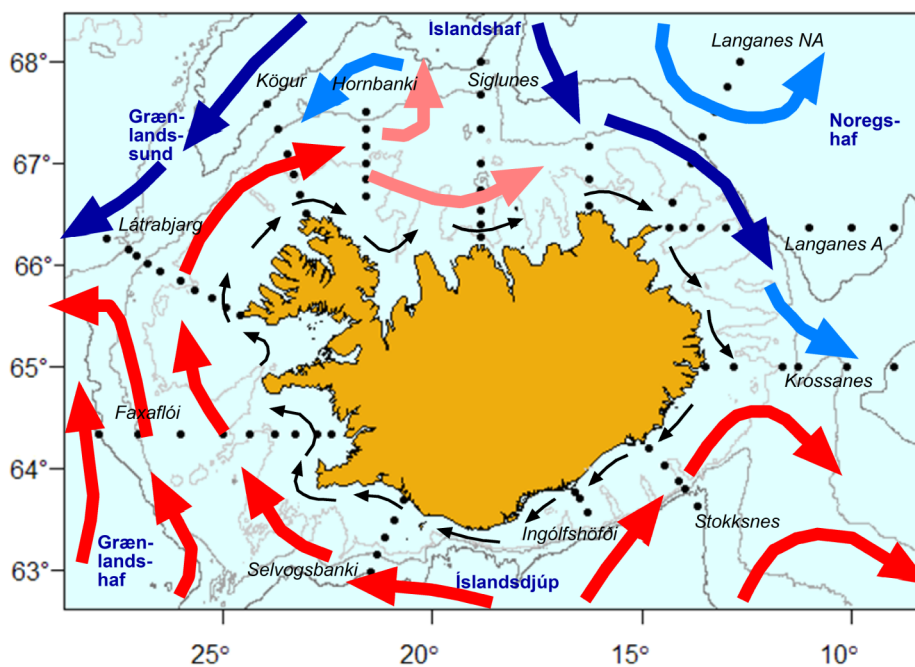
1. ÁSTAND SJÁVAR OG SVIFSAMFÉLÖG

ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND PLANKTON COMMUNITIES

Inngangur

Introduction

Ísland er á mótum tveggja neðansjávarhryggja, Mið-Atlantshafshryggjarins sem liggur eftir endilöngu Atlantshafi og Grænlands-Íslands-Skotlandshryggjarins sem liggur nokkurn veginn þvert á hann. Grænlands-Íslands-Skotlandshryggurinn hefur mikil áhrif á útbreiðslu sjógerða við landið. Þannig takmarkar hann samgang milli hlýsjávar sunnan við landið og hins kalda djúpsjávar í Íslandshafi. Í efri sjávarlögum hefur Grænlands-Íslands-Skotlandshryggurinn einnig mikil áhrif. Tiltölulega hlýr Atlantssjór er



1. mynd. Kort sem sýnir stöðvar þar sem fram fara reglubundnar mælingar og sýnatökur til sjó- og svifrannsóknna umhverfis Ísland. Dyptarlínur eru sýndar fyrir 200, 500 og 1000 m. Myndin sýnir einnig helstu yfirborðsstrauma við landið (endurteiknað eftir Héðni Valdimarssyni o.fl. 2012, ICES Journal of Marine Science, 69: 816-825). Rauðar örvar tákna tiltölulega hlýjan og saltan Atlantssjó, bláar örvar seltuminni og kaldari pól- eða svalsjó en svartar strandsjó. Minnkandi áhrif hlý- eða pólsjávar eru gefin til kynna með ljósrauðum og -bláum litum.

Figure 1. Map showing standard sections used in routine hydrographic and plankton research around Iceland. Depth contours are shown for 200, 500 and 1000 m. Also shown are the main ocean currents (adapted from Valdimarsson et al. 2012, ICES Journal of Marine Science, 69: 816-825). Red arrows: Atlantic Water; blue arrows: Polar Water or mixed water; black arrows: Coastal current. Diminishing influence of Atlantic or Polar water is indicated by light red and light blue colors, respectively.

þannig ríkjandi sjógerð fyrir sunnan land, en kaldari sjór fyrir norðan, aðallega myndaður við blöndun þess hluta hlýja Atlantssjávarins sem leggur norður fyrir land við kaldari sjógerðir fyrir norðan (1. mynd).

Vegna legu landsins á mörkum hlýrra og kaldra hafstrauma eru umhverfisaðstæður hér við land mjög breytilegar, bæði í tíma og rúmi. Þannig má segja að ástand sjávar hér við land sé tiltölulega óstöðugt, sérstaklega fyrir norðan þar sem innflæði hlýs Atlantssjávar er mjög breytilegt frá einu ári til annars. En það er einmitt þessi breytileiki sem á sinn þátt í því að íslenska hafsvæðið er eins frjósamt og raun ber vitni. Þannig stuðla bæði vindar og straumar að því að nýr forði næringarefna berst upp til efri sjávarlaga þar sem hann nýtist svifþörungunum til vaxtar. Svifþörungarnir eru svo sú undirstaða sem annað líf í sjónum hvílir á. Á hinn bóginn stuðlar þessi sami breytileiki einnig að því að sveiflur frá ári til árs í framleiðni dýrastofna hér við land geta orðið tiltölulega miklar. Af þessum sökum er mikilvægt að fylgjast vel með breytingum ár frá ári í umhverfispáttum og vexti og viðgangi dýrastofna á lægstu þrepum fæðuvefsins.

Flókið samspil margra umhverfispátta hefur áhrif á fæðuvefinn í sjónum og þar með á vöxt og viðgang nytjastofna við landið. Á hverju ári fylgist Hafrannsóknastofnun því með helstu umhverfispáttum og svifsamfélögum á Íslandsmiðum. Hér á eftir verður gerð grein fyrir niðurstöðum athugana sem gerðar voru á árinu 2014.

Á tímabilinu frá febrúar 2014 til ágúst 2014 voru hiti og selta mæld í hafinu umhverfis Ísland á þremur árstíðum. Mælt var á staðal-sniðum (1. mynd): í vetrarleiðangri í febrúar, vorleiðangri í maí og í ágúst í tengslum við straummælingar. Þetta var fyrsta árið í yfir 40 ár þar sem engar mælingar fóru fram að hausti. Styrkur næringarefna var mældur í vetrarleiðangri og vorleiðangri. Í vorleiðangri var að auki mælt magn og tegundasamsetning plöntu- og dýrasvifs. Mælingar á hita, seltu og átu fóru einnig fram í síldar- og kolmunna-leiðangri í maí og makrilleiðangri í júlí og ágúst. Gögn úr öllum þessum leiðöngrum eru notuð í yfirlitinu hér á eftir. Þá verður lýst magni eiturþörungna á völdum stöðum á grunnsævi umhverfis landið.

Hiti og selta

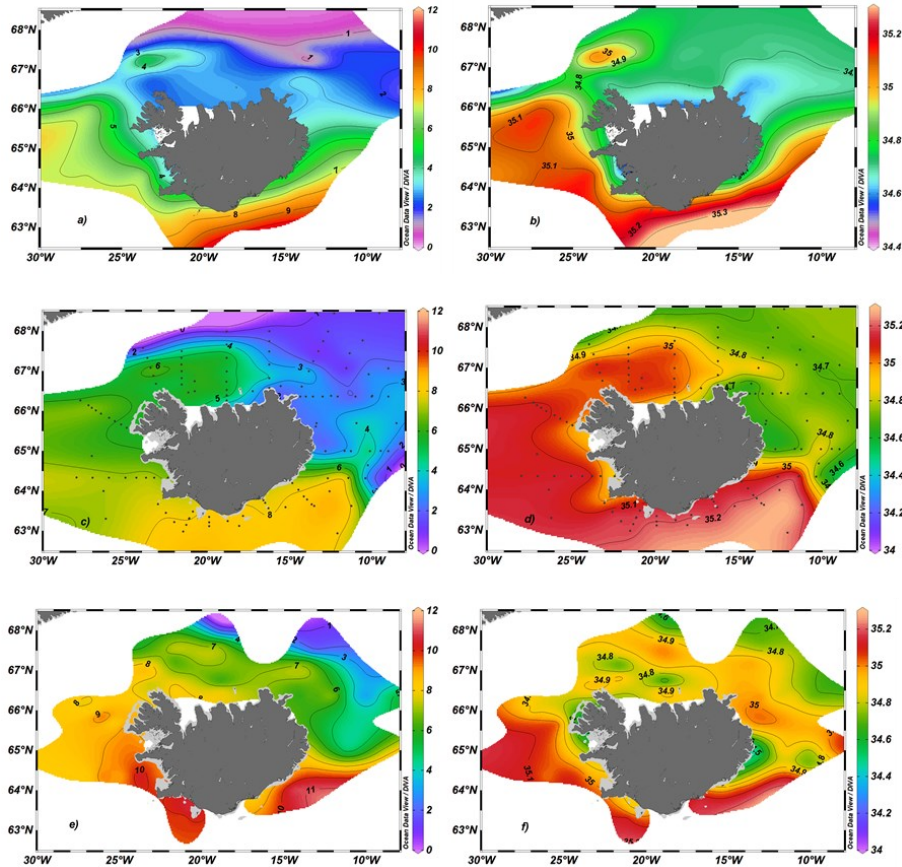
Temperature and salinity

Efri lög

Upper layers

Á árinu 2014 voru hiti og selta sjávar fyrir sunnan og vestan land um eða yfir meðallagi þess tíma sem mælingar hafa staðið en hafa lækkað nokkuð jafnt frá 2010 einkum selta. Hiti í efri lögum sjávar fyrir norðan land var framan af árinu um meðallag en yfir meðallagi seinni hluta þess. Seltan var undir langtímameðaltali í byrjun árs en hækkaði í meðallag í lok sumars. Úti fyrir Norðausturlandi var seltan lægri en verið hefur undanfarin ár en hiti seinni hluta árs í efri lögum sjávar var með því hæsta sem mælst hefur eftir 1970.

Hiti og selta í hlýsjónum sunnan og vestan við landið fóru hækkandi eftir 1995 og þar til 2003 og 2004 en þá mældist mesta útbreiðsla hlýsjávar umhverfis landið í 30 ár. Gildi lækkuðu lítillega 2005 er hafís rak inn á Norðurmið í lok vetrar. Eftir árið 2005 voru hiti og selta í hlýja sjónum sunnan og vestan við land áfram vel yfir meðallagi en hiti hafði heldur lækkað frá árunum 2003 og 2004. Útbreiðsla hlýsjávar fyrir norðan land var síðan heldur minni en þó um



2.mynd. Vinstri dálkur sýnir sjávarhita ($^{\circ}\text{C}$) og hægri dálkur seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland, í febrúar (a og b), maí (c og d) og ágúst (e og f) 2014.

Figure 2. Sea temperature ($^{\circ}\text{C}$, left panel) and salinity (right panel) at 50 m depth around Iceland in February (a and b), May (c and d) and August (e and f) 2014.

eða yfir meðalagi árin 2005 – 2007. Árin 2008, 2009 og 2010 jókst útbreiðsla hlýsjávar fyrir norðan land einkum að sumrinu og yfirborðslög voru áberandi heitari en 2007. Árin 2011 til 2014 voru hiti og selta yfir meðalagi fyrir sunnan og vestan land, höfðu þó lækkað frá áratugnum áður.

Í vetrarleiðangi í febrúar 2014 var hlýsjórinn fyrir sunnan og vestan land kaldari og ferskari en verið hefur undanfarin fimmtán ár og var nú um eða undir meðalagi heitur og saltur (2. mynd). Atlantssjavar gætti lítillega norður fyrir Vestfirði og austur á Hornbanka. Á Norðurmiðum voru hiti og selta um eða undir meðalagi þessa árstíma ($\sim 2\text{--}4^{\circ}\text{C}$, $\sim 34,7$) og hvort tveggja heldur lægra en á sama árstíma árið

áður. Hiti í Austur-Íslandsstraumi var um meðaltal, selta heldur undir því ($1-4^{\circ}\text{C}$, $\sim 34,7$).

Í vorleiðangri (maí) var Atlantsjórinn að sunnan lítillaga yfir eða í meðallagi bæði í hita og seltu (hiti $6-8^{\circ}\text{C}$ og selta $35,0-35,2$). Innflæði hlýsjávarins inn á Norðurmið hafði tekið vel við sér og gætti austur fyrir Sléttu. Hiti og selta úti fyrir Mið-Norðurlandi var um og yfir meðaltali þessa árstíma ($3-5^{\circ}\text{C}$ og $34,7-35,0$). Í Austur-Íslandsstraumi mældist hiti yfir meðallagi en selta um meðallag. Úti fyrir Austfjörðum voru sjávarhiti og selta í efri lögum sjávar nærri meðallagi þessa árstíma.

Í ágúst 2014 var hiti efri laga vestan við land áfram yfir meðaltali en lægri en verið hefur frá því fyrir 2010 og selta var sömuleiðis lægri en nærri meðallagi árstíma. Fyrir norðan land voru efri lög sjávar heldur yfir meðallagi bæði í hita og seltu. Úti fyrir Norðausturlandi í Austur-Íslandsstraumi var hiti efri laga með því hæsta sem mælst hefur síðustu fjörutíu ár en selta var hins vegar lægri en undangengin ár. Austur af landinu voru hiti og selta nærri langtímameðaltali.

Í megindráttum má segja að árið 2014 hafi hiti í efri lögum sjávar umhverfis landið verið um meðallag fyrir sunnan og vestan land en um eða yfir meðallagi fyrir norðan og austan landið. Selta var nokkuð lægri en áður umhverfis landið líkt og árið 2012 og lækkaði jafnvel heldur er leið á árið. Þessi þróun hefur verið einkennandi fyrir norðanvert Atlantshaf á árunum eftir 2011. Líkt og oft áður er ekki að finna einhlítar skýringar en líkur eru á að um samspil hringrásar andrúmsloftsins, bráðnunar íss og ferskvatnsflutnings norðan úr Ís-hafi geti verið að ræða.

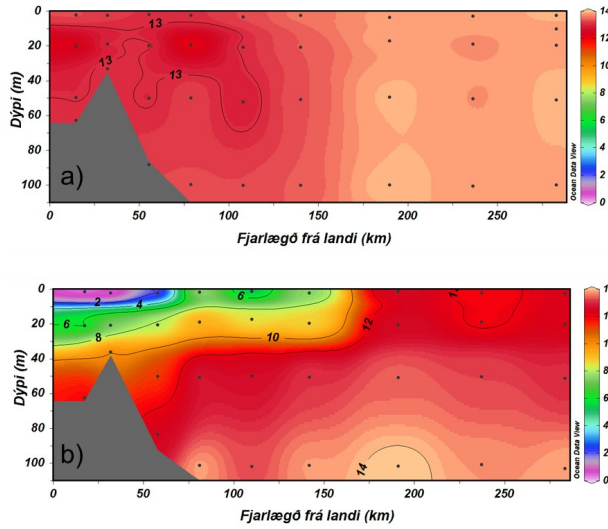
Næringarsölt

Nutrients

Styrkur næringarefna var kannaður í maí á hafsvæðinu umhverfis Ísland og einnig var gerð mæling á völdum rannsóknasniðum (1. mynd) í febrúar. Styrkur næringarefna í yfirborðslögum sjávar breytist reglulega með árstíma. Árlegt hámark er síðla vetrar þegar lóðrétt blöndun sjávarins nær langt niður í vatnsúluna og færir uppleyst næringarefni til yfirborðsins. Styrkur uppleystra næringarefna nærri yfirborði lækkar að vori þegar svifþörungur fara að vaxa.

Styrkur nitrats í efstu 100 metrunum á Faxaflóasniði 10.–11. febrúar 2014 er sýndur á 3. mynd a. Nítratstyrkur var lítið lægri nær landi heldur en á ystu stöðvunum og var að meðaltali $13,0 \mu\text{mól l}^{-1}$ á stöðvum 1–3. Yst á sniðinu var styrkurinn $13,8 \mu\text{mól l}^{-1}$ í efstu 200 metrunum á stöðvum 8–9. Á 3. mynd b er sýndur nítratstyrkur á sömu stöðvum í maí. Lækkun hafði orðið á nítratstyrk á stöð 1–6 vegna frumframleiðni. Sú lækkun var þó mest nærri landi en á ystu stöðvunum voru gildin nær óbreytt frá því sem mældist í febrúar.

Dreifing nitrats og kísils við yfirborð á rannsóknasvæðinu dagana 14.–24. maí 2014, sést á 4. mynd. Víða á grunnsævi hafði styrkur næringarefna lækkað verulega frá vetrargildum. Allnokkur lagskipting var í styrk næringarefna yfir landgrunninu einkum norðan lands og austan. Styrkur næringarefna við yfirborð í Faxaflóa var

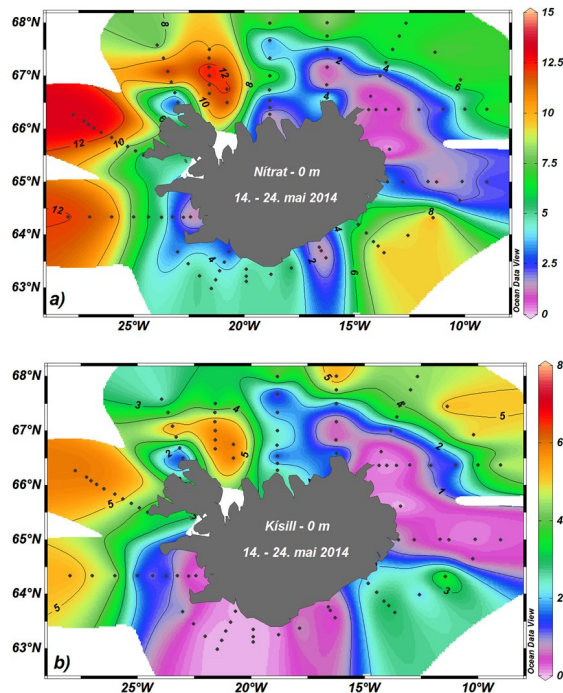


3. mynd. Lóðrétt dreifing nitrats ($\mu\text{mol l}^{-1}$) á Faxaflóasniði 10.–11. febrúar (a) og 14.–15. maí (b) 2014.

Figure 3. Vertical profiles of nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) on the Faxaflói section 10-11 February (a) and 14-15 May (b) 2014.

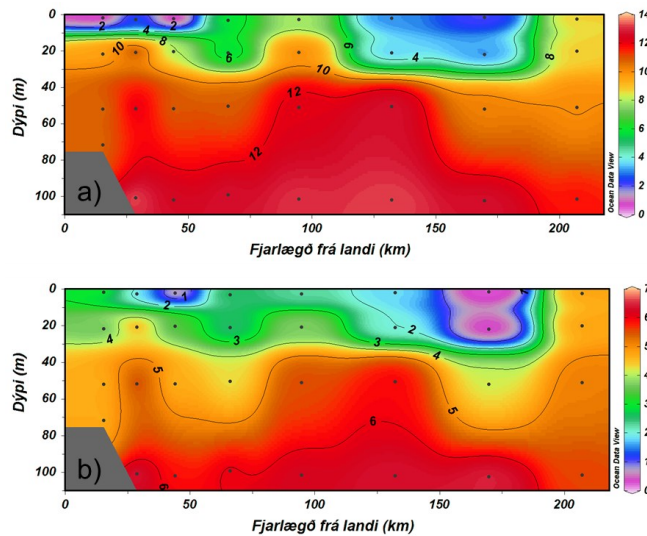
lágur en djúpt úti af flóanum og út fyrir landgrunnsbrún var styrkuinn nær óbreyttur frá vetrargildum. Vestur af landinu hafði styrkur næringarefna lækkað lítillega en vorblómi svifþörungna var ekki afstaðinn þar. Úti fyrir Norðurlandi og allt austur að Krossanesniði var styrkur næringarefna í efstu metrum sjávar orðinn mjög lágur og ljóst að mikill blómi svifþörungna hafði þegar orðið á þeim slóðum. Suðaustan lands var styrkurinn hins vegar enn all hár.

Úti fyrir Suðurlandi hafði hins vegar orðið töluverð lækkun á styrk næringarefna en þar var þó til staðar töluvert köfnunarefni sem gat staðið undir miklum vexti svifþörungna til viðbótar (4. mynd). Sú lækkun sem mældist á styrk kísils í yfirborðslögum norðan og sunnan lands fylgdi vel lækkun á níttratstyrk, sem bendir til þess að kísilþörungar hafi staðið fyrir stórum hluta vorblómans þar.



4. mynd. Styrkur næringarefna við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland 14.–24. maí 2014, níttrat (NO_3 , $\mu\text{mol l}^{-1}$) (a) og kísill (Si , $\mu\text{mol l}^{-1}$) (b).

Figure 4. Nutrient concentrations at the surface in Icelandic waters 14-24 May 2014, nitrate (NO_3 , $\mu\text{mol l}^{-1}$) (a) and silicate (Si , $\mu\text{mol l}^{-1}$) (b).



5. mynd. Lóðrétt dreifing nitrats ($\mu\text{mol l}^{-1}$) (a) og kísils ($\mu\text{mol l}^{-1}$) (b) á Siglunessniði 17.–18. maí 2014.

Figure 5. Vertical profiles of nitrate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) (a) and silicate ($\mu\text{mol l}^{-1}$) (b) on the Siglunes section 17–18 May 2014.

Dreifing nitrats og kísils frá yfirborði og niður á 100 m dýpi á Siglunessniði í maí er sýnd á 5. mynd. Verulegur blómi hafði orðið næst landi sem og á ytri hluta sniðsins.

Svifpörungar

Phytoplankton

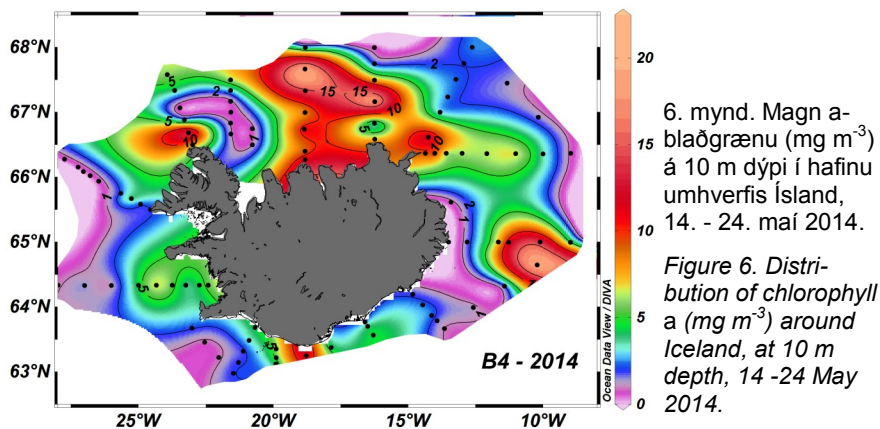
Á 6. mynd er sýnd dreifing blaðgrænu á 10 metra dýpi samkvæmt niðurstöðum mælinga á sjósýnum frá seinni hluta maí. Gera má ráð fyrir að magn blaðgrænu standi í réttu hlutfalli við lífmassa svifpörunga og að þegar aðstæður eru ákjósanlegar fyrir vöxt svifpörunga safnist megnið af frumframleiðslunni fyrir í yfirborðslögum sjávar, nema það sé étið af svifdýrum eða hripi til botns.

Niðurstöður mælinga til margra ára sýna að á þessum árstíma má vænta þess að í sjó við Ísland sé oftast en ekki 20 – 30 metra djúpt og uppblandað yfirborðslag, sem liggur ofan á eðlisþyngri sjó. Styrkur uppleystra næringarefna í yfirborðslaginu lækkar í takt við vöxt gróðursins og því má sjá, með því að rýna bæði í dreifingu blaðgrænu og fyrrgreinda dreifingu á styrk næringarefna (4. mynd), hvar vænta má gróðuraukningar og hvar gera má ráð fyrir að dragi úr vexti svifgróðurs vegna skorts á næringarefnum.

Í samræmi við framangreint sést að hámark vorblóma var yfirstaðið í innanverðum Faxaflóa í upphafi leiðangurs um miðjan maí, og að nánast engin gróðuraukning hafði átt sér stað djúpt út af Faxaflóa og á utanverðu Látrabjargssniði (6. mynd). Mikill gróður mældist grunnt undan Kögri og þar voru næringarefni uppurin, meðan gróður var rýr í næringaríkum sjó á miðju sniðinu og sömuleiðis á flestum stöðvum á Hornbanka- og Húnaflásniðum. Umfangsmikill gróurflekkur mældist hins vegar á Siglunessniði og austur um Sléttusnið að grynstu stöðvum við Langanesið. Þaðan teygði flekkurinn sig til austurs og suðurs yfir utanvert Krossanessnið. Á framangreindum slóðum höfum við hitt nánast á vorhámark ársins. Hins vegar var svifgróður víðast hvar í rénum

sunnan landsins eins og sjá má af litlum styrk næringarefna þar, ef undan er skilinn geiri til suðausturs út af Stokksnesi.

