

Hafrannsóknir nr. 180

Svifpörungar, næringarefni og sjávarhiti í Steingrímsfirði á Ströndum, 2010 - 2011

Phytoplankton, nutrients and temperature in Steingrímsfjörður NV-Iceland 2010 - 2011

Hafsteinn G. Guðfinnsson, Hafrannsóknastofnun
Sólveig R. Ólafsdóttir, Hafrannsóknastofnun
Jón Örn Pálsson, Atvinnuþróunarfélag Vestfjarða

Hafrannsóknastofnun
Reykjavík 2015

EFNISYFIRLIT/CONTENT

ÁGRIP/ABSTRACT.....	3
INNGANGUR/INTRODUCTION.....	4
EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR/MATERIAL AND METHODS.....	4
NIÐURSTÖÐUR/RESULTS.....	7
Hiti/Temperature.....	7
Næringarefni/Nutrients.....	8
Svifpörungar/Phytoplankton.....	9
UMRÆÐA/DISCUSSION.....	14
ÁLYKTANIR/CONCLUSIONS.....	17
ÞAKKIR/ACKNOWLEDGEMENT.....	18
HEIMILDIR/REFERENCES.....	18
VIÐAUKI/APPENDIX.....	20

ÁGRIP

Hafsteinn G. Guðfinnsson, Sólveig R. Ólafsdóttir og Jón Örn Pálsson*, 2015. Svifþörungur, næringarefni og sjávarhiti í Steingrímsfirði á Ströndum, 2010 - 2011. *Hafrannsóknir* 180, 22 s.

Gerðar voru rannsóknir á svifþörungum, næringarefnum og hita á þremur stöðum í Steingrímsfirði frá maí 2010 til maí 2011. Rannsóknirnar tengjast eldi á kræklingi (*Mytilus edulis*) í firðinum en tilraunaeldi hefur farið þar fram síðustu ár. Hiti mældist lægstur í janúar til mars rúmar 2°C en hlýnun hófst í júní og hæstur var hitinn 10-12 °C í byrjun ágúst. Vetrarstyrkur nitrats var 11-13 $\mu\text{mol l}^{-1}$ en kísils um 6 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Styrkur nitrats var nánast enginn að sumri til. Mismunur á styrk næringarefna milli rannsóknastaða var lítil.

Magn blaðgrænu a var mest í apríl um 13 mg m^{-3} en frá 1-4 mg m^{-3} að sumri til. Kísilþörungur blómstruðu í apríl og voru *Thalassiosira* spp og *Chaetoceros* spp helstu hópar. Að sumarlagi var minna um kísilþörungum nema einstaka stærri tegundir og eina smærri sem náðu að blómstra en skorubörungur og smáir svifþörungur meira áberandi í heildina. Hjá skorubörungum fundust tveir blómar af tegundinni *Heterocapsa triquetra*.

Helstu tegundir svifþörungum sem geta valdið eitrunum í skelfiski voru þær sömu og fundist hafa í öðrum rannsóknum við Ísland þ.e. tegundir af ættkvíslum *Alexandrium* og *Dinophysis* úr hópi skorubörungum og af ættkvísl *Pseudo-nitzschia* úr hópi kísilþörungum. *Alexandrium* tegundir fundust í mestum mæli í júníbyrjun (>1.000 fr l^{-1}) og í júlí (~4.000 fr l^{-1}) en *Dinophysis* tegundir frá júlí fram í október, mest í lok ágúst (>1.200 fr l^{-1}). Í báðum tilfellum er fjöldinn langt umfram viðmiðunarmörk um hættu á eitrun í skelfiski. Af *Pseudo-nitzschia* fannst fremur lítið nema í júlilok en þá skipti fjöldi þeirra tugum þúsunda fruma í lítra. Fjöldinn var innan viðmiðunarmarka um hættu á eitrun í skelfiski.

*Nú hjá Fjarðalaxi ehf

ABSTRACT

Hafsteinn G. Guðfinnsson, Sólveig R. Ólafsdóttir and Jón Örn Pálsson*, 2015. Phytoplankton, nutrients and temperature in Steingrímsfjörður NV-Iceland 2010-2011. *Marine Research in Iceland* 180, 22 pp.

A research program was undertaken at three stations in Steingrímsfjörður, NV-Iceland from May 2010 to May 2011 sampling and measuring phytoplankton, nutrients and temperature. The research was connected to experimental culturing of blue mussel (*Mytilus edulis*) in the fjord which has taken place for some years. The lowest temperature, around 2°C, was found in January to March. Upwarming started in June and maximum temperature was found in August 10-12°C. Late winter concentration of nitrate was 11-13 $\mu\text{mol l}^{-1}$ and silicate 6 $\mu\text{mol l}^{-1}$. Nitrate was depleted in the summer time. Difference in nutrient concentration between stations was negligible.

Chlorophyll *a* concentration was highest in April 2011 13 mg m^{-3} but summer values varied from 1-4 mg m^{-3} . Diatoms bloomed in April with *Thalassiosira* spp and *Chaetoceros* spp as main groups. In the summertime diatoms were found in much lower abundance except for some few species which managed to bloom even in very low nitrate concentration. Dinoflagellates and small flagellates and monads were the important groups during the summer period. One species of dinoflagellates, *Heterocapsa triquetra*, bloomed twice in the summertime with cell numbers up to several hundred thousands pr. litre.

Species able to be toxic for blue mussel were found to be the same as found in other Icelandic fjords that is the dinoflagellates *Alexandrium* spp and *Dinophysis* spp and the diatom group *Pseudo-nitzschia* spp. *Alexandrium* was found in highest abundances in June (>1.000 cells l^{-1}) and July (~4.000 cells l^{-1}) but *Dinophysis* species from July to October, with highest abundances in the end of August (>1.200 cells l^{-1}). In both cases there was a possibility for toxicity in the blue mussels but no measurements were made to confirm that. Abundances of *Pseudonitzschia* spp were generally low, highest number found in the end of July (~70.000 cells l^{-1}).

*Now at Fjarðalax ehf

INNGANGUR

Síðustu áratugi hefur áhugi á ræktun kræklinga til manneldis verið nokkur við strendur Íslands (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993, Valdimar Ingi Gunnarsson *et al.* 2001, Guðrún G. Þórarinsdóttir *et al.* 2007). Mestur áhugi hefur verið að rækta hann inni á fjörðum á böndum sem hanga við yfirborð. Vöxtur og viðkoma kræklinga í slíku eldi er alfarið háð náttúrulegri fæðu og þeim umhverfisaðstæðum sem ríkja á ræktunarsaðnum. Fæða kræklinga eru smáar lífrænar agnir eða smásæjar lífverur sem berast með straumum og eru svifþörungur venjulega uppistaðan í fæðunni (Karl Gunnarsson 2003). Af þessum sökum er nauðsynlegt að gera rannsóknir á umhverfi væntanlegrar kræklingaræktar. Þar má nefna rannsóknir á svifþörungum, magni þeirra og tegundasamsetningu en einnig ýmsum umhverfisþáttum sem áhrif hafa á vöxt svifþörungum svo sem á sjávarhita, seltu og magni næringarefna en þessir þættir hafa mikil áhrif á vöxt þörungum og þar með á vaxtarmöguleika kræklinga. Slíkar rannsóknir hafa verið gerðar á allnokkrum stöðum og má nefna Hvalfjörð (Agnes Eydal 2003a), ýmsa staði á Vestfjörðum (Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996, Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998, Hafsteinn G. Guðfinnsson, óbirt gögn) og Eyjafjörð (Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998). Til viðbótar má nefna rannsókn sem gerð var í Mjóafirði árið 2000 (Karl Gunnarsson 2003).

Auk ofangreinds hafa verið gerðar rannsóknir á vexti og árstíðabreytingum á líffræði kræklinga á nokkrum stöðum við landið síðustu áratugina sem hafa verið teknar saman í grein í Náttúrufræðingnum (Guðrún G. Þórarinsdóttir *et al.* 2007).

Verkefnið „Forsendur fyrir kræklingarækt í Steingrímsfirði” var samstarf Hafrannsóknastofnunar, Atvinnuþróunarfélags Vestfjarða og fyrirtækisins ST2 ehf á Drangnesi ásamt Íslenskum kræklingi ehf, sem eru einskonar regnhlífasamtök kræklingaræktenda á Vestfjörðum. Verkefnið var fjármagnað af Verkefnasjóði Sjávarútvegsins, AVS sjóðnum, Sveitastjórnnum í Strandabyggð og Kaldrananeshreppi, fyrirtækinu ST2 og Hafrannsóknastofnun.

Eitt megin markmið verkefnisins var að gera tilraunaræktun á kræklingi í Steingrímsfirði og Patreksfirði og bera saman líffræði hans og vöxt í þessum tveimur fjörðum. Þeim þáttum hefur verið gerð skil í sérstakri skýrslu (Guðrún G. Þórarinsdóttir *et al.* 2014) og ritrýndri ritgerð (Guðrún G. Þórarinsdóttir *et al.* 2013).

Aðal markmið þess verkefnis sem hér er fjallað um var að afla upplýsinga um breytingar á hita, næringarefnum og magni svifþörungum með árstímum í Steingrímsfirði samhliða ofangreindum athugunum á kræklingi. Þessi gögn munu nýtast til að meta vaxtarskilyrði kræklinga í firðinum og styrkja þannig undirstöðu þekkingu fyrir kræklingarækt í Steingrímsfirði. Í þessum tilgangi voru gerðar mælingar á sjávarhita ásamt því að gera mælingar á styrk næringarefna og á lífmassa svifþörungum og greiningar á tegundasamsetningu þeirra, sérstaklega með tilliti til eitraðra svifþörungum sem geta valdið vandamálum í kræklingaeldi þar sem þörungaeitur getur safnast fyrir í kræklingnum og gert hann óhæfan til neyslu.

EFNIVÍÐUR OG AÐFERÐIR

Steingrímsfjörður er þriðji syðsti fjörðurinn á Ströndum, á austurhluta Vestfjarðakjálkans. Að þeim landshluta liggur Húnaflói og gengur Steingrímsfjörður til vesturs inn úr honum innanverðum. Steingrímsfjörður er stór fjörður, sá langstærsti á Ströndum um 90 km² að flatarmáli. Í mynni hans við innanverða Grímsey er hann um 7,8 km á breidd. Steingrímsfjörður liggur til vesturs þar til komið er inn undir miðjan fjörð. Á þeim slóðum er hann 5,5 til 6 km á breidd. Nálægt kaupúninu Hólmavík mjókkar hann verulega og stefnir til norðvesturs en innsti hluti hans sveigir þaðan til vesturs inn í fjarðarbotn. Lengd Steingrímsfjarðar frá mynni inn í botn er rúmlega 24 km, eftir því hvar mynni hans er skilgreint. Fjörðurinn er alldjúpur og gengur áll inn eftir honum þar sem dýpi er 120 til 130 metrar (mesta dýpi 168 metrar) en dýpi er meira en 80 metrar inn fyrir Reykjanes. Fyrir innan Reykjanes grynnkar hratt og er dýpi á því svæði og inn fyrir Hólmavík 26-36 metrar. Um miðjan innri fjörðinn dýpkar á ný í 60 metra á allstóru svæði en úr því grynnist inn í fjarðarbotn þar sem er um 30 metra

dýpi. Með norðurströnd ytri hluta fjarðarins er mjög aðdjúpt og aðeins smá ræma með landi sem er með minna en 60 metra dýpi. Sunnan megin er ekki alveg eins aðdjúpt, grynkar fyrst á 30-40 metra áður en kemur upp á grynna hlutann með



1. mynd. Sýnatökustaðir í Steingrímsfirði frá apríl 2010 til maí 2011. Bassastaðir eru innst í firðinum, þá Hella um miðbik fjarðarinn og Hafnarhólmi yst (rauðir deplar). Grænir deplar sýna staði þar sem sírítandi hitamælur voru staðsettir.

Figure 1. Sampling stations in Steingrímsfjörður from April 2010 to May 2011. Bassastadir station is located in the innerfjord, Hella in the middle part and Hafnarhólmi in outer part of the fjord (red dots). Green dots show where continuous temperature meters were located.

landi. Sárallitlar opinberar dýptarmælingar liggja fyrir í innri hluta fjarðarinn. Frá suðurströndinni og botni fjarðarinn ganga margir dalir og falla um þá ár til sjávar.

Mælingar á hita voru gerðar með sírítandi hitamælum af gerðinni Starmon Mini frá Stjórn-Odda á 5 og 12 metra dýpi á Bassastöðum og Hella. Mælarnir skráðu hita á 30 mínútna fresti

eða 48 sinnum á sólarhring. Út frá þessum mælingum var reiknaður meðalsjávarhiti hvers sólarhrings fyrir hvort dýpi og niðurstöður gefnar sem dagsmeðaltal hita (°C) á hverjum stað.

