

# Hafrannsóknir nr. 145

## **Þættir úr vistfræði sjávar 2008**

*Environmental conditions in Icelandic waters 2008*

Reykjavík 2009

---



## Formáli / Foreword

Á Hafrannsóknastofnuninni er unnið að margvíslegum rannsóknum á vistfræði sjávar og beinast þær m.a. að því að fylgjast með langtímabreytingum á ástandi sjávar og lífríki í yfirborðslögum. Rannsóknir þessar hafa jafnan 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 gefin út ítarleg skýrsla um ástand sjávar og umhverfisþætti.

Skýrslan sem hér birtist fjallar um árið 2008, en einnig eru niðurstöðurnar settar í samhengi langtíma þróunar. Á tímum mikilla breytinga á hitaskilyrðum og sjógerð við strendur Íslands eru langtíma rannsóknir af þessu tagi afar mikilvægar. Í ljósi þeirra athugana sem nú liggja fyrir um ástand sjávar 2008, má ráða að enn ríki ástand hlýskeiðs á Íslandsmiðum og hefur lífríkið greinilega lagað sig að því. Nauðsyn ber að efla rannsóknir á lífríki og umhverfisþáttum við þessar aðstæður.

Í lokakafla ritsins er að finna safn greina um vistfræði sjávar eftir starfsmenn stofnunarinnar, m.a. um stöðu humarstofnsins og áhrif breyttra umhverfisaðstæðna á viðgang hans, athuganir á dýrasvifi og búsvæðum kaldsjávarkóralla og útbreiðslu síldarfársins árið 2008.

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

Reykjavík 16. apríl 2009  
Jóhann Sigurjónsson



## Efnisyfirlit / Contents

	bls. / page
<b>Formáli</b>	
<i>Foreword</i> .....	3
<b>Efnisyfirlit</b>	
<i>Content</i> .....	5
<b>Ágrip</b>	
<i>Icelandic summary</i> .....	7
<b>Ágrip á ensku</b>	
<i>English summary</i> .....	7
<b>1. Ástand sjávar og svífsamfélög</b>	
<i>Environmental conditions and plankton communities</i> .....	9
<b>2. Langtímabreytingar</b>	
<i>Long-term changes</i> .....	15
<b>3. Greinar um vistfræði sjávar</b>	
<i>Notes on marine ecology</i> .....	20
Teresa Silva og Ástþór Gíslason. Samanburður á sjálfvirkri greiningu dýrasvífs með myndgreinitækni og hefðbundinni aðferð. <i>A comparison of automatic analysis of zooplankton using ZooImage and traditional methodology</i> .....	20
Ragnhildur Guðmundsdóttir. Krabbaflær af ættkvíslinni <i>Pseudocalanus</i> við Svalbarða; greining milli tveggja systurtegunda <i>Pseudocalanus in Svalbard waters; identification of two sibling copepod species</i> .....	28
Steinunn Hilma Ólafsdóttir. Lífríki á kaldsjávarkóralsvæðum við Ísland. <i>Species diversity and associated fauna composition of cold-water corals in Icelandic waters</i> .....	31
Valur Bogason og Kristján Lilliendahl. Rannsóknir á sandsíli <i>An initiation of sandeel monitoring in Iceland</i> .....	36
Hrafnkell Eiríksson. Humarstofnin, aflabrögð og umhverfisaðstæður. <i>The nephrops stock, fishery and the environment</i> .....	42
Guðmundur J. Óskarsson og Jónbjörn Pálsson. Vangaveltur um Orsakir <i>Ichthyophonus</i> sýkingarfaraldurs í íslensku sumargotssíldinni. <i>Plausible causes for the Ichthyophonus outbreak in the Icelandic summer-spawning herring</i> ...48	48
Ólafur K. Pálsson ofl. Rannsóknir á Vistkerfi Íslandshafs og vistfræði loðnu að sumarlagi. <i>Ecosystem properties of the Iceland sea and capelin ecology during summer</i> .....	54
Hafsteinn G. Guðfinnsson o.fl. Kalkþörungaflekkur norðanlands í Ágúst 2008. <i>Coccolithophorid bloom north of Iceland in August 2008</i> .....	60
Unnur Skúladóttir o.fl. Útbreiðsla ljósátur á norður– austurmiðum að sumarlagi. <i>Distribution of euphausiids north and east of Iceland during summer</i> .....	66
<b>4. Viðauki. Umhverfisþættir í maí-júní 1952-2008</b>	
<i>Appendix. Environmental variables in May-June 1952-2008</i> .....	73



## ÁGRIP

### *Icelandic summary*

Fyrsti kafli þessarar skýrslu fjallar um niðurstöður rannsókna á vistfræði sjávar við Ísland árið 2008. Í honum er gerð grein fyrir ástandi sjávar, sjávarhita og seltu sem yfirleitt eru könnuð ársfjórðungslega. Sérstök áhersla er lögð á umhverfis- og vistfræðiathuganir að vorlagi, en í leiðangri í seinni hluta máímánaðar eru gerðar mælingar á næringarefnum og plöntu- og dýrasvífi auk hita og seltumælinga. Þá er einnig greint frá vöktun sem framkvæmd er til að fylgjast með eiturþörungum við strendur landsins. Annar hluti skýrslunnar lýsir langtímabreytingum í umhverfisþáttum og svifi. Síðasti hluti skýrslunnar samanstendur af nokkrum greinum um vistfræði sjávar og að lokum er viðauki, tafla með tölugildum fyrir umhverfisþætti fyrir hvert ár, sem notuð hefur verið við ýmiss konar samanburð.

Í meginráttum má segja að árið 2008 hafi hiti og selta í yfirborðslögum sjávar norðan og austan við landið verið um eða yfir meðallagi en hiti og selta sunnan við land voru áfram vel yfir meðallagi. Í maí var talsvert magn gróðurs vestur af Faxaflóa og norður fyrir Látrabjarg, sömuleiðis var mikill gróður yfir landgrunninu frá Siglunessniði og suður með Austurlandi og dreifðir gróðurflekkir voru undan Suðurströndinni. Annars staðar var vorblómi svifgróðurs ekki hafinn á athugunartímanum. Séu niðurstöður áturannsóknanna vorið 2008 bornar saman við vorið 2007 kemur í ljós að á austur- og suðurmiðum var átumagn meira en þá, álíka á vesturmiðum en minna fyrir norðan.

### **Greinar um vistfræði sjávar**

Fyrsta greinin sem birt er undir nafni höfunda í þessu hefti fjallar um nýja sjálfvirka tækni til að greina og telja dýrasvíf í sjósýnum og samanburð hennar við hefðbundnar aðferðir. Nýja aðferðin er hraðvirk og gefur upplýsingar um stærðardreifingar og lífmassa dýrasvífsins, en áfram verður þó þörf fyrir hina hefðbundnu úrvinnslu, m.a. í sambandi við athuganir á samfélagsgerð, þroska og öðrum lífsögulegum þáttum dýrasvífs.

Önnur greinin fjallar um rannsóknir á krabbafloím af ættkvíslinni *Pseudocalanus* við Svalbarða og greiningu á milli tveggja systurtegunda en þessar tegundir eru algengar við Ísland.

Í þriðju greininni er fjallað um lífríki á kaldsjávarkóralsvæðum við Ísland, en ákveðin skipting á sér stað innan kóralsvæðanna, þar sem tegundasamsetning er ólík eftir því hvort skoðaður er lifandi kóral, dauður kóral eða botninn í kringum kóralinn þar sem dauð kóralbrot og greinar eru, svokallaður kóralbotn.

Fjórða greinin segir frá rannsóknum á sandsílastofninum við Ísland sem hófust árið 2006. Niðurstöðurnar sýna að árgangar 2005 og 2006 voru mjög slakir, 2007 árgangurinn var betri, en stofn sandsílis hefur verið að gefa eftir. Orsakir breytinga á afkomu sandsílis á milli ára eru ekki ljósar.

Í fimmtu greininni er fjallað um humarstofninn, aflabrögð og umhverfisaðstæður en humarinn er suðræn tegund á nyrðri mörkum útbreiðslusvæðis síns. Hátt hitastig við Suður- og Vesturland undanfarin ár hefur haft jákvæð áhrif á viðkomu stofnsins.

Sjötta greinin er um faraldur Ichthyophonus sýkingar í íslensku sumargotssíldinni árið 2008. Orsök þessa faraldurs í síldinni er óljós en hugsanleg tengsl hans við umhverfi og útbreiðslu stofnsins eru rædd hér ásamt niðurstöðum rannsókna á hliðstæðum faröldrum í öðrum síldarstofnum.

Sjöunda greinin skýrir frá rannsóknaverkefni um vistkerfi Íslandshafs sem framhaldið var í ár. Verkefnið hefur það meginmarkmið að afla heildstæðs skilnings á byggingu vistkerfisins í Íslandshafi með það fyrir augum að skilgreina vistfræðilega stöðu loðnustofnsins.

Áttunda greinin fjallar um blóma kalksvifþörungans *Emiliana Huxleyi* sem var á norðurmiðum í ágúst en blóma þessarar tegundar hefur ekki orðið vart áður á þessum slóðum.

Níunda og síðasta segir frá útbreiðslu ljósátutegunda fyrir norðan land og austan út frá gögnum sem aflað hefur verið í tengslum við stofnmælingu úthafsækju. Mest er af náttlampa fyrir norðan land, en augnsíli er algengast við norðausturlandið en þéttleiki ljósátu virðist hafa minnkað mjög á árunum 1996-2008 miðað við árin 1988-1995.

### **ENGLISH SUMMARY**

The first section of this report describes environmental monitoring in the waters around Iceland during the year 2008. The main emphasis is on research carried out during the annual spring survey. The second section describes long-term trends in environmental data, while the last section is a col-

lection of notes on some of the marine ecological work carried out by the Marine Research Institute.

Temperature and salinity during the year 2008 were generally above the long term average of the waters south and west of Iceland, in the waters north of the country temperature and salinity were close to the long term average. In May the spring phytoplankton bloom had already occurred on Faxaflói and close to shore west of Iceland and on the shelf northeast and east of Iceland. Judged by high nutrients concentrations the spring bloom had not began at the time of observation in other areas. The biomass of zooplankton was in general above the long-term average in spring 2008.

### ***Notes on marine ecology***

The first of the short notes in this report gives results from a study which had the objective to evaluate the accuracy of automatic analysis, ZooImage, for taxonomic classification of zooplankton samples and comparison with traditional methodology. ZooImage was able to classify zooplankton into main taxonomic entities and biomass and size distributions are easily obtained. Traditional approach will be needed in future investigations, particularly studies addressing zooplankton community structure, development and life history.

The second note describes research on *Pseudocalanus* in Svalbard waters and identification of two sibling copepod species.

The third note is on species diversity and associated fauna composition of cold-water corals in Icelandic waters but the results show that different zones can be distinguished within the coral area. The fauna composition is different between these zones. The diversity is high for the dead coral and coral rubble zones but lower for the live coral zone.

The fourth note is on monitoring of sandeels off the south and west coast of Iceland that began in 2006. Results show that year-classes 2005 and 2006 were quite small and that year-class 2007 was larger, but the stock of sandeels has been declining. The causes for these changes in stock size of sandeels are largely unknown.

The fifth note is on the Icelandic nephrops stock which is a marine boreal species at the northern limits of its distribution, its fishery and the effects of environmental conditions there on. High temperature in the Atlantic water south and west of Iceland in recent years has had favorable effects on Nephrops at Iceland, which shows noteworthy increase in both fishable stock size and CPUE.

The sixth note discusses plausible causes for the *Ichthyophonus* outbreak in the Icelandic summer-spawning herring in 2008. The reason for this outbreak is uncertain but possible links between the outbreak, environmental factors and distribution of the stock are discussed as well as results from the literature concerning outbreaks in other herring stocks.

The seventh note presents results from a research project on the Iceland Sea Ecosystem. The main objective is to evaluate the ecological position of the capelin stock. Highlights from observations in 2008 are described.

The eighth note describes a coccolitophorid (*Emiliana Huxleyi*) bloom observed north of Iceland in August but a bloom of this species has not been observed in the area before.

The last note describes distribution of eupausiids north end east of Iceland from data collected in annual offshore shrimp surveys. *M. norvegica* has a more western distribution at the north coast than *Thysanoessa* species. Thus *M. norvegica* was mostly found where the Atlantic water mixes with the arctic water and *Thysanoessa* was found in the colder Arctic water northeast of Iceland. The density of eupausiids appears to have decreased in the years 1996-2008 as compared to the years 1988-1995.

---



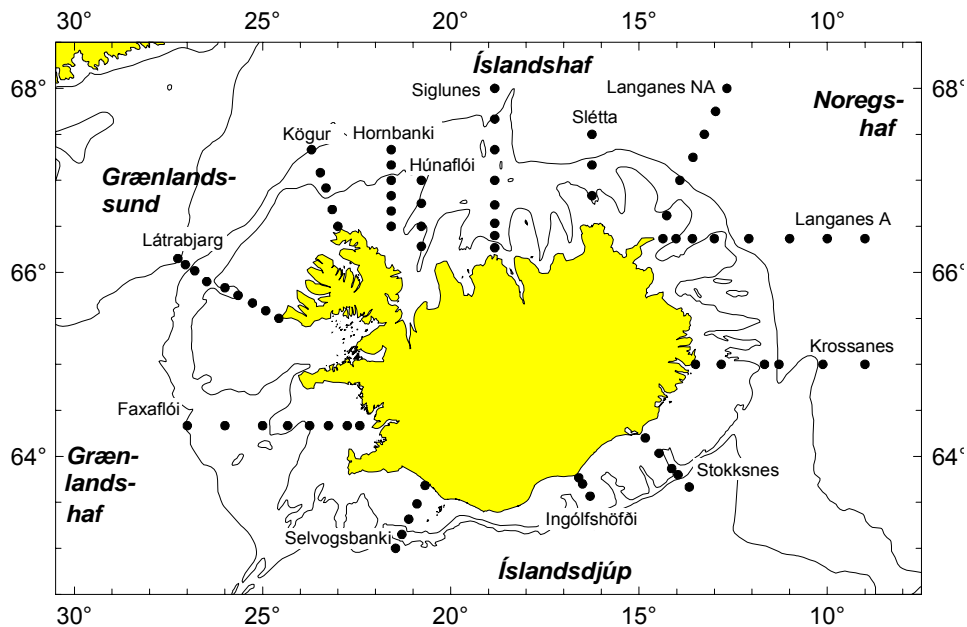
# 1. Ástand sjávar og svifsamfélög

## *Environmental conditions and plankton communities*

### *Inngangur / Introduction*

Flókið samspil margra umhverfisþátta hefur margvísleg áhrif á fæðuvefinn í sjónum og þar með á vöxt og viðgang nytjastofna við landið. Á hverju ári fylgist Hafrannsóknastofnunin því með helstu umhverfisþáttum og svifsamfélögum á Íslandsmiðum og er í þessu hefti gerð grein fyrir niðurstöðum athugana sem gerðar voru á árinu 2008.

Á tímabilinu frá febrúar 2008 til nóvember 2008 voru hiti og selta mæld í hafinu umhverfis Ísland á fjórum árstíðum. Mælt var á staðalsniðum (1.mynd) : í vetrarleiðangri í febrúar, vorleiðangri í maí, í ágúst á fimm sniðum og síðan í haustleiðangri í nóvember að frátölu Selvogsbankasniði.



1. mynd. Staðalsnið með stöðvum þar sem fram fara reglubundnar mælingar og sýnatökur til sjó- og svifrannsóknna umhverfis Ísland. Dýptarlínur eru sýndar fyrir 200 og 500 m.

Figure 1. Standard sections used in routine hydrographic and plankton research in Icelandic waters. Depth contours are shown for 200 and 500 m.

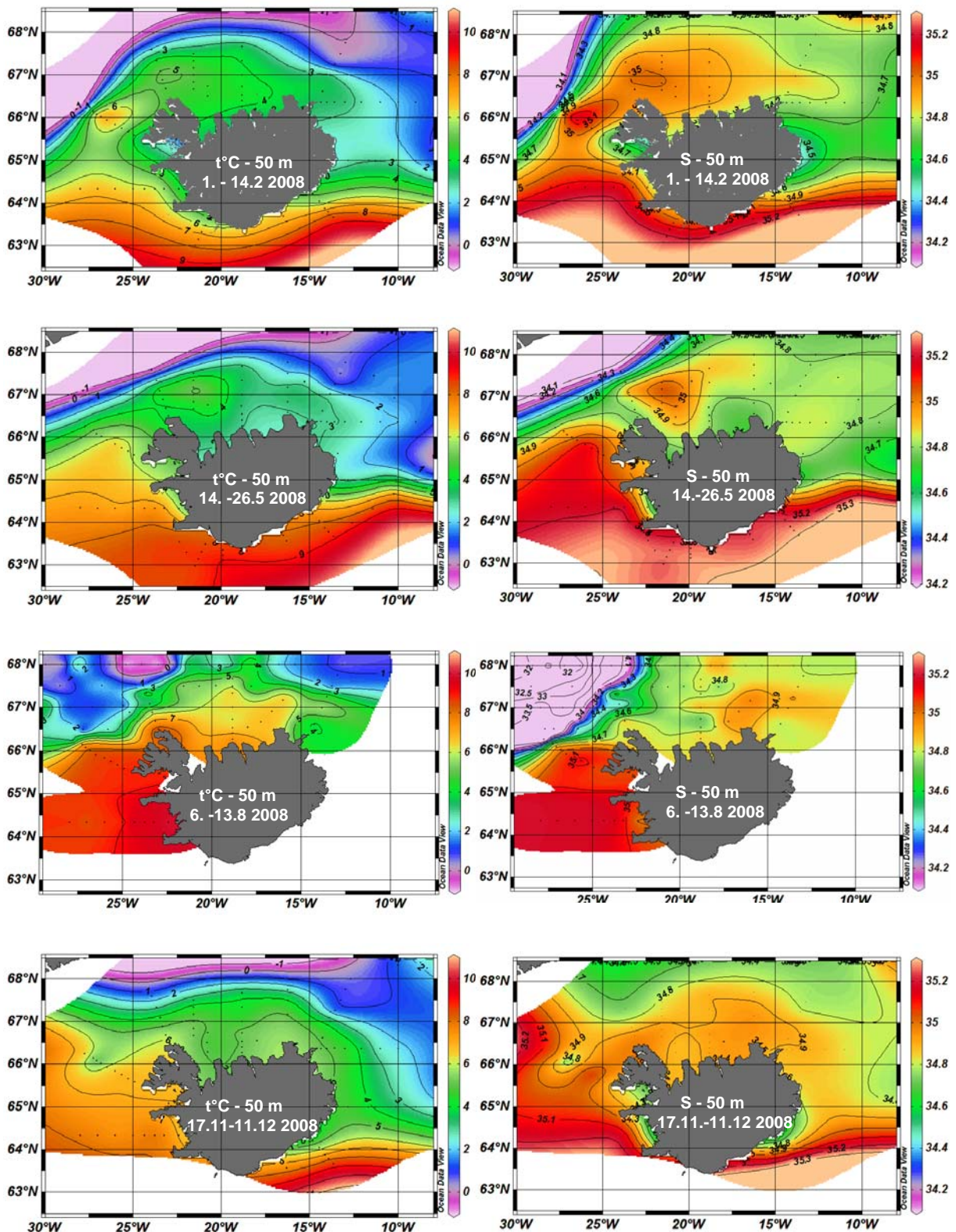
### *Hiti og selta / Temperature and salinity*

#### *Yfirborðslög / Surface layers*

Á árinu 2008 voru hiti og selta sjávar fyrir sunnan og vestan land líkt og síðustu ár hlýrri og saltari en í meðallagi þess tíma sem mælingar hafa staðið. Hiti í efri lögum sjávar fyrir norðan land var um meðallag en seltan heldur lægri en langtímameðaltal einkum um mitt árið og fram á haust. Úti fyrir norðausturlandi var seltan yfir meðallagi megnið af árinu en hiti um meðaltal árána 1970 til 2008. Hiti og selta í hlýsjónum sunnan og vestan við landið fóru hækkandi eftir 1996 og náðu hámarki 2003 auk þess sem þá mældist mesta útbreiðsla hlýsjávar umhverfis landið í 30 ár (2. mynd). Á árinu 2004 voru gildin litlu

lægri. Árið 2005 voru hiti og selta í hlýja sjónum 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 eða yfir meðalag árin 2005 og 2006 er hafis og ferskvatn úr Austur-Grænlandsstraumi barst inn á Norðurmið í nokkrum mæli. Hún jókst síðan aftur árin 2006 og 2007. Árið 2008 var útbreiðsla hlýsjávar fyrir norðan land síðan ívið meiri einkum að sumrinu og yfirborðslög voru áberandi heitari en 2007. Hiti og selta í Austur-Íslandsstraumi voru yfir langtímameðaltali.

Í vetrarleiðangi í febrúar 2008 var hlýsjórinn fyrir sunnan og vestan land áfram hlýr og seltu- ríkur líkt og árin á undan. Hiti vestur á landgrunnsbrún var þó nokkuð lægri en síðustu ár en



2. mynd. Vinstri dálkur sýnir sjávarhita (°C) og hægri dálkur seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland, í febrúar, maí, ágúst og nóvember árið 2008.

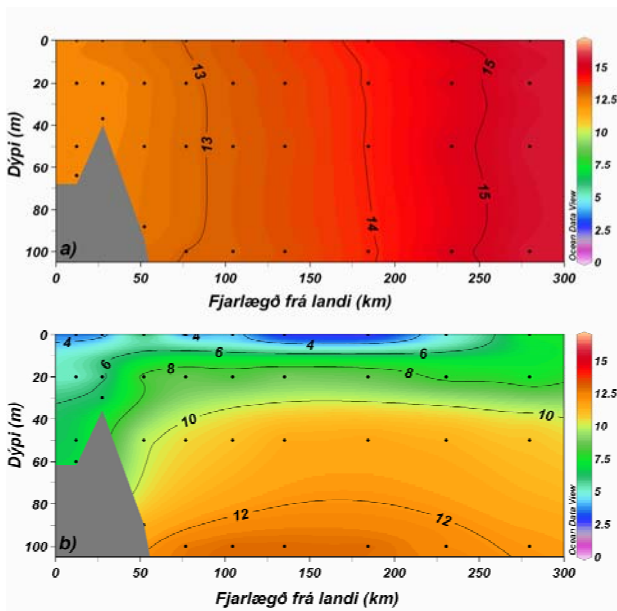
Figure 2. Sea temperature (°C, left) and salinity (right) at 50 m depth in Icelandic waters, for February, May, August and November 2008.

selta var há. Atlantssjávar gætti norður fyrir Vestfirði og inn á Norðurmið. Út af Kögri náði þó kaldur djúpsjór ofar á langrunnið en jafnan áður. Á Norðurmiðum voru hiti og selta yfir meðallagi ( $\sim 1\text{-}5^\circ\text{C}$ ,  $> 34.8$ ). Hiti og selta í Austur-Íslandsstraumi voru heldur yfir meðaltali ( $0\text{-}2^\circ\text{C}$ ,  $> 34.7$ ).

Í vorleiðangri (maí) var Atlantsjörinn að sunnan yfir meðallagi bæði hita og seltu (hiti  $6\text{-}9^\circ\text{C}$  og selta  $35.0\text{-}35.2$ ). Bæði hiti og selta suður og vestur af landinu voru áfram há. Áhrifa hlýsjarvarins gætti vel inn á norðurmið. Hiti úti fyrir norðanverðu landinu var heldur undir meðaltali en selta var yfir meðaltali þessa árstíma ( $2\text{-}5^\circ\text{C}$  og  $34.5\text{-}34.9$ ). Í Austur-Íslandsstraumi mældust hiti og selta yfir meðallagi ( $1\text{-}2^\circ$ ,  $\sim 34.8$ ). Austanlands voru hiti og selta um meðallag.

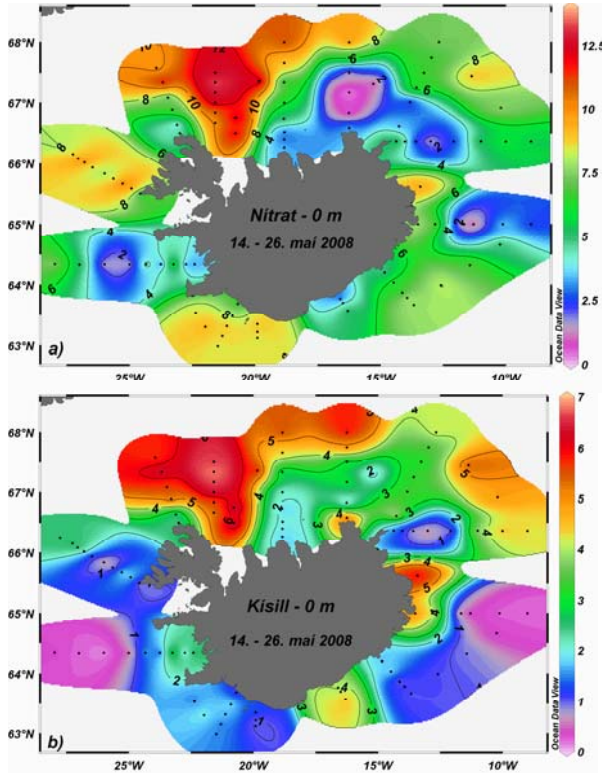
Í ágúst var mælt á sniðum vestan og norðan við landið. Áfram voru hiti og selta fyrir vestan land há og voru hiti og selta í kjarna hlýsjarvarins á Faxaflóa áfram með því hæsta sem mælst hefur síðan um 1970 er mælingar hófust á þessum slóðum. Hiti og selta úti fyrir Mið-Norðurlandi voru yfir meðallagi en hlýsjar náði vel norður fyrir landgrunnskant. Úti fyrir Norðausturlandi í Austur-Íslandsstraumi voru hiti og selta vel yfir meðallagi.

Í sjórannsókn- og loðnuleiðangri í nóvember var áfram tiltölulega hlýtt og salt sunnan og vestan við land. Fyrir Norðurlandi var hiti yfirborðslaga yfir meðaltali en selta þeirra var ná-



3. mynd. Lóðrétt dreifing nitrats ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ ) á Faxaflóasniði a) 14. febrúar 2008 og b) 14. – 15. maí 2008.

Figure 3. Vertical profiles of nitrate ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ ) on the Faxaflói section a) 14. February 2008 and b) 14.- 15. May 2008.



4. mynd. Styrkur næringarefna við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland 14.-26. maí 2008, a) níturat ( $\text{NO}_3$ ,  $\mu\text{mol l}^{-1}$ ) og b) kísill ( $\text{Si}$ ,  $\mu\text{mol l}^{-1}$ ).

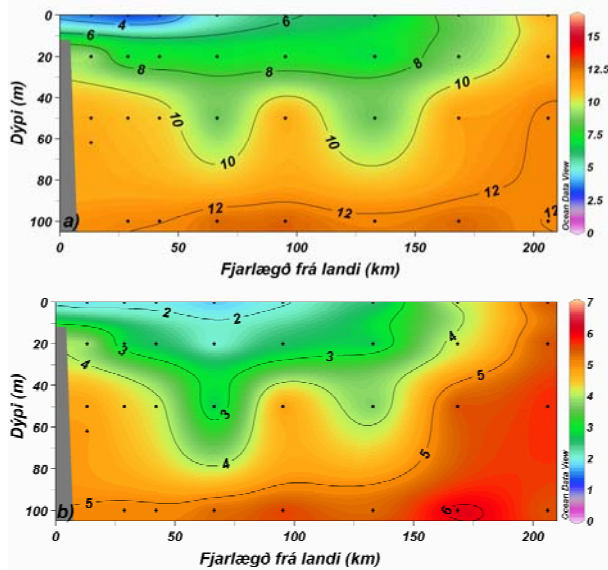
Figure 4. Nutrient concentrations at the surface in Icelandic waters 14.-26. May 2008 a) nitrate ( $\text{NO}_3$ ,  $\mu\text{mol l}^{-1}$ ) and b) silicate ( $\text{Si}$ ,  $\mu\text{mol l}^{-1}$ ).

lægt meðallagi og hafði hvort tveggja hækkað frá haustinu árið áður. Fyrir norðaustan landið voru hiti og selta heldur undir meðallagi. Seltan í Austur-Íslandsstraumi var um og yfir  $34.7$  og hiti var heldur yfir meðallagi. Hiti og selta fyrir austan land voru yfir meðallagi.

Í meginráttum má segja að árið 2008 hafi hiti og selta í yfirborðslögum sjávar norðan og austan við landið verið um eða yfir meðallagi en hiti og selta sunnan við land voru áfram vel yfir meðallagi.

### Næringarsölt / Nutrients

Styrkur næringarefna í yfirborðslögum sjávar var kannaður í maí á hafsvæðinu umhverfis Ísland og einnig var gerð mæling á Faxaflóasniði (1. mynd) í febrúar. Styrkur næringarefna í yfirborðslögum sjávar breytist reglulega með árstíma. Árlegt hámark er síðla vetrar, en styrkur uppleystra næringarefna lækkar að vori þegar svifþörungur fara að vaxa. Styrkur nitrats í efstu 100 metrunum á Faxaflóa í febrúar 2008 er sýndur á 3. mynd a. Níturatstyrkur var lægri nær landi heldur en á ystu stöðvunum og lægsta gildið við yfirborð var



5. mynd. Lóðrétt dreifing a) nítrats ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ ) og b) kísils ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ ) á Siglunessniði 19. – 20. maí 2008.

Figure 5. Vertical profiles of a) nitrate ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ ) and b) silicate ( $\mu\text{mol l}^{-1}$ ) on the Siglunes section 19. – 20. May 2008.

12,3  $\mu\text{mol l}^{-1}$  á stöð 1. Yst á sniðinu var styrkur nítrats 15,8  $\mu\text{mol l}^{-1}$  við yfirborð. Á 3. mynd b er sýndur nítratstyrkur á sömu stöðvum í maí. Lækkun hafði orðið á nítratstyrk allt niður á 100 metra dýpi öllu sniðinu.

Dreifing nítrats og kísils við yfirborð á rannsóknasvæðinu dagana 14. – 26. maí 2008, sést á 4. mynd. Í Faxaflóa hafði styrkur næringarefna lækkað mjög frá mældum styrk um veturinn. Innarlega í Flóanum var vorblómi svifþörungna nær yfirstaðinn, en utar hafði styrkur næringarefna lækkað frá því um veturinn.

Styrkur næringarefna við yfirborð úti fyrir Vestfjörðum var lægstur á grunnsævi upp við land, en djúpt úti fyrir hafði styrkur lækkað frá vetrargildum þó enn væri gnótt næringarefna til að standa undir frekari frumframleiðni. Næringarefnastyrkur hafði lækkað mikið á stóru svæði yfir landgrunninu allt frá Siglunessniði og austur um að Krossanessniði (4. mynd). Við suðurströndina allt að Krossanesi var talsvert eftir af nítrati við yfirborð. Lítil styrkur kísils djúpt úti fyrir Austurlandi og undan strönd Suðurlands og allt til Vestfjarða bendir til þess að kísilþörungar hafi staðið fyrir stórum hluta vorblómans á þessu svæði. Háan styrk kísils næst landi við Suðurstöndina má rekja til ferskvatnsáhrifa. Dreifing nítrats og kísils með dýpi á Siglunessniði í maí er sýnd á 5. mynd. Upp-taka hafði orðið af báðum þessum næringarefnum niður fyrir á 50 metra dýpi.

## Svifþörungar / Phytoplankton

Útbreiðsla svifþörungna umhverfis Ísland í maí var könnuð, samhliða öðrum vistfræðirannsóknnum í vorleiðangri (6. mynd). Talsvert magn gróðurs mældist víðast hvar á svæðinu vestur af Faxaflóa og norður fyrir Látrabjarg, en af lágum styrk næringarefna á svæðinu mátti ráða að vorhámark gróðurs var yfirstaðið vestur af landinu. Norðvestur af Vestfjörðum og yfir landgrunninu austur að Siglunessniði var gróður rýr og styrkur næringarefna hár. Sama átti við í Austur-Íslandsstraumnum, meðfram landgrunnshallanum norður af landinu. Nær landi, yfir landgrunninu frá Siglunessniði og suður með Austurlandi var mikil gróska síðla í maí. Dreifðir gróðurflekkir undan Suðurströndinni benda til þess að einhver lóðrétt blöndun sjávar hafði átt sér stað þar, en ljóst var að vorhámarkið var almennt yfirstaðið síðla í maí.

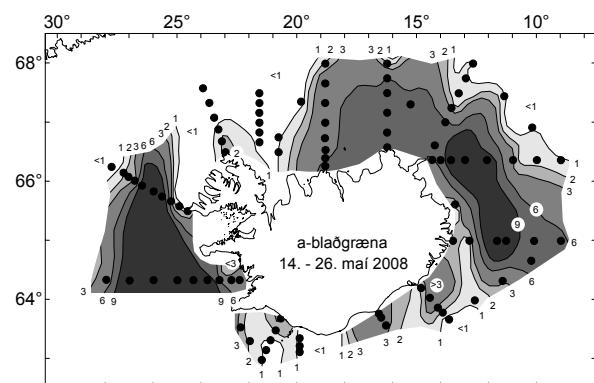
## Dýrasvif / Zooplankton

### Magn og dreifing átu að vor- og sumarlagi

Fylgst var með útbreiðslu átu í köntunum suður og austur af landinu og í Austurdjúpi í leiðangri sem farinn var til kolmunna- og síldar-rannsóknna í Noregshafi (5. - 20. maí). Þá var að venju magn og útbreiðsla átu könnuð í vorleiðangri, sem að þessu sinni stóð frá 14. til 26. maí.

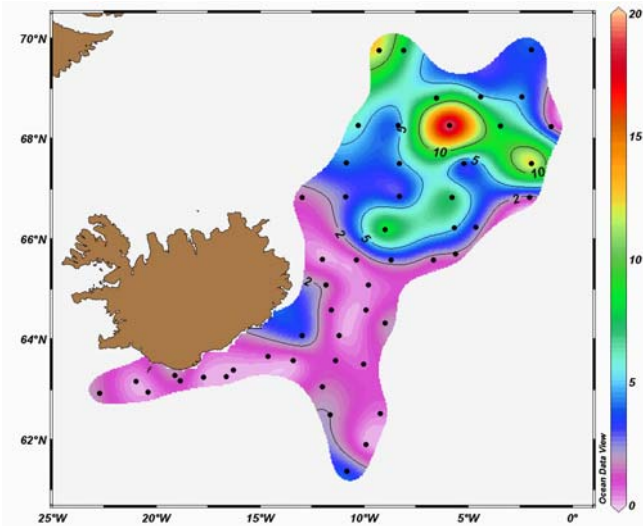
Niðurstöður um útbreiðslu átu í köntunum suður af landinu og í Austurdjúpi eru sýndar á 7. mynd. Á grunnmiðum fyrir sunnan og austan var lítið af átu en mikið fannst á síldarslóð djúpt norðaustur af landinu.

Á 8. mynd eru sýndar niðurstöður um útbreiðslu átu úr vorleiðangri. Á grunnmiðum var mest af átu fyrir Suðausturlandi, og hafði átu-



6. mynd. Magn a-blaðgræna ( $\text{mg m}^{-3}$ ) á 10 metra dýpi í hafinu umhverfis Ísland, síðla maí.

Figure 6. Distribution of chlorophyll a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) around Iceland, at 10 meter depth, during late May

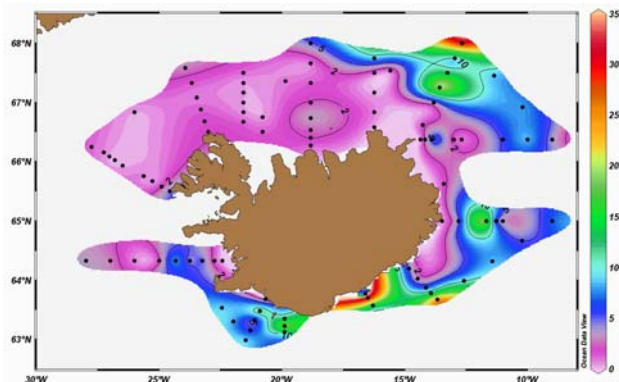


7. mynd. Útbreiðsla dýrasvífs í yfirborðslögum ( g þurrvigt  $m^{-2}$ , 0-50 m) á grunnmiðum fyrir sunnan og austan landið og í Austurdjúpi 5. - 20. maí 2008.

Figure 7. Zooplankton distribution (g dry weight  $m^{-2}$ , 0-50 m) south and east of Iceland during 5. – 20. May 2008.

magn aukist þar verulega frá því í kolmunna- og síldarleiðangrinum sem fór um svæðið nokkru fyrr. Einkum var mikið af átu, sérstaklega rauðátu, á Örafagrundi og í Háfadýpi. Nokkuð af átu fannst einnig í Faxaflóa, en á grunnmiðum norðvestur, norður og austur af landinu var yfirleitt lítið af átu. Djúpt norðaustur og austur af landinu var að venju mikið af átu, pólátu á nyrsta hluta svæðisins, en rauðátu sunnar, og er það í samræmi við niðurstöður úr kolmunna- og síldarleiðangrinum, sem áður er getið.

Í vorleiðangri var átumagn á vestur og norðurmiðum heldur undir meðallagi, nokkuð yfir meðallagi fyrir austan og rúmlega tvisvar sinnum meira en í meðallagi fyrir sunnan. Þannig var átumagn við landið í vorleiðangri talsvert yfir meðallagi þegar á heildina er lítið.



8. mynd. Útbreiðsla dýrasvífs í yfirborðslögum ( g þurrvigt  $m^{-2}$ , 0-50 m) í hafinu við Ísland 14. - 26. maí 2008.

Figure 8. Zooplankton distribution (g dry weight  $m^{-2}$ , 0-50 m) in the sea around Iceland during 14. – 26. May 2008

Séu niðurstöður áturannsóknanna vorið 2008 bornar saman við vorið 2007 kemur í ljós að á austur- og suðurmiðum var átumagn meira en þá, álíka á vesturmiðum en minna fyrir norðan.

### Vöktun á eiturbörungum / Toxic algae monitoring

Árleg vöktun eiturbörunga í tengslum við týnslu, veiðar og ræktun skelfisks hófst í apríl. Eins og undanfarin ár var vöktun á tveimur stöðum í Breiðafirði, í Eyjafirði og í Hvalfirði þ.e.a.s. svifþörungasýni voru tekin á 7-10 daga fresti til greininga og talninga á eiturbörungum. Einnig var sýnum safnað í Þistilfirði frá 21. júlí (9. mynd). Fylgst var með fjölda eittraðra svifþörunga fram á haust eða þar til gróður-tímabilinu lauk.

Niðurstöður greininga og talninga eiturbörunga voru settar jafnóðum inn á heimasíðu vöktunarinnar (sjá [www.hafro.is/voktun](http://www.hafro.is/voktun)) og þar mátti fylgjast með því hvort eiturbörungar fundust á þessum svæðum. Ef fjöldi eiturbörunga fór yfir hættumörk var varað við neyslu skelfisks frá viðkomandi svæði. Vöktunin er samvinna Matvælastofnunar, Hafrannsóknastofnunarinnar, skelfiskveiðimanna og kræklingræktenda.

Alls bárust 74 háfsýni og sami fjöldi talningasýna á tímabilinu frá 21. apríl til 14. október. Öll háfsýni voru tegundagreind og leitað eftir eiturbörungum í þeim, ef eiturbörunga varð vart var fjöldi eiturbörunga talinn. Alls var talið í 43 sýnum. Í Hvalfirði var varað við neyslu skelfisks vegna hættu á DSP-eitrun í 6 skipti og við hættu á ASP-eitrun í 4 skipti (Tafla 1). Í Breiðafirði var aðeins einu sinni varað við hættu á eitrun í skelfiski, það var við Flatey úr sýni frá 28. maí, en þá fór fjöldi *Alexandrium* tegunda yfir viðmiðunarmörk og því var hætta á PSP-eitrun (Tafla 1). Tegundir af ættkvísl *Dinophysis* voru samkvæmt háfsýnum viðvarandi í svifinu frá byrjun júní og fram í miðjan júlí, en sáust aðeins í nokkrum talningasýnum og fjöldi þeirra fór ekki yfir viðmiðunarmörk og því ekki talin hætta á skelfiskeitrun. Eins og í fyrra (2007) sást lítið af *Pseudo-nitzschia* tegundum sem geta valdið ASP-eitrun, í Breiðafirði. Í Eyjafirði var varað við neyslu skelfisks vegna mikils þéttleika *Alexandrium* tegunda og því hætta á PSP-eitrun í skelfiski, 3 sinnum á tímabilinu frá 21. júlí til 11. ágúst (Tafla 1). Varað var við hættu á ASP-eitrun af völdum *Pseudo-nitzschia* tegunda á tímabilinu frá 7. júlí til 11. ágúst, eða alls 6



9. mynd. Vöktunarstöðvar við landið (rauðir deplar), þar sem sýni voru tekin vikulega til greiningar á eitruðum svífþörungum á tímabilinu apríl til október 2008.

Figure 9. Monitoring stations (red dots) for weekly sampling for toxic algae identification for the period from April to October 2008.

sinnum (Tafla 1) og varað var við hættu á DSP-eitrun af völdum *Dinophysis* tegunda á tímabilinu frá 18. til 26. ágúst, alls 2 sinnum (Tafla 1). Í Þistilfirði var varað við hættu á ASP-eitrun í skelfiski af völdum *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* á tímabilinu 21. til 27. júlí. Eftir mánaðarmótin júlí/ágúst dró verulega úr gróðri og því þótti ekki ástæða til þess að telja úr fleiri sýnum frá Þistilfirði.

Samhliða sjósýnatöku var kræklingi safnað í Hvammsvík í Hvalfirði. Rannsakað var hvort þörungaeitur væri í þessum sýnum og það mælt ef það var til staðar. Magn okadaic sýru, sem er DSP afleiða, reyndist yfir viðmiðunarmörkum fyrir neysluhæfan krækling úr Hvammsvík 16. og 22. júlí 2008 og magn PSP reyndist yfir viðmiðunarmörkum fyrir neysluhæfan krækling 21. júlí í Eyjafirði.

Tafla 1. Ástand á vöktunarsvæðunum út frá talningu eitruþörungna.

Table 1. Status of monitoring areas from toxic algae cell count.

	21.-27/4	5.-11./5	12.-18./5	19.-25./5	26./5-1/6	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	29./9-5./10	6.-12./10	13.-19./10	
Hvalfjörður							D			D	D	D	D	D					D		A	A	A	A		
Breiðafjörður/Stykkishólmur																										
Breiðafjörður/Flatey				P																						
Eyjafjörður												A	A	A/P	A/P	A	A	D								
Þistilfjörður													A	A												

Ekki talin hættu á skelfiskeitrun á svæðinu  
 Varað við hættu á DSP-eitrun í skelfiski (Diarrhetic Shellfish Poisoning)  
 Varað við hættu á PSP-eitrun í skelfiski (Paralytic Shellfish Poisoning)  
 Varað við hættu á ASP-eitrun í skelfiski (Amnesic Shellfish Poisoning)  
 Sýnasöfnun lokið.

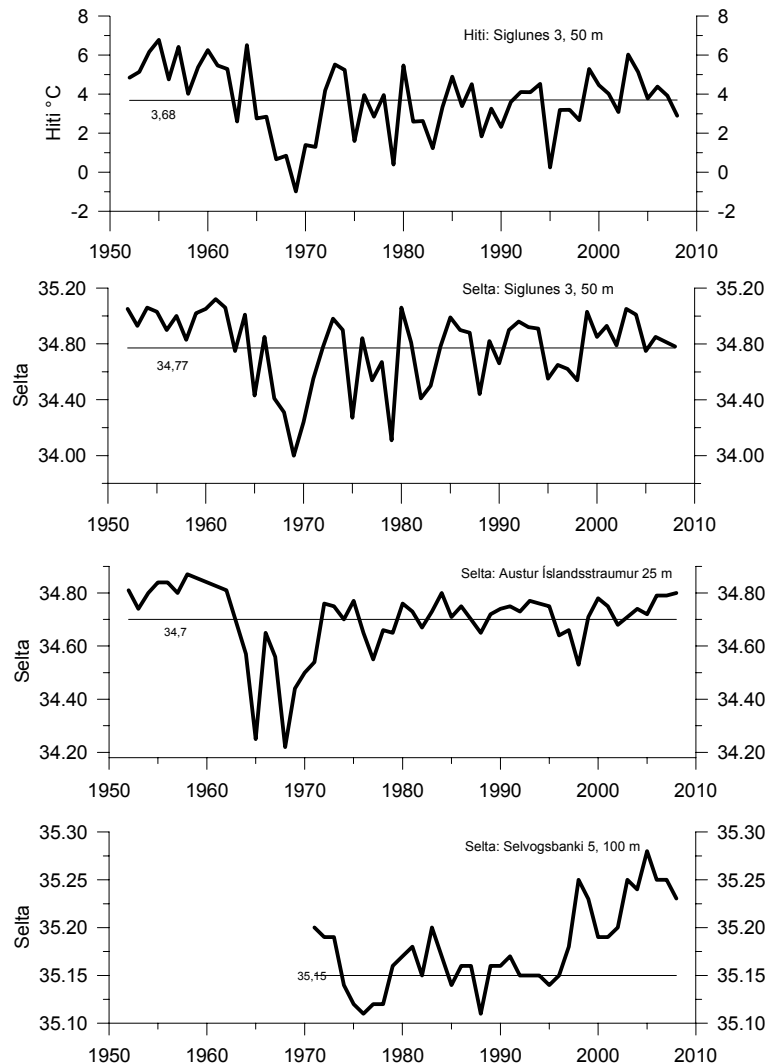
## 2. Langtímabreytingar

### Long term changes

Niðurstöður mælinga á hita og seltu sjávar (1. kafli) sýna ríkjandi ástand, en með reglu- bundnum mælingum og samanburði á niðurstöðum við fyrri ár má að einhverju leyti rekja breytingarnar til mismunandi hafstrauma og orkuskipta lofts og lagar, því hiti og selta einkenna sjógerðir.