Framvindu gróðurs við landið má líka ráða af breytingum í magni blaðgrænu við yfirborð, sem t.d. bandaríska geimferðastofnunin NASA safnar. Á 7. mynd eru sýnd átta daga meðaltöl frá fjarnemanum MODIS-Aqua frá síðustu viku í apríl til fyrstu viku í júní. Greinilegt er að gróður eykst fyrst meðfram ströndum og inn á

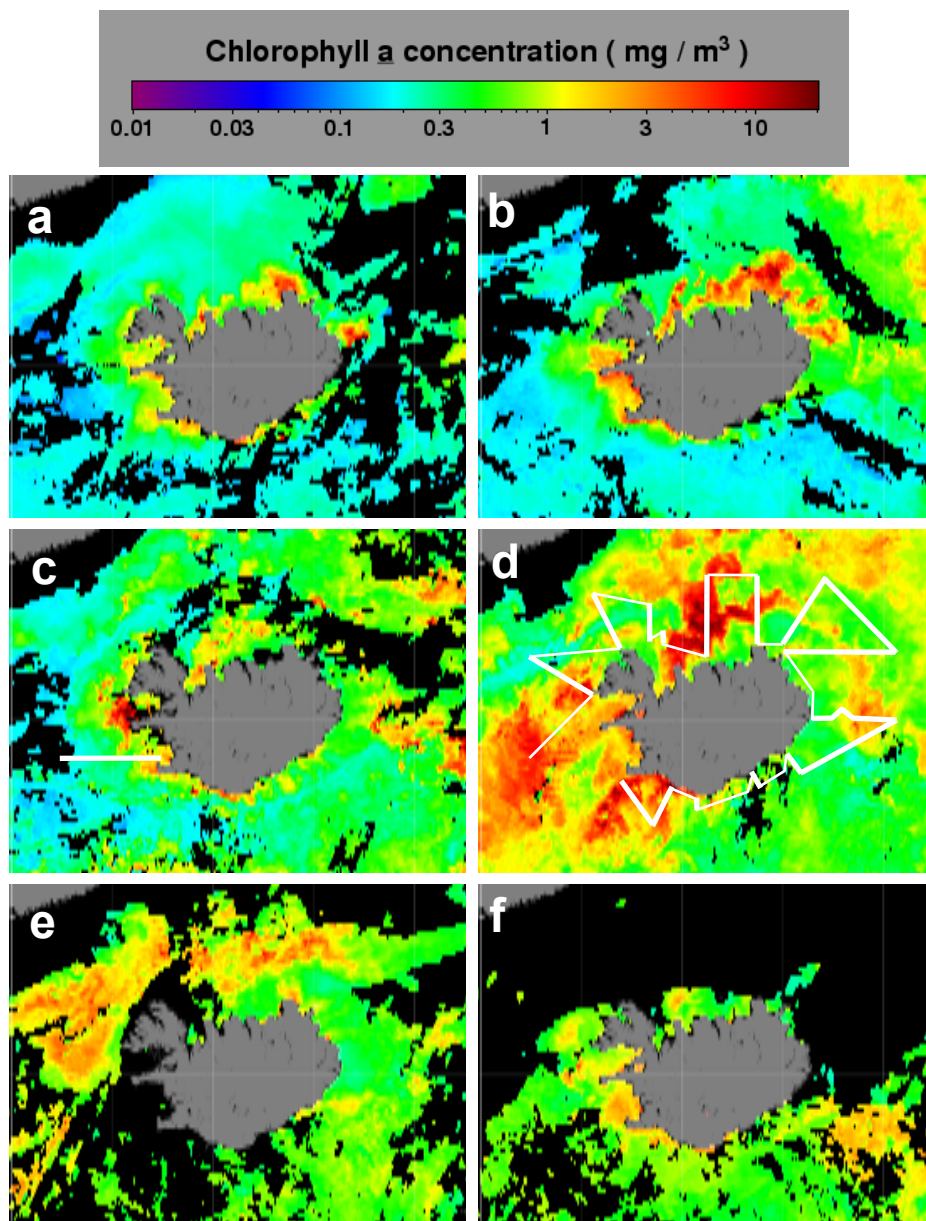


fjörðum og flóum. Framan af maí er áberandi meiri gróður yfir landgrunninu en utan þess. Þá má sjá að í hafinu norðan og austan landsins verða ákjósanleg vaxtarskilyrði fyrir svifgróður fyrr á árinu miðað við hafið suður og vestur af landinu. Gera má ráð fyrir að framvindan, eins og hún birtist á þessum tíma, ráðist fyrst og fremst af dreifingu yfirborðssjárvar með hlutfallslega lágrí seltu. Um miðjan maí, á þeim tíma sem árlegur vorleiðangur stofnunarinnar er farinn (sbr. leiðarlínur rannsóknaskips á 7. mynd c og d fyrir árið 2014), er einmitt að myndast stöðugt hitaskiptalag og þá nær gróðurinn í hafinu umhverfis landið gjarnan hámarki yfir gróðurtímabilið, eins og 7. mynd d ber með sér. Áberandi er hve hratt gróðurinn bregst við þegar aðstæður verða hagstæðar, og vorblóminn stendur stutt þegar gróðurinn vex við góð skilyrði, enda verður styrku næringarefna fljótt takmarkandi fyrir vöxtinn. Dýrasvif situr svo um að nýta sér þessa árlegu gróðursúpu.

Dýrasvif

Zooplankton

Árið 2014 var magn og útbreiðsla átu könnuð í síldar- og kolmunna-leiðangri (7.-20. maí), vorleiðangri (14.-24. maí) og makrilleiðangri (11. júlí - 11. ágúst). Í síldar- og kolmunna-leiðangrinum var megináherslan lögð á að rannsaka átumagn í Austurdjúpi en í vor- og makrilleiðöngnum voru tekin sýni allt umhverfis landið. Í makrilleiðangrinum var auk þess Grænlandshaf kannað allt suður fyrir Hvarf. Rannsóknirnar eru liður í umhverfisvöktun Íslandsmiða og stefna auk þess að því að auka skilning okkar á tengslum umhverfisþátta og svifs við vöxt og viðgang fiskistofnanna við landið.

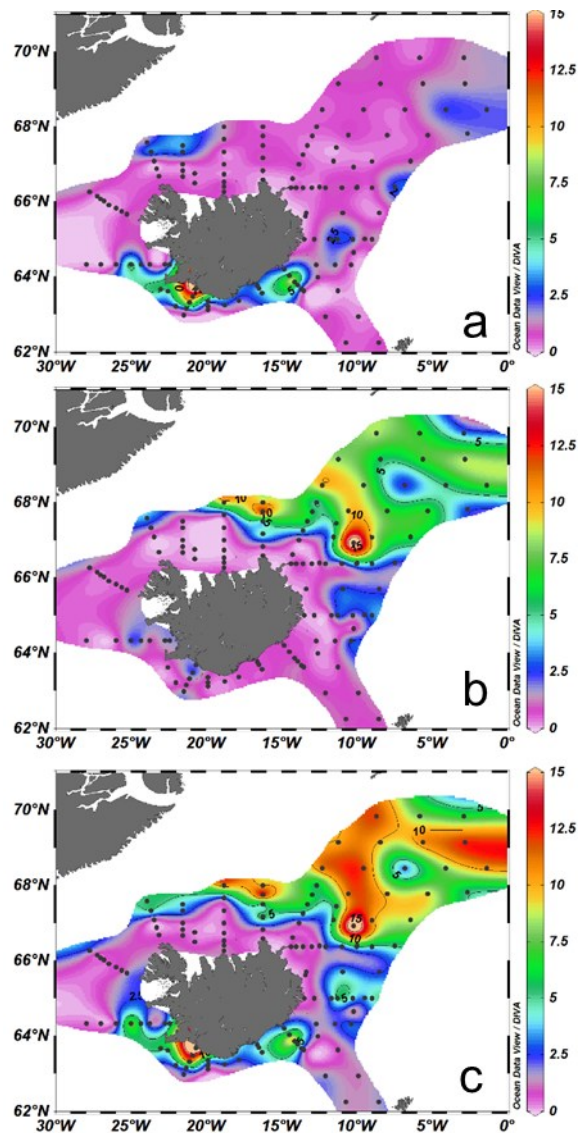


7. mynd. Framvinda gróðurs í hafinu umhverfis Ísland vorið 2014, skv. breytingum á magni a-blaðgrænu við yfirborð sjávar (MODIS Aqua gervihnattagögn), skráð meðaltöl fyrir átta daga í senn frá lokum apríl (a) og til fyrstu viku í júní (f). Leiðarlinur rannsóknaskips er sýnd með hvítum strikum á mynd c og d. Lönd eru lituð grá, en svart þekur svæði sem ýmist eru hulin ís- eða skýjum. Fjarmælingarnar eru sóttar af vefsvæðinu <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3> og birtar með góðfúslegu leyfi NASA.

Figure 7. Development of phytoplankton spring bloom around Iceland 2014, according to remote sensing of the changes in surface chlorophyll a concentrations (MODIS Aqua) averaged for every 8 days from late April (a) to early June (f). Landmasses are grey and the black areas are covered by ice or clouds. The maps were downloaded from <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/cgi/l3>, and published, with the courtesy of NASA.

Í öllum þessum leiðöngrum er sýnataka sambærileg, sýnum safnað úr yfirborðslögum (0-50 m) með fínriðnum háfum (WP2, 200 μ) og sýnin stærðarflokkuð um borð með 1 mm sigtum. Það sem fer í gegnum sigtin eru aðallega smávaxnari svifdýr, eins og smákrabbaflær, ungstig rauðátu, hrúðurkarlalirfur og sjávarflær, en það sem verður eftir eru einkum tiltölulega stórar krabbaflær t.d. eldri þroskastig rauðátu og póláta en einnig ungstig ljósátu og marflóa. Sýnin eru ýmist varðveitt í formalíni til síðari greiningar í landi eða þau fryst og þurrvigt átunnar mæld í landi strax að afloknum leiðöng-
rum.

Í vorleiðangri var að auki magn og útbreiðsla ljósátu mæld með bergmálsaðferð, en m.a. vegna þess hversu auðveldlega ljósáta nær að forðast háfa þá gefur hefðbundin sýntaka með fínriðnum háfum úr yfirborðslögum aðeins mjög takmarkaðar upplýsingar um magn og útbreiðslu hennar. Því þarf að beita öðrum ráðum, eins og



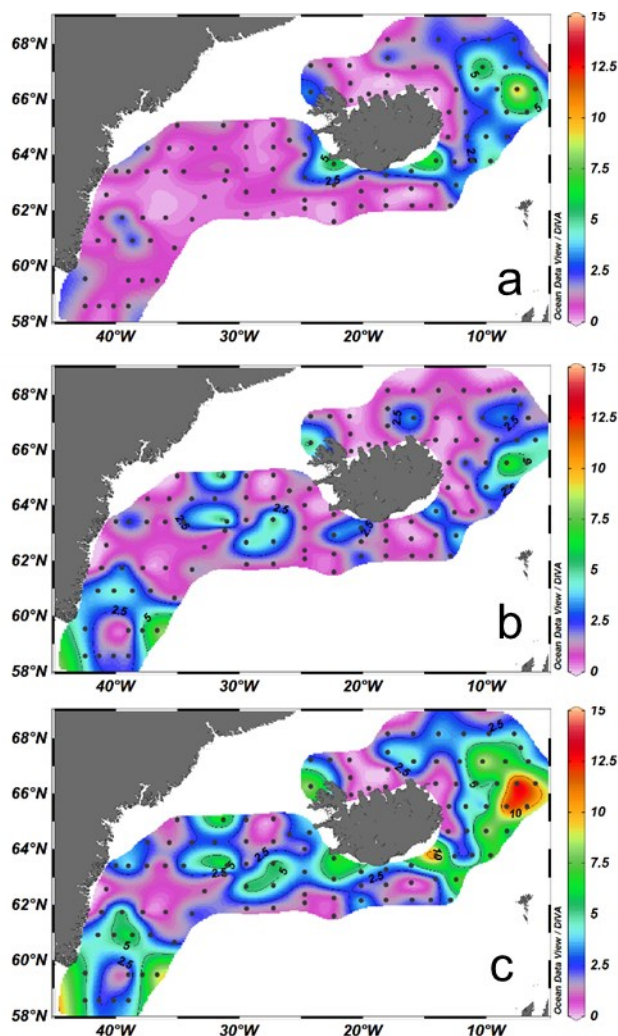
8. mynd. Útbreiðsla dýrasvífs í yfirborðslögum (g þurrvigt m^{-2} , 0-50 m) í hafinu við Ísland og í Austurdjúpi 7.-24. maí 2014; smærri áta (fer í gegnum 1000 μ síu, a), stærri áta (verður eftir á 1000 μ síu, b) og heild (c).

Figure 8. Zooplankton distribution (g dry weight m^{-2} , 0-50 m) in the sea around Iceland during 7-24 May 2014, divided into $<1000 \mu$ (a), $>1000 \mu$ (b) size classes and total (c).

bergmálsmælingum, við rannsóknir á útbreiðslu ljósátu. Bergmáls-gögnin voru að mestu túlkuð og greind jafnóðum um borð í rannsóknaskipi.

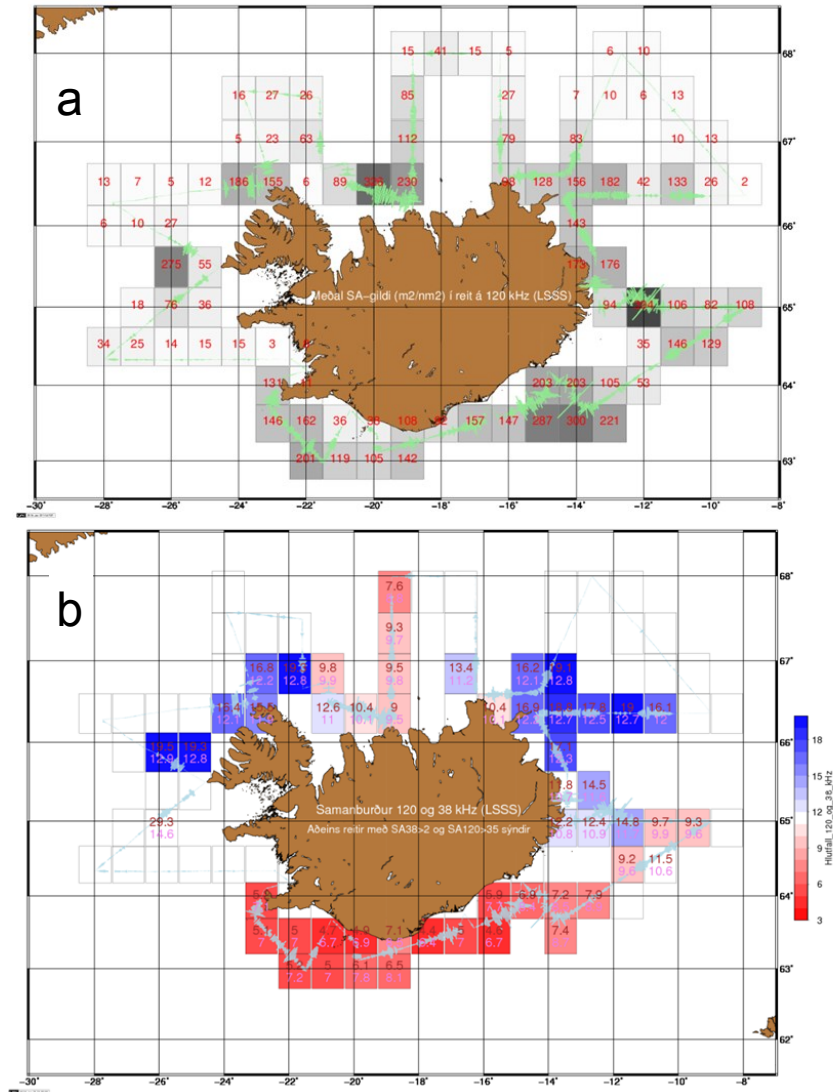
Á 8. mynd eru sýnd samantekin gögn úr síldar- og kolmunna-leiðangrinum og vorleiðangri. Myndin sýnir því útbreiðslu átu í yfirborðslögum maí. Heildarátumagnið var mikið á grunnmiðum fyrir sunnan land, einkum út af Stokksnesi og á Selvogsbanka (8. mynd a), en þar voru smáar átutegundir áberandi í sýnunum (8. mynd a), svo sem ungstig rauðátu og hrúðurkarlalifur. Á djúpslóð fyrir norðan og norðaustan land og í Austurdjúpi fannst einnig mikið af átu (8 mynd c), en þar voru stórar átutegundir eins og póláta og eldri þroskastig rauðáta áberandi í flestum sýnum (8. mynd b) sem er í samræmi við rannsóknir fyrri ára.

Þegar komið var fram í júlí og ágúst hafði dregið úr átumagni í yfirborðslögum norðaustur af landinu, en átumagn hélst þó enn hátt í Austurdjúpi (9. mynd a). Eins og í maí fannst talsvert af átu út af Stokksnesi og á Selvogsbanka, einkum smávaxnari átuhópum (9. mynd b). Í Grænlandshafi var útbreiðslan blettótt. Eins og um vorið var rauðáta algengasta tegundin.



9. mynd. Útbreiðsla dýrasvifs í yfirborðslögum (g þurrvigt m^{-2} , 0-50 m) í hafinu við Ísland og í Grænlandshafi 11. júlí – 11. ágúst 2014; smærri áta (fer í gegnum 1000μ síu, a), stærri áta (verður eftir á 1000μ síu, b) og heild (c).

Figure 9. Zoo-plankton distribution (g dry weight m^{-2} , 0-50 m) in the sea around Iceland and in the Irminger Sea during 11 July – 1 August 2014, divided into $<1000 \mu$ (a), $>1000 \mu$ (b) size classes and total (c).



10. mynd. Bergmálmælingar á ljósátu í vorleiðangri 14.-24. maí 2014. Útbreiðsla ljósátu í vorleiðangri samkvæmt bergmálmælingum (a) og munur 120 og 38 kílóríða endurvarps af ljósátu (b). Í (a) tákna tölurnar í reitunum meðalendurvarp ljósátu á 120 kílóríðum innan þeirra og er meðalendurvarpið einnig sýnt með gráskala, því dekkri sem reitirnir eru því meiri er þéttleiki ljósátu. Leiðarlínur koma fram ljósgrænar og þverstrikin á þeim gefa til kynna meðalendurvarp á hverri sigldri sjómílu. Í (b) gefur efri talan innan hvers reits til kynna hlutfall endurvarps á 120 og 38 kHz og sú neðri gefur muninn upp í decibelum. Því blárrí sem reitirnir eru því meiri munur er á endurvarpi tíðnanna (og dýin því sennilega minni), og því rauðari því minni munur (stærri dýr). Leiðarlínur og meðalendurvarp eru hér sýnt ljósblátt. Reitir með lágu endurvarpi eru ekki sýndir vegna hugsanlegra þröskuldaáhrifa.

Figure 10. Acoustic registrations of euphausiid abundance during 14–24 May 2014. Distribution according to backscattering scrutinized as euphausiids (a) and difference in 120 and 38 kHz backscattering from euphausiids (b). The numbers in the subareas indicate difference in backscattering strength between these two frequencies as proportional values upper numbers) and in decibels (lower numbers). The color shading indicates the proportional difference from red (small difference) to blue (large difference). Subareas with below certain backscattering values are not included due to possible threshold effects.

Bergmálsmælingar á ljósátu í vorleiðangri (14.-24. maí) leiddu í ljós að þéttleikinn var yfirleitt mestur í álum og dýpum nálægt landi (10. mynd a). Fyrir vestan landið var þéttleikinn þannig mestur í Víkurál, fyrir norðan í Skagafjarðardýpi, og fyrir austan í Norðjarðardýpi. Fyrir suðaustan var mikið af ljósátu í Lónsdýpi og Hornafjarðardýpi. Þá fannst talsvert af ljósátu austarlega í Grindavíkurdýpi.

Samanburður á endurvarpi á mismunandi tíðnum (38 og 120 kHz) má nota til að áætla hlutfallslegar stærðir ljósátunnar. Ætla má að munur endurvarps sé því meiri sem dýrin eru smærri. Munur á endurvarpi ljósátunnar á 38 og 120 kHz reyndist meiri fyrir norðan land en sunnan (10 mynd b), sem bendir því til að einstaklingarnir þar séu almennt smærri en fyrir sunnan. Þetta er í samræmi við niðurstöður fyrri rannsókna um að fyrir norðan sé tiltölulega meira af smávöxnum ljósátutegundum (aungsíli, *Thysanoessa inermis* og kríli, *T. longicaudata*) en fyrir sunnan (náttlampi, *Meganocytiphanes norvegica*).

Þegar á heildina er litið var átumagn í yfirborðslögum við landið í vorleiðangri nálægt langtímameðallagi. Á Suður- og Vesturmiðum var átumagn heldur yfir meðallagi en fyrir norðan og austan heldur undir því. Séu niðurstöðurnar um átu í yfirborðslögum bornar saman við vorið 2013 kemur í ljós að átumagnið var meira en þá á flestum stöðum við landið, enda var átumagn þá undir meðallagi. Samkvæmt bergmálsmælingunum var ljósátumagnið einnig meira árið 2014 en 2013, matið var um 30% hærra árið 2014.

Ljósáta hefur verið mæld með bergmálsaðferð í vorleiðöngurum frá árinu 2011. Ljósátumagnið á Íslandsmiðum vorið 2014 var yfir meðaltali þeirra fjögurra ára sem mælingar ná nú til (2011-2014).

Vöktun eiturpörunga

Harmful algae

Reglubundinni vöktun eiturpörunga var sinnt á fimm stöðum við landið svipað og verið hefur frá árinu 2005 (11. mynd). Vöktunin tekur breytingum frá ári til árs háð því hvar veiðar, ræktun og uppskera skelfisks á sér stað og hvar helst er verið að tína krækling. Vöktunin er eins og áður samvinnuverkefni Matvælastofnunar, Haf-rannsóknastofnunar og skelfisksræktenda. Í ár bárust sýni frá eftirtöldum stöðum:

Stakksfjörður	11. janúar - 15. desember	16 sýni
Hvalfjörður	19. janúar - 6. nóvember	19 sýni
Breiðafjörður	24. febrúar - 3. nóvember	22 sýni
Króksfjarðarnes	25. febrúar - 18. nóvember	17 sýni
Þistilfjörður	15. janúar - 22. desember	6 sýni
<i>Samtals</i>		<i>80 sýni</i>

Auk þessara staða barst eitt sýni frá Steingrímsfirði sem tekið var 25. janúar og eitt sýni frá Mjóafirði eystri frá 5. ágúst. Engir eiturpörungar voru í sýninu frá Steingrímsfirði, en tegundir af ættkvíslum *Alexandrium* og *Dinophysis* voru yfir viðmiðunarmörkum í Mjóafirði eystri og því var varað við hættu á PSP og DSP eitrunum þar (tafla 1).



11. mynd. Sýnatöku-
staðir vegna vöktunar
eiturbörunga árið 2014.

Figure 11. Sampling
areas for monitoring of
harmful algae 2014.

Á hverjum stað eru tekin tvö svifþörungasýni, háfsýni sem notað er við greiningar á tegundum og talningasýni sem notað er til að meta þéttleika eiturbörunga ef þeir finnast í háfsýninu. Sýnin eru send Hafrannsóknastofnun svo fljótt sem auðið er til greininga. Fyrst er háfsýnið skoðað undir smásjá og allar tegundir sem finnast skráðar. Ef í sýninu finnast tegundir sem valdið geta skelfiskeitrun er sett upp talningasýni eftir svonefndri Ütermöhl aðferð og þéttleiki eitruðu tegundanna metinn (Hasle 1978, The inverted microscope method (settlung). Í A. Sournia (ritstj.), Phytoplankton manual, UNESCO, Paris, s. 88-96). Yfirleitt eru frumur taldar úr 50 ml hlutsýni en ef þéttleiki eiturbörunga er mikill er látið nægja að telja og greina úr 10 eða 25 ml hlutsýnum. Eingöngu eru taldir svifþörungur sem geta valdið því að skelfiskur verður hættulegur til neyslu. Þegar talað eru um þéttleika eiturbörunga hér á eftir er átt við fjölda fruma í lítra.

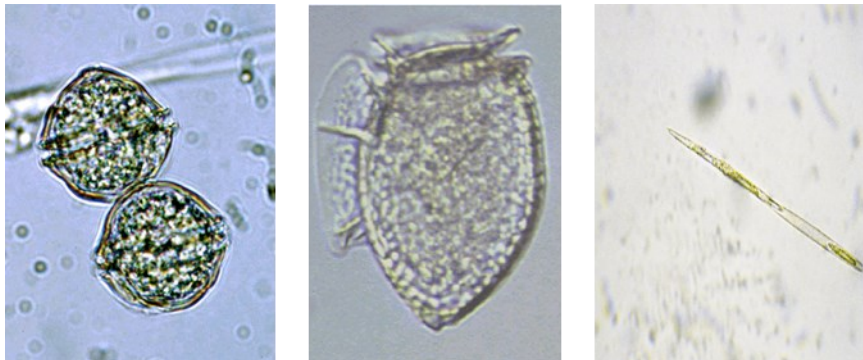
Þær ættkvíslir svifþörunga sem geta myndað eitur og algengastar eru hér við land eru:

- *Alexandrium* sem geta myndað PSP-eitur (Paralytic Shellfish Poisoning)
- *Dinophysis* sem geta myndað DSP-eitur (Diarrhetic Shellfish Poisoning)
- *Pseudonitzschia* sem geta myndað ASP-eitur (Amnesic Shellfish Poisoning)

Við skoðun sýnanna er leitað eftir öllum hópum og tegundum sem þekktar eru sem eiturmyndandi og hugsanlega geta fundist í sjónum við Ísland. Á 12. mynd eru sýndar algengar tegundir svifþörunga sem finnast í svifinu við Ísland og geta myndað eitur.

Niðurstöður greininga og talninga eiturbörunga voru settar jafnóðum inn á heimasíðu vöktunarinnar (www.hafro.is/voktun) og þar mátti fylgjast með því hvort eiturbörungar fundust á viðkomandi svæðum. Ef þéttleiki eiturbörunga fór yfir tiltekin viðmiðunarmörk var varað við neyslu skelfisks á svæðinu (sjá töflu um viðmiðunarmörk á heimasíðu vöktunarinnar, www.hafro.is/voktun/vidmid).

Í töflu 1 má sjá að árið 2014 var oft varað við neyslu skelfisks í Hvalfirði vegna hættu á eitrun, þar sem tegundir af ættkvísl *Dinophysis* voru yfir viðmiðunarmörkum stærri hluta vöktunartímabilsins.