Sjósýnum til mælinga á næringarefnum og svifþörungum var safnað á 5 og 15 metra dýpi með Hydro-Bios sjótökum á þremur áðurnefndum stöðum (1. mynd) frá 30. apríl 2010 til 11. maí 2011 í alls 27 leiðöngrum (tafla 1). Einnig var safnað sýnum af svifþörungum með háf sem var með 20 µm möskva. Í lok nóvember og lok janúar voru þó aðeins tekin sýni á einum stað, Hella, þar sem talið var að styrkur næringarefna og útbreiðsla svifþörunganna væri mjög einsleit á þeim tíma og niðurstöður frá Hella gætu gilt fyrir hinar staðina á þessum árstíma. Um tveir mánuðir liðu frá sýnatöku í lok nóvember 2010 fram að sýnatöku í lok janúar 2011, þar sem engin sýni voru tekin á stöðunum í desember 2010 og var það eini mánuðurinn sem sýnataka féll niður. Í töflu 2 má sjá fjölda sýna sem safnað var á hverjum stað. Í tengslum við lagningu straummæla í firðinum í desember 2010 voru tekin næringarefnasýni á mörgum stöðum í firðinum og þar með nærri þeim þremur stöðum sem hér um ræðir. Niðurstöður úr mælingum á þeim sýnum nýtast í þessu verkefni þar sem útbreiðsla næringarefna er mjög jafndreifð í firðinum á þessum árstíma.

Sýnum til næringarefnamælinga var safnað á 5 og 15 metra dýpi á hverjum stað eða 6 sýnum alls í flestum leiðöngrum. Sjór úr sjótökum (200 ml) var safnað í plastflösku og sýnið fryst þegar komið var í land. Mælingar fóru fram síðar á Hafrannsóknastofnun eftir stöðluðum aðferðum.

Tafla 1. Sýnatökustaðir, staðsetning, botndýpi og mælingar- og söfnunardýpi í Steingrímsfirði.

Table 1. Stations, positions of stations, bottom depth at sampling stations and sampling depths for temperature, nutrients, chlorophyll a, and phytoplankton in Steingrímsfjörður.

Stöð	Staður	Botndýpi m	Hitamælingar Sírítandi (m)	Söfnunardýpi (m) Næringarefni	Söfnunardýpi (m) Blaðgræna a	Söfnunardýpi (m) Svifþörungur	Háfsýni Svifþörungur
Hafnarhólmi	65°41'365"N 21°33'41"W	21		5	5	5	0-5 m
				15	15	15	
Hella	65°43'13"N 21°37'76"W	22	5	5	5	5	0-5 m
			12	15	15	15	
Bassastaðir	65°46'07" N 21°42'56"W	24	5	5	5	5	0-5 m
			12	15	15	15	

Mælt var magn nitrats (NO_3), fosfats (PO_4) og silikats (SiO_2). Næringarefnasýnin voru síuð með Whatman PURADISC sprautufilter til að forðast áhrif frá svifögnum á mælinguna, sérstaklega vegna fosfatmælinganna. Til efnagreininga var notaður Seal autoanalyzer með 3 rásam og samtímis mælt nitrát, fosfat og kísill. Aðferðirnar voru samkvæmt Grasshoff (1970), nema fyrir fosfat þar sem notuð var aðferð Murphy & Riley (1962), sem aðlöguð var sjálfvirkum efnagreiningaútbúnaði. Nánari lýsingu á aðferðum má finna í Sólveig Ólafsdóttir, 2006.

Sýnum til blaðgrænu mælinga var safnað á 5 og 15 metra dýpi á hverjum stað eða 6 sýnum alls í flestum leiðöngurum. Sjó úr sjótökum (1 lítri) var safnað í merktar plastflöskur og þær síðan

(hexamín). Sýninu var síðan blandað vel og geymt þar til frekari úrvinnsla fór fram. Þegar kom að úrvinnslu var hún gerð eftir aðferð Utermöhls (1931) og Hasle (1978a & 1978b). Sýni var blandað vandlega og 50 ml hellt í talningarhólk og látið standa í 24 klst. Við það botnfalla svifþörungarnir en þeir eru síðan taldir og greindir til tegunda og hópa í öfugri (inverted) smásjá. Talningar voru gerðar á öllum fleti m.t.t. eitraðra svifþörungna en hluti botnsins var talinn vegna annarra tegunda eða hópa. Unnið var úr sýnum frá 5 m dýpi á öllum þremur stöðum í firðinum og einnig úr völdum sumarsýnum frá 15 m dýpi á Hafnarhólma til að kanna útbreiðslu eitraðra svifþörungna með dýpi.

Á hverjum stað var svifháf með 20 μm möskva

Tafla 2. Fjöldi næringarefna- og svifþörungasýna sem safnað var á þremur stöðvum í verkefninu.

Table 2. Number of nutrient and phytoplankton samples at three stations in Steingrímsfjörður.

Stöð	Staður	Fjöldi Næringarefni	Fjöldi Blaðgræna <i>a</i>	Fjöldi Talningarsýni	Fjöldi Háfsýni
Hafnarhólmi	65°41'365"N 21°33'41"W	46	48	44	19
Hella	65°43'13"N 21°37'76"W	48	52	50	20
Bassastaðir	65°46'07" N 21°42'56"W	45	48	46	18
Samtals		139	148	140	57

geymdar í kæliboxi þar til komið var í land. Þá var sjórinn síaður í gegnum GF/F Whatman síur með sögi. Sían var síðan brotin saman, pakkað inn í álfilmu og fryst en mæling fór fram síðar. Mæling á blaðgrænu *a* var gerð á Hafrannsóknastofnun í Reykjavík. Síurnar voru þýddar upp og lagðar í 90% aceton í 24 klst. Ljósgeypni vökvans var síðan mæld í litrófsmæli (Strickland & Parsons 1972). Útreikningar gáfu styrk blaðgrænu *a* í milligrömmum í einum rúmmetra af sjó (mg m^{-3}). Þegar rætt er um blaðgrænu í texta er átt við blaðgrænu *a*.

Sýnum til greininga og talninga á svifþörungum var safnað á 5 og 15 metra dýpi á öllum stöðum eða 6 sýnum í flestum leiðöngurum. Sjó úr sjótökum (100 ml) var safnað í brúna glerflösku og í hana bætt 2 ml af 20% formalíni, hlutleystu

rennt í sjóinn niður á 5 metra dýpi og hann síðan dreginn upp aftur. Þetta var endurtekið þrisvar sinnum. Svifþörungur sem þannig eru veiddir í háfínn safnast fyrir í sérstöku háfglas sem er í enda háfsins. Sýnið var tekið úr háfnum og bætt í það 1 ml af hlutleystu 20% formalíni (hexamín) til að varðveita það til síðari skoðunar. Sýnin voru notuð til að greina helstu tegundir í smásjá, sem komu fyrir á hverjum sýnatökustað. Með greiningar og nöfn tegunda er farið samkvæmt Tomas (1997) en Throndsen *et al.* (2003) ef tegundir komu ekki fyrir í fyrstnefndu bókinni. Auk þessara bóka voru notaðar ýmsar greiningahandbækur um svifþörungna.

Hluti þeirra mynda sem birtar eru í þessari skýrslu voru unnar í forritinu Ocean Data View (Schlitzer 2011).

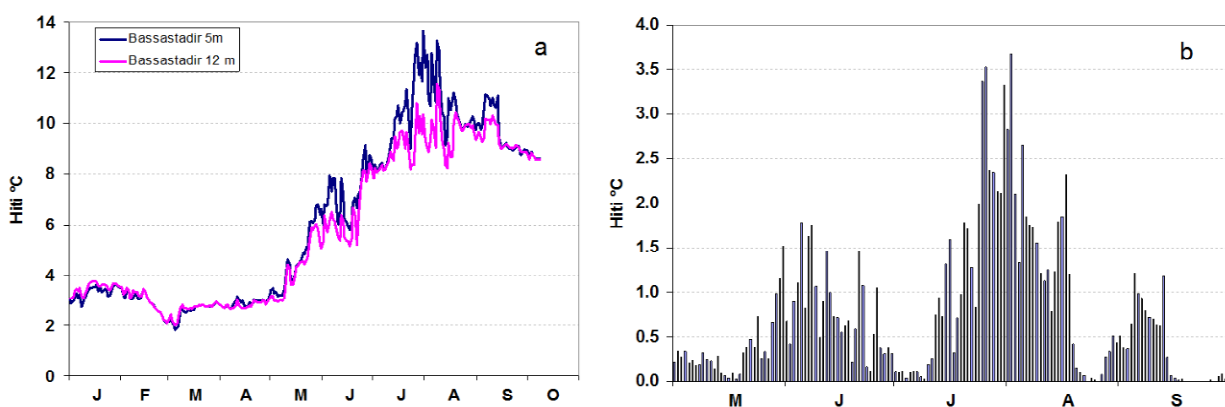
NIÐURSTÖÐUR

Hiti

Á Bassastöðum var hiti í janúar til apríl á 5 og 12 m dýpi frá 2 – 4°C og varð lægstur í byrjun mars um 2°C (2. mynd a). Í maí byrjaði að hlýna og náði hitinn hámarki í lok júlí og byrjun ágúst. Þá var hitinn á 5 m dýpi 12-13°C en rúmlega 10°C á 12 m dýpi. Frá ágúst fór hitinn fallandi fram á haustið. Mismunur á hita á 5 og 15 m dýpi er sýndur á 2. mynd b. Frá miðjum maí til júniloka var hitamunur á 5 og 12 metra dýpi 0,5 til 1°C sem gaf til kynna að veikt hitaskiptalag væri

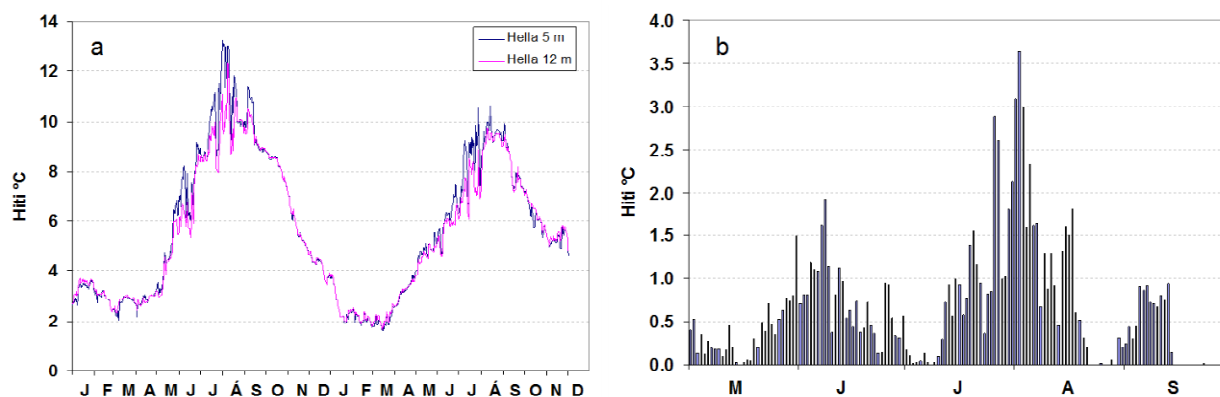
fyrir hendi. Það brotnaði svo niður í byrjun júlí en myndaðist aftur þegar líða fór á mánuðinn og varð mjög sterkt frá miðjum júlí til miðs ágúst og varð hitamunurinn allt að 3,5°C þegar mest var (2. mynd b). Þá brotnaði hitaskiptalagið niður en síðan myndaðist aftur veikt hitaskiptalag í lok ágúst fram undir miðjan september þar sem hitamunur á 5 og 12 metra dýpi var frá 0,4 til 1°C. Eftir það var hitinn svipaður í báðum dýpum en mælingar ná aðeins fram í byrjun október.

Á Helli var hiti frá janúar til fyrstu viku í maí vorið 2010 á 5 og 12 m dýpi frá 2,5 – 3,5°C.



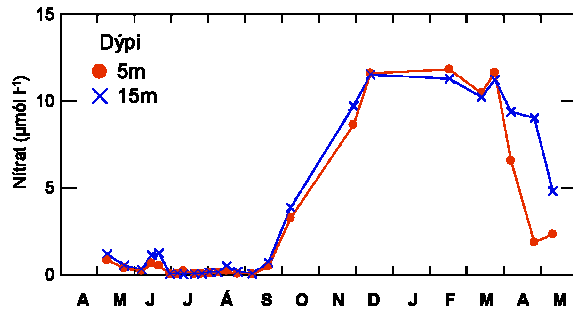
2. mynd. Daglegar breytingar í sjávarhita á 5 og 12 metra dýpi við Bassastaði í Steingrímsfirði frá janúar til október 2010 (a) og mismunur á sjávarhita á 5 og 12 m dýpi á sömu stöð frá maí til september 2010 (b).