### Hiti og selta á Selvogsbanka / Temperature and salinity at Selvogsbanki

Í hlýja sjónum á yfir landgrunnsbrún Selvogsbanka eru umhverfisaðstæður stöðugri en víðast hvar annars staðar við landið. Þó eru áraskipti í seltu og hita þar eins og annars staðar og



10. mynd. Hiti og selta á 50 m dýpi á 3. stöð á Siglunesniði, selta á 25 m dýpi í Austur-Íslandsstraumi og selta á 100 m dýpi á 5. stöð á Selvogsbanka. Beinú línurnar tákna meðaltöl fyrir viðkomandi árabíl, nema þar sem annað er tilgreint. Á Selvogsbanka er gildið 35,15 notað til að greina styrk hlýsjávar. Línuna fyrir A-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 breytta seltukvarða fyrir Selvogsbanka. Niðurstöðurnar eru frá rannsóknum að vorlagi og staðsetning stöðva er sýnd á 1. mynd (1. stöð er næst landi).

Figure 10. Temperature and salinity 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 of 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-Icelandic 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).

skiptast á tímabil með seltu hærri en 35,15 og lægri en 35,15 (10. mynd). Seltan þar var tiltölulega lág á árunum 1974-1978, 1985-1988 og svo aftur 1992-1995. Lágri seltu á Selvogsbanka fylgir að öllu jöfnu lágt hitastig. Árið 1996 varð vart heldur vaxandi seltu 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 síðustu þrjátíu árin. Reyndar lækkaði hún nokkuð þegar leið á árið. Seltan og hiti voru þó áfram há fyrir sunnan landið árin 2006 og 2007, en vorið 2008 var hún nokkru lægri en þó vel yfir meðallagi.

Seltusveiflurnar í hlýja sjónum suður af landinu tengjast orkuskiptum hafsins og breytingum sem verða í hringrás hafstrauma í Norður-Atlantshafi og í Norðurhöfum. Þannig geta áhrif lægri seltu í hlýja sjónum fyrir sunnan land komið fram nokkrum árum síðar í svalsjó í Íslandshafi.

### **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 hálfu öld (10. mynd). Eftir hlýindaskeið á norðanverðu Norður-Atlantshafi tók að kólna um miðjan sjöunda áratugin. Við tóku hafísár 1965-71 með köldum og seltulágum pólsjó í Íslandshafi.

Eins og sjá má á 10. mynd hafa síðan 1971 skipst á „hlý“ ár (1972-74, 1980, 1984-87 og 1991-94) og „köld“ ár (1975, 1977, 1979, 1981-83, 1988-90 og 1995) á Norðurmiðum. Þeim síðarnefndu má skipta í pólsjárvarar og svalsjárvarar eftir ríkjandi sjógerðum og lagskiptingu í sjónum. Þannig flokkast árin 1981-83, 1989, 1990 og 1995 til svalsjárvarara í sjónum fyrir Norðurlandi, en þá var lagskipting tiltölulega lítil. Þetta ástand var sérstaklega áberandi árið 1995. Niðurstöður frá árunum 1996-98 sýna að heldur hlýnaði á Norðurmiðum eftir 1995. Þessi ár lá þó stundum ferskt og svalt yfirborðslag ofan á selturíkum hlýsjónum og dró það úr áhrifum hans. Seltan í þessu yfirborðslagi var lág (undir 34,7), í samræmi við seltu í Austur-Íslandsstraumi 1996-98 og 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 hlý-

sjávar undan Norðurlandi næstu ár og voru þau í meðallagi samkvæmt mælingum árið 2002. Bæði hiti og selta, yfir landgrunninu, voru svo almennt yfir meðallagi árið 2003, einkum var útbreiðsla hlýsjávar mikil. Útbreiðslan minnkaði árið 2004 með heldur lægri hita og seltu, en gildin voru samt vel yfir meðallagi. Vorin 2005 til 2007 voru hiti og selta efri laga sjávar um meðallag. Vorið 2008 var selta nálægt meðallagi en hiti nokkuð undir því. Það sem hefur einkennt síðasta áratuginn er að hiti og selta efri laga að vori hafa verið yfir eða um meðallag og að vetrarhiti og selta hafa verið vel yfir meðallagi að frátöldu árinu 2002.

Seltan í Austur-Íslandsstraumi náði hámarki 1999, lækkaði síðan niður fyrir meðallag vorið 2002 en hefur farið hækkandi aftur 2006 og hélst svipuð vorin 2007 og 2008.

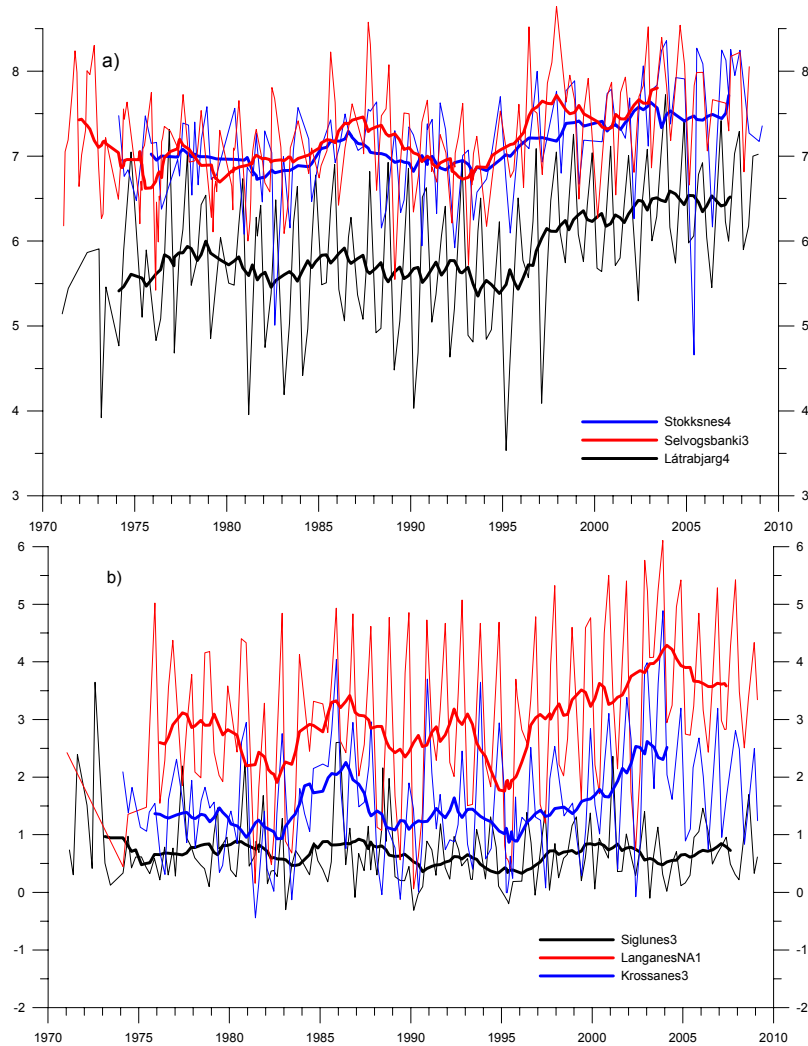
### **Botnhiti / Bottom temperature**

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 11. 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. Meðaltal er tekið af hitamælingum í vatnsúlunni 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 að vonum mest þar sem grynnt er við landið, en minnkar með vaxandi dýpi. Utan við landgrunnsbrúnina norðan og austan lands er botnhiti alltaf 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 norðurmiðum í vestari og eystri hluta. Í landgrunnsahlíðunum sunnan og vestan lands fer botnhiti einnig lækkandi með vaxandi dýpi, en þó fer hann ekki mikið niður fyrir 4°C.

Dýpi mælistöðva á 11. 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





11. 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 sýnt (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. Stokksnes4 (botndýpi um 540 m), Selvogsbanka3 (botndýpi um 150 m) og Látrabjarg4 (botndýpi um 180 m).

b) Botnhiti á stöðvum norðan og austan við land. Siglunes3 (botndýpi um 470 m), Langanes NA1 (botndýpi um 190 m) og Krossanes3 (botndýpi um 210 m).

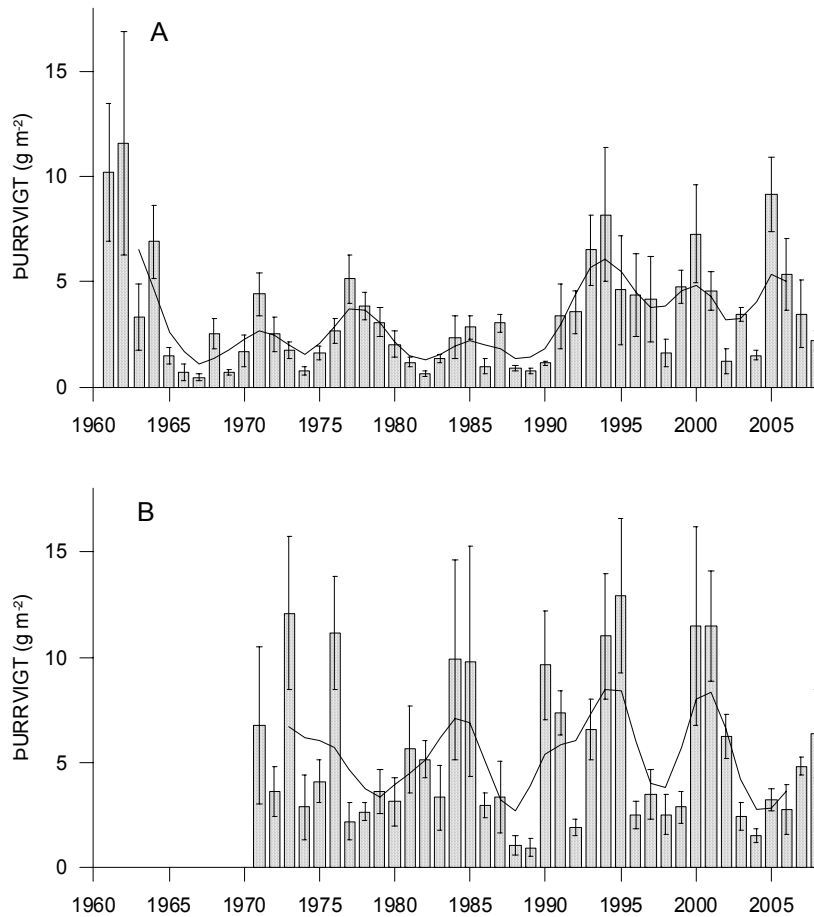
Figure 11. Timeseries of near-bottom temperature at selected stations on the Icelandic shelf (see figure 1). Mean of 50 - 100m depth interval above bottom (thin line) and approximately 3 years running mean (thick line). Values from before 1990 are from interpolated water-sampler data. Values from after 1990 are from CTD data.

a) Near-bottom temperature at stations south and west of Iceland. Stokksnes 4 (bottom depth about 540m), Selvogsbanki 3, (bottom depth about 150m) and Látrabjarg 4 (bottom depth about 180m).

b) Near-bottom temperature at stations north and east of Iceland. Siglunes (bottom depth about 470m), LanganesNA1 (bottom depth about 190m) and Krossanes3 (bottom depth about 210m).

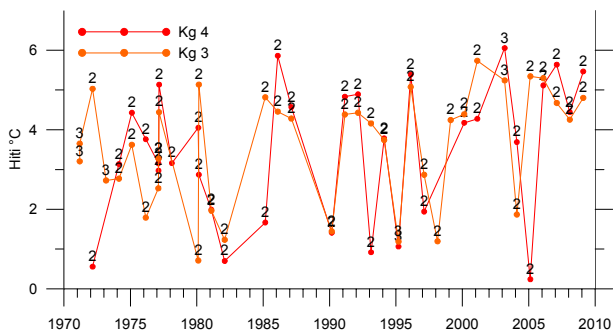
austur eftir landgrunninu. Stöðvarnar sunnanlands sýna að hiti hefur verið hár síðasta áratug og hlýrri sjór jafnvel meira áberandi vestanlands og héldust hlýindi við botn á þessum slóðum árið 2008. Sumarmælingar (í ágúst) hafa ekki farið fram á Selvogsbanka síðan 2005 því er keðjumeðaltal styttra þar. Sömuleiðis eru sumarmælingar á Stokksnesi 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 11. mynd b. Merkja má ívið hærri botnhita á landgrunninu norðaustan og austanlands á stöð 1 á Langanesi NA og stöð 3 á Krossanesi á síðustu árum þó heldur hafi hann lækkað 2005 til 2008. Þess ber að geta að ekki hafa farið fram sumarmælingar á Krossanessniði síðustu 4 árin,



13. mynd. Breytingar í átumagni (g þurrvigt  $m^{-2}$ , 0-50 m) að vorlagi á A) Siglunessniði og B) Selvogsbankasniði. Súlnurnar sýna meðaltöl allra stöðva á sniðinu. Staðalskekking er sýnd með lóðréttum strikum. Einnig er sýndur reiknaður ferill (5 ára keðjumeðaltöl) sem jafnar miklar óreglur einstakra ára. Lega rannsóknasniðanna er sýnd á 1. mynd.

Figure 13. Variations in zooplankton biomass ( $g$  dry weight  $m^{-2}$ , 0-50 m) in spring at A) Siglunes section, and B) Selvogsbanki section. The columns show means for all stations at the respective sections and the vertical bars denote standard error. The curved lines shows 5 year running mean. For location of the sections see Figure 1.



12. mynd. Botnhiti að vetri á tveimur föstum stöðvum (Kg3 og Kg4) á um 240 m dýpi norðvestur af Kögri. Tekið er meðaltal 50 m vatnssúlu yfir botni. Tölur við mælipunkta sýna mánuð mælingar

Figure 12. Timeseries of near-bottom temperature in winter at two stations (Kg3 and Kg4) northwest of Kögri where bottom depth is about 240 m. Mean of 50 m depth interval above bottom is shown. The numbers by the data points show the month of measurement.

Því nær keðjumeðaltal styttra þar. Fyrir norðan land hefur síðasti áratugur einkennst af því að vetrarhiti hefur að jafnaði verið hærri en þar á undan. Sérstakar aðstæður geta þó valdið hitasveiflum á styttri tímaskala en breytingum milli heitra og kaldra ára. Til að mynda er botnhiti norður af Kögri breytilegri vegna kalda sjávarins úti við landgrunnsbrún í Grænlandssundi sem slæðist upp á landgrunnið við og við eins og sjá má af niðurstöðum vetrarmælinga á 12. mynd.

### Dýrasvif / Zooplankton

Í meira en 40 ár hafa verið árlegar athuganir á átumagni umhverfis landið í því augnamiði að fylgjast með langtímabreytingum í vexti og viðgangi áttunnar. Rannsóknirnar tengdust upphaflega síldarleit út af Norðurlandi og ná gögnin þaðan því lengst aftur í tímann, en frá árinu 1971 hefur þessum rannsóknum verið

sinnt allt í kringum land í vorleiðöngurum. Þessar rannsóknir eru mikilvægar fyrir þekkingu okkar og skilning á breytingum á skilyrðum í hafinu við Ísland og tengslum umhverfis, lífríkis og ástands nytjastofna, jafnframt því að þær tengjast umhverfisránsóknum á nálægum hafsvæðum.

Á Siglunessniði var var mjög mikið af átu þegar rannsóknirnar hófust í upphafi sjöunda áratugarins, en síðan hafa skipst á há og lág gildi, og hafa liðið um 6-10 ár á milli hæstu gilda (sbr. keðjumeðaltölin á 13. mynd A). Vorið 2005 var áta síðast í hámarki á Siglunessniði og síðan hefur átumagn farið minnkandi og var undir meðallagi vorið 2008.

Á Selvogsbanka var tiltölulega mikið af átu í byrjun áttunda áratugarins, en átumagn fór svo lækkandi og var fremur lítið í lok hans (sbr.

keðjumeðaltölin á 13. mynd B). Sé tekið mið af keðjumeðaltölunum hafa liðið um 7-11 ár á milli háu gildanna. Síðasta lágmark í átumagni á Siglunessniði var vorið 2004, en síðan hefur átumagn farið hækkandi á sniðinu og var yfir langtímameðaltali vorið 2008.

Ef undanskilin eru tiltölulega há átugildi á Siglunessniði upp úr miðjum áttunda áratugnum og lág gildi nokkur undanfarin ár, má segja að árlegar sveiflur í lífmassa átu fyrir sunnan og norðan séu nokkurn veginn í takt (sbr. keðjumeðaltölin á 13. mynd). Rannsóknir Hafrannsóknastofnunarinnar hafa sýnt að þessar sveiflur eru í samræmi við langtímasveiflur átu í öllu norðanverðu Atlantshafi. Það bendir til þess að breytileikinn í átumagni stjórnist að verulegu leyti af hnattrænum þáttum, líklegast tengdum veðurfari, sem hafa áhrif á víðáttumiklu svæði.

### 3. Greinar um vistfræði sjávar

#### *Notes on marine ecology*

#### **SAMANBURÐUR Á SJÁLFVIRKRI GREININGU DÝRASVIFS MEÐ MYNDGREINI-TÆKNI OG HEFÐBUNDINNI AÐFERÐ / A COMPARISON OF AUTOMATIC ANALYSIS OF ZOOPLANKTON USING ZOOIMAGE AND TRADITIONAL METHODOLOGY**

Teresa Silva og Ástþór Gíslason  
Hafrannsóknastofnuninni

#### Ágrip

Markmið rannsóknarinnar var að meta hversu vel hugbúnaðarvöndullinn Zoo/PhytoImage ræður við að greina og telja átusýni með því að bera saman hefðbundnar greiningar átusýna og greiningar sömu sýna með ZooImage. Sýnunum var safnað í Íslandshafi í júlí 2006. Samanburður hefðbundinna greininga og greininga með ZooImage bendir til að hugbúnaðurinn ráði vel við að greina dýrasvif í tiltölulega stórar flokkunareiningar (t.d. mismunandi stærðarflokka krabbafloa), en síður við að greina sýni nákvæmlega til tegunda. Á móti kemur að það fást aðrar upplýsingar, m.a. um stærðardreifingar og lífmassa dýrasvifsins, sem eru mikilvægir vistfræðilegir þættir, sem ekki fást með beinum hætti með hefðbundinni úrvinnslu. Annað mikilvægt atriði er, að vélræn úrvinnsla tekur mun skemmri tíma en hefðbundin. Ljóst er að áfram verður þó þörf fyrir hina hefðbundnu úrvinnslu, m.a. í sambandi við athuganir á samfélagsgerð, þroska og öðrum lífsögulegum þáttum dýrasvifs.

#### Abstract

*The objective of this study was to evaluate the accuracy of ZooImage for taxonomic classification of zooplankton samples. For that purpose, automate analysis with the ZooImage software was compared with traditional analysis, using zooplankton samples collected in the Iceland Sea in July 2006. When compared with the traditional methodology, ZooImage was able to classify zooplankton into main taxonomic entities (i.e. size classes of copepods), while being less successful in identifying the zooplankton into species. Other important information, that is difficult and time consuming to obtain by traditional methods like biomass and size distributions are, however, easily obtained with ZooImage. The automatic analysis takes much less time than the traditional methods. While the study confirms that ZooImage is a promising tool for rapidly analysing zooplankton samples, it is also clear that the traditional approach will be needed in future investigations, particularly studies addressing zooplankton community structure, development and life history.*

#### Inngangur

Dýrasvif gegnir lykilhlutverki í vistkerfum sjávar sem tengiliður á milli frumframleiðni svifþörunga og dýra sem eru ofar í fæðukeðjunni. Rannsóknir á magni og útbreiðslu dýrasvifs eru því mikilvægar, m.a. til að meta vöxt og afkomu fiskistofna í fjölstofnasamhengi. Hefðbundin úrvinnsla dýrasvifssýna í víðsjá er hins vegar mjög tímafrek og dýr. Þetta hefur leitt til þess að vísindamenn hafa í auknum mæli leitað leiða til að greina dýrasvif á sjálfvirkan hátt með aðstoð tölvu. Í því sambandi má nefna að á alþjóðlegum vettvangi, m.a. Alþjóðahafrannsóknaráðsins, hefur verið lögð mikil áhersla á að þróa vél- og hugbúnað til vélrænnar úrvinnslu dýrasvifssýna. Margskonar vél- og hugbúnaður hefur verið reyndur, en alþjóðleg úttekt (Irigoién o. fl., 2005) komst að þeirri niðurstöðu að hugbúnaðarvöndullinn ZooImage (<http://www.sciviews.org/Zoo/PhytoImage>, Grosjean og Denis, 2007), sem er safn eða vöndull hugbúnaðar til vélrænnar úrvinnslu átusýna, væri vænlegastur til árangurs og að stefnt skyldi að því að þróa hann áfram.

ZooImage er „opinn“ hugbúnaður, sem merkir að hann er ókeypis og þróaður í samvinnu fjölmargra aðila. Hugbúnaðurinn notar tölfraðihugbúnaðinn R og myndvinnsluforritið Image J til að greina stafrænar myndir af dýrasvifi (Grosjean og Denis, 2007). Sjálfvirk greining af þessu tagi tekur mun skemmri tíma en hefðbundin greining (Beinfeld o. fl., 2007; Culverhouse, 2008), og ef vel tekst til er hún því líkleg til að flýta mjög úrvinnslu átusýna.

Markmið þessarar rannsóknar er að meta hversu vel hugbúnaðarvöndullinn Zoo/PhytoImage ræður við að greina og telja átusýni frá Íslandsmiðum með því að bera saman hefðbundnar greiningar átusýna og greiningar sömu sýna með ZooImage.

**Aðferðir**

Í rannsókninni voru sömu sýni greind, annars vegar með hefðbundnum aðferðum og hins vegar með ZooImage. Sýnunum var safnað í júlí 2006 í Íslandshafi með fjölsýnaháfi frá Hydro-Bios (Multi Plankton Sampler; 0,25 m<sup>2</sup> opnun; 200µ möskvastærð) úr efstu 50 metrum sjávar (0-50m). Alls voru greind sýni frá 17 stöðvum.

Fjöldi einstaklinga í hverju dýrasvífsýni er yfirleitt geysimikill, allt of mikill til að hægt sé að greina og telja alla einstaklingana í því. Því fylgst fyrsta skref úrvinnslunnar í því að skipta sýninu í hlutsýni af hæfilegri stærð með Motoda skiptara (Motoda, 1959). Yfirleitt voru í hverju hlutsýni 500-1000 dýr og agnir. Hlutsýnið var síðan greint á tvennan hátt:

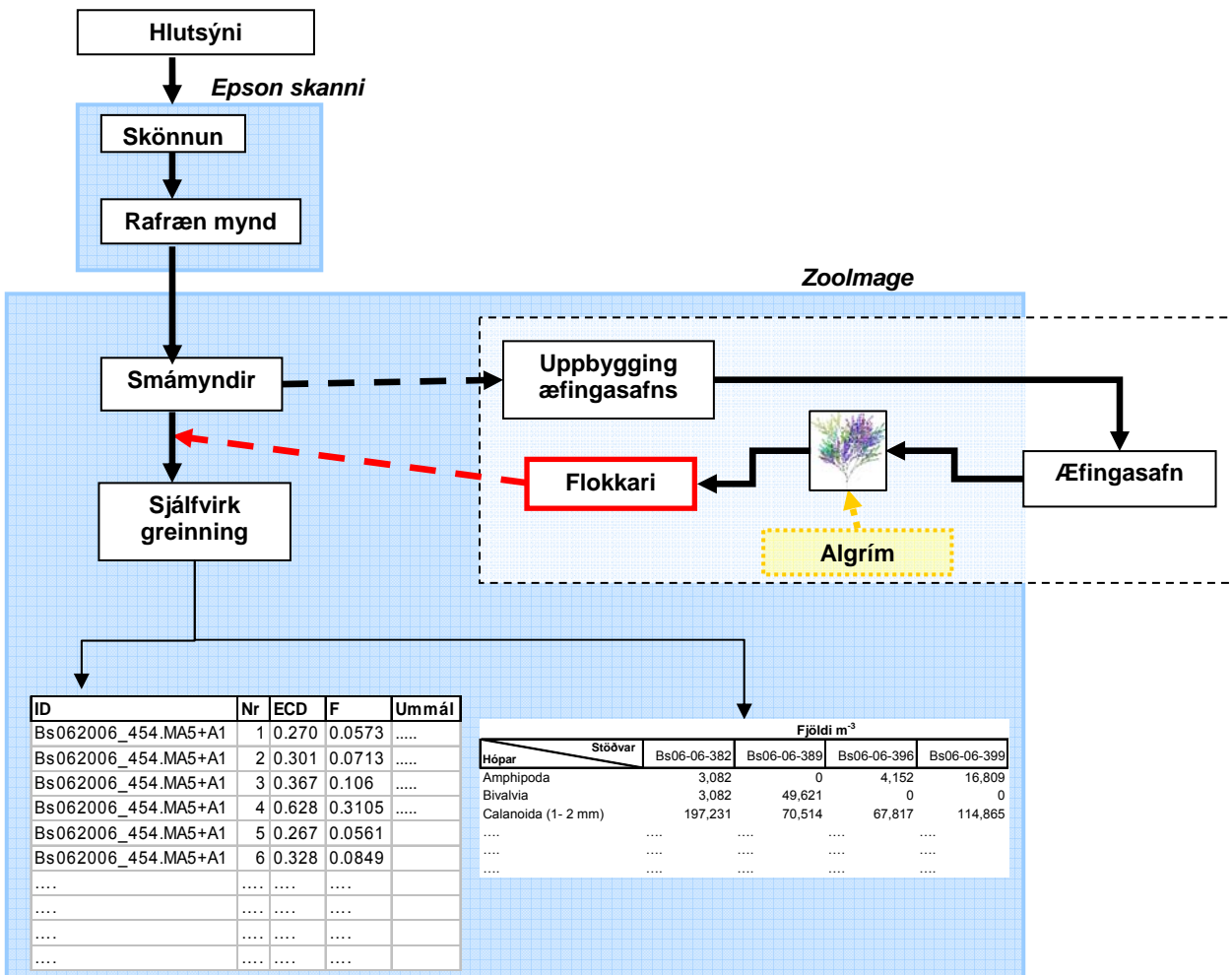
A. *Hefðbundin greining*: Allir einstaklingar í hlutsýninu voru greindir og taldir í víðsjá.

B. *Sjálfvirk greining*. Hún gerðist í fjórum meginþrepum (1. mynd):

1) Hlutsýnið var sett á gegnsæja plastbakka. Venjulega nægðu 3-4 bakkar fyrir hvert hlutsýni. Bakkarnir voru svo settir á skanna (Epson Perfection V700 Photo Scanner) og síðan skannaðir með innihaldinu í 16 bita grátóna upplausn. Þannig fengust stafrænar myndir af sýnunum (1. mynd).

2) ZooImage var svo notað til að deila hinni skönnuðu mynd upp í ótal rafrænar smámyndir (e. vignettes, 2. mynd), hver með einni lífveru eða ögn. Í þessu skrefi eru jafnframt vistaðar ýmsar upplýsingar um smámyndirnar, svo sem um stærð, grátón, ummál agnanna, o. fl., ásamt með lýsigögnum um hlutsýnið og hvar og hvernig háfsýnið var tekið.

3) ZooImage var svo notað til að búa til flokkara (e. classifier), sem síðan er nýttur til að greina smámyndirnar á vélrænan hátt. Fyrsta skrefið er að flokka smámyndir í hópa eftir því af hverju þær eru. Þetta gerist þannig að



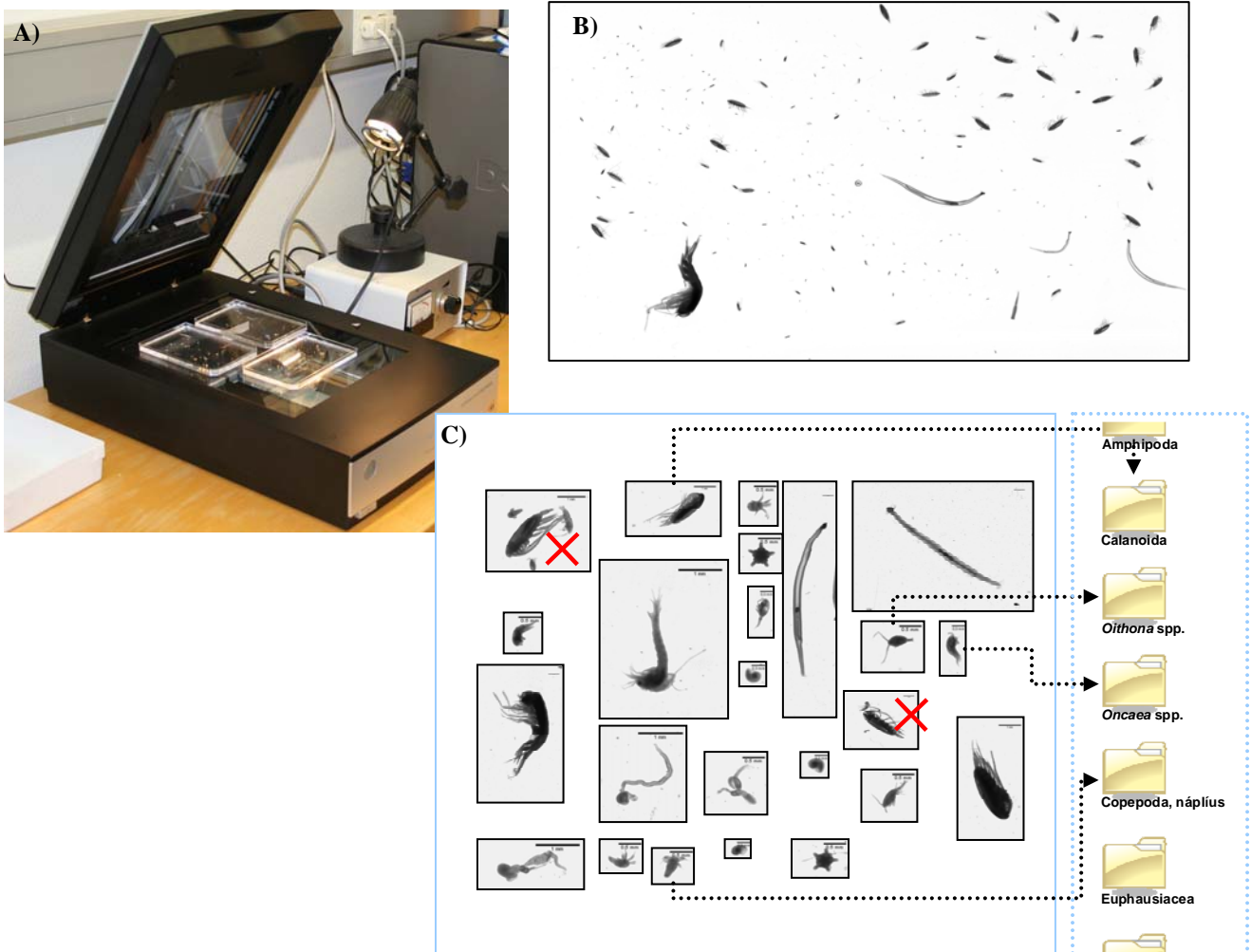
1. mynd. Yfirlit yfir helstu þætti sjálfvirkrar greiningar dýrasvífs með ZooImage.

Figure 1. Main steps in automatic analysis of zooplankton using ZooImage

rannsakandinn skoðar og flokkar smámyndir í tölvunni, setur t.d. krabbaflær af ættkvíslinni *Oncaea* í eina möppu, *Oithona* í aðra, o.s. frv. (2. mynd). Þannig verður til sérstakt skráasafn með flokkuðum smámyndum, svonefnt æfingasafn (e. train set), sem síðan er nýtt til að „kenna“ tölvunni að þekkja smámyndir. Æfingasafnið sem við settum saman var alls með 25 hópa, þar af voru 16 hópar dýrasvifs (3. mynd), en afgangurinn (9 hópar) voru lífærnar leyfar, plöntusvif, loftbólur, trefjar o. fl., og eru því ekki sýndir. Næst var tölvunni „kennt“ (í ZooImage) að þekkja myndirnar í æfingasafninu. Það er í þessu skrefi sem flokkarinn verður til. Það gerist þannig að tölvan gerir á sjálfvirkan hátt ýmsar mælingar á smámyndunum, sem síðan eru nýttar sem inntak í mismunandi algrím til að búa til flokkara. Tölvan notar síðan þennan flokkara til að greina

aðrar smámyndir af átu. Með því að reyna mismunandi algrím voru búnir til nokkrir flokkar og síðan var metið hversu vel þeir réðu við að greina átusýni með því að nota ZooImage til að greina sjálft æfingasafnið. Þetta ferli, að búa til flokkarann, skiptir mestu varðandi gæði hinnar sjálfvirku úrvinnslu, og tekur jafnframt mestan tíma. Það ber að hafa í huga, að venjulega nægir að búa til einn flokkara fyrir hvert svifsamfélag.

4) Vélræn greining átusýna. Átusýni voru loks greind á sjálfvirkan hátt skv. ferlinu sem lýst er hér að ofan: sýnunum var fyrst skipt, þau síðan skönnuð og loks greind og talin á sjálfvirkan hátt í ZooImage með flokkaranum sem kom best út í prófunum, sem lýst var í 3. lið hér fyrir framan.



2. mynd. Vélræn úrvinnsla átusýna: Hlutsýni á þremur plastbökkum tilbúin fyrir skönnun (a); skönnuð mynd af innihaldi eins bakka (b); dæmi um nokkar smámyndir sem verða til í ZooImage og tengsl við æfingasafnið (c).

Figure 2. Automatic processing of zooplankton sample: One subsample divided into three plastic trays on the scanner (a); scanned image of the contents of one plastic tray (b); a few vignettes produced by ZooImage and links with the training set (c).

### Niðurstöður og umræða

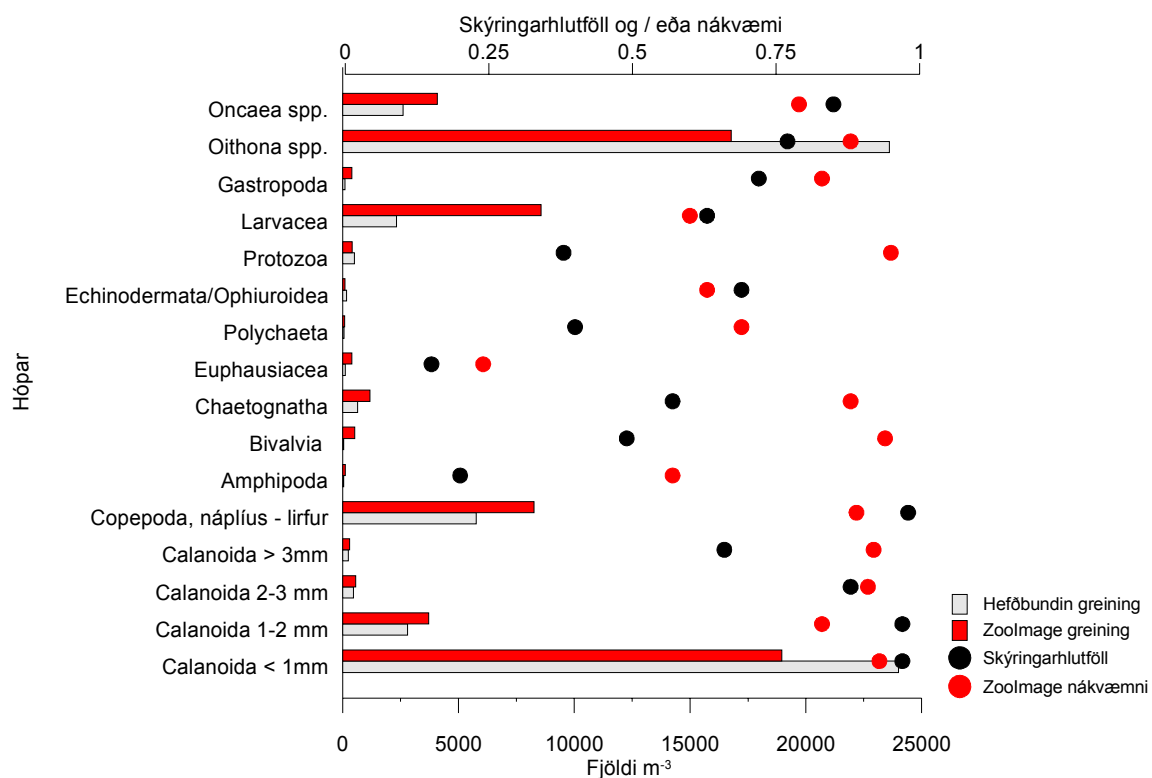
Til að búa til besta mögulega flokkara út frá æfingasafninu voru reynd sex mismunandi algrím, sem öll eru hluti af ZooImage hugbúnaðarvæðlinum. Algrímið „Random forest“ gaf besta niðurstöðu, en með því náði ZooImage að greina hópana með 82% nákvæmni (þ. e. tölvan greindi 82% smámyndanna rétt miðað við alla hópa).

Á 3. mynd er sýndur meðalfjöldi svífdýra eins og hann er metinn í hefðbundinni greiningu annars vegar og sjálfvirkri greiningu með ZooImage hins vegar. Á myndinni sést að hugbúnaðurinn ræður allvel við að greina algengustu hópana - þótt raunar sé um lítilsháttar vanmat að ræða fyrir allra algengustu tegundir og hópa, t.d. „*Oithona* spp.“ og „*Calanoida* <1mm“ – og ofmat hvað varðar sjaldgæfari hópa (<6000 einstaklingar m<sup>-3</sup>), t.d. „*Copepoda* naupliur“ og „*Calanoida* 1-2mm“.

Fyrir hvern hóp var nákvæmni hugbúnaðarins metinn á tvennan hátt. Annars vegar

með því að athuga hvernig ZooImage metur nákvæmnina, en þá ber hugbúnaðurinn saman sjálfvirka og hefðbundna greiningu á æfingasafninu fyrir viðkomandi hóp (ZooImage nákvæmni, skilgreint sem hlutfall (%) smámyndanna í æfingasafninu sem ZooImage greinir rétt). Hins vegar var nákvæmni metin með því að meta hversu vel hugbúnaðurinn gengur að greina önnur sýni (skýringarhlutföll fyrir línulega aðhvarfsgreininga á milli hefðbundinna og sjálfvirkra greininga sýna frá 17 stöðvum í Íslandshafi). Á 3. mynd er gerður samanburður á þessum tveimur nálgunum við að meta nákvæmnina, rauðu punktarnir merkja nákvæmnina eins og hún er metin af ZooImage út frá æfingasafninu, en þeir svörtu út frá samanburði á vélrænni og hefðbundinni greiningu annarra sýna.

Við sjáum að sambandið á milli vélrænnar og hefðbundinnar úrvinnslu áttusýna er tiltölulega veikt fyrir margum hópa (t. d. „Protozoa“, „Polychaeta“, „Bivalvia“, „Amphipoda



3. mynd. Meðalfjöldi svífdýra eins og hann er metinn í hefðbundinni greiningu annars vegar (gráir stöplur) og sjálfvirkri greiningu með ZooImage hins vegar (rauðir stöplur) 16 flokkunareininga dýrasvífs. Einnig er sýnt hvernig ZooImage metur nákvæmni sjálfvirkra greininga með algríminu „Random Forest“ (ZooImage nákvæmni), skilgreint sem hlutfall (%) smámyndanna í æfingasafninu sem ZooImage greinir rétt, og skýringarhlutföll (R<sup>2</sup>) línulegra aðhvarfsgreininga á milli hefðbundinna greininga og sjálfvirkra greininga með ZooImage sömu hópa frá 17 stöðvum í Íslandshafi. Frekari upplýsing eru í meginmáli.

Figure 3. Comparison between the abundance of 16 categories determined by traditional (grey bars) and ZooImage analysis (red bars). Also shown is the accuracy as evaluated by ZooImage using the algorithmic “Random Forest” (ZooImage nákvæmni), and the coefficients of determination for each taxon from linear regression relationships between the two methodologies in study as based on samples from all 17 stations (black dots). For further information refer to main text.

$R^2 < 0.50$ ), sem þó komu sæmilega út í mati á æfingasafninu (ZooImage nákvæmni  $> 0,50$ ) (3. mynd). Lág  $R^2$ -gildi gætu stafað af því að þessir hópar fundust á tiltölulega fáum stöðvum og því eru tiltölulega fáir punktar notaðir í aðhvarfsgreiningunni, en misræmið endurspeglar væntanlega einnig að hugbúnaðurinn átti í erfiðleikum með að greina þessa hópa rétt. Gott samræmi var hins vegar á milli hinna tveggja mælikvarða á nákvæmni hjá algengustu hópnum, t.d. „Calanoida  $< 1\text{mm}$ “, „Oithona“ og „Copepoda naupliur“.

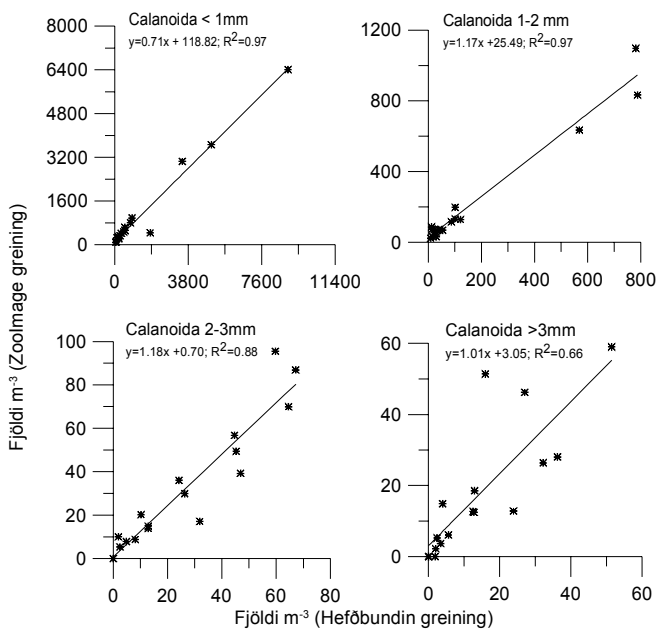
Á 4. mynd eru sýndar niðurstöður um samband vélrænna greininga og hefðbundinna fyrir fjóra stærðarflokka af krabbaflóm. ZooImage gengur augljóslega vel að greina krabbaflær og er greiningahæfnin meiri fyrir smærri stærðarflokkana ( $< 1\text{mm}$ ,  $1-2\text{mm}$ ,  $2-3\text{mm}$ ;  $R^2 > 0.88$ ;  $p < 0.0001$ ) en þá stærri ( $> 3\text{mm}$ ;  $R^2 = 0.66$ ;  $p < 0.0001$ ). Þetta kann að tengjast því að litur stærstu krabbaflónna var margbreytilegri en þeirra smærri, sem aftur kann að hafa valdið því að ZooImage gekk ver að greina þær.

Á 5. mynd er sýnd útbreiðsla fjögurra stærðarflokka af krabbaflóm, annars vegar eins

og hún var metin með hefðbundinni greiningu og hins vegar vélrænni greiningu með ZooImage. Á myndinni sést glögg að mat sem byggir á vélrænum greiningum er mjög áþekkt því sem byggir á hefðbundnum greiningum. Líkt og rætt var hér að ofan, vanmetur ZooImage lítilsháttar fjölda smæstu krabbaflónna ( $< 1\text{mm}$ ), en ofmetur þær stærri ( $1-2\text{mm}$ ,  $2-3\text{mm}$ ,  $> 3\text{mm}$ ) (5. mynd). Hvort sem tekið er mið af hefðbundinni úrvinnslu eða vélrænni yrði túlkunin hins vegar eins, nefnilega sú að mest væri af smærri krabbaflóm ( $< 1\text{mm}$ ,  $1-2\text{mm}$ ) á norðausturhluta rannsóknasvæðisins, en þeim stærri ( $2-3\text{mm}$ ,  $> 3\text{mm}$ ) um miðbik rannsóknasvæðisins og syðst á því (5. mynd).

Þegar hafa birst nokkrar vísindaritgerðir þar sem ZooImage er notað til að greina átusýni (sjá t.d. Irigoien o. fl., 2009, Zarauz o. fl., 2007). Það við best vitum, hefur hins vegar aðeins einu sinni verið gerður tölfræðilegur samanburður á hefðbundinni úrvinnslu og úrvinnslu með ZooImage (Bell og Hopcroft, 2008), og er þar dregin sú ályktun að ZooImage geti nýst vel til að meta mergð og samsetningu dýrasvifs eftir tiltölulega stórum flokkunareiningum. Þess ber að geta að samanburður þeirra Bell og Hopcroft (2008) var ólíkur okkar að því leyti, að þeir báru ekki saman nákvæmlega sömu hlutsýnin. Í okkar samanburði höfum við hins vegar greint nákvæmlega sömu hlutsýni bæði rafrænt og hefðbundið og komist að sömu niðurstöðu og þeir, nefnilega að aðferðin henti vel til að greina átu í tiltölulega stórar flokkunareiningar, en síður við nákvæmar tegundagreiningar. Við erum hins vegar enn að vinna að því að þróa úrvinnsluna og höfum þegar vísbendingar um að a.m.k. sumar átutegundir sé hægt að greina til ættkvíslar (t.d. Calanus spp.) á vélrænan hátt (sbr. 3. mynd). Við teljum einnig að sú aðferð sem við notum hér til að meta nákvæmnina (3. mynd) henti vel til að meta skekkju sem tengist vélrænni úrvinnslu átusýna.