12. mynd. Algengar tegundir svifþörungur í sjónum við Ísland sem geta myndað eitur, *Alexandrium tamarensis* (til vinstri), *Dinophysis acuminata* (í miðju), *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (til hægri).

Figure 12. Common potentially toxic phytoplankton species in the coastal waters around Iceland, *Alexandrium tamarensis* (left), *Dinophysis acuminata* (middle), *Pseudonitzschia pseudodelicatissima* (right).

Annars staðar voru sviflægar eiturbörungategundir ekki til staðar eða í það litlu magni að ekki var ástæða til þess að loka svæðum utan tvisvar í Breiðafirði og einu sinni í Mjóafirði eystri.

Umsjón og ábyrgð með verkefninu hefur Matvælastofnun, en Haf-rannsóknastofnun hefur umsjón með sýnatökubúnaði, móttöku sýna, tegundagreiningu svifþörungur og talningu á eiturbörungum ásamt því að halda úti heimasíðu vöktunarinnar á www.hafro.is/voktun, þar sem hagsmunaaðilar og almenningur geta fylgst með ástandi þeirra svæða sem vöktuð eru hverju sinni.

Tafla 1. Ástand á vöktunarsvæðunum út frá talningum eiturbörunga árið 2014.

Table 1. The status of monitoring areas from toxic algae cell counts in 2014.

2014	13-19/1	20-26/1	27/1-2/2	3-9/2	10-16/2	17-23/2	24/2-2/3	mars	apríl	maí	2-8/6	9-15/6	16-22/6	23-29/6	30/6-6/7	7-13/7	14-20/7	21-27/7	28/7-3/8	4-10/8	11-17/8	18-24/8	25-31/8	1-7/9	8-14/9	15-21/9	22-28/9	október	november	desember	
Stakksfjörður																															
Hvalfjörður	D	D				D						DA	D		D					D		D	D	D	D		D				
Breiðafj./Stykkish.													AP									P									
Króksfjarðarnes																															
Steingrímsfjörður																															
Þistilfjörður																															
Mjóafjörður eystri																				DP											

■ Ekki talin hættu á skelfiskeitrun á svæðinu
D Varað við hættu á DSP-eitrun í skelfiski (Diarrhetic Shellfish Poisoning)
P Varað við hættu á PSP-eitrun í skelfiski (Paralytic Shellfish Poisoning)
A Varað við hættu á ASP-eitrun í skelfiski (Amnestic Shellfish Poisoning)
 Sýnasöfnun ekki hafin/ lokið, eða sýni vantar.

Matvælastofnun hefur umsjón með eiturmælingum í skelfiski, en til þess að markaðsetja skelfisk verður hann að bera auðkennismerki stofnunarinnar, sem er staðfesting á því að framleiðslan sé undir eftirliti hennar, að eiturbörungar séu vaktaðir og að mælingar á þörungaeitri hafi verið gerðar. Niðurstöður mælinganna eru birtar á heimasíðu Matvælastofnunar.

2. LANGTÍMABREYTINGAR

LONG-TERM CHANGES

Hiti og selta

Temperature and salinity

Niðurstöður mælinga á hita og seltu sjávar (1. kafli) sýna ríkjandi ástand, en með endurteknum mælingum á sama stað og samanturði við niðurstöður fyrri ára má skoða breytingar frá einu ári til annars í ljósi sjógerða og orkuskipta lofts og lagar.

Hiti og selta á Selvogsbanka

Temperature and salinity at Selvogsbanki

Í hlýja sjónum utan við landgrunnsbrún sunnan Selvogsbanka eru umhverfisaðstæður stöðugri en víðast hvar annars staðar við landið. Þar skiptast á tímabil með seltu hærri eða lægri en 35,15 (13. mynd). Seltan þar var tiltölulega lág á árunum 1974-1978, 1985-1988 og svo aftur 1992-1995. Lægri seltu á Selvogsbanka fylgir jafnan lægra hitastig. Árið 1996 fór selta vaxandi í hlýja sjónum á Selvogsbanka og árin 1997-99 jókst seltan enn frekar og var jafnvel hærri en mælst hafði síðan fyrir hafísárin á sjöunda áratugnum (>35,20). Árið 1998 náði seltan hámarki (35,25), síðan lækkaði hún nokkuð en hækkaði aftur 2002 og 2003 í það sama og hún var 1998. Árið 2004 hélst selta áfram há og vorið 2005 mældist hæsta selta miðað við síðustu þrjátíu árin þar á undan. Lækkaði þó nokkuð þegar leið á árið. Selta og hiti voru þó áfram há fyrir sunnan landið árin 2006 til 2008. Vorið 2009 mældist þarna næst hæsta selta síðustu 40 árin, litlu lægri vorið 2010 en lækkaði síðan vorin 2011 til 2014 og var nú sú lægsta frá því 1996. Þessar breytingar á seltu hafa sést víðar á Norður-Atlantshaf árin eftir 2010.

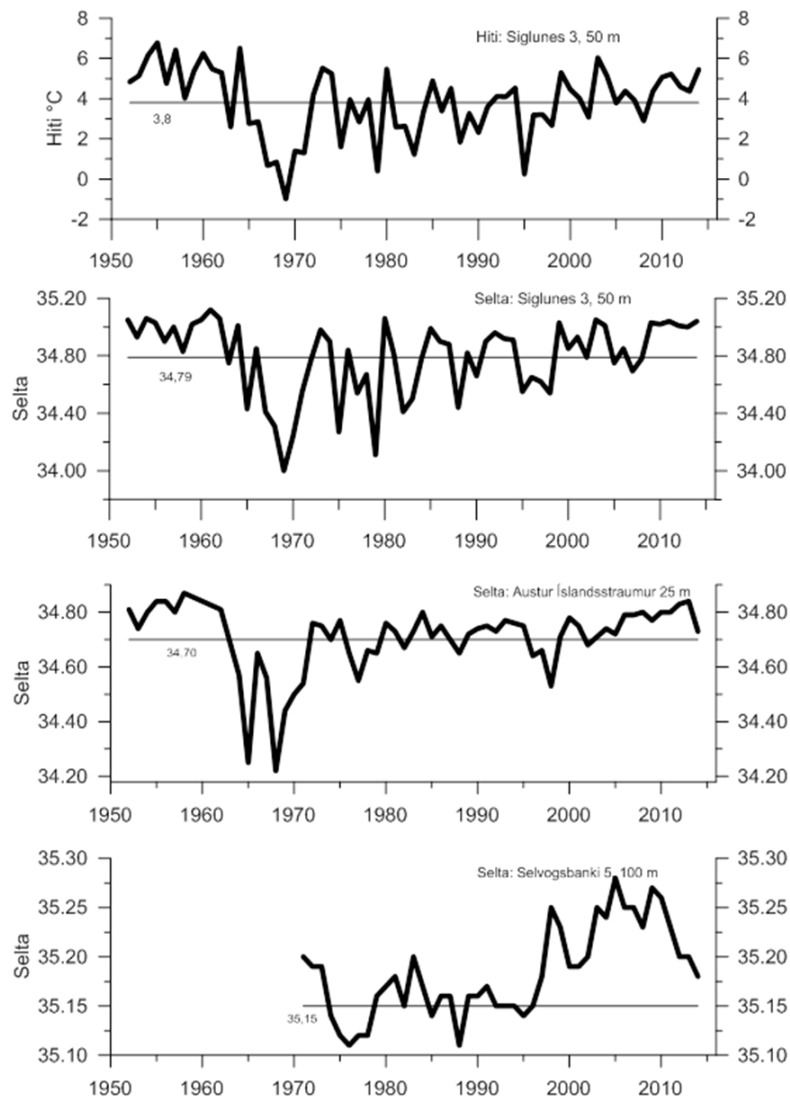
Seltusveiflurnar í hlýja sjónum suður af landinu tengjast orkuskiptum hafs og lofts á stærri skala og breytingum sem verða í hringrás hafstrauma í Norður-Atlantshafi og í Norðurhöfum. Breytingar í hlýsjónum sunnan við landið skila sér síðan oft í áhrifum á ástand sjávar fyrir norðan land þegar litið er til lengri tíma.

Hiti og selta á Norðurmiðum

Temperature and salinity on the north shelf

Hitastig og selta hafa verið mæld árlega að vori út af Siglunesi í yfir hálfra öld (13. mynd). Eftir hlýindaskeið á norðanverðu Norður-Atlantshafi tók að kólna um miðjan sjöunda áratugin er við tóku hafísár 1965-71 með köldum og seltulágum pólsjó í Íslandshafi.

Eins og sjá má á 13. mynd hafa síðan 1971 skipst á „hlýrri“ ár (1972-74, 1980, 1984-87, 1991-94) og „kaldari“ ár (1975, 1977, 1979, 1981-83, 1988-90, 1995, 1998) á Norðurmiðum. Þeim síðarnefndu má skipta í pólsjávarár og svalsjávarár eftir ríkjandi sjógerðum og lagskiptingu í sjónum. Þannig hafa árin 1981-83, 1989, 1990 og 1995 flokkast til svalsjávarára í sjónum fyrir Norðurlandi, en þá var lagskipting tiltölulega lítil. Þetta ástand var sérstaklega áberandi árið 1995. Niðurstöður frá árunum 1996-98



13. mynd. Hiti og selta á 50 m dýpi á 3. stöð á Siglunessniði, selta á 25 m dýpi í Austur-Íslandsstraumi og selta á 100 m dýpi á 5. stöð á Selvogsbanka. Láréttu línurnar tákna meðaltöl fyrir viðkomandi árabil, nema þar sem annað er tilgreint. Á Selvogsbanka er gildið 35,15 notað til að greina styrk hlýsjávar. Línuna fyrir Austur-Íslandsstraum má einnig nota til viðmiðunar fyrir hlý og köld ár, en þau gildi eru í raun mörkin þar sem nýismyndun er möguleg, þ.e. ef selta er minni en 34,7. Athugið breyttan seltukvarða fyrir Selvogsbanka. Niðurstöðurnar eru frá rannsóknum að vorlagi og staðsetning stöðva er sýnd á 1. mynd (1. stöð er næst landi).

Figure 13. Temperature and salinity deviations at 50 m depth at station 3 on the Siglunes section, salinity at 25 m depth in the East Icelandic current and salinity at 100 m depth at station 5 on the Selvogsbanki section. The horizontal lines indicate the means for the appropriate intervals, except when otherwise is stated. The numbers are, however, close to the means. At Selvogsbanki the value 35.15 can be used to differentiate between stronger and weaker flow of Atlantic water. The value shown for E-Iceland Current can also be used to differentiate between warm and cold years but it is actually the critical salinity point for the formation of sea ice (34.7). Please notice a different salinity scale for Selvogsbanki. The observations are from spring surveys and the location of stations are given in Figure 1 (the lowest station number is closest to the coast).

sýna að heldur hlýnaði á Norðurmiðum eftir 1995. Þessi ár lá þó stundum ferskt og svalt yfirborðslag ofan á selturíkum hlýsjónum. Seltan í þessu yfirborðslagi var lág (undir 34,7), í samræmi við seltu í Austur-Íslandsstraumi 1996-98 og sem var lægri en mælst hafði síðan á hafísárinu 1988. Árið 1999 var sjórinn fyrir norðan vel yfir meðalagi bæði hvað varðar hita og seltu. Síðan dró lítillega úr áhrifum hlýsjávar undan Norðurlandi næstu ár og voru þau í meðallagi samkvæmt mælingum vorið 2002. Hiti og selta, yfir landgrunninu, voru svo almennt vel yfir meðallagi árið 2003 og einkum var útbreiðsla hlýsjávar mikil. Útbreiðslan minnkaði lítillega árið 2004 með heldur lægri hita og seltu. Það einkenndi áratuginn 2000 til 2010 að hiti og selta efri laga að vori hafa verið oftar yfir meðallagi en undir og að vetrarhiti og selta hafa verið yfir eða nærri meðallagi að frátöldu árunum 2002. Árin 2011 til 2014 lækkaði vetrarselta nokkuð, einkum vestanvert á Norðurmiðum, en hækkaði aftur 2015.

Seltan í Austur-Íslandsstraumi náði hámarki árið 1999 eftir fersk ár þar á undan, lækkaði síðan niður fyrir meðallag vorið 2002 en fór hækkandi aftur 2006 og hefur seltan að vori síðustu árin verið með hæstu gildum frá því fyrir hafísárin 1965-1971. Vetrarmælingar 2013-2014 sýndu þó lækkandi seltu á þessum slóðum og var vorgildi 2014 með þeim lægstu síðastliðin tíu ár.

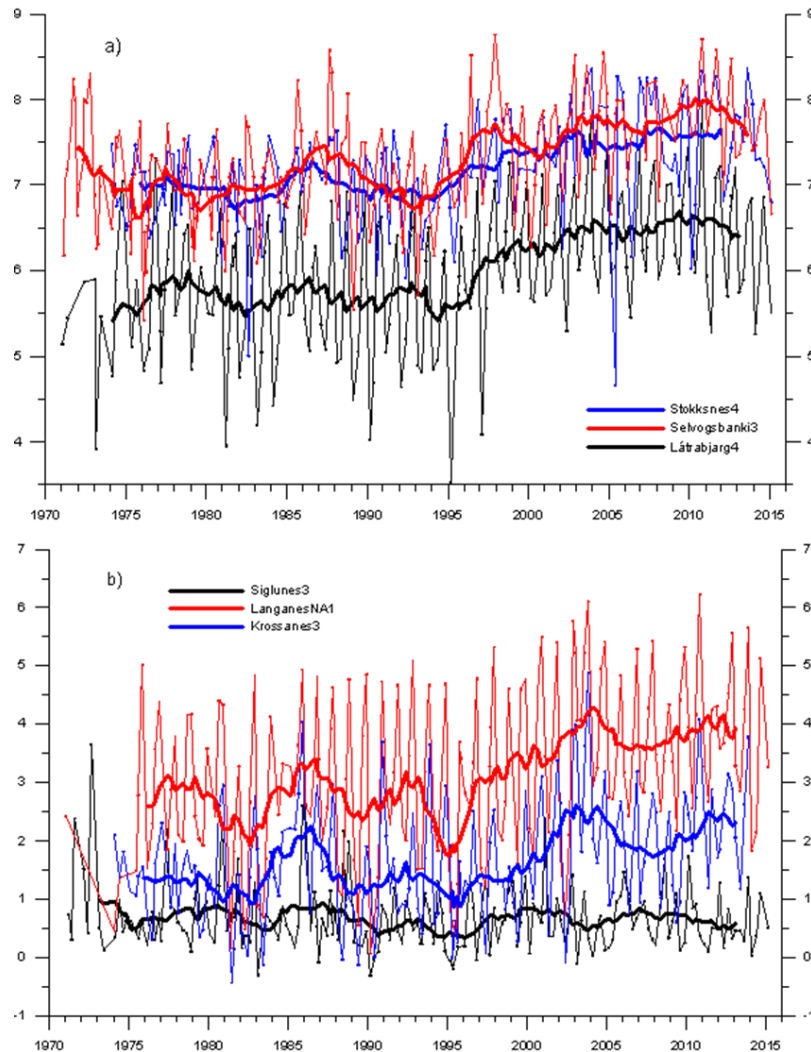
Botnhiti

Bottom temperature

Hiti sjávar við botn á Íslandsmiðum endurspeglar oft hitadreifingu í efri lögum sjávar. Botnhitinn er að jafnaði lægri fyrir norðan og austan landið fyrir áhrif kaldsjávar úr norðri, en hærri fyrir sunnan og vestan land vegna áhrifa hlýsjávar úr suðri. Á 14. mynd má sjá tímaraðir meðalhita úr vatnsúlunni nærri botni á nokkrum mælistöðvum umhverfis landið allt frá árinu 1971. Myndin sýnir bæði langtíma hitafar og ársveiflu botnhitans. Tekið er meðaltal af jafndreifðum hitamælingum í vatnssúlunni 50 til 100 m yfir botni, 100 metrum ef botndýpi er meira en 300 m.

Botnhiti á landgrunninu er yfirleitt lægstur í febrúar-mars og hæstur í ágúst-september eða jafnvel síðar á árinu. Árssveifla er mest þar sem grynnt er við landið, en minnkar með vaxandi dýpi. Utan við landgrunnsbrúnina norðan og austan lands er botnhiti jafnan undir 0°C (djúpsjór Norðurhafa). Úti fyrir miðju Norðurlandi (í Eyjafjarðarál, dýpi allt að 700 m) nær kaldur djúpsjórinn langt inn að landi og skiptir állinn Norðurmiðum í vestari og eystri hluta. Í landgrunnshlíðunum sunnan og vestan lands fer botnhiti einnig lækkandi með vaxandi dýpi, en þó fer hann ekki mikið niður fyrir 4°C.

Dýpi mælistöðva á 14. mynd er mismunandi og ársveiflan (grennri línan) því mismikil. Þykka línan sýnir hlaupandi meðaltal og þannig breytingar á hitafari við botn. Stöð 4 á Stokksnessniði (Stokksnes 4) er við landgrunnsbrún nærri hitaskilunum suðaustanlands sem skýrir skammtímabreytingar í botnhita líkt og átti sér stað 2005 er kaldur sjór barst til vesturs eftir landgrunninu. Stöðvarnar sunnanlands sýna að hiti yfir botni hefur haldist hár síðasta hálfan annan áratug



14. mynd. Botnhiti á völdum stöðvum umhverfis landið (sjá 1. mynd). Tekið er meðaltal af 50-100 m vatnssúlu yfir botni og þannig fengin tímaröð af nánast ársfjórðungslegum mælingum (þunn lína). Einnig er sýnd þykk lína fyrir keðjumeðaltal 13 gilda sem nálgast þriggja ára hlaupandi meðaltal. Gildi frá árunum fyrir 1990 eru meðaltal línulega brúaðra óreglulegra punktmælinga (sjótaka). Gildi frá árunum eftir 1990 eru meðaltal samfelldra mælinga eftir dýpi (sírita). a) Botnhiti á stöðvum sunnan og vestan við landið. Stokksnes 4 (botndýpi um 540 m), Selvogsbanka 3 (botndýpi um 150 m) og Látrabjarg 4 (botndýpi um 180 m). Línan sem sýnir meðaltal á Selvogsbanka er styttri vegna þess að mælingar í ágúst 2006–2008 vantar. b) Botnhiti á stöðvum norðan og austan við land. Siglunes 3 (botndýpi um 470 m), Langanes-NA1 (botndýpi um 190 m) og Krossanes 3 (botndýpi um 210 m).

Figure 14. Time series of near-bottom temperature at selected stations on the Icelandic shelf (see Figure 1). Mean of 50-100m depth interval above bottom (thin line) and approximately 3 years running mean (thick line). Values from before 1990 are from interpolated water-sampler data. Values from after 1990 are from CTD data. a) Near-bottom temperature at stations south and west of Iceland. Stokksnes 4 (bottom depth about 540 m), Selvogsbanki 3, (bottom depth about 150 m) and Látrabjarg 4 (bottom depth about 180 m). Line showing the average for Selvogsbanki is shorter because measurements in August 2006–2008 are lacking. b) Near-bottom temperature at stations north and east of Iceland. Siglunes 3 (bottom depth about 470 m), Langanes-NA1 (bottom depth about 190 m) and Krossanes 3 (bottom depth about 210 m).

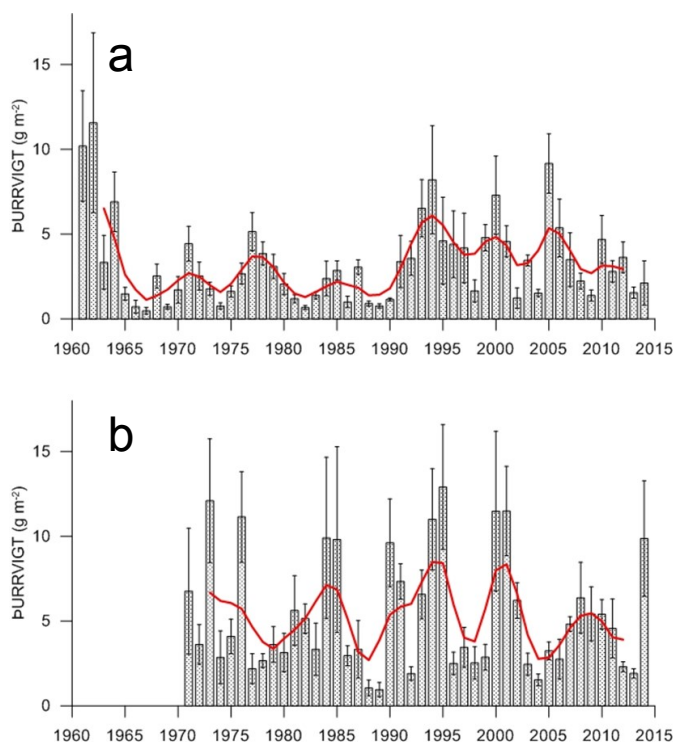
og hlýrri sjór jafnvel meira áberandi vestanlands og héldust hlýndi við botn á þessum slóðum í stórum dráttum áfram 2013 þó þau hafi minnkað aðeins eftir 2011. Sumarmælingar (í ágúst) á Selvogsbanka og á Stokksnesi hafa verið óreglulegar síðustu ár.

Fyrir norðan og austan land eru hitabreytingar við botn tiltölulega litlar á stöð 3 á Siglunessniði (Siglunes 3) þar sem botndýpi er meira en á hinum stöðvunum sem sýndar eru á 14. mynd b. Merkja má hærri botnhita á landgrunninu norðaustan og austanlands á stöð 1 á Langanesi NA og stöð 3 á Krossanesi á síðustu árum og sérstaklega árin 2003 og 2010. Botnhiti á þessum stöðum lækkaði nokkuð árið 2011. Þess ber að geta að ekki fóru reglulega fram sumarmælingar á Krossanessniði árin 2006 til 2008.

Dýrasvif

Zooplankton

Í meira en 50 ár hafa farið fram árlegar athuganir á átu umhverfis landið í því augnamiði að fylgjast með langtímabreytingum í vexti og viðgangi átunnar. Í upphafi voru þær eingöngu stundaðar út af



15. mynd. Breytingar í átumagni (g þurrvigt m^{-2} , 0-50 m) að vorlagi á Siglunessniði árin 1961-2014 (a) og Selvogsbankasniði árin 1971-2014 (b). Súlnar sýna meðaltöl allra stöðva á sniðinu. Staðalskekki er sýnd með lóðréttum strikum. Einnig er sýndur reiknaður ferill (5 ára keðjumeðaltöl, rauða línan) sem jafnar óreglur einstakra ára. Lega rannsóknasniðanna er sýnd á 1. mynd.

Figure 15. Variations in zooplankton biomass (g dry weight m^{-2} , 0-50 m) in spring at Siglunes section 1961-2014 (a), and Selvogsbanki section 1971-2014 (b). The columns show means for all stations at the respective sections and the vertical bars denote standard error. The curved red lines show 5 year running mean. For location of the sections see Figure 1.

Norðurlandi í sambandi við síldarleit og á þeim slóðum ná gögnin því lengst aftur í tímann, en frá árinu 1971 hefur rannsóknunum verið sinnt allt í kringum landið í vorleiðöngrum. Til að gögnin verði samanburðarhæf hefur þeim verið safnað á nokkurn veginn sama árstíma ár hvert (maí-júní) og með svipuðum aðferðum. Á vorin er átan í örum vexti og er talið að breytileikinn í átumergð frá ári til árs á þessum árstíma gefi vísbendingu um mismunandi heildarframleiðslu átu yfir sumarið, en bæði vorvöxtur og heildarframleiðsla dýrasvífsins eru talin ráðast af atriðum eins og umhverfisskilyrðum og fæðuframboði

Langtímabreytingar á átumagni á Selvogsbanka- og Siglunessniðum eru sýndar á 15. mynd. Gildin sem sýnd eru á myndinni eru meðaltalsgildi fyrir allar stöðvar á viðkomandi sniðum. Einnig eru sýnd 5 ára keðjumeðaltöl. Fram kemur að miklar sveiflur hafa verið í átumagni á báðum sniðum þar sem skiptast á há og lág gildi, og er munurinn á þeim hæstu og lægstu allt að 20-faldur fyrir norðan land en 10-faldur fyrir sunnan.

Á Siglunessniði var mjög mikið af átu þegar rannsóknirnar hófust í upphafi sjöunda áratugarins, en sé tekið mið af keðjumeðaltölunum hafa síðan liðið um 5-10 ár á milli hæstu gilda (15. mynd a). Vorið 2014 var átumagn á Siglunessniði undir langtímameðaltali.

Á Selvogsbanka voru miklar sveiflur í átumagni milli ára í upphafi mælitímabilsins (1971-1977). Eftir það verða breytingar milli ára reglubundnari, með 5-10 ára bili milli hágilda líkt og fyrir norðan (sbr. keðjumeðaltölin á 15. mynd). Áta var í hámarki á Selvogsbanka vorið 2008, en síðan hefur átumagn farið lækkandi á sniðinu þar til vorið 2014 að magnið snarhækkaði og er nú talsvert yfir langtímameðaltali.