Figure 2. Daily changes in seawater temperature at 5 and 12 m depth at Bassastadir in Steingrímsfjörður from January to October 2010 (a) and temperature difference at 5 and 12 m depth at the same station from May to September 2010 (b).



3. mynd. Daglegar breytingar í sjávarhita á 5 og 12 metra dýpi við Helli í Steingrímsfirði frá janúar 2010 til desember 2011 (a) og mismunur á sjávarhita á 5 og 12 m dýpi á sömu stöð frá maí til september 2010 (b).

Figure 3. Daily changes in seawater temperature at 5 and 12 m depth at Hella in Steingrímsfjörður from January 2010 to December 2011 (a) and temperature difference at 5 and 12 m depth at the same station from May to September 2010 (b).



4. mynd. Meðalstyrkur nitrats (NO_3 , $\mu\text{mól l}^{-1}$) á 5 og 15 metra dýpi á þremur stöðum í Steingrímsfjörð frá apríl 2010 til maí 2011.

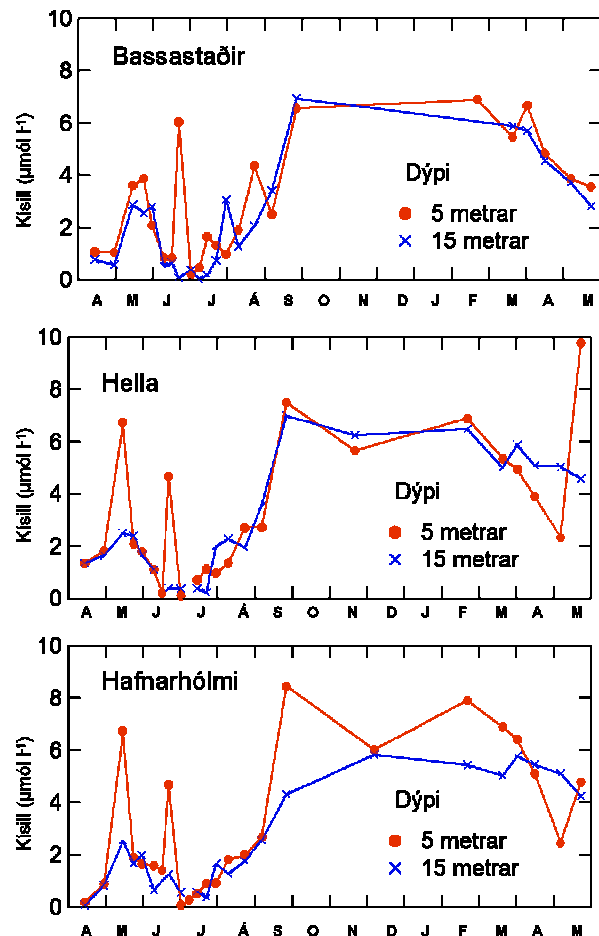
Figure 4. Mean nitrate concentration (NO_3 , $\mu\text{mól l}^{-1}$) at 5 and 15 meters depth at three stations in Steingrímsfjörður from April 2010 to May 2011.

Aðeins í fáeinna daga í mars sló hann niður í um 2°C (3. mynd a). Í maí byrjaði að hlýna og náði hitinn hámarki í lok júlí og byrjun ágúst $10-13^\circ\text{C}$ á 5 m dýpi en heldur lægri á 12 m dýpi. Frá ágúst fór hitinn fallandi samtímis á báðum dýpum fram á haustið og var sá sami á báðum dýpum. Vorið 2011 var hitinn heldur lægri í janúar til mars en vorið 2010 eða um 2°C (3. mynd a). Í apríl 2011 fór að hlýna, sem er nokkru fyrr en vorið 2010 þegar hlýnun hófst í maí, og hlýnaði markvisst fram í lok júlí þegar hámarks-hita sumarsins var náð. Hámarkshiti varð þó aldrei jafn hár og sumarið 2010 eða tæpar 10°C í samanburði við 12°C sumarið 2010. Hitinn fór síðan að falla er líða tók á ágúst og var á milli 5 og 6°C í byrjun desember 2011 þegar mælingum lauk (3. mynd a).

Mismunur á hita á 5 og 15 m dýpi er sýndur á 3. mynd b. Frá miðjum maí til júníloka árið 2010 var hitamunur á 5 og 12 metra dýpi $0,5$ til 1°C sem gaf til kynna að veikt hitaskiptalag væri fyrir hendi. Það brotnaði svo niður í byrjun júlí en myndaðist aftur þegar líða fór á mánuðinn og varð allsterkt frá miðjum júlí til miðs ágúst og var hitamunurinn á því tímabili allt að $3,5^\circ\text{C}$ þegar mest var (3. mynd b) en lengst af um 1°C . Þá brotnaði hitaskiptalagið niður. Síðan myndaðist aftur veikt hitaskiptalag í byrjun september þar sem hitamunur á 5 og 12 metra dýpi var allt að $0,8^\circ\text{C}$ en það stóð stutt við. Eftir það var hitinn svipaður á báðum dýpum fram eftir haustinu 2010.

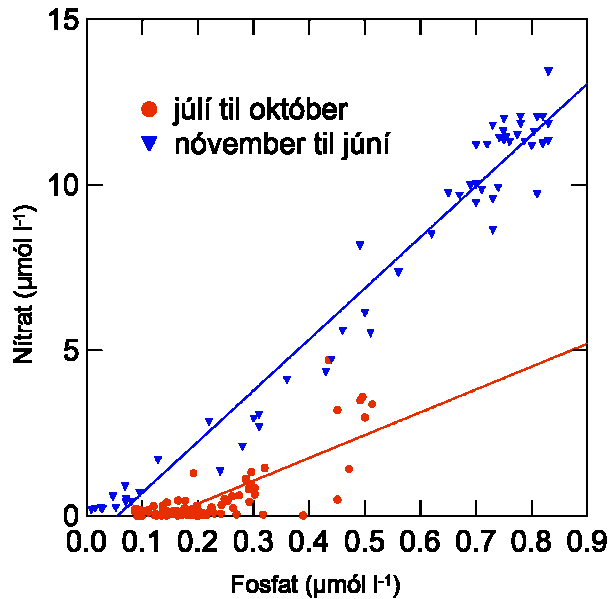
Næringarefni

Hverfandi munur var á styrk nitrats milli staða og með dýpi í þessari rannsókn frá maí 2010 og fram í apríl 2011 er vorblómi hófst á ný (4. mynd). Þegar mælingar hófust í byrjun maí 2010 var styrkur nitrats þegar mjög lágur eða á bilinu $0,2-2,8 \mu\text{mól l}^{-1}$ á öllum þremur mælistöðunum. Styrkurinn hélst lágur allt fram í lok september er hann fór hægt vaxandi og náði hámarks vetrarstyrk í desember og hélst svo 11 til $13 \mu\text{mól l}^{-1}$ þar til snemma í apríl 2011 er vorblómi svifþörungna hófst á nýjan leik. Í apríl og maí 2011 var munur á styrknum með dýpi allt að $6-8 \mu\text{mól l}^{-1}$ seint í apríl með lægri styrk á 5 metra dýpi en þessi munur minnkaði þegar á leið vorið.



5. mynd. Styrkur kisils (SiO_2 , $\mu\text{mól l}^{-1}$) á 5 og 15 metra dýpi á þremur stöðum í Steingrímsfjörð frá apríl 2010 til maí 2011. Efst Bassastaðir, miðja Hella, neðst Hafnarhólmi.

Figure 5. Silicate concentration (SiO_2 , $\mu\text{mól l}^{-1}$) at 5 and 15 meters depth at three stations in Steingrímsfjörður from April 2010 to May 2011. Bassastaðir upper, Hella middle, Hafnarhólmi lower.



6. mynd. Samband fosfats og nitrats á 5 og 15 metra dýpi á þremur stöðum í Steingrímsfirði frá apríl 2010 til maí 2011.

Figure 6. The relationship between phosphate and nitrate at 5 and 15 meters depth at three stations in Steingrímsfjörður from April 2010 to May 2011.

Kísilstyrkur var breytilegri enda er mikill munur á kísilstyrk í sjó og fersku vatni þar sem ferskvatnsblöndun eykur mjög á styrk kísils. Kísilstyrkur sem fall af tíma er sýndur á 5. mynd. Greinilegt er að meiri sveiflur eru í kísilstyrk á 5 metra dýpi en á 15 metra dýpi á öllum stöðunum og að ferskvatnsáhrif sem speglast í hækkun á kísilstyrk koma oftast fram á öllum þremur stöðunum á sama tíma. Þó er oftast hærri kísilstyrkur á Bassastöðum heldur en á hinum stöðunum. Styrkurinn að vetrarlagi var um $6 \mu\text{mól l}^{-1}$ á öllum stöðum en varð mjög lágur eða minni en $1 \mu\text{mól l}^{-1}$ að sumarlagi einkum á 15 m dýpi.

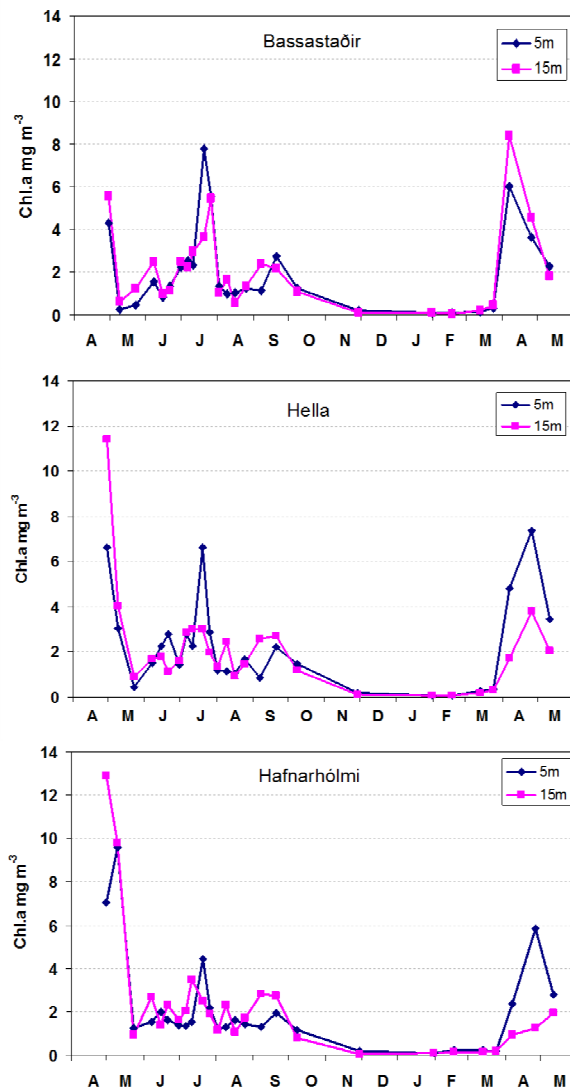
Köfnunarefni er almennt talið takmarkandi fyrir vöxt svifþörungna hér við land en rannsóknir hafa sýnt að síðla sumars og fram á haust er töluverður hluti köfnunarefnisins bundinn í lífræn efni en vitað er að sumir svifþörungar geta nýtt sér þau efnaform til vaxtar og viðhalds (Sólveig Ólafsdóttir 2003; Hafrannsóknastofnun, óbirt gögn). Samband fosfats og nitrats (6. mynd) gefur til kynna að svo sé einnig í Steingrímsfirði. Á 6. mynd eru sýnd tengsl nitrats og fosfats þar sem greinarmunur er gerður á gögnum frá tímabilinu júlí til október annars vegar og öðrum

mánuðum hins vegar. Síðsumars og fram á haust er styrkur nitrats hlutfallslega lægri en fosfats. Línuleg tengsl á milli styrks fosfats og nitrats frá júlí til október eru $\text{NO}_3 = 8,0 \pm 0,7 \text{ PO}_4 - 1,3 \pm 0,2$ ($n=66$, $r^2=0,68$) og fyrir restina af árinu eru þau $\text{NO}_3 = 16,3 \pm 0,5 \text{ PO}_4 - 1,7 \pm 0,2$ ($n=81$, $r^2=0,94$).