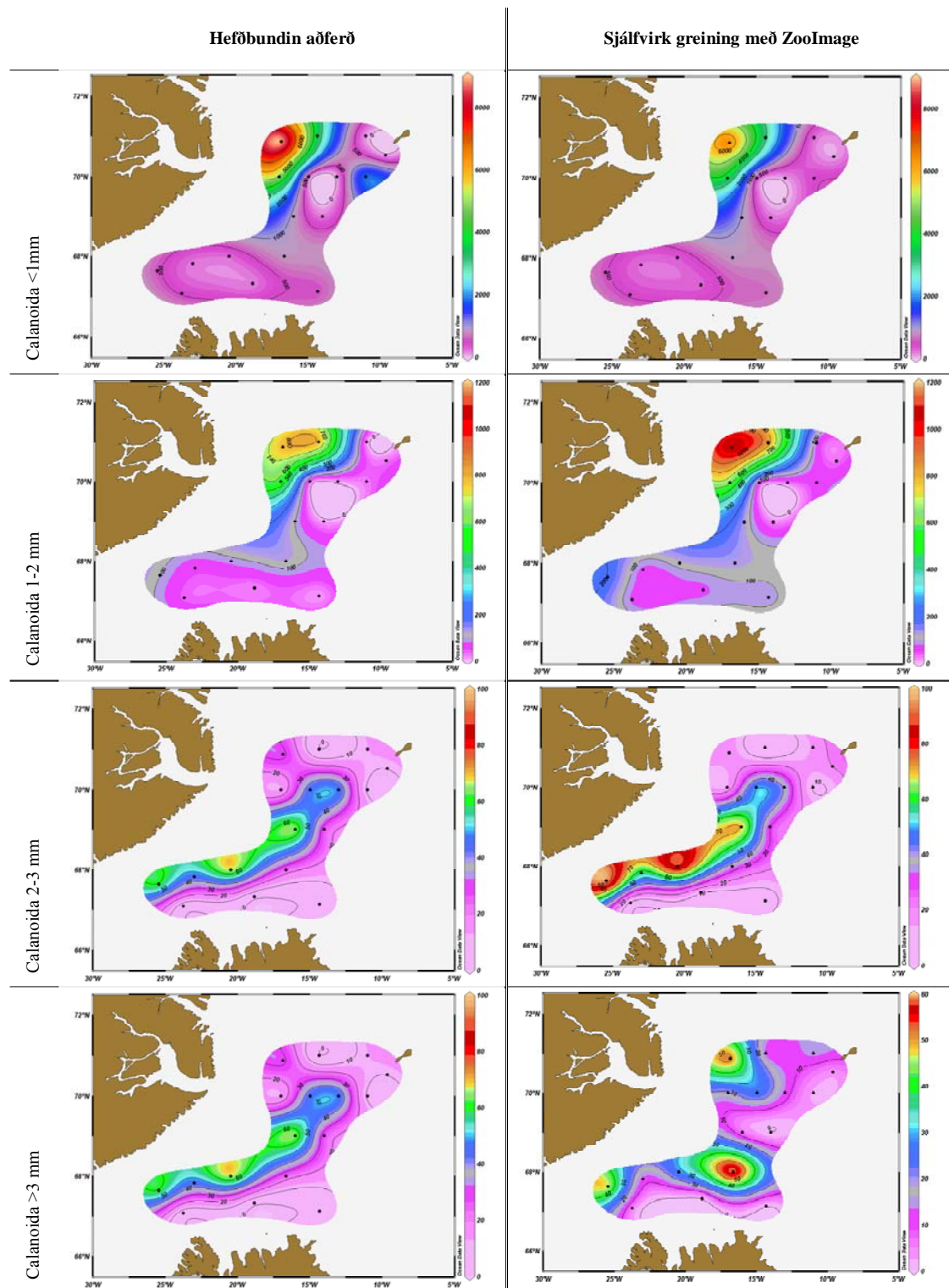
Með því að nota ákveðnar forsendur um samband lengdar og kolefnisvigtar krabbaflóa, má nota ZooImage til að áætla lífmassa helstu hópa dýrasvifs (Nakata o. fl., 2001, Postel o. fl., 2000, Alcaraz o. fl., 2003, Grosjean og Denis, 2007). Niðurstöður þannig úrvinnslu fyrir fjóra stærðarhópa krabbaflóa eru sýndar á 6. mynd. Ljóst er að lífmassi smæstu krabbaflóanna var mestur á norðausturhluta rannsóknasvæðisins, en þeirra stærstu um miðbik og á suðurhluta svæðisins (6. mynd). Dreifing lífmassans er í góðu samræmi við dreifingu í fjölda (5. mynd).



4. mynd. Þéttleiki Calanoida krabbaflóa af fjórum stærðarflokkum ( $< 1\text{mm}$ ,  $1-2\text{mm}$ ,  $2-3\text{mm}$ ,  $> 3\text{mm}$ ) á 17 rannsóknastöðvum í Íslandshafi í júlí 2006. Beinu línurnar sýna niðurstöður línulegra aðhvarfsgreininga hefðbundinna greininga og greininga með ZooImage.

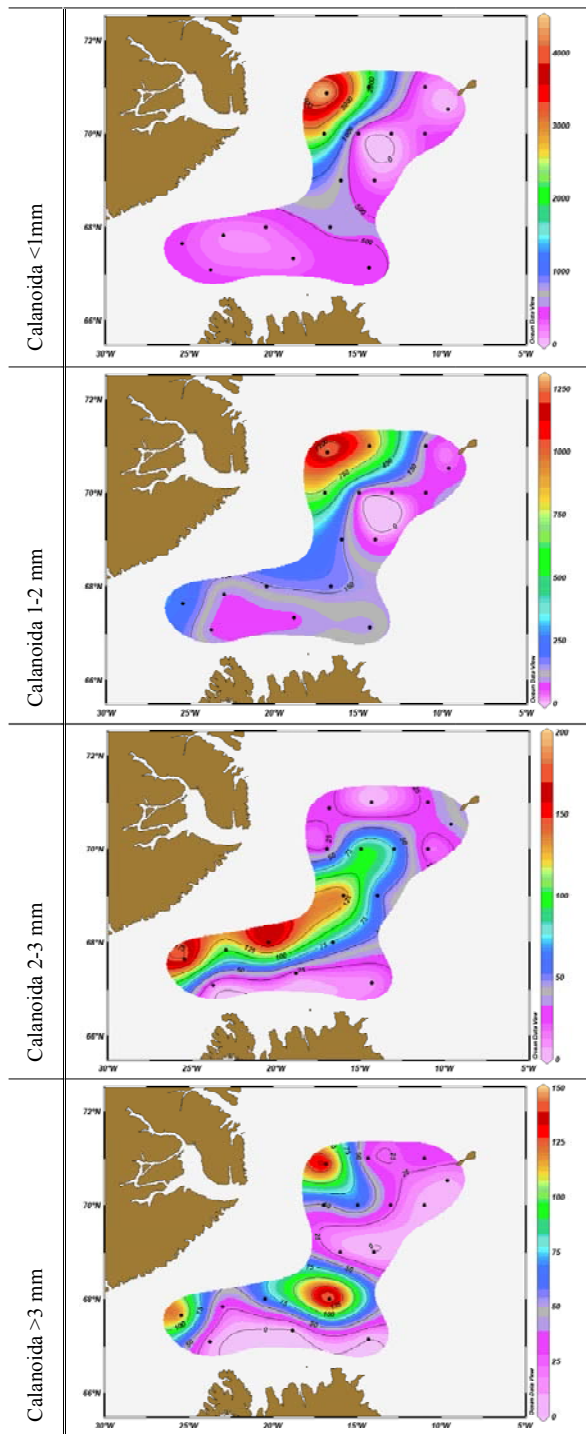
Figure 4. Scatter plots of abundance estimated for four groups of Calanoida copepods ( $< 1\text{mm}$ ,  $1-2\text{mm}$ ,  $2-3\text{mm}$ ,  $> 3\text{mm}$ ) by manual and automatic classifications, with respective linear regression lines.





5. mynd. Þéttleiki (fjöldi  $m^{-3}$ ) fjögurra stærðarflokka Calanoida krabbafloa (<1mm, 1-2mm, 2-3mm, >3mm) í Íslandshafi í júlí 2006, metinn með hefðbundnum aðferðum (myndaröðin til vinstri) og á sjálfvirkan hátt með ZooImage (myndaröðin til hægri). Athugið að mælikvarðinn er ekki eins á öllum myndum.

Figure 5. Abundance (individuals  $m^{-3}$ ) of four size groups of Calanoida copepods (<1mm, 1-2mm, 2-3mm, >3mm) as estimated by traditional analysis (left panel) and automatic analysis with ZooImage (right panel). Note different scales on the figures.



6. mynd. Kolefnisviðt ( $\mu\text{gC m}^{-3}$ ) fjögurra stærðarflokka *Calanoidea* krabbafloa (<1mm, 1-2mm, 2-3mm, >3mm) í Íslandshafi í júlí 2006, metinn á sjálfvirkan hátt með ZooPhytolmage. Athugið að mælikvarðinn er ekki eins á öllum myndum.

Figure 6. Carbon biomass ( $\mu\text{gC m}^{-3}$ ) of four size groups of *Calanoidea* copepods (<1mm, 1-2mm, 2-3mm, >3mm) as estimated with ZooImage. Note different scales on the figures.

Greining áttusýna er mjög tímafrek, og gera má ráð fyrir að þjálfaður maður greini að meðaltali u.þ.b. eitt áttusýni á dag. Reynslan hefur sýnt að með því að nota ZooImage getur sami maður greint 6-12 sýni á dag, að því gefnu að áður sé búið að „kenna“ tölvunni að þekkja svifdýr frá viðkomandi svæði, þ.e. búa til flokkara. Þá er átt við allt ferlið, frá því að sýni er skipt með Motoda skiptara og þar til niðurstöður um fjölda og lífmassa helstu stærðarhópa og tegunda liggja fyrir á rafrænu formi í tölvu. Þetta er í samræmi við niðurstöður Culverhouse (2008). Þessu til viðbótar má nefna að með því að láta hugbúnaðinn vinna á mörgum skönnuðum myndum á nóttinni eða um helgar í runuvinnslu, þá er hægt að flýta úrvinnslu jafnvel enn frekar.

Það er ljóst að enn er langt í land að hægt sé að beita vélrænum aðferðum til að greina sýni nákvæmlega til tegunda (sjá t.d. Grosjean o. fl., 2004). Þannig eru dýrin í mörgum tilvikum aðeins greind í stærri flokkunareiningar. En á móti kemur að það fast aðrar upplýsingar, m.a. um stærðardreifingar og lífmassa, sem eru mikilvægir vistfræðilegir þættir sem hafa þýðingu varðandi gerð og starfemi vistkerfa, en sem ekki fast með beinum hætti með hefðbundinni úrvinnslu. Annað mjög mikilvægt atriði er, að hin vélræna úrvinnsla tekur mun skemmri tíma en hin hefðbundna. Loks má nefna að óvissan sem tengist hinni vélrænu úrvinnslu er föst, en ekki breytileg, t.d. eftir því hver greinir sýnið (Culverhouse o. fl., 2003). Í þessu ljósi eru hinar nýju aðferðir þýðingarmikil viðbót við hinar hefðbundnu. En áfram verður þó þörf fyrir hina hefðbundnu úrvinnslu, m.a. í sambandi við athuganir á samfélagsgerð, þroska og öðrum lífsögulegum atriðum dýrasvifs.

## Heimildir

- Alcaraz, M., Saiz, E., Calbet, A., Trepal, I. og Broglio, E. 2003. Estimating zooplankton biomass through image analysis. *Marine Biology* 143, 307-315.
- Bell, J. og Hopcroft R. 2008. Assessment of ZooImage as a tool for the classification of zooplankton. *Journal of Plankton Research* 30, 1351-1367.
- Benfield, M. C., Grosjean, P., Culverhouse, P. F., Irigoien, X., Sieracki, M. E., Lopez-Urrutia, A., Dam, H. G., Hu, Q., Davis, C. S., Hansen, A., Pilskaln, C. H., Riseman, E. M., Schultz, H., Utgoff, P. E. og Gorsky, G. 2007. RAPID Research on Automated Plankton Identification. *Oceanography* 20, 172-187.

- Culverhouse, P. 2008. Automatic visual identification of plankton. *Report of SCOR WG130*, May 2008. 31 bls.
- Culverhouse, F. P., Williams, R., Reguera, B., Herry, V. og González-Gil, S. 2003. Do experts make mistakes? A comparison of human and machine identification of dinoflagellates. *Marine Ecology Progress Series* 247, 17–25.
- Grosjean, P. og Denis, K. 2007. Zoo/PhytoImage version 1.2-0. User's Manual. 57 bls.
- Grosjean, P., Picheral, M., Warembourg, C. og Gorsky, G. 2004. Enumeration, measurement, and identification of net zooplankton samples using the ZOOSCAN digital imaging system. *ICES Journal of Marine Science* 61, 518-525.
- Irigoiien, X., Grosjean, P. og Urrutia, A. L. 2005. Image analysis to count and identify zooplankton. GLOBEC/SPACC Workshop, San Sebastian, November 2005. 21 bls.
- Irigoiien, X., Fernandes, J. A., Grosjean, P., Denis, K., Albaina, A. og Santos, M. 2009. Spring zooplankton distribution in the Bay of Biscay from 1998 to 2006 in relation with Anchovy recruitment. *Journal of Plankton Research* 31, 1-17.
- Motoda S. 1959. Devices of simple plankton apparatus. *Memoirs of the Faculty of Fisheries Hokkaido University* 7, 73-94
- Nakata K., Koyama S. og Matsukawa Y. 2001. Inter-annual variation in spring biomass and gut content composition of copepods in the Kuroshio current, 1971-89. *Fisheries Oceanography* 10, 329-341.
- Postel, L., Fock, H. og Hagen, W. 2000. Biomass and abundance in zooplankton. Í: R.P. Harris, P.H. Wiebe, J. Lenz, H.R. Skjoldal og M. Huntley (ritstj.), *Zooplankton Methodology Manual*, Academic Press, UK, bls. 139-147.
- Zarauz, L., Irigoien, X., Urtizberea, A. og Gonzalez, M. 2007. Mapping plankton distribution in the Bay of Biscay during three consecutive spring surveys. *Marine Ecology Progress Series* 345, 27–39.
-

## KRABBAFLÆR AF ÆTTKVÍSLINNI *PSEUDOCALANUS* VIÐ SVALBARÐA; GREINING MILLI TVEGGJA SYSTURTEGUNDA / *PSEUDOCALANUS* IN SVALBARD WATERS; IDENTIFICATION OF TWO SIBLING COPEPOD SPECIES.

Ragnhildur Guðmundsdóttir  
Háskólanum í Tromsø og Háskólasetrinu á Svalbarða

### Ágrip

Greint er frá niðurstöðum rannsóknar á greiningu milli tveggja systurtegunda krabbaflóa af ættkvíslinni *Pseudocalanus* við Svalbarða (78°N). Bornar voru saman tvær aðferðir, annars vegar hefðbundin útlitsgreining og hins vegar tegundasértækt pólýmerasakeðjuhvarf (e. Species-specific PCR) sem notast við COI gen sem finnst í hvatberum dýranna. Niðurstöðurnar gáfu til kynna að munur var á aðferðunum eftir svæðum en frekari athugana er þörf fyrir afdráttalaus niðurstöðu.

### Abstract

Two copepod sibling species of the genus *Pseudocalanus* are found in Svalbard waters. For identification two methods were used, morphological identification and species-specific polymerase chain reaction (PCR). Those two methods were compared and the results indicated some difference, especially for different locations. However more research is needed to confirm this.

### Inngangur

Krabbaflær af ættkvíslinni *Pseudocalanus* eru mjög algengar á hafsvæðunum á norðurhveli jarðar (Corkett og MacLaren, 1978) og í hafinu við Ísland tilheyra allt að 20% dýrasvifsins þessari ættkvísl á vorin (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson, 2004). Krabbaflær af þessari ættkvísl eru iðulega stór hluti af lífmassa dýrasvifsins á þessum svæðum og því mikilvægur hluti af fæðukeðjum hafsins þar sem þær nærast á smáþörungum en eru um leið fæða fisklirfa sem og fullorðinna uppsjávarfiska (Corkett og MacLaren, 1978; Hinrichsen o.fl., 2002; Mollmann og Koster, 2002).

Innan *Pseudocalanus* ættkvíslarinnar eru sjö tegundir sem eru mjög líkar innbyrðis og því getur verið tímafrekt að greina á milli þeirra með hefðbundnum greiningaraðferðum. Í vistfræðilegum úttektum er því oftast vitnað til þeirra sem *Pseudocalanus* spp. (Walkusz, 2003; Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson, 2004) sem rýrir gildi upplýsinganna meðal annars með tilliti til líffræðilegs fjölbreytileika. Tvær þessara tegunda, *P. minutus* og *P. acuspes* (1. mynd), er að finna við Svalbarða (Frost, 1989). Nýlega var útbreiðslumynstur og tegundasamsetning *Pseudocalanus* tegunda kannað við Svalbarða (Ragnhildur Guðmundsdóttir, 2008) en þar var greint á milli þeirra, annars vegar með hefðbundnum greiningaaðferðum sem byggjast á útlitslegum þáttum (Frost, 1989) og hins vegar með því að nota erfðaeftni hvatbera sem vitað er að er tegundasértækt (Bucklin o.fl., 2001).

### Aðferðir

Sýni voru tekin í nokkrum fjörðum í kringum Svalbarða vor og sumar 2007 (2. mynd). Notaður var WP-2 háfur og voru sýnin varðveitt í etanóli til að geta gert DNA greiningar með tegundasérhæfðu pólýmerasakeðjuhvarfi (e. Species-specific PCR). Flest sýnin voru tekin í gegnum vakir á ís en nokkur voru tekin við íslaus skilyrði.

Á rannsóknastofu voru kynþroska kvendýr tínd úr sýnunum. Þau voru því næst lengd-



Photo: R. Gudmundsdottir

1. mynd. Sex kvendýr af ættkvíslinni *Pseudocalanus*. Dýrin þrjú til vinstri eru *P. acuspes* en *P. minutus* til hægri.

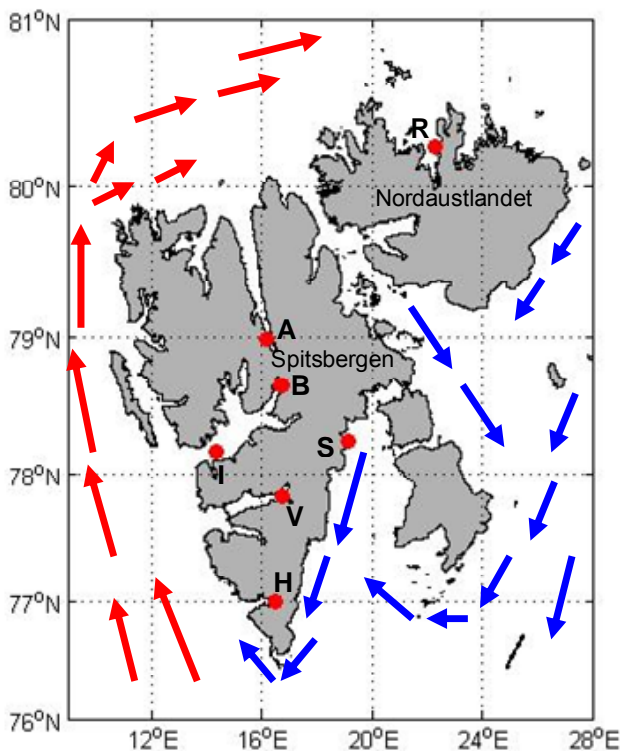
Figure 1. Six females of the genus *Pseudocalanus*. The three individuals on the left side are *P. acuspes* and the three to the right are *P. minutus*.

armæld, talin og greind til tegunda og var þá byggt á lýsingum úr grein Frost (1989). Sömu dýr voru því næst greind með tegundasérhæfðu pólýmerasakeðjuhvarfi (PCR) en sú aðferð byggist á basaröð í COI geni í hvatberum dýranna. Primerar voru hannaðir, fyrir hvora tegund fyrir sig, sem þekkja tegundasérhæfða basaröð innan COI gensins. Aðferðin gengur svo út á að sérhæfðir primerarnir finna bindistað eftir því um hvora tegundina er að ræða. Í framhaldinu er hægt að greina á milli með því að rafdraga erfðaeftnið á geli.

Aðferðirnar tvær, útlitsgreining og erfðaeftnis greining, voru svo bornar saman til að fá mat á mun þeirra á milli.

### Niðurstöður

Raðgreining á erfðaeftni hvatbera dýranna staðfesti að báðar tegundirnar, *P. minutus* og *P.*



2. mynd. Eyjaklasinn Svalbarði. Örvarnar gefa til kynna helstu straumakerfi. Rauðar örvar tákna hlýjan Atlantssjó sem flyst með Vestur-Svalbarða straumnum en bláar örvar sjó af arktiskum uppruna sem flyst með Austur-Svalbarða straumnum. Söfnunarstöðvarnar sjö eru A = Austfjorden, B = Billefjorden, I = Isfjorden, H = Hornsund, R = Rijpfjorden, S = Storfjorden og V = Van Mijenfjorden.

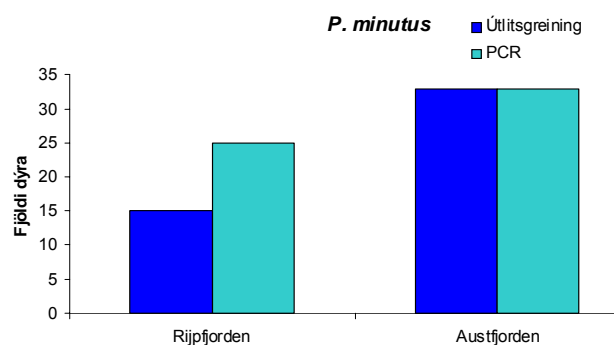
Figure 2. The archipelago of Svalbard. Arrows indicate the main current systems, with red arrows for water of Atlantic origin (The West Spitsbergen Current) and blue arrows for water of Arctic origin (The East Spitsbergen Current). Sampling locations are A = Austfjorden, B = Billefjorden, I = Isfjorden, H = Hornsund, R = Rijpfjorden, S = Storfjorden og V = Van Mijenfjorden.

*acuspes*, finnast við Svalbarða. Tegundin *P. minutus* var algengari í sýnum frá vetri og snemma að vori en *P. acuspes* fjölgaði eftir því sem leið á sumarið. Tölfræðilegur samanburður á tegundasértæku PCR aðferðinni og hefðbundinni útlitsgreiningu leiddi í ljós að það er munur á aðferðunum tveimur þó tölfræðigreining gefi ekki afdráttarlausa niðurstöðu. Ennfremur virðist vera munur milli svæða í þessu tilliti eða með öðrum orðum þá var enginn munur á milli aðferðanna fyrir einn fjörð á meðan mikill munur var fyrir annan (3. og 4. mynd).

### Umraða

Tegundin *P. acuspes* virðist þurfa heitari sjó og meiri fæðu heldur en *P. minutus* til að klára sinn lífsferil. Það er í góðu samræmi við útbreiðslumynstur tegundanna, þar sem *P. acuspes* finnst suður í Eystrasalti (Frost, 1989) þar sem hún deilir vist með *P. elongatus* sem er enn suðlægari tegund með útbreiðslu við Bretandseyjar og í Svartahafi (Frost, 1989; Unal o. fl., 2006). *P. minutus* er aftur á móti aðallega að finna í Norður Íshafinu og þar um kring (Frost, 1989). Þetta gæti bent til að betri skilyrði yrðu fyrir *P. acuspes* ef sjór myndi hlýna.

Greiningar byggðar á útlitsekennum samrýmast ágætlega erfðaeftnis greiningunum en það virðist þó vera svæðaskipt. Þannig var tölu-



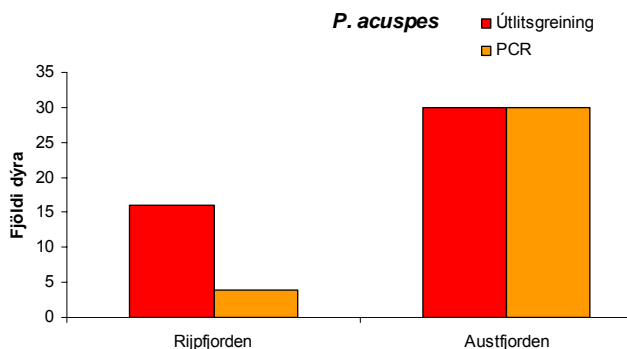
3. mynd. Fjöldi dýra af tegundinni *P. minutus* greind með báðum aðferðum. Úr Rijpfjorden voru fimmtán dýr greind sem *P. minutus* upphaflega og voru þær greiningar einnig staðfestar með PCR aðferð en auk þeirra voru tíu dýr sem upphaflega höfðu verið greind sem *P. acuspes*. Frá Austfjorden voru þrjátíu dýr greind upphaflega sem *P. minutus* og voru þau öll staðfest sem slík með PCR.

Figure 3. Number *P. minutus* identified with both methods. From Rijpfjorden fifteen animals were identified morphologically as *P. minutus* and were confirmed by PCR. Ten other animals were initially identified as *P. acuspes*, but were shown to be *P. minutus*. From Austfjorden thirty individuals were initially identified as *P. minutus* and were confirmed by PCR.

verður munur á milli greiningaaðferða á sýnum úr Ríjpfjorden en greiningaraðferðunum bar saman úr sýnum frá Austfjorden (3. og 4. mynd). Hugsanlegar ástæður þessa misræmis gætu legið í stofngerðum tegundanna og að í Ríjpfjorden finnist dýr með útlitseinkenni sem ekki eru dæmigerð fyrir tegundirnar. Einnig er ekki hægt að útiloka að þriðju tegundina, *P. major*, sé að finna í sumum sýnanna. Sú tegund hefur fundist á nokkrum stöðum í Norður-Íshafinu, en aldrei við Svalbarða. Ennfremur hefur COI hvatberagenið aldrei verið raðgreint fyrir hana og því ekki til samanburðargögn fyrir hana. Vist hennar hefur aðallega verið tengd við ísalt vatn (Frost, 1989).

Rannsóknin leiddi í ljós að bæta þarf PCR greiningaraðferðina sem hönnuð var í tengslum við verkefnið svo unnt verði að beita henni með meiri vissu, sem og bæta við þrímera fyrir *P. major*. Til þess að það geti orðið þarf að finna og raðgreina þá tegund.

Ekki hefur verið ráðist í ítarlegar tegundagreiningar innan ættkvíslarinnar *Pseudocalanus* í hafinu við Ísland en útfrá þekktri úbreiðslu dýranna (Frost, 1989) er ekki ósennilegt að fyrir norðan landið finnist blanda af *P. minutus* og *P. acuspis* en fyrir sunnan landið blanda af *P. acuspis* og *P. elongatus*. Í ljósi miklvægis krabbafloa af þessari ættkvísl við Ísland er verðugt rannsóknarefni að greina tegundsamsetningu og útbreiðslumynstur þeirra hér við land.



4. mynd Fjöldi dýra af tegundinni *P. acuspis* greind með báðum aðferðum. Úr Ríjpfjorden voru fimmtán dýr greind upphaflega sem *P. acuspis* en einungis fjögur þeirra voru staðfest með PCR sem slík. Eitt dýr gaf enga niðurstöðu. Frá Austfjorden voru þrjátíu dýr greind upphaflega sem *P. acuspis* og voru þau öll staðfest sem slík með PCR.

Figure 4. Number of individuals of the species *P. acuspis* identified with both methods. From Ríjpfjorden fifteen animals were morphologically identified as *P. acuspis* but only four of them were confirmed with PCR. One individual gave no result. From Austfjorden thirty animals were morphologically identified as *P. acuspis* and all of them were confirmed by PCR

## Heimildir

- Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson, 2004. Distribution patterns of zooplankton communities around Iceland in spring. *Sarsia* 89(6), 467-477.
- Bucklin, A., Guarnieri, M., McGillicuddy, D. J. og Hill, R. S., 2001. Spring evolution of *Pseudocalanus* spp. abundance on Georges Bank based on molecular discrimination of *P. moultoni* and *P. newmani*. *Deep-Sea Research Part I* 48(1-3), 589-608.
- Corkett, C. J. og McLaren, I. A., 1978. *Biology of Pseudocalanus. Advances in Marine Biology*. F. R. Russell og M. Young. London, Academic Press. 15, 1-231.
- Frost, B. W., 1989. A Taxonomy of the Marine Calanoid Copepod Genus *Pseudocalanus*. *Canadian Journal of Zoology* 67(3), 525-551.
- Hinrichsen, H. H., Mollmann, C., Voss, R., Koster, F. W. og Kornilovs, G., 2002. Biophysical modeling of larval Baltic cod (*Gadus morhua*) growth and survival. *Canadian Journal Of Fisheries And Aquatic Sciences* 59(12), 1858-1873.
- Mollmann, C. og Koster, F. W., 2002. Population dynamics of calanoid copepods and the implications of their predation by clupeid fish in the Central Baltic Sea. *Journal Of Plankton Research* 24(10), 959-977.
- Ragnhildur Guðmúsdóttir, 2008. *Pseudocalanus* in Svalbard waters: identification and distribution patterns of two sibling copepod species. Meistaraprófsverkefni í Sjávarvístæði við Háskólann í Tromsø. 53 bls.
- Unal, E., Frost, B. W., Armbrust, V. og Kideys, A. E., 2006. Phylogeography of *Calanus helgolandicus* and the Black Sea copepod *Calanus euxinus*, with notes on *Pseudocalanus elongatus* (Copepoda, Calanoida). *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography* 53(17-19), 1961-1975.
- Walkusz, W., Storemark, K., Skau, T., Gannefors, C., og Lundberg, M., 2003. Zooplankton community structure; a comparison of fjords, open water and ice stations in the Svalbard area. *Polish Polar Research* 24(2), 149-165.

## LÍFRÍKI Á KALDSJÁVARKÓRALSVÆÐUM VIÐ ÍSLAND / SPECIES DIVERSITY AND ASSOCIATED FAUNA COMPOSITION OF COLD-WATER CORALS IN ICELANDIC WATERS

Steinunn Hilma Ólafsdóttir  
Hafrannsóknastofnuninni

### Ágrip

Útbreiðsla kórala á litlum svæðum við suðurströnd Íslands var kortlögð í leiðangri árið 2004. Neðansjávarmyndir voru teknar og ástand kóralsvæðanna skoðað. Þessar myndir sýna einnig að lífríki á þessum svæðum var fjölbreytt. Frumniðurstöður frá rannsókn á lífríki kóralsvæða í Hornafjarðardjúpi sýna að ákveðin skipting á sér stað innan kóralsvæðanna, þar sem tegundasamsetning er ólík eftir því hvort skoðaður er lifandi kóral, dauður kóral eða botninn í kringum kóralinn þar sem dauð kóralbrot og greinar eru, svokallaður kóralbotn.

### Abstract

*Species diversity on coral area in Icelandic waters was studied from photographic material collected during a 2004 coral mapping cruise. Preliminary results, from Hornafjarðardjúpi, show that three different zones can be distinguished within the coral area, live coral zone, dead coral zone and coral rubble zone. The fauna composition is different between these zones. The diversity is high for the dead coral and coral rubble zones but lower for the live coral zone.*

Þegar rætt er um kaldsjávarkóralla, einnig nefndir djúpsjávarkóralar, er yfirleitt um að ræða rifmyndandi tegund sem heitir *Lophelia pertusa*. Tilvist hennar við Ísland hefur verið þekkt síðan 1916 og er þá getið undir nafninu *Lophohelia prolifera* í Zoology of Iceland (Carlgren 1939) þar sem hún hafði fundist á nokkrum stöðum úti fyrir Suðurlandi. Síðar kom í ljós að þessi tegund er ein af fáum tegundum kóralla sem lifa djúpt í köldum sjó og geta byggt upp stórar kóralbreiður og jafnvel kóralrif.

Lifandi er tegundin ýmist hvít að lit eða appelsínugul, en greinar hennar verða brúnar eða gráleitar þegar hún drepst. *Lophelia pertusa* lifir við 4 - 13°C og 32 - 38‰ seltu og er hún afar hægvaxta, vex um 4 - 20 mm á ári. Algengast er að finna hana á 200 - 400 m dýpi en hún hefur fundist allt frá 39 m dýpi niður á 3380 m dýpi. Ólíkt hlýsjávarkóröllum, mynda kaldsjávarkóralar ekki sambýli við ljóstillifandi þörungna, enda nær ljós ekki niður á það dýpi sem þeir finnast. Þeir eru því að öllum líkindum sírarar og virðist velja búsvæði þar sem straumar og landslag eru hagstæð og stöðugleiki mikill.

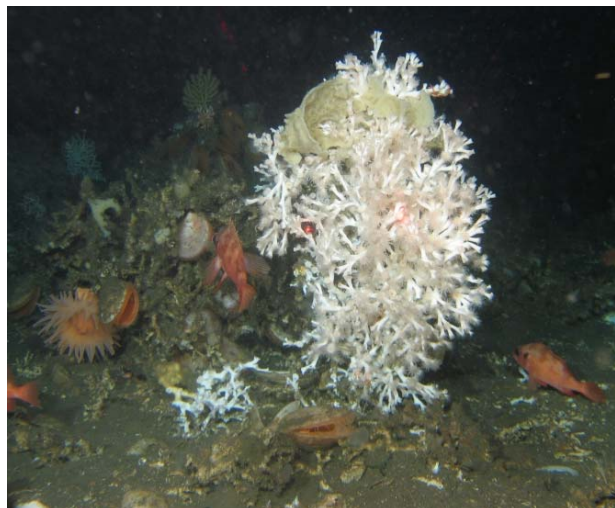
### Kaldsjávarkóral sem búsvæði

Líkt og hlýsjávarkóralrif, virðast kaldsjávarkóralar laða að fjölmargar tegundir, bæði hryggleysingja og fiska. Talið er að fiskar sæki þangað fæðu og skjól og komi jafnvel til hrygningar. Erfitt er að segja hvort einhverjar lífverur sé eingöngu að finna á kóralsvæðunum en sumar tegundir eru þekktar fyrir að vera í sambýli við kóralinn og eru ekki áberandi annars staðar.

Sum kóralsvæði sýna ákveðinn breytileika innan svæðisins og má skilgreina þau í þrjú mismunandi “undir”búsvæði (1. mynd); Lifandi kóral, dauðan kóral og kóralbotn sem er umhverfis þessar kóralmyndanir og nýtur áhrifa frá kóralnum (Mortensen o.fl. 1995). Tegundasamsetning innan þessara búsvæða er oft ólík.

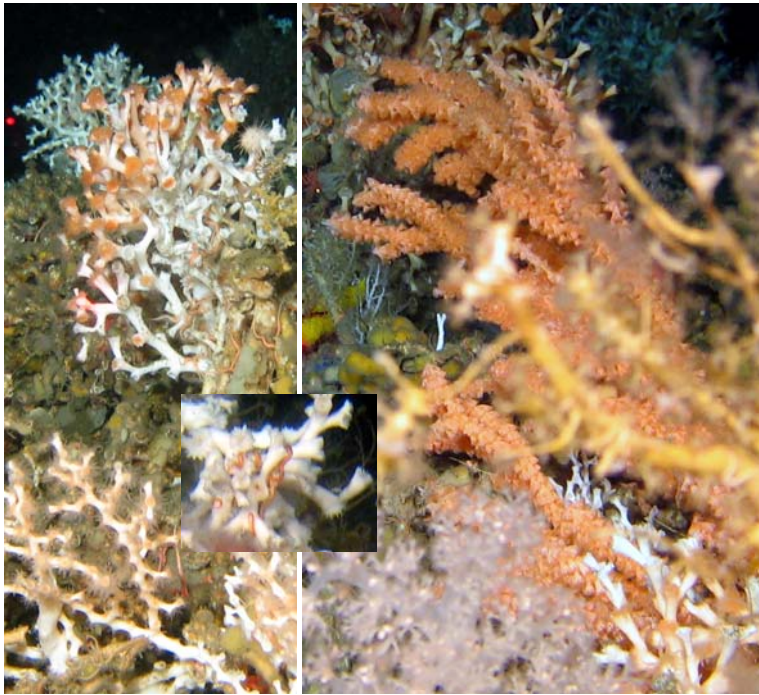
#### 1) Lifandi kóral

Lifandi hluti kóralsins stendur vanalega hæst á kóralsvæðunum þar sem nýjar kóralgreinar vaxa upp af eldri og dauðum kóral. Þau dýr sem finnast þarna eru mest sírarar. Meðal þeirra dýra sem kjósa þetta búsvæði eru ýmsar slöngustjörnutegundir, klasadýr, krabbadýr, mjúkur kóral, hornkóral og svampar (2. mynd).



1. mynd. Kóralbúsvæði – Lifandi *L. pertusa* kóralklasi, u.þ.b. 45 cm há. Hér má sjá skiptingu hans í þrjár búsvæðagerðir; Efst er lifandi kóral, næst brúnleitur klasi með dauðum kóral, loks er botninn blandaður kóralbrotum.

Figure 1. Live *Lophelia pertusa* coral. Three zones are detected; live coral, dead coral and coral rubble around.



2. mynd. Lífríki á lifandi kóral. Slöngustjörnur (vinstra megin, og lítil mynd), hornkóralar og mjúkir kóralar (hægra megin).

Figure 2. Live coral zone. Brittle stars (left and the small photo), horny and soft corals (right)



3. mynd. Lífríki á dauðum kóral. Margar tegundir, m.a. svampar, slöngustjörnur, krossfiskur (vinstra megin uppi), Ægisdrekkja (vinstra megin niðri). Sæfifill og fleiri tegundir (hægra megin).

Figure 3. Dead coral zone. Many species, e.g. sponges, brittle stars and a starfish (left above). *Acesta excavata* (left below). Sea anemone and other species (right).

## 2) Dauður kóral

Undir lifandi kóral er vanalega að finna stærra svæði með dauðum kóral. Áferð dauðra kóralgreina er önnur en þess lifandi. Set safnast fyrir á dauðum greinum og niðurbrot þeirra fer í gang. Á þessu svæði er að finna margar tegundir. Sumar eru ásætur og festa sig á kóralgreinarnar. Mosadýr, kalkpípuormar, armfætlur, klasadýr, svampar og skeljar finnast gjarnan fastar við greinarnar eða inn á milli þeirra. Krabbadýr og skráp-dýr skriða um innan um dauðar greinarnar (3. mynd).

## 3) Kóralbotn

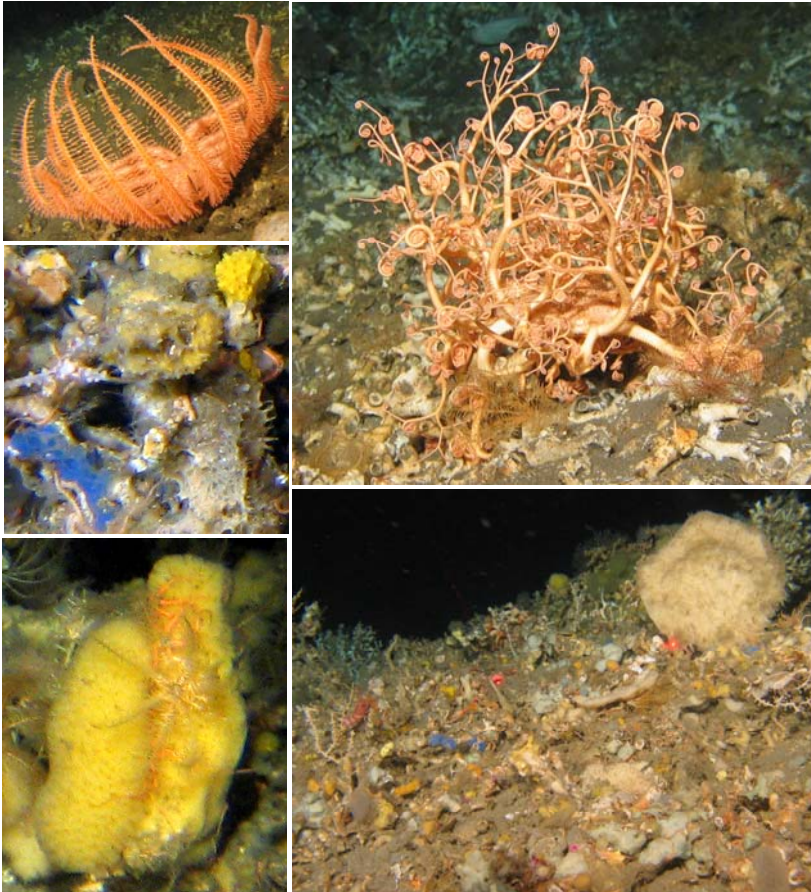
Umhverfis kóralinn er botnsetið þakið brotnum kóralgreinum. Þessi svæði laða

gjarnan til sín ýmsar grotætur. Margir hornkóralar vaxa á þessum svæðum, einnig margar tegundir svampa og möttuldýra (4. mynd). Þar er einnig að finna ýmis dýr sem erfitt er að greina út frá myndum. Lítið er vitað um þau dýr sem lifa ofan í botninum en á sumum svæðum var þéttleiki broddormsins *Bonella viridis* mikill. Þetta dýr grefur sig niður í botninn en sendir upp langan grænan rana, klofinn í endann, sem liggur á yfirborðinu.

## Lífríki kóralsvæða hér við land – forkönnun á Hornafjarðadjúpi

Kortlagning á útbreiðslu kaldsjávarkóralsvæða hér við land hófst árið 2003 þar sem upplýsingum var safnað með ýmsu móti um





4. mynd. Lífríki á kóralbotni. Krossfiskur af ætt Brisinga (efst til vinstri), svampar (miðja til vinstri) *Mycale* cf. *lingua* svampur með ásætur (neðst til vinstri). Marflækja (*Gorgonocephalus* sp.) (hægra megin uppi), botndýralíf á kóralbotni (hægra megin niðri).

Figure 4. Coral rubble zone. *Brisinga* starfish (top left) sponges (middle left) and *Mycale* cf. *lingua* sponge with epizoids (bottom left). Basket star (*Gorgonocephalus* sp.) (right above), benthic community on coral rubble (right below).

þekkt kóralsvæði og þau skráð. Leiðangur var farinn 2004 þar sem nokkur þessara svæða voru leituð uppi og neðansjávarkafbátur (ROV) útbúinn myndavélum notaður til að safna ljósmyndum og myndbandsupptökum til að kanna ástand þeirra. Sumstaðar var kóralinn algjörlega brotinn niður, en á öðrum svæðum var að finna lifandi kóral (Sigmar A. Steingrímsson og Sólmundur T. Einarsson, 2004). Lifandi kóral fannst í Reynisdjúpi, í Skaftárdjúpi og við Hornarfjarðardjúp. Í kjölfar leiðangursins voru þessi svæði friðuð fyrir öllum veiðum nema veiðum á uppsjávarfiski með flotvörpu og hringnót (Sjávarútvegsráðuneytið, Rgl. Nr. 1140, 14. desember 2005).

Mikið af myndefni var safnað í leiðangrinum sem verður notað til að skoða botndýralíf og annað lífríki á kóralsvæðunum. Þannig er hægt að greina tegundasamsetningu, þéttleika og dreifingu stærrí lífvera á svæðinu og tengsl þeirra við kóralsvæðin. Úrvinnsla hefur farið fram á hluta af myndefni, bæði ljósmyndum og vídeóefni, frá Hornarfjarðardjúpi. Nokkrar áberandi og algengar tegundir sem koma fyrir á svæðinu eru taldar upp í töflu 1.

Af myndbandsefni var hægt að fá yfirsýn yfir svæðið, meta ástand þess og sjá stærstu

tegundir. Af stafrænum ljósmyndum hafa þær tegundir sem sjást verið greindar eins og kostur er. Það er miserfitt að greina dýr til tegunda á þennan hátt, þar sem oft þyrfti jafnframt að skoða þau með víðsjá eða smásjá. Því er oft látið duga að greina þau til hópa eða ætta. Við úrvinnslu eru myndirnar settar í forrit, CPCe, sem er hannað til greininga og mælinga út frá ljósmyndum. Ákveðið margir punktar eru "lagðir yfir" myndina og fer greining fram á því sem sést undir þessum punktum. Þannig fást listar yfir tegundir, þekju og hlutfall þeirra. Þessir listar eru síðan fluttir yfir í úrvinnsluforritið PRIMER sem er sérsmíðið að greiningu á tegundasamsetningu og samfélagsgerðum. Þannig er bæði hægt að bera saman tegundasamsetningu á kóralsvæðum og utan þeirra, en einnig á mismunandi búsvæðagerðum innan kóralsvæða (5. mynd).

Munur á tegundasamsetningu var greinilegur milli búsvæðagerðanna þriggja í Hornarfjarðardjúpi (tafla 2, 5. mynd). Fjölbreytileiki (Shannon-Weaver Index) var lægstur á lifandi kóral ( $H' 1.00 - 1.29$ ), en svipaður á dauða kóralnum og kóralbotni ( $H' 1.55 - 1.81$  og  $H' 1.53 - 1.99$ ).

Slöngustjörnur (skrápdyr) voru einn algengasti dýrahópurinn á lifandi kóral. Erfitt var

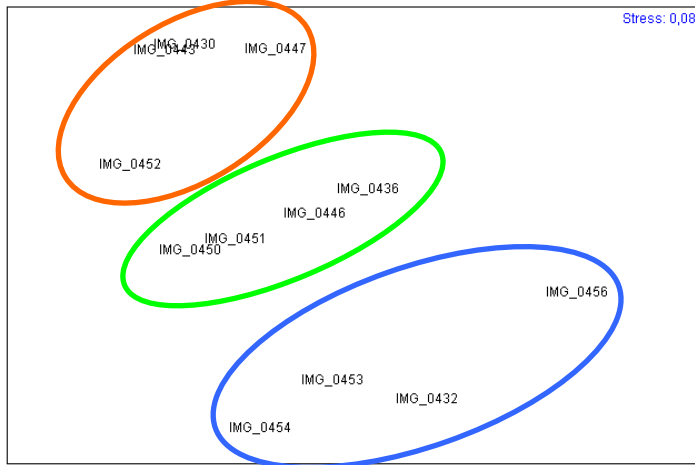
Tafla 1. Algengar og áberandi tegundir á kóralsvæði við Hornafjarðadjúp.  
Table 1. Some common and distinctive species in Hornafjarðadjúp coral area.