3. STUTTAR GREINAR UM VISTFRÆÐI SJÁVAR SHORT NOTES ON MARINE ECOLOGY

BERGMÁLSMÆLINGAR Á LJÓSÁTU VIÐ ÍSLAND ÁRIN 2011-2014

ACOUSTIC MEASUREMENTS OF EUPHAUSIIDS AROUND ICELAND 2011-2014

Páll Reynisson og Ástþór Gíslason
Hafrannsóknastofnun

Ágrip

Síðastliðin ár hafa verið gerðar tilraunir til þess að meta útbreiðslu og magn ljósátu í hafinu kringum Ísland með bergmálsaðferðum. Í fyrsta lagi var tilraun gerð til þess að beita bergmálsaðferð á ljósátu í nokkrum stuttum leiðöngrum í Ísafjarðardjúpi frá ágúst 2011 til ágústs 2012. Góð reynsla fékkst í þeim athugunum og reyndist gott samræmi milli sýnatöku með háfum og svifsjá annars vegar og greiningar bergmálsins hins vegar. Í vorleiðöngrum Hafrannsóknastofnunar hefur bergmálgögnum verið safnað frá árinu 2011. Greining á þeim var gerð á sama hátt og beitt var í Ísafjarðardjúpi. Með þessu móti fékkst yfirlit yfir útbreiðslu og þéttleika ljósátu á Íslandsmiðum að vorlagi þessi ár. Í megin atriðum felst greiningin í því að athuga endurvörp frá hinum ýmsum lífverum á nokkrum tíðnum. Einkum reyndist gagnlegt að skoða mismun endurvarpa á 38 og 120 kílóriða tíðnum. Búast má við að munur endurvarpa á t.d. 120 og 38 kílóriðum sé því meiri sem ljósátan er smærri. Munurinn reyndist í aðalatriðum meiri fyrir norðan en sunnan sem bendir til að dýrin séu almennt smærri fyrir norðan en sunnan land. Þetta er í samræmi við niðurstöður úr sýnatöku í vorleiðangri 2013. Þessar fyrstu niðurstöður bergmálmælinga á ljósátu við Ísland lofa góðu, en ýmislegt má þó bæta til þess að auka áreiðanleika þeirra. Má þar nefna sýnatöku með veiðarfærum sem veiða betur fullorðna ljósátu, frekari athuganir á flóttaviðbrögðum ljósátunnar gagnvart svifsjá og háfum, og athuganir á daglegum lóðréttum göngum ljósátu í út-hafinu.

Abstract

In recent years attempts have been made to estimate the distribution and abundance of euphausiids in Icelandic waters by acoustic means. In August 2011 until August 2012 five short cruises in Isafjardardjup were made in order to investigate the feasibility of using the acoustic method for detection of euphausiids. The experience from those cruises was promising and a good correlation was obtained between the acoustic analysis and the sampling by a video plankton recorder (VPR) and nets. In the yearly spring cruises carried out by the Marine Research Institute of Iceland acoustic data have been recorded since 2011. Similar analysis was carried out on those data as on the Isafjardardjup data. Thus an overview of the distribution and relative density of the euphausiids around Iceland

was obtained for the years 2011-2014. The analysis relies on the comparison of the acoustic backscatter from the different organism at several frequencies. The difference in the backscatter at 38 and 120 kHz proved to be especially effective for distinguishing euphausiids from fish and some types of jelly. One may assume that in the case of euphausiids the difference at 120 and 38 kHz will increase as their size decreases. A comparison of the backscatter at these two frequencies indicates that the animals were smaller north of Iceland than south of the island, as confirmed by the trawl sampling in spring 2013 showing that the smaller species were generally caught in higher abundance north of Iceland. These first attempts at mapping the distribution and abundance of euphausiids in Icelandic waters by acoustic means are promising, but improvements are needed in order to increase their reliability. Of particular importance is to be able to get representative samples of all size groups of the euphausiids. In this context the study and quantification of the possible avoidance of the animals from the various nets and trawls and the VPR is imperative. A better knowledge of the diel vertical migrations of the euphausiids in the open sea is also needed.

Inngangur

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 stærðar 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 bergmálmæla (Madureira o.fl. 1993). Með stafrænni skráningu og öflugum úrvinnsluhugbúnaði hefur þessari aðferð vaxið ásmegin hin seinni ár (sjá t.d. Brierley o.fl. 1998, Robertis o.fl. 2010, Ressler o.fl. 2012).

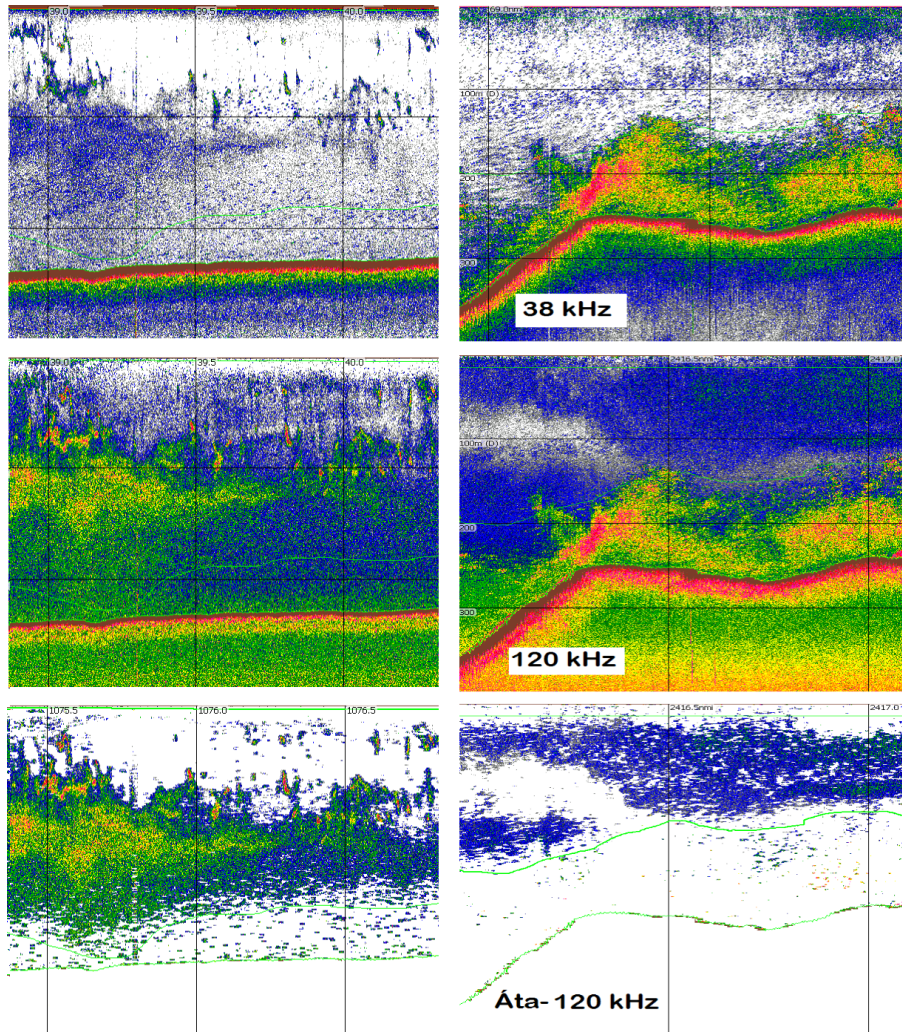
Ljósáta er mjög mikilvæg í vistkerfi Íslandsmiða, m.a. sem fæða fyrir nytjafiska. Árlegur heildarlífsmassi (votvigt) hennar innan íslensku fiskveiðilögsögunnar hefur verið áætlaður um 5 milljónir tonna (sambærileg tala fyrir rauðátu er um 7 milljónir tonna, Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 2007). Ljósáta lifir á plöntusvífi og öðrum svifdýrum, en er sjálf mikilvæg fæða ýmissa nytjafiska, eins og þorsks, ufsa, loðnu, kolmunna, og hvala, t.d. langreyðar. Þannig er hún mikilvægur liður í því að tengja frumframleiðni svifþörunganna við efri fæðuþrep.

Við höfum allgóða þekkingu á grunnatriðum í líf- og vistfræði ljósátu hér við land (sjá t.d. Hermann Einarsson 1945, Ólafur S. Ástþórsson 1990, Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997), en vitum í raun mjög lítið um útbreiðslumynstur mismunandi tegunda við landið og langtímabreytingar á þessum mikilvæga hlekk í vistkerfi sjávar og fæðuvef fiska. Stafar það m.a. af vandkvæðum í sambandi við að safna ljósátu á magnbundinn hátt með háfum, bæði vegna þess að hún forðast þá tiltölulega auðveldlega en einnig vegna þess atferlis ljósátu að synda um í torfum. Tilkoma bergmáls-tækni til að meta útbreiðslu og magn er ekki háð sömu annmörkum og hinar hefðbundnu aðferðir og lofar því góðu.

Í þessum pistli verður gerð grein fyrir niðurstöðum magnmælinga ljósátu á Íslandsmiðum með bergmálsaðferð árin 2011-2014.

Mælingar í Ísafjarðardjúpi

Nokkrir stuttir leiðangrar voru farnir í Ísafjarðardjúp frá ágúst 2011 til ágústs 2012 til þess að meta útbreiðslu og magn ljósátu (Ástþór Gíslason o.fl. 2013). Þar fékkst góð reynsla á þessa aðferð, sem í megindráttum felst í samanburði á endurvörpum á hinum ýmsu tíðnum. Við úrvinnsluna reyndist sérstaklega gagnlegt að skoða mismun endurvarpa á 38 og 120 kílóíðum, en mismunur 70 og 200 kílóíða var einnig hafður til hliðsjónar. Til einföldunar má segja að



1. mynd. Tvö dæmi um lóðningar á 38 og 120 kílóíða mælum í vorleiðangri 2013 (efri tvær raðirnar). Neðstu myndirnar sýna þann hluta sem túlkaður er sem ljósáta á grundvelli mismunar á 120 og 38 kílóíðum. Græna línan sem dregin er fyrir ofan botn er notuð til frekari afmörkunar til þess að takamarka áhrif frá suði og öðrum truflunum á bergmálgildi átunnar.

Figure 1. Examples of echograms at 38 and 120 kHz during spring cruise 2013 (upper two panels). The bottom panel shows the part of the acoustic registrations interpreted as euphausiids based on differences in backscattering at 120 and 38 kHz. The green line serves as to limit the influence of noise on the euphausiid backscatter.

endurvarp ljósátu er mun kröftugra á hærri tíðnunum en lágum, en endurvarp af fiski er ámóta á báðum tíðnisviðum. Væri þessi mismunur innan tiltekinna marka var endurvarpið talið vera frá ljósátu, annars frá öðrum lífverum. Dæmi um þetta er sýnt á 1. mynd. Sýnataka með háfum, ljósátutrolli og svonefndri svífsjá (Seascan VPR) sannreyndu þessa aðferð.

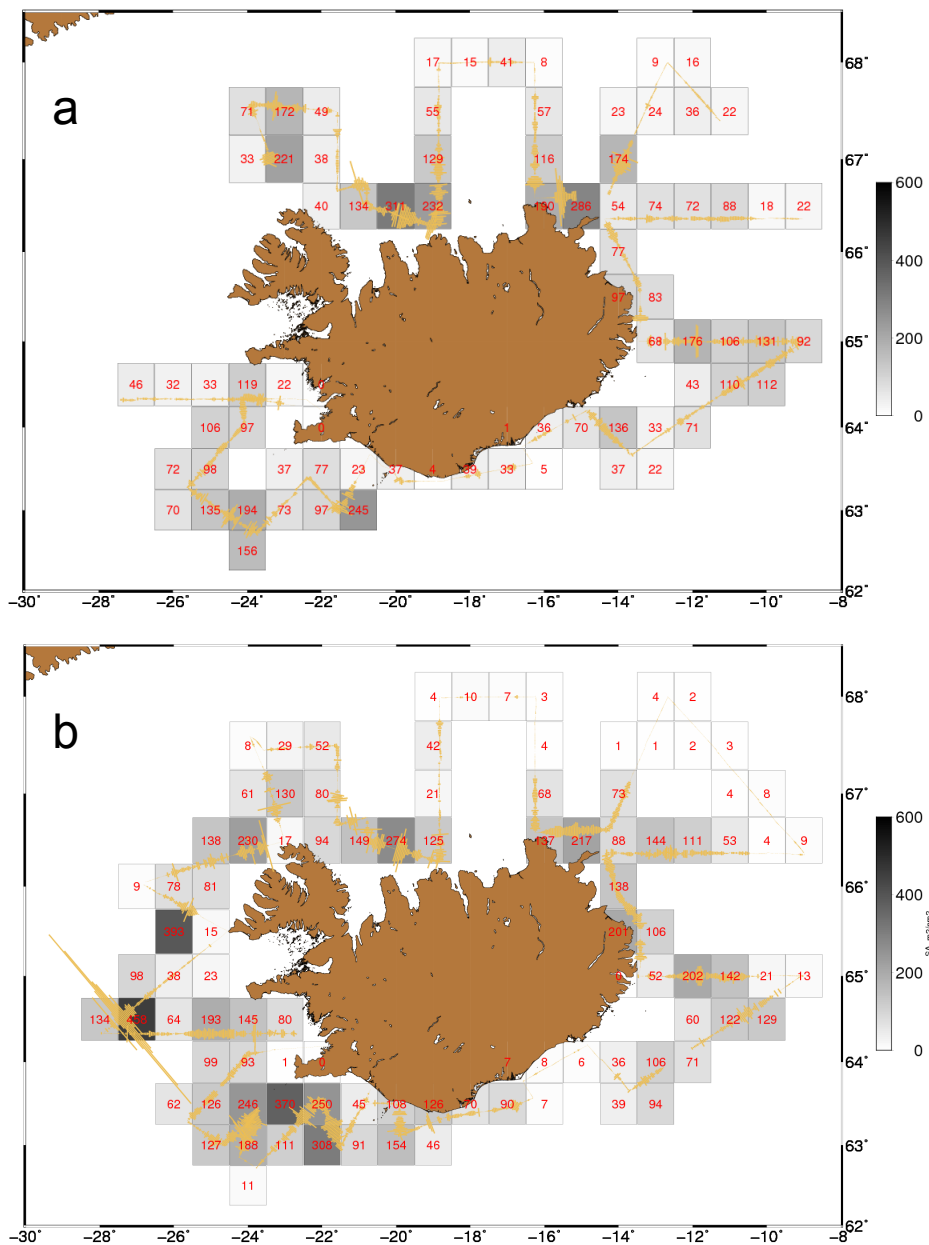
Svífsjá er nokkurs konar neðansjávarsmásjá sem dregin er á eftir rannsóknaskipi og tekur í sífellu stafrænar myndir af svífdýrum og öðru reki í sjónum og sem jafnframt veitir mangbundnar upplýsingar um dreifingu svífdýranna á siglingaleið skipsins. Einnig var lögð áhersla á að meta hversu mikið magn ljósátu lægi að baki tilteknum bergmálgildum. Var það gert með samanburði við tegunda- og þéttleikagreiningu svífsjargagna. Ekki eru öll kurl komin til grafar í þeim samanburði, m.a. vegna óþekktra flóttaviðbragða ljósátunnar við svífsjánni, en flóttaviðbrögð ljósátu við hinum ýmsu veiðarfærum er vel þekkt fyrirbæri. Þrátt fyrir það fékkst mjög marktækt samhengi milli svífsjár- og bergmálgagna, en út frá því var reiknaður út endurvarpsstuðull fyrir ljósátu, sem var nýttur til að umbreyta bergmálgildunum í lífmassa

Mælingar í vorleiðangri

Í vorleiðöngnum Hafró 2011-2014 var bergmálgögnum safnað frá 18, 38 og 120 kílóriða dýptarmælum um borð í Bjarna Sæmunds-syni. Í leiðöngrunum 2013 og 2014 var sérstök áhersla lögð á að fylgjast grannt með bergmálmælunum og þreifa sig áfram með úrvinnslu gagnanna með sérstöku tilliti til þess að meta magn og útbreiðslu ljósátu. Ásamt þeim gögnum sem fást með sérstakri átu-vörpu og svífsjá virðast góðir möguleikar á að afla mun betri upplýsinga um ljósátu á Íslandsmiðum en hingað til.

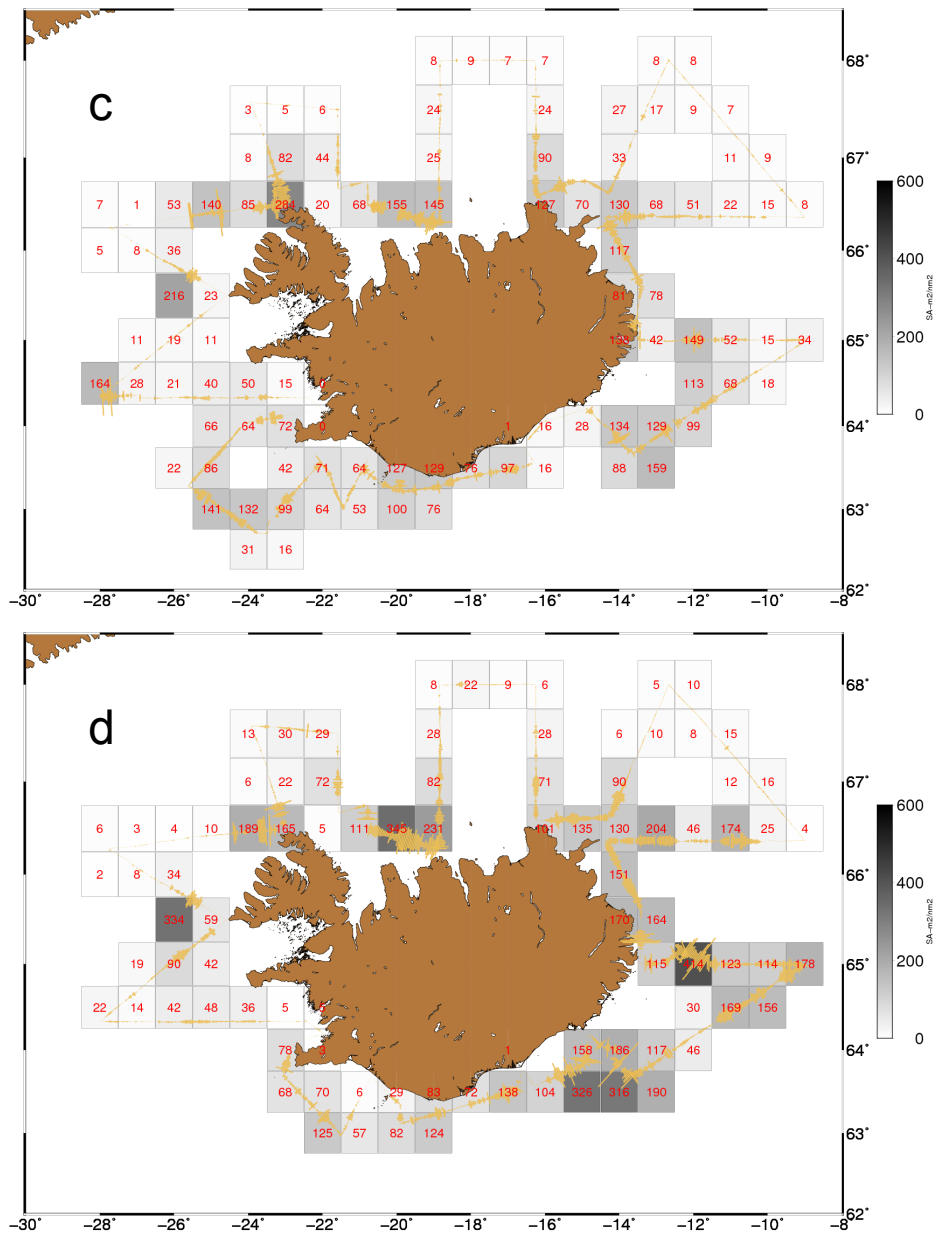
Þeirri aðferð sem er lauslega lýst hér á undan var beitt á bergmálgögn vorleiðangra 2011 – 2014. Gerð voru kort sem sýna útbreiðslu og þéttleika ljósátu fyrir hverja siglda sjómílu. Einnig voru reiknuð meðalgildi innan tiltekinna reita (stærð reitanna var 1 gráða lengdar sinnum 0.5 gráður breiddar). Með frekari meðhöndlun gagna má reikna meðalendurvarp alls svæðisins af ætlaðri ljósátu á fermílu, eins konar vísitölu fyrir ljósátumagnið. Spennandi loka-takmark er að áætla lífmassa ljósátunnar. Til þess þarf hins vegar betri vitneskju um meðalendurvarp dýranna eftir t.d. stærð og ástandi en við höfum nú. Það má þó nefna að sé þeim endurvarps-stuðli sem mældist í Ísafjarðardjúpi beitt á mælingar vorleiðangra fæst umtalsvert hærra mat á magni ljósátu en áður hefur verið talið.

Á 2. mynd eru sýnd yfirlitskort af útbreiðslu ljósátunnar samkvæmt bergmálmælingum vorin 2011-2014. Bergmálgildi fyrir hverja siglda sjómílu eru sýnd með þverstriki. Meðaltal gilda var reiknað innan reita, sem hver er 60 mínútur lengdar og 30 mínútur breiddar að stærð. Meðalendurvarp reitanna er táknað með gráskala, en einnig er talan að baki sýnd með rauðu lettri. Nokkur munur var á bergmálgildum af ætlaðri ljósátu milli svæða og virðist sem tals-verður breytileiki sé í þéttleika átunnar. Oft virtist sem hún þétti sig t.d. í álum nálægt landi fyrir norðan. Yfirleitt fór endurvarp töluvert



2. mynd. Útbreiðsla og þéttleiki ljósátu í vorleiðöngurum 2011 (a), 2012 (b), 2013 (c) og 2014 (d) samkvæmt bergmálmælingum. Meðalendurvarp hvers reits á 120 kílóriðum er gefið til kynna bæði með skyggingu og tölugildi (S_A , m^2/nm^2). Bergmálgildi fyrir hverja siglda sjómílu eru gefin til kynna með lengd þverstrika á siglingaleið. Vegna veðurs voru bergmálgögnin frá Snæfellsnesi að Horni ekki nothæf árið 2011.

Figure 2. Distribution of euphausiids around Iceland in May 2012 (a), 2012 (b), 2013 (c), 2014 (d) according to the acoustic measurements. Acoustic backscattering strength at 120 kHz within the squares is indicated by the grey shading and a numerical value (m^2/nm^2). Acoustic backscattering strength per nautical mile is indicated by the length of the lines perpendicular to the cruise track. Due to the disturbing effects from bad weather the acoustic data from Snæfellsnes to Horn were not used in 2011.



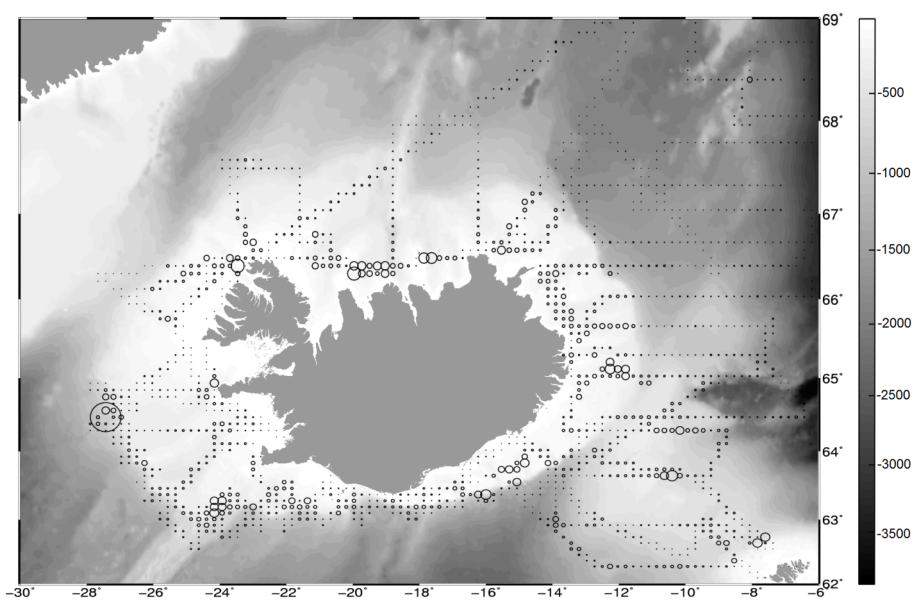
2. mynd. Framhald.

Figure 2. Continued.

minnkandi eftir því sem fjær dró landi. Tiltölulega auðvelt reyndist að greina átuna frá öðrum lífverum, nema ef vera skyldi í hlýsjónum fyrir sunnan og vestan land, en þar voru hveljur og laxsíldar stundum áberandi, einkum við landgrunnsbrúnirnar sunnan við landið. Báðir þessir hópar gefa ámóta eða sterkara endurvarp á lægri tíðnunum (18 og 38 kílórið) en þeirri hærrí (120 kílórið), öfugt við ljósátuna. Væntanlega nær átan ekki að halda sig frá þessum dýrahópum og því trúlegt að rannsóknirnar vanmeti ljósátumagnið þar sem mest var af hveljum og laxsíldum. Meðalendurvarp (m^2/nm^2) allra reitanna árin 2011-2014 í tímaröð eru: 81, 91, 59 og 88.

Á 3. mynd eru sýnd samantekin gögn fyrir öll árin (2011-2014) sem meðaltal fjögurra ára. Að auki eru notuð gögn úr síldarleiðöngurum sem farnir voru í Austurdjúpi í maí árin 2013 og 2014. Stærð hringjanna á myndinni er í réttu hlutfalli við meðalgildi í reitum sem er u.þ.b. 15 sjómíllur á kant. Greinilegt er að ljósátumagnið er yfirleitt mest við kantana og í djúpum og álum allt umhverfis landið. Í út-hafinu er magnið yfirleitt minna. Til dæmis var mjög lítið af ljósátu á fæðuslóðum síldarinnar í Austurdjúpi. Þá er athyglisvert tiltölulega mikið magn í grennd við Íslands-Færeyja hrygginn. Í þessu sambandi ber að hafa í huga að gögnin af þessum svæðum eru aðeins frá tveimur árum.