Svifþörungar

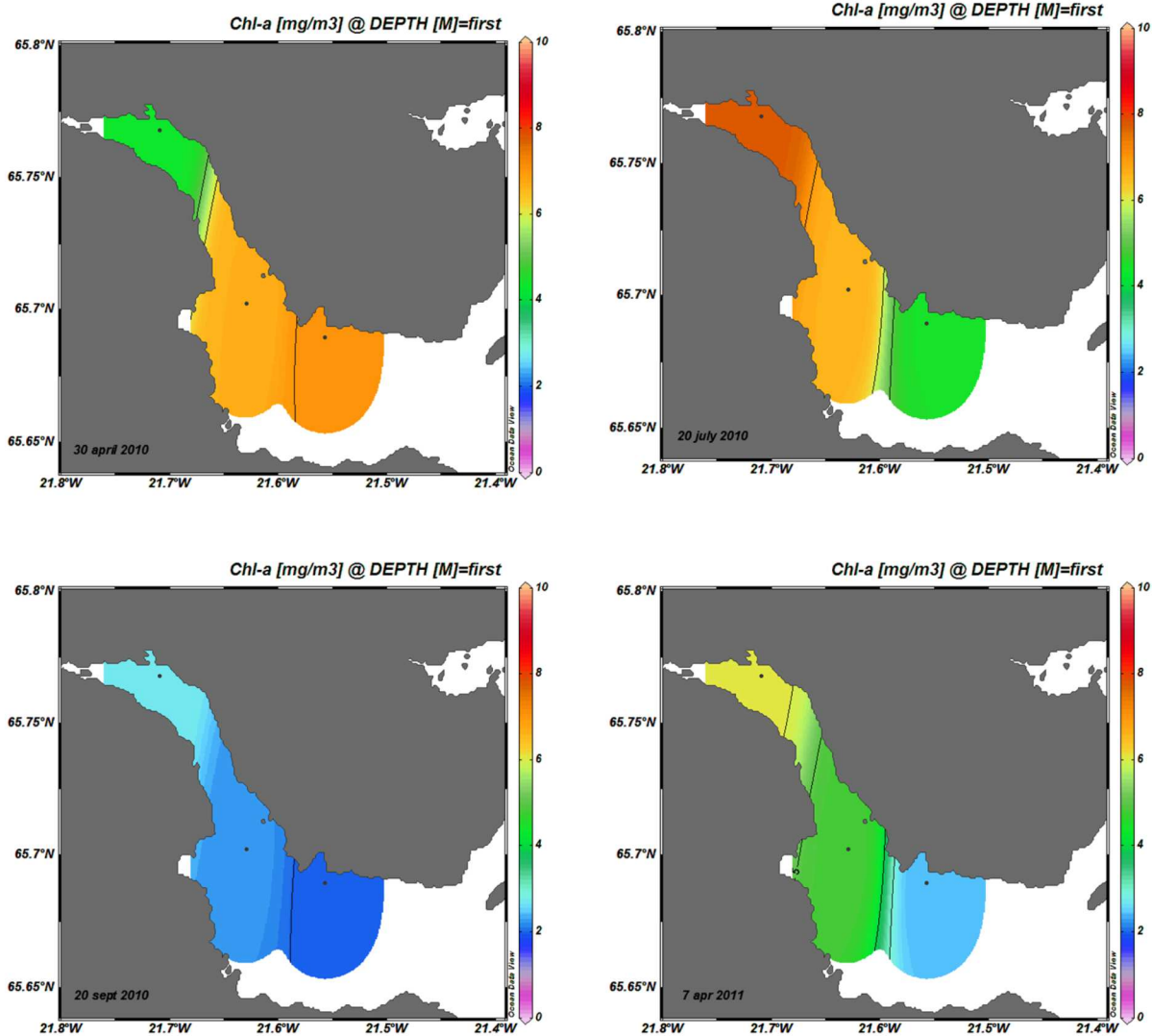
Magn blaðgrænu

Þegar mælingar hófust í lok apríl 2010 voru



7. mynd. Magn blaðgrænu a (mg m^{-3}) á 5 og 15 metra dýpi á þremur stöðum í Steingrímsfirði frá apríl 2010 til maí 2011. Efst Bassastaðir, miðja Hella, neðst Hafnarhólmi.

Figure 7. Chlorophyll a concentration (mg m^{-3}) in 5 and 15 meters depth at three stations in Steingrímsfjörður from April 2010 to May 2011. Bassastaðir upper, Hella middle, Hafnarhólmi lower.



8. mynd. Útbreiðsla blaðgrænu- a (mg m^{-3}) á 5m dýpi í Steingrímsfjörðum í apríl 2010 (efri til vinstri), júlí 2010 (efri til hægri), september (neðri til vinstri) og í apríl 2011 (neðri til hægri).

Figure 8. Chlorophyll a at 5 m (mg m^{-3}) depth in Steingrímsfjörður in April 2010 (upper left), July 2010 (upper right), September (lower left) and in April 2011 (lower right).

blaðgrænegildi mjög há á öllum þremur mælistöðunum eða 6 mg m^{-3} á Bassastöðum, rúm 11 mg m^{-3} á Hellu og um 13 mg m^{-3} á Hafnarhólma (7. mynd). Voru þetta hæstu blaðgrænegildi sumarsins á Hellu og Hafnarhólma en á Bassastöðum mældist enn hærri blaðgræna í júlí þetta ár. Eftir að vorhámakið var liðið hjá féll blaðgrænumagn niður í um 1 mg m^{-3} á öllum stöðum (7. mynd). Í framhaldinu var allnokkur gróður í firðinum yfir sumarið með mörgum minni toppum þar sem blaðgrænumagnið sveiflaðist frá 1 til 4 mg m^{-3} á öllum stöðum með

fáeinum undantekningum (7. mynd). Eftir svoltið hausthámark blaðgrænu í september fór gróðrinum hnignandi eftir því sem leið á haustið og var kominn í lágmark í lok nóvember (7. mynd). Í mars 2011 fór blaðgræna að aukast á ný og náði hámarki á Bassastöðum í byrjun apríl en örlítið síðar á ytri stöðunum Hellu og Hafnarhólma. Hæstu blaðgrænegildi í apríl 2011 voru frá 6 til rúmlega 8 mg m^{-3} (7. mynd). Lítt munur var á blaðgrænu magni á 5 og 15 m dýpi nema í einstaka tilvikum t.d. á tímabilinu apríl til maí vorið 2011 á Hellu og Hafnarhólma.

Útbreiðsla blaðgrænu á 5 m dýpi er sýnd í innri hluta fjarðarins á 8. mynd. Í lok apríl 2010 var meira blaðgrænumagn um miðbik fjarðarins en innst í honum. Í júlí var meiri blaðgræna innanvert í firðinum en utar. Í september var blaðgræna farin að minnka og fannst svipað magn frá Hafnarhólma og inn á Bassastaði. Í byrjun apríl 2011 sést svo að blaðgrænumagn var meira innar í firðinum en utar (8. mynd).

Tegundasamsetning svifþörungur

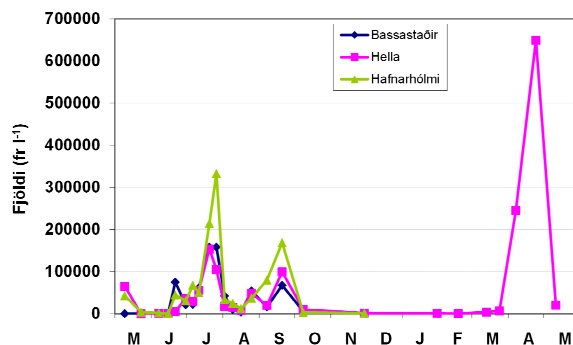
Við tegundagreiningar og talningar á svifþörungum var lögð áhersla á að greina tegundir sem geta valdið eitrunum í skelfiski þar sem verkefnið í heild hafði það að markmiði að kanna vaxtaraðstæður kræklinga í firðinum. Engu að síður voru allir svifþörungur greindir til tegunda ef unnt var en annars til ættkvíslar eða flokks. Í þessum kafla verður fyrst og fremst fjallað um flokka svifþörungur og algengustu tegundir en fjallað verður um eittraða svifþörungur í sérstökum kafla hér á eftir.

Alls greindust 80 tegundir svifþörungur í Steingrímsfirði og auk þess 31 til ættkvíslar (viðauki 1). Af kísilþörungum fundust 31 tegund auk 10 sem greindar voru til ættkvíslar en af skorupþörungum voru greindar 35 tegundir auk 17 sem greindar voru til ættkvíslar. Auk þessa greindust 14 tegundir sem tilheyra ýmsum öðrum hópum svifþörungur og 4 sem greindar voru til ættkvísla. Af bifdýrum greindust 14 tegundir auk 4 sem greindar voru til ættkvísla. Heldur fleiri tegundir greindust innar í firðinum þ.e. á Hellu og Bassastöðum en á Hafnarhólma sem er utar í firðinum. Flestar tegundir kísilþörungur voru greindar á Hellu en flestar tegundir skorupþörungur á Bassastöðum.

Kísilþörungur

Þegar sýnatökur hófust í maíbyrjun var vorhámark kísilþörungur um garð gengið og fjöldi þeirra á niðurleið (9. mynd). Í júlí fjölgaði þeim á öllum stöðum í senn. Helstu tegundir voru af ættkvíslum *Pseudo-nitzschia*, *Rhizosolenia* og *Leptocylindrus*. Á tveimur innri stöðunum fannst einnig mikill fjöldi í júlí af smárri *Nitzschia* tegund, á Bassastöðum ($2.100.000 \text{ fr l}^{-1}$) og Hellu ($800.000 \text{ fr l}^{-1}$) en hún fannst ekki á Hafnarhólma. Fjöldi fruma af þessari tegund kemur því til viðbótar þeim fjölda kísilþörungur sem fannst á

Bassastöðum og Hellu í júlí en var tekin út úr heildarfjölda kísilþörungur á 9. mynd til að sjá stóru drættina í breytingum þeirra milli stöðvanna. Þá sést að mest var af öðrum kísilþörungum á Hafnarhólma í júlí (9. mynd). Kísilþörungur mynduðu hausthámark í september þar sem helstu tegundir voru af ættkvíslunum *Thalassiosira* og *Chaetoceros* og var þá einnig mestan fjöldi fruma að finna á Hafnarhólma (9. mynd).

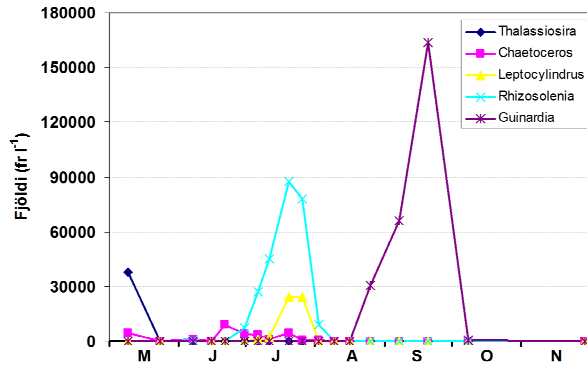


9. mynd. Fjöldi kísilþörungur (frumur í lítra) á 5 m dýpi í Steingrímsfjörður frá maí 2010 til maí 2011 á Bassastöðum, Hellu og Hafnarhólma. Frá janúar til maí 2011 voru aðeins tekin sýni á Hellu.

Figure 9. Abundance of diatoms (cells per litre) at 5 m depth in Steingrímsfjörður from May 2010 to May 2011 at station Bassastaðir, Hella and Hafnarhólmi. From January to May 2011 sampling was carried out on Hella only.

Talningar liggja fyrir frá Hellu vorið 2011 en þá mynduðu kísilþörungur mikið vorhámark í apríl ($650.000 \text{ fr l}^{-1}$) (9. mynd). Aðaltegundir voru *Thalassiosira nordenskiöldii* og *Chaetoceros furcellatus* ásamt nokkrum fleiri tegundum mjög smárra *Chaetoceros* tegunda. Áberandi er hve fjöldi kísilþörungur fellur hratt í kjölfarið því 11. maí er fjöldi þeirra kominn niður í 15.000 fr l^{-1} (9. mynd).

Frumufjöldi helstu ættkvísla kísilþörungur eru sýndar á 10. mynd fyrir Hafnarhólma. *Thalassiosira* tegundir fundust aðallega að vori og einnig að hausti. Þær komu fyrir í miklum fjölda vorið 2011 ásamt *Chaetoceros* tegundum en þær síðarnefndu voru viðvarandi í svifinu frá vori til hausts en aldrei í miklum fjölda. *Leptocylindrus* og *Rhizosolenia* tegundir fundust aðallega um mitt sumar þ.e. í júlí og tegundin *Guinardia delicatula* myndaði mikinn topp í ágúst til september 2010.