Hornkórallar (Gorgonacida)	<i>Paramuricea placomus</i> <i>Primnoa resedæformis</i>
Mjúkur kóral (Alcyonacida)	<i>Gersemia</i> sp.
Sæffifflar (Actiniarida)	<i>Urticina</i> sp.
Svampar (Porifera)	<i>Mycale</i> cf. <i>lingua</i> <i>Axinella infundibuliformis</i> <i>Phakella</i> spp.
Burstaormar (Polychaeta)	Sabellidae spp.
Krabbadýr (Crustacea)	<i>Munida</i> cf. <i>sarsi</i>
Slöngustjörnur (Ophiuridea)	<i>Gorgonocephalus</i> sp. (Marflækja) Ophiuridea spp.
Krossfiskar (Asteroidea)	<i>Brisinga</i> sp.
Sæljiljur (Crinoidea)	<i>Antedon</i> sp.
Lindýr (Mollusca)	<i>Acesta excavata</i> (Ægisdrekka)
Fiskar (Pisces)	Karfi, bláriddari, steinbítur, síld, geirnyt, fiskungviði

Tafla 2. Áætlaður fjöldi tegunda innan helstu dýrahópa á kóralsvæði við Hornafjarðadjúp.  
Table 2. Estimated number of species in three main habitat zones in Hornafjarðadjúp coral area.

	Lifandi kóral <i>Live coral zone</i>	Dauður kóral <i>Dead coral zone</i>	Kóralbotn <i>Coral rubble zone</i>
Svampar (Porifera)	3	10	14
Holdýr (Cnidaria)	8	8	9
Liðdýr (Arthropoda)	3	2	3
Liðormar (Annelida)	1	2	1
Skrápdýr (Echinodermata)	2	6	8
Lindýr (Mollusca)	1	2	2
Armfætlur (Brachiopoda)		1	1
Broddormar (Echiura)			1
Mosadýr (Bryozoa)		2	2
Möttuldýr (Tunicata)*		x	x
<b>Samtals</b>	<b>18</b>	<b>33</b>	<b>41</b>

\*Ekki verið greind til hópa



5. mynd. MDS greining sem byggir á skyldleika tegundasamsetningar út frá ljósmyndum af mismunandi búsvæðagerðum innan kóralsvæða frá Hornafjarðardjúpi.

Figure 5. A multidimensional scaling, MDS plot, based on Bray-Curtis similarities for species composition on photographs from the three different coral zones in Hornafjarðardjúpi (lifandi kóral = live coral zone, dauður kóral = dead coral zone and kóralbotn = coral rubble zone).

að greina þær til tegunda út frá ljósmyndum, þó er að minnsta kosti um tvær tegundir að ræða og líklega fleiri. Hornkóralar, mjúkir kóralar, sæfíflar og klasadýr voru oft í sambýli við lifandi kóralinn.

Á dauðum kóral var fjöldi svampategunda mikill. Skrápdyr, einkum slöngustjörnur, komu einnig fyrir í miklu magni. Samlokan Ægis-drekka er stór og áberandi á dauða kóralnum og myndar gjarnan stór belti sem sjást vel þegar skoðaðar eru myndbandsupptökur yfir stærri svæði. Armfætlur, líklega *Terebratulina retusa*, og burstaormar voru einnig algeng.

Á sumum ljósmyndum af kóralbotni var hægt að finna allt að 23 tegundir á m<sup>2</sup>. Þar voru meðal annars nokkrar gerðir svampa, möttuldýr, slöngustjörnur, krossfiskar, hornkóralar, mjúkir kóralar, sæfíflar og burstaormar áberandi. Í rannsókn sem gerð var í Noregi þar sem rannmar frá myndbandsupptökum voru skoðaðir, var tegundafjölbreyttni á kóralbotni hins vegar frekar minni en á lifandi og dauðum kóral (Mortensen o.fl. 1995).

### Lokaorð

Ljóst er að tegundasamsetning á kóralsvæðum getur verið mismunandi, bæði innan þeirra, en einnig milli kóralsvæða. Fjölbreytileiki þeirra svæða sem voru skoðuð er væntanlega mun meiri en hægt er að greina út frá myndum þar sem hvorki er hægt að sjá lífverur sem fela sig milli kóralgreina eða eru smáar. Við skoðun fleiri kóralsvæða hér við land má gera ráð fyrir að mun fleiri tegundir eigi eftir að finnast sem nýta sér þau sem búsvæði. Rannsóknir frá Noregi sýna að fjölbreytileiki kóralsvæða er mikill, allt að 600 tegundir hafa fundist á nokkrum svæðum, en hins vegar er aðeins lítill hluti þeirra tegunda sameiginlegur fyrir öll

svæðin sem voru skoðuð (Mortensen & Fosså, 2004). Yfir 1300 dýrategundir hafa verið skráðar í tengslum við *Lophelia pertusa* kóralrif í norðaustur Atlantshafi (Roberts o.fl. 2003). Lífríki innan kóralsvæða virðist vera mun fjölbreyttara en lífríki utan þeirra og eru þau talin afar mikilvæg, bæði fyrir almennan líffræðilega fjölbreytileika, sem og ýmsa nytjastofna fiska (Fosså o.fl. 2002). Þekking á líffræði og lífríki þessara svæða er ekki síður mikilvæg en þekking á útbreiðslu þeirra.

### Heimildir

- Calgren O. 1939. Actinaria, Zoantharia, and Madreporaria. *Zoology of Iceland* vol.II, part 8
- Fosså, J.H., Mortensen, P.B. & Furevik, D.M. 2002. The deep-water coral *Lophelia pertusa* in Norwegian water: distribution and fishery impacts. *Hydrobiologia* 471: 1-12.
- Mortensen, P. & Fosså, J. 2004. *Species diversity and spatial distribution of invertebrates on Lophelia reefs in Norway*. Proceedings of the 10th International Coral Reef Symposium. 28.06.-02.07.04, Okinawa, Japan
- Mortensen P.B., Hovland M., Brattgard T. & Farestveit R. 1995. Deep water bioherms of the scleractinian coral *Lophelia pertusa* (L.) at 64°N on the Norwegian shelf: structure and associated megafauna. *Sarsia* 80: 145-158.
- Roberts J.M., D. Long, J.B. Wilson, P.B. Mortensen, J.D. Gage 2003. The cold-water coral *Lophelia pertusa* (Scleractinia) and enigmatic seabed mounds along the north-east Atlantic margin: are they related? *Marine Pollution Bulletin* 46 (2003) 7-20
- Sigmar A. Steingrímsson og Sólmundur T. Einarsson 2004. Kóralsvæði á Íslandsmiðum: Mat á ástandi og tillaga um aðgerðir til verndar þeim. Haf-rannsóknastofnunin, *Fjölrít nr. 110*, 39 s.

## RANNSÓKNIR Á SANDSÍLI / AN INITIATION OF SANDEEL MONITORING IN ICELAND

Valur Bogason og Kristján Lilliendahl  
Hafrannsóknastofnuninni

### Ágrip

Árið 2006 hófust að frumkvæði Hafrannsóknastofnunarinnar rannsóknir á sandsíli við landið sunnan- og vestanvert. Komið hefur í ljós að árgangar 2005 og 2006 voru mjög slakir, 2007 árgangurinn var betri, en stofn sandsílis hefur verið að gefa eftir. Orsakir breytinga á afkomu sandsílis á milli ára eru ekki ljósar en líklegast er um að ræða samspil á milli líffræðilegra þátta og þátta í umhverfinu eins og afráns, hækkandi hita sjávar eða breytinga á seiðareki.

### Abstract

In 2006 the Marine Research Institute initiated monitoring of sandeels off the south and west coasts of Iceland. It has been found that year-classes 2005 and 2006 were quite small, that year-class 2007 was larger, but the stock of sandeels has been declining. The causes for these changes in stock size of sandeels are unknown but can likely be explained by some combination of biological and environmental factors, such as predation, increased sea temperature or changes in sandeel larvae drift.

### Inngangur

Hér við land finnast þrjár tegundir fiska af sandsílaætt (*Ammodytidae*). Lang algengasta tegundin er *Ammodytes marinus*, sem í daglegu tali er nefnd sandsíli og verður sú venja viðhöfð hér. Annað heiti tegundarinnar er marsíli, sem fræðimenn hafa notað, en það nafn hefur ekki náð fötffestu í málinu. Náskylt sandsíli og mjög líkt því í útliti er *Ammodytes tobianus*, sem við kjósum að kalla strandsíli. Trönusíli (*Hyperoplus lanceolatus*) er þriðja tegundin en það verður mun stærra en hinar tegundirnar og fer oft yfir 30 cm að lengd, sem gerir það auðgreinanlegt frá hinum tegundunum. Trönusíli er frekar sjaldgæft hér við land en finnst einkum við Suður- og Vesturströnd landsins. Minnst er vitað um útbreiðslu strandsílis en líklegast er talið að það finnst eingöngu við landið sunnanvert á mjög litlu dýpi.

Fædurannsóknir Hafrannsóknastofnunarinnar staðfesta að sandsíli er mjög mikilvæg fæða margra nytjafiska, sjávarspendýra og sjófugla (Ólafur K. Pálsson 1983, Gunnar Jónsson 1992, Gísli A. Víkingsson og Jóhann Sigurjónsson 1997, Guðmundur J. Óskarsson 1997, Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson 1997, 2006, Hjalti Karlson o.fl. 2004, 2005, Valur Bogason 1997). Þrátt fyrir vægi sandsílis í hafinu hér við land hefur til þessa skort rannsóknir til að fylgjast með breytingum á stofninum á milli ára.

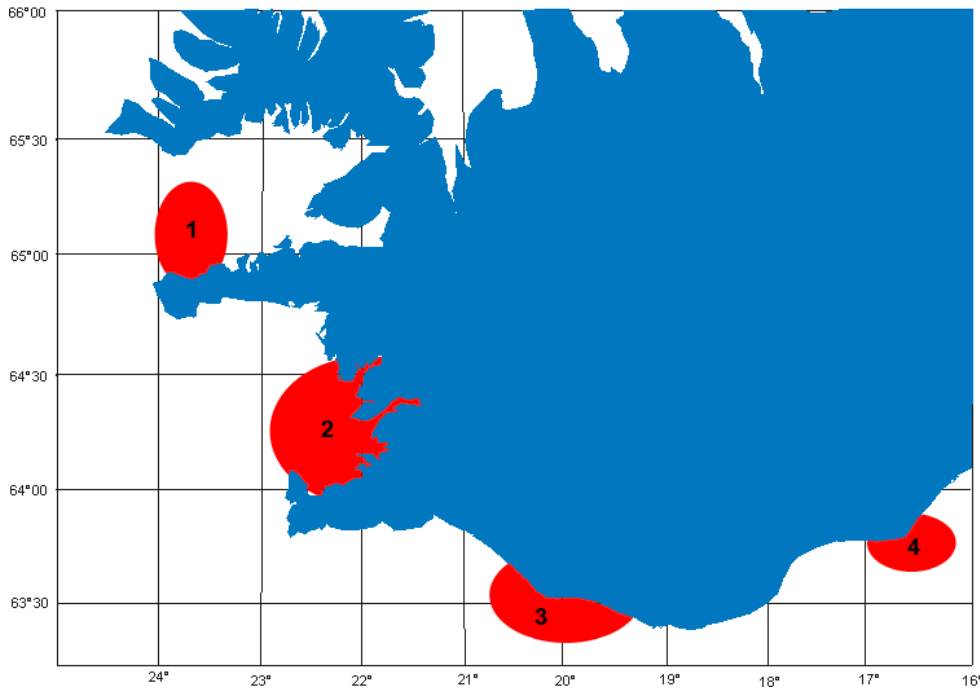
Slíkar upplýsingar geta nýst til að skýra hugsanlegar breytingar á stofnstærð annarra tegunda sem mest eru háðar sandsíli sem fæðu. Í Norðursjó er hlutverk sandsílis í vistkerfinu talið umtalsvert (Furness 2002). Þar er sandsíli mikilvæg fæða fiska, fugla og sela auk þess sem miklar veiðar hafa verið stundaðar á því undanfarna áratugi. Stærstan hluta dauðsfalla sandsílis í Norðursjó má rekja til afráns fiska, þar sem mikilvirkustu afræningjarnir eru makrill (*Scomber Scomberus*) og þorskfiskar, en veiðar og afrán fugla og sela skiptir minna máli (Furness 2002). Þegar litið er á smærri svæði í Norðursjó hafa fengist vísbendingar um að skortur á sandsíli í nágrenni fuglabyggða hafi haft neikvæð áhrif á viðkomu sjófugla (Rindorf o.fl. 2000). Þær sjófuglategundir sem líklega eru viðkvæmastar fyrir skorti á sandsíli eru kríutegundir og rita (Furness og Tasker 2000).

Sumarið 2005 lentu margar tegundir sjófugla hér á landi í vandræðum við að koma ungunum á legg sem talið var að meðal annars mætti rekja til skorts á sandsíli (Arnþór Garðarsson 2006a, 2006b, Bornaechea og Arnþór Garðarsson 2006, Gunnar Þór Hallgrímsson o.fl. 2006). Ákveðið var að hefja vöktun á stofni sandsílis sumarið 2006, en fram að því höfðu engar reglubundnar rannsóknir verið gerðar á tegundinni hér. Eldri rannsóknir á sandsílaætt við Ísland eru tegundagreiningar Hermanns Einarssonar (1951, 1955), en hann fann hér þrjár tegundir. Auk þess var aflað upplýsinga um líffræði sandsílis árin 1978 – 1980 og aftur 1998, einkum stærð og vaxtarhraða árganga og hlutfall þeirra í stofninum (Eyjólfur Friðgeirsson 1983, Valur Bogason 2003).

### Aðferðir

Frá 2006 hefur sandsíli verið veitt árlega á fjórum svæðum við landið sunnan- og vestanvert þar sem áður hefur fundist mikið af sandsíli. Svæðin eru Breiðafjörður, Faxaflói, frá Vestmannaeyjum austur að Vík í Mýrdal og út af Ingólfshöfða (1. mynd). Við rannsóknirnar hefur verið notaður 61 tónna bátur, Gæfa VE 11, 23,3 metrar á lengd og 4,8 metrar á breidd.

Við sílisveiðar er notuð seiðaflotvarpa (14 x 14 m opnun) með 400 til 600 kg hlerum. Togað er bæði uppi í sjó og niður við botn. Toglengd er 1 til 2 sjómílar og togað er á 2 sjómílna



1. mynd. Rannsóknarsvæðin: 1. Breiðafjörður, 2. Faxaflói, 3. Vestmannaeyjar – Vik, 4. Ingólfshöfði.

Figure 1. Areas where sandeels are monitored in this study: 1. Breiðafjörður, 2. Faxaflói, 3. Vestmannaeyjar – Vik, 4. Ingólfshöfði.

1. tafla. Gagnasöfnun á sandsíli.

Table 1. Collection of sandeel data.

Dagsetning Date	Fjöldi stöðva Survey stations		Mælingar Measurements			
	Alls Total	Með síli With Sandeels	Mælt Measured	Aldurslesið Number of age readings	Vigtað Weighted	Talið Counted
03.07. – 18.07.2006	69	33	1.714	781	781	104.592
10.07. – 21.07.2007	74	47	861	624	624	1.399
08.07. – 20.07.2008	141	110	2.624	1.700*	1.700*	81.632

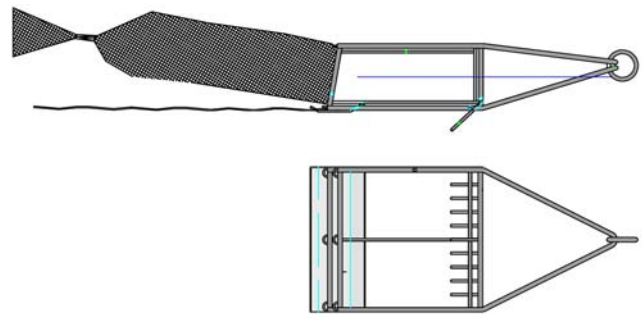
\* Áætlaður fjöldi. *Estimated number.*

hraða. Auk trolls er notast við plóg og botngreip við sýnatöku. Plógur er hentugur til sýnatöku þegar sandsílið fæst ekki í troll og eru þau gögn notuð til að meta þéttleika sandsílis á einstökum svæðum. Notaður er lítill og handhægur plógur með smágerðu neti sem er dreginn 0,3 til 0,4 sjómílu í hvert skipti (2. mynd). Fjöldi stöðva á hverju svæði ræðst af stærð þess og hlutfall plóga, botngreipa og toga hefur ráðist af aðstæðum hverju sinni en þó hefur stöðvum fjölgað á milli ára (1. tafla). Ef tilskilinn fjöldi sandsíla hefur fengist þá eru 100 lengdarmæld og 50 tekin til kvörnunar og vigtunar í landi á hverri stöð. Ef fjöldi sandsíla hefur verið minni en 150, hafa öll verið rannsökuð.

Aldur sandsílis hefur verið ákvarðaður í landi með lestri kvarna en þá eru áhringir í kvörnunum taldir. Fjöldi aldursgreindra sandsíla er 781 frá árinu 2006 og 624 árið 2007. Einnig

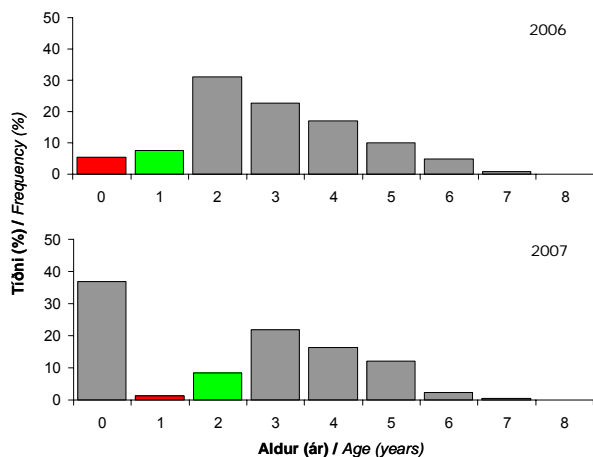
hefur fjöldi sandsíla á flatareiningu verið metinn út frá veiði í plóginn.

Gögn frá Hafrannsóknastofnuninni um fjölda sandsíla í mögum þorsks (*Gadus morhua*) og ýsu (*Melanogrammus aeglefinus*) undanfarin fjórtán ár voru skoðuð. Þeim gögnum hefur



2. mynd. Teikning af plögnum sem notaður er.

Figure 2. A drawing of the dredge used to sample sandeels.



3. mynd. Aldursdreifing sandsílis árin 2006 og 2007. Rauðar súlur sýna 2006 árganginn og grænu súlurnar sýna 2005 árganginn.

Figure 3. Frequency of different year-classes of sandeels sampled in the years 2006 (upper) and 2007 (lower) where red columns denote the 2006 year-class and the green columns denote the 2005 year-class.

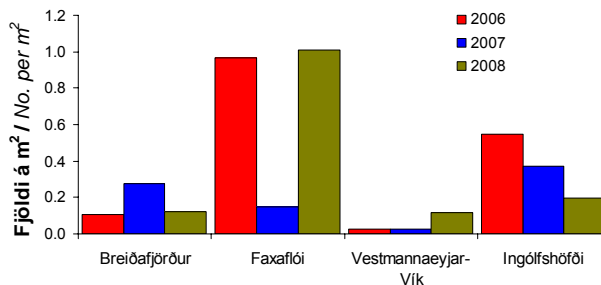
verið safnað árlega að haustlagi af rannsóknaskipum. Tilgangurinn var að kanna hvort ástand á stofni sandsílis birtist á sama hátt í okkar rannsóknum og með þeim óbeina hætti sem át þorsks og ýsu á sandsíli veitir.

### Niðurstöður

Nýliðun sandsílis árin 2005 og 2006 hefur brugðist á öllum fjórum rannsóknarsvæðunum og má segja að nú vanti nánast tvo árganga í stofninn (3. mynd). Árið 2006 fékkst mjög lítið af eins árs sandsíli (árgangur 2005) og árið 2007 fékkst einnig afar lítið af bæði eins og tveggja ára síli úr árgöngum 2005 og 2006. Innbyrðis hlutfall eldri árganga sandsílis þessi ár var aftur á móti í samræmi við það sem búist var við, þar sem fækkar í árgöngum með tímanum (3. mynd).

Mun meira fékkst af seiðum sumarið 2007 en bæði 2006 og 2008. Flest seiði hafa yfirleitt fengist í Breiðafirði, færri hafa veiðst í Faxaflóa en lítið hefur fengist af seiðum við Suðurströndina. Sumarið 2007 var lengd seiða meiri en árin 2006 og 2008 en auk þess voru seiðin 2007 yfirleitt þroskaðri og farin að taka botn í meira mæli en hin árin.

Talsverður munur var á milli svæða í þéttleika sandsílis (4. mynd). Þéttleikinn var mestur í Faxaflóa, næst mestur við Ingólfshöfða og frekar lítill á Breiðafirði. Öll árin hefur þéttleiki verið minnstur við Vestmannaeyjar-Vík og árin 2006 og 2007 fengust þar aðeins um 20 sandsíli hvort ár. Einnig er mikill breytileiki á milli ára í



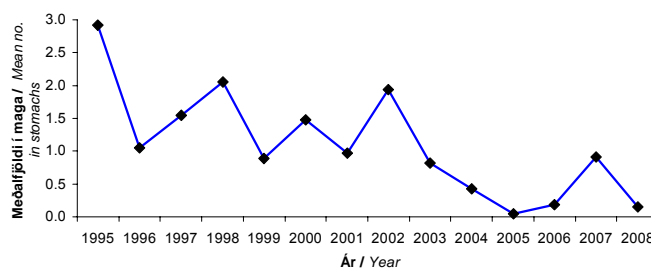
4. mynd. Fjöldi sandsíla á  $m^2$  á rannsóknarsvæðunum. Meðaltal úr öllum plögum á hverju svæði fyrir hvert ár.

Figure 4. Mean number of sandeels sampled in the four different study areas (x-axis) shown for the three year years

þéttleika sandsílis, sérstaklega í Faxaflóa. Þéttleiki hefur farið minnkandi við Ingólfshöfða þessi þrjú ár en ekki er hægt að tala um leitni í gögnunum frá Breiðafirði. Á svæðinu Vestmannaeyjar að Vík jókst þéttleiki sandsílis sumarið 2008 (4. mynd).

Meðalfjöldi sandsíla í þorsk- og ýsumögum í október hefur verið talsvert breytilegur á milli ára en hefur farið minnkandi smám saman. Fækkunin er sérstaklega áberandi frá síðustu aldamótum, þó með þeirri undantekningu að nokkur aukning var árið 2007. Mjög fá sandsíli fundust í þorsk- og ýsumögum haustin 2005 og 2006, fleiri fundust 2007 en þeim fækkaði aftur haustið 2008 (5. mynd).

Í byrjun ágúst 2007 bárust fréttir af umtalsverðu magni sandsílis víða á grunnslóð við landið sunnan- og vestanvert. Athuganir á sandsíli sem aflað var í grennd við Vestmannaeyjar og í Faxaflóa frá ágúst og fram á haust 2007 sýndu að þetta voru seiði frá vorinu. Þessa árgangs varð síðan greinilega vart í rannsóknar-



5. mynd. Meðalfjöldi sandsíla sem fengust í þorsk- og ýsumögum í rannsóknaleiðöngnum Hafrannsóknastofnunarinnar (Stofnmæling botnfiska að haustlagi) á þeim fjórum svæðum sem síli er vaktað á. Gögnum frá öllum fjórum svæðunum þar sem sandsílarannsóknir hafa farið fram er slegið saman.

Figure 5. Mean number of sandeels found in stomachs of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) sampled annually in an autumn groundfish survey of the Marine Research Institute. Data from all four sandeel study areas combined.

leiðangri sumarið 2008 sem eins árs sandsílis, einkum í Faxaflóa og á svæðinu frá Vestmannaeyjum að Vík (4. mynd).

### Umræður

Greinilegt er að íslenski sandsílastofninn er í lægð og hefur farið minnkandi undanfarin ár. Aðalástæða þess virðist vera sú að nýliðun hafi misfarist á öllum rannsóknasvæðum árin 2005 og 2006. Þegar tvo samliggjandi árganga vantar í stofn tegundar eins og sandsílis hefur það mikil áhrif á stofnstærð. Það stafar af því að lífsferill sandsílis er fremur stuttur í samanburði við margar aðrar fisktegundir. Sandsíli byrjar að hrygna eins árs gamalt og uppistaðan í stofninum er yfirleitt þriggja ára og yngri fiskar (Macer 1966, Eyjólfur Friðgeirsson 1983, Valur Bogason 2003). Niðurstöðurnar benda einnig til þess að eitthvað sérstakt hafi gerst á svæðinu við Vestmannaeyjar að Vík sem ekki á við um önnur rannsóknasvæði. Ástand stofns sandsílis við Vestmannaeyjar og Vík er sláandi lélegt og árin 2006 og 2007 fundust ekki nema um 20 fiskar hvort ár. Stofn sandsílis í nágrenni við Vestmannaeyjar virðist hafa orðið fyrir áfalli sem hefur nánast þurrkað hann út.

Árgangur sandsílis sem klaktist vorið 2007 virðist enn sem komið er vera sá stærsti sem orðið hefur vart við eftir að þessar rannsóknir hófust. Talsvert fleiri seiði fundust það sumar en hin árin. Ennfremur virðist mikill fjöldi sandsíllaseiða hafa borist inn á svæðin eftir að rannsóknaleiðangri sumarsins 2007 lauk. Tíma-setning leiðangra hentar ekki vel til athugana á seiðum frá vorinu en fleiri og þroskaðri sandsíllaseiði fengust sumarið 2007 en árin 2006 og 2008. Því virðist hugsanlegt að leiðangur sem farinn er í júlí geti veitt vísbendingar um styrk árgangs þess sama árs, þótt aðeins hluti seiða hafi þá tekið botn.

Fjöldi sandsíla í þorsk- og ýsumögum er í samræmi við okkar athuganir á styrk árganga. Mjög fá sandsíli fundust í mögum haustin 2005 og 2006, fleiri haustið 2007 og svo aftur fá 2008. Það getur bent til þess að talsverður hluti þeirra sandsíla sem þorskur og ýsa éta á haustin séu seiði frá vorinu. Ef sú er raunin gætu upplýsingarnar úr mögunum nýst sem vísbending um styrk yngsta árgangs sandsílis.

Aldurslesningu á sandsílum sem öfluðust í leiðangri sumarið 2008 er ekki að fullu lokið en fyrstu niðurstöður benda til þess að nýliðun það ár hafi verið slök. Ekki er þó endanlega hægt að segja til um afrakstur nýliðunar árið 2008 fyrr en mat á fjölda eins árs sandsíla sumarið 2009

liggur fyrir. Aldur sandsílis í veiðinni sumarið 2008 gæti verið frábrugðinn hinum árunum því svo virtist sem eins árs gömul síli væru algengust á öllum svæðum.

Ýmsar hugmyndir hafa komið fram til að skýra hnignun stofns sandsílis hér við land og nýliðunarbrest árin 2005 og 2006. Ein hugmynd er sú að notkun á dragnót á svæðum þar sem mikið er um sandsíli kunni að hafa valdið þeim vandræðum sem stofninn er í. Til að svo megi vera þyrfti sókn með dragnót að sveiflast í takti við breytingar á stofnstærð eða nýliðun hjá sandsíli. Tiltæk gögn styðja ekki þessa kenningu þar sem sókn með dragnót hefur verið tiltölulega stöðug frá síðustu aldamótum (Hrafnkell Eiríksson 2008). Þá má einnig benda á að hrun í stofni sandsílis við Vestmannaeyjar varð bæði á svæðum þar sem dragnótaveiðar eru leyfðar og bannaðar. Á þessu stigi rannsóknaða verður því að telja frekar ólíklegt að skýring á nýliðunarbresti og breytingum á stofnstærð sandsílis tengist dragnótaveiðum.

Stofn sandsílis gæti minnkað vegna aukins afráns á egg, seiði eða fullorðið sandsíli. Afrán getur skýrt þær breytingar á stofnstærð og viðkomu sandsílis sem komið hafa í ljós ef stofnstærð afræningja vex þegar sandsíli á erfitt uppdráttar. Frá síðustu aldamótum hafa stórir árgangar af ýsu verið að vaxa upp hér við land (Anon. 2008). Ýsa étur fullvaxin sandsíli og líklega einnig hrogn sandsílis sem eru botnlæg yfir veturinn (Gunnar Jónsson og Jónbjörn Pálsson 2006). Sama máli gegnir um stofn lýsu (*Merlangius merlangus*) sem einnig hefur vaxið undanfarin ár (Ólafur K. Pálsson 2001) og getur haft áhrif á afkomu sandsílis á sama hátt og ýsan. Þá hefur stofnstærð skötusels (*Lophius piscatorius*) farið ört vaxandi undanfarið (Jón Sólmundsson o.fl. 2006) og vitað er að hann étur fullvaxin sandsíli (Gunnar Jónsson og Jónbjörn Pálsson 2006). Að síðustu má nefna að stofn síldar (*Clupea harengus*) hefur farið stækkandi (Anon. 2008) á sama tíma og stofnstærð sandsílis hefur minnkað. Ef afrán síldar skiptir sandsíli máli er líklegast að síld éti seiði sandsílis þegar þau eru sviflæg á vorin og fyrri hluta sumars. Þegar á heildina er litið virðist ljóst að aukið afrán geti átt sinn þátt í því að stofn sandsílis hefur minnkað frá síðustu aldamótum. Samt er ósennilegt að afrán sé beinn orsakavaldur nýliðunarbrests hjá sandsíli árin 2005 og 2006, því ekki er vitað um afgerandi breytingar á stofnstærð eða útbreiðslu líklegra afræningja þau ár.

Afrán á sandsíli getur líka aukist ef helstu afræningja skortir aðra fæðu. Þar geta margir fæðuhópar komið við sögu m.a. ýmsar tegundir krabbadýra þar sem lítið er vitað um stofnstærðir og aðrir fiskar. Sá möguleiki er því til staðar að afrán á sandsíli hafi aukist vegna minnkandi stofnstærðar annarra fæðuhópa. Undanfarin ár hefur stofn loðnu verið í lægð (Anon. 2008) og margar tegundir afræningja éta bæði loðnu og sandsíli. Þó er ólíklegt að aukið afrán á sandsíli megi rekja beint til skorts á loðnu því handbærar upplýsingar sýna að t.d. át þorsks á loðnu er mest á vorin en síli er áberandi á tímabilinu október til desember (Hjalti Karlsson o.fl. 2005). Í lífríki hafsins við landið sunnan og vestanvert er loðna mikilvæg uppspretta fæðu í hrygningargöngu síðla vetrar þegar síli er mikið til grafið í sandinn. Aðgengi afræningja að síli er meira að vori og sumri og síðan aftur á hrygningartíma sandsílisins fyrri hluta vetrar.

Helst hefur verið horft til umhverfisáhrifa eins og breytinga í sjávarhita og seltu sem hugsanlegra orsaka nýliðunarbrests sandsílis árin 2005 og 2006. Frá því hrygningu sandsílis lýkur í desember og þar til hrogn klekjast út næsta vor líður langur tími. Um veturinn eru hrogn í dvala en samspil hita, seltu og birtu verða til þess að koma af stað þroska í hrognunum (Winslade 1971). Líklega ráða þessir umhverfisþættir því hvenær klak verður. Tímasetning á klaki er mikilvæg því seiðin sem klekjast þurfa fljótlega að finna hentuga fæðu. Ef til að mynda hækkun sjávarhita við landið undanfarið (Anon. 2008) hefur flýtt klaki sandsílis án þess að hafa samsvarandi áhrif á fæðuhópa seiðanna eru talsverðar líkur á því að þau sveltí (sjá Guðrún Marteinsdóttir 2006). Í Norðursjó var hækkandi sjávarhiti einnig nefndur sem skýring á slakri nýliðun hjá sandsíli um síðustu aldamót (Arnott og Ruxton 2002).

Einnig er líklegt að straumar og veðurfar geti haft mikil áhrif á seiðarek og afkomu seiða. Seiði getur rekið á haf út en lítið er vitað um getu þeirra til að skila sér inn á búsvæðin fyrir eigin afli. Sumarið 2007 var lítið um seiði á grunnslóð í júlí en í ágústbyrjun fóru seiði að berast þangað. Þar hljóta straumar og seiðarek að hafa komið við sögu þannig að þessir þættir geta valdið talsverðum sveiflum í nýliðun á einstökum svæðum. Þar sem nýliðun var léleg á öllum svæðum árin 2005 og 2006 er ólíklegt að straumar og seiðarek geti skýrt nýliðunarbrestinn.

## Lokaorð

Á því stigi sem rannsóknir á sandsíli eru núna liggur ekki ljóst fyrir hvað hefur orsakað lélega afkomu þess við Ísland undanfarin ár. Vonir standa til þess að frekari úrvinnsla gagna úr rannsóknunum og samburður við önnur gögn um ástandið í hafinu á tímabilinu geti varpað ljósi á hvaða þættir hafi komið við sögu.

Stofn sandsílis er lítill eins og er. Til að stofninn fari að rétta úr kútnum þá þarf að koma til góð nýliðun, helst nokkur ár í röð. Það eru einkum tvö atriði sem geta dregið úr líkum á því. Annars vegar fer fækkandi í stofninum gömlu og stóru síli sem líklega skiptir stofninn miklu máli, því hrognaframleiðsla vex með stærð (Valur Bogason 2003). Hins vegar veldur fækkun sandsílis undanfarið því að nýr árgangur, þótt stór sé, lendir strax í miklu afráni.

## Þakkir

Við viljum þakka áhöfninni á Gæfu VE 11 fyrir samstarfið. Einnig þökkum við Leifi Gunnarssyni fyrir úrvinnslu sýna.

## Heimildir

- Anon. 2008. Nytjastofnar sjávar 2007/2008. Aflahorfur fiskveiðiárið 2008/2009. *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit 138*, 180 bls.
- Arnott, S.A. og Ruxton, G.D. 2002. Sandeel recruitment in the North Sea: demographic, climatic and trophic effects. *Marine Ecology Progress Series 238*, 199-210.
- Arnþór Garðarsson 2006a. Nýlegar breytingar á fjölda íslenskra bjargfugla. *Bliki 27*, 13-22.
- Arnþór Garðarsson 2006b. Viðkoma ritu sumarið 2005. *Bliki 27*, 23-26.
- Bornaechea, P.G. og Arnþór Garðarsson 2006. Fuglabjörg á Snæfellsnesi árið 2005. *Bliki 27*, 51-54.
- Eyjólfur Friðgeirsson 1983. Sandsíli. *Ægir 2/76*, 98-106.
- Furness, R.W. 2002. Management implication of interactions between fisheries and sandeel-dependent seabirds and seals in the North Sea. *ICES Journal of Marine Science 59*, 261-269.
- Furness, R.W. og Tasker, M.L. 2000. Seabird-fishery interactions: quantifying the sensitivity of seabirds to reductions in sandeel abundance, and identification of key areas for sensitive seabirds in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series 202*, 253-264.
- Gísli A. Víkingsson og Jóhann Sigurjónsson 1997. Fæðunám hnísu (*Phocoena phocoena*) við strendur Íslands. *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit 57*, 343-352.
- Gunnar Jónsson 1992. Íslenskir fiskar. 2. útgáfa. Fjölvaútgáfa, Reykjavík, 568 bls.



- Gunnar Jónsson og Jónbjörn Pálsson 2006. Íslenskir fiskar. Vaka-Helgafell, Reykjavík.
- Guðmundur J. Óskarsson 1997. Fæða og fæðuhættir sandkola (*Limanda limanda*, Linnaeus 1758) við strendur Íslands. *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit 57*, 111-119.
- Guðrún Marteinsdóttir 2006. Mikilvægi stórþorsks í viðkomu þorskstofnsins við Ísland. *Náttúrufræðingurinn 74*, 3-10.
- Gunnar Þór Hallgrímsson, Hallgrímur Gunnarsson og Páll Hersteinsson 2006. Stærð sílamáfarps á Álftanesi á Mýrum. *Bliki 27*, 55-57.
- Hermann Einarsson 1951. The post-larval stages of Sandeels (*Ammodytidae*) in Faroe, Iceland and W-Greenland waters. *Acta Naturalia Islandica 1*, 1-75.
- Hermann Einarsson 1955. On the post-larval stages of *Ammodytes lancea* Cuvier. *Acta Naturalia Islandica 2*, 1-7.
- Hjalti Karlson, Hlynur Ármannsson, Hlynur Pétursson, Höskuldur Björnsson og Valur Bogason 2004. Fæðusöfnun sjómanna á fiskiskipum. *Ægir 97(11)*, 17-23.
- Hjalti Karlson, Hlynur Ármannsson, Hlynur Pétursson, Höskuldur Björnsson, Unnar Reynisson og Valur Bogason 2005. Fæða þorsks á Breiðafjarðarsvæðinu. *Ægir 98(7)*, 12-13.
- Hrafnkell Eiríksson 2008. Dragnót og dragnótaveiðar við Ísland. *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit 140*, 19 bls.
- Jón Sólmundsson, Einar Jónsson og Höskuldur Björnsson 2006. Aukin útbreiðsla skötusels við Ísland. *Náttúrufræðingurinn 75*, 13-20.
- Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson 1997. Sumarfæða sex sjófuglategunda við Ísland. *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit 57*, 249-259.
- Kristján Lilliendahl og Jón Sólmundsson 2006. Feeding ecology of sympatric European shags *Phalacrocorax aristotelis* and great cormorants *P. carbo* in Iceland. *Marine Biology 149*, 979-990.
- Macer, C.T. 1966. Sand eels (*Ammodytidae*) in the south-western North Sea; their biology and fishery. Fishery Investigations II/XXIV no 6.
- Ólafur K. Pálsson 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. *Rit fiskideildar 7*, 1-60.
- Ólafur K. Pálsson 2001. Lífshættir lýsu við Ísland. *Náttúrufræðingurinn 70*, 45-59.
- Rindorf, A., Wanless, S. og Harris M.P. 2000. Effects of changes in sandeel availability on the reproductive output of seabirds. *Marine Ecology Progress Series 202*, 241-252.
- Valur Bogason 1997. Fæða landsels (*Phoca vitulina*) við Ísland. *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit 57*, 319-330.
- Valur Bogason 2003. Marsíli við Ísland. Starfsemi Hafrannsóknastofnunarinnar 2002.
- Winslade, P. 1971. Behavioural and embryological studies on the lesser sandeel *Ammodytes marinus* (Raitt). Ph. D. thesis, University of East Anglia, Norwich, U.K.

## HUMARSTOFNINN, AFLABRÖGÐ OG UMHVERFISADSTÆÐUR / THE NEPHROPS STOCK, FISHERY AND THE ENVIRONMENT

Hrafnkell Eiríksson  
Hafrannsóknastofnuninni

### Ágrip

Síðastliðinn áratug hafa orðið miklar breytingar á hitastigi sjávar við Ísland sem telja verður jákvætt fyrir suðrænar tegundir á norðurmörkum útbreiðslusvæðis. Humarinn sýnir sterkar vísbendingar í þá veru bæði í stækkandi veiðistofni og bættum aflabrogðum. Þannig má sjá jákvætt samband á milli botnhita og afla á sóknareiningu, stærð veiðistofns og nýliðunar þegar litið er til um og yfir 40 ára tímabils. Auk þess skiptir magn svifþörungum í sjónum (sjónkýpi) oft sköpum þegar horft er til afla á sóknareiningu samkvæmt niðurstöðum úr árlegu humarralli í maí. Talið er æskilegt að innleiða þætti svo sem þörungamagn og hitastig við líkanagerð varðandi stofnmat á humri.

### Abstract

*Sea temperature has increased significantly in Icelandic waters in the last decade and that should benefit marine boreal species at the northern limits of their distribution. Apparently this does apply to Nephrops at Iceland, showing noteworthy increase in both fishable stock size and CPUE. Thus, positive correlations are seen between bottom temperature and CPUE, fishable stock size and recruitment over the last four decades. In addition, reduced transparency, due to phytoplankton density, correlates well with CPUE in the annual Nephrops spring trawl survey. Modelling effects of variable light attenuation and temperature might be relevant in Nephrops stock assessments.*

### Inngangur

Veiðanleiki humars og þar með aflabrogð geta stjórnað af fleiri þáttum en stærð og stærðarsamsetningu humarstofnsins. Það kemur til af lífsháttum humarsins sem dvelur að hluta til, oft óreglubundið, í göngum sem hann hefur grafið ofan í botnleirinn og er þá ekki veiðanlegur. Hér verður fjallað um tengsl aflabragða humars við tvo umhverfisþætti, þ.e. hitastig sjávar og svifþörungamagn (mælt sem sjónkýpi).

Leturhumarinn, *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758), er nefndur humar í daglegu tali. Tegundin er suðræn og með víðáttumikla útbreiðslu í Norðaustur-Atlantshafi, allt frá sunnanverðu Íslandi til norðvesturstrandar Afríku og í Miðjarðarhafi austur til Eyjahafs. Skráður botnhiti á þessu víðáttumikla útbreiðslusvæði er u.þ.b. 5-15°C sem ræðst bæði af staðsetningu, miklum dýpismun humarslóða innan svæðisins (20-800 m) og/eða öðrum haffræðilegum þáttum (Farmer, 1975). Þar má nefna sem dæmi að á hinum auðugu miðum við

Bretlandseyjar er árssveifla botnhita víða um 7-13°C (Farmer, 1972) og á einum helstu miðum Miðjarðarhafs, Adriaahafi, 10-15°C (Karlovac, 1953). Samkvæmt mælingum hér við land var botnhiti á Selvogsbanka (stöð 3; dýpi um 150 m) að jafnaði á bilinu 6-8°C á tímabilinu 1970-1993 (Anon., 1994). Miðað við þróun botnhita í vorleiðöngnum Hafrannsóknastofnunarinnar á síðustu árum hefur hámarkshiti á humarmiðum að hausti að líkindum farið upp í um eða yfir 9°C líkt og gerðist um miðjan sjöunda áratug síðustu aldar (Unnsteinn Stefánsson og Sigbrúður Jónsdóttir, 1974). Í einstökum árum (t.d. 1968, 1979 og 2005) hefur kaldur Austur-Íslandsstraumurinn flætt með auknum styrk suðvestur með Suðausturströndinni þannig að botnhiti á austustu humarslóðum í Hornafjarðar- og þó einkum í Lónsdjúpi hefur farið niður í 3-5°C (Unnsteinn Stefánsson, 1972; Svend-Age Malmberg, 1980; Anon, 2006). Aflabrogð á þessum árum reyndust í kjölfarið afar slök á umræddum svæðum og í engu samhengi við árin þar á undan eða eftir (Hrafnkell Eiríksson, 1969, 1980; Anon, 2006). Hvort köld ár leiði hins vegar til lélegri skilyrða í hafinu fyrir klak og ungvíði og þannig mögulega styrk viðkomandi árgangs er erfiðara að meta og koma þar m.a. til erfiðleikar í aldursgreiningum á langlífum og hægvoxta krabbadýrum. En hvað sem því líður eru humarargangarnir svölu árin 1968, 1979 og 1995 áætlaðir með þeim lélegustu í hverjum þessara áratuga fyrir sig (Anon, 2008).

Aflabrogð á humri geta sveiflast mjög eftir tíma sólarhrings, birtu og dýpi og hafa yfirleitt sýnt sig vera best í ljósaskiptum kvölds og morgna, t.d. við Bretlandseyjar (Simpson, 1965). Að vor og sumarlagi hérlendis þegar humarvertíð stendur yfir eru skilyrði ljósaskipta hins vegar einkum að nóttu til, þannig að aflabrogð eru að jafnaði best frá því um kl. 20-08. Þegar nætur verða dimmar að hausti snýst þetta ferli þó við þar eð veiðanleiki er oftast lítill í niðamyrkri (Hrafnkell Eiríksson, 1980, 1989, 1994). Þó er það svo að skilyrði ljósaskipta, einkum að vorlagi, geta verið hvað best að degi til ef þörungamagn í sjónum er mikið (sjónkýpi

lítið vegna mikillar ljósdeyfingar). Við þær aðstæður bregður því oft við að veiðin er best á daginn og lélegri yfir blánóttina.

### Efniviður og aðferðir

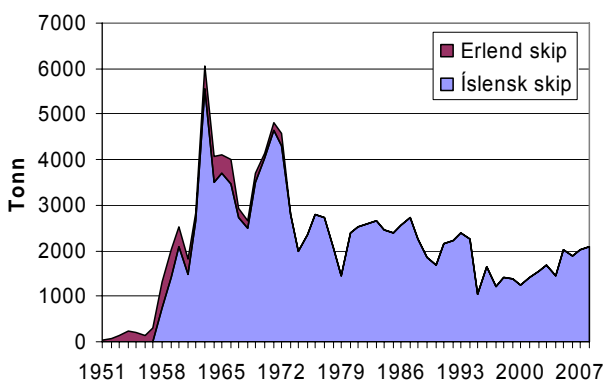
Í þessari grein eru notuð gögn um meðalafla humars á sóknareiningu (kg/klst/miðað við eitt troll dregið í einu) úr afladagbókum humarbáta en þau gögn spanna eina lengstu órofnu tímaröð Hafrannsóknastofnunarinnar eða allt frá 1962. Í öðru lagi eru notaðar stofnvísitölur úr humarralli (um 55 stöðvar) sem framkvæmt hefur verið með sambærilegum hætti í maí síðan árið 1985.

Umhverfissöggnin eru í fyrsta lagi botnhita-mælingar á völdum stöðvum úr vorleiðangri, þ.e. Stokksnes 3 á 200 m dýpi, Selvogsbanki 3 á 150 m dýpi, Reykjanes 3 á 150 m dýpi fram til 1983 og eftir það Faxaflói 4 á 200 m dýpi (mynd 1, bls. 9 í þessu hefti). Allar þessar stöðvar eru á þekktum humarmiðum. Auk þess er stuðst við stök eldri botnhitagögn frá Suðvesturmiðum. Þá eru notaðar mælingar á sjöndýpi sem teknar hafa verið með Secchidiski í humarralli í maí. Þó að slíkar athuganir ein-skorðist hverju sinni af ytri skilyrðum eru ár-smeðaltöl jafnan byggð á mælingum frá flestum helstu humarslóðum.