Stefnt er að frekari þróun á notkun bergmálmælinga við mat á dreifingu og magni ljósátu. Söfnun gagnanna er einföld, en vakta



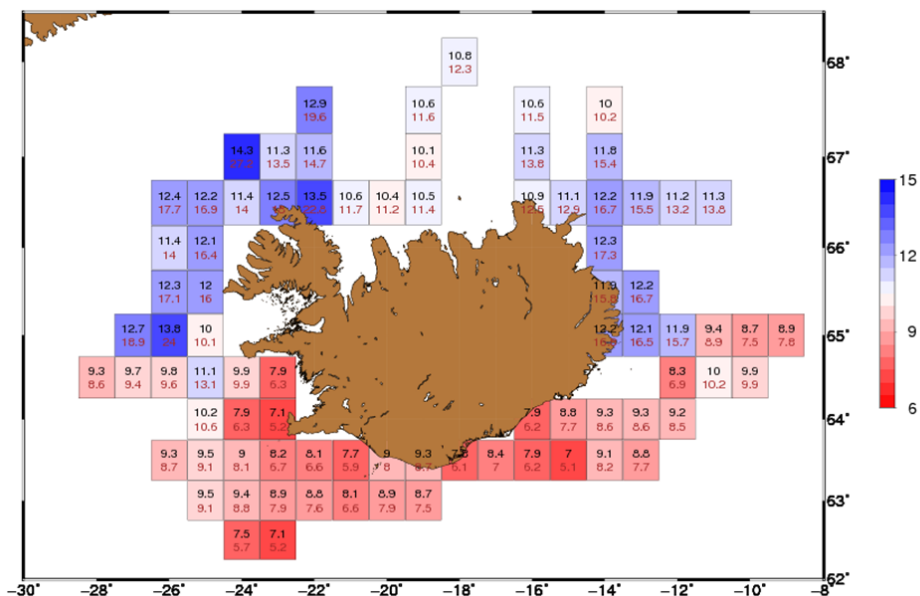
3. mynd. Meðalþéttleiki ljósátunnar í maí 2011-2014 skv. bergmálmælingunum. Stærð hringjanna er í réttu hlutfalli við magn ljósátu. Auk vorleiðangra eru notuð gögn úr síldarleiðöngurum í Austurdjúpi 2013 og 2014 sem einnig voru farnir í maí. Hafdýpi er gefið til kynna með gráleitum lítaskala.

Figure 3. Average density of euphausiids around Iceland in May 2011-2014. The size of the circles is related to the density of the euphausiids. In addition to the data from the spring cruises, data from the herring cruises in 2013 and 2014 are incorporated. Bottom depth is indicated by a grey tone scale.

þarf mæla og sjá til þess að allt gangi snurðulaust fyrir sig. Þá er nauðsynlegt er að taka sýni úr lóðningunum. Litlir háfar nýtast ekki í þessu tilliti þar sem ljósátan nær að forðast þá. Hins vegar reyndist ljósátuvarpa sem notað var í vorleiðangri 2013 mjög vel. Notkun svifsjár til tegunda- og stærðargreiningar er einnig góður kostur.

Mat á stærð ljósátu

Jafnvel þótt endurvarpsstuðlar ljósátunnar séu ekki þekktir með vissu, má gera ráð fyrir því að munur endurvarps ljósátunnar á 38 og 120 kílóríðum sé að nokkru leyti háður stærð hennar og hann sé því meiri sem dýrin eru smærri. Samanburður af þessu tagi hefur verið notaður til þess að áætla stærðardreifingu ljósátu í Suður-Íshafinu (Lawson o.fl. 2008). Þar voru mælingar á fjórum tíðnum, 43, 120, 200 og 420 kílóríðum, notaðar til þess að áætla bæði þéttleika og meðallengd átunnar. Kanadamenn hafa einnig beitt fjöltíðna-greiningu á endurvörp ljósátu á 38, 70, 120 og 200 kílóríðum til þess að meta hvort um væri að ræða náttlampa (*Meganyctiphanes norvegica*) eða öggu (*Thysanoessa raschii*) í St. Lawrence flóa (McQuinn o.fl. 2013). Því er forvitnilegt að skoða hvort og þá hvernig þessi munur á endurvarpi ljósátunnar eftir tíðnum kemur fram í vorleiðöngnum okkar. Við greininguna var eingöngu notast við mismun á 38 og 120 kílóríðum.



4. mynd. Meðalmunur 120 og 38 kílóríða endurvarps af ljósátu í vorleiðöngnum 2012-2014. Ljósustu reitirnir gefa til kynna því sem næst tífaldan mun, bláleitir reitir meiri mun og rauðir minni. Samkvæmt þessu má ætla að smærri áta sé norðan lands en sunnan. Litaskalinn er í decibelum og samsvara svörtu tölurnar þeim mun, en þær brúna gefa hlutfallið.

Figure 4. Average difference in acoustic backscattering strength at 120 and 38 kHz during spring 2012-2014. The colour shading indicates the difference in backscattering between these frequencies: White colour indicates 10 fold difference, blue shading less difference and red shading greater difference. As judged by this, the larger individuals are more abundant north of Iceland than south of the island.

Á 4. mynd er sýndur munur tíðnanna samkvæmt meðaltali mælinganna árin 2012-2014. Því blárrí sem reitur er á myndinni því meiri munur er á endurvarpi tíðnanna, og því rauðari því minni. Munurinn reyndist í aðalatriðum vera meiri fyrir norðan land en sunnan. Þetta bendir til þess að dýrin séu almennt smærri fyrir norðan en sunnan. Þetta er í nokkuð góðu samræmi við niðurstöður úr sýnatöku okkar í vorleiðangri 2013, en þá kom yfirleitt meira af tiltölulega smávöxnum átutegundum í átvörpuna fyrir norðan (augnsíli, *Thysanoessa inermis* og kríli, *T. longicaudata*) en sunnan (náttlampi).

Lokaorð

Með þeim bergmálmælingum sem gerðar hafa verið af Hafrannsóknastofnun undanfarin ár og beinst hafa að ljósátu hefur ýmislegt áorkast. Má m.a. nefna að mæld var útbreiðsla og þéttleiki ljósátu í Ísafjarðardjúpi árin 2011 og 2012. Í þeim sömu mælingum var endurvarpsstuðull ljósátunnar metinn í því augnamiði að geta áætlað lífmassa hennar þar. Þá hefur útbreiðsla og þéttleiki ljósátu umhverfis Ísland verið mældur með bergmálaðferðinni í maí árin 2011-2014.

Mat okkar á endurvarpsstuðli ljósátu er þó enn bundið talsverðri óvissu, m.a vegna flóttaviðbragða ljósátunnar. Því er mikilvægt að halda áfram rannsóknum sem miða að því að bæta matið, með því að bera saman gögn um mergð ljósátu skv. bergmálmælingum annars vegar og svifsjá og/eða háfum hins vegar. Niðurstöðurnar myndi síðan nýtast til útreikninga á lífmassa ljósátunnar út frá bergmálmælingunum. Í þessu samhengi má sérstaklega horfa til athugana Sameoto o.fl. (1993), Wiebe o.fl. (2013) og fleiri, sem hafa sýnt fram á að veiðni ljósátu í net má margfalda með notkun ljósabúnaðar.

Þá er nauðsynlegt að samhliða bergmálmælingunum verði tekin sýni af fullorðinni ljósátu. Til þess þarf hentug veiðarfæri. Með áreiðanlegri sýnatöku úr einsleitum hópum ljósátu ásamt fjöltíðna bergmálmælingum má byggja upp öruggari gagnagrunn til tegunda- og stærðargreiningar úr bergmálgögnum en við höfum nú. Í þessu sambandi þarf að gera athuganir á flóttaviðbrögðum ljósátunnar gagnvart bæði netum og svifsjá. Hugsanlega má koma í veg fyrir þau með ljósabúnaði og þannig jafnvel notast við smærri net en ella við sýnatöku.

Í Ísafjarðardjúpi kom vel fram dægurfar ljósátunnar í vatnsbolnum og reyndist erfitt að bergmálmæla hana nema að degi til. Sams konar dægursveifla er ekki áberandi í úthafinu að vorlagi, en þyrfti þó að kanna betur.

Aðrir leiðangrar en vorleiðangrar geta einnig nýst til upplýsingaöflunar af þessu tagi. Má þar nefna leiðangra Hafrannsóknastofnunar til mælinga á síld í Austurdjúpi og makríl umhverfis land. Það er fastur liður í þessum leiðöngrum að safna bergmálgögnum og mætti með tiltölulega litlum tilkostnaði bæta við sýnatöku tengdri ljósátu.

Heimildir

- Ástþór Gíslason, Páll Reynisson, Hjalti Karlsson, Einar Hreinsson, Teresa Silva og Kristján Jóakimsson 2013. *Ljósáta í Ísafjarðardjúpi - nýtanleg auðlind? Loka-skýrsla til AVS (R 11/12 030-11)*, 43 s.
- Brierley, A.S., Ward, P., Watkins, J.L. og Goss, C. 1998. Acoustic discrimination of Southern Oceanic zooplankton. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 45: 1155-1173.
- De Robertis, A., McKelvey, D.R. og Ressler, P.H. 2010. Development and application of an empirical multifrequency method for backscatter classification in the North Pacific. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 67: 1459-1474.
- Hermann Einarsson 1945. Euphausiacea I. Northern Atlantic species. *Dana Reports* 27: 1-191.
- Lawson, G.L., Wiebe, P.H., Stanton, T.K. og Ashjian, C.J. 2008. Euphausiid distribution along Western Antarctic Peninsula- Part A: Development of robust multifrequency acoustic techniques to identify euphausiid aggregations and quantify euphausiid size, abundance and biomass. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 55: 412-431.
- Madureira, L.S.P., Everson, I. og 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: 787-802.
- McQuinn, I.H., Dion, M. og St. Pierre J-F. 2013. The acoustic multifrequency classification of two sympatric euphausiids species (*Meganyctiphanes norvegica* and *Thysanoessa raschii*), with empirical and SDWBA model validation. *ICES Journal of Marine Science* 70: 636-649.
- Ólafur S. Ástþórsson 1990. Ecology of the euphausiids *Thysanoessa raschi*, *T. inermis* and *Meganyctiphanes norvegica* in Isafjord- deep, northwest-Iceland. *Marine Biology* 107: 147-157.
- Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997. Biology of euphausiids in the sub-arctic waters north of Iceland. *Marine Biology* 129: 319-330.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason og Steingrímur Jónsson 2007. Climate variability and the Icelandic marine Ecosystem. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 54: 2456-2477.
- Ressler, P.H., De Robertis, A., Warren, J.D., Smith, J.N. og Kotwicki, S. 2012. Developing an acoustic survey of euphausiids to understand trophic interactions in the Bering Sea ecosystem. *Deep-Sea Research Part II Topical Studies in Oceanography* 65-70: 184-195.
- Sameoto, D., Cochrane, N. og Herman, A. 1993. Convergence of acoustical, optical and net-catch-estimates of eupausiids abundance: use of artificial light to reduce net avoidance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 334-346.
- Wiebe, P.H., Lawson, G.L., Lavery, A.C., Copley, N.J., Horgan, E. og 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.

NÝLEGAR BREYTINGAR Á ÚTBREIÐSLU OG FJÖLDA SKÍÐISHVALA VIÐ ÍSLAND OG HUGSANLEGIR ORSAKAVALDAR

RECENT CHANGES IN DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF BALEEN WHALES IN ICELANDIC WATERS AND THEIR POTENTIAL CAUSES

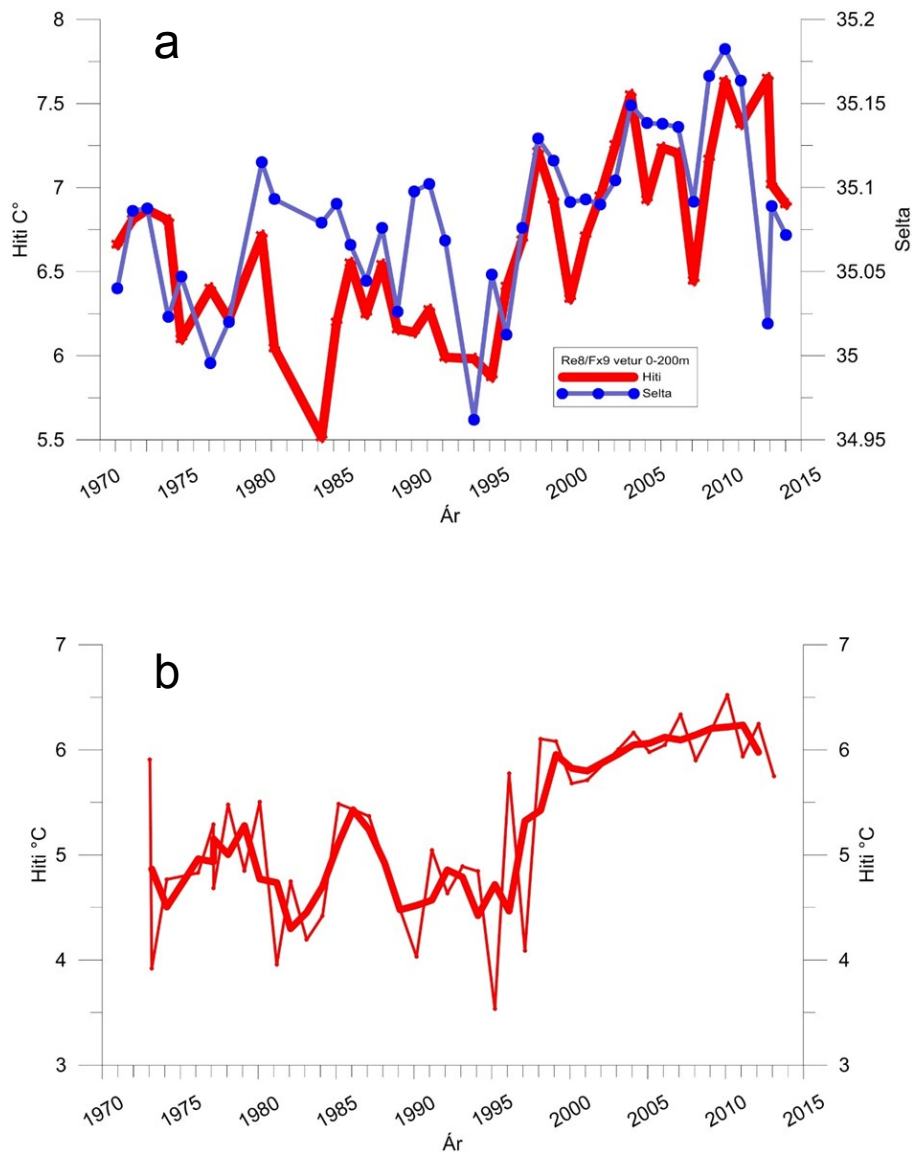
Gísli A. Víkingsson, Teresa Silva, Bjarki Þór Elvarsson og Héðinn Valdimarsson
Hafrannsóknastofnun

Ágrip

Undanfarna tvo áratugi hefur orðið talsverð hlýnun og aukning seltu í hafinu við Ísland og á nálægum hafsvæðum. Á sama tíma hafa orðið breytingar á útbreiðslu ýmissa tegunda fiska og ljósátu við landið. Frá árinu 1987 hefur Hafrannsóknastofnun fylgst með útbreiðslu og stofnstærðum hvala með reglubundnum talningum í samstarfi við nágrannapjóðir við Norður Atlantshaf. Talningarnar hafa sýnt umtalsverðar breytingar á tímabilinu 1987-2007. Hnúfubak fjölgaði úr u.þ.b. 2.000 í 12.000 dýr og langreyði úr 15.000 í 21.000 dýr. Mikil fækkun varð hins vegar í fjölda hrefna á íslenska landgrunnssvæðinu, eða úr um 44.000 í 10.000 dýr á tímabilinu 2001-2009. Samfara fjölgun langreyðar stækkaði útbreiðslusvæði tegundarinnar í Grænlandshafi. Útbreiðsla steypireyðar við Ísland virðist hafa færst norðar á tímabilinu. Þessar breytingar á útbreiðslu og þéttleika skíðishvala við Ísland má að nokkru leyti skýra með hliðsjón af miklum haffræði- og vistfræðilegum breytingum undanfarinna tveggja áratuga. Í því sambandi virðast breytingar á sumarútbreiðslu loðnu, hrun sandsíla-stofnsins og minni þéttleiki ljósátu skipta mestu máli. Mikilvægt er að áfram verði fylgst með breytingum í útbreiðslu og stofnstærð hvala á Norður Atlantshafi með reglubundnum talningum. Slíkar rannsóknir eru ekki eingöngu mikilvægasta undirstaða ákvarðanatöku um verndun og nýtingu einstakra tegunda, heldur gefa þær einnig mikilvægar upplýsingar um þær miklu breytingar sem eiga sér stað í lífríki hafsins um þessar mundir.

Abstract

During the last two decades, substantial increases in sea temperature and salinity have been reported in Icelandic waters. Concurrently, pronounced changes have occurred in the distribution of several fish species and euphausiids. The distribution and abundance of cetaceans in the Central and Eastern North Atlantic have been monitored regularly since 1987. Significant changes in the distribution and abundance of several cetacean species have occurred in this time period. The abundance of Central North Atlantic humpback and fin whales has increased from around 2,000 to 12,000 and 15,000 to 21,000, respectively, in the period 1987-2007. In contrast, the abundance of minke whales on the Icelandic continental shelf decreased from around 44,000 in 2001 to 20,000 in 2007 and 10,000 in 2009.



1. mynd. a) Tímarsöð meðalhita og seltu í efstu 200 m sjávar á mælistöð FX9, sem er utan landgrunnsbrúnar vestur af Faxaflóa þar sem dýpi er meira en 1000 m. Einguöngu sýndar athuganir sem gerðar eru að vetri (febrúar). b) Samsvarandi meðalhiti að vetri á stöð LB4 á Látragrunni. Meðaltal af mælingum á 80-180 m dýpi. Þykk lína sýnir þriggja ára hlaupandi meðaltal.

Figure 1. a) Timeserie of winter observations, depth averaged temperature and salinity over 0 to 200 m depth, from station FX9 which is located off the shelf brake west of Faxaflói. Bottom depth is over 1000 m. b) Timeserie of winter observations of temperature depth averaged over 80 to 180 m depth. Thick line in both figures represents 3 yrs running mean.

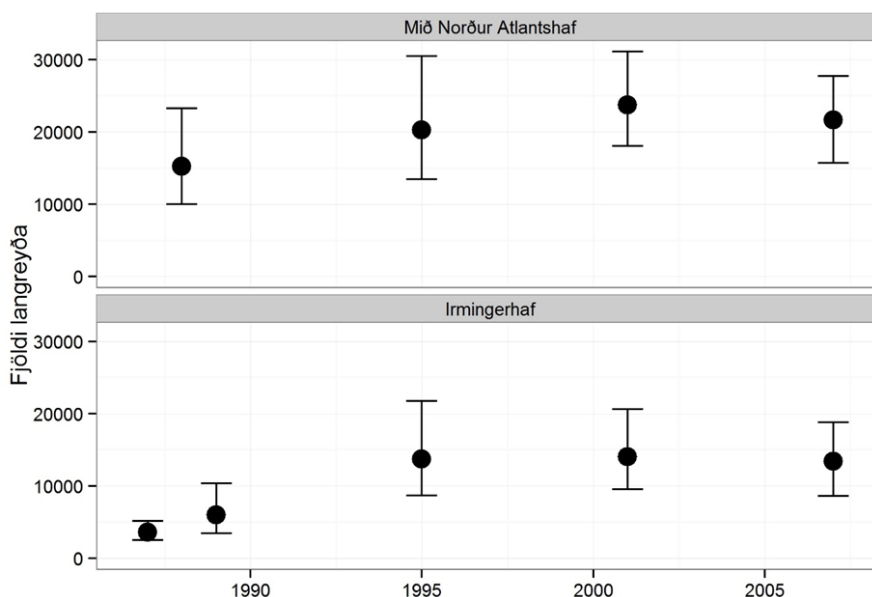
The increase in fin whale abundance was accompanied by expansion of distribution into the deep waters of the Irminger Sea. The distribution of the blue whale has shifted northwards in this period. Overall, these changes in cetacean distribution and abundance may be a functional feeding response of the cetacean species to physical and biological changes in the marine environment, including decreased abundance of euphausiids, a northward shift in summer dis-

tribution of capelin and a crash in the abundance of sand eel. Continued monitoring of the distribution and abundance of cetaceans is essential for conservation and management of the cetacean populations and as a part of wider studies of ongoing changes in the ecosystem.

Inngangur

Þótt upplýsingar séu takmarkaðar um hvalagengd fyrri alda er ljóst að hafsvæðið umhverfis Ísland hefur fóstað mikinn fjölda hvala frá örófi alda eins og eftirfarandi tilvitnun úr Konungsskuggsjá frá 13. öld ber með sér: „Í Íslands höfum þykir mér fátt það vera er minninga sé vert eður umræðu fyrir utan hvali þá er þar eru í höfum”. Svokallaðar aldamótaveiðar erlendra hvalveiðifélaga frá landstöðvum á Vestfjörðum og Austfjörðum 1865-1915 gengu nærri flestum stofnum stórhvala við landið en áður hafði sléttbakstegundunum tveim fækkað mjög vegna ofveiða fyrri alda (Einarsson 1987). Þótt ekki liggi fyrir tölulegt mat á stærð hvalastofna fyrri tíma er ljóst, m.a. af dvínandi aflbrögðum að þegar Alþingi samþykkti hvalveiðibann árið 1915 var stærð flestra stofna stórhvala einungis lítið brot af því sem verið hafði hálfri öld fyrr.

Fyrsta áreiðanlega mat á stærð hvalastofna við Ísland fékkst ekki fyrr en 72 árum síðar, árið 1987 er Hafrannsóknastofnun tók þátt í víðtækum hvalatalningum í samstarfi við nágrannaþjóðir á Norður



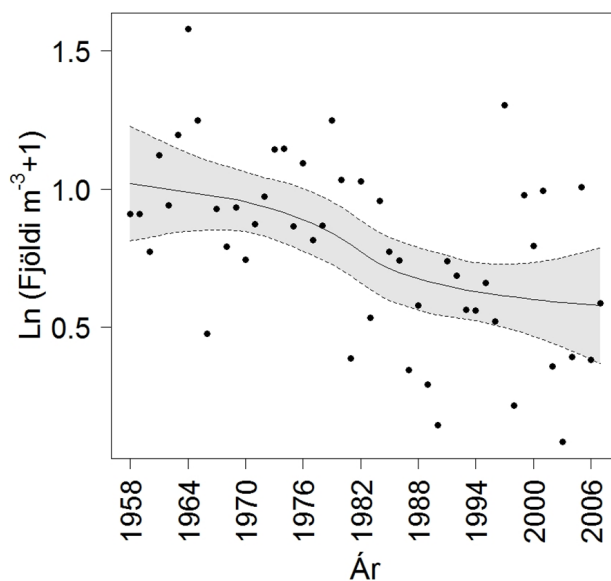
2. mynd. Fjöldi langreyða (með 95% öryggismörkum) samkvæmt talningum á Norður Atlantshafi (NASS) 1987-2001. Efri myndin sýnir fjöldann á Mið Norður Atlantshafs stofnsvæðinu og neðri myndin fjöldann í Grænlandshafi milli Íslands og Grænlands. Um svæðaskiptingu er vísað til greinar Gísla A. Víkingssonar o.fl. 2009.

Figure 2. Abundance (with 95% confidence intervals) of fin whales according to the North Atlantic Sightings Surveys 1987-2001 in the total Central North Atlantic stock area (upper) and in the Irminger Sea west of Iceland (lower). For area delineations see Víkingsson et al. (2009).

Atlantshafi. Hingað til hafa slíkar talningar farið fram fimm sinnum (1987, 1989, 1995, 2001 og 2007) og er talningaröð þessi (NASS: North Atlantic Sightings Surveys) sú umfangsmesta sinnar tegundar í heiminum (Lockyer og Pike 2009). Megintilgangur þessara rannsókna er að kortleggja útbreiðslu og meta stofnstærðir helstu hvalastofna í norðanverðu Norður Atlantshafi og eru talningarnar megin undirstaða mats á ástandi og veiðipoli nytjastofna hvala við Grænland, Ísland, Færeyjar og Noreg. Á þeim tveim áratugum sem talningarnar hafa staðið yfir hafa orðið talsverðar breytingar á útbreiðslu og fjölda nokkurra hvalategunda við landið og jafnframt miklar breytingar í umhverfi sjávar við Ísland (Héðinn Valdimarsson o.fl. 2004, 2012, Ólafur Ástþórsson o.fl. 2007). Hér verður gerð örstutt grein fyrir helstu breytingum á hvalagengd við landið og skýringa leitað í umhverfisþáttum.

Umhverfi

Á árunum eftir 1995 fór sjór hlýnandi og selta hans jókst í Íslandsdjúpi og í Grænlandshafi (1. mynd). Á þrem til fimm árum hækkuðu hiti og selta í efri lögum sjávar á stóru svæði í norðanverðu Atlantshafi. Fyrst varð vart við aukna seltu og hærri hita efri laga sjávar sunnan og vestan við landið, en á einu til tveimur árum náðu breytingarnar norður og austur fyrir það einnig. Svipaðar breytingar komu fram austar í Noregshafi og norður undir Svalbarða um og eftir



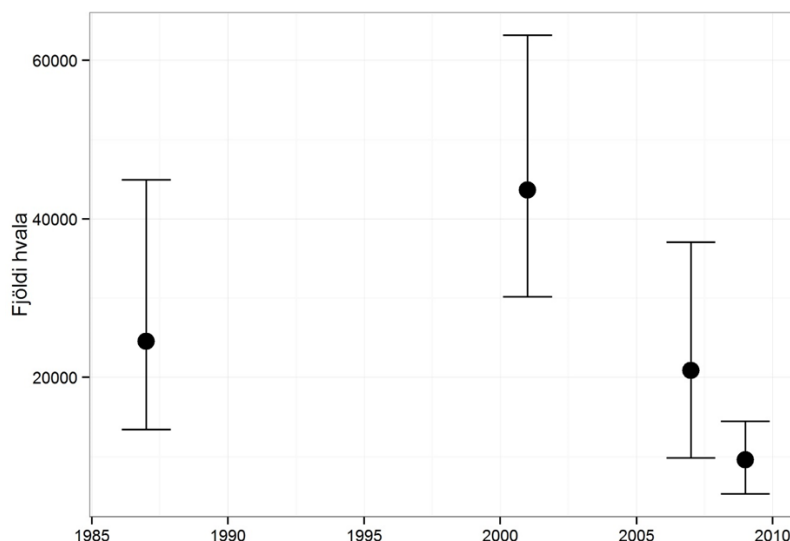
3. mynd. Heildarmagn ljósátu $\ln(\text{fjöldi}/\text{m}^3)$ á svæði A6 á tímabilinu 1958-2007 samkvæmt átuvisagögnum (CPR). Punktarnir sýna árleg meðaltöl og línan niðurstöður LOESS staðbundinnar aðhvarfsgreiningar (spönn 0.71) með 95% öryggismörkum (skyggt grátt svæði). Um skilgreiningu svæða vísast til Silva o.fl. (2014).