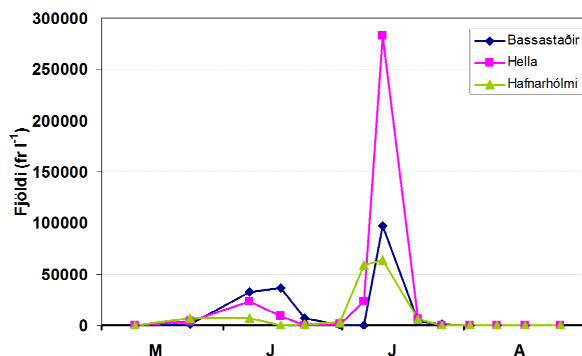


10. mynd. Frumufjöldi nokkurra ættkvísla kislþörunga (frumur í lítra) á 5 m dýpi á Hafnarhólma í Steingrímsfyrði frá maí til nóvember 2010.

Figure 10. Abundance of some diatom genera (cells per litre) at 5 m depth station Hafnarhólmi in Steingrímsfjörður from May to November 2010.

Skoruþörungar

Breytingar á fjölda skorubörunga á öllum þremur stöðunum voru mjög svipaðar frá vori til hausts þó fjöldinn væri stundum misjafn eftir stöðum (11. mynd). Yfir sumarið sveiflaðist fjöldinn frá 50.000 til 150.000 fr l⁻¹. Tveir miklir toppar urðu í júní og júlí á Hellu þar sem frumufjöldi varð hærri en 270.000 fr l⁻¹ og að hausti má sjá að fjöldi skorubörunga á Hafnarhólma var talsvert hærri í september og október en á innri stöðunum (11. mynd). Fjöldi skorubörunga dvínar mjög yfir vetrarmánuðina en fór að vaxa aftur þegar kom fram í apríl 2011.

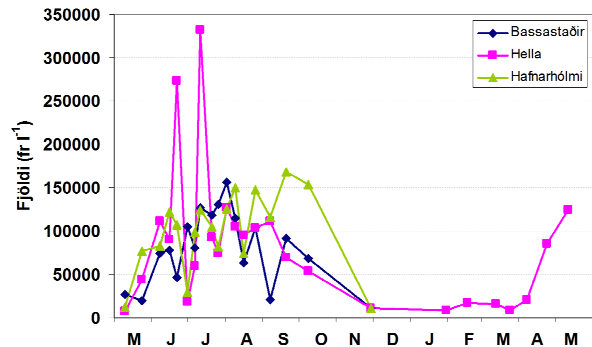


12. mynd. Fjöldi *Heterocapsa triquetra* (frumur í lítra) á 5 m dýpi í Steingrímsfyrði frá maí til ágúst 2010 á Bassastaðum, Hellu og Hafnarhólma.

Figure 12. Abundance of *Heterocapsa triquetra* (cells per litre) at 5 m depth in Steingrímsfjörður from May to August 2010 at station Bassastaðir, Hella and Hafnarhólmi.

Helstu tegundir/hópar skorubörunga

Tegundin *Heterocapsa triquetra* er algeng í fjarða og grunnsvæissvifi á Íslandi og finnst yfirleitt í litlu magni þ.e. hundruðum fruma í lítra og sjaldnar í þúsundum. Hún fannst aftur á móti í óvenju miklum mæli á öllum stöðum í Steingrímsfyrði í júní og júlí (12. mynd). Í júní var fjöldi hennar mestur á Bassastaðum innst í fyrðinum (12. mynd) en minni utar. Í júlí var fjöldinn mestur á Hellu (289.200 fr l⁻¹) en minni innar og utar í fyrðinum þó hann væri líka hár á þeim stöðvum (Bassastaðir 96.800 fr l⁻¹, Hafnarhólmi 64.000 fr l⁻¹) (12. mynd). Aðrar tegundir skorubörunga komu fyrir í litlu magni en voru þó viðvarandi í svifinu. Má þar nefna *Gymnodinium lohmannii*, *Prorocentrum balticum*



11. mynd. Fjöldi skorubörunga (frumur í lítra) á 5 m dýpi í Steingrímsfyrði frá maí 2010 til maí 2011 á Bassastaðum, Hellu og Hafnarhólma. Frá janúar til maí 2011 voru aðeins tekin sýni á Hellu.

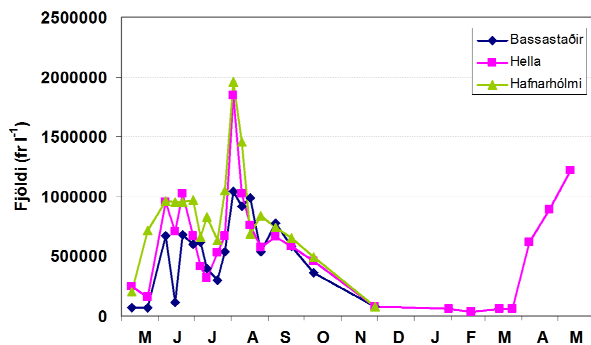
Figure 11. Abundance of dinoflagellates (cells per litre) at 5 m depth in Steingrímsfjörður from May 2010 to May 2011 at station Bassastaðir, Hella and Hafnarhólmi. From January to May 2011 sampling was carried out on Hella only.

og *Scrippsiella trochoidea*. Margar tegundir fundust af sumum ættkvíslum þó frumufjöldi þeirra væri lítill og má þar nefna *Ceratium* (*C. furca*, *C. fusus*, *C. lineatum*, *C. longipes*) og *Protoperidinium* (t.d. *P. bipes*, *P. brevipes*, *P. ovatum*, *P. pallidum*, *P. pellucidum*, *P. steinii*).

Smáir svifþörungar

Breytingar á fjölda smárra svifþörunga var mikill frá vori til hausts en fylgdi svipuðu munstri á öllum þremur stöðunum (13. mynd). Fjöldinn breyttist frá nokkrum hundruðum þúsunda að vori upp í næstum 2 milljónir fruma í lítra þegar mest var í ágúst. Hámörk í júní og ágúst voru hærri á Hellu og Hafnarhólma en á Bassastaðum.

Stærstur hluti smárra svifþörungur var greindur í tvo stærðarflokka, því flestar þessara fruma eru ógreinanlegar til tegunda eftir fixingu með formalíni. Algengustu tegundir af þeim sem voru greindar voru *Leucocryptos marina*, *Monosiga marina*. Tegundir sem komu fyrir í skamman tíma en í allmiklum eða miklum mæli voru t.d.



13. mynd. Fjöldi smárra svifþörungur (frumur í lítra) á 5 m dýpi í Steingrímsfirði frá maí 2010 til maí 2011 á Bassastöðum, Hella og Hafnarhólma. Frá janúar til maí 2011 voru aðeins tekin sýni á Hella.

Figure 13. Abundance of small flagellates and monads (cells per litre) at 5 m depth in Steingrímsfjörður from May 2010 to May 2011 at station Bassastöðum, Hella and Hafnarhólmi. From January to May 2011 sampling was carried out on Hella only.

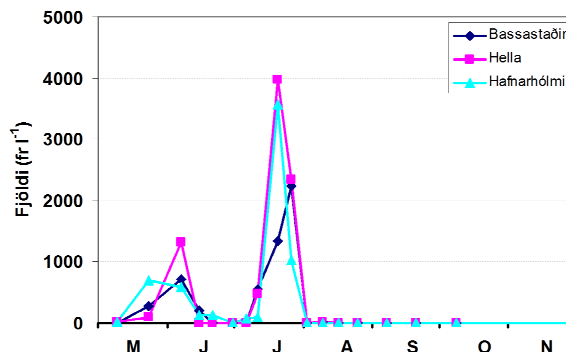
augnþörungurinn *Eutreptiella braarudii* sem fannst í þúsundum fruma vorið 2010 (3.000-5.000 fr l⁻¹) á Hella og aftur vorið 2011 í maí (347.700 fr l⁻¹). Kalksvifþörungurinn *Emiliana huxleyi* fannst í nokkrar vikur í ágúst 2010 á öllum stöðum og var hæsti frumufjöldi frá 595.000 fr l⁻¹ á Bassastöðum, 1.129.000 fr l⁻¹ á Hella og 1.454.000 fr l⁻¹ á Hafnarhólma og var tegundin í meiri hluta smárra svifþörungur á þessum tíma á öllum stöðum.

Eitraðir svifþörungur

Greindar voru helstu tegundir eitraðra svifþörungur í sjósýnunum sem þekktar eru við Ísland og geta valdið eitrunum í skelfiski. Einkum er um að ræða tvær ættkvíslir skorupþörungur þ.e. *Dinophysis* spp sem geta valdið DSP eitrunum (diarrhetic shellfish poisoning) og *Alexandrium* spp sem geta valdið PSP eitrunum (paralytic shellfish poisoning) og ein ættkvísl kísilþörungur þ.e. *Pseudo-nitzschia* spp sem getur valdið ASP eitrunum (amnesic shellfish poisoning). Eitur af völdum tveggja fyrri hópanna hefur oftsinnis mælst í íslenskum kræklingi en eitur af völdum síðast talda hópsins aldrei. Viðmiðunarmörk á Íslandi um hættu á eitrun í skelfiski (kræklingi) fyrir ofangreindar ættkvíslir

eru fyrir *Dinophysis* tegundir 500 frumur í lítra, fyrir *Alexandrium* tegundir 20 frumur í lítra og fyrir *Pseudo-nitzschia* tegundir 100.000 – 200.000 frumur í lítra (<http://www.hafro.is/voktun/vidmid.htm>). Ef frumufjöldi þessara ættkvísla fer yfir þessi mörk í sjósýnum er talið að hætta geti verið á eitrun í skelfiski. Aðrar tegundir svifþörungur sem geta valdið eitrunum í skelfiski fundust í svo litlum mæli að ekki er talið líklegt að af þeim stafi hætta þó aldrei sé hægt að útiloka að slíkt geti gerst í framtíðinni ef heppilegar aðstæður myndast til vaxtar.

Alexandrium tegundir fundust aðallega fyrrihluta sumars á öllum stöðum í Steingrímsfirði (14. mynd). *Alexandrium* spp myndaði tvo toppa á öllum þremur stöðunum á sama tíma. Sá fyrri varaði frá maí til júní þar sem frumufjöldi var frá 720 til 1.320 fr l⁻¹ og mestur fjöldi fannst á Hella. Í júlí fannst annar toppur af *Alexandrium* tegundum sem var öllu meiri en sá fyrri. Hæstur frumufjöldi fannst á Hella og Hafnarhólma (3.580 fr l⁻¹ og 3.980 fr l⁻¹) en nokkru lægri gildi fundust á Bassastöðum (14. mynd).

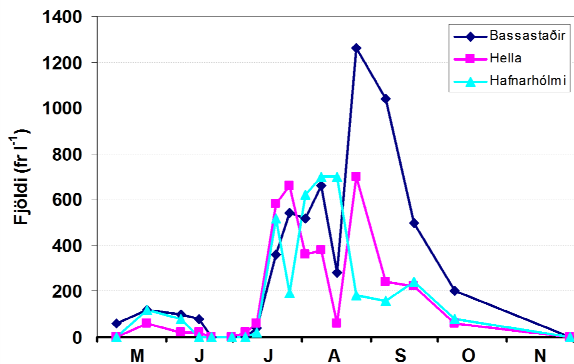


14. mynd. Fjöldi (frumur í lítra) eiturþörungur af ætt *Alexandrium* spp á 5 m dýpi á Bassastöðum, Hella og Hafnarhólma í Steingrímsfirði frá maí til nóvember 2010.

Figure 14. Number (cells per litre) of toxic algae *Alexandrium* spp (*Dinoflagellates*) at 5 m depth at station Bassastöðum, Hella and Hafnarhólmi in Steingrímsfjörður from May to November 2010.

Svipaður fjöldi fannst af *Alexandrium* spp á 15 m dýpi á Hafnarhólma og á 5 dýpi, mest 3.400 fr l⁻¹ þann 20. júlí. *Alexandrium* tegunda varð ekki vart í svifinu seinni hluta sumars. Tvær tegundir voru greindar, *A. ostenfeldii* sem var algengari og *A. tamarensis*.

Dinophysis tegundir fundust í litlum mæli fyrir hluta sumars en í meira magni síðsumars þegar fjöldi þeirra var 500 til 700 fr l⁻¹ svo vikum skipti á 5 m dýpi (15. mynd). Mestur fjöldi *Dinophysis* fannst seint í ágúst (1.260 fr l⁻¹) á Bassastöðum og í byrjun september (1.040 fr l⁻¹). *Dinophysis* tegundir fundust fram í október en voru horfnar úr svifinu í lok nóvember. Algengasta tegundin var *D. acuminata* en einnig fundust *D. rotundata* og *D. norvegica*. Þá fannst einnig tegundin *D. ruudii* sem ekki er talin eitruð.