### Niðurstöður og umræða

#### Sögulegt yfirlit humarveiða við Ísland

Skráður humarafla á Íslandsmiðum nær aftur til veiða belgískra togara um miðja síðustu öld en afli Íslendinga hefur verið skráður síðan árið 1958 þó að rekja megi árangursríkar tilrauna-veiðar allt til ársins 1951 (Ólafur Björnsson, 1980). Veiðin jókst mjög hratt og náði sögulegu



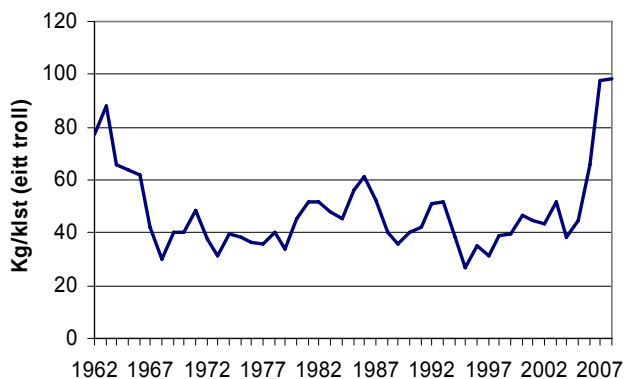
1. mynd. Humarafla (í tonnum) á Íslandsmiðum árin 1951-2008.

Figure 1. *Nephrops* landings (in tonnes) from Icelandic waters in 1951-2008.

hámarki um 6.000 tonnum árið 1963 en þar af veiddu Íslendingar rúm 5.500 tonn. Mikill samdráttur í aflabrogðum fylgdi í kjölfarið og frá 1963 til 1968 minnkaði afli Íslendinga í um 2.500 tonn og afli á togtíma úr tæpum 90 kg í aðeins 30 kg (1. og 2. mynd). Eftir mikla aukningu afla árin 1970-1972, sem m.a. mátti rekja til góðrar nýliðunar og mikillar veiði á smáhumri, tókst að koma á bættri stjórnun veiðanna árið 1973 með því að innleiða leyf-ilegan hámarksafla og takmarkanir á stærð humarbáta. Þrátt fyrir nokkra minni aflatoppa og meðfylgjandi bata í aflabrogðum, einkum á níunda áratugnum og upp úr 1990 fór nýliðun í stofninum þó almennt hrakandi og náði sögu-legu lágmarki um miðbik tíunda áratugarins. Síðan 1995 hefur aftur á móti orðið jákvæð þróun í nýliðun, stofnstærð og veiðum. Humar-aflinn hefur aukist upp í tæp 2.100 tonn árið 2008 eða um og yfir 60% frá síðari hluta tíunda áratugarins og afli á togtíma reiknast meiri en nokkru sinni fyrr árin 2007 og 2008. Tvöföldun í afla á sóknareiningu frá 2005 til 2007, þ.e. úr 45 kg í 98 kg á togtíma verður þó vart útskýrð með þróun stofnsins eingöngu og tengist því líklega að einhverju leyti atferli og veiðanleika humarsins (sjá 3. mynd).

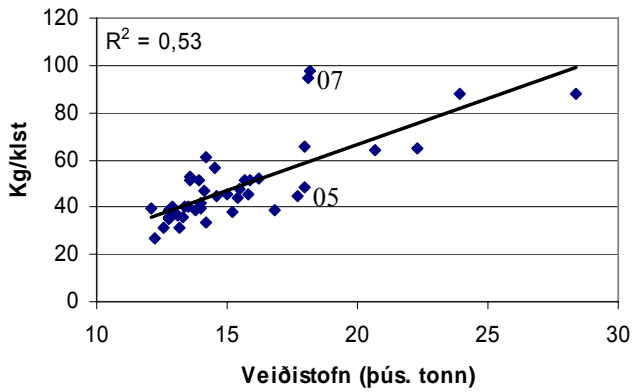
#### Botnhiti og humarveiðar

Á fyrstu árum humarveiða eða fram á miðjan sjöunda áratuginn var botnhiti á humarslóð hárf sögulegu tilliti, um og yfir 8°C að vori (maí-júní) á Selvogsbanka (4. mynd). Seinni hluti sjöunda áratugarins einkenndist aftur á móti af kaldari sjó, svokölluðum hafisárum. Þannig varð um helmings samdráttur í humarafla árin 1963-1968 ásamt 65% minnkun á afla á togtíma og 20% minnkun í meðalstærð humars. Þessi



2. mynd. Humarafla á sóknareiningu (kg/klst/miðað við eitt troll dregið) árin 1962-2008.

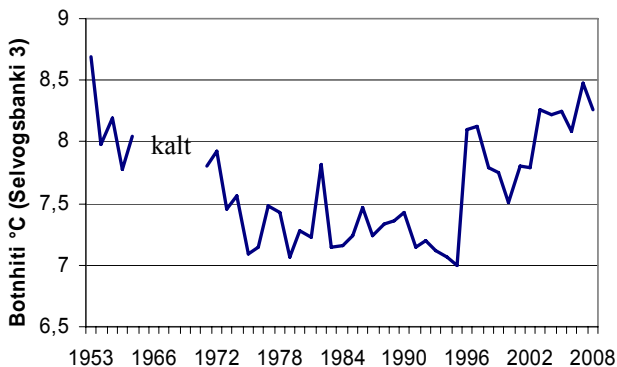
Figure 2. *Nephrops* CPUE (kg/hour/single rigged) during 1962-2008.



3. mynd. Samband milli stærðar humarstofnsins (þús. tonn) og afla á sóknareiningu kg/klst) árin 1963-1966 og 1971-2008 ( $p < 0.001$ ). Aukning í kg/klst 2005-2007 (05 og 07) má sjá á mynd.

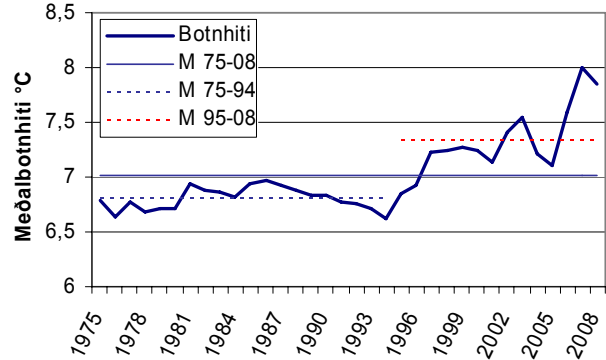
Figure 3. Correlation between the Nephrops fishable stock size (thous. tonnes) and CPUE (kg/hour) during the years 1963-1966 and 1971-2008 ( $p < 0.001$ ). Note the increase in CPUE from 2005-2007 (05 and 07), indicated in figure.

umskipti í humarveiðum eru að mestu leyti rakin til ofveiði auk versnandi umhverfis- aðstæðna (Hrafnkell Eiríksson, 1971). Eftir nokkra hlýnun árin 1971-1972 má hins vegar segja að að botnhiti á Selvogsbanka að vori hafi verið á bilinu 7,0-7,5°C allt tímabilið 1973-1995 en eftir það allt að 1°C hærrí eða 7,8-8,5°C, hlýjast árin 2007 og 2008 (4. mynd). Botnhiti á Selvogsbanka hin síðari ár hefur því verið í líkingu við það sem var á fyrstu árum humarveiða, þ.e. fram til síðari hluta sjöunda áratugarins. Á 5. mynd er síðan sýndur meðalbotnhiti (þriggja ára meðaltöl) á þremur humarslóðum, Jökuldjúpi-Miðnessjó, Selvogsbanka og Lónsdjúpi, árin 1975-2008. Jökuldjúpið er nyrsta humarveiðisvæðið í Evrópu og



4. mynd. Botnhiti á Selvogsbanka (stöð 3;150 m dýpi) nokkur ár fyrir 1965 og 1971-2008. Upplýsingar vantar fyrir kalda tímabilið á síðari hluta sjöunda áratugarins (sýnt kalt).

Figure 4. Bottom temperature at Selvogsbanki SW Iceland (station 3;150 m depth) during few years before 1965 and 1971-2008. No available data from the cold years of the late 1960's, indicated as "kalt" (cold).

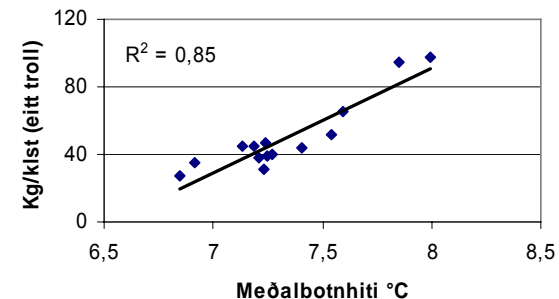
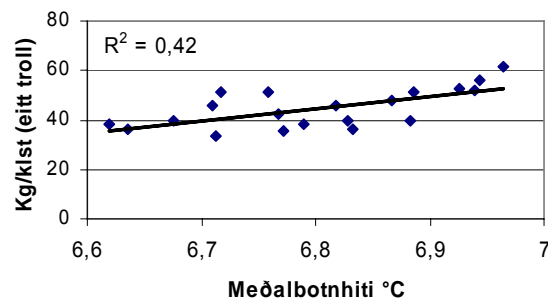


5. mynd. Botnhiti (þriggja ára hlaupandi meðaltal) á humarsvæðum (Jökuldjúp (F4, R3), Selvogsbanki (SB3), Lónsdjúp (ST3) 1975-2008, auk meðaltala fyrir allt tímabilið og árin fyrir og eftir 1995.

Figure 5. Bottom temperature (three years running mean) at three different Nephrops grounds at SW and SE Iceland in 1975-2008. Averages shown for the whole period and the years before and after 1995.

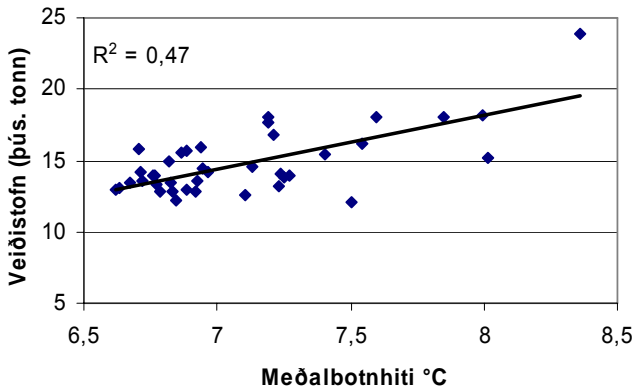
Lónsdjúp það austasta hér við land, nálægt kuldaskilunum við Suðausturland. Meðalhiti á þessum þremur svæðum er því nokkru lægri en á Selvogsbanka og öðrum humarslóðum allt austur í Breiðamerkurdjúp.

Ef lítið er til aflabragða frá 1975-2008 í samhengi við meðalbotnhita má sjá að botnhiti virðist geta skýrt hluta af breytileikanum í afla á togtíma og þá sérstaklega frá því um miðjan tíunda áratuginn þegar núverandi hlýsávar-



6. mynd. Samband milli meðalbotnhita og afla á sóknareiningu (kg/klst) árin 1975-1994 ( $p < 0.01$ ) að ofan og árin 1995-2008 ( $p < 0.001$ ) að neðan.

Figure 6. Correlation between mean bottom temperature and CPUE (kg/hour) during 1975-1994 ( $p < 0.01$ ) above and 1995-2008 ( $p < 0.001$ ) below.

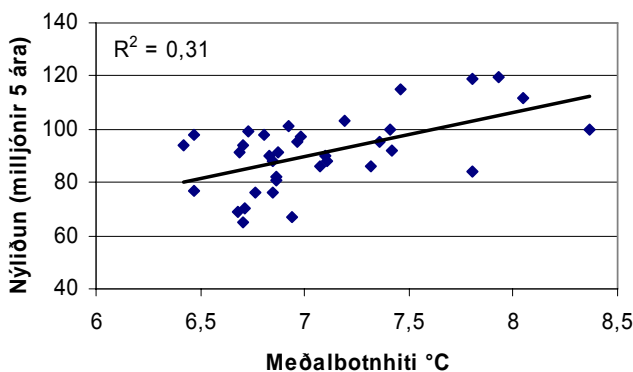


7. mynd. Samband milli meðalbotnhita og stærð veiðistofns humars árin 1964 og 1971-2008 ( $p < 0.001$ ).

Figure 7. Correlation between mean bottom temperature and size of fishable stock of *Nephrops* in 1964 and 1971-2008 ( $p < 0.001$ ).

tímabil gekk í garð (6. mynd). Sömu sögu er að segja um samhengi botnhita og áætlaðrar stofnstærðar árin 1964 og 1971-2008 þar sem sjá má marktækt jákvætt samband (7. mynd). Loks virðist botnhiti geta skýrt talsvert af breytileikanum í nýliðun árganga 1964, 1966 og 1971-2003 (mælt við 5 ára aldur) (8. mynd).

Ofangreindar niðurstöður benda því til þess að hækkandi sjávarhiti komi humarstofninum hér við land til góða eins og búast mætti við hjá stofnum við norðurmörk útbreiðslusvæðis og þegar hefur komið í ljós t.d. hjá ýsu, skötusel og þykkvalúru á undanfönum árum (Héðinn Valdimarsson o.fl., 2005; Anon., 2008; Ólafur S. Ástþórsson, 2008). Sjávarhiti virðist einnig geta skýrt hluta af breytileikanum í afla á sóknareiningu sem líklega má rekja til aukins veiðanleika samfara örrari efnaskiptum og tíðari fæðuleit humra upp úr holunum.



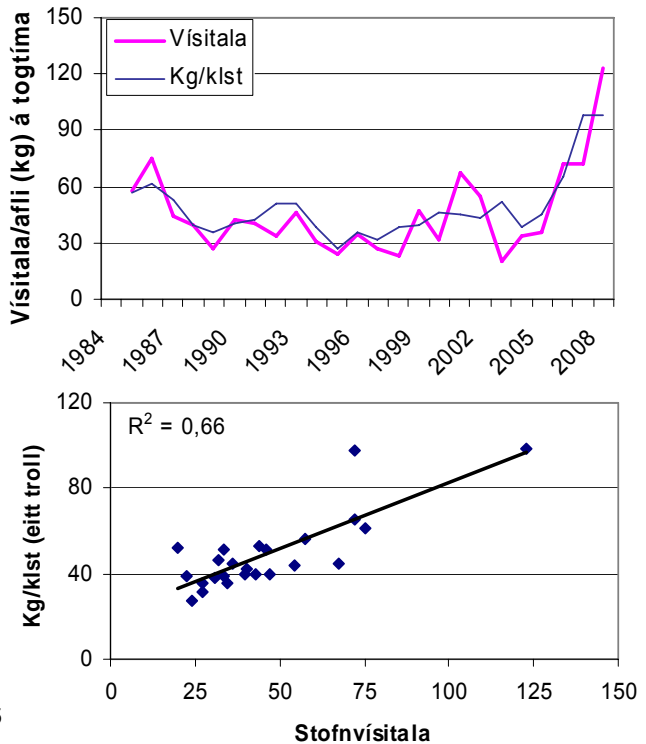
8. mynd. Samband á milli meðalbotnhita og nýliðunar (mælt við 5 ára aldur) árin 1964, 1966 og 1971-2003 ( $p < 0.01$ ).

Figure 8. Correlation between mean bottom temperature and recruitment (measured at age 5) in the years 1964, 1966 and 1971-2003 ( $p < 0.01$ ).

### Sjónkýpi (svifþörungamagn) og humarafli á sóknareiningu

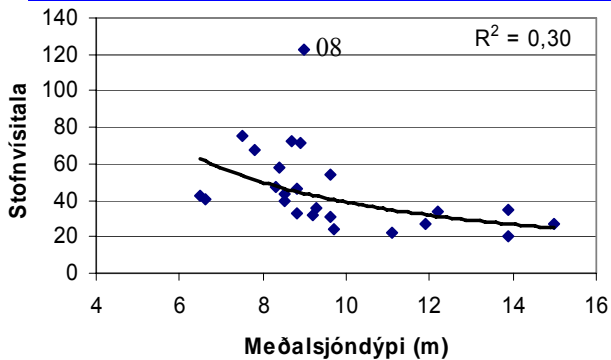
Aflabrögð á humri eru gjarnan mjög mismunandi eftir tíma sólarhrings og árstíma eins og áður segir sem helgast af því að humar er mest á ferðinni úr holum sínum við viss birtuskilyrði á botni, t.d. í fæðuleit. Stofnmæling humars (humarrall) hefur verið framkvæmt með sambærilegum hætti í maí 1985-2008. Þrátt fyrir að togað sé á sama tíma sólarhrings eða frá kl. 06-20 eru veiðiskilyrði oft misjöfn innan hvers veiðidags, svæða og ára. Til að meta áhrif birtu hefur því sjónkýpi á hverju svæði verið mælt reglulega þegar nægilega góð veðurskilyrði hafa verið fyrir hendi.

Heildarvísitala stofnstærðar og meðalafli á togtíma samkvæmt afladagbókum humarbáta virðist hafa þróast með nokkuð sambærilegum hætti á árunum 1985-2008 eins og fram kemur í marktæku jákvæðu sambandi þar á milli (9. mynd). Hins vegar er ljóst að nokkuð af breytileikanum í stofnvísitölum virðist mega skýra með sjónkýpi (10. mynd). Eftir sem áður virðist mjög há stofnvísitala árið 2008 aðeins að litlu



9. mynd. Stofnvísitala í humarralli og afli báta á sóknareiningu (kg/klst/eitt troll) að ofan og samband þessara þátta að neðan árin 1985-2008 ( $p < 0.001$ ).

Figure 9. *Nephrops* stock survey index and CPUE from logbooks during 1985-2008 (top) and correlation between survey indices and CPUE ( $p < 0.001$ ) (below).



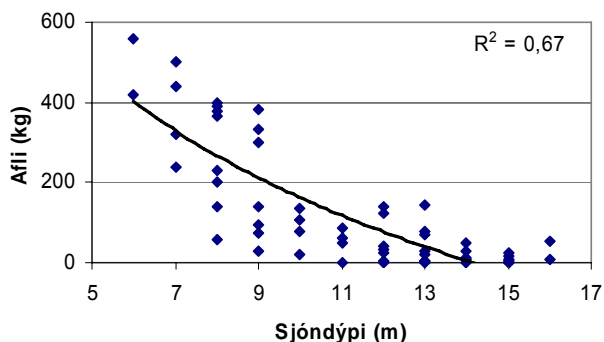
10. mynd. Samband milli meðalsjónðýpis (m) og stofnvísitalu humars í humarralli árin 1985-2008 ( $p=0.01$ ). Mjög há stofnvísitala 2008 (08) skýrist aðeins að takmörkuðu leyti af sjónðýpi.

Figure 10. Correlation between mean light attenuation (Secchi depth in m) and *Nephrops* survey stock indices during the years 1985-2008 ( $p=0.01$ ). The very high index in 2008 (08) is apparently only to a limited degree explained by light attenuation.

leyti skýrast af þeim þætti eins og sjá má á 10. mynd. Ef valin eru eingöngu stofnmælingatog á afmörkuðu svæði (t.d. 60 tog á Selvogsbanka) og borin saman humararfla og sjónðýpi fæst mjög marktækt neikvætt samband þar á milli (11. mynd). Stefna þyrfti að gerð líkans sem leiðrétti að einhverju leyti fyrir líklegum veiðanleikabáttum við stofnmat á humri svo sem sjónðýpi og hitastigi.

### Lokaorð

Frá því humarveiðar hófust að ráði um 1960 hafa aflabrögð oft verið sveiflukend enda benda stofnstærðaráætlanir til þess að humarstofninn hafi verið allt að þrefalt stærri við upphaf veiða heldur en þegar hann náði mestum lægðum um 1975 og 1995. Í þessari grein er því velt upp hvort umhverfisþættir eins og hitastig sjávar og þörungamagn í sjónum (sjónðýpi) kunni að skýra tilteknar mældar stærðir eins og afla á sóknareiningu hjá humarbátum eða rannsóknastofnunum.



11. mynd. Samband milli sjónðýpis (m) og humar afla (kg) í 60 togum á Selvogsbanka ( $p<0.001$ ).

Figure 11. Correlation between light attenuation (Secchi depth in m) and catch of *Nephrops* (kg) in 60 individual hauls at Selvogsbanki, SW Iceland.

skipum í humarralli eða hvort hitastig sjávar hafi haft áhrif á langtímabreytingar í nýliðun og stofni.

Hlýnun ætti að koma stofni á norðurmörkum útbreiðslu til góða eins og fyrirbyggjandi niðurstöður um þróun humarstofnsins og veiða gefa til kynna. Þótt tekið sé mið af áframhaldandi hlýsjávarskilyrðum eru aftur á móti ekki taldar líkur á mikilli stækkun útbreiðslusvæðisins í náninni framtíð eins og gerst hefur hjá ýmsum fiskistofnum. Því síður er hægt að sjá fyrir svo miklar hitabreytingar að humarinn við Ísland tæki það upp að hrygna og klekja út afkvæmum árlega.

### Þakkir

Héðni Valdimarssyni er þakkað fyrir mæligögn um botnhita úr vorleiðöngurum og ábendingar þar um. Svend-Aage Malmberg á einnig þakkir skyldar fyrir langvarandi samstarf og ómældar umræður um hitastig sjávar á humarslóð í gegnum tíðina. Loks er yfirliturum, Kristni Guðmundssyni og Sólveigu R. Ólafsdóttur, þakkað fyrir góðar ábendingar.

### Heimildir

- Anon., 1994. Þættir úr vistfræði sjávar 1994. Hafrannsóknastofnunin *Fjölrít* 40: 1-50.
- Anon., 2006. Nytjastofnar sjávar 2005/2006, Aflahorfur fiskveiðiárið 2006/2007. Hafrannsóknastofnunin *Fjölrít* 126: 1-190.
- Anon., 2008. Nytjastofnar sjávar 2007/2008, Aflahorfur fiskveiðiárið 2008/2009. Hafrannsóknastofnunin *Fjölrít* 138: 1-180.
- Farmer, A.S.D., 1972. The general biology of *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758) (Decapoda: Nephropidae) off the Isle of Man. Ph.D. Thesis, University of Liverpool, 307 bls.
- Farmer, A.S.D., 1975. Synopsis of biological data on the Norway lobster *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758). *FAO Fish. Synop.*, 112: 1-97.
- Héðinn Valdimarsson, Höskuldur Björnsson og Kristinn Guðmundsson, 2005. Breytingar á ástandi sjávar á Íslandsmiðum og áhrif þeirra á lífríkið. Þættir úr vistfræði sjávar 2004. Hafrannsóknastofnunin *Fjölrít* 116: 23-28.
- Hrafnkell Eiríksson, 1969. Rannsóknir á leturhumri (*Nephrops norvegicus* L.) árið 1968. Hafrannsóknir 1968. *Smárit Hafrannsóknastofnunarinnar*, 1: 66-75.
- Hrafnkell Eiríksson, 1971. Humarveiðarnar og ástand humarstofnsins 1970. Hafrannsóknir 1970. *Smárit Hafrannsóknastofnunarinnar*, 3: 57-64.
- Hrafnkell Eiríksson, 1980. Humarinn við Ísland. *Ægir*, 73: 187-192.

- 
- Hrafnkell Eiríksson, 1989. Um humarveiðar og ástand humarstofnsins. *Ægir*, 82: 127-132.
- Hrafnkell Eiríksson, 1994. Nytjastofnar botndýra. Í: Unnsteinn Stefánsson (ritstj): Íslendingar, hafid og auðlindir þess. Vísindafélag Íslendinga. Ráðstefnurit 4: 149-158.
- Karlovac, O., 1953. An ecological study of *Nephrops norvegicus* (L.) of the high Adriatic. *Izv. Inst. Oceanogr. Ribarst.*, 5 (2C): 1-51.
- Ólafur S. Ástþórsson, 2008. Veðurfar og lífríki sjávar á Íslandsmiðum. Þættir úr vistfræði sjávar 2007. Hafrannsóknastofnunin *Fjölrit 139*: 29-34.
- Ólafur Björnsson, 1980. Upphaf humarveiða og – vinnslu. *Ægir*, 73:193-194.
- Simpson, A.C., 1965. Variations in the catches of *Nephrops norvegicus* at Different Times of Day and Night. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions Conseil International Exploration de la Mer 156*: 186-189.
- Svend-Åge Malmberg, 1980. Hydrographic Conditions in Icelandic Waters in May-June 1979. *ICES CM 1980/C:28*: 10 bls.
- Unnsteinn Stefánsson, 1972. Near-shore fluctuations of the frontal zone southeast of Iceland. In: Physical Variability in the North Atlantic. Proceedings of a Symposium, Dublin 25-27 September 1969. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions Conseil International Exploration de la Mer 162*: 201-205.
- Unnsteinn Stefánsson og Sigbrúður Jónsdóttir, 1974. Near-bottom temperature around Iceland. *Rit Fiskideildar 5*: 1-73.
-

**VANGAVELTUR UM ORSAKIR *ICHTHYOPHONUS* SÝKINGARFARALDURS Í ÍSLENSKU SUMARGOTSSÍLDINI / PLAUSIBLE CAUSES FOR THE *ICHTHYOPHONUS* OUTBREAK IN THE ICELANDIC SUMMER-SPAWNING HERRING**

Guðmundur J. Óskarsson og Jónbjörn Pálsson  
Hafrannsóknastofnuninni

**Ágrip**

Á haustmánuðum 2008 varð ljóst að sjúkdómur af völdum einfrumungsins *Ichthyophonus hoferi* herjaði á íslensku sumargotssíldina. Þá strax var hafin umfangsmikil gagnasöfnun til að meta tíðni sýkingarinnar í síldarstofninum, bæði með sýnatöku úr affla veiðiskipa og sérstökum rannsóknarleiðöngnum. Sýking í veiðistofninum á aðal veiðisvæðinu reyndist vera um 34%, en á öðrum svæðum var hún frá 7 og upp í 70%. Tíðni sýkingar var einnig há í ungsíld af árgöngum 2006 og 2007 frá Suðurlandi og norður í Húnaflóa. Smásíld í Skjálfanda reyndist ósýkt. Það er talið að öll sýkt síld drepist af völdum sýkingarinnar og því er ástæða til að óttast að þessi faraldur mun hafa veruleg áhrif á stærð síldarstofnsins og nýliðun í veiði- og hrygningarstofninn. Orsök þessa faraldurs í síldinni er óljós en hugsanleg tengsl hans við umhverfi og útbreiðslu stofnsins eru rædd hér ásamt niðurstöðum rannsókna á hliðstæðum faröldrum í öðrum síldarstofnum.

**Abstract**

In the autumn of 2008 it became clear that outbreak of *Ichthyophonus hoferi* epizootic was plaguing the Icelandic summer spawning herring. To estimate the prevalence and distribution of the infection, extensive collection of samples was started, both from catches of commercial fishing vessels as well as during research cruises. Prevalence of infection in the fishing stock on the main fishing ground was estimated around 34%, but in other areas it ranged from 7 to 70%. In juvenile herring the prevalence of infection was also high in most of the distribution area, except for a bay on the eastern north coast (Skjálfandi) where the juveniles were uninfected. As this infection is believed to be fatal to the herring, this outbreak could have a considerable effect on the size of the herring stock as well as on recruitment into the fishing- and spawning stock. The reason for this outbreak is uncertain but possible links between the outbreak, environmental factors and distribution of the stock are discussed here as well as results from the literature concerning outbreaks in other herring stocks.

**Inngangur**

Í nóvember 2008 uppgötvaðist að íslenski sumargotssíldarstofninn var mjög sýktur af *Ichthyophonus hoferi* frumdyrinu sem dregur sýktar síldar til dauða. Umfang sýkingarinnar var af þeirri stærðargráðu að óhætt er að tala um faraldur. Ljóst er að afleiðingar hennar á stofninn verða miklar þótt ekki sé hægt að ákvarða þær nákvæmlega á þessari stundu né hvort enn meiri afföll eigi eftir að dynja yfir. En hvernig kemur slíkur faraldur upp og hverjar eru orsakir hans? Í þessu greinarkorni verður reynt að leita svara við því, ásamt því að útskýra eðli sýkingarinnar.

**Sníkillinn – Smitleiðir**

Þessi tegund, *Ichthyophonus hoferi*, hefur verið þekkt lengi því henni var fyrst lýst árið 1911 sem svepp (Plehn & Mulsow, 1911). Tegundin var talin vera sveppur allt þar til greining á erfðaeftni leiddi í ljós að svo var ekki, heldur frumdyr sem stendur nálægt kragasvipungum (Choanoflagellata) að skyldleika (Spanggaard o.fl., 1996). Nánari skoðun sýndi svo að *Ichthyophonus* ásamt nokkrum öðrum "frumstæðum" frumdyrum mynda sérstakan hóp sem er skyldir kragasvipungum, en þó marktækt frábrugðnir (Ragan o.fl., 1996). Flokkun *Ichthyophonus* nú samkvæmt Mendosa o.fl. (2002) er sýnd á 1. mynd.

Síld sýkist af *Ichthyophonus* með að innbyrða dvalargró sem geta verið annað hvort í sjónum eða er að finna í fæðutegundum síldarinnar (Jones og Dawe, 2002). Þegar gróin hafa borist niður í meltingarveg fiska þar sem sýrustigð er lágt virkjast þau og út úr þeim vex marggreindur vefur (hypae). Spanggaard o.fl. (1995) telja að þessar greinar þrengi sér inn í vef meltingarfæranna og þegar þær komast inn í æð (hlutlaust sýrustig) rifni þær og þá flæða ein- og tvíkjarna inngró og/eða hreyfanlegar "amöbur" (amoeboblasts) inn í blóðrásina sem dreifir þeim um líkama fisksins. Sníkillinn sest einkum að í blóðríkum vefjum svo sem hjarta, nýrum, lifur og milta og myndast þar blaðra um sníkillinn. Blaðra þessi stækkar nokkuð hratt í upphafi og innan hennar verður ör kjarna-

Ríki (Kingdom) Protista  
Undirríki (Subkingdom) Neozoa  
Innríki (Infrakingdom) Neomonada  
Fylking (Phylum) Neomonada  
Undirfylking (Subphylum) Mesomycetozoa.  
Flokkur (Class) Choanoflagellata  
Flokkur (Class) Corallochytra  
Flokkur (Class) Cristidiscoidea  
Flokkur (Class) Mesomycetozoea  
Ættbálkur (Order) Ichthyophonida  
*Ichthyophonus hoferi* (Plehn & Mulsow, 1911)

1. mynd. Flokkun *Ichthyophonus hoferi* á meðal frumdyra (Protista) samkvæmt Mendosa o.fl. (2002).



skipting hjá sniklinum sem að lokum leiðir til myndunar nýrra dvalargróa sem bíða þess að sýkja nýjan hýsil. Það eru hins vegar ekki eingöngu dvalargró sem myndast, því einnig eru mynduð inngró (endospor) sem berast áfram um hýsilinn og þroskunarferillinn er endurtekinn. Þannig stigmagnast sýkingin og dreifist í aðra vefi líkamans og veldur m.a. blæðingum og aflögum á líffærum sem dregur síldina að lokum til dauða.

Dánartíðni af völdum *Ichthyophonus*-sýkingar virðist mjög misjöfn eftir fisktegundum. Það eru vísbendingar um að varnarkerfi líkama síldarinnar geti varist litlum fjölda gróa en sé sýkingin mikil og viðvarandi ræður það ekki við sýkinguna (Sindermann, 1965). Tíminn frá sýkingu þar til síldin drepst (þ.e. “meðgöngutíminn”) er talinn vera um 100 dagar og að hámarki sex mánuðir (Sinderman, 1958; McVicar, 1981). Erlendar athuganir benda til að öll síld sýkt af *Ichthyophonus* drepist (Sinderman, 1958; McVicar, 1981).

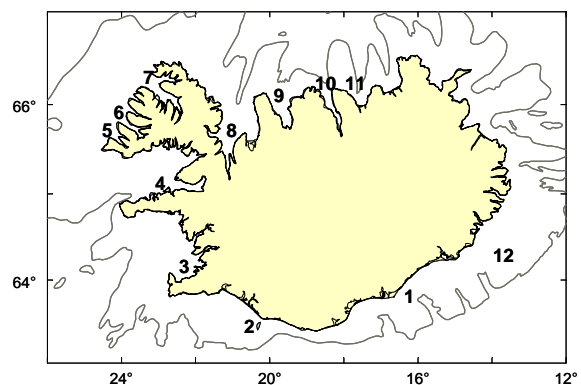
Það er ekki ljóst í gegnum hvaða fæðugerðir síldin sýkist. Þar sem *Ichthyophonus* hefur fundist í krabbaflóm (*Calanus* tegundir; Jepps, 1937, Torgersen o.fl., 2002; Lauckner, 1984) sem er algeng fæða síldarinnar, er talið líklegt að síldin geti smitast gegnum þær (Lauckner, 1984). Hins vegar er beint át síldar á dvalargróum frá *Ichthyophonus* sem eru að finna í hafinu, talin vera algengasta smitleiðin, en dvalargróin eru mjög þolin og getað t.d. valdið smiti eftir að hafa verið a.m.k. 6 mánuði í sjó (Lauckner, 1984). Þegar sýktir fiskar drepast og rotna losnar mikið magn af dvalargróum út í umhverfið og því getur magn þeirra orðið mjög mikið á þeim svæðum.

### Umfang sýkingar við Ísland 2008-2009

Strax og ljóst var að umrædd sýking væri komin upp í íslensku sumargotssíldinni var hafin umfangsmikil söfnun sýna úr afla veiðiskipa. Ahafnir veiðiskipanna tóku u.þ.b. 50 síldar úr hverju kasti og ýmist frystu sýnið strax eða komu með það ferskt að landi ef stutt var í löndun. Hverju sýni fylgdu upplýsingar um veiðiskip, veiðidag og staðsetningu. Sýnin voru unnin strax og þau bárust í land. Þá var á sama hátt safnað sýnum í bergmálsleiðangrum Hafrannsóknastofnunarinnar á RS Dröfn í desember og janúar á útbreiðslusvæði stofnsins frá Reykjanesi og norður í Skjálfaflóa (2. mynd). Öll sýnin voru unnin á þann hátt að heildarlengd hverrar síldar var mæld, þær vegnar óslægðar, kyn og kynþroskastig

ákvörðuð, hreistursýni tekið til aldursákvörðunar og hjarta fjarlægð úr fiskinum. Hjartað var síðan skoðað vandlega í víðsjá og leitað að sjáanlegum hvítum blettum eða blöðrum á yfirborði þess, en slík einkenni myndast við sýkingu af völdum *Ichthyophonus*. Hjartað var valið sem einkennislíffæri fyrir sýkingu í ljósi tillagna ICES um stöðlun slíkra rannsókna (Anonymus, 1993).

Helstu niðurstöður þessara rannsókna veturinn 2008-2009 (sjá nánar í Guðmundur J. Óskarsson o.fl. 2009b) sýna að sýkingin af völdum *Ichthyophonus* nær yfir allt útbreiðslusvæði síldarinnar (Tafla 1). Á svæðinu frá Breiðamerkurdjúpi, vestur með landinu og norður í Húnaflóa var að finna fullorðna síld með mikla sýkingu. Við Vestmannaeyjar og í Keflavík var sýkingarhlutfallið einna hæst eða 60 og 70%. Úr afla síldarbáta (nót) í sunnanverðum Breiðafirði, þar sem stærsti hluti stofnsins hélt sig og veiðar mest stundaðar, voru alls rannsakaðar um 3600 síldar og reyndist hlutfall sýktra sílda 34%. Sýkingarhlutfallið í ungsíld (árgöngum frá 2006 og 2007) var einnig hátt (Tafla 2). Aðeins í Skjálfaflóa var að finna ósýkta síld, en þar mældist mest af 2007 árganginum sem er samkvæmt bergmálmælingunum miðlungsstór árgangur (Ásta Guðmundsdóttir o.fl., 2007). Hafa verður í huga að ekki er talið að ungvíði flakki almennt mikið milli fjarða, heldur vex það upp í þeim firði sem það barst í sem seiði. Því er ljóst að smit varð í öllum fjörðum og flóum á svæðinu frá suðausturströndinni og vestur með landinu inn á Húnaflóa. Af þessum upplýsingum má draga þá



2. mynd. Skipting útbreiðslusvæðis íslensku sumargotssíldarinnar veturinn 2008/09 (1-12; sjá heiti svæða í töflum 1 og 2) fyrir mat á sýkingu í stofninum samkvæmt veiðum flotans og bergmálsleiðangrum Hafrannsóknarstofnunarinnar.

Figure 1. The distribution of the Icelandic summer-spawning herring around Iceland (1-12; see naming in Tables 1 and 2) during the winter 2008/09 according to the fishery and the acoustic surveys of MRI.

ályktun að sýkingin sé mjög umfangsmikil, þ.e. mikið magn dvalargróa, og eigi upptök á stóru og víðáttu miklu svæði.

Sýkingarhlutfallið í íslenska síldarstofninum virðist mun hærra en í faraldrinum í norsk-íslensku og Norðursjávar síldinni í byrjun 10 áratugarins (um 10% sýking; Kramer-Schadt o.fl., 2008; Patterson, 1996) en gæti verið af svipaðri stærðargráðu og í faraldrinum við austurströnd Kanada á árunum 1930-31 (Gulf of Main, um 70% sýkingarhlutfall; Lauckner, 1984) og 1954-55 (Gulf of Saint Lawrence, um 50% stofnsins sýktist; Lauckner, 1984).

Ólíkt íslensku síldinni virðist sýkingarhlutfall aukast með aldrinum í norsk-íslensku síldinni (Kramer-Schadt o.fl., 2008) svo og Kyrrahafssíld (Marty o.fl., 2003). Ástæður þess eru ekki þekktar en gætu verið vegna minna þols ungsíldar gagnvart sýkingu þannig að þær deyja fyrr eða vegna annars konar fæðuvejna.

### Upptök faraldursins

Sníkillinn *Ichthyophonus* er að finna við allskonar umhverfisaðstæður, bæði í ferskvatni og sjó, og hefur hann verið greindur í meira en 80 tegundum fiska (Lauckner, 1984). Það er því viðbúið að hann finnist einnig í fjölda tegunda af sviflægum krabbadýrum, enda virðist aðlögunarhæfni hans mikil. Óvíst er hins vegar hvort um sé að ræða eina eða margar tegundir af *Ichthyophonus* (Lauckner, 1984). Í norðurhluta Norðursjávar er að finna viðvarandi en breyti-

lega sýkingu í ýsu og skarkola (McVicar, 1979) og svipaðar sögur eru frá austurströnd Kanada (Lauckner, 1984) og í skarkola við Ísland, þar sem fylgst hefur verið með sýkingu í Faxaflóa (JP, óbirt gögn). Þá var *Ichthyophonus* að finna í um það bil einni af hverri þúsund íslenskum sumargotssíldum á árbilinu 1991-2000 þegar sýking í henni var könnuð. Sníkillinn er því til staðar víða í hafinu og við einhverjar aðstæður magnast upp fjöldi dvalargróa sem eykur sýkingar og faraldur fer af stað.

Það er alls ekki á hreinu hvað veldur faröldrum af völdum *Ichthyophonus*. Kramer-Schadt o.fl. (2008) reyndu að ákvarða hvað komi faröldrum af stað í norsk-íslensku síldinni með að skoða áhrif þéttleika stofnsins, magn fæðu og hitastigs sjávar. Helstu niðurstöður þeirra voru að stærð stofnsins virtist hafa lítil áhrif á sýkingarhlutfall sem er í samræmi við niðurstöður Marty o.fl. (2003) sem sáu að tíðni sýkingar í Kyrrahafssíld virðist vera ótengd breytingum í stærð hrygningarstofns. Einnig reyndist vera meiri sýking í norsk-íslensku síldinni í Noregshafi en Barentshafi, en hvort það var vegna herra hitastigs í Noregshafi eða meira áti á rauðátu (*Calanus finmarchicus*) þar var ekki hægt að segja til um. Þar sem hitastigið var undir 4°C fannst engin sýkt síld (Kramer-Schadt o.fl., 2008). Það er í samræmi við tilraunir til ræktunar á *Ichthyophonus* sem sýna að sníkillinn vex við hitastig frá 3-20°C, með kjörhitastig við 10°C (Sindermann og

Tafla 1. Sýking veiðistofns sumargotssíldar (%) eftir svæðum samkvæmt sýnatökum úr afla veturinn 2008/09 ásamt niðurstöðum bergmálmælinga frá sama tíma um fjölda fiska eftir svæðum (að lengd >26 cm) og útreiknaður fjöldi sýktra fiska í veiðistofninum.

Table 1. The estimates of prevalence of *Ichthyophonus* infection in Icelandic summer-spawning herring according to catch samples ("Sýkingar hlutfall") from the winter 2008/09 (sample size provided; "Fjöldi ákvarðaðir"), and the number of herring in each area according to acoustic measurements ("Fjöldi<sub>Alls</sub>"; length >26 cm) and corresponding estimates of number of infected herring ("Fjöldi<sub>Sýktir</sub>") for each area and totally.

Númer svæðis	Svæði	Samkvæmt aflasýnum		Samkvæmt bergmálmælingum	
		Fjöldi ákvarðaðir	Sýkingarhlutfall (%)	Fjöldi <sub>Alls</sub> ( $\cdot 10^6$ )	Fjöldi <sub>Sýktir</sub> ( $\cdot 10^6$ )
1	Tvísker	450	12.7	274.7	34.9
2	Vestm.eyjar	300	59.7	16.0	9.6
3	Keflav./Hafn.	439	70.2	45.0	31.6
4	Breiðafjörður	3582	33.7	1645.1	554.4
7	Ísafjörður	86	63.0*	50.0	31.5
12	Papagrunn	152	6.6 <sup>‡</sup>	27.2	1.8
	Samtals	5009		2058	663.7

\* Ákvarðað frá gögnum í rannsóknarleiðangri þar sem engin aflasýni voru tiltæk.

<sup>‡</sup> Samkvæmt tveimur sýnum í loðnuleiðangri á Árna Friðrikssyni.

Scattergood, 1954, sjá í Lauckner, 1984). Það er fleira sem hugsanlega gæti komið af stað faröldrum. Lágur holdafarsstuðull í síldarstofnum (létt eftir lengd) hefur verið nefnt sem kveikja að faröldrum þar sem síld hefur skerta líkamlega getu til að berjast á móti sýkingu, hver svo sem ástæðan fyrir lélegu líkamlegu formi er (Marty o.fl., 2003).

Í ljósi þeirra upplýsinga sem fyrir liggja frá öðrum hafsvæðum, er þá eitthvað hægt að segja til um það hvers vegna þessi faraldur kemur upp í íslensku síldinni núna? Eins og kom fram að ofan er óþekkt hvaðan síld fær í sig sýkingu nema að það gerist við át. Ekki liggja fyrir upplýsingar um fæðu stofnsins á fæðutímabilinu í kjölfar hrygningar í júlí 2008, sem er líklegast sá tími sem sýkingin átti sér stað miðað við þekktan meðgöngutíma. Sé hins vegar tekið mið af fæðu síldar í apríl og maí sama ár við suðvesturströndina er hún fjölbreytt og samanstendur af rauðátu, ljósátu, öðrum svifkrabba-dýrum, fiskeggjum og fleiru ógreinanlegu (skv. gögnum Hafrannsóknastofnunarinnar). Að sinni gefa því fæðugögnin takmarkaðar upplýsingar um upptök sýkingarinnar þó líklegast megi útiloka að dvalargróin séu að finna í fiskeggjum. Bersýnilega er þó þörf á frekari rannsóknum á fæðu síldarinnar og hugsanlegum smitberum *Ichthyophonus*.

Tafla 2. Sýkingarhlutfall *Ichthyophonus* (%) í íslensku sumargotssíldarárgöngunum frá 2006 og 2007 eftir svæðum samkvæmt rannsóknarleidangum í desember 2008 og janúar 2009 (sýnastærð gefin) ásamt ákvörðunum um heildarfjölda hvers árgangs samkvæmt bergmálmælingum sömu leiðangra og útreiknaður fjöldi ósýkra einstaklinga.

Table 2. The prevalence of *Ichthyophonus* infection ("Sýkingar hlutfall") in the 2006 and 2007 year classes of Icelandic summer-spawning herring for the different areas ("Númer svæðis", see number in Figure 1) covered in the acoustic research surveys in December 2008 and January 2009 (the sample size provided; "Sýna stærð") in addition to the number of herring in the area according to acoustic measurements ("Fjöldi<sub>Alls</sub>"), and estimated number of individuals surviving the mortality caused by the infection ("Fjöldi<sub>Heilbrigðir</sub>") for each area and totally.

Númer svæðis	Heiti svæðis	Sýna stærð		Sýkingarhlutfall (%)		Fjöldi <sub>Alls</sub> ('10 <sup>6</sup> )		Fjöldi <sub>Heilbrigðir</sub> ('10 <sup>6</sup> )	
		2007	2006	2007	2006	2007	2006	2007	2006
2	Vestm.eyjar		121	60*	60*	2.1	9.9	0.8	3.9
3	Kefl./Hafnarf.		22	70*		0.0	13.0	0.0	3.9
4	Breiðafjörður		1	34*		0.0	4.1	0.0	2.7
5	Patreksfjörður	68	7	63	71	55.1	3.3	20.4	1.0
6	Arnarfjörður					0.0	0.0	0.0	0.0
7	Ísafjörður	25	47	68	92	62.3	55.7	19.9	4.5
8	Húnaflói	50	50	42	10	92.4	27.4	53.6	24.7
9	Skagafjörður					0.0	0.0	0.0	0.0
10	Eyjafjörður			0‡		5.0	0.0	5.0	0.0
11	Skjálfandi	100		0		416.3	0.0	416.3	0.0
Samtals		269	248			633.2	113.4	516.1	40.6

\* Prósentuhlutfallið er ákvarðað yfir alla aldurflokkana saman vegna sýnastærðar.