Figure 3. Total euphausiid abundance ($\ln d \text{ m}^{-3}$) in area A6 from 1958 to 2007 as recorded by the Continuous Plankton recorder (CPR). The points indicate annual average abundances and the line a LOESS curve (span = 0.71) with 95% confidence intervals (shaded grey area) fitted to the data. Refer to Figure 1 in Silva et al. (2014) for location of CPR area.

aldamótin. Sömuleiðis varð á þessum fyrsta ártug nýrrar aldar nokkur hlýnun í Íslandshafi og samsvarandi aukning á seltu sjávar. Á þessum tíma urðu einnig breytingar á útbreiðslu uppsjávarfiska á þessum slóðum. Loðna gekk vestar í Íslandshafi og makrill fannst í auknum mæli vestar í Norður Atlantshafi (Ólafur K. Pálsson o.fl. 2012, Ólafur Ástþórsson o.fl. 2012). Mælingar sem gerðar voru í Grænlandshafi 1994 og 2003 sýna að hækkun sjávarhita var veruleg í norðanverðu Grænlandshafi (Gísli Víkingsson o.fl. 2015).

Langreyður (*Balaenoptera physalus*)

Fjöldi langreyða í Austur Grænlands – Íslandsstofni var metinn 15.200 dýr í talningunum 1987, en fjölgaði í 20.600 árið 2007 (2. mynd). Fjölgunin var mest í Grænlandshafi en þar virðist sem útbreiðslusvæði langreyðar hafi stækkað samfara hlýnun sjávar eftir 1994, einkum á djúpsævi milli landgrunnsbrúna Íslands og Grænlands (Gísli A. Víkingsson o.fl. 2015, Gísli A. Víkingsson og Héðinn Valdimarsson 2006). Ekki er ljóst með hvaða hætti hlýnun á þessu svæði gæti hafa stuðlað að auknum þéttleika langreyðar. Ljósátan náttlampi (*Meganyctiphanes norvegica*) hefur verið yfirgnæfandi í fæðu langreyðar á hvalveiðimiðunum vestur af landinu, en mælingar liggja ekki fyrir um breytingar á magni ljósátu nema allra syðst á því svæði, en þar hefur magnið minnkað undanfarna áratugi eins og sunnar í hafinu (3. mynd) (Silva o.fl. 2014). Útbreiðsla langreyðarveiðanna sumarið 2014 var ólík öllum fyrri vertíðum frá 1948, en langstærsti hluti veiðanna var suður af landinu, allt austur fyrir Vestmannaeyjar (Gísli A. Víkingsson o.fl. 2015). Samkvæmt dagbókum hvalveiðiskipanna var mjög lítið um langreyðar á hefðbundnum



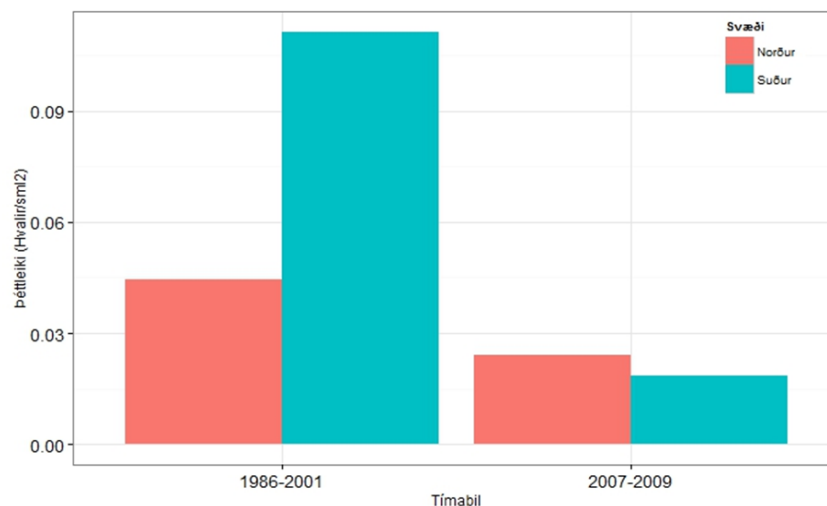
4. mynd. Mat á fjölda hrefna (með 95% öryggismörkum) á íslenska landgrunns-svæðinu samkvæmt flugtalningum árunna 1987-2009.

Figure 4. Abundance estimates (with 95% confidence intervals) of common minke whales in the Icelandic continental shelf area derived from aerial surveys conducted during 1987-2009.

miðum vestur af landinu, og jafnframt lítið sjáanlegt líf í yfirborðinu (fuglar, áta) nema makríll (*Scomber scombrus*) sem sást víða um svæðið. Frumniðurstöður athugana á magainnihaldi benda til að hlutfall fiska m.a. kolmunna (*Micromesistius poutassou*) í fæðunni hafi verið mun hærra en áður.

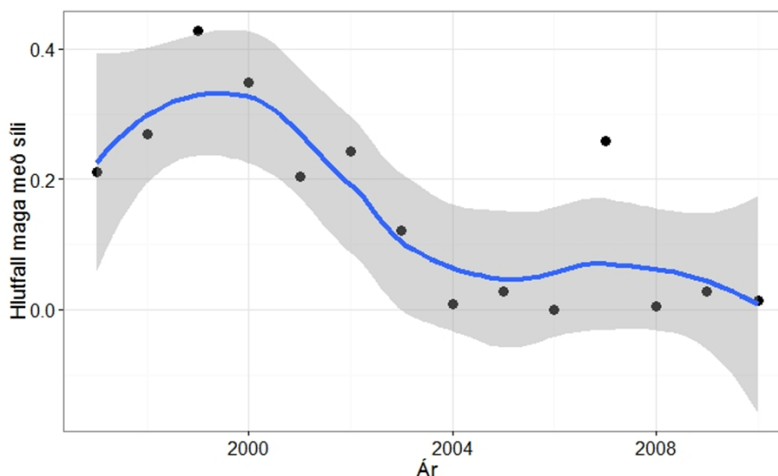
Hrefna (*Balaenoptera acutorostrata*)

Hrefnuveiðar hafa verið stundaðar á Íslandi í liðlega eina öld, en ekki í þeim mæli að það hafi haft umtalsverð áhrif á stofnstærð. Nýjar yfirgripsmiklar erfðarannsóknir hafa dregið í efa fyrri ályktanir að í Norður Atlantshafi væru a.m.k. þrjár stofnar hrefna, og benda til að allt eins gæti verið um einn stofn að ræða (IWC 2014). Hrefnan heldur sig að mestu á grunnsævi á sumrin, en talsverðar sveiflur hafa verið í fjölda hrefna á íslenska landgrunnssvæðinu frá því að talningar hófust árið 1987 (4. mynd). Fjöldinn jókst talsvert milli 1987 og 2001, en minnkaði aftur 2007 og enn frekar í aukatalningu árið 2009. Þá var fjöldinn metinn innan við 10.000 hrefnur, sem er innan við fjórðungur þess sem var árið 2001. Fækkun var allt í kringum landið, en mest við suður- og suðvesturströndina (5. mynd). Þótt endurupptaka hrefnuveiða árið 2003 og fælingarmáttur hvala-skoðunar (Christiansen o.fl. 2013) hafi verið nefndar í þessu sambandi, er skýringar á þessari fækkun frekar að að finna í þeim miklu umhverfisbreytingum sem orðið hafa í hafinu við Ísland frá því fyrir aldamót (Ólafur Ástþórsson o.fl. 2007, Héðinn Valdimarsson o.fl. 2012). Stofn sandsílis við Ísland hefur minnkað mikið á undanförunum áratugum (6. mynd) með alvarlegum afleiðingum fyrir sjófgula og fleiri afræningja (Valur Bogason og Kristján Lillendahl 2009,



5. mynd. Samanburður á þéttleika (fjöldi dýra/sml²) hrefna við Norður- og Suðurland á tveimur tímabilum: 1986-2001 og 1007-2009. Sjá nánar í Gísli Víkingsson o.fl. (2015).

Figure 5. Comparison of changes in densities (number of animals/nm²) of common minke whales in northern and southern coastal Icelandic waters, 1986-2001 and 1007-2009. From Víkingsson et al. (2015).



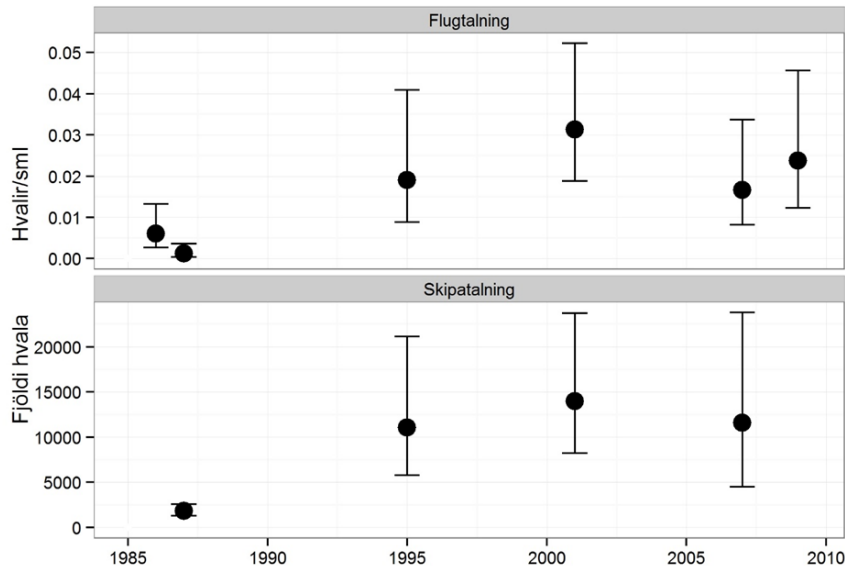
6. mynd. Meðalfjöldi sandsíla í ýsumögum sem safnað var í stofnmælingaleiðöngnum (togararalli) Hafrannsóknastofnunar 1997-2010. Línan sýnir niðurstöður LOESS staðbundinnar aðhvarfsgreiningar þar sem skyggða svæðið táknar 95% öryggisbil.

Figure 6: Mean number of sand eel in haddock stomachs analyzed in the Icelandic groundfish survey 1997-2010. A LOESS smoother has been fitted to the time series, shown with 95% confidence intervals.

Kristján Lilliendahl o.fl. 2013) og sumarútbreiðsla loðnu (*Mallotus villosus*) hefur hnikast til norðurs og vesturs upp að strönd Grænlands að sumarlagi (Ólafur K. Pálsson o.fl. 2012). Fæðuvistfræðilegar rannsóknir hafa sýnt að sandsíli (*Ammodytidae spp*) var mikilvægasta fæða hrefnu við suðurströnd Íslands og í Faxaflóa og að loðna var mikilvægur hluti fæðunnar fyrir norðan ásamt ljósátu (Gísli A. Víkingsson o.fl. 2014). Minnkandi aðgengi hrefnu að þessum fæðutegundum á landgrunninu á seinni árum leiddi til breyttrar fæðusamsetningar, með hærra hlutfalli síldar (*Clupea harengus*), ýsu (*Melanogrammus aeglefinus*) og þorsks (*Gadus morhua*) en áður. Rannsóknir hér við land og annars staðar hafa sýnt að hrefnan nýtir sér fjölbreyttari fæðu en aðrir skíðishvalir (Gísli A. Víkingsson o.fl. 2014, Haug o.fl. 2002) og hefur það gert henni kleift að bregðast við ofangreindum umhverfisbreytingum að hluta til með breyttu fæðuvali. Meginviðbrögðin virðast þó hafa falist í breyttri útbreiðslu innan stofnsvæðisins sem lýsir sér m.a. í mikilli fækkun á landgrunnsvæði Íslands. Í talningunum 2007 var ekki merkjanleg aukning í fjölda hrefna á öðrum svæðum, en því miður tókst ekki að telja á stórum svæðum norðan Íslands og við austurströnd Grænlands vegna veðurs. Því ríkir enn talsverð óvissa varðandi þessar breytingar á útbreiðslu hrefnu, og er þess vænst að komandi talningar varpi frekara ljósi á þær.

Hnúfubakur (*Megaptera novaeangliae*)

Hnúfubakur var sjaldséður við Ísland og annars staðar í Norður Atlantshafi langt fram eftir 20. öldinni, enda hafði tegundin verið ofveidd fyrr á öldum og fram að hvalveiðibanninu 1915. Ólíkt langreyði hafði hnúfubaksstofninn ekki vaxið að marki þegar hvalveiðar hófust



7. mynd. Þróun í fjölda hnúfubaka við Ísland 1986-2009. Þéttleiki (fjöldi séður á sjómílu) í flugtalningum yfir landgrunninu (efri mynd). Metinn heildarfjöldi á Mið Norður Atlantshafssvæðinu skv. skipatalningum. Lóðréttar línur tákna 95% örygismörk.

Figure 7. Humpback whale abundance 1986-2009. Sightings rates (animals/nm) in the Icelandic continental shelf area (upper). Estimated total abundance in the Central North Atlantic (lower). 95% confidence intervals are shown.

að nýju árið 1948 og var tegundin friðuð sérstaklega af Alþjóðahvalveiðiráðinu árið 1956. Talningar um borð í hvalveiðiskipum á tímabilinu 1979-1988 bentu til að vaxtar í stofninum (Jóhann Sigurjónsson og Þorvaldur Gunnlaugsson 1990), en í fyrstu NASS talningunum árið 1987 var stofninn þó metinn innan við 2.000 dýr. Eftir það fjölgaði hnúfubak hratt við landið og hefur fjöldinn verið metinn 11.000-14.000 á tímabilinu 1995-2007 (7. mynd). Ekki er vitað hvað veldur þessari miklu fjölgun, eftir svo langt tímabil stöðnunar. Fæðuvistfræði hnúfubaks er mun verr þekkt en langreyðar og hrefnu sem hafa verið aðgengilegri til rannsókna á magainnihaldi. Athuganir á atferli í yfirborði sjávar benda þó til að hnúfubakar éti bæði ljósátu og uppsjávarfisk hér við land. „Haustfar“ hnúfubaks til suðrænni slóða virðist hefjast seinna hjá hnúfubak en öðrum skíðshvölum. Oft hefst farið ekki fyrr en eftir áramót og líklega hefur einhver hluti stofnsins vetursetu við Ísland. Á veturna er hnúfubakar algengur á loðnumiðum og fylgir gjarnan hrygningagöngu loðunnar við litla hrifningu sjómanna enda ekki óalgengt að hnúfubakar lendi inni í loðnunótum með tilheyrandi tjóni á afla og veiðarfærum. Hin mikla aukning í fjölda hnúfubaka við Ísland undir lok 20. aldar er ekki auðskýrð með tilvísun í fæðuvistfræði tegundarinnar. Athyglisvert er að svipuð óútskýrð fjölgun hefur átt sér stað meðal hnúfubaksstofna víðs vegar um heiminn undanfarna áratugi. Nýlegar rannsóknir hafa sýnt að á veturna gefa hnúfubakar hér við land frá sér hljóð (söng) svipuð þeim sem tengd hafa verið æxlunaratferli á vetrarstöðvum tegundarinnar í Karíbahafi (Elísabet E. Magnúsdóttir

o.fl. 2014). Óvíst er hvort þessum söngvum fylgi raunverulegt æxlunaratferli, en sé svo, er hér um áður óþekkt æxlunarsvæði hnúfubaks að ræða og gæti það hugsanlega tengst stofnþróun undanfarinna áratuga.

Steypireyður (*Balaenoptera musculus*)

Steypireyðarstofninn hefur ekki jafnað sig á ofveiðunum kringum aldamótinn 1900 á sama hátt og hin náskylda langreyður. Nokkur fjölgun hefur þó orðið á talningatímabilinu 1987-2007, einkum úti fyrir norðausturlandi (Pike o.fl. 2009). Fyrir aldamótin 2000 kom steypireyður reglulega inn Kolluál og hélt sig grunnt undan Snæfellsnesi um mitt sumar. Þessi hegðun steypireyðarinnar var svo reglubundin að starfrækt var hvalaskoðunarfyrirtæki í Ólafsvík sem gerði sérstaklega út á tegundina. Um aldamótin fór steypireyðum fækkandi á svæðinu, og voru orðnar mjög sjaldséðar þar árið 2004 sem varð til þess að hvalaskoðun hætti á svæðinu (Pétur Ágústsson munnl. uppl.). Á sama tíma fór steypireyði fjölgandi á Skjálfandaflóa og hefur verið þar árviss gestur síðan. Athugun á ljósmyndasafni Hafrannsóknastofnunar hefur leitt í ljós að þar er a.m.k. að hluta um sömu einstaklinga að ræða og áður vöndu komur sínar til Snæfellsness. Af talningunum, ljósmyndum og gögnum frá hvalaskoðunarfyrirtækjunum má því ráða að frá aldamótum hafi orðið hliðrun til norðurs í útbreiðslu steypireyðar við landið.

Niðurlag

Hér hefur einungis verið lauslega tæpt á breytingum nokkurra hvalategunda á íslensku hafsvæði undanfarna áratugi og velt upp hugsanlegum skýringum. Hlýnun sjávar virðist hafa valdið umtalsverðum breytingum í neðri lögum vistkerfisins sem síðan hafa áhrif á efri þrep kerfisins. Mikil fækkun hrefnu á landgrunnssvæði Íslands frá aldamótum virðist tengjast minna aðgengi mikilvægra fæðutegunda s.s. sandsílis, loðnu og ljósátu. Þótt hrefnan hafi brugðist við þessu með hlutfallslega aukinni neyslu á síld og þorskfiskum virðist sem meginviðbrögðin við breytingunum felist í breyttri útbreiðslu innan stofnsvæðisins. Hugsanlegt er að hrefnan hafi að einhverju leyti flutt sig að austurströnd Grænlands í kjölfar breytinga á sumarútbreiðslu loðnu. Breytingar í fjölda og útbreiðslu langreyðar væri nærtækast að skýra með hliðsjón af mikilvægustu fæðunni, ljósátu, en gagnaskortur hamlar þó mjög slíkum samanburði þar sem nánast engin gögn liggja fyrir um magn ljósátu á aðalútbreiðslu-svæði langreyðar vestur af landinu. Fyrirliggjandi gögn um minnkun ljósátumagns sunnan þess svæðis, ásamt lauslegum athugunum um borð í hvalveiðiskipum, gætu þó bent til að skortur á ljósátu ætti þátt í nýlegum breytingum á útbreiðslu og fæðu langreyðar. Fæðuval steypireyðar er nánast einskorðað við ljósátu, og gæti ljósátuskortur við Vesturland skýrt hliðrun á útbreiðslu tegundarinnar til Norðausturlands. Erfitt er að skýra mikla fjölgun hnúfubaks undanfarna áratugi með hliðsjón af fæðuframboði.

Mikilvægt er að áfram verði fylgst með breytingum í útbreiðslu og stofnstærð hvala á Norður Atlanhafi með reglubundnum talningum.

Slíkar rannsóknir eru ekki eingöngu mikilvægasta undirstaða ákvarðanatöku um verndun og nýtingu einstakra tegunda heldur gefa þær einnig mikilvægar upplýsingar um þær miklu breytingar sem nú eiga sér stað í lífríki hafsins. Næstu NASS talningar eru fyrirhugaðar sumarið 2015 í samvinnu við Grænlandinga, Færeyinga og Norðmenn.

Heimildir

- Christiansen, F., Rasmussen, M. og Lusseau, D. 2013. Whale watching disrupts feeding activities of minke whales on a feeding ground. *Marine Ecology Progress Series* 478: 239–251.
- Edda E. Magnúsdóttir, Rasmussen, M.H., Lammers, M.O. og Jörundur Svavarsson 2014. Humpback whale songs during winter in subarctic waters. *Polar Biology* 37: 427–433.
- Gísli A. Víkingsson, Bjarki Þ. Elvarsson, Droplaug Ólafsdóttir, Jóhann Sigurjónsson, Chosson, V. og Galan, A. 2014. Recent changes in the diet composition of common minke whales (*Balaenoptera acutorostrata*) in Icelandic waters. A consequence of climate change? *Marine Biology Research* 10: 138–152.
- Gísli A. Víkingsson og Héðinn Valdimarsson 2006. Hvalir og umhverfisþættir. *Haf-rannsóknastofnunin. Fjölrit* 125: 30–33.
- Gísli A. Víkingsson, Pike, D., Schleimer, A., Héðinn Valdimarsson, Þorvaldur Gunnlaugsson, Silva, T., Bjarki Þ. Elvarsson, Mikkelsen, B., Øien, N., Desportes, G., Valur Bogason og Hammond P.S. 2015. Distribution, abundance and feeding ecology of baleen whales in Icelandic waters: have recent environmental changes had an effect? *Frontiers in Ecology and Evolution* 3: 1–18. doi:10.3389/fevo.2015.00006.
- Haug, T., Lindstrøm, U. og Nilssen, K.T. 2002. Variations in Minke Whale (*Balaenoptera acutorostrata*) Diet and Body Condition in Response to Ecosystem Changes in the Barents Sea. *Sarsia* 87: 409–422.
- Héðinn Valdimarsson, Höskuldur Björnsson og Kristinn Guðmundsson 2004. Breytingar á ástandi sjávar á Íslandsmiðum og áhrif þeirra á lífríkið. *Haf-rannsóknastofnunin. Fjölrit* 116: 23–28.
- Héðinn Valdimarsson, Ólafur S. Ástþórsson og Jónbjörn Pálsson 2012. Hydrographic variability in Icelandic waters during recent decades and related changes in distribution of some fish species. *ICES Journal of Marine Science* 69: 816–825.
- Jóhann Sigurjónsson og Þorvaldur Gunnlaugsson 1990. Recent trends in abundance of blue (*Balaenoptera musculus*) and humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) off west and southwest Iceland, with a note on occurrence of other cetacean species. *Reports of the International Whaling Commission* 40: 537–551.
- Kristján Lillendahl, Erpur S. Hansen, Valur Bogason, Marínó Sigursteinsson, Margrét L. Magnúsdóttir, Páll M. Jónsson, Hálfðán H. Helgason, Gísli J. Óskarsson, Pálmi F. Óskarsson og Óskar J. Sigurðsson 2013. Viðkomubrestur lunda og sandsílis við Vestmannaeyjar. *Náttúrufræðingurinn* 83: 65–79.
- Lockyer, C. og Pike, D.G. (ritstj.) 2009. North Atlantic Sightings Surveys 1987–2001. Counting Whales in the North Atlantic. Tromsø: *NAMMCO Scientific Publications* 7.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason og Steingrímur Jónsson 2007. Climate variability and the Icelandic marine ecosystem. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 54: 2456–2477.
- Ólafur S. Ástþórsson, Héðinn Valdimarsson, Ásta Guðmundsdóttir og Guðmundur J. Óskarsson 2012. Climate-related variations in the occurrence and distribution of mackerel (*Scomber scombrus*) in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science* 69: 1289–1297.
- Ólafur K. Pálsson, Sveinn Sveinbjörnsson, Héðinn Valdimarsson, Ástþór Gíslason og Hjálmar Vilhjálmsson 2012. Lífshættir loðnu í Íslandshafi. *Hafrannsóknir* 16: 119–132.
- Pike, D. G., Gísli A. Víkingsson, Þorvaldur Gunnlaugsson, og Øien, N. 2009. A note on the distribution and abundance of blue whales (*Balaenoptera musculus*) in the Central and Northeast North Atlantic. *NAMMCO Scientific Publications* 7: 19–29.

- Silva, T., Ástþór Gislason, Licandro, P., Guðrún Marteinsdóttir, Ferreira, A.S.A., Kristinn Gudmundsson og Ólafur S. Ástþórsson 2014. Long-term changes of euphausiids in shelf and oceanic habitats southwest, south and southeast of Iceland. *Journal of Plankton Research* 36: 1262–1278.
- Trausti Einarsson 1987. *Hvalveiðar við Ísland 1600-1939*. Reykjavík. Bókaútgáfa Menningarsjóðs.
- Valur Bogason og Kristján Lilliendahl 2009. Rannsóknir á sandsíli. *Hafrannsóknir* 145: 36–41.