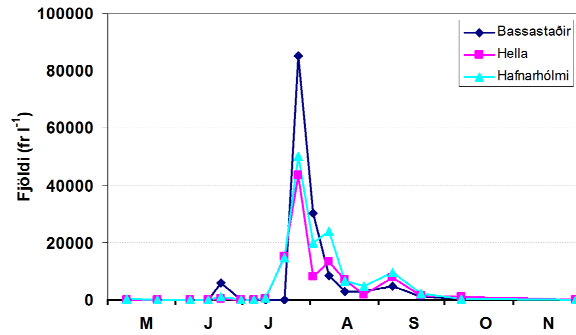
15. mynd. Fjöldi (frumur í lítra) eitruþörungna af ætt *Dinophysis* spp á 5 m dýpi á Bassastöðum, Helli og Hafnarhólma í Steingrímsfirði frá maí til nóvember 2010.

Figure 15. Number (cells pr. litre) of toxic algae *Dinophysis* spp (*Dinoflagellates*) at 5 m depth at station Bassastaðir, Hella and Hafnarhólmi in Steingrímsfjörður from May to November 2010.

Fjöldi *Dinophysis* tegunda í 15 m dýpi á Hafnarhólma í ágúst var talsvert meiri en á 5 m dýpi eða 1.260 til 1.580 fr l⁻¹ en annars á svipuðu róli. Algengasta tegundin var *D. acuminata* eins og í 5 m dýpi en einnig fundust *D. norvegica* og *D. rotundata*.

Auk framangreindra tegunda fannst tegundin *Lingulodinium polyedrum* í litlu magni, en hún er þekkt fyrir að framleiða yessotoxin eitru sem getur valdið eitrunum hjá eldisfiski.

Pseudo-nitzschia tegundir fundust í mjög litlum mæli fyrir hluta sumars en komu fyrir í meira mæli síðari hluta sumars með hámarki í júlí (16. mynd). Fjöldi þeirra varð þó aldrei hár, mest 85.000 fr l⁻¹ á Bassastöðum í lok júlí en lægri á hinum stöðunum. Á sama tíma var fjöldi *Pseudo-nitzschia* spp í 15 m dýpi rúmlega 100.000 fr l⁻¹ á Hafnarhólma þannig að ekki



16. mynd. Fjöldi (frumur í lítra) eitruþörungna af ætt *Pseudo-nitzschia* spp (kísilþörungur) á 5 m dýpi á Bassastöðum, Helli og Hafnarhólma í Steingrímsfirði frá maí til nóvember 2010.

Figure 16. Number (cells pr. litre) of toxic algae *Pseudo-nitzschia* spp (*Diatoms*) at 5 m depth at station Bassastaðir, Hella and Hafnarhólmi in Steingrímsfjörður from May to November 2010.

virtust verða miklar breytingar á fjölda með dýpi. Þegar kom fram á haust fór fjöldi *Pseudo-nitzschia* tegunda dvínandi (16. mynd). Algengustu tegundir voru *P. cf. pseudodelicatissima*, *P. cf. seriata* og *P. cf. delicatissima* en greiningar á þessum tegundum eru ekki óyggjandi í ljóssmásjá.

UMRÆÐA

Safnað var gögnum um hita, næringarefni og sviþörungna í Steingrímsfirði frá vori 2010 til vors 2011. Nær enginn munur er á hitaferlum af Bassastöðum innst í Steingrímsfirði og Helli sem er staðsett um miðjan fjörð. Hitamælingar sýna að hámarkshiti að sumri er 10-12°C í yfirborðslögum en lægstur nálægt 2°C að vetri. Þetta eru svipaðar hitatölur og mældust við Hnífsdal og við Hjalteyri í Eyjafirði á árinu 2010 en talsvert herra sumarhámark og vetrarlágmark en mældist með siritandi hitamælingum við Hólmavík árið 1989 (sjá <http://www.hafro.is/Sjora/>) þegar lágmarkshiti í febrúar til mars fór niður í mínus 1°C en hámarkshiti í byrjun ágúst varð rétt rúmar 10°C. Þetta er í samræmi við hlýnun sjávar við Ísland síðasta áratuginn.

Í apríl 2011 er sjór mjög lítið farinn að hlýna í Steingrímsfirði (2. mynd) en í maí verður upphitun sjávar mjög skörp. Í Patreks- og Tálknafirði mældist aðeins hærri sjávarhiti að sumri en í Steingrímsfirði og hlýnun verður þar fyrir að sumri en í Steingrímsfirði. Hiti að hausti

lækkar hins vegar fyrr í Patreks- og Tálknafirði en í Steingrímsfirði en vetrarhiti er á svipuðum nótum (Guðrún Þórarinsdóttir *et al.* 2013). Heldur hærri hiti og þar af leiðandi sterkara hitaskiptalag verður að sumri á Bassastöðum innst í Steingrímsfirði en utar í firðinum samkvæmt þessum rannsóknum.

Hámarksstyrkur næringarefna að vetrarlagi í Steingrímsfirði var lægri en víðast hvar annars staðar við landið þar sem mælingar liggja fyrir. Styrkur nítrats sem var að meðaltali $11,1 \mu\text{mól l}^{-1}$ var þannig meira en $2 \mu\text{mól l}^{-1}$ lægri en hann mældist í Patreks- og Tálknafirði veturinn 2008-2009. Einnig er styrkurinn lægri en mælt hefur í Skagafirði (Sólveig R. Ólafsdóttir, óbirt gögn) og Eyjafirði (Kristinn Guðmundsson *et al.* 2002). Miklu munar einnig á styrk kísils í lok vetrar sé hann borinn saman við önnur svæði en meðalstyrkur kísils að vetrarlagi í Steingrímsfirði var $6 \mu\text{mól l}^{-1}$ en um $10 \mu\text{mól l}^{-1}$ í Patreks- og Tálknafirði veturinn 2008-2009 (Sólveig R. Ólafsdóttir, óbirt gögn). Fosfatstyrkur var einnig lægri að vetrarlagi en víðast hefur verið mælt annars staðar við landið (sjá t.d. Anon 2014).

Þegar rannsóknir hófust í maí 2010 var styrkur næringarefna mjög lágur og hélst styrkur nítrats undir $2 \mu\text{mól l}^{-1}$ þar til í september það ár. Vorið 2011 hófst upptaka næringarefna í lok mars og lækkaði styrkurinn jafnt og þétt þar til í maí. Í samanburði við Mjóafjörð á Austfjörðum var þessi lækun því ekki mjög hröð, því í Mjóafirði var nær allur vetrarforði nítrats tekinn upp á um 10 daga tímabili (Sólveig R. Ólafsdóttir 2003). Í Steingrímsfirði var hins vegar svipaður hraði í upptöku næringarefna og sést hefur í Patreks- og Tálknafirði (Sólveig Ólafsdóttir, óbirt gögn) og í Eyjafirði (Kristinn Guðmundsson *et al.* 2002).

Í lok apríl 2010 voru blaðgrænugildi lægri á Bassastöðum en hinum stöðvunum. Ástæðan fyrir þessu var sennilega sú að vorhámark verður svolítið fyrr innar í firðinum en utar þannig að hámark vorgróðursins er liðið hjá og gróður í rénun á Bassastöðum þegar mælingin fór fram en í hámarki á hinum stöðvunum. Þetta kom reyndar ágætlega í ljós vorið 2011 en þá varð vorhámark heldur fyrr á Bassastöðum en utar í firðinum og einnig að hámark gróðurs þar er síst minna en utar í firðinum (7. mynd). Hámarksgildi blaðgrænu var

að vori 2010 milli 11 og 13 mg m^{-3} á ytri stöðvunum. Þetta er á svipuðum nótum og fundist hefur í Patreks- og Tálknafirði (Hafsteinn Guðfinnsson, óbirt gögn) og í Hvalfirði (Agnes Eydal 2003a) en meira en mælt hefur verið í Ísafjarðardjúpi (Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998), Öndarfirði, Aðalvík og Fljótavík (Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996) og Eyjafirði (Kristinn Guðmundsson *et al.* 2002). Í Mjóafirði mældust mun lægri blaðgrænugildi að vori árið 2000 en í Steingrímsfirði en sumargildi voru þar svipuð (Kristinn Guðmundsson 2003). Vorið 2011 höfðu blaðgrænugildi ekki náð sama styrk þegar mælingum lauk og vorið 2010 í Steingrímsfirði þegar næringarefni voru uppurin. Hins vegar liggur fyrir að styrkur kísils og nítrats í maíbyrjun 2011 var enn talsverður þegar mælingum lauk 11. maí. Því er líklegt að magn blaðgrænu hafi enn átt eftir að aukast og hugsanlega að ná svipuðu heildarmagni að vori og árið áður ekki síst vegna lengra vaxtartímabils að vori. Yfir sumartímamann sveiflast blaðgrænugildi frá 1 til 4 mg m^{-3} með allmörgum toppum, þar með talið hausthámark í september. Þetta er með svipuðu móti og komið hefur fram í rannsóknum á íslenskum fjörðum víðs vegar um landið svo sem í Hvalfirði (Agnes Eydal 2003a), í Patreks- og Tálknafirði (Hafsteinn G. Guðfinnsson, óbirt gögn), í Ísafjarðardjúpi (Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998), í Eyjafirði (Kristinn Guðmundsson *et al.* 2002) og í Mjóafirði (Kristinn Guðmundsson 2003). Í lok nóvember er gróðurinn búinn að ná lágmarki og er svo fram í mars þegar vöxtur hefst á nýjan leik. Áberandi há blaðgrænugildi sem fundust í júlí ($>4 \text{ mg m}^{-3}$) eiga rætur sínar að rekja til tveggja ættkvísla kísilþörungna, *Rhizosolenia* og *Leptocylindrus* og einnig til skorupörungsins *Heterocapsa triquetra* sem fannst í miklum mæli á þessum tíma.

Vöxtur svifþörungna í Steingrímsfirði var hafinn í mars en vorhámark kísilþörungna varð í apríl og hófst fyrst innst í firðinum en aðeins síðar er utar dró. Í lok vetrar er kísilstyrkur í Steingrímsfirði um $6 \mu\text{mól l}^{-1}$. Það virðist því aðeins taka kísilþörungana um tvær vikur að klára kísilforðann sem er til staðar í sjónum eftir vetrarblöndunina. Í kjölfar þess fellur magn kísilþörungna mjög hratt. Helstu tegundir í vorhámarki kísilþörungna eru á svipuðum nótum

og fundist hafa í öðrum rannsóknum í íslenskum fjörðum þ.e. *Thalassiosira* tegundir og *Chaetoceros* tegundir (sjá t.d. Agnes Eydal 2003a, 2003b).

Vorhámur kísilþörungur getur fyrst og fremst átt sér stað svo snemma vors vegna þess að ferskvatn streymir í fjörðinn og sól er farin að hækka á lofti. Þar sem hiti er ekki farinn að hækka að neinu ráði á þessum tíma bendir allt til þess að veik lagskipting verði innst í firðinum vegna lækkunar á seltu í yfirborði sem stafar af rennsli ferskvatns í fjörðinn. Um þetta eru þó ekki til mælingar í Steingrímsfirði en gögn úr öðrum fjörðum þar sem seltumælingar liggja fyrir hafa gefið slíka framþróun til kynna.

Lagskipting sjávar hefst innst í firðinum en færast síðan utar í fjörðinn og skapar skilyrði fyrir vaxandi gróður þar. Slíkur framgangur er þekktur úr öðrum fjörðum t.d. Hvalfirði (Agnes Eydal & Karl Gunnarsson 2004) og Eyjafirði (Kristinn Guðmundsson *et al.* 2002) og af landgrunninu (Þórunn Þórðardóttir 1986). Hitaskiptalag myndast ekki í firðinum fyrr en í júní í yfirborðslögum og dýpkar eftir því sem líður á sumarið. Heldur hlýrra verður í yfirborði á Bassastöðum en utar í firðinum og því sterkara hitaskiptalag sem myndast þar á sumrin en á Helli og Hafnarhólma.