‡ Engin sýni fengust þarna og sökum nálægðar við Skjálfanda og lítills fjölda var hlutfallið sett 0.

breiðslu veiðistofns síldarinnar og hækkun sjávarhita þýða að síldarstofninn í heild hafi að öllu jöfnu verið að halda til í sífellt heitari sjó síðasta áratuginn. Viðbrögð stofnsins fyrir vestan land við hækkandi hitastigi voru því hugsanlega að leita inn á Grundarfjörð og sunnanverðan Breiðafjörð í kaldari strandsjó nú síðustu þrjá vetur, en einkenni síldarinnar er að sækja í kaldari sjó yfir vetrarmánuðina og hægja þannig á líkamsstarfsemi til orkusparnaðar (Guðmundur J. Óskarsson o.fl. 2009a).

### Horfur til næstu ára

Faraldurinn nú í íslensku síldinni af völdum *Ichthyophonus* mun hafa áhrif á framtíðina á margan hátt. Mikil afföll í veiðistofninum og í uppvasandi ungsíld munu leiða af sér hnignun í stærð stofnsins sem dregur ekki einungis úr af-rakstursgetu hans (þ.e. afla) heldur má gera ráð fyrir að minni hrygningarstofn gefi að öllu jöfnu af sér færri nýliða (Guðmundur J. Óskarsson og Taggart, 2009). Uppbygging stofnsins að nýju gæti því tekið nokkur ár. Þá er hugsanlegt að stofninn muni breyta útbreiðslu sinni og far-leiðum á næstu árum, sérstaklega ef hann verður fyrir miklum skakkaföllum, líkt og þekkt er frá fyrri tímum (Jakob Jakobsson, 1980; Guðmundur J. Óskarsson o.fl., 2009a). Þekktir *Ichthyophonus* faraldrar í öðrum síldarstofnum vara að öllu jöfnu í um tvö ár (t.d. Kramer-Schadt o.fl., 2008). Það verður því að teljast líklegt að smitbera af *Ichthyophonus* sé ennþá að finna í miklu magni í vistkerfinu við Ísland og muni sýkja síld á komandi ætistímabilum fyrir og eftir hrygningu, það er í apríl-júní og ágúst-október. Afföllin gætu því orðið meiri en ákvarðað sýkingarhlutfall frá vetrinum 2008/09 gefur til kynna (Töflur 1 og 2) þótt ómögulegt sé að spá um það með einhverri vissu, en fylgst verður með framvindu sýkingarinnar á Haf-rannsóknastofnuninni. Það gefur auga leið að við stofnmat á komandi árum verður að taka tillit til magns sýkingar í síld við ákvörðun á náttúrulegum dauða líkt og hefur verið gert í öðrum síldarstofnum (Kramer-Schadt o.fl., 2008; Marty o.fl., 2003).

Veiðar eru almennt taldar hafa jákvæð áhrif við að uppræta sýkingu í fiskistofnum með því að fjarlægja sýkta fiska út úr lífkerfinu sem annars hefðu getað valdið smiti í öðrum einstaklingum (Kramer-Schadt o.fl., 2008). Þar sem togveiðarfæri virðast oft gefa herra sýkingarhlutfall en t.d. nót (Holst, 1996), þ.e. að sýktir fiskar virðast síður ná að forðast tog-

veiðarfærið en ósýktir, þá má álykta svo að flot-vörpuveiðar á sýktri síld séu líklegri til að draga úr sýkingu en nótaveiðar. Að sama skapi má ætla að sýkt síld verði öðrum afræningjum en mannum frekar að bráð en heilbrigð síld. Það eru t.d. sterkar vísbendingar frá Saint Lawrence flóa að við faraldur í síld stórkjóst afrán þorsks á síld (Kohler, 1964) sem þannig dregur úr sýkingarhlutfalli síldarstofnsins. Sama má eflaust segja um afrán sjávarspendýra sem stuðlar þannig að því að drepa niður faraldrar.

Ef haft er í huga að áætlað kjörhitastig *Ichthyophonus* er í kringum 10°C, má ætla að með áframhaldandi hlýnun sjávar við Ísland séu líkur á öðrum álíka faraldri í síldinni nokkrar. Hækkun hitastigs á norðlægum breiddargráðum er almennt talin auka líkur á faröldrum í fiski (Marty o.fl., 2003). Hins vegar meðan að ekki eru til nákvæmar upplýsingar um upptök sýkingarinnar í síldinni, né orsök faraldursins er mikil óvissa í öllum spám um líkur á fleiri faröldrum síðar.

### Heimildir

- Anonymus, 1993. Report of the second special meeting on *Ichthyophonus* in herring. *Comm. Meet. Soun. Explor. Sea, ICES CM 1993/F:9*.
- Anonymus, 2008. Þættir úr vistfræði sjávar 2007. *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit* 139. 40 bls.
- Ásta Guðmundsdóttir, Guðmundur J. Óskarsson og Sveinn Sveinbjörnsson, 2007. Estimating year-class strength of Icelandic summer-spawning herring on the basis of two survey methods. *ICES Journal of Marine Science* 64, 1182–1190.
- Guðmundur J. Óskarsson og C.T. Taggart, 2009. Integrating the variations in reproductive potential and recruitment in Icelandic summer-spawning herring. *Fisheries Oceanography*, lagfært handrit í yfirlæstri.
- Guðmundur J. Óskarsson, Ásta Guðmundsdóttir og Þorsteinn Sigurðsson, 2009a. Variation in spatial distribution and migration of Icelandic summer-spawning herring. *ICES Journal of Marine Science. Í prentun*.
- Guðmundur J. Óskarsson, Jónbjörn Pálsson og Ásta Guðmundsdóttir, 2009b. Estimation of infection by *Ichthyophonus hoferi* in the Icelandic summer-spawning herring during the winter 2008/09. *ICES North Western Working Group, 28 April- 7 May 2009, Working document No. 1*. 10 bls.

- Holst, J.C., 1996. Estimating the prevalence of *Ichthyophonus hoferi* (Plehn and Mulsow) in a herring stock (*Clupea harengus* L.): Observed effects of sampling gear, target school density and migration. *Fisheries Research* 28, 85-97.
- Jakob Jakobsson, 1980. Exploitation of the Icelandic spring- and summer-spawning herring in relation to fisheries management, 1947-1977. *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International Pour l'Exploration de la Mer* 177, 23-42.
- Jepps, M.W., 1937. On the Protozoan Parasites of *Calanus finmarchicus* in the Clyde Sea Area. *Quarterly Journal of Microscopical Science* 79, 589-658 + plates 25-28.
- Jones, S.R.M. og Dawe, S.C., 2002. *Ichthyophonus hoferi* Plehn & Mulsow in British Columbia stocks of Pacific herring, *Clupea pallasii* Valenciennes, and its infectivity to chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases* 25, 415-421.
- Kohler, A.C., 1964. Variations in the growth of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 21, 57-100.
- Kramer-Schadt, S., Holst, J.C., og Skagen, D., 2008. Investigating the factors contributing to the *Ichthyophonus hoferi* outbreak in Norwegian spring spawning herring *Clupea harengus* 1992-2007. Óbirt handrit.
- Lauckner, G. 1984. Diseases caused by microorganisms. Agents: Fungi. In O. Kinne (ritst.), *Diseases of marine animals*, Vol. IV, Part 1. Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg. bls. 89-113.
- Marty, G.D., Quinn, T.J., Carpenter, G., Meyers, T.R., og Willits, N.H., 2003. Role of diseases in abundance of a Pacific herring (*Clupea pallasii*) population. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 60, 1258-1265.
- McVicar, A.H., 1979. *Ichthyophonus* in haddock and plaice in Scottish waters. *ICES CM* 1979/G:48.
- McVicar, A.H., 1981. An assessment of *Ichthyophonus* disease as a component of natural mortality in plaice populations in Scottish waters. *ICES CM* 1981/G:49.
- Mendosa, L., Taylor, J.W. og Ajello, L., 2002. The Class Mesomycetozoa: A heterogeneous group of microorganisms at the animal-fungal boundary. *Annual Review of Microbiology* 56: 315-344.
- Patterson, K.R. 1996. Modelling the impact of disease-induced mortality in an exploited population: the outbreak of the fungal parasite *Ichthyophonus hoferi* in the North Sea herring (*Clupea harengus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 53, 2870-2887.
- Plehn, M. og Mulsow, K., 1911. Der Erreger der 'Taumelkrankheit' der Salmoniden. *Zentralblatt für Bakteriologie Parasitenkunde Infektionskrankheiten und Hygiene*, 59, 63-68.
- Ragan, M.A., Goggins, C.L., Cawthorn, R.J., Cerenius, L., Jamieson, A.V.C., Floride, S.M., Rand, T.G., Söderhäll, K. og Gutell, R.R., 1996. A novel clade of protistan parasites near the animal-fungal divergence. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 93: 11907-11912.
- Spanggaard, B., H.H. Huss og J. Bresciani, 1995. Morphology of *Ichthyophonus hoferi* assessed by light and scanning electron microscopy. *Journal of Fish Diseases* 18, 567-577.
- Sinderman, C.J., 1958. An epizootic in Gulf of St. Lawrence fishes. *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference* 23, 349-360.
- Sindermann, C.J., 1965. Effects of environment on several diseases of herring from the western North Atlantic. *Special Publication - International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries* 6, 603-610.
- Torgersen, T., Karlsbakk, E., og Kaartvedt, S., 2002. Deviating vertical distribution and increased conspicuousness of parasitized *Calanus*. *Limnology and Oceanography* 47, 1187-1191.

## RANNSÓKNIR Á VISTKERFI ÍSLANDSHAFS OG VISTFRÆÐI LOÐNU AÐ SUMARLAGI / ECOSYSTEM PROPERTIES OF THE ICELAND SEA AND CAPELIN ECOLOGY DURING SUMMER.

Ólafur K. Pálsson, Héðinn Valdimarsson, Sólveig R. Ólafsdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnsson, Ástþór Gíslason, Hildur Pétursdóttir og Sveinn Sveinbjörnsson  
Hafrannsóknastofnuninni

### Ágrip

Rannsóknir á vistkerfi Íslandshafs með sérstöku tilliti til vistfræði loðnu hafa staðið yfir frá árinu 2006. Rannsóknirnar beindust að ástandi grunnþátta vistkerfisins að vorlagi, en mest áhersla var lögð á að rannsaka heildarvirgni vistkerfisins að sumarlagi. Ástand sjávar og lífríkis var fremur einsleitt í júlí – ágúst þessi þrjú ár. Innstreymi hlýsjávar af atlantískum uppruna var greinilegt, en þurrð næringarefna og lítið magn blaðgrænu var lýsandi fyrir síðsumarástand. Magn átu var fremur lítið í ágúst 2008, einkum í vesturluta Íslandshafs. Útbreiðsla loðnu var takmörkuð og magnið lítið í öllum aldursflokkum, nema seiðum á fyrsta ári í ágúst 2008. Ljóst er að viðkoma og nýliðun loðnu hefur verið mjög slök nokkur undanfarin ár. Sú tilgáta er reifuð að hlýnun sjávar á Íslandsmiðum hafi leitt til viðkomubrests í loðnustofninum.

### Abstract

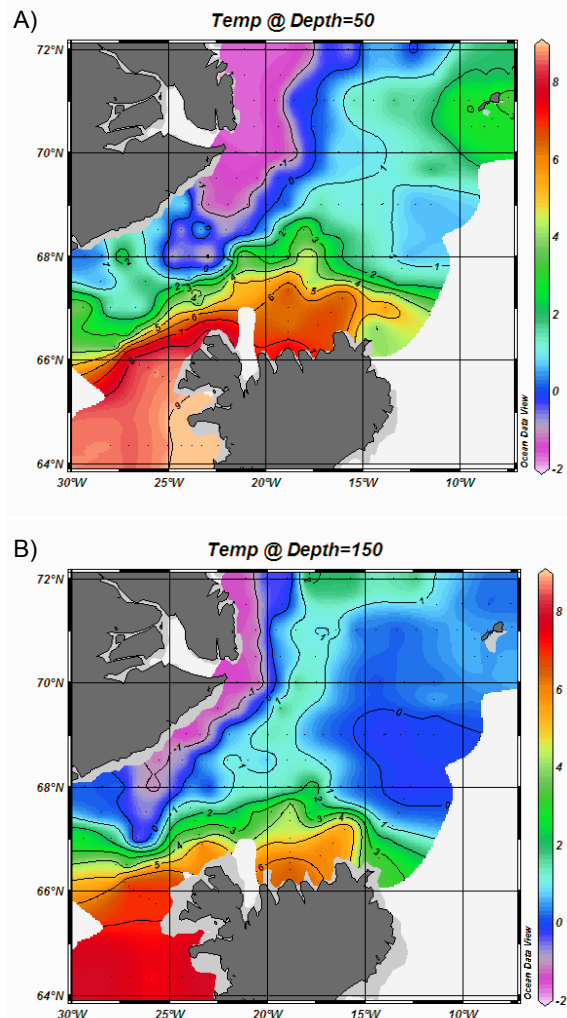
A research project dealing with the ecosystem of the Iceland Sea with emphasis on capelin has been in progress since 2006. The work has covered the state of principal ecological factors during spring, but main focus has been directed towards the structure and function of the ecosystem, including capelin, during summer. The overall ecological state of the ecosystem was fairly uniform during summer over the three years. Inflow of relatively warm water of atlantic origin was observed in all years, whereas shortage of nutrients and low concentrations of chlorophyll *a*, were indicative of a typical late-summer situation. The amount of zooplankton was low in August 2008, especially in the western part of the area. Capelin was recorded only in restricted areas and in low quantities except for the 0-group in August 2008. It seems clear that capelin recruitment has been very poor during recent years. The hypothesis is presented that recent warming in Iceland waters may have led to a recruitment failure in the capelin stock.

Á árinu 2008 var fram haldið rannsóknum á vistkerfi Íslandshafs og vistfræði loðnustofnsins, sem hófust árið 2006. Greinargerð um framgang verkefnisins má finna í ársskýrslu Hafrannsóknastofnunarinnar 2009 (Anon. 2009). Öll árin hefur umfangsmikill leiðangur farið fram síðsumars (júlí til ágúst) á landgrunni Íslands vestan og norðan lands og í Íslandshafi allt norður fyrir Jan Mayen (sbr. leiðarlínur á 4. mynd). Í þessum leiðöngrum hafa verið teknar 132-160 umhverfisstöðvar og 39-55 togstöðvar vegna loðnu og annarra fiska. Samfelld bergmálmæling hefur verið gerð á siglingaleið skipsins (3500- 4500 sjm.) til að mæla magn og

útbreiðslu loðnu. Í þessari grein verða nokkrar niðurstöður kynntar, einkum með tilliti til rannsókna að sumarlagi. Niðurstöður frá fyrri árum voru kynntar 2007 og 2008 (Ólafur K. Pálsson o.fl. 2007 og 2008).

### Ástand sjávar og vistkerfis

Í heild hefur ástand sjávar síðsumars í Íslandshafi verið svipað á rannsóknatímanum. Hitastig og selta sjávar hafa endurspeglad talsvert innstreymi hlýsjávar norður fyrir land inn í



1. mynd. Sjávarhiti í Íslandshafi og á Íslandsmiðum í ágúst 2008, a) á 50 m dýpi, b) á 150 m dýpi.

Fig. 1. Sea temperature in the Iceland Sea and Iceland waters in August 2008, a) 50 m depth, b) 150 m depth.

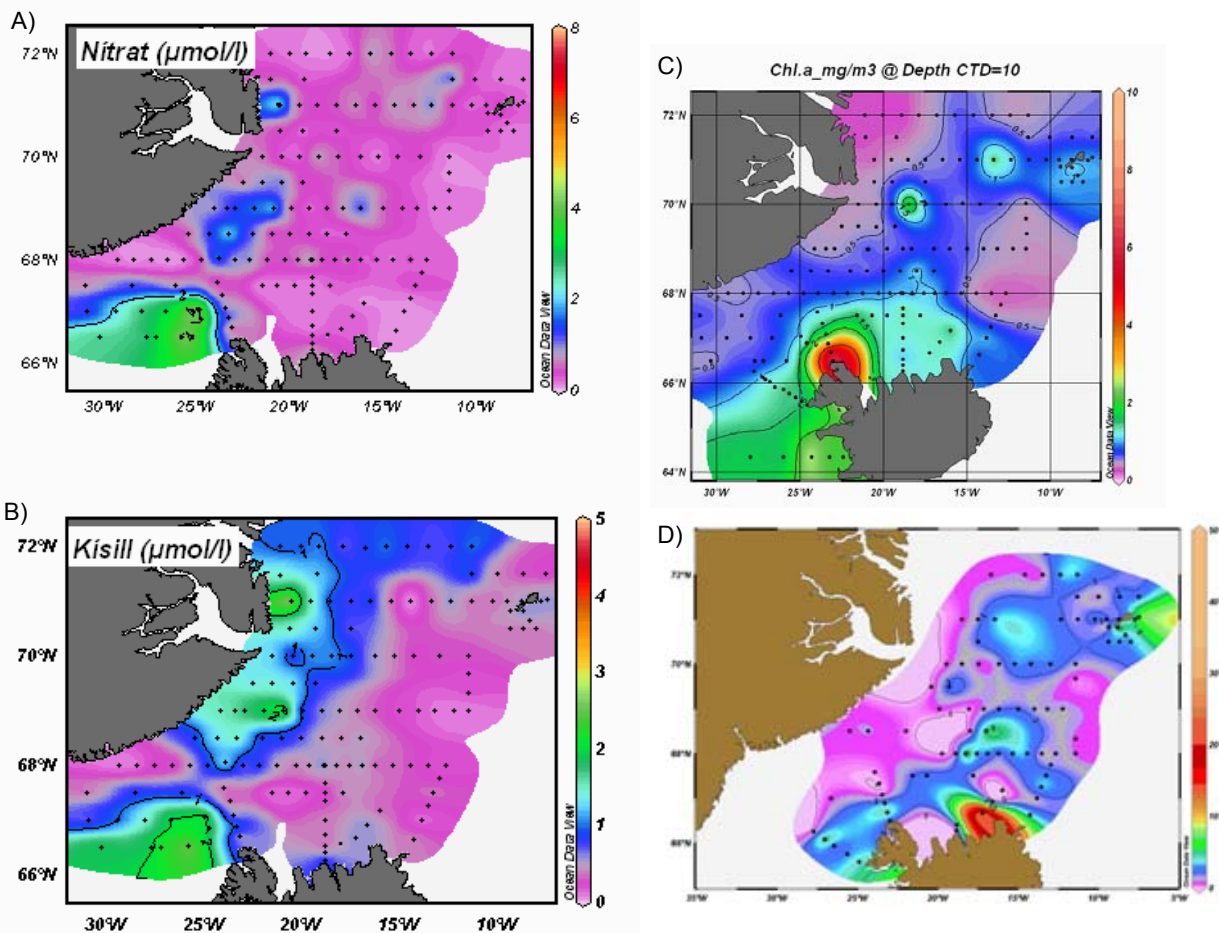
sunnanvert Íslandshaf (1. mynd a). Svonefndur millisjór hefur verið áberandi öll þrjú árin. Þetta er Atlantssjór sem kólnað hefur og sokkið norðan við Svalbarða og leitar inn í Íslandshaf úr norðri, milli Jan Mayen og Austur Grænlands (1. mynd b). Innstreymi hlýsjavar úr Noregshafi sunnan Jan Mayen hefur orðið vart öll árin. Svo virðist sem ástand sjávar í Íslandshafi hafi verið mun breytilegra fyrir um tveimur áratugnum síðan heldur en verið hefur undanfarin ár.

Gróðurfar og magn næringarefna hefur verið svipað árin 2006-2008 og er lýst sem dæmigerðu sumarástandi enda lagskipting sjávar mjög sterk á rannsóknasvæðinu. Þörungamagn (blaðgræna a) hefur verið lítið, enda vorhámark löngu umliðið, og næringarefni í lágmarki.

Í ágúst 2008 var níturat uppuríð á öllu rannsóknasvæðinu (2. mynd a) og kísill var aðeins til staðar í takmörkuðu magni í pólsjó undan Austur Grænlandi, sem og suðvestast á áhrifasvæði Atlantssjávarins (2. mynd b) en út-

breiðsla kísils er nátengd útbreiðslu mismunandi sjógerða. Blaðgræna fannst í litlu magni á megin hluta svæðisins en þó í nokkru magni út af Vestfjörðum og á norðlenska landgrunninu, þar sem blómi kalksvifþörungum breiddi úr sér. Nokkur gróður fannst einnig á svæðinu kringum Jan Mayen. Lægstu gildin fundust í A-Grænlandsstraumnum og í austanverðu Íslandshafi frá 68°N til 70°N (2. mynd c). Magn átu (í flokki smárra og meðalstórra tegunda) reyndist fremur lítið í ágúst 2008 miðað við fyrri ár. Magnið var nokkru minna í vesturhluta Íslandshafs (<1 g þurrvikt m<sup>-2</sup>), þ.e. á áhrifasvæði Austur Grænlandsstraums, heldur en í austurhlutanum (~2-3 g) þar sem áhrifa innstreymis atlantssjávar gætir meira (2. mynd d).

Uppsjavaarsamfélagið í Íslandshafi í ágúst 2007 spannaði um fjögur fæðuprep þar sem þörungar voru á lægsta og fiskar á efsta þrepi (3. mynd a). Dýrasvifið dreifðist á breytt bil, þar sem jurtaætan rauðáta (*Calanus finmarchicus*)



2. mynd. Nokkrir þættir vistkerfis Íslandshafs í ágúst 2008, a) níturat ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\mu\text{mol l}^{-1}$ ), b) kísill (Si,  $\mu\text{mol l}^{-1}$ ), c) blaðgræna ( $\text{mg m}^{-2}$ ), d) áta (smá- og millistór áta, g þurrvigt  $\text{m}^{-2}$ ).

Fig. 2. Some ecosystem measures in the Iceland Sea August 2008, a) nitrate, b) silicate, c) chlorophyll a, d) zooplankton (mesoplankton and smaller).

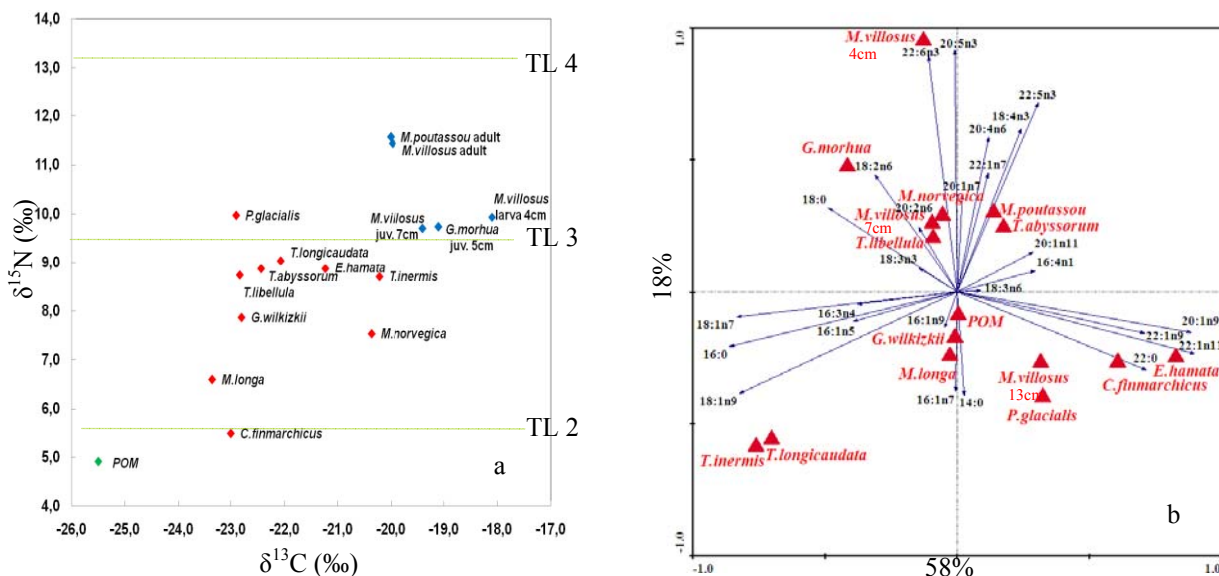
var á lægsta fæðuþrepi (2.0) og rándýrið og krabbafloín *Pareuchaeta glacialis* á því hæsta (3.2). Loðnulirfur og seiði og þorskseidi á fyrsta ári voru nálægt þriðja fæðuþrepi en fullorðin loðna og kolmunnur á hæsta fæðuþrepi (3.7). Rauðáta reyndist mikilvæg fæða í uppsjávar samfélaginu og þá sérstaklega hjá fullorðinni loðnu, sbr. að þessir hópar radast saman í fjölpáttagreiningu, (3. mynd b) en var aftur á móti ekki stór hluti af fæðu ljósátutegundanna augnsilis (*Thysanoessa inermis*) og sporðkrilis (*T. longicaudata*). Svo virðist sem fæðuval loðnulirfa breytist við myndbreytingu (3. mynd a og b), við ca 4-5 cm lengd, þegar þær verða hreyfanlegri, en þó nokkuð meira mældist af *Calanus finmarchicus* hjá 7 cm en 4 cm loðnu.

### Útbreiðsla loðnu

Á fyrri árum loðnurannsóknna í Íslandshafi var útbreiðsla loðnu oft mjög víðáttumikil og náði yfir Íslandshaf allt norður og austur fyrir Jan Mayen og eins langt vestur og komist varð

vegna hafíss. Þannig var ástandið flest ár níunda áratugar síðustu aldar (Hjálmar Vilhjálmsson 1994). Hliðstæð útbreiðsla loðnu sást í einstaka árum á tíunda áratugnum. Í sumarleiðöngrum 2006 til 2008 var allt annað ástand ríkjandi með tilliti til útbreiðslu loðnu.

Loðnuseiði á fyrsta ári (0-grúppa) fundust í takmörkuðu magni 2006 og 2007 (4. mynd a-b). Í ágúst 2008 var annað ástand ríkjandi og fundust loðnuseiði á stóru svæði sem náði frá landgrunnsbrún Íslands norðvestan lands allt norður á 69°N og yfir á landgrunn Austur Grænlands milli 66°30' og 68°30'N (4. mynd c). Mest var magnið yfir Kolbeinseyjarhrygg um 68°N. Í heild er loðnuseiðamagn skv. bergmálgildum ("echo abundance") 2008 áætlað fjórum sinnum meira en hin tvö árin. Í ágúst 2007 og 2008 voru loðnuseiði áberandi á sunnanverðum Kolbeinseyjarhrygg og má ætla að þar liggja rekleið þessara seiða á fyrsta sumri í lífi þeirra, og þá væntanlega fyrir tilverknað innstremmis Atlantssjávar norður fyrir land og í



3. mynd. Fæðutengsl í Íslandshafi í ágúst 2007, a) stöðugar samsætur köfnunarefnis og kolefnis. Gildin tákna meðaltöl og TL tákna reiknað fæðuþrep. Græn tákn: Lífrænar agnir (POM). Rauð tákn: Dýrasvíf. Blá tákn: Fiskar, b) fjölpáttagreining (Redundancy analysis - RDA) á fitusýrusamsetningu tegundanna. Þríhyrningar tákna viðkomandi tegundir (meðaltalsgildi) og örvarnar tákna fitusýrur og benda í þá átt sem mesta aukning er á viðkomandi fitusýru. Prósentutölurnar tákna breytileika sem skýrist af hverjum ás. Stöðugar samsætur og fitusýrur voru mældar í eftirfarandi tegundum/hópum: svifþörungur (POM, partical organic matter). Krabbafær: rauðáta (*Calanus finmarchicus*), *Metridia longa*, *Pareuchaeta glacialis*. Ljósátur: augnsili (*Thysanoessa inermis*), sporðkrili (*T. longicaudata*), náttlampi (*Meganctiphanes norvegica*). Marflær: *Themisto libellula*, *T. abyssorum*, *Gammarus wilkitzkii*. Píllomar: *Eukrohnia hamata*. Fiskar: loðna (*Mallotus villosus*) 4 cm (lirfa), 7 cm (seiði) og 13 cm (fullorðin), þorskur (*Gadus morhua*) 5 cm (seiði) og kolmunnur (*Micromesistius poutassou*) 30 cm (fullorðinn).

Fig. 3. Trophic relationships in the Iceland Sea in August 2007, a) stable isotopes of nitrogen and carbon. Values are mean and TL indicates trophic levels. Green symbol: POM. Red symbols: Zooplankton. Blue symbols: Fish, b) redundancy analysis (RDA) plot based on fatty acids values of the species. Triangles indicate mean values of the respective species. The fraction of unconstrained variance accounted for by each axis is given as percentage. Samples for fatty acids and stable isotopes analyses were collected for: POM, partical organic matter. Copepods: *Calanus finmarchicus*, *Metridia longa*, *Pareuchaeta glacialis*. Euphausiids: *Thysanoessa inermis*, *T. longicaudata*, *Meganctiphanes norvegica*. Amphipods: *Themisto libellula*, *T. abyssorum*, *Gammarus wilkitzkii*. Chateognath: *Eukrohnia hamata*. Fish: *Mallotus villosus* (larva ~4 cm, juvenile ~7 cm and adult ~13 cm), *Gadus morhua* (juvenile ~5 cm) and *Micromesistius poutassou* (adult ~30 cm).

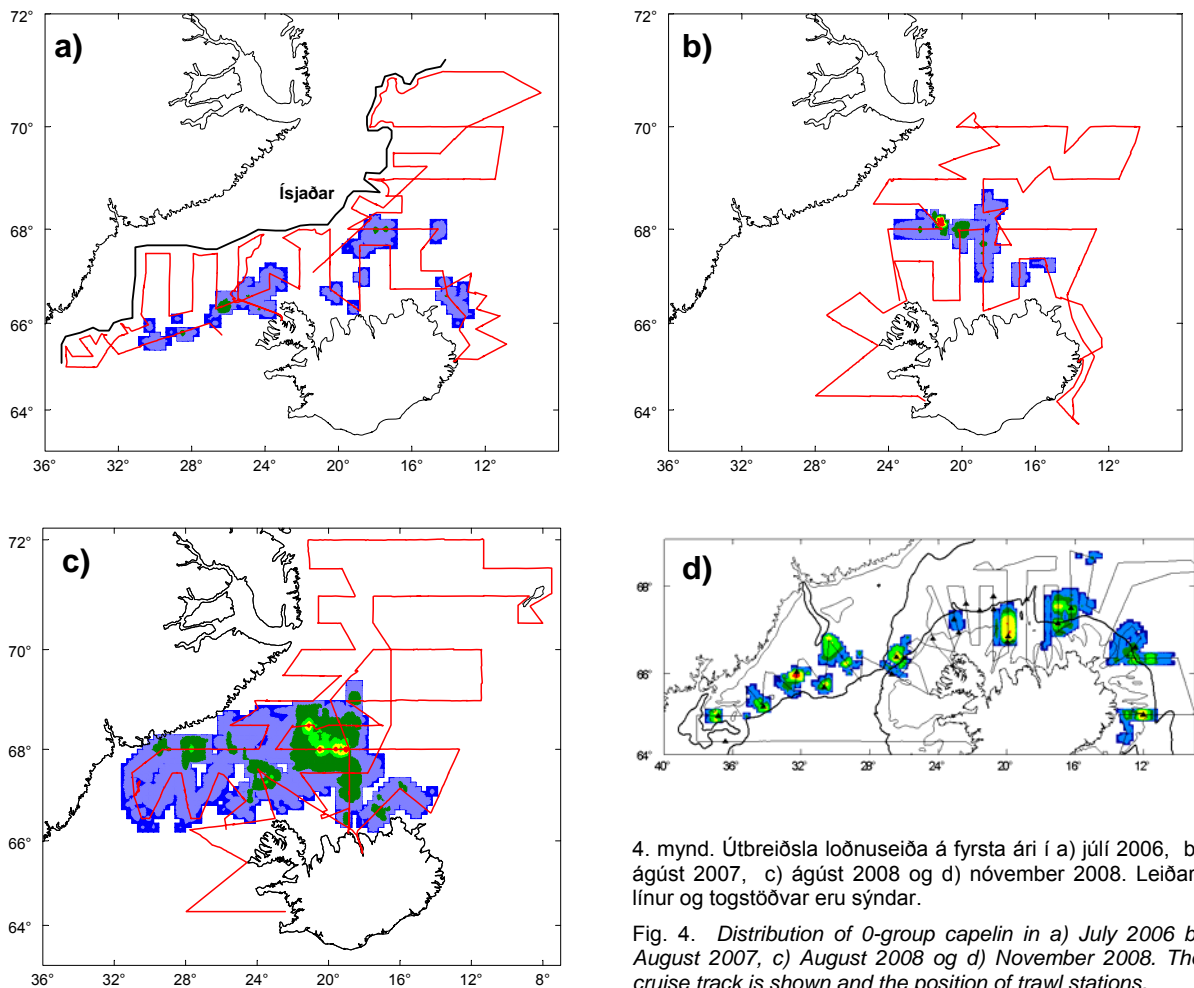


sunnanvert Íslandshaf yfir og vestan við Kolbeinseyjarhrygg. Loðnuseiði á landgrunninu við Austur Grænland eru augljós vísbending um frekara rek þeirra suðvestur á bóginn og líklegar uppeldisstöðvar loðnu þar um slóðir. Í leiðangri til bergmálmælinga á loðnu í nóvember 2008 voru loðnuseiði af árgangi 2008 mjög áberandi allt frá austurmiðum vestur um til Grænlandsmiða (4. mynd d). Þetta er frekari staðfesting á því að hér sé um vænlegan árgang að ræða, sem líklegur er til að stuðla að marktækri stækkun stofnsins á næstu árum.

Í stórum dráttum má lýsa eldri hluta stofnsins þannig að þriggja ára loðna hefur aðeins fundist í sáralitlu magni öll árin. Þetta má túlka sem merki um að síðustu árgangar loðnu hafi ekki verið stærri en svo að flestir einstaklingar hafi náð kynþroska við tveggja ára aldur og hrygnt þriggja ára. Þetta er staðfest í aldursamsetningu hrygningarstofns á vetrarvertíðunum 2006-2008. Tveggja ára loðna hefur mælst í takmörkuðu magni á tiltölulega afmörkuðum svæðum, suður undir Kulusuk í júlí

2006 (5. mynd a) og við landgrunn Austur Grænlands milli 68° og 70° N í ágúst 2007 (5. mynd b), en á takmörkuðum blettum við landgrunninn milli 67° og 69° N í ágúst 2008 (5. mynd c). Þetta er til marks um að veiðistofninn hafi verið í lægð þessi ár, eins og staðfest hefur verið með síðari mælingum og litlum loðnuafli. Eins árs loðna mældist í mjög litlu magni (~ 10 milljarðar eða minna), nokkuð víða 2006 en á afmarkaðri svæðum 2007 og 2008. Í heild hefur því mælst lítið af þessum árgöngum öll árin. Ef marka má þessar tölur mun veiðistofninn ekki ná sér á strik á þessu ári (2009).

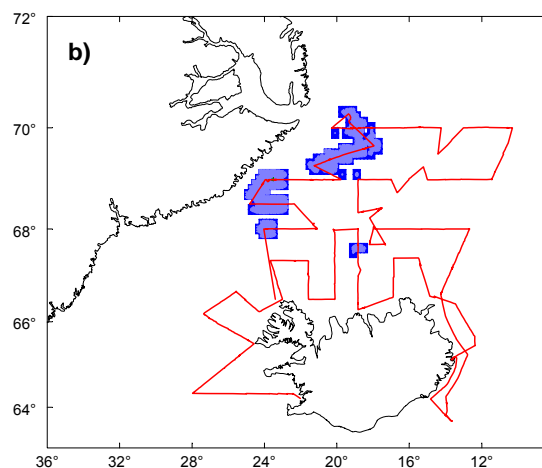
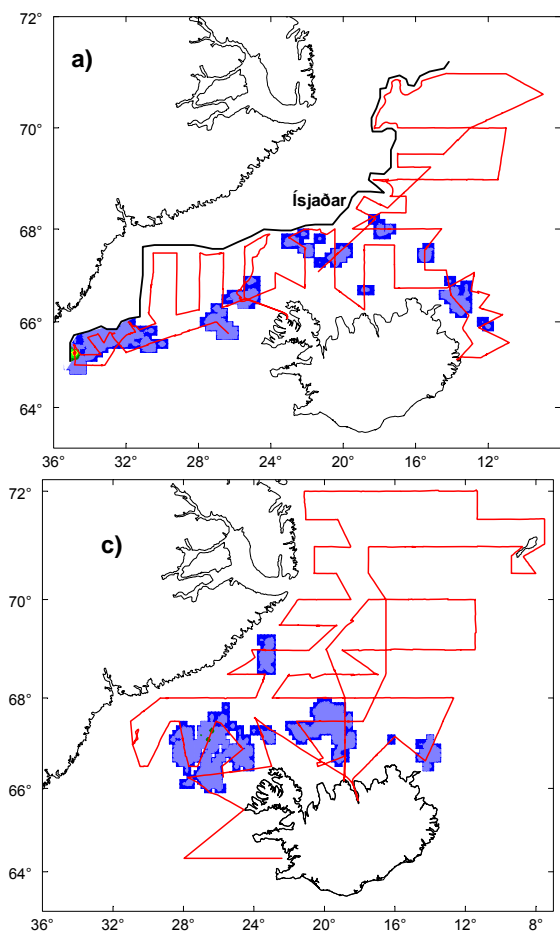
Útbreiðsla veiðistofnsins hefur verið mjög vestlæg þrjú undanfarin ár og að mestu í námunda við landgrunnsbrún Austur Grænlands. Þetta er mikil breyting frá fyrri árum, t.d. á níunda og tíunda áratugnum (Hjálmar Vilhjálmsson 1994), þegar loðna fannst og veiddist í miklu magni mun austar í hafinu og allt norður fyrir Jan Mayen. Ljóst má telja að loðnustofninn hefur verið í talsverðri lægð, á síðustu árum, miðað við stærð stofnsins á þessum áratugum



fyrri aldar. Af þeim sökum er útbreiðsla stofnsins augljóslega mun takmarkaðri en áður. Svo virðist þó sem veiðistofninn sæki í um 1-2° C sjó, í eða í námunda við svokallaðan millisjó. Ekki er útilokað, með hliðsjón af fyrri mælingum (Svend Aage Malmberg o.fl. 1996) að sú sjógerð hafi haft austlægari útbreiðslu á fyrri árum, þ.e. í lok níunda áratugarins, og því hafi loðna á þeim tíma haldið sig í slíkum sjó austar í hafinu. Þó virðist útbreiðsla loðnu á þessum árum (Hjálmar Vilhjálmsson 1994) vera austlægari en útbreiðsla millisjávarins. Gangi það eftir að árgangur 2008 leiði til vaxtar stofnsins á næstu tveimur árum, mun væntanlega skýrast hvaða áhrif stækkandi stofn hefur á útbreiðslu hans með tilliti til sjávarhita og ef til vill annarra þátta. Þ.e. hvort stofninn taki upp fyrri sumarætisgöngur norðaustur í Íslandshaf og leiti austur fyrir Kolbeinseyjarhrygg eða hvort hann muni áfram halda sig vestan við hrygginn, í námunda við landgrunn Austur Grænlands og þar með innan lögsögu Grænlands.

Veiðistofn loðnu hefur verið í lægð allt frá árinu 2006 og mælingar á styrk yngri árganga benda til þess að þar verði ekki breyting á fyrr

en árið 2010. Núverandi lægð hefur þegar staðið mun lengur en skammvinnar fyrri tvær lægðir, 1982 og 1991, á rúmlega 40 ára tímabili frá upphafi loðnuveiða. Mælingar á umhverfisþáttum sýna að umtalsverðar breytingar hafa orðið í vistkerfi sjávar á Íslandsmiðum undanfarin áratug eða svo. Þetta kemur m.a. fram í vaxandi seltu og hitastigi sjávar umhverfis land vegna aukins innstreymis Atlantssjávar, ekki síst síðla vetrar frá árinu 1998. Sambærilegar langtímamælingar eru ekki tiltækar í Íslandshafi, en leiða má líkur að því að hlýnun á Íslandsmiðum, og í öðrum aðliggjandi höfum Íslandshafs, hafi óhjákvæmilega áhrif í Íslandshafi, þótt dempaðri séu, enda eru leiðir Atlantssjávar inn í Íslandshaf vel þekktar eins og vikið hefur verið að hér á undan. Í þessu ljósi er sú tilgáta nærtæk, og hefur verið reifuð á undanförunum árum, að hlýnun sjávar hafi leitt til þeirra breytinga á útbreiðslu loðnu í Íslandshafi sem nefndar voru hér á undan. Sú tilgáta gerist einnig áleitin að hlýnun sjávar hafi haft neikvæð áhrif á viðkomu og nýliðun loðnustofnsins, með einum eða öðrum hætti, og leitt til þess að viðkomubrestur hafi orðið í stofninum. Þessi tilgáta verður hvorki staðfest né hrakin á grundvelli núverandi þekkingar, en nýliðun á komandi árum mun smám saman leiða í ljós hvort fótur sé fyrir henni eða ekki. Orsakir hugsanlegs viðkomubrests munu þó vart skýrast að marki nema til komi umfangsmiklar rannsóknir á lífsögu og vistfræði loðnustofnsins.



5. mynd. Útbreiðsla eins til þriggja ára loðnu í a) júlí 2006, b) ágúst 2007 og c) ágúst 2008. Leiðarlínur og togstöðvar eru sýndar.

Fig. 5. Distribution of capelin age groups I-III in a) July 2006 b) August 2007 and c) August 2008. The cruise track is shown and the position of trawl stations.

---

## Heimildir

- Anon. 2009. Skýrsla um starfsemi Hafrannsóknastofnunarinnar árið 2008. Hafrannsóknastofnunin (<http://www>)
- Hjálmar Vilhjálmsson 1994. The Icelandic capelin stock. *Rit Fiskideildar* 12(1): 7-281.
- Ólafur K. Pálsson, Héðinn Valdimarsson, Sólveig R. Ólafsdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnsson, Ástþór Gíslason og Sveinn Sveinbjörnsson. Vistkerfi Íslandshafs 2006 / The Iceland Sea ecosystem 2006. Vistfræðiskýrsla 2007. Hafrannsóknastofnunin Fjölrit nr. 130, bls 21-23. <http://www.hafro.is/Bokasafn/Greinar/vist2006.pdf>
- Ólafur K. Pálsson, Héðinn Valdimarsson, Sólveig R. Ólafsdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnsson, Ástþór Gíslason, Hildur Pétursdóttir, Konráð Þórisson, Björn Gunnarsson, Sveinn Sveinbjörnsson 2007. Vistkerfi Íslandshafs 2007. Þættir úr vistfræði sjávar 2007. Hafrannsóknastofnunin Fjölrit, 139, 21-24. <http://www.hafro.is/Bokasafn/Timarit/fjolrit-139.pdf>
- Svend-Aage Malmberg, H. Valdimarsson, J. Mortensen 1996. Long-time series in Icelandic waters in relation to physical variability in the northern North Atlantic. *NAFO, Scientific Council Studies*, 24: 69-80.
-

## KALKÞÖRUNGAFLEKKUR NORÐANLANDS Í ÁGÚST 2008 / COCCOLITHOPHORID BLOOM NORTH OF ICELAND IN AUGUST 2008

Hafsteinn G. Guðfinnsson (1), Sólveig R. Ólafsdóttir (1), Ingibjörg Jónsdóttir (2).  
Hafrannsóknastofnuninni (1) og Háskóla Íslands (2)

### Ágrip

Flekkur kalkþörungna kom fram á gervihnattamyndum (MODIS) úti fyrir Norðurlandi þann 10. ágúst 2008. Margskonar sýni voru tekin í flekknum á stóru svæði næstu viku á eftir. Hér er sagt frá fyrstu niðurstöðum rannsókna á einu sniði norður af Melrakkaslétu. Aðaltegund í flekknum var kalksvíþörungurinn *Emiliana huxleyi* en frumufjöldi hans var frá 2,5 - 9 milljónir í lítra frá 0 - 20 m dýpis. Fjöldi lausra kalkplatna var 30 - 50x hærri en frumufjöldinn. Lagskipting var mjög sterk frá yfirborði niður á 20 metra dýpi og styrkur næringarefna (N, P, Si) lágur. Styrkur blaðgrænu var frá 1 - 2 mg m<sup>-3</sup> í yfirborðslaginu en mun lægri neðar.

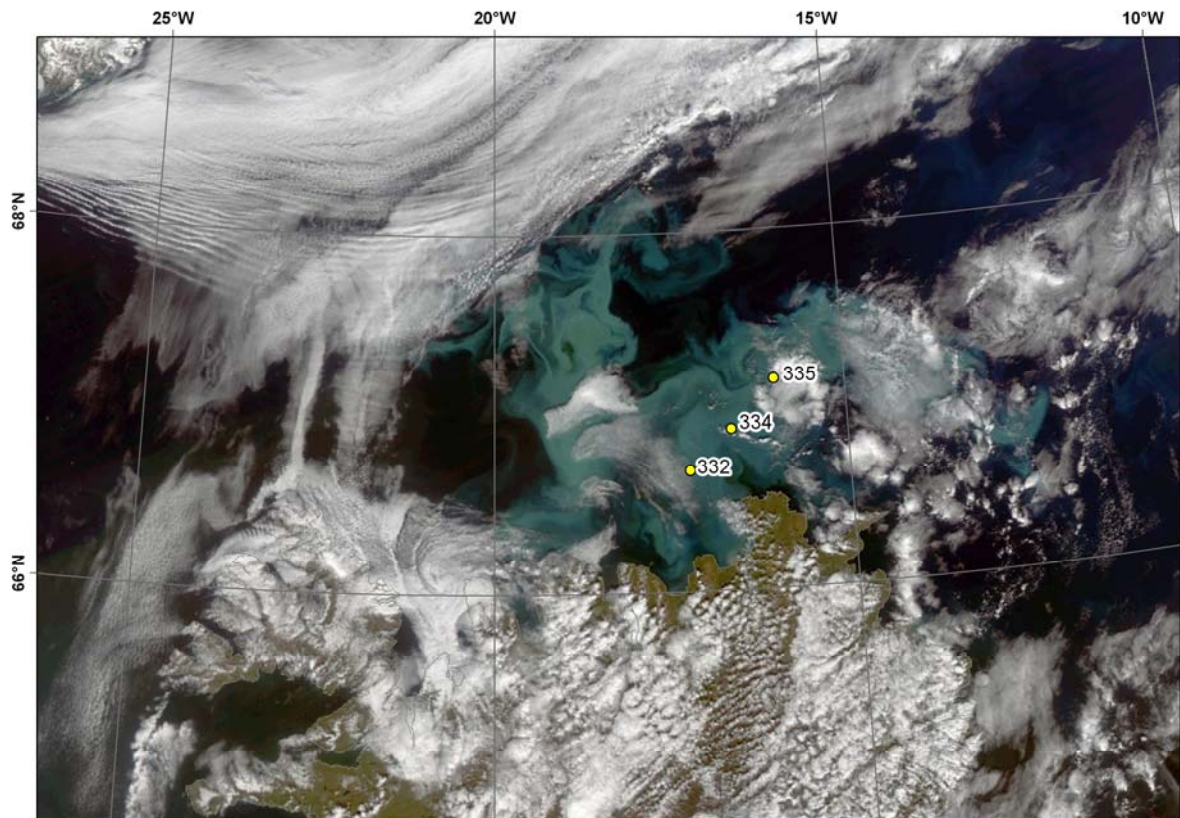
### Abstract

A coccolithophorid bloom (*Emiliana huxleyi*) was observed north of Iceland on MODIS satellite images from 10th of August 2008. Sampling on environmental factors as well as phytoplankton was undertaken the following week. Some preliminary results from a transect north of Mel-

rakkaslétta are presented here. The main species in the bloom was *Emiliana huxleyi* with cell numbers from 2.5 - 9 million pr liter in the euphotic zone (0 - 20 m depth). Number of coccoliths were 30 - 50 times the cell numbers. Strong stratification was from surface to 20 m depth and nutrient concentration low (N, P, Si). Concentration of chlorophyll a in the stratified layer was 1 - 2 mg m<sup>-3</sup> decreasing sharply with depth.