MÆLING Á NÁTTÚRULEGRI ÁKOMU LÍFRÆNS EFNIS Í ARNARFIRÐI, PATREKSFIRÐI OG TÁLKNAFIRÐI *FLUX OF ORGANIC MATTER IN ARNARFJÖRÐUR, PATREKS- FJÖRÐUR AND TÁLKNAFJÖRÐUR*

Sólveig R. Ólafsdóttir¹, Alice Benoit-Cattin¹ og Jón Örn Pálsson²
¹Hafrannsóknastofnun, ²Fjarðalax

Ágrip

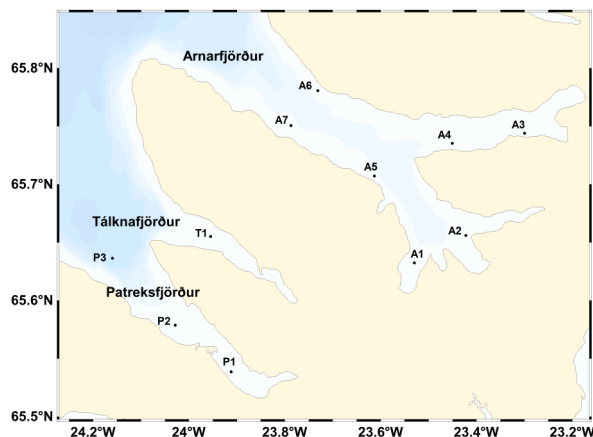
Lóðrétt flæði lífræns efnis var mælt í þremur fjörðum á sunnanverðum Vestfjörðum sumarið 2014. Setgildrum var komið fyrir 3 metrum fyrir ofan botninn og efnasamsetning setsins sem í þær safnaðist var mæld. Niðurstöðurnar sýndu fremur hátt flæði lífræns kolefnis eða frá 60 til 154 g C m⁻² ár⁻¹.

Abstract

Flux of organic matter was measured in three fjords in the Westfjords in Iceland in 2014. Sediment traps were positioned 3 meters above the bottom and the chemical composition of the sampled sediment was analysed. The results show rather high flux of organic carbon or from 60 to 154 g C m⁻² yr⁻¹.

Inngangur

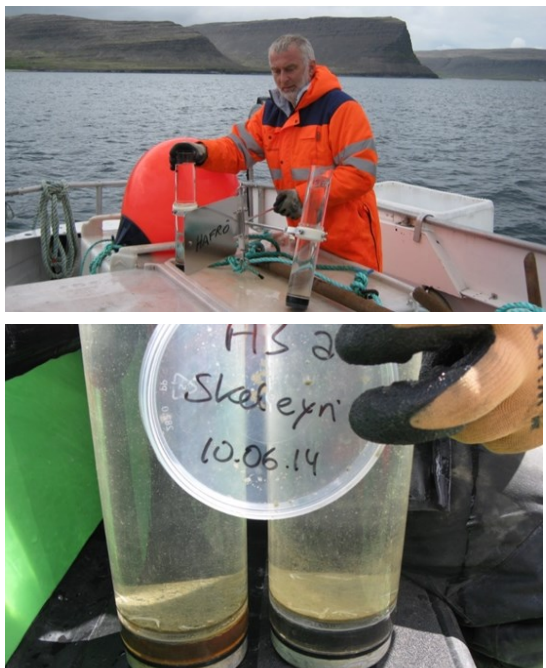
Ákoma lífræns efnis á botn fjarða eða annarra grunnsvæða er mikilvæg stærð í flest öllum líkönum sem meta áhrif fiskeldisstarfsemi á súrefnisbúskap og botndýralíf. Uppruni lífræns efnis í sjó er fyrst og



1. mynd. Staðsetningar setgildrustöðva á sunnanverðum Vestfjörðum árið 2014.

Figure 1. Positions of sediment trap stations in the Westfjords in 2014.

fremst vegna vaxtar svifþörungna í yfirborðslögum sjávar. Dýrasvíf nýtir hluta svifþörungaframleiðslunnar sér til vaxtar en hluti svifþörungna og lífræns efnis úr dýrum fellur til botns og nýtist þar sem fæða fyrir dýr eða er umbreytt í ólífræn efni af örverum. Við síðast nefnda ferlið eyðist súrefni úr botnsjónum. Upplýsingar um magn þess lífræna efnis sem sest á botninn eru hins vegar af skornum skammti við Ísland. Því var á árinu 2014 gerð rannsókn í Arnarfirði og Patreks- og Tálknafirði þar sem markmiðið var að rannsaka flæði kolefnis og köfnunarefnis niður á botn.



2. mynd. Efri myndin sýnir setgildru sem verið er að gera klára og sú neðri sýnir endurheimtar setgildir frá stöð A1 á fyrsta söfnunartímabilinu. (Myndir: Búi Bjarnason og Elísabet Kjartansdóttir).

Figure 2. Sediment trap before deployment (upper figure) and a recovered sediment trap from station A1 from the first deployment (lower figure). (Photos: Búi Bjarnason and Elísabet Kjartansdóttir).

Sýnasöfnun

Setgildrurnar sem notaðar voru í þessari rannsókn eru frá KC Denmark A/S. Þær eru gerðar úr tveimur PVC plasthólkum sem eru 72 mm í þvermál sem komið er fyrir á grind þannig að ætíð er safnað tvöföldu sýni. Í gildrurnar safnast efni sem hripar niður til botns. Alls var komið fyrir 11 setgildrum í fjörðunum. Nákvæmar staðsetningar og dýpi á söfnunarstöðvum er að finna í töflu 1. Sjö gildir voru í Arnarfirði og þrjár í Patreksfirði og ein Tálknafirði (1. mynd, tafla 1).

Gildrunum var komið fyrir um 3 m frá botni þar sem hættu var talin að upprót frá botni geti haft áhrif ef þær eru settar niður nær botni. Seti var safnað á þennan hátt á allt að 6 tímabilum frá maí 2014 og fram á haust. Söfnunartímabilin voru frá 30 til 48 dagar (tafla 2). Engin merki um rotnun sáust í sýnunum.

Tafla 1. Staðsetningar, stöðvaheiti, merki og botndýpi á setgildrustöðvunum. A merkir stöðvar í Arnarfirði, P stöðvar í Patreksfirði og T stöð í Tálknafirði.

Table 1. Position, name, label and bottom depth of the sediment trap stations. A stands for Arnarfjörður, P stands for Patreksfjörður and T stands for Tálknafjörður.

Merki	Stöðvarheiti	Norðurhnit	Vesturhnit	Dýpi (m)
A1	Fossfjörður	65°37,95	23°30,46	72
A2	Trostansfjörður	65°39,36	23°25,35	78
A3	Borgarfjörður, Skeleyri	65°44,64	23°17,99	86
A4	Borgarfjörður, Lauganes	65°44,12	23°27,04	87
A5	Útan við Bíldudal	65°42,43	23°36,80	81
A6	Út af Álftamýri	65°46,84	23°43,88	85
A7	Út af Feigsdalur	65°45,04	23°47,24	81
P1	Patreksfjörður, Hvalsker	65°32,33	23°54,74	49
P2	Patreksfjörður, Vatnsdalur	65°34,73	24°01,72	58
P3	Patreksfjörður, Hænuvík	65°38,19	24°09,59	54
T1	Tálknafjörður, Bakki	65°39,31	23°57,30	59

Tafla 2. Tímatafla yfir útsetningu og vitjanir setgildranna. T(dagar) stendur fyrir söfnunartímabilin milli útsetningar og vitjunar og er breytilegur eftir stöðvum.

Table 2. Time schedule for deployment and recovery of the sediment traps. T represents the period of time in days between the deployment and the recovery and varies according to the station.

Stöð	Fyrsta	T1	Fyrsta	T2	Önnur	T3	Þriðja	T4	Fjórða	T5	Fimmta	T6
A1	2. maí	39	10. jún	35	15. júl	38	22. ágú	32	23. sep	31	24. okt	34
A2	2. maí	39	10. jún	35	15. júl	38	22. ágú	32	23. sep	31	24. okt	
A3	2. maí	39	10. jún	35	15. júl	38	22. ágú					
A4	2. maí	39	10. jún	35	15. júl	38	22. ágú					
A5	2. maí	39	10. jún	35	15. júl							
A6	2. maí	39	10. jún	35	15. júl	48	1. sep					
A7	2. maí	39	10. jún	35	15. júl	38	22. ágú					
P1	12. maí	33	14. jún	30	14. júl	40	23. ágú					
P2	12. maí	33	14. jún	30	14. júl	40	23. ágú					
P3	12. maí	33	14. jún	30	14. júl	40	23. ágú					
T1	12. maí	33	14. jún	30	14. júl	40	23. ágú					

Þegar gildrurnar voru tæmdar var fleytt ofan af þeim mesta sjónum, setið svo fært í hreina plastdós og gildran síðan skoluð tvisvar sinnum með yfirborðssjó af söfnunarstað til að ná öllu setinu úr. Sýnin voru svo fryst.

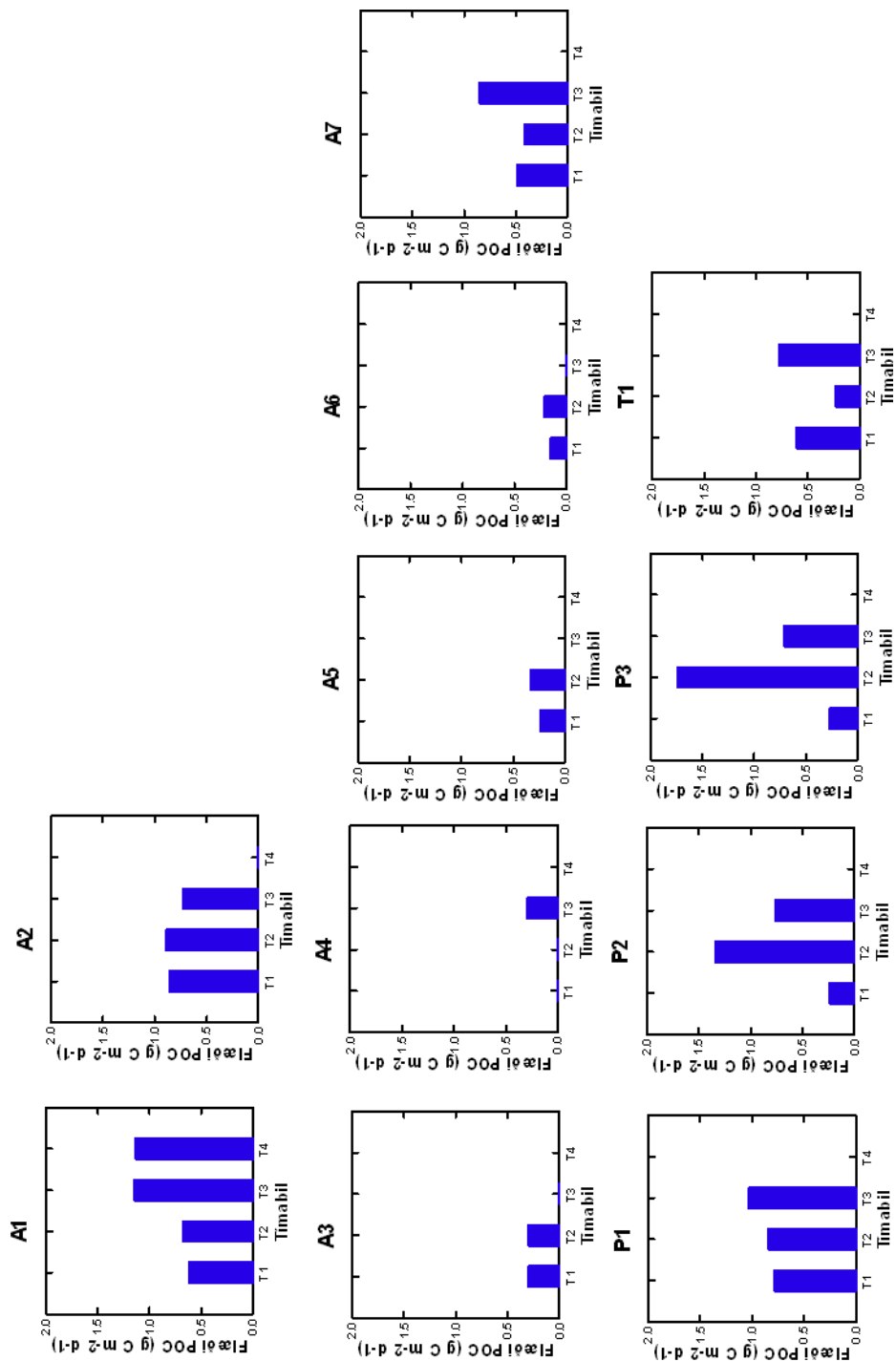
Sýnavinnsla og mælingar

Á rannsóknastofu voru sýnin þídd og þynnt að 500 ml með eimuðu vatni. 6 ml skammtur af einsleitru hlutsýni var svo tekinn með 10 ml Eppendorf pípettu og síaður ($P=0,2$ bör) á GF/F síu sem hafði áður verið glædd við 450°C í 1 klst og forvigtuð. Ef einhverjar lífverur sáust á síunni voru þær fjarlægðar með pinsettu. Ein sía var notuð til ákvörðunar á bæði heildarmagni agnabundins efnis (total particulate matter, TPM) og heildarmagni lífræns efnis (particulate organic matter, POM). Annað hlutsýni var síðan síað á sama hátt og sían notuð til ákvörðunar á agnabundnu lífrænu kolefni (particulate organic carbon, POC) og agnabundnu lífrænu köfnunarefni (particulate organic nitrogen, PON). TPM-POM sían var hreinsuð þrisvar sinnum með 6 ml af eimuðu vatni. TPM var ákvarðað með því að vigta síuna eftir að hún hafði verið þurrkuð í 2 klst við 70°C og POM var ákvarðað með því þyngdartapi sem varð þegar sían var glædd við 450°C í 6 klst. POC-PON sían var hreinsuð þrisvar sinnum með 2 ml af Na_2SO_4 lausn (45 g l^{-1}). POC-PON var ekki mælt í sýnum af seinustu tveimur tímabilunum. Öllum aðferðum er lýst í Aminot og Kérouel (2004). Lífrænt kolefni og köfnunarefni var mælt hjá Institut for Bioscience, Aarhus Universitet, Roskilde, Danmörku með CHN greini.

Niðurstöður

Niðurstöður allra mælinganna, reiknað sem flæði á dag, má finna í töflu 3.

Heildarmagn agnabundins efnis, TPM, mældist frá $1,3\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ til $20,0\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$ og var meðaltalið um $8\text{ g m}^{-2}\text{ d}^{-1}$. Agna-



3. mynd. Flæði lífræns kolefnis ($\text{g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$) á hverri stöð á rannsóknatímabilinu.

Figure 3. Organic carbon flux ($\text{g C m}^{-2} \text{d}^{-1}$) for all stations during the sampling period.

bundið lífrænt efni, POM, mældist frá $0,5 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ til $2,7 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ og var meðaltalið um $1,3 \text{ g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Línulegt samband er á milli POM og TPM og er því lýst með jöfnunni $\text{POM}=0,10*\text{TPM}+0,5$ ($n=37$, $r^2=0,79$). Þrjú mæligildi skera sig einkum úr en þau eru öll frá fyrsta tímabilinu og eru frá stöðvum A1, P1 og T1, innst í fjórðunum, og eiga það sammerkt að hlutfallslega meira er af POM, lífræna efninu, en í öðrum sýnum í þessari rannsókn.

Tafla 3. Flæði ($\text{g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) á heildarmagni agnabundins efnis (total particulate matter, TPM), heildarmagni lífræns efnis (particulate organic matter, POM), agnabundins lífræns kolefnis (particulate organic carbon, POC) og agnabundins lífræns köfnunar-efnis (particulate organic nitrogen, PON) fyrir öll söfnunartímabilin.

Table 3. Fluxes ($\text{g m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) of TPM (Total Particulate Matter), POM (Particulate Organic Matter), POC (Particulate Organic Carbon) and PON (Particulate Organic Nitrogen) for the different periods of deployment.

	T1				T2				T3				T4				T5	
	TPM	POM	POC	PON	TPM	POM	POC	PON	TPM	POM	POC	PON	TPM	POM	POC	PON	TPM	PON
A1	5,59	1,76	0,62	0,08	10,70	1,64	0,68	0,07	17,99	2,10	1,15	0,11	16,76	2,05	1,13	0,11	16,34	2,01
A2	8,82	1,78	0,86	0,11	12,84	1,90	0,89	0,09	10,40	1,37	0,73	0,06	13,66	1,73			13,57	2,01
A3	3,20	0,76	0,30	0,03	3,48	0,73	0,30	0,03	4,55	0,70								
A4	2,70	0,79			2,60	0,58			3,69	0,62	0,29	0,03						
A5	3,94	0,94	0,24	0,03	5,79	0,91	0,33	0,04										
A6	2,65	0,55	0,15	0,02	3,25	0,61	0,21	0,02	2,84	0,58		0,14						
A7	6,72	1,26	0,49	0,05	11,49	1,87	0,42	0,06	10,31	1,62	0,85	0,09						
P1	5,54	1,95	0,78	0,11	9,72	1,64	0,84	0,09	11,33	1,97	1,03	0,11						
P2	1,36	0,56	0,24	0,03	15,25	2,39	1,34	0,14	7,80	1,36	0,76	0,08						
P3	3,16	0,59	0,27	0,03	19,96	2,63	1,74	0,16	7,60	1,30	0,71	0,08						
T1	4,16	1,77	0,61	0,08	5,94	1,09	0,23	0,03	8,88	1,38	0,78	0,08						

Flæði POC, lífræns kolefnis, var á bilinu $0,15 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ til $1,7 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Flæði kolefnis á mælitímabilunum á hverri stöð fyrir sig er sýnt á 3. mynd. Minnst var flæðið á stöðvum A3-A6 í Arnarfirði eða á bilinu $0,15\text{-}0,30 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ en Suðurfirðir Arnarfjarðar (stöðvar A1 og A2) skera sig úr öðrum stöðvum í Arnarfirði hvað varðar hátt flæði. Á stöðvum P2 og P3 sem voru utarlega í Patreksfirði kom fram greinilegt hámark á tímabili 2 þar sem flæðið var $1,34$ og $1,74 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

Hlutfall POC í sýnunum var hæst og breytilegast á fyrsta söfnunartímabilinu frá 10. maí til 10. júní, eða frá $6\text{-}18 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ og meðaltalið var $10 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Seinni hluta söfnunartímabilsins var hlutfall POC í sýnunum lítið breytilegt milli stöðvanna allra og var hlutfallið á bilinu $4\text{-}10 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ og meðaltalið var $7\pm 2 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Línulegt samband var milli POC og TPM. Samband POC og PON var einnig línulegt og má lýsa með jöfnunni $\text{PON}=0,095*\text{POC}+0,04$ ($n=29$, $r^2=0,94$) en C/N hlutfallið var $9,8$.

Við mat á árlegu flæði kolefnis þarf að áætla flæðið um vetur þar sem mælingar tóku ekki til vetrarmánaðanna. Hér er gert ráð fyrir að það hafi verið $0,1 \text{ g C m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ (sjá t.d. Kutti o.fl. 2008) en að flæðið í september (söfnunartímabil 4) hafi verið það sama á öllum stöðvum og mældist þar á söfnunartímabilinu á undan. Þannig fæst að flæðið var á bilinu $60\text{-}154 \text{ g C m}^{-2} \text{ ár}^{-1}$ þar sem stöðvar A3-A6 skera sig úr með lágt flæði eða $60 \text{ g C m}^{-2} \text{ ár}^{-1}$ en á hinum stöðvunum var það á bilinu $110\text{-}154 \text{ g C m}^{-2} \text{ ár}^{-1}$. Ekki eru til gögn um POC fyrir seinustu söfnunartímabilin.

Umræða

Á söfnunartímanum var eldislax í fjörðunum eða um 500 tonn í kvíum í Fossfirði og í Patreksfirði, og 2000 tonn í kvíum í Tálknafirði. Staðsetningar setgildrulagnanna voru valdar þannig að gildrurnar væru langt frá fiskeldiskvíum en stöð A1 var næst kvíum eða um 1,5 km. Sambærilegar rannsóknir hafa sýnt að úrgangur frá kvíum berst vart meira en 500 m frá kvíastæðum (Kutti o.fl. 2007). Þá var efnasamsetning efnisins sem í gildrurnar safnaðist lítt breytileg og má af þessu telja að úrgangur frá fiskeldi hafi ekki komið í gildrurnar í þessari rannsókn. Gildrurnar voru einungis 3 metra yfir botni og söfnunartímabilin voru löng en það eykur líkurnar á því að upprót frá botni geti haft áhrif á niðurstöðurnar en ólíklegt má telja að slík áhrif væru eins milli stöðva. Efnasamsetning var lítt breytileg eins og fyrr segir sem bendir ekki til þess að upprót hafi verið verulegt.

Nokkur breytileiki var á flæði lífræns kolefnis milli stöðvanna í rannsókninni þar sem stöðvar A3-A6 í Arnarfirði höfðu um helmingi lægra flæði kolefnis heldur en aðrar stöðvar. Gildin á árlegu flæði lífræns kolefnis til botnsins sem mælast í þessari rannsókn eru af svipaðri stærðargráðu og mælst hefur annars staðar. Í Uggdalsfirði í Noregi var árlegt flæði POC 40,4 g C m⁻² (Kutti o.fl. 2007) en í Fanefirði í Noregi mældist það 110 g C m⁻² (Wassmann 1991) og við Austervoll í Noregi 145 g C m⁻² (Aure o.fl. 1988). Í Kaldbakfirði í Færeyjum mældist flæðið 0,5 g C m⁻² d⁻¹ á tímabilinu júní til september (Norði o.fl. 2011) sem umreiknast sem 80 g C m⁻² ár⁻¹ með sömu forsendum og hér eru notaðar. Ákoma lífræns efnis á botn fjarða er mikilvæg stærð í flestöllum líkönum sem meta áhrif fiskeldisstarfsemi á súrefnisbúskap og botndýralíf og það flæði lífræns kolefnis til botns á rannsóknasvæðinu sem hér mældist var töluvert hærra en þau staðalgildi sem algeng eru í líkönum (sjá t.d. http://www.ancylus.net/Filbas/FjordEnv/Manual_FjordEnv_v4_0.pdf).

Þakkir

Verkefnið var styrkt af AVS sjóðnum og einnig af fiskeldisfyrirtækunum Arnarlaxi, Fjarðarlaxi og Dýrfiski, en fyrirtækin lögðu til mannskap og báta sem gerði það kleyft að standa að rannsókninni með þessum hætti. Sérstakar þakkir fá skipstjórar bátanna. Hafsteinn G. Guðfinnsson las handritið og færði margt til betri vegar.

Heimildir

- Aminot A. og Kérouel R. 2004. *Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses*. Ifremer, 336 p.
- Aure, J., Ervik, A.S., Johannessen, P.J. og Ordemann, T. 1988. The environmental effects of sea water fish farms. *Fisken og Havet* 1: 1-94.
- Kutti, T., Ervik, A. og Hansen, P.K. 2007. Effects of organic effluents from a salmon farm on a fjord system. I. Vertical export and dispersal processes. *Aquaculture* 262: 367-381.
- Norði G., Glud R.N., Gaard E. og Simonsen, K. 2011. Environmental impacts of coastal fish farming: carbon and nitrogen budgets for trout farming in Kaldbaksfjørður (Faroe Islands). *Marine Ecology Progress Series* 431: 223-241.
- Wassmann, P. 1991. Dynamics of primary production and sedimentation in shallow fjords and pols of western Norway. *Oceanography and Marine Biology* 29: 87-154.

ALMENNT UM TILGANG OG MARKMIÐ SJÓRANNSÓKNA VIÐ ÍSLAND

ON THE PURPOSE OF HYDROGRAPHIC MONITORING AROUND ICELAND

Héðinn Valdimarsson og Sólveig R. Ólafsdóttir
Hafrannsóknastofnun

Ágrip

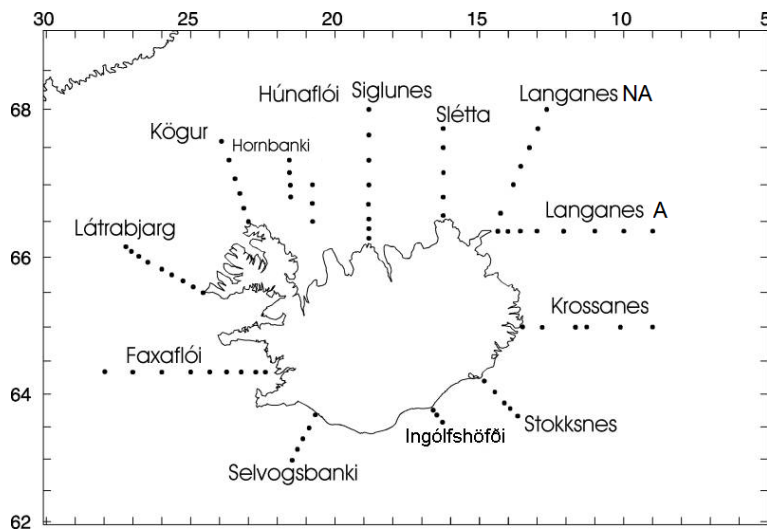
Athuganir á ástandi sjávar umhverfis Ísland hafa staðið samfelld frá um 1950 að vori og frá því eftir 1970 á öðrum ástíðum. Hér er fjallað um hin mismunandi snið fastra mælistöðva og gerð grein fyrir því af hverju sniðin eru þar sem þau eru. Hafstraumar berast að og með landinu og mælingarnar endurspeгла breytingar í þeim.

Abstract

Monitoring of oceanographical parameters such as temperature and salinity has been done continuously since around 1950 in Icelandic waters. The repeated observing stations build up sections around Iceland. The location of these sections is reviewed here and the argumentation for these observations. Ocean currents from different directions lead towards and pass the country and the observations reflect changes in their character.

Hiti og selta sjávar eða ástand sjávar á Íslandsmiðum ræðst af samspili nokkurra þátta. Vindar og veður á miðunum leika þar að sjálf-sögðu stórt hlutverk. Nærliggjandi hafsvæði hafa þó ekki síður mikið að segja hér um og eru Íslandsmið opin fyrir straumum langt úr suðri og norðri, sem eru stór þáttur í miklu orkuflæði á jarðarkúlunni. Til viðbótar staðbundnum veðrabreytingum verða hér breytingar sem ýmist eiga uppruna sinn í norðri eða suðri. Hafísárin voru tími aukins flæðis á pólsjó úr Íshafinu en síðustu tveir áratugir hafa verið tími sterkari einkenna Atlantssjávar umhverfis landið. Það er því tilgangur vöktunar á ástandi sjávar á íslensku hafsvæði að fylgjast að lágmarki með breytingum á þeim svæðum sem gefa okkur hugmynd um úr hvaða átt breytingar koma.