Í maí árið 2010 voru bæði kísill og nítrat uppurin vegna vorblóma kísilþörungur í apríl. Kísilstyrkur nærri yfirborði eykst þó af og til er líður á sumarið vegna útstreymis ferskvatns frá landi og má segja að nær alltaf sé einhver kísill fyrir hendi í yfirborðslögum Steingrímsfjarðar. Þá eru komnar til aðrar tegundir kísilþörungur en að vorinu, sem nýta þann kísil sem til fellur og virðast geta komist af þó styrkur hans sé ekki hár. Tvær tegundir verða einmitt mjög áberandi í júlí (*Rhizosolenia* og *Leptocylindrus*) eins og áður var nefnt og svo tegundin *Guinardia delicatula* (áður *Rhizosolenia delicatula*) í september 2010. Þessar tegundir virðast einnig geta komist af með mjög lítið nítrat því mælingar sýna að nítrat finnst í mjög litlu magni frá júní og langt fram eftir september. Þessar tegundir hljóta því að nýta sér það nítrat sem fellur til jafn óðum og það endurnýjast en einnig að hafa möguleika á að nýta

sér önnur form köfunarefnis sem ekki voru mæld í þessari rannsókn svo sem ammóníum, þvagefni og fleiri. Sýnt hefur verið fram á í rannsóknum að þetta er víða raunin (Guillard & Kilham 1977) og hér á landi t.d. rannsókn Agnesar Eydal (2003a) úr Hvalfirði og í Patreks- og Tálknafirði (Sólveig R. Ólafsdóttir, óbirt gögn).

Heterocapsa triquetra er algeng skorubörunga-tegund sem finnst víða kringum landið í svifi frá vori til hausts en þó oftast í litlu magni þ.e. hundruðum til fáeinum þúsundum fr l⁻¹. Í Steingrímsfirði var fjöldi hennar hins vegar mjög mikill í tvígang á öllum stöðum þ.e. í byrjun júní og í seinni hluta júlí 2010. Blómi tegundarinnar varaði þó aðeins í eina til tvær vikur í hvort sinn og kom fyrir á öllum stöðunum í Steingrímsfirði samtímis. Mest fannst af henni um miðjan fjörðinn í júlí 2010 hátt í 300.000 fr l⁻¹. Í öðrum rannsóknum í íslenskum fjörðum eru engin dæmi um að frumufjöldi *H. triquetra* hafi skipt hundruðum þúsunda í lítra. Í Hvalfirði fundust þó allt að 25.000 fr l⁻¹ á stöð 3 í stuttan tíma í ágúst 1997 en sú stöð er í fjarðarmynninu en mun minna fannst á tveimur stöðvum innarlega í firðinum (Agnes Eydal 2003a). Paulsen (1904) fann sömuleiðis allmikið af *H. triquetra* á svipuðum slöðum. Í Mjóafirði er ekki getið um að tegundin hafi komið fyrir í miklum mæli (Agnes Eydal 2003b). Í rannsóknum sem fóru fram í Ísa-fjarðardjúpi 1987 og Eyjafirði 1992 fannst tegundin í háfsýnum en engar talningar liggja fyrir í þeim rannsóknum (Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998). Í rannsókn sem gerð var í Patreks- og Tálknafirði fannst tegundin yfir hásumarið (júní - ágúst) og var hámarksfjöldi 2.800 fr l⁻¹ í Patreksfirði en 1.560 fr l⁻¹ í Tálknafirði (Hafsteinn G. Guðfinnsson, óbirt gögn). Ekki hefur því áður verið getið um svo mikinn fjölda af *H. triquetra* við Ísland svo kunnugt sé.

Í Noregi eru blómar tegundarinnar vel þekktir t.d. í Oslófirði (Thronsen *et al.* 2003) en einnig í Eystrasalti (Lindholm & Nummelin 1999, Olli 2004) og vestan Atlantshafs (Litaker *et al.* 2002). Fjöldi fruma hefur mælst allt að 5 milljónir innarlega í Eystrasalti (Lindholm & Nummelin, 1999) og allt að 6 milljónir í lítra í árósum á austurströnd Bandaríkjanna (Litaker *et al.*, 2002) en á sama tíma mældist blaðgræna meira en

100 mg m⁻³. Blómar *H. triquetra* leiða gjarnan til litabreytinga á sjó, sem verður þá appelsínugulur til brúnn á litinn. Talið er að stundum megi sjá litabreytingar á sjó þó fjöldi fruma af tegundinni sé ekki meira en 5.000 fr l⁻¹ (Olli 2004) en liturinn verður þeim mun meiri sem fjöldinn er meiri. Ekki liggja fyrir neinar upplýsingar um litbrigði á sjó í Steingrímsfirði á þeim tíma í júní og júlí 2010 þegar fjöldi *H. triquetra* skipti tugum þúsunda og hundruðum þúsunda í lítra en vel væri hægt að búast við brúnum lit á sjó við svo mikinn þéttleika tegundarinnar. *H. triquetra* er frumbjarga með mörgum litberum en getur einnig aflað sér næringar með áti (mixotroph) ef aðstæður krefjast þess. Því má ætla að hún hafi lagt umtalsvert til þess blaðgrænumagns sem mældist í júní og júlí 2010. Tegundin er talin gæðafóður fyrir ófrumbjarga skorupörunga, bifdýr og smáátu (copepoda) (Olli 2004) og því má búast við að hún geti einnig verið mikilvæg fæða fyrir krækling sem síar alla sína fæðu úr sjó. Við mikla blóma má allt eins gera ráð fyrir að hún geti valdið vandræðum á fiskeldi í sjó þó ekki sé hún eitruð (nontoxic)

Fjöldi eitraðra svifþörungna er svipaður milli staða í Steingrímsfirði þegar þeir finnast. Þó fannst heldur meira af *Dinophysis* tegundum á Bassastöðum í lok ágúst og byrjun september en á hinum stöðunum. Talningar á eiturþörungum úr sýnum frá 15 m dýpi á Hafnarhólma virðast ekki gefa vísbendingu um mikinn mun á fjölda eiturþörungna með dýpi. Þó fundust heldur fleiri *Dinophysis* spp frumur í ágúst á 15 m dýpi á Hafnarhólma en á 5 m dýpi. Munur á fjölda eiturþörungna með dýpi getur verið mjög háður veðurfari og hvort sjór er lagskiptur eða ekki og getur því sennilega verið mjög breytilegur innan hvers sumars og einnig milli ára eins og komið hefur fram í öðrum fjörðum (Hafsteinn G. Guðfinnsson et al. 2010). Þær upplýsingar sem liggja fyrir um dýpsdreifingu eiturþörungna frá öðrum svæðum gefa ekki til kynna að munur á fjölda þeirra frá 5 til 15 m dýpi sé mikill (Hafsteinn G. Guðfinnsson, óbirt gögn). Þetta er þó ekki nægilega vel kannað. Af þeim gögnum sem fyrir liggja í Steingrímsfirði um dýpsdreifingu eitraðra svifþörungna er ekki hægt að segja til um hvort heppilegra sé að rækta krækling á 5 eða 15 m dýpi ef ætlunin er að

forðast eiturþörungna. Helst væri þó hægt að búast við að sterkust lagskipting yrði innst í firðinum þ.e. á Bassastöðum síðla sumars og aðstæður þar því hagstæðastar fyrir vöxt eitraðra skorupörunga. Þar fundust einmitt *Dinophysis* tegundir í mestum mæli síðsumars 2010 (15. mynd) af þeim stöðum sem rannsakaðir voru.

Fjöldi skorupörunga af ættkvíslunum *Alexandrium* spp og *Dinophysis* spp í Steingrímsfirði var fremur lágur miðað við það sem fundist hefur í Hvalfirði (Agnes Eydal & Karl Gunnarsson 2004) og Eyjafirði (Kristinn Guðmundsson et al. 2002, Hafsteinn G. Guðfinnsson et al. 2010) en á svipuðu róli og fundist hefur í Tálknafirði og Patreksfirði (Hafsteinn G. Guðfinnsson, óbirt gögn) og Breiðafirði flest ár sem upplýsingar liggja fyrir þar (Hafsteinn G. Guðfinnsson et al. 2010). Fjöldi *Pseudo-nitzschia* tegunda var mjög lágur allt sumarið í Steingrímsfirði og mun lægri en fundist hefur í Hvalfirði (Agnes Eydal & Karl Gunnarsson 2004), Eyjafirði (Kristinn Guðmundsson et al. 2002) og fleiri fjörðum (Hafsteinn G. Guðfinnsson et al. 2010, Hafsteinn G. Guðfinnsson, óbirt gögn). Það er því ljóst að eiturþörungar geta valdið tímabundnum vandamálum við ræktun á kræklingi í Steingrímsfirði enda hefur mælst PSP eitur í kræklingi þar fyrri hluta sumars og DSP eitur seinni hluta sumars og að hausti samkvæmt upplýsingum á heimasíðu Matvælastofnunar.

ÁLYKTANIR

1. Hitamælingar á Bassastöðum og Hellu sýna að hitaferlar ársins eru mjög svipaðir innst í firðinum og um miðjan fjörð.
2. Næringarefnamælingar sýna að magn næringarefna er það sama í lok vetrarblöndunar á öllum þremur stöðunum. Þá er upptaka næringarefna mjög svipuð á öllum stöðunum gegnum árið og á sér stað samtímis innst og utar í firðinum bæði á 5 og 15 m dýpi.
3. Magn blaðgrænu frá vori til hausts er mjög líkt á öllum mælistöðum í báðum mælidýpum.
4. Tegundasamsetning svifþörungna er mjög svipuð frá vori til hausts á öllum mælistöðunum

með örfáum undantekningum.

5. Óvenjulega mikill fjöldi fannst af skorupörungnum *Heterocapsa triquetra* í júní og júlí.

6. Fjöldi eiturbörunga var svipaður á öllum stöðunum og kom fram á sama tíma. Þó fannst meira af *Dinophysis* tegundum á Bassastöðum en hinum stöðunum í lok sumars.

Af þessu má álykta að skilyrði til ræktunar kræklinga á þessum þremur stöðum í Steingrímsfirði, þ.e. Bassastöðum, Hellu og Hafnarhólma, eru mjög áþekkt í ljósi þessara niðurstaða hvað varðar hita, næringarefni og blaðgrænu. Þó gætu hugsanlega verið ákjósanlegri skilyrði til uppskeru kræklinga á Hellu og Hafnarhólma en á Bassastöðum hvað varðar eittraða skorupörunga síðla sumars. Sérstaklega á þetta við ef lagskipting á Bassastöðum verður sterkari síðsumars en utar í firðinum því sterk lagskipting gerir eitruðum skorupörungum auðveldara fyrir í samkeppni við aðrar tegundir svifþörunga. Þær hitamælingar sem hér liggja fyrir gefa slíkt ekki til kynna. Selta hefur hins vegar mikil áhrif á eðlisþyngdarfallanda sjávar og þar með á lagskiptingu. Ekki voru gerðar sambærilegar mælingar á seltu á þessum stöðum og gerðar voru á hita og því ómögulegt að segja til um áhrif hennar á lagskiptingu sjávar í firðinum. Það er þó ekki ólíklegt að ferskvatn sem rennur í fjörðinn af landi geti haft meiri áhrif á lagskiptingu innar í firðinum ef straumar eru þar minni en utar. Mælingar á hita og seltu samtímis með dýpi í eitt ár gætu svarað slíkri spurningu.

ÞAKKIR

Við færum sérstakar þakkir til Friðgeirs Höskuldssonar, Halldórs Höskuldssonar og Halldórs Loga Friðgeirssonar við undirbúning þessa verkefnis sem og Magnúsar Ölvers Ásbjörnssonar og Evu Katrínar Reynisdóttir við framkvæmd verkefnis við söfnun og úrvinnslu sýna. Sveitastjórnnum í Strandabyggð og Kaldrananeshreppi eru færðar þakkir fyrir veittan fjárstuðning við verkefnið sem og Verkefnasjóði Sjávarútvegsins og AVS sjóðnum. Fyrirtækið ST2 ehf fær bestu þakkir fyrir fjárstuðning og að leggja fram aðstöðu við úrvinnslu sýna í verkefninu.

Útgerðarfélagið Borg ehf fær þakkir fyrir að leggja til bátinn Simma ST 7 til sýnatöku á sjó. Kristín J. Valsdóttir á Hafrannsóknastofnun annaðist mælingu blaðgrænu sýna og hluta af talningum og greiningum á svifþörungum í verkefninu.

HEIMILDIR

Agnes Eydal. 2003a. Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþörunga í Hvalfirði. *Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit* nr. 99, 44 bls.

Agnes Eydal. 2003b. Árstíðabreytingar í fjölda og tegundasamsetningu svifþörunga í Mjóafirði. *Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit* nr. 92, bls. 29-50.

Agnes Eydal & Karl Gunnarsson. 2004. Svifþörungar í Hvalfirði og skelfiskeitrun. *Náttúrufræðingurinn*, 72 (3-4):97-105

Anon. 2014. Gæðaðættir og viðmiðunaraðstæður strandsjávarvatnshlota. *Stöðuskýrsla Hafrannsóknastofnunar*. Hafrannsóknastofnun, 2014.