### Inngangur

Á síðustu árum hefur ítrekað orðið vart við mjólkurlitaða flekki í sjónum suður af landinu að vorlagi og við suður- og vesturströnd Íslands þegar líða tekur á sumarið (Kristinn Guðmundsson og Agnes Eydal 2005, Kristinn Guðmundsson o.fl. 2008). Þetta tengist hugsanlega auknu streymi Atlantssjávar að landinu á síðustu árum (Anon 2008, Héðinn Valdimarsson og Steing-



1. mynd. Útbreiðsla kalksvíþörungna flekksins 10. ágúst 2008. Rannsóknastöðvar (332, 334 og 335) eru merktar inn með gulum punktum (Mynd birt með leyfi MODIS Rapid Response Project of NASA/GSFC).

Figure 1. Distribution of the coccolithophorid bloom 10th of August 2008. . Sample stations (332, 334 and 335) are given as yellow circles (Image courtesy of MODIS Rapid Response Project of NASA/GSFC).

rímur Jónsson 2004) en eitthvert mesta kalksviðþörunga svæði heims er að finna suður af Íslandi frá 45°N að 65°N. Gervihnattamyndir hafa sýnt útbreiðslu þessara flekkja ágætlega og einnig tilfærslu þeirra með straumum eftir að þeir koma fram. Venjan er að fyrst verður vart við slíka flekki í nágrenni Íslands á gervihnattamyndum suður af landinu en einnig hafa þeir sést á myndum suðvestur og vestur af landinu. Ástæða þessara flekkja eru kalksviðþörungar sem þaktir eru kalkplötum. Við vissar aðstæður ná þeir að blómstra í gríðarlegu magni en talið er að fremur grunn lagskipting og mikil birta geti stuðlað að blóma þeirra. Mergð kalkplatna losnar frá frumunum en nýjar myndast í sífellu í staðinn. Lausu plöturnar eiga stærstan þátt í að mynda hinn mjólkurhvíta lit á sjónum, sem gerir það að verkum að flekkirnir koma vel fram á myndum. Tegundin *Emiliana huxleyi* er lang útbreiddust kalksviðþörunga í heimshöfunum og hefur fundist frá hitabelti að hánorrænum svæðum, og frá miðju heimshafa inn á landgrunn og firði. Hún er trúlega sú lífvera sem framleiðir mest kalk á jörðinni í dag (Westbroek et al. 1989). Hún myndar kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) úr uppleystu kalsíum og bikarbonati þegar hún framleiðir nýjar kalkskeljar sem þekja frumurnar. Sökum þessarar kalkmyndunar binst meira kol efni við blóma kalksviðþörunga heldur en við blóma annarra tegunda. Í þeim flekkjum sem komið hafa fram við Ísland síðustu árin hefur tegundin *Emiliana huxleyi* verið yfirgnæfandi í fjölda í þeim sýnum sem hafa verið skoðuð. *E. huxleyi* blómar tengjast venjulega frekar lágum styrk blaðgrænu fremur en háum og fjöldi fruma sem fundist hefur í flekkjum á opnum hafsvæðum hefur verið frá 0,5 til 10 milljónir í lítra en allt að 10x hærri fjöldi fruma í lítra í blómum innan fjarða (Tyrrell og Merico 2004).

### Blómi fyrir Norðurlandi

Þann 10. ágúst 2008 varð vart við mikinn kalkþörungaflekk fyrir norðan land sem teygði sig frá Húnaflóa austur fyrir Langanes. Myndir sem teknar voru úr gervihnatti sýndu að hann var mjög umfangsmikill og náði langt norður á landgrunnið út af Siglunesi (mynd 1). Næstu daga færðist flekkurinn austur á bóginn og þann 12. ágúst voru vesturmörk hans komin á mótis við Skagafjörð. Smám saman færðist flekkurinn norðar, austar og lengra frá landi. Síðast varð vart við flekkinn á gervihnattamyndum í lok ágúst en þá var útbreiðsla hans um allan austurhluta norðlenska landgrunnsins en einnig saust

merki hans djúpt norðaustur og austur af landinu meðfram landgrunnskantinum. Síðustu dagana í ágúst gekk mjög víðáttumikil og djúp lægð yfir landið sem olli því að yfirborðslög blönduðust upp þannig að blóminn þynntist út og hvarf.

Athuganir á gervihnattamyndum af Norðurlandssvæðinu sýna að blóminn hefur fyrst komið fram á myndum í byrjun ágúst sem dauf sliðja á sjónum sem síðan ágerist og nær hámarki milli 10. og 20. ágúst. Ekki verður séð af myndum frá því í júlí að blóminn hafi borist inn á svæðið úr vestri, því ekki var hægt að sjá nein ummerki um slíkan blóma á myndum við vestur og norðvestur land á þeim tíma. Mikið hjartviðri og stillur höfðu verið um nokkurra vikna skeið áður en blómans varð vart og einnig þær vikur sem unnt var að fylgjast með honum. Því virðist sem umhverfisaðstæður í sjónum norðanlands hafi í ágúst leitt til að slíkur blómi gæti átt sér stað.

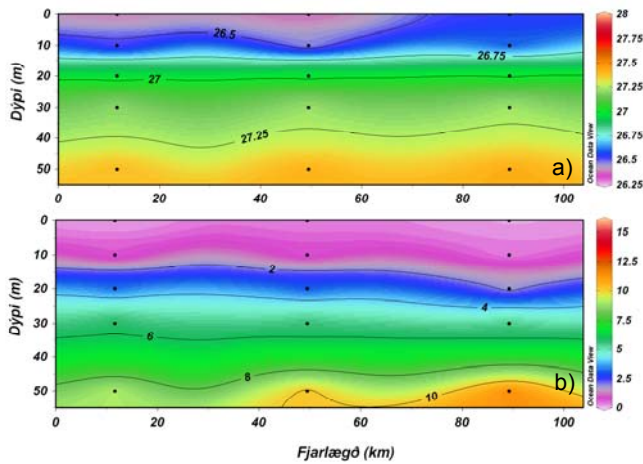
### Söfnun gagna

Rannsóknaskipið Árni Friðriksson RE var statt á þessum slóðum þegar flekksins varð vart og því reyndist unnt að taka ýmis sýni á nokkrum stöðum úr flekknum til rannsókna á sviðþörungum og á umhverfisþáttum (hita, seltu og næringarefnum). Hér verður sagt frá hluta af niðurstöðum þessara rannsókna. Sýni voru tekin 11. ágúst 2008 á þremur stöðvum á sniði sem lá inn í flekkinn norðan við Melrakkaslétu (66° 67'N og 17°25'W að 67°17'N og 16°01'W). Söfnundýpi voru 0, 10, 20 og 30 metrar. Samkvæmt gervihnattamynd var blóminn mjög þéttur á þessu svæði (1. mynd) en á myndina eru einnig merktar inn sýnatökustöðvarnar.

### Niðurstöður

Lagskipting sjávar var mjög sterk ofan við 20 metra dýpi á öllum stöðvum sem stafaði bæði af upphitun í yfirborðslögum og lægri seltu (2. mynd). Hiti í yfirborðslögum var rúmar 10°C en fór hratt lækkandi neðan við 15 - 20 m niður í 6°C. Selta var einnig lág í efstu 20 metrunum (<34.5) en fór vaxandi með dýpi. Mælingar voru gerðar á sjöndýpi stöðvum 334 og 335 og var það aðeins 4 - 5 metrar, sem gefur til kynna að ljóstíllifunarlagið hafi verið afar grunnt eða um 10 - 15 metrar.

Kísilstyrkur var mjög lágur (<1 μmol l<sup>-1</sup>) frá yfirborði niður á 20 metra dýpi og sömuleiðis var styrkur nitrats og fosfats einnig mjög lágur niður á 10 - 15 metra dýpi (2. og 3. mynd).

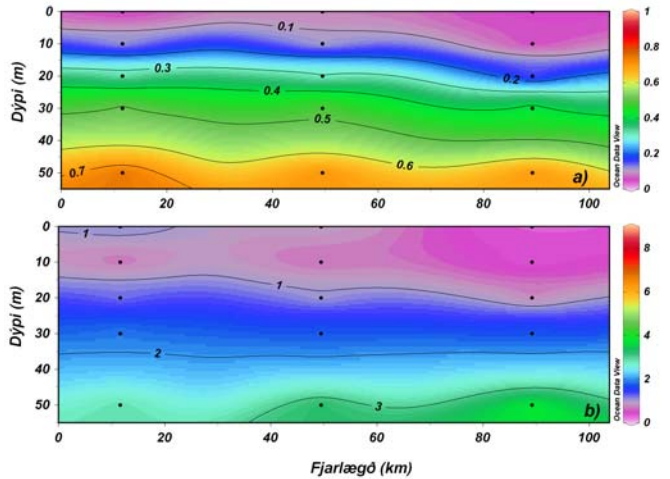


2. mynd. Lagskipting (eðlisþyngdarfallandi) (a) og styrkur nitrats (b) ( $\mu\text{mol/l}$ ) á rannsóknasniðinu (st. 332-335) 11. ágúst 2008.

Figure 2. Stratification (density)(a) and nitrate cocentration ( $\mu\text{mol/l}$ ) (b) at the research transect (st. 332-335) 11th of August 2008 .

Styrkur næringarefna fór hratt vaxandi neðan við 20 metra dýpi.

Magn blaðgrænu í flekknum var frá 1 - 2  $\text{mg m}^{-3}$  frá 0 til 20 m dýpis og fór vaxandi inn í flekkinn (4. mynd). Mun lægri gildi fundust á 30 metra dýpi. Útbreiðsla blaðgrænu (lág blaðgrænegildi) á 10 m dýpi á norðlenska landgrunninu austan Sigluness samsvarar einnig nokkuð vel þeirri útbreiðslu sem gervihnattamyndir sýna af blómanum á svæðinu (1. og 5. mynd) en eins og áður var nefnt eru blaðgrænegildi gjarnan lág í slíkum flekkjum. Gervihnattamyndir af þessu tagi byggja á því að kalkplötur, hvort sem þær eru á frumum eða lausar, endurvarpa ljósi mjög vel og því koma slíkir blómar skýrt fram á myndum. Þess ber að geta að söfnun blaðgrænu á svæðinu fór fram á um

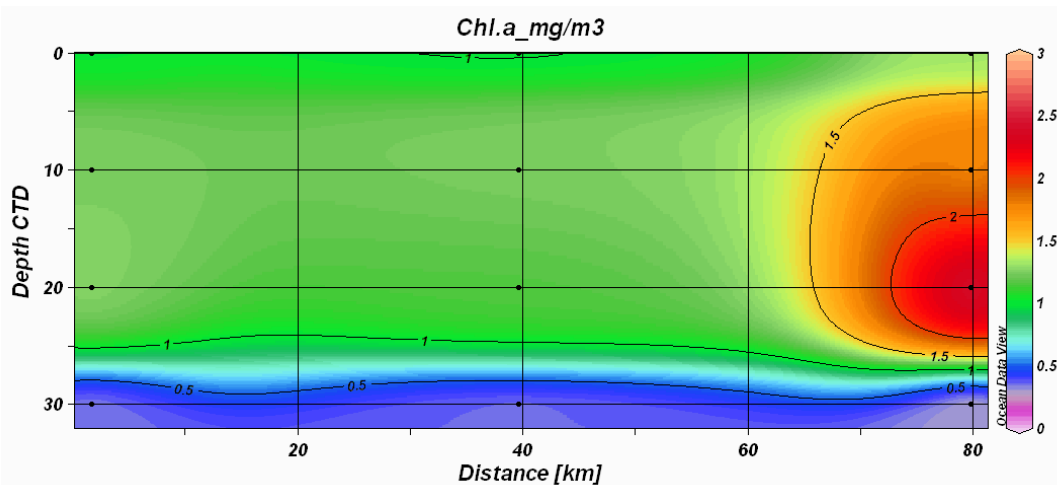


3. mynd. Styrkur næringarefna ( $\mu\text{mol/l}$ ) á rannsóknasniðinu (st. 332-335) 11. ágúst 2008 a) fosfat og b) kísill.

Figure 3. Concentration of nutrients ( $\mu\text{mol/l}$ ) at the research transect (st. 332-335) 11th of August 2008 a) phosphate b) silicate.

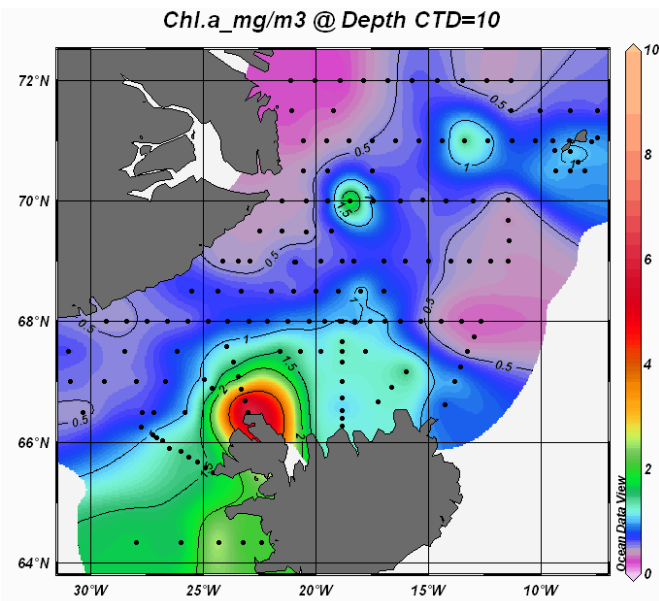
það bil viku og því ekki hægt að búast við algjörlega sömu útbreiðslu og gervihnattamyndir sýna.

Fjöldi svifþörungna var greindur og talinn úr öllum sýnum á sniðinu. Niðurstöður sýna að á öllum stöðvum var fjöldi *Emiliania huxleyi* yfirgnæfandi af heildarfjölda svifþörungna. Mestur var fjöldi *E. huxleyi* á 10 m dýpi en heldur minni í yfirborði (6. mynd). Fjöldi *E. huxleyi* á 20 m dýpi var mun minni á stöðvum 332 og 334 en í efri dýpum en á stöð 335 var fjöldinn svipaður frá yfirborði niður á 20 m dýpi (6. mynd). Á öllum þremur stöðvunum var fjöldi *E. huxleyi* mjög lítill á 30 m dýpi og aðeins brot af því sem fannst ofan lagskiptingarinnar.



4. mynd. Styrkur blaðgrænu ( $\text{mg m}^{-3}$ ) á rannsóknasniðinu (st. 332-335) 11. ágúst 2008.

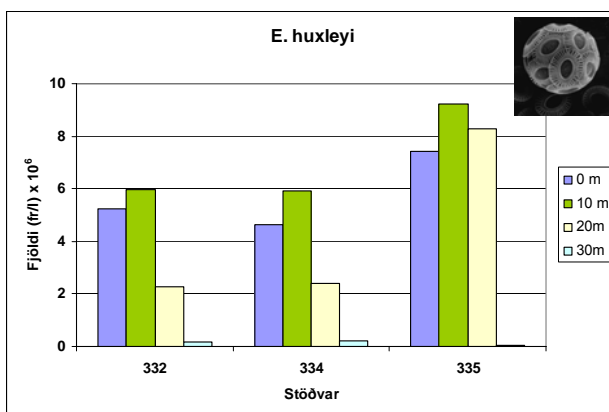
Figure 4. Chlorophyll a concentration ( $\text{mg m}^{-3}$ ) at the research transect (st. 332-335) 11th of August 2008.



5. mynd. Útbreiðsla blaðgrænu ( $\text{mg m}^{-3}$ ) í 10 m dýpi norðan Íslands í ágúst 2008.

Figure 5. Distribution of chlorophyll a ( $\text{mg m}^{-3}$ ) in 10 m depth north of Iceland in August 2008.

Fjöldi lausra kalkplatna var mestur við yfirborð á öllum stöðvum en lægri á 10 m dýpi (7. mynd). Hann var mun lægri á 20 m dýpi en í efri dýpum á stöðvum 332 og 334 en lítið eitt lægri á stöð 335. Fjöldi kalkplatna var langtum lægri á 30 m dýpi á öllum stöðvum en ofan lagskiptingarinnar. Fjöldi lausra kalkplatna var 30 - 50 sinnum meiri í sýnunum en fjöldi fruma *E. huxleyi* í lítra. Smáir svipubörungar voru næst algengastir á öllum stöðvum og dýpum en fjöldi þeirra var frá 10-20 % af fjölda *E. huxleyi*. Kisilbörungar sáust varla í sýnunum og lítið var af skorubörungum.

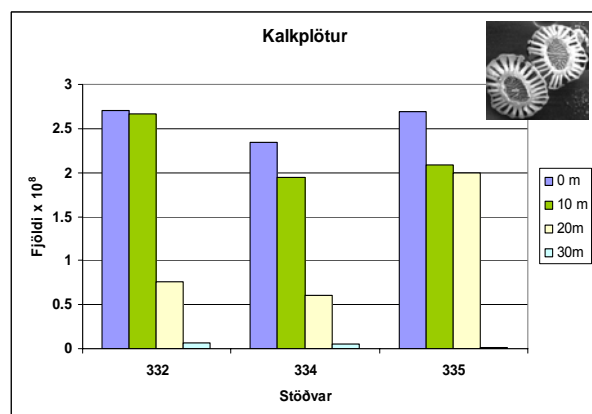


6. mynd. Fjöldi fruma (fr/l) af *Emiliana huxleyi* í 0, 10, 20 og 30 metra dýpi á rannsóknasniðinu (st. 332-335) 11. ágúst 2008.

Figure 6. Number of *Emiliana huxleyi* cells (c/l) in surface, 10, 20 and 30 m samples at the research transect (st. 332-335) 11th of August 2008.

## Umraða

Þessi tegund, *Emiliana huxleyi*, hefur samkvæmt okkar vitneskju ekki myndað slíkan blóma áður á þessum slóðum. Velþekktur er geysivíðáttumikill blómi tegundarinnar sem varð suður af Íslandi sumarið 1991 og gerðar voru miklar rannsóknir á (t.d. Holligan et al. 1993). Á þeim slóðum myndast reyndar árlegir blómar (Tyrell and Merico 2004). Einnig eru þekktir blómar tegundarinnar sunnan og vestan við Ísland frá síðustu árum (Kristinn Guðmundsson og Agnes Eydal 2005, Kristinn Guðmundsson o.fl. 2008). Af norðlægum slóðum í Atlantshafi hefur verið getið um blóma tegundarinnar í Barentshafi sumarið 2003 og ástæður hans tengdar auknu streymi Atlants sjávar inn í Barentshaf (Sagen og Dalpadado 2004). Útbreiðsla tegundarinnar til norðurs hefur því farið vaxandi síðustu ár bæði hér við land og við Noreg og má sennilegast tengja auknu aðstreymi hlýsjaávar að landinu (Anon 2008, Héðinn Valdimarsson og Steingrímur Jónsson 2004). Ljóst er að *E. huxleyi* eins og aðrar tegundir svifþörungna berast inn á landgrunnið norðanlands á hverju ári með straumum. Til dæmis var hægt að fylgja eftir reki blóma tegundarinnar í júní 2007 norður fyrir Vestfirði með gervihnattamyndum. Í júlí 2008 var hinsvegar ekki hægt að sjá nein merki um að slíkur blómi hafi borist norður fyrir land heldur virðist sem tegundin hafi myndað blómamann á staðnum ef svo má segja. Slíkt er einnig þekkt t.d. frá Noregsströndum og Beringshafinu, þar sem blómar tegundarinnar hafa myndast að því er virðist út frá tiltölulega



7. mynd. Fjöldi kalkplatna af (fjöldi/l) af *Emiliana huxleyi* í 0, 10, 20 og 30 metra dýpi á rannsóknasniðinu (st. 332-335) 11. ágúst 2008.

Figure 7. Number of *Emiliana huxleyi* coccoliths (coccoliths/l) in surface, 10, 20 and 30 m samples at the research transect (st. 332-335) 11th of August 2008.

litlum frumufjölda sem er til staðar á svæðinu (Tyrrell and Merico 2004). Í þessu sambandi má minna á að *E. huxleyi* er mjög hraðvaxta tegund og getur náð allt að 2,8 skiptingum á dag við heppilegustu skilyrði (Paasche 2001). Við vissar aðstæður getur *E. huxleyi* því náð að blómstra í gríðarlegu magni á stuttum tíma. Þau skilyrði sem hafa verið talin geta stuðlað að slíkum blómum eru mikið sólríki í nokkrar vikur, grunn lagskipting og lágur styrkur næringarefna (Tyrrell and Merico 2004). Það má segja að öllum þessum skilyrðum hafi verið fullnægt norðanlands í ágúst 2008. Þá hafði verið viðvarandi bjartviðri frá miðjum júlí, lagskipting var sterk og grunn þ.e. um 20 metrar og næringarefni voru af skornum skammti í hinu eðlislétta yfirborðslagi. Allir þessir þættir eru taldir geta stuðlað að betri samkeppnisstöðu *E. huxleyi*. Því virðist sem aðstæður hafi verið hinar heppilegustu til þess að *E. huxleyi* næði yfirhöndinni yfir aðrar tegundir og gæti einokað ljóstillífunarlagið. Birtuskilyrði innan ljóstillífunarlagsins voru einnig mjög takmarkandi niður á við vegna mikils fjölda *E. huxleyi* fruma og skelja, þannig að varla hefur verið nægilegt ljós til vaxtar svifþörungum neðan 20 metra dýpis þó næg næringarefni væru þar til staðar. Enda sýndu blaðgrænumælingar, talningar og greiningar úr 30 m dýpi að þar var mjög lítið af öðrum svifþörungum.

Í þessari rannsókn gafst gullið tækifæri til að afla upplýsinga um dreifingu *E. huxleyi* fruma bæði lóðrétt og lárétt eftir sniði en ekki síður fjölda kalkplatna tegundarinnar sem er gjarnan megin ástæðan til að slíkir blómar sjást á myndum. Niðurstöður um hlutfall lausra kalkplatna á móti fjölda fruma *E. huxleyi* í slíkum blómum eru fremur fáséðar. Í þessari athugun reyndust vera um 30 – 50 sinnum fleiri lausar skeljar en frumur í sýnunum. Í öðrum rannsóknum hefur fjöldi lausra skelja gjarnan verið á svipuðu róli og hér fannst (Balch et al. 1996). Einnig eru til dæmi um færri eða allt að 100 sinnum fleiri lausar skeljar en frumur *E. huxleyi* í slíkum blómum (Balch et al. 1991, <http://www.noc.soton.ac.uk/soes/staff/tt/eh/>). Fjöldi fruma var frá 2 til 9 milljónir í lítra en fjöldi kalkskelja frá 50 til 270 milljónir í lítra. *E. huxleyi* er talin einstök meðal kalksvifþörungum, hvað varðar hina gífurlegu framleiðslu á kalkskeljum sem síðan losna af frumunum í sjóinn (Paasche 2001). Fjöldi smárra svifþörungum var hér á bilinu 10-20 % af fjölda *E. huxleyi* fruma, sem er mjög í samræmi við það sem áður hefur

fundist í slíkum blómum (<http://www.noc.soton.ac.uk/soes/staff/tt/eh/>).

### Lokaorð

Þessi rannsókn gefur okkur nýja vitneskju um dýptardreifingu *E. huxleyi* blóma við Ísland. Gögnin veita einnig vitneskju um hlutfall fruma og kalkplatna í slíkum blóma en slíkar upplýsingar eru sjaldséðar hér við land. Samkvæmt okkar vitneskju er þetta í fyrsta sinn sem *E. huxleyi* blómstrar á þessu svæði en hún er mikilvæg m.a. vegna kolefnisbindingar sem verður við blóma hennar. Mun meiri gögn liggja fyrir úr þessum blóma en hér hafa verið sýnd og liggur fyrir að skoða þau til hlítar.

### Heimildir

- Anon 2008. Þættir úr vistfræði sjávar. Langtímabreytingar. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit* 139: 14-17.
- Balch W.M., P.M. Holligan, S.G. Ackleson and K.J. Voss 1991. Biological and optical properties of mesoscale coccolithophore blooms in the Gulf of Maine. *Limnol. Oceanogr.* 36(4):629-643.
- Balch W.M., K.A. Kilpatrick, P. Holligan, D. Harbour and E. Fernandez, 1996. The 1991 coccolithophore bloom in the central North Atlantic. 2. Relating optics to coccolith concentration. *Limnol. Oceanogr.* 41 (8): 1684-1696.
- Héðinn Valdimarsson og Steingrímur Jónsson, 2004. Area 3. Icelandic waters. Annex in: Report of the Working
- Group on Ocean Hydrography, *ICES CM 2004/C:06*: 99-103.
- Holligan, P.M., E. Fernandez, J. Aiken, W.M. Balch, P.H. Burkill, M. Finch, S.B. Groom, G. Malin, K. Muller, D.A. Purdie, C. Robinson, C.C. Trees, S.M. Turner and P. Van der Wal 1993. A biogeochemical study of the coccolithophore *Emiliana huxleyi* in the north Atlantic. *Global Biogeochem Cy*7:879-900.
- Kristinn Guðmundsson og Agnes Eydal 2005. Blómi kalksvifþörungum í Norður-Atlantshafi. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit* 116: 33-36.
- Kristinn Guðmundsson, Sólveig R. Ólafsdóttir, Agnes Eydal og Þórarinn S. Arnarsson 2008. Kalksvifþörungaflekkur vestur af Íslandi. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit* 139: 18-20.
- Paasche, E. 2001. A review of the coccolithophorid *Emiliana huxleyi* (Prymnesiophyceae), with particular reference to growth, coccolith formation, and calcification-photosynthesis interactions. *Phycologia* 40: 503-529.



- Sagen H. og P. Dalpadado 2004. *Emiliana huxleyi* – oppblomstringen i Barentshavet sommeren 2003 observert ved hjelp af satellitt. *Fisken og havet*, særnummer 2: 96-97.
- Tyrrell, T. and A. Merico 2004. *Emiliana huxleyi*: bloom observations and the conditions that induce them. In: *Coccolithophores. From Molecular Processes to Global Impact 2004*, Ed. H.R. Thierstein and J.Young:75-97.
- Westbroek, P., P.R. Young and K. Linschooten 1989. Coccolith production (biomineralization) in the marine alga *Emiliana huxleyi*. *J. Protozool.* 36: 368-373.
- Vefsíður: <http://www.noc.soton.ac.uk/soes/staff/tt/eh/>)
-

## ÚTBREIÐSLA LJÓSÁTU Á NORÐUR– AUSTURMIÐUM AÐ SUMARLAGI / DISTRIBUTION OF EUPHAUSIIDS NORTH AND EAST OF ICELAND DURING SUMMER.

Unnur Skúladóttir, Ástþór Gíslason, Guðmundur Skúli Bragason og Stefán H. Brynjólfsson  
Hafrannsóknastofnuninni

### Ágrip

Samfara stofnmælingu úthafsækju hefur ljósátu verið safnað í smáriðna skjóðu á árunum 1988 til 2008. Eftir að farið var að greina ljósátuna nánar frá og með árinu 1995 kom í ljós að fyrir norðan land hefur *Meganyctiphanes norvegica* eða náttlampi talsvert vestlægari útbreiðslu en *Thysanoessa* tegundir sem reyndust vera aðalega *T. inermis* eða augnsíli. Þannig er yfirleitt mest af náttlampa fyrir norðan land, þar sem sjór er blanda af Atlantssjó og svalsjó, en augnsíli er algengast við norðausturlandið, þar sem sjór er yfirleitt kaldari. Þetta er í samræmi við niðurstöður Hermanns Einarssonar (1945), en hann taldi náttlampa einkum bundinn við tiltölulega hlýjan Atlantssjó, á meðan augnsíli hefði víðari útbreiðslu við landið. Mun meira fæst þó hlutfallslega af náttlampa í skjóðu heldur en í háf og virðist því þáttur náttlampa hafa verið talsvert vanmetinn fram að þessu í tegundasamsetningu ljósátu fyrir norðan og austan Ísland. Þannig voru hlutföllin nú 52 % *Thysanoessa* tegundir á móti 48 % náttlampa í fjölda að meðaltali. Þéttleiki ljósátu virðist hafa minnkað mjög á árunum 1996-2008 miðað við árin 1988-1995 og kann það að tengjast afráni þorsks á ljósátu en göngur hans jukust árið 1996 á Norður- og Austurmiðum eftir þorskleysistímabilið á árunum 1989-1995 og auknu innstreymi Atlantssjár frá og með árinu 1996.

### Abstract

The eupausiids were investigated in the annual offshore shrimp surveys in the years 1988 through 2008. The gear used to collect these was a minibag (mesh size 6 mm) which was attached to the shrimp trawl. By 1995 the eupausiids were divided into two groups, the large *M. norvegica* and the *Thysanoessa* species that were found to belong mainly to *T. inermis* when analysed further. *M. norvegica* has a more western distribution at the north coast than *Thysanoessa* species. Thus *M. norvegica* was mostly found where the Atlantic water mixes with the arctic water and *Thysanoessa* was found in the colder Arctic water northeast of Iceland. This is in agreement with the findings of Einarsson (1945) who maintained that *M. norvegica* was found in the warmer Atlantic water while *Thysanoessa inermis* has a wider distribution around the country. In the present study *M. norvegica* is however more prominent than previously found. Thus the proportion of *M. norvegica* to *Thysanoessa* is 48% to 52% in numbers. The density of eupausiids appears to have decreased in the years 1996-2008 as compared to the years 1988-1995. This may be linked with more Atlantic water flowing into the waters north of Iceland and the increased migrations of cod to the shrimp grounds starting in year 1996, assuming increased predation by cod on eupausiids.

### Inngangur

Fjórar ljósátutegundir eru algengar á íslenska hafsvæðinu. Þær eru agga (*Thysanoessa raaschi*), augnsíli (*T. inermis*), sporðkríli (*T. longicaudata*) og náttlampi (*Meganyctiphanes norvegica*). Agga er algengust í fjörðum, en augnsíli á landgrunnsvæðum. Sporðkríli, sem er minnst af þessum tegundum, finnst einkum í úthafinu, en náttlampi, sem er stærsta ljósátutegundin hér við land, heldur sig aðallega við landgrunnsbrúnirnar (Hermann Einarsson 1945). Ljósáta myndar næststærstan hluta lífmassa átu hér við land næst á eftir rauðátu. Þannig hefur verið áætlað að votvigt ljósátutegunda innan íslensku efnahagslögsögunnar sé um 5 milljónir tonna, en rauðátu um 7 milljónir tonna (Ólafur S. Ástþórsson o.fl. 2007). Mikill lífmassi ljósátutegundanna bendir til mikilvægis þeirra í vistkerfi Íslandsmiða. Ljósátur eru alætur, éta bæði plöntusvif og smágerð dýrasvif, en sjálfar eru þær fæða ýmissa dýrastofna í hafinu, m.a. nytjafiska eins og þorsks, karfa, ufsa, loðnu, kolmunna, síldar, kolmunna og ýmissa hvalategunda (Hjálmar Vilhjálmsson 1994, Konráð Þórisson 1989, Ólafur Pálsson 1983, Ólafur Pálsson 1985, Ólafur S. Ástþórsson og Ólafur Pálsson 1987, Ólafur S. Ástþórsson og Þorsteinn Sigurðsson 1992, Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson 1997). Þannig eru þær liður í því að tengja frumframleiðni svifþörunganna við efri fæðuþrep.

Hermann Einarsson (1945) gerði á sínum tíma rækilega úttekt á líffræði ljósátutegunda við landið. Síðari rannsóknir á ljósátu hér við land hafa einkum verið bundnar við að greina lífsferla tegundanna (Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson 1995, Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997). Minna hefur farið fyrir rannsóknum á útbreiðslu og langtímabreytingum ljósátutegundanna, og tengist það m.a. vandkvæðum á því að safna dýrunum í verulegum mæli. Í ljósi mikilvægis ljósátu í vistkerfi Íslandsmiða er þó full ástæða til að vakta mergð og útbreiðslu ljósátu við landið.

Í árlegri stofnmælingu Hafrannsóknastofnunarinnar á rækju hefur frá því 1988 verið fylgst

með mergð rækjuungviðis með því að safna því í svokallaða „skjóðu“, sem er lítill netpoki sem festur er á efra byrði rækjuvörpunnar (1. mynd). Rannsóknir þessar hafa verið gerðar í júlí og ágúst og söfnunin hefur verið með líku sniði frá upphafi. Það kom fljótt í ljós að mikið af ljósátu lenti einnig í skjóðunni. Þannig hefur með tímanum orðið til tímaröð með upplýsingum um útbreiðslu og mergð ljósátu fyrir norðan og norðaustan landið. Í þessari grein munum við draga fram nokkrar meginniðurstöður um magn og dreifingu ljósátu fyrir norðan og norðaustan Ísland eins og þær koma fram í skjóðugögnunum úr stofnmælingu úthafsrækju.

### Aðferðir

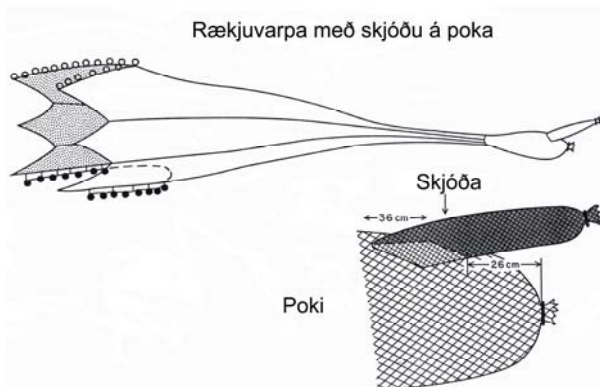
Ljósátunni ásamt smárækju og fleiri smáum dýrum var safnað í svokallaða skjóðu og var hún fest við rækjuvörpuna í stofnmælingarleiðöngrum rækju. Snið skjóðunnar er ferningur 176 x 176 cm úr neti sem er með 6 mm möskvastærð. Langhliðarnar voru saumaðar saman, þannig að úr varð strokkur. Opíð er tígullaga og eru hliðar þess 36 cm á kant. Skjóðan var fest neðarlega á yfirnet poka rækjuvörpunnar þannig að neðra horn opsins var 26 cm frá kollinumöskvunum á yfirneti pokans, sjá 1. mynd. Lokað var fyrir aftara op skjóðunnar með dragbandi. Ljósáta og fleiri smádýr fara í gegnum möskva rækjuvörpunnar sem eru með 37 mm riðli. Ljósátan var ekki greind til ættkvíslar á árunum 1988-1994, en frá og með árinu 1995 var ljósátan greind í tvo hópa *Meganyctiphanes norvegica* (náttlampi) og *Thysanoessategundir*. Samkvæmt stikkprufum sem teknar voru nokkur ár í röð reyndist *Thysanoessa* ávalt vera af tegundinni *T. inermis* (augnsíli). Stikkprufurnar voru þó fáar og má því ætla að einhver hluti af þeim dýrum sem

greind voru sem *T. inermis* hafi í raun verið *T. longicaudata*.

Skjóðuaflinn var greindur í tvo ofangreinda hópa og því næst talinn fjöldi af hverri tegund og heildarþyngd skráð. Vigtun var erfið á sjó þar eð með sjóvoginni var aðeins unnt að vega með eins gramma nákvæmni. Talið var að skekkja væri töluverð og meiri þegar öldugangur var mikill í vigtunum fárra dýra. Tekið var því til þess bragðs að nota útreikningareglu fyrir náttlampa og *Thysanoessa* þegar um fá stykki var að ræða. Þessar meðalþyngdir voru reiknaðar eftir fyrsta árið og byggðust þá á vigtunum í sýnum þar sem náttlampi var fleiri en 20 stk. og *Thysanoessa* var fleiri en 60 stk. Samkvæmt þessum mælingum var meðalþyngd hvers náttlampa 0,37 g og *Thysanoessa* 0,13 g. Þessi gildi voru notuð til að reikna út þyngd náttlampa og *Thysanoessa* þegar færri en 20 náttlampar og *Thysanoessa* voru í sýnunum. Skver skjóðunnar var talinn vera 40 cm og var yfirferðin miðuð við eina sjómílu þannig að flatarmál yfirferðar var 0,000216 fersjómílu. Vísitala (þyngd á sjómílu) var því næst reiknuð út miðuð við allt flatarmál könnunarinnar á djúpslóðinni, vestast frá Norðurkanti, eða frá 25°V austur að Héraðsdjúpi eða að 12°V og suður að 65°30'N, á dýpinu milli 200 og 700 metra. Vísitalan var reiknuð með aðferðinni "area swept", sem er þyngd sinnum flatarmál deilt með yfirferð skjóðunnar. Svæðunum vestur og austur af fyrrgreindu svæði, þ.e. Halanum og Rauða torgi var sleppt úr útreikningum heildarvísitölu ár hvert þar sem þau svæði eru oft ekki með í stofnmælingu úthafsrækju. Hins vegar eru þau með þegar útbreiðsla tegundanna er sýnd eftir árum á myndum 2 og 3. Þar sem hugsanlegt var talið að mikill þorskur kynni að stífla skjóðuna var ljósátuaflinn athugaður sérstaklega í togum þar sem mikið var af þorski og virtist t.d. fjöldi þorsks þurfa að vera meiri en 230 stk á togmílu til þess að hafa stundum stíflandi áhrif á skjóðuna. Þessum togum var ekki sleppt úr útreikningunum þar sem flest árin var aðeins um 1% toga að ræða þar sem svona mikið var af þorski.

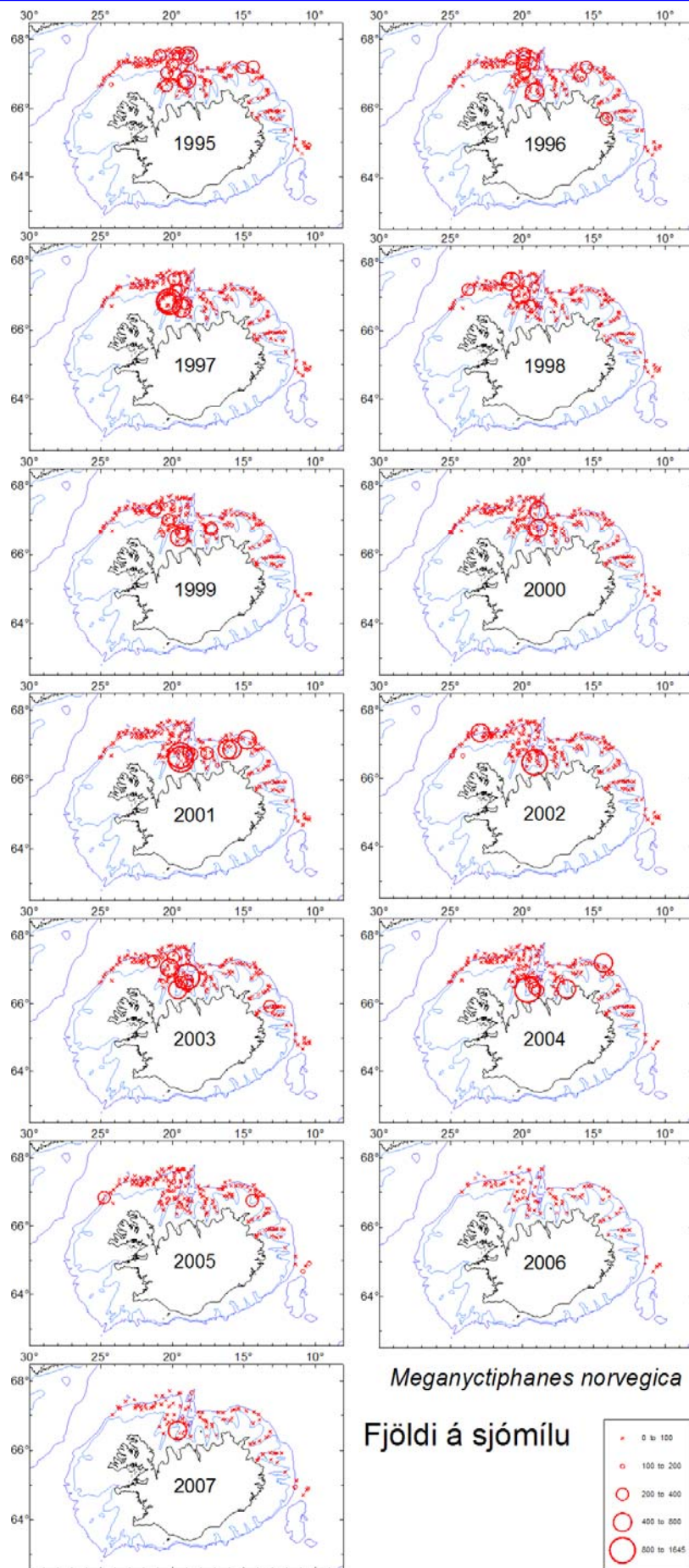
### Niðurstöður og umræða

Afli ljósátu í skjóðu var oft verulegur og sýnir 2. mynd útbreiðslu náttlampa á árunum 1995-2007. Náttlampi fannst í talsverðum mæli vestarlega á svæðinu einkum vestan 18. gráðu á og við Kolbeinseyjarhrygginn. Síðustu 4 árin fékkst lítið af náttlampa fyrir norðan land.



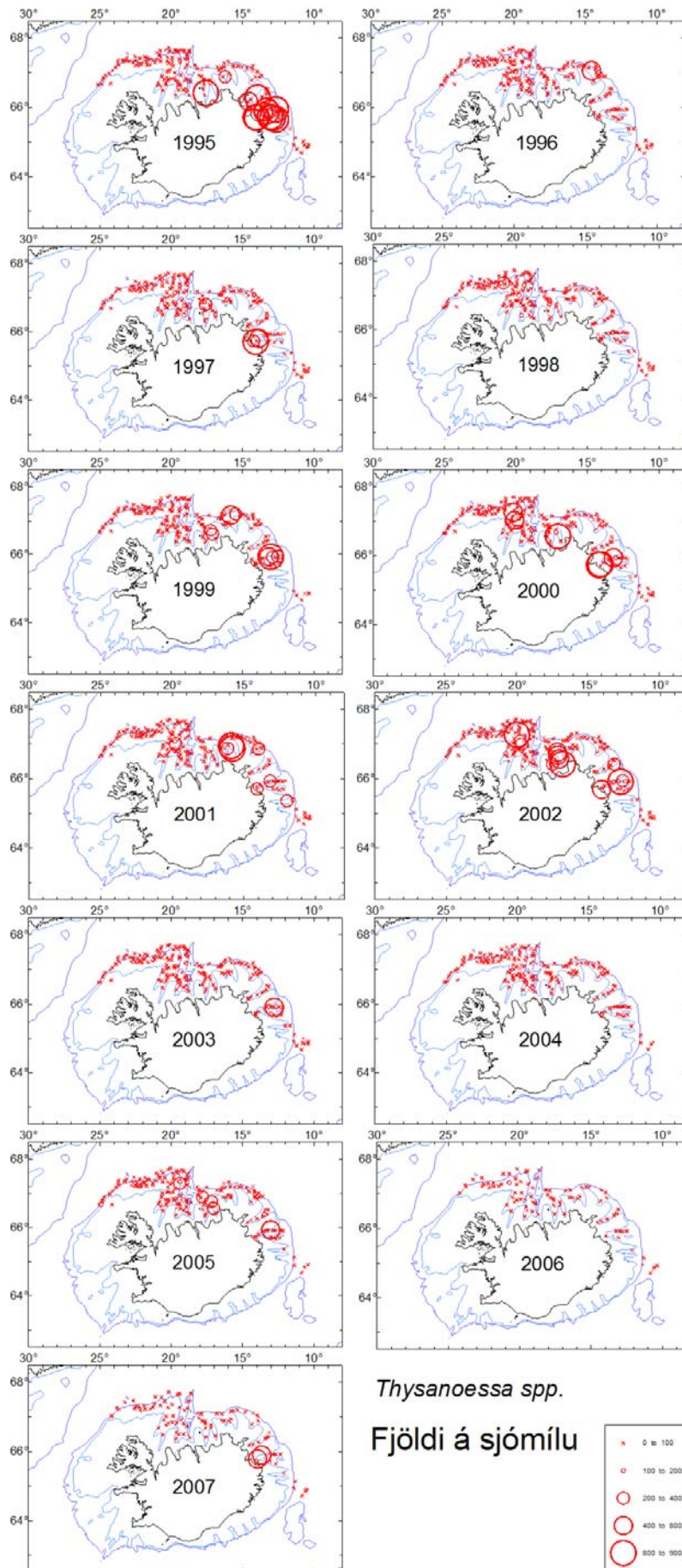
1. mynd Veidarfærið. Rækjuvarpa með áfastri smáriðinni (6mm) skjóðu.