Það má segja að athuganir þær sem nú eru gerðar á ástandi sjávar á endurteknum mælistöðvum eða staðalsniðum sem enn eru framkvæmdar séu lágmarks athuganir til þess að fylgjast með breytingum á hafsvæðinu á stórum skala (1. mynd). Tíðni athugana hefur verið nálægt fjórum sinnum á ári í yfir 40 ár, þó að heldur hafi kvarnast úr á síðustu árum svo sem að athuganir að sumri hafi verið stopullir fyrsta áratug þessarar aldar og að mælistöðvum hefur fækkað nokkuð og að haustmæling á undir högg að sækja. Sýnt hefur verið fram á með líkankeyrslum og samanburði við athuganir á svæðinu umhverfis Færeyjar (Hátún o.fl. 2005a) að lármark sé að athuga fjórum sinnum á ári til þess að ná almennilega utan um veðurfarsbreytingar. *Ljóst er að eftir því sem athugunum innan ársins fækkar þá minnkar upplausn mælingarinnar og lengri tíma þarf til þess að staðfesta breytingar á ástandi sjávar.*



1. mynd. Staðsetningar endurtekinnna mælistöðva sjórannsóknna síðustu ár.

Figure 1. Positions of MRI's repeated hydrography stations the last decade.

Þau snið sem enn eru vöktuð í verkefninu „Ástand sjávar“ eru eins og áður sagði lágmark þess sem þarf til að fylgjast með stórskala breytingum á Íslandsmiðum. Faxaflóasníð sem mælt hefur verið á síðan 1983 varð til við sameiningu á Reykjanessniði og Snæfellsnessniði og greinir breytingar sem berast úr suðri ásamt Selvogsbanka og Stokksnessniði. Jafnframt greinir mæling á þessu sniði breytingar úr suðvestri og úr Grænlandshafi. Þarna hafa einmitt verið, líkt og á öðrum suðursniðum, verulegar hita- og seltu-breytingar á síðustu árum, sem án vafa hafa haft veruleg áhrif á útbreiðslu lífvera á landgrunni Íslands (Héðinn Valdimarsson o.fl. 2005, Hátún o.fl. 2005b, Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 2007, Jón Sólmundsson o.fl. 2010, Héðinn Valdimarsson o.fl. 2012, Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 2012). Látrasnið hefur verið nýtt til styrkingar við Faxaflóasníð og er jafnframt athugun á útbreiðslu hlýsjávarins til vesturs út í Grænlandssund. Þetta snið hefur einnig verið notað til mats á ferskvatni sem streymir með landi eða strandstraumi. Látrasnið er jafnframt eina sniðið sem gefur mælingu á stöðu yfirfallssjávar í Grænlandssundi og hefur tengst straummælingum í sundinu. Sundið er sá staður við Ísland þar sem við höfum tekið þátt í beinum athugunum á hinu „stóra færibaldi“ sem oft er nefnt í tengslum við loftlagsbreytingar (Jochumsen o.fl. 2012).

Kögursnið á sér langa sögu en hefur oft verið erfitt til mælinga vegna hafíss sem einmitt er mælikvarði á hve breytilegar aðstæður geta verið. Ásamt Látrasniði hefur það verið notað til þess að meta flæði Atlantssjávar inn á Norðurmið. Á undanförunum árum hafa niðurstöður mælinga frá þessu sniði verið þær einu sem gefið hafa nálgun við sjógerðir úr norðri og var meðal annars grunnur að skýringum varðandi breyttar göngur loðnu til norðurs í vestanverðu Íslandshafi (Ólafur K. Pálsson o.fl. 2012).

Hafnar voru mælingar á Hornbankasniði þar sem þar voru taldar betri aðstæður til straummælinga á innflæði Atlantssjávar inn á

Norðurmið en á Kögursniði vegna minni hafss. Gögn frá þessum þremur sniðum, Látra- Kögur- og Hornbankasniðum, ásamt mælingum á straumi hafa jafnframt verið nýtt til að meta flæði inn og út úr Norðurhöfum og þannig oftast tengst ESB styrktum veðurfars verkefnum. Innflæði hlýsjávar inn á Norðurmið hefur að sjálfsögðu mikla þýðingu fyrir lífverur fyrir norðan landið (Steingrímur Jónsson og Héðinn Valdimarsson 2012).

Húnaflóasnið er að mestu horfið úr athugunum en lengi var þó haldið í 2-3 stöðvar á gamla sniðinu vegna áhrifa inn álana fyrir Norðvesturlandi, jafnframt sem það virkar sem lágmarkstenging milli Hornbanka og Siglunessniðs.

Siglunessnið er nánast vísitala fyrir umhverfisástand á Norðurmiðum og er ein lengsta tímaröð mælinga sem til er við landið, frá um 1950, og er upphaf reglulegra mælinga að rekja til síldarleitar fyrir norðan síðla vors. Mælingar á Melrakkasléttusniði hafa, vegna sparnaðar, eingöngu verið gerðar að vori síðari árin. Langanes NA gefur fyrstu mynd af ástandi í Austur-Íslandsstraumi og stöðu hinnar svonefndu „köldu tungu“ og tengist því verulega mögulegum síldargöngum. Sama gildir um Langanes A sem er einna helst að gefa upplýsingar um ástandið á Austurmiðum og síldar-, loðnu- og kolmunnaslóð. Gögn úr þessum mælingum hafa verið nýtt í fjölda vísindagreina og mynda þannig grunn þekkingar sem við höfum á vistkerfinu á þessum slóðum.

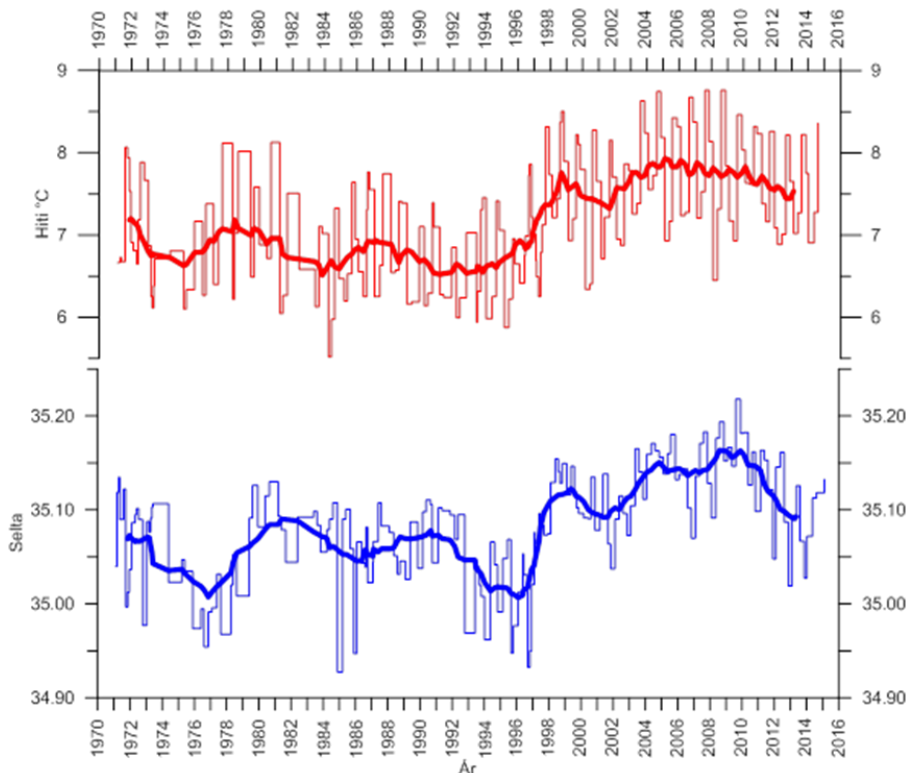
Krossanessnið er oft er á skilum hlýsjávar að sunnan og kaldsjávar að norðan og er oft erfitt að greina sem tímaröð af þeim sökum. Sniðið er þó mikilvæg styrking á þeirri láréttu mynd af útbreiðslu sjógerða sem helst þarf að vera til þessa að hafa grófa mynd af umhverfinu auk þess sem innstu og yst stöðvar sniðsins greina mögulegar langtímabreytingar. Á síðustu árum hafa niðurstöður frá þessum stöðvum ásamt niðurstöðum frá Langanesi A gagnast við að skilja útbreiðslu og göngur makríls við Ísland.

Stokksnessnið er sá staður sem sýnir okkur heitasta og saltasta sjóinn við Ísland og er mikilvægur vísir fyrir breytingar úr suðri, auk þess að vera vísitala fyrir suðausturmið.

Selvogsbankasnið, sem liggur yfir mikilvægar hrygningarstöðvar, er eitt þriggja sniða sem sýna okkur breytingar úr suðri og mikilvægt er að hafa samhliða mælingar á þessum þremur sniðum einkum til að greina hlýnandi loftslag. Selvogsbankasnið og Stokksnes vinna vel saman til greiningar á ástandi og uppruna Atlantssjávar, en þar verður vart fyrstu breytinga í sjónum sunnan og vestan við landið. Það hefur oft verið nefnt að með lengingu þessara sniða um s.s. eina stöð út fyrir landgrunnskant fengist mikilsverð mæling á yfirfall-sjó þeim er flæðir yfir Færeyjahrygg.

Að framansögðu er ljóst að mælingar á öllum þessum sniðum hafa tilgang. Oftar en ekki eru tvö eða þrjú snið að styrkja og staðfesta ástand hvors annars. Þess ber og að geta að stundum verður frá að hverfa við mælingar vegna veðurs eða aðstæðna og er þá hægt er að nota sér mælingar á nærliggjandi sniði til stuðnings.

Breytingar undanfarinna ára eru miklar (2. mynd). Á árinu 2009 og fram í febrúar 2010 mældist meðalselta efstu 200 m á Faxaflóa 9 sú mesta á síðustu 40 árum á nánast öllum árstíðum.



2.mynd. Tímarað mælinga á Faxaflóa 9, sýnd meðaltöl sem tekin eru af samfelldum mælingum frá 5 til 200 m dýpi á hverjum tíma. Efri mynd hiti (rautt) og neðri mynd selta (blá). Þykkar línur sýna þriggja ára hlaupandi meðaltal.

Figure 2. Timeserie from station Faxaflói 9, depth averaged for 5 to 200 m depth, all seasons. Temperature (upper) and Salinity (lower). Thick line represents 3 yrs running mean.

Þær mælistöðvar sem notaðar eru við vöktun á Íslandsmiðum í dag eru í raun lágmarksmæling til þess að greina ástandið á grófum skala. Óvarlegt er að skerða þær mælingar frekar en orðið er, hvort sem er í tíma eða rúmi, þar sem þá fara viss hafsvæði að detta úr heildarmyndinni. Á sama hátt er varasamt að hætta athugunum á mismunandi árstíðum, minni upplausn í tíma þýðir að fleiri ár þarf til þess að greina breytingar. Því er ekki hægt að fækka athugunum (sniðum/stöðvum) eða minnka tíðni án þess að gæði mælingarinnar minnki verulega sem verður til þess að enn minni möguleiki verður á tengingu við lífríkið og þann skilning sem vistkerfisnálgun við nýtingu auðlindarinnar verður að hafa.

Jafnframt breytingum sem verða á eiginleikum sjávar á Íslandsmiðum eftir uppruna ríkjandi sjógerða verða sveiflur í næringarefnastyrk sem beinlínis móta grunn uppsjávarvistkerfa. Unnið hefur verið að því á undanförunum árum að efla þann gagnagrunn sem til er til að styrkja þekkingu á þessu samhengi m.a. með aukinni gagnasöfnun að vetri. Þá eru einnig stundaðar rannsóknir á ólífrænu kolofni sjávar og eru tímaraðir þeirra mælinga frá 1983 og eru nú augljóst og viðurkennt dæmi um mikilvægi reglubundinna athugana í vöktun loftslagbreytinga (AMAP 2013).

Ýmsar breytingar á verkefninu og þróun þess hafa verið lagðar til á undanförunum árum oftar en ekki til styrkingar. Hér má geta tilraunar til sjórannsóknna í tengslum við stofnmælingu botnfiska í mars og í október. Sú mæling var talin geta gefið mjög ýtarlega athugun á sjógerðum á Íslandssmiðum og nánari tengslum umhverfis og útbreiðslu helstu nytjastofna. Einu sinni náðist nokkur þekja mælinga í haustralli og gaf sú athugun lofandi niðurstöður. Þetta þarf hins vegar að keyra sem tilraun samhliða hefðbundnum mælingum og ef í ljós kemur að þessi athugun er samanburðarhæf þá gæti hún komið í stað annarra vetrarmælinga. En vetrarmælingar henta vel til slíkra tilrauna sökum þess að þá er sjór jafnan uppblandaður þannig að gróft verkfæri eins og troll sem er með mismunandi hífingarhraða getur gefið ágæta mynd. Aðrar nýjungar eins og „glæðerar“, flot og baujur þarf einnig að skoða af fullri alvöru og beita síðan í nokkur ár samhliða hefðbundnum mælingum til þess að auka skilning okkar á umhverfinu. Möguleikar í fjarkönnun varðandi reglubundnar athuganir eru sem stendur helst á sviði radartækni og mælingum á hæð sjávar, þar sem ský eru enn að trufla reglulega söfnun með öðrum nemum. Almennt gildir að ef breyta á aðferðum við mælingar þarf að keyra nýjar mælingar að einhverju leyti samtímis gömlu aðferðinni til þess að sýna fram á að ný aðferð nái jafnvel eða betur utan um breytileika ástands sjávar.

En þess má að lokum geta að sú vöktun sem gerð hefur verið reglulega á breytileika sjávar við Ísland eru undirstöður athugana á einni mikilvægustu auðlind landsins. Niðurstöður vöktunarinnar hafa nú þegar nýst þegar skýra átti breytingar á lífríki í sjó á íslensku hafsvæði í fjölmörgum rannsóknum sem ná til velflestra þátta þess (Héðinn Valdimarsson o.fl. 2005, Hátún o.fl. 2005b, Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 2007, Jón Sólmundsson o.fl. 2010, Héðinn Valdimarsson o.fl. 2012, Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 2012, Gísli A. Víkingsson o.fl. 2015). Gögnin hafa einnig verið mikilsvert framlag Íslands til aðþjóðarannsóknna á náttúru og veðurfari hafsins en vitnað er til þriggja greina sem byggja á verkefninu „Ástand sjávar“ í nýjustu skýrslu loftslagsnefndar SP (Rhein o.fl. 2013). Sömuleiðis hafa gögn þessa verkefnis verið notuð í ótöldum verkefnum sem nota alþjóða gagnabanka auk annarra minni gagnasafna sem safnað hefur verið hvort sem er í sambandi við grunnrannsóknir á straumum og veðurfarsbreytingum á stærri skala (Nilsen o.fl. 2011, Vaage o.fl. 2011) eða alþjóðlegum samvinnuverkefnum um uppsjávarfiska.

Heimildir

AMAP 2013. *AMAP Assessment 2013 Arctic Ocean Acidification. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP)*, Oslo, Norway, 99 s.

Gísli A. Víkingsson, Pike, D., Schleimer, A., Héðinn Valdimarsson, Þorvaldur Gunnlaugsson, Silva, T., Bjarki Þ. Elvarsson, Mikkelsen, B., Öien, N., Desportes, G., Valur Bogason og Hammond, P.S. 2015. Distribution, abundance and feeding ecology of baleen whales in Icelandic waters: have recent environmental changes had an effect? *Frontiers in Ecology and Evolution* 3: 1–18. doi:10.3389/fevo.2015.00006.

Hátún, H., Sandø, A.B., Drange, H. og Bentsen, M. 2005a. Seasonal to Decadal Temperature Variations in the Faroe-Shetland Inflow Waters. Í Drange, H., Dokken, T., Furevik, T., Gerdes, R. og Berger, W. (ritstj.), *The Nordic Seas: An Integrated Perspective Oceanography, Climatology, Biogeochemistry, and Mod-*

- eling, Geophys. Monogr. Ser., vol. 158, s. 239-250, AGU, Washington, D. C.
- Hátún, H., Sandø, A.B., Drange, H., Hansen, B. og Héðinn Valdimarsson 2005b. Influence of the Atlantic subpolar gyre on the thermohaline circulation. *Science* 309: 1841-1844.
- Héðinn Valdimarsson, Ólafur S. Ástþórsson og Jónbjörn Pálsson 2012. Hydrographic variability in Icelandic waters during recent decades and related changes in distribution of some fish species. *ICES Journal of Marine Science* 69: 816-825.
- Héðinn Valdimarsson, Höskuldur Björnsson og Kristinn Guðmundsson 2005 Breytingar á ástandi sjávar á Íslandsmiðum og áhrif þeirra á lífríkið. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit* 116: 23-28.
- Nilsen, J.Ö., Hátún, H., Mork, K.A. og Héðinn Valdimarsson 2011. The NISE Dataset. *Faroese Fisheries Laboratory Technical Report* 07-01.
- Jochumsen, K., Quadfasel, D., Valdimarsson, H. og Steingrímur Jónsson 2012. Variability of the Denmark Strait overflow: moored time series from 1996-2011. *Geophysical Research Letters*, VOL. 117, Issue C12003, doi:10.1029/2012JC008244.
- Jón Sólmundsson, Einar Jónsson og Höskuldur Björnsson 2010. Skötuselur við Ísland: Áhrif umhverfisbreytinga á stofninn og tengsl við önnur hafsvæði. *Hafrannsóknir* 152: 33-38.
- Vaage, K., Pickart, R., Spall, M.A., Héðinn Valdimarsson, Steingrímur Jónsson, Torres, D.J., Oesterhus, S. og Eldevik, T. 2011 Significant role of the North Icelandic jet in the formation of Denmark Strait overflow water. *Nature Geoscience* 4: 723-727.
- Ólafur K. Pálsson, Ástþór Gíslason, Hafsteinn G. Guðfinnsson, Björn Gunnarsson, Sólvieg R. Ólafsdóttir, Hildur Pétursdóttir, Sveinn Sveinbjörnsson, Konráð Þórisson og Héðinn Valdimarsson 2012. Ecosystem structure in the Iceland Sea and recent changes to the capelin (*Mallotus villosus*) population. *ICES Journal of Marine Science* 69: 1242-1254.
- Ólafur S. Ástþórsson, Héðinn Valdimarsson, Ásta Guðmundsdóttir og Guðmundur J. Óskarsson 2012. Climate-related variations in the occurrence and distribution of mackerel (*Scomber scombrus*) in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science* 69: 1289-1297.
- Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 2007. Climate variability and the Icelandic marine ecosystem. *Deep-Sea Research Part II* 54: 2456-2477.
- Rhein, M., Rintoul, S.R., Aoki, S., Campos, E., Chambers, D., Feely, R.A., Gulev, S., Johnson, G.C., Josey, S.A., Kostianoy, A., Mauritzen, C., Roemmich, D., Talley, L.D. og Wang, F. 2013: Observations: Ocean. Í Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V. og Midgley, P.M. (ritstj.) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Steingrímur Jónsson og Héðinn Valdimarsson 2012. Water mass transport variability to the north Icelandic shelf, 1994–2010. *ICES Journal of Marine Science* 69: 809-815.

4. VIÐAUKI. UMHVERFISÞÆTTIR Í MAÍ-JÚNÍ 1952-2014

APPENDIX. ENVIRONMENTAL VARIABLES IN MAY-JUNE 1952-2014

Frávik hita og seltu frá meðaltali árána 1961-1980 (3,288°C og 34,727). Vegin meðaltöl frá 0-200 m dýpi á stöðvum 1-5 á Siglunesi (*). Taffan sýnir einnig meðalátumagn (þurrvígt, g m⁻²) í efstu 50 m á Siglunesniði (**). Aftasti dálkurinn sýnir reiknaða ferskvatnsþykkt (m) á 2. og 3. stöð á Látrabjargssniði, en hún er mælikvarði á styrk strandstraums fyrir Vesturlandi (***). Þá er söfnunardagur á stöð 3 á Siglunesniði sýndur sem númer dags frá upphafi árs.

Temperature and salinity deviations from the 1961-1980 average (3,288°C and 34,727). Weighted mean from 0-200 m depth at stations 1–5 on the Siglunes section (). The table also shows the average zooplankton biomass (g dry weight m⁻²) in 0-50 m on the Siglunes section (**). The last column shows the calculated freshwater thickness (m) at stations 2 and 3 on the Látrabjarg section (***). The sampling day at the Siglunes section is also shown (Julian day).*

Ár Year	Söfnunardagur Julian day	Hitafrávik * Temp. deviation*	Seltufrávik * Salinity deviation*	Átumagn** Zoo.biomass**	Ferskvatn*** Freshw. thickness***
1952	167	0,921	0,277		
1953	160	1,154	0,117		
1954	162	1,916	0,255		
1955	167	1,902	0,260		
1956	174	1,566	0,073		0,491
1957	163	1,424	0,224		
1958	155	0,256	0,098		0,237
1959	173	1,882	0,263		0,515
1960	163	2,050	0,320		
1961	164	1,698	0,345	10,2	0,738
1962	154	1,007	0,310	11,5	
1963	166	-0,081	0,079	3,3	
1964	160	1,916	0,245	6,9	0,880
1965	157	0,084	-0,237	1,5	0,254
1966	156	-0,195	0,145	0,7	
1967	152	-2,122	-0,173	0,5	0,235
1968	170	-0,730	-0,223	2,5	
1969	157	-1,558	-0,356	0,7	
1970	161	-0,992	-0,232	1,7	0,549
1971	145	-1,757	-0,133	4,4	0,875
1972	157	0,683	0,077	2,5	0,836
1973	161	1,124	0,134	1,8	1,501
1974	149	1,137	0,158	0,8	1,230
1975	149	-1,100	-0,129	1,6	0,365
1976	157	0,295	0,041	2,7	1,395
1977	148	-0,109	-0,123	5,1	0,632
1978	152	0,755	0,033	3,9	0,549
1979	154	-1,496	-0,236	3,1	0,177
1980	150	1,438	0,266	2,0	0,667
1981	148	-1,083	0,084	1,2	0,613
1982	158	-0,616	-0,101	0,7	0,393
1983	155	-1,280	-0,071	1,4	0,620
1984	150	-0,200	0,091	2,4	1,279
1985	154	1,075	0,234	2,9	1,131
1986	150	-0,045	0,184	1,0	0,914
1987	154	1,041	0,106	3,0	0,532
1988	143	-0,725	-0,135	0,9	0,647
1989	151	-0,470	0,125	0,8	0,858
1990	148	-1,049	-0,027	1,1	0,895
1991	142	0,144	0,214	3,4	0,735
1992	139	0,241	0,183	3,6	1,387
1993	143	0,215	0,188	6,5	1,778
1994	144	0,557	0,174	8,2	0,442
1995	143	-2,697	-0,111	4,6	0,477
1996	148	0,550	0,018	4,4	0,977
1997	147	-0,063	-0,018	4,2	0,507
1998	152	-0,306	-0,105	1,7	0,816
1999	145	0,700	0,238	4,8	0,549
2000	143	0,821	0,147	7,3	1,636

Ár Year	Söfnunardagur Julian day	Hitafrávik * Temp. deviation*	Seltufrávik * Salinity deviation*	Átumagn** Zoo.biomass**	Ferskvatn*** Freshw. thickness***
2001	143	0,048	0,187	4,6	0,637
2002	141	-1,255	0,001	1,2	0,295
2003	141	2,133	0,272	3,4	1,606
2004	145	0,839	0,211	1,5	0,963
2005	145	0,639	0,076	9,2	1,036
2006	135	0,069	0,079	5,4	1,276
2007	139	0,151	-0,055	3,5	0,977
2008	140	0,049	0,108	2,2	0,363
2009	138	-0,108	0,227	1,4	0,734
2010	140	1,039	0,254	4,7	0,935
2011	139	1,112	0,199	3,1	0,933
2012	139	1,345	0,265	3,6	1,491
2013	138	0,984	0,265	1,5	0,477
2014	138	1,330	0,238	2,1	0,435

* Jón Ólafsson 1999. *Rit Fiskideildar* 16: 41-57.

** Til ársins 2001 voru átusýnin rúmmálmæld um borð og þurrvigt ákvörðuð með því að nota umreiknistuðul (Matthews, J.B.L. og Heimdal, B.R. 1980. Pelagic productivity and food chains in fjord systems. Í Freeland, H.J., Farmer, D.M. og Levings, C.D. (ritsj.), *Fjord Oceanography*. Plenum Press, New Yoork, s. 377-398). Frá og með 2002 voru sýnin fryst um borð, og þurrkuð og vegin í landi (Postel, L., Fock, H., Hagen, W. 2000. Biomass and abundance. Í Harris, R., Wiebe, P.H., Lenz, J., Skjoldal, H.R., Huntley, M. (ritsj.), *ICES Zooplankton Methodology Manual*, Academic Press, New York, s. 83-192).

** Until 2001 the volume of zooplankton samples was measured at sea and the dry weight calculated (Matthews, J.B.L. og Heimdal, B.R. 1980. Pelagic productivity and food chains in fjord systems. Í Freeland, H.J., Farmer, D.M. og Levings, C.D. (ritsj.), *Fjord Oceanography*. Plenum Press, New Yoork, s. 377-398). From 2002 onwards the samples were deepfrozen at sea and dried and weighed on shore (Postel, L., Fock, H., Hagen, W. 2000. Biomass and abundance. Í Harris, R., Wiebe, P.H., Lenz, J., Skjoldal, H.R., Huntley, M. (ritsj.), *ICES Zooplankton Methodology Manual*, Academic Press, New York, s. 83-192).

*** Jón Ólafsson 1985. ICES C.M. 1985/G:59.