Grasshoff, K. 1970. A simultaneous multiple channel system for nutrient analysis in seawater with analog and digital data record. *Tecnicon Quarterly* 3: 7-17.

Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson. 1993. Tilraunaræktun á kræklingi í Hvalfirði. *Náttúrufræðingurinn*, 63:243-251.

Guðrún G. Þórarinsdóttir, Valdimar Ingi Gunnarsson & Björn Theódórsson. 2007. Kræklingarækt á Íslandi. *Náttúrufræðingurinn*, 76: 63-69.

Guðrún G. Þórarinsdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnsson & Jón Örn Pálsson. 2014. Kræklingarækt og umhverfisaðstæður í Patreksfirði og Steingrímsfirði. *Hafrannsóknir* nr. 177, 16 s

Guðrún G. Þórarinsdóttir, Hafsteinn G. Guðfinnsson & Jón Örn Pálsson. 2013. The gametogenic cycle and spawning in *Mytilus edulis* in two fjords in north-western Iceland. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 93(6), 1609-1615.

Guillard, R.R.I. & P. Kilham. 1977. The ecology of marine planktonic diatoms. Í E. Werner (ed), *The Biology of Diatoms*. Oxford, Blackwell Scientific Publications, 372-469.

- Hafsteinn G. Guðfinnson, Agnes Eydal, Karl Gunnarsson, Kristinn Guðmundsson & Kristín Valsdóttir. 2010. Monitoring of toxic phytoplankton in three Icelandic fjords. *ICES CM 2010/N:12*.
- Hasle, G.R. 1978a. The inverted-microscope method. Í A. Sournia (ed), *Phytoplankton manual*, bls. 88-96.
- Hasle, G.R. 1978b. Using the inverted-microscope. Í A. Sournia (ed), *Phytoplankton manual*, bls. 191-201.
- Karl Gunnarsson. 2003. Um rannsóknir á þörungasvifi og kræklingi í Mjóafirði árið 2000. *Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit nr. 92*, bls. 5-16.
- Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal. 1998. Svifþörungur sem geta valdið skelfiskeitrun. Niðurstöður tegundagreininga og umhverfisathugana. 1. Ísafjarðardjúpi 1987. 2. Eyjafjörður 1992. *Hafrannsóknastofnun, Fjölrit nr. 70*, 33. bls.
- Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason, Jón Ólafsson, Konráð Þórisson, Rannveig Björnsdóttir, Sigmar A. Steingrímsson, Sólveig Ólafsdóttir & Öivind Kaasa. 2002. Ecology of Eyjafjörður Project. Chemical and biological parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1992 – August 1993. *Hafrannsóknastofnun, Fjölrit nr. 89*, 129 bls.
- Kristinn Guðmundsson. 2003. Blágræna og vöxtur svifgróðurs í Mjóafirði. *Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit nr. 92*, bls. 65-76.
- Murphy, J. & J. P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chimica Acta*, 27: 31-36.
- Lindholm, T. & C. Nummelin. 1999. Red tide of the dinoflagellate *Heterocapsa triquetra* (Dinophyta) in a ferry-mixed coastal inlet. *Hydrobiologia*, 393:245-251.
- Litaker, R.W., P.A. Tester, C.S. Duke, B.E. Kenney, J.L. Pinckney & J. Ramas. 2002. Seasonal niche strategy of the bloom forming dinoflagellate *Heterocapsa triquetra*. *Marine Ecological Progress Series*, 232:45-62.
- Olli, K. 2004. Temporary cyst formation of *Heterocapsa triquetra* (Dinophyceae) in natural populations. *Marine Biology*, 145:1-8.
- Paulsen, O. 1904. Plankton-investigations in the waters round Iceland. Meddelelser fra Kommissionen for Havundersökelse. Serie: Plankton I (1): 1-39.
- Sólveig Ólafsdóttir. 2003. Árstíðabreytingar á styrk næringarefna í Mjóafirði. *Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit nr. 92*, bls. 17-28.
- Sólveig Ólafsdóttir. 2006. Styrkur næringarefna í hafinu umhverfis Ísland. *Hafrannsóknastofnunin Fjölrit nr. 122*, 24 bls.
- Schlitzer, R. 2011. Ocean DataView, <http://odv.awi.de>.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 167, 1-310.
- Thronsen, J., G.R. Hasle & K. Tangen. 2003. *Norsk kystplankton flora*. Almatel Forlag AS, 2003.
- Tomas, C.R. (ed). 1997. Identifying Marine Phytoplankton. Academic Press, 858 pp.
- Utermöhl, H. 1931. Neue Wege in der quantitative Erfassung des Planktons. *Verh. Intern. Verein. theor. angew. Limnol.* 5: 567-596.
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Guðrún G. Þórarinsdóttir, Björn Theódórsson & Sigurður Már Einarsson. 2001. Kræklingarækt á Íslandi. Ársskýrsla 2001. VMST-R/0123.
- Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal. 1996. Phytoplankton at the Ocean Quahog Harvesting Areas off the Northwest Coast of Iceland 1994. (*Svifþörungur á kúfiskmiðum út af norðvesturströnd Íslands 1994*). *Hafrannsóknastofnun Fjölrit nr. 51*, 28 bls.
- Þórunn Þórðardóttir. 1986. Timing and duration of spring bloom in south and southwest of Iceland. In: *NATO ASI Series G7: The role of freshwater outflow in coastal marine ecosystem*. Ed. S. Skreslet. Springer Verlag Berlin Heidelberg 1986.

Vefsíður

<http://www.hafro.is/Sjora/>

<http://www.hafro.is/voktun/vidmid.htm>

<http://www.mast.is/library/Eftirlitsni%C3%B0urst%C3%B6%C3%B0ur/Skelfiskur/EftirlitsnidurstodurSkelfiskul60215.pdf>

VIÐAUKI. Helstu tegundir og hópar svifþörungum og bifdýra sem fundust í Steingrímsfirði frá maí 2010 til maí 2011.

Appendix. Main species and groups of phytoplankton and ciliates found in Steingrímsfjörður in the period May 2010 to May 2011.

Kísilþörungur (Diatoms)	Bassastaðir	Hella	Hafnarhólmi
<i>Bacterosira bathyomphala</i>			X
<i>Chaetoceros borealis</i>		X	X
<i>Ch. debilis</i>		X	X
<i>Ch. decipiens</i>	X	X	X
<i>Ch. furcellatus</i>	X	X	X
<i>Ch furcellatus dvalargró</i>		X	X
<i>Ch. cf. lacinosus</i>	X		
<i>Ch. subsecundus</i>	X	X	X
<i>Ch. subsecundus dvalargró</i>			X
<i>Ch. cf. teres</i>	X		
<i>Coscinodiscus sp</i>		X	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	X	X	X
<i>Dactyliosolen fragilissimus</i>	X	X	X
<i>Fragilariopsis sp</i>	X	X	X
<i>Guinardia delicatula</i>	X	X	
<i>Lauderia annulata</i>		X	
<i>Leptocylindrus danicus</i>		X	X
<i>L. minimus</i>	X	X	X
<i>Licmophora sp</i>	X	X	X
<i>Manguinea sp</i>		X	X
<i>Navicula spp</i>	X	X	X
<i>Nitzschia longissima</i>		X	
<i>Nitzschia sp. 1</i>	X	X	
<i>Nitzschia sp. 2</i>	X	X	
<i>Odontella aurita</i>		X	X
<i>Paralia sulcata</i>	X	X	X
<i>Pauliella taeniata</i>			X
<i>Pleurosigma/Gyrosigma</i>	X	X	X
<i>Porosira glacialis</i>		X	X
<i>Proboscia alata</i>		X	
<i>Pseudo-nitzschia cf. delicatissima</i>			X
<i>P. pseudodelicatissima</i>	X	X	X
<i>P. seriata</i>	X	X	X
<i>Pseudo-nitzschia sp</i>		X	
<i>Pseudo-nitzschia sp</i>		X	
<i>Rhizosolenia hebetata f. semispina</i>	X	X	X
<i>Skeletonema costatum</i>	X	X	
<i>Thalassionema nitzschioides</i>		X	X
<i>Thalassiosira angulata</i>		X	X
<i>Th. anguste-lineata</i>		X	X
<i>Th. gravida</i>	X	X	X
<i>Th. nordenskiöldii</i>		X	X
<i>Th. cf. poroseriata</i>		X	

Skorupörungar (Dinoflagellates)

<i>Alexandrium tamarense</i>	X	X	X
<i>A. ostenfeldii</i>	X	X	X
<i>Alexandrium sp.</i>	X	X	
<i>Alexandrium dvalargró (cysts)</i>	X		X
<i>Amphidinium sp.</i>	X		
<i>Amylax triacantha</i>	X	X	
<i>Ceratium arcticum</i>		X	
<i>C. furca</i>	X	X	
<i>C. fusus</i>	X	X	
<i>C. lineatum</i>	X	X	
<i>C. longipes</i>	X	X	
<i>Cladopyxis claytonii</i>	X	X	X
<i>Dinophysis acuminata</i>	X	X	X
<i>D. norvegica</i>	X	X	X
<i>D. rotundata.</i>			
<i>D. ruudii</i>	X	X	
<i>Dinophysis sp</i>	X	X	
<i>cf. Diplopsalopsis orbicularis</i>	X	X	
<i>Dissodinium pseudolunula</i>	X	X	
<i>Gonyaulax cf. polygramma</i>	X		
<i>Gonyaulax sp</i>	X		
<i>Gymnodinium sp1</i>	X	X	
<i>Gymnodinium sp2</i>		X	
<i>Gymnodinium lohmannii</i>	X	X	X
<i>G. cf. lohmannii smærri</i>	X	X	
<i>Gymnodinium sp. stór</i>	X		
<i>Gymnodinium sp smár</i>		X	
<i>Gyrodinium grenlandicum</i>			X
<i>Gyrodinium sp1</i>		X	
<i>Gyrodinium sp2</i>	X		
<i>Heterocapsa triquetra</i>	X	X	X
<i>cf. Oblea baculifera</i>	X	X	
<i>Oxytoxum sp</i>		X	X
<i>Prorocentrum balticum</i>	X	X	X
<i>Protoperidinium bipes</i>	X	X	X
<i>P.brevipes</i>	X	X	X
<i>P. cf. conicoides</i>	X	X	
<i>P. cf. conicum</i>	X		
<i>P. depressum</i>	X	X	
<i>P. cf. granii</i>	X	X	
<i>P. cf. leonis</i>	X		
<i>P. cf. marielebourae</i>	X	X	
<i>P. ovatum</i>	X	X	
<i>P. pallidum</i>	X	X	
<i>P. pellucidum</i>	X	X	X
<i>P. steinii</i>	X	X	X
<i>P. cf. subinermis</i>	X		
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	X	X	X
<i>S. trochoidea dvalargró (cysts)</i>	X	X	

Smáir svifþörungar (Flagellates & monads)

<i>Algirosphaera cf. quatricornu</i>		X	
<i>A. cf. robusta</i>	X		
<i>Calyptosphaera sp.</i>			X
<i>Chrysochomulina sp</i>	X	X	
<i>Coccolithus pelagicus</i>		X	X
<i>Dictyocha speculum</i>	X	X	X
<i>Dinobryon balticum</i>	X	X	X
<i>D. cf. divergens</i>	X		X
<i>Emiliana huxleyi</i>	X	X	X
<i>Eutreptiella braarudii</i>	X	X	X
<i>Leucocryptos marina</i>	X	X	X
<i>Micromonas pusilla</i>			X
<i>Monosiga marina</i>	X	X	X
<i>Monosiga sp.</i>	X		
<i>Paraphysomonas cf. vestita</i>			X
<i>Phaeocystis pouchetii</i>		X	X
<i>Pleurochrysis carterae</i>	X	X	
<i>Pyramimonas sp.</i>	X	X	X

Bifdýr (Ciliates)

<i>Acanthostomella norvegica</i>	X	X	X
<i>Favella serrata</i>	X		
<i>Helicostomella fusiformis</i>	X		
<i>H. subulata</i>	X	X	
<i>Laboea compressa/emergens</i>	X	X	X
<i>L. conica</i>	X	X	X
<i>L. constricta</i>		X	X
<i>L. strobila</i>	X	X	X
<i>Laboea spp</i>	X	X	X
<i>Lohmanniella oviformis</i>	X	X	X
<i>Parafavella denticulata</i>	X	X	X
<i>Ptychocylis urnula</i>	X	X	X
<i>Stenosomella sp</i>	X	X	X
<i>Strombiella sp</