Figure 1. The gear. The minibag (mesh size 6 mm) attached to the shrimp trawl.



2. mynd. Útbreiðsla (fjöldi á sjómílu) náttlampa eftir árum.

Figure 2. The distribution of *M. norvegica* (no. per mile towed) by years



3.mynd. Útbreiðsla (fjöldi á sjómílu) *Thysanoessa* tegunda eftir árum.

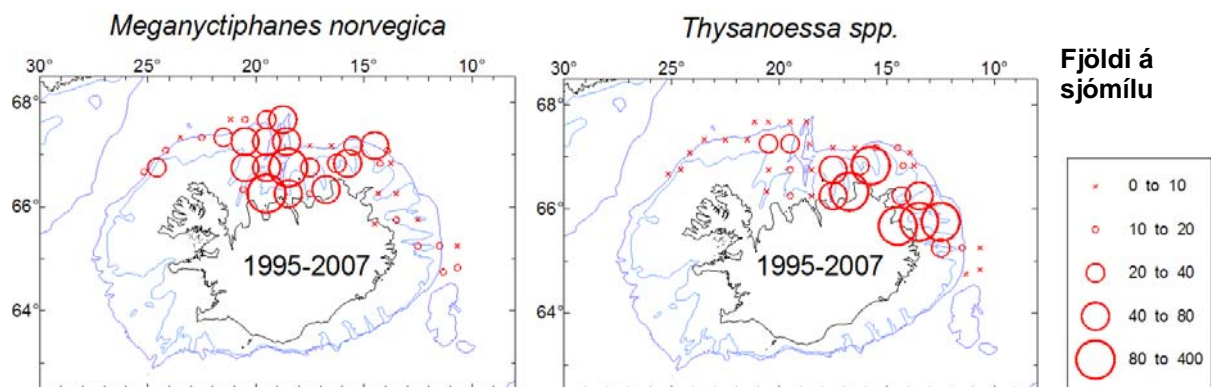
Figure 3. The distribution (no. per mile towed) of *Thysanoessa* sp. by years

*Thysanoessa* tegundir höfðu yfirleitt austlægari útbreiðslu og voru algengastar norðaustur og austur af landinu (3. mynd). Á 4. mynd, sem sýnir meðalfjöldann fyrir árin 1988-2007 sést enn betur mismunurinn á útbreiðslu *M. norvegica* og *Thysanoessa* tegundunum. Að jafnaði fengust öll árin 1995-2008 39,4 einstaklingar af náttlampa 1000 m<sup>-2</sup> og 42,3 einstaklingar af *Thysanoessa* tegundum á svæðinu frá Norðurkanti til Héraðsdjúps. Þarna eru hlutföllin 52 % *Thysanoessa* tegundir á móti 48 % náttlampa). Til samanburðar leiddi rannsókn þeirra Ólafs Ástþórssonar og Ástþórs Gíslasonar (1997) á Siglunessniði í ljós mun lægra hlutfall náttlampa (9%) á meðan *Thysanoessa* teg. voru 91% aflans miðað við fjölda. Í þessum samanburði ber að hafa í huga að rannsókn Ólafs og Ástþórs stóðu í u.þ.b. ár (1993-1994) á meðan okkar gildi er meðaltal fyrir árin 1995-2008 að sumri til. Ástæða herra hlutfalls náttlampa í okkar rannsóknum kann að tengjast því að árin 1995-2008 var sjávarhiti yfirleitt hærri og meira innflæði Atlanssjávar norður fyrir land en árin 1993-94, sem aftur kann að hafa stuðlað að lakari vexti og viðgangi *Thysanoessa* tegunda miðað við náttlampa. Hlutfall *Thysanoessa* teg. var þó hátt (79%) í okkar rannsóknum árið 1995 sem taldist kalt ár og allt öðruvísi en árin 1996-2008. Bent skal á að mikill munur er á því dýpi sem safnað var á, en Ólafur og Ástþór söfnuðu með Bongoháfi í efstu 100 metrunum en í núverandi rannsókn fór söfnun aðallega fram 4-5 metrum fyrir ofan botn að meðaltali á 340 metra dýpi.

Samkvæmt niðurstöðum Ólafs Ástþórssonar og Ólafs Pálssonar (1987) er rannsökuðu fæðu þorsks út af Vestfjörðum og við Norðaustanvert landið virtust hlutföll ljósátutegunda vera nokkuð svipuð því sem fengist hefur í skjóðuna

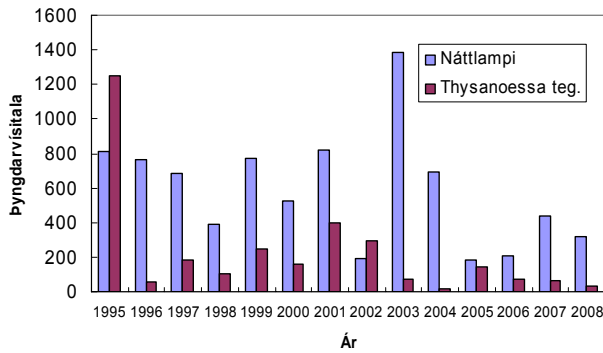
í núverandi rannsókn eða um 58% af *T. inermis* á móti 40% af náttlampa í þyngd. Þessar niðurstöður eru í samræmi við niðurstöður áruna 1995-2008 í núverandi rannsókn. 5. mynd sýnir þyngdarvísitölu náttlampa og *Thysanoessa*. Enda þótt fjöldi *Thysanoessa* sé stundum meiri þá vegur náttlampi mun meira í þyngd. Aðeins árið 1995 vegur *Thysanoessa* meira í þyngd í sameiginlegri vísitölu þessara tveggja hópa. Þar sem náttlampi er um þrisvar sinnum þyngri en *Thysanoessa* að meðaltali, er vísitala náttlampa í þyngd mun meiri en augnsilis. Út frá þyngd voru hlutföllin 73 % náttlampi á móti 27 % augnsíli. Á móti kemur að möskvastærð skjóðunnar er mikil miðað við stærð ljósátu og veiðir hún því sennilega mun meira af náttlampa heldur en *Thysanoessa* teg. Möskvastærð í Bongoháfi er mjög lítil eða 0.335 mm miðað við 6 mm í skjóðu. Það má því búast við að meiri fjöldi af *Thysanoessa* smjúgi í gegnum 6 mm möskvana en náttlampi og gæti það útskýrt hið háa hlutfall náttlampa í núverandi rannsókn.

Aðrir höfundar sem rannsakað hafa ljósátu í Barentshafi hafa lítt orðið varir við náttlampa nema á sérstökum hlýskeyðum. Zhukova o.fl. (2009 í prentun) hafa rannsakað ljósátu og greint til tegunda allt frá árinu 1952. Veiðarfærið var smáriðin skjóða (möskvastærð 0.564 mm) sem fest var ofan á höfuðlínuna á vörpunni sem Rússar notuðu í stofnmælingu botnfiska ár hvert. Aðaltegundirnar sem fengust voru *T. inermis* í norðvesturhluta Barentshafs og *T. raschii* í suðurhluta Barentshafs. Náttlampi var aðeins 5% að meðaltali á árunum 1952-2002 en fór þó upp í 18-26% af ljósátutegundunum á árunum 1999-2000 þegar hlýnaði í suðurhluta Barentshafs. *T. inermis* virtist í rannsóknum Zhukovu o.fl. vera meira áberandi heldur en *T.*



4. mynd. Samantekin útbreiðslumynd náttlampa og *Thysanoessa* tegunda, meðaltal fyrir öll ár 1995-2007.

Figure 4. An average distribution of *M. norvegica* and *Thysanoessa* sp. (no. per mile towed) in the years 1995-2007.



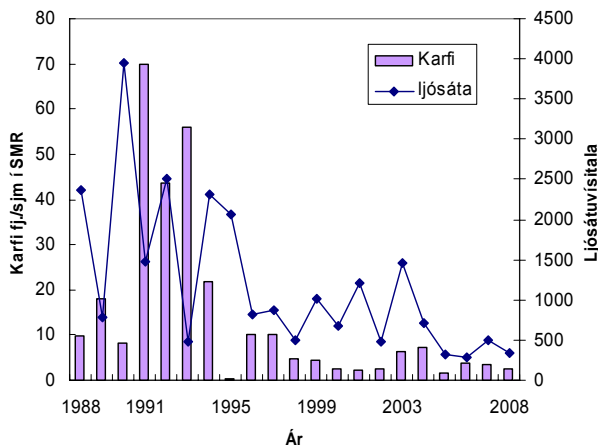
5. mynd. Þyngdarvísitölur tveggja ljósátuhópa náttlampa og *Thysanoessa* tegunda árin 1995-2008 á Norður og Austurmiðum.

Figure 5. Biomass of two species/genus *M. norvegica* and *Thysanoessa* sp. in 1995 through 2008 at the north and east coast of Iceland.

*raschii* á hlýjum tímabilum, en á köldum tímabilum snerust hlutföllin við og *T. raschii* náði yfirhöndinni. Dalpadado o.fl. (1998) notuðu ýmist smáriðna flotvörpu (10 mm möskvastærð) eða MOCNESS háf (þéttriðinn) við rannsóknir sínar í hafinu milli Íslands, Spitsbergen og Noregs. Erfitt er að bera saman niðurstöður Dalpadado o.fl. hvað snertir magn og fjölda svokallaðs stórsvifs við okkar niðurstöður vegna þess að MOCNESS háfurinn veiðir á mismunandi dýpi ólíkt íslensku skjóðunni. Í rannsóknum Dalpadado o.fl. (1998) var *T. longicaudata* mest áberandi í hafinu milli Íslands og Noregs en náttlampi var einnig mjög algengur og virtist t.d. um 4 sinnum algengari en *T. inermis*. Dalpadado áleit eins og aðrir höfundar að *T. inermis* væri í kaldari sjó en *T. longicaudata* og náttlampi og telst sú tegund

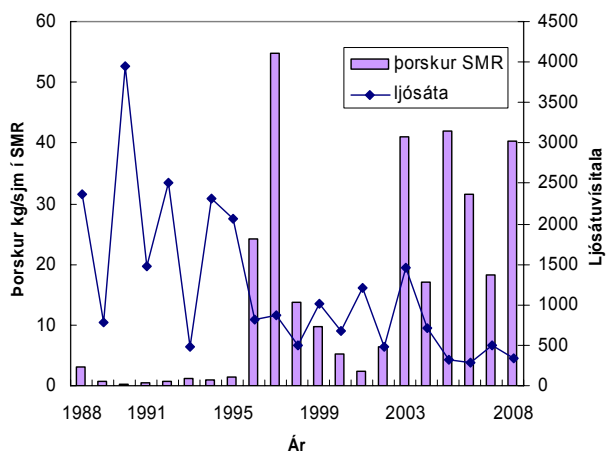
vera norðlæg tegund en þær síðarnefndu virtust finnast fremur í hlýrri sjó eða í Atlantssjónum.

Þegar lítið er til langtímabreytinga á ljósátu þá virðist mun meira hafa fengist af báðum tegundum til samans á árunum 1988-1995 miðað við árabilið 1996-2008 (6. mynd). Ef reynt er að leita skýringa, þá dettur okkur fyrst í hug að mikið fékkst af karfa í stofnmælingu úthafsrækju á árunum 1991-1993 (6. mynd). Þarna voru sterku árgangarnir frá 1985 og 1990 í gullkarfa að vaxa upp fyrir norðan land (Höskuldur Björnsson og Þorsteinn Sigurðsson 2002). Ljósáta er aðalfæða karfa samkvæmt rannsókn Ólafs Pálssonar (1983). Á þessu tímabili fékkst mjög lítið af þorski í stofnmælingu úthafsrækju (7. mynd). Á árunum 1996-2008 fékkst lítið af ljósátu í skjóðuna, en á sama tíma breyttust göngur þorsks samfara auknu streymi Atlanssjávar og aukinni hlýnun í sjónum norður og austur með landinu (Hédinn Valdimarsson o.fl. 2004). Þannig fékkst mun meira en áður af þorski á meira dýpi en áður við Norður- og Austurland, þ.e. á sjálfum rækjusvæðunum. Hugsanlega var um að ræða töluvert afrán þorsks á ljósátu, en vitað er að ljósáta er ein af mikilvægustu fæðutegundum þorsks eða 15-20% af fæðu þorsks (í þyngd) hjá þorski 10-40 sm að lengd og milli 5-10% hjá þorski 50-80 sm (Ólafur K. Pálsson 1983). Línulegt samband milli þorsks (kg á sjómílu) og ljósátuvísitölu í þessari rannsókn er öfugt og vel marktækt ( $P=0.001$ ). Á árunum 2003-2008 fékkst einnig lítið af loðnu á rækjumiðunum í stofnmælingu úthafsrækju. Með minnkandi vísitölu rækju og minnkandi loðnu á sama tíma hefur ásókn



6. mynd. Karfi í stofnmælingu rækju (súlur) og ljósátuvísitala (lína).

Figure 6. Redfish in shrimp survey (columns) and krill biomass (line).



7. mynd. Þorskur í stofnmælingu rækju (súlur) og ljósátuvísitala (lína).

Figure 7. Cod in shrimp survey (columns) and krill biomass (line).

þorsks í ljósátu væntanlega verið enn meiri en áður.

Ýmsar aðrar tegundir éta ljósátu svo sem hvalir, en upplýsingar um fjölda hvala fyrir norðan og austan land eru úr talningum á 6 ára fresti og er því ekki unnt að tengja breytingar á ljósátumagni við mismunandi mikla hvalagengd (Gísli Víkingsson, persónulegr upplýsingar).

### Þakkir

Við viljum þakka Gunnari Péturssyni fyrir aðstoð við úrvinnslu gagna og Gunnari Jónssyni skipstjóra fyrir góðar ábendingar í sambandi við staðsetningu skjóðu á rækjuvörpunni.

### Heimildir

- Ástþór Gíslason og Ólafur S. Ástþórsson. 1995. Seasonal cycle of zooplankton southwest of Iceland. *Journal of Plankton Research*. 17: 1959-1976
- Dalpadado P. Ellertsen B, Melle W. og Skjoldal H.R. 1998. Summer distribution patterns and biomass estimates of macrozooplankton and micronekton in the Nordic Seas. *Sarsia* 83, 103-116.
- Hermann Einarsson 1945. Euphausiacea I. Northern Atlantic species. *Dana Report*, 27, 1-191.
- Jóhann Sigurjónsson og Gísli Víkingsson 1997. Seasonal abundance of estimated food consumption by cetaceans in Icelandic and adjacent waters. *Journal of the Northwest Atlantic Fisheries Science* 22, 271-287.
- Héðinn Valdimarsson, Höskuldur Björnsson, Kristinn Guðmundsson. 2004. Breytingar á ástandi sjávar á Íslandsmiðum og áhrif þeirra á lífríkið. *Hafrannsóknastofnunin*. Fjölrit , 116, 23-28.
- Hjálmar Vilhjálmsson 1994. The Icelandic capelin stock. *Rit Fiskideildar* 13, 1: 281 bls.
- Höskuldur Björnsson og Þorsteinn Sigurðsson 2002. Assessment of golden redfish (*Sebastes marinus* L.) in Icelandic waters. *SCI.MAR.*,67 (Suppl. 1),301-314.
- Konráð Þórisson 1989. The food of larvae and pelagic juveniles of cod (*Gadus morhua* L.) in the coastal waters west of Iceland. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor.Mer*, 191: 264-272.
- Ólafur S. Ástþórsson og Ástþór Gíslason 1997. Biology of euphausiids in the subarctic waters north of Iceland. *Marine Biology*, 129, 319-330.
- Ólafur Ástþórsson og Ólafur K. Pálsson 1987. Predation on euphausiids by cod *Gadus morhua*, in winter in Icelandic waters.
- Ólafur S. Ástþórsson og Þorsteinn Sigurðsson 1992. Um fæðu loðnu. 4.tbl. *Ægir* 1992 176-179.
- Ólafur S. Ástþórsson, Ástþór Gíslason og Steingrímur Jónsson 2007. Climate variability and the Icelandic marine ecosystem. *Deep-Sea Research II* 54: 2456-2477.
- Ólafur K. Pálsson 1983. The feeding habits of demersal fish species in Icelandic waters. *Rit Fiskideildar* 7, 1, 60 bls.
- Ólafur Pálsson 1985. Fæða botnlægra fiska við Ísland. *Náttúrufræðingurinn* 55 (3), bls 101-118.
- Zhukova N. G., Nesterova V. N., Propopchuk I. P. og Rudneva G. B. Winter distribution of euphausiids (Euphausiacea) in the Barents Sea (2000-2005). *Deep-Sea Research II* (in press 2009), doi:10.1016/j.dsr2.2008.11.007. 9 bls.



**4. VIÐAUKI. UMHVERFISÞÆTTIR Í MAÍ-JÚNÍ 1952-2008****APPENDIX. ENVIRONMENTAL VARIABLES IN MAY-JUNE 1952-2008**

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 (\*). Taflan sýnir einnig meðalátumagn (þurrvig, g m<sup>-2</sup>) í efstu 50 m á á Siglunessniði (\*\*). 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 Siglunessniði sýndur sem dagur ársins (Julian dagur).

*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<sup>-2</sup>) 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 on station 3 at the Siglunes section is also shown (Julian day).*

ÁR	Söfnunardagur	Hitafrávik *	Seltufrávik *	Átumagn**	Ferskvatn***
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	Söfnunardagur	Hitafrávik *	Seltufrávik *	Átumagn**	Ferskvatn***
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

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

\*\* Til ársins 2001 voru sýnin 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 þurruð og vegin í landi (Postel, L., Fock, H., Hagen, W. 2000. Biomass and abundance. Í Harris, R., Wiebe, P., 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.

# Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit

## Marine Research Institute. Reports

**Þessi listi ásamt öllum texta fjölritanna er nú aðgengilegur á netinu:**  
*This list with full text of all the reports is now available on the Internet:*

<http://www.hafro.is/Bokasafn/Timarit/fjolar.htm>

1. **Kjartan Thors, Þórdís Ólafsdóttir:** Skýrsla um leit að byggingarefnum í sjó við Austfirði sumarið 1975. Reykjavík 1975. 62 s. (Ófáanlegt - Out of print).
2. **Kjartan Thors:** Skýrsla um rannsóknir hafsbotnsins í sunnanverðum Faxaflóa sumarið 1975. Reykjavík 1977. 24 s.
3. **Karl Gunnarsson, Konráð Þórisson:** Áhrif skolpmengunar á fjöruþörungum í nágrenni Reykjavíkur. Reykjavík 1977. 19 s. (Ófáanlegt - Out of print).
4. **Einar Jónsson:** Meingunarrannsóknir í Skerjafirði. Áhrif frárennslis á botndýralíf. Reykjavík 1976. 26 s. (Ófáanlegt - Out of print).
5. **Karl Gunnarsson, Konráð Þórisson:** Stórþari á Breiðafirði. Reykjavík 1979. 53 s.
6. **Karl Gunnarsson:** Rannsóknir á hrossaþara (*Laminaria digitata*) á Breiðafirði. 1. Hrossaþari við Fagurey. Reykjavík 1980. 17 s. (Ófáanlegt - Out of print).
7. **Einar Jónsson:** Líffræðiathuganir á beitusmökk haustið 1979. Áfangaskýrsla. Reykjavík 1980. 22 s. (Ófáanlegt - Out of print).
8. **Kjartan Thors:** Botngerð á nokkrum hrygningarstöðvum síldarinnar. Reykjavík 1981. 25 s. (Ófáanlegt - Out of print).
9. **Stefán S. Kristmannsson:** Hitastig, selta og vatns- og seltubúskapur í Hvalfirði 1947-1978. Reykjavík 1983. 27 s.
10. **Jón Ólafsson:** Þungmálmur í kræklingi við Suðvestur-land. Reykjavík 1983. 50 s.
11. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1987. Aflahorfur 1988. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1987. Fishing Prospects 1988.* Reykjavík 1987. 68 s. (Ófáanlegt - Out of print).
12. Haf- og fiskirannsóknir 1988-1992. Reykjavík 1988. 17 s. (Ófáanlegt - Out of print).
13. **Ólafur K. Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum. Reykjavík 1988. 76 s. (Ófáanlegt - Out of print).
14. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1988. Aflahorfur 1989. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1988. Fishing Prospects 1989.* Reykjavík 1988. 126 s.
15. Ástand humar- og rækjustofna 1988. Aflahorfur 1989. Reykjavík 1988. 16 s.
16. **Kjartan Thors, Jóhann Helgason:** Jarðlög við Vestmannaeyjar. Áfangaskýrsla um jarðlagagreiningu og könnun neðansjávareldvarpa með endurvörpsmælingum. Reykjavík 1988. 41 s.
17. **Stefán S. Kristmannsson:** Sjávarhitamælingar við strendur Íslands 1987-1988. Reykjavík 1989. 102 s.
18. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem:** *Western Iceland Sea. Greenland Sea Project. CTD Data Report. Joint Danish-Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1987.* Reykjavík 1989. 181 s.
19. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1989. Aflahorfur 1990. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1989. Fishing Prospects 1990.* Reykjavík 1989. 128 s. (Ófáanlegt - Out of print).
20. **Sigfús A. Schopka, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1989. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1989. 54 s.
21. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1990. Aflahorfur 1991. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1990. Fishing prospects 1991.* Reykjavík 1990. 145 s.
22. **Gunnar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1990. Reykjavík 1990. 53 s. (Ófáanlegt - Out of print).
23. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1988.* Reykjavík 1991. 84 s. (Ófáanlegt - Out of print).
24. **Stefán S. Kristmannsson:** Sjávarhitamælingar við strendur Íslands 1989-1990. Reykjavík 1991. 105 s. (Ófáanlegt - Out of print).
25. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1991. Aflahorfur fiskveiðarárið 1991/92. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1991. Prospects for the Quota Year 1991/92.* Reykjavík 1991. 153 s. (Ófáanlegt - Out of print).
26. **Páll Reynisson, Hjálmar Vilhjálmsson:** Mælingar á stærð loðnustofnsins 1978-1991. Aðferðir og niðurstöður. Reykjavík 1991. 108 s.
27. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1989.* Reykjavík 1991. Reykjavík 1991. 93 s.
28. **Gunnar Stefánsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1991. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1991. 60 s.
29. Nyttjastofnar sjávar og umhverfisþættir 1992. Aflahorfur fiskveiðarárið 1992/93. *State of Marine Stocks and Environmental Conditions in Icelandic Waters 1992. Prospects for the Quota Year 1992/93.* Reykjavík 1992. 147 s. (Ófáanlegt - Out of print).

30. **Van Aken, Hendrik, Jóhannes Briem, Erik Buch, Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Sven Ober:** *Western Iceland Sea. GSP Moored Current Meter Data Greenland - Jan Mayen and Denmark Strait September 1988 - September 1989.* Reykjavík 1992. 177 s.
31. **Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1992. Reykjavík 1993. 71 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
32. **Guðrún Marteinsdóttir, Gunnar Jónsson, Ólafur V. Einarsson:** Útbreiðsla grálúðu við Vestur- og Norðvesturland 1992. Reykjavík 1993. 42 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
33. **Ingvar Hallgrímsson:** Rækjuleit á djúpslóð við Ísland. Reykjavík 1993. 63 s.
34. Nyttastofnar sjávar 1992/93. Aflahorfur fiskveiðiárið 1993/94. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1992/93. Prospects for the Quota Year 1993/94.* Reykjavík 1993. 140 s.
35. **Ólafur K. Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1993. Reykjavík 1994. 89 s.
36. **Jónbjörn Pálsson, Guðrún Marteinsdóttir, Gunnar Jónsson:** Könnun á útbreiðslu grálúðu fyrir Austfjörðum 1993. Reykjavík 1994. 37 s.
37. Nyttastofnar sjávar 1993/94. Aflahorfur fiskveiðiárið 1994/95. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1993/94. Prospects for the Quota Year 1994/95.* Reykjavík 1994. 150 s.
38. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1990.* Reykjavík 1994. 99 s.
39. **Stefán S. Kristmannsson, Svend-Aage Malmberg, Jóhannes Briem, Erik Buch:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - CTD Data Report. Joint Danish Icelandic Cruise R/V Bjarni Sæmundsson, September 1991.* Reykjavík 1994. 94 s.
40. Þættir úr vistfræði sjávar 1994. Reykjavík 1994. 50 s.
41. **John Mortensen, Jóhannes Briem, Erik Buch, Svend-Aage Malmberg:** *Western Iceland Sea - Greenland Sea Project - Moored Current Meter Data Greenland - Jan Mayen, Denmark Strait and Kolbeinsey Ridge September 1990 to September 1991.* Reykjavík 1995. 73 s.
42. **Einar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1994. - Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1995. 107 s.
43. Nyttastofnar sjávar 1994/95. Aflahorfur fiskveiðiárið 1995/96. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1994/95 - Prospects for the Quota Year 1995/96.* Reykjavík 1995. 163 s.
44. Þættir úr vistfræði sjávar 1995. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1995.* Reykjavík 1995. 34 s.
45. **Sigfús A. Schopka, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur K. Pálsson:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1995. Rannsóknaskýrsla. *Icelandic Groundfish Survey 1995. Survey Report.* Reykjavík 1996. 46 s.
46. Nyttastofnar sjávar 1995/96. Aflahorfur fiskveiðiárið 1996/97. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1995/96. Prospects for the Quota Year 1996/97.* Reykjavík 1996. 175 s.
47. **Björn Æ. Steinarsson, Gunnar Jónsson, Hörður Andrésón, Jónbjörn Pálsson:** Könnun á flatfiski í Faxaflóa með dragnót sumarið 1995 - Rannsóknaskýrsla. *Flatfish Survey in Faxaflói with Danish Seine in Summer 1995 - Survey Report.* Reykjavík 1996. 38 s.
48. **Steingrímur Jónsson:** *Ecology of Eyjafjörður Project. Physical Parameters Measured in Eyjafjörður in the Period April 1992 - August 1993.* Reykjavík 1996. 144 s.
49. **Guðni Þorsteinsson:** Tilraunir með þorsgildrur við Ísland. Rannsóknaskýrsla. Reykjavík 1996. 28 s.
50. **Jón Ólafsson, Magnús Danielsen, Sólveig Ólafsdóttir, Þórarinn Arnarson:** Næringarefni í sjó undan Ánanaustum í nóvember 1995. Unnið fyrir Gatnamálastjórnann í Reykjavík. Reykjavík 1996. 50 s.
51. **Þórunn Þórðardóttir, Agnes Eydal:** *Phytoplankton at the Ocean Quahog Harvesting Areas Off the Southwest Coast of Iceland 1994.* Svifþörungur á kúfiskmiðum út af norðvesturströnd Íslands 1994. Reykjavík 1996. 28 s.
52. **Gunnar Jónsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Jónsson, Gunnar Stefánsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur K. Pálsson, Sigfús A. Schopka:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum 1996. Rannsóknaskýrsla. *Icelandic Groundfish Survey 1996. Survey Report.* Reykjavík 1997. 46 s.
53. Þættir úr vistfræði sjávar 1996. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1996.* Reykjavík 1997. 29 s.
54. **Vilhjálmur Þorsteinsson, Ásta Guðmundsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir, Guðni Þorsteinsson og Ólafur K. Pálsson:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum 1996. *Gill-net Survey to Establish Indices of Abundance for the Spawning Stock of Icelandic Cod in 1996.* Reykjavík 1997. 22 s.
55. Hafrannsóknastofnunin: Rannsókn- og starfsáætlun árin 1997-2001. Reykjavík 1997. 59 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
56. Nyttastofnar sjávar 1996/97. Aflahorfur fiskveiðiárið 1997/98. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1996/97. Prospects for the Quota Year 1997/98.* Reykjavík 1997. 167 s.
57. Fjölstofnarannsóknir 1992-1995. Reykjavík 1997. 410 s.
58. **Gunnar Stefánsson, Ólafur K. Pálsson (editors):** *BORMICON. A Boreal Migration and Consumption Model.* Reykjavík 1997. 223 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
59. **Halldór Narfi Stefánsson, Hersir Sigurgeirsson, Höskuldur Björnsson:** *BORMICON. User's Manual.* Reykjavík 1997. 61 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
60. **Halldór Narfi Stefánsson, Hersir Sigurgeirsson, Höskuldur Björnsson:** *BORMICON. Programmer's Manual.* Reykjavík 1997. 215 s. (Ófánlegt - *Out of print*).
61. **Þorsteinn Sigurðsson, Einar Hjörleifsson, Höskuldur Björnsson, Ólafur Karvel Pálsson:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum haustið 1996. Reykjavík 1997. 34 s.
62. **Guðrún Helgadóttir:** *Paleoclimate (0 to >14 ka) of W and NW Iceland: An Iceland/USA Contribution to P.A.L.E. Cruise Report B9-97, R/V Bjarni Sæmundsson RE 30, 17th-30th July 1997.* Reykjavík 1997. 29 s.
63. **Halldóra Skarphéðinsdóttir, Karl Gunnarsson:** Lífriki sjávar í Breiðafirði: Yfirlit rannsókna. *A review of literature on marine biology in Breiðafjörður.* Reykjavík 1997. 57 s.
64. **Valdimar Ingi Gunnarsson og Anette Jarl Jörgensen:** Þorskrannsóknir við Ísland með tilliti til hafbeitar. Reykjavík 1998. 55 s.
65. **Jakob Magnússon, Vilhelmina Vilhelmsdóttir, Klara B. Jakobsdóttir:** Djúpslóð á Reykjaneshrygg: Könnunar-

- leiðangrar 1993 og 1997. *Deep Water Area of the Reykjanes Ridge: Research Surveys in 1993 and 1997*. Reykjavík 1998. 50 s.
66. **Vilhjálmur Þorsteinsson, Ásta Guðmundsdóttir, Guðrún Marteinsdóttir:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum 1997. *Gill-net Survey of Spawning Cod in Icelandic Waters in 1997. Survey Report*. Reykjavík 1998. 19 s.
  67. Nyttjastofnar sjávar 1997/98. Aflahorfur fiskveiðiárið 1998/99. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1997/98. Prospects for the Quota year 1998/99*. Reykjavík 1998. 168 s.
  68. **Einar Jónsson, Hafsteinn Guðfinnsson:** Ýsurannsóknir á grunnslóð fyrir Suðurlandi 1989-1995. Reykjavík 1998. 75 s.
  69. **Jónbjörn Pálsson, Björn Æ. Steinarsson, Einar Hjörleifsson, Gunnar Jónsson, Hörður Andrésson, Kristján Kristinsson:** Könnun á flatfiski í Faxaflóa með dragnót sumrin 1996 og 1997 - Rannsóknaskýrsla. *Flatfish Survey in Faxaflói with Danish Seine in Summers 1996 and 1997 - Survey Report*. Reykjavík 1998. 38 s.
  70. **Kristinn Guðmundsson, Agnes Eydal:** Svifþörungur sem geta valdið skelfiskeitrun. Niðurstöður tegundagreininga og umhverfisathugana. *Phytoplankton, a Potential Risk for Shellfish Poisoning. Species Identification and Environmental Conditions*. Reykjavík 1998. 33 s.
  71. **Ásta Guðmundsdóttir, Vilhjálmur Þorsteinsson, Guðrún Marteinsdóttir:** Stofnmæling hrygningarþorsks með þorskanetum 1998. *Gill-net survey of spawning cod in Icelandic waters in 1998*. Reykjavík 1998. 19 s.
  72. Nyttjastofnar sjávar 1998/1999. Aflahorfur fiskveiðiárið 1999/2000. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1998/1999. Prospects for the Quota year 1999/2000*. Reykjavík 1999. 172 s. (Ófánlegt - Out of print.)
  73. Þættir úr vistfræði sjávar 1997 og 1998. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1997 and 1998*. Reykjavík 1999. 48 s.
  74. **Matthías Oddgeirsson, Agnar Steinarsson og Björn Björnsson:** Mat á arðsemi sandhverfueidis á Íslandi. Grindavík 2000. 21 s.
  75. Nyttjastofnar sjávar 1999/2000. Aflahorfur fiskveiðiárið 2000/2001. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 1999/2000. Prospects for the Quota year 2000/2001*. Reykjavík 2000. 176 s.
  76. **Jakob Magnússon, Jútta V. Magnússon, Klara B. Jakobsdóttir:** Djúpfiskarannsóknir. Framlag Íslands til rannsóknaverkefnisins EC FAIR PROJECT CT 95-0655 1996-1999. *Deep-Sea Fishes. Icelandic Contributions to the Deep Water Research Project. EC FAIR PROJECT CT 95-0655 1996-1999*. Reykjavík 2000. 164 s. (Ófánlegt - Out of print.)
  77. Þættir úr vistfræði sjávar 1999. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 1999*. Reykjavík 2000. 31 s.
  78.  $dst^2$  Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Progress Report for 1 January to 31 December 2000. Reykjavík 2001. 341 s. (Ófánlegt. - Out of print.)
  79. *Tagging Methods for Stock Assessment and Research in Fisheries*. Co-ordinator: Vilhjálmur Þorsteinsson. Reykjavík 2001. 179 s.
  80. Nyttjastofnar sjávar 2000/2001. Aflahorfur fiskveiðiárið 2001/2002. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2000/2001. Prospects for the Quota year 2001/2002*. Reykjavík 2001. 186 s.
  81. **Jón Ólafsson, Sólveig R. Ólafsdóttir:** Ástand sjávar á losunarsvæði skolps undan Ánanaustum í febrúar 2000. Reykjavík 2001. 49 s.
  82. **Hafsteinn G. Guðfinnsson, Karl Gunnarsson:** Sjór og sjávarnyttjar í Héraðsflóa. Reykjavík 2001. 20 s.
  83. Þættir úr vistfræði sjávar 2000. *Environmental Conditions in Icelandic Waters 2000*. Reykjavík 2001. 37 s.
  84. **Guðrún G. Þórarinsdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnsson, Karl Gunnarsson:** Sjávarnyttjar í Hvalfirði. Reykjavík 2001. 14 s.
  85. Rannsóknir á straumum, umhverfisþáttum og lífríki sjávar í Reyðarfirði frá júlí til október 2000. *Current measurements, environmental factors and biology of Reyðarfjörður in the period late July to the beginning of October 2000*. Hafsteinn Guðfinnsson (verkefnisstjóri). Reykjavík 2001. 135 s.
  86. **Jón Ólafsson, Magnús Danielsen, Sólveig R. Ólafsdóttir, Jóhannes Briem:** Ferskvatnsáhrif í sjó við Norðausturland að vorlagi. Reykjavík 2002. 42 s.
  87.  $dst^2$  Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Progress Report for 1 January to 31 December 2001. Reykjavík 2002. 300 s.
  88. Nyttjastofnar sjávar 2001/2002. Aflahorfur fiskveiðiárið 2002/2003. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2001/2002. Prospects for the Quota year 2002/2003*. Reykjavík 2002. 198 s.
  89. **Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason, Jón Ólafsson, Konráð Þórisson, Rannveig Björnsdóttir, Sigmar A. Steingrímsson, Sólveig R. Ólafsdóttir, Óivind Kaasa:** Ecology of Eyjafjörður project. Chemical and biological parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1992-August 1993. Reykjavík 2002. 129 s.
  90. **Ólafur K. Pálsson, Guðmundur Karlsson, Ari Arason, Gísli R. Gíslason, Guðmundur Jóhannesson, Sigurjón Aðalsteinsson:** Mælingar á brottkasti þorsks og ýsu árið 2001. Reykjavík 2002. 17 s.
  91. **Jenný Brynjarsdóttir:** Statistical Analysis of Cod Catch Data from Icelandic Groundfish Surveys. M.Sc. Thesis. Reykjavík 2002. xvi, 81 s.
  92. Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði. Ritstjóri: Karl Gunnarsson. Reykjavík 2003. 81 s.
  93. **Guðrún Marteinsdóttir** (o.fl.): METACOD: The role of sub-stock structure in the maintenance of cod metapopulations. METACOD: Stofngerð þorsks, hlutverk undirstofna í viðkomu þorskstofna við Ísland og Skotland. Reykjavík 2003. vii, 110 s.
  94. **Ólafur K. Pálsson, Guðmundur Karlsson, Ari Arason, Gísli R. Gíslason, Guðmundur Jóhannesson og Sigurjón Aðalsteinsson:** Mælingar á brottkasti botnfiska 2002. Reykjavík 2003. 29 s.
  95. **Kristján Kristinsson:** Lúðan (*Hippoglossus hippoglossus*) við Ísland og hugmyndir um aðgerðir til verndunar hennar. Reykjavík 2003. 33 s.
  96. Þættir úr vistfræði sjávar 2001 og 2002. *Environmental conditions in Icelandic water 2001 and 2002*. Reykjavík 2003. 37 s.
  97. Nyttjastofnar sjávar 2002/2003. Aflahorfur fiskveiðiárið 2003/2004. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2002/2003. Prospects for the Quota year 2003/2004*. Reykjavík 2003. 186 s.

98. *ds<sup>2</sup> Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Progress Report for 1 January to 31 December 2002.* Reykjavík 2003. 346 s.
99. **Agnès Eydal:** Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþörungna í Hvalfirði. Reykjavík 2003. 44 s.
100. **Valdimar Ingi Gunnarsson** (o.fl.): Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir fõngun og áframeldi þorsks á árinu 2002. Reykjavík 2004. 26 s.
101. Þættir úr vistfræði sjávar 2003. *Environmental conditions in Icelandic waters 2003.* Reykjavík 2004. 43 s.
102. Nytjastofnar sjávar 2003/2004. Aflahorfur fiskveiðiárið 2004/2005. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2003/2004. Prospects for the Quota Year 2004/2005.* Reykjavík 2004. 175 s.
103. **Ólafur K. Pálsson** o.fl.: Mælingar á brottkasti 2003 og Meðafli í kolmunnaveiðum 2003. Reykjavík 2004. 37 s.
104. **Ásta Guðmundsdóttir, Þorsteinn Sigurðsson:** Veiðar og útbreiðsla íslensku sumargotssíldarinnar að haust- og vetrarlagi 1978-2003. Reykjavík 2004. 42 s.
105. **Einar Jónsson, Hafsteinn Guðfinnsson:** Ýsa á grunnslóð fyrir Suðurlandi 1994-1998. Reykjavík 2004. 44 s.
106. **Kristinn Guðmundsson, Þórunn Þórðardóttir, Gunnar Pétursson:** *Computation of daily primary production in Icelandic waters; a comparison of two different approaches.* Reykjavík 2004. 23 s.
107. **Kristinn Guðmundsson, Kristín J. Valsdóttir:** Frumframleiðnimælingar á Hafrannsóknastofnuninni árin 1958-1999: Umfang, aðferðir og úrvinnsla. Reykjavík 2004. 56 s.
108. **John Mortensen:** *Satellite altimetry and circulation in the Denmark Strait and adjacent seas.* Reykjavík 2004. 84 s.
109. **Svend-Aage Malmberg:** *The Iceland Basin. Topography and oceanographic features.* Reykjavík 2004. 41 s.
110. **Sigmar Arnar Steingrímsson, Sólmundur Tr. Einarsson:** Kóralsvæði á Íslandsmiðum: Mat á ástandi og tillaga um aðgerðir til verndar þeim. Reykjavík 2004. 39 s.
111. **Björn Björnsson, Valdimar Ingi Gunnarsson (ritstj.):** Þorskeldi á Íslandi. Reykjavík 2004. 182 s.
112. **Jónbjörn Pálsson, Kristján Kristinsson:** Flatfiskar í humarleidangri 1995-2003. Reykjavík 2005. 90 s.
113. **Valdimar I. Gunnarsson o.fl.:** Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir fõngun og áframeldi þorsks á árinu 2003. Reykjavík 2005. 58 s.
114. **Kristján Kristinsson, Björn Ævarr Steinarsson og Sigfús Schopka:** Skyndilokanir á þorskveiðar í botnvörpu á Vestfjarðamiðum. Reykjavík 2005. 29 s.
115. **Erlingur Hauksson** (ritstj.). Sníkjuormar og fæða fisks, skarfs og sels. Reykjavík 2005. 45 s.
116. Þættir úr vistfræði sjávar 2004. *Environmental conditions in Icelandic waters 2004.* Reykjavík 2005. 46 s.
117. **Ólafur K. Pálsson** o.fl.: Mælingar á brottkasti 2004 og Meðafli í kolmunnaveiðum 2004. Reykjavík 2005. 37 s.
118. *ds<sup>2</sup> Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Final report: 1 January 2000 to 31 August 2004. Volume 1.* Reykjavík 2005. 324 s.
119. *ds<sup>2</sup> Development of Structurally Detailed Statistically Testable Models of Marine Populations. QLK5-CT1999-01609. Final report: 1 January 2000 to 31 August 2004. Volume 2.* Reykjavík 2005. 194 s.
120. **James Begley:** *Gadget User Guide.* Reykjavík 2005. 90 s.
121. Nytjastofnar sjávar 2004/2005. Aflahorfur fiskveiðiárið 2005/2006. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2004/2005. Prospects for the Quota Year 2005/2006.* Reykjavík 2005. 182 s.
122. **Sólveig Ólafsdóttir:** Styrkur næringarefna í hafinu umhverfis Ísland. Nutrient concentrations in Icelandic waters. Reykjavík 2006. 24 s.
123. **Sigfús A. Schopka, Jón Sólmundsson, Vilhjálmur Þorsteinsson:** Áhrif svæðafriðunar á vöxt og viðgang þorsks. Niðurstöður úr þorskmerkingum út af norðanverðum Vestfjörðum og Húnaflóa sumurin 1994 og 1995. **Guðmundur J. Óskarsson:** Samanburður á íslensku sumargotssíldinni sem veiddist fyrir austan og vestan land árin 1997-2003. Reykjavík 2006. 42. s.
124. **Valdimar I. Gunnarsson o.fl.:** Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir fõngun og áframeldi þorsks á árinu 2004. Reykjavík 2006. 72 s.
125. Þættir úr vistfræði sjávar 2005. *Environmental conditions in Icelandic waters 2005.* Reykjavík 2006. 34 s.
126. Nytjastofnar sjávar 2005/2006. Aflahorfur fiskveiðiárið 2006/2007. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2005/2006. Prospects for the Quota Year 2006/2007.* Reykjavík 2006. 190 s.
127. **Ólafur K. Pálsson** o.fl. Mælingar á brottkasti botnfiska og meðafli í kolmunnaveiðum 2005. Reykjavík 2006. 27 s.
128. **Agnès Eydal o.fl.:** Vöktun eiturbörunga í tengslum við nýtingu skelfisks árið 2005. Reykjavík 2007. 19 s.
129. Nytjastofnar sjávar 2006/2007. Aflahorfur fiskveiðiárið 2007/2008. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2006/2007. Prospects for the Quota Year 2007/2008.* Reykjavík 2007. 180 s.
130. Þættir úr vistfræði sjávar 2006. *Environmental conditions in Icelandic waters 2006.* Reykjavík 2007. 39 s.
131. **Höskuldur Björnsson ofl:** Stofnmæling botnfiska á Íslandsmiðum (SMB) 1985-2006 og stofnmæling botnfiska að haustlagi (SMH) 1996-2006. Reykjavík 2007. 220 s. (*With English summary*)
132. **Valdimar I. Gunnarsson o.fl.:** Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir fõngun og áframeldi þorsks á árinu 2005. Reykjavík 2007. 42 s.
133. **Sigfús A. Schopka:** Friðun svæða og skyndilokanir á Íslandsmiðum – Sögulegt yfirlit. Reykjavík 2007.86 s.

134. **Ólafur K. Pálsson o.fl.:** Mælingar á brottkasti botnfiska 2006. Reykjavík 2007. 17 s.
  135. **Gunnar Karlsson:** Afli og sjósókn Íslendinga frá 17 öld til 20. aldar. Reykjavík 2007. 64 s.
  136. **Valdimar Ingi Gunnarsson:** Reynolds af sjókvíaeldi á Íslandi. Reykjavík 2008. 46 s.
  137. **Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. :** Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2006. Reykjavík 2008. 40 s.
  138. Nyttjastofnar sjávar 2007/2008. Aflahorfur fiskveiðiárið 2008/2009. *State of Marine Stocks in Icelandic Waters 2007/2008. Prospects for the Quota Year 2008/2009.* Reykjavík 2008. 180 s.
  139. Þættir úr vistfræði sjávar 2007. *Environmental conditions in Icelandic waters 2007.* Reykjavík 2008. 40 s.
  140. **Hrafnkell Eiríksson:** Dragnót og dragnótaveiðar við Ísland. Reykjavík 2008. 19 s.
  141. **Steinunn Hilma Ólafsdóttir og Sigmar Arnar Steingrímsson:** Botndýralíf í Héraðsflóa: grunnástand fyrir virkjun Jökulsár á Dal og Jökulsár í Fljótisdal (Kárahnjúkavirkjun). Reykjavík 2008. 34 s.
  142. **Ólafur K. Pálsson o.fl.:** Mælingar á brottkasti botnfiska 2007 og Göngur þorsks á Íslandsmiðum kannaðar með GPS staðsetningu, bergmálstækni og rafeindamerkjum. Reykjavík 2008. 30 s.
  143. Sjó og sjávarlífverur, Ráðstefna Hafrannsóknastofnunarinnar á Hótel Lofleiðum, Reykjavík 20. og 21. febrúar 2009 Ocean and marine biota, Marine Research Institute Conference at Loftleiðir Hótel, Reykjavík, February 20 and 21, 2009. Reykjavík 2009. 79 s.
  144. **Valdimar I. Gunnarsson o.fl.:** Þorskeldiskvóti: Yfirlit yfir föngun og áframeldi þorsks á árinu 2007. Reykjavík 2009. 35 s.
  145. Þættir úr vistfræði sjávar 2008. *Environmental conditions in Icelandic waters 2008.* Reykjavík 2009. 74 s.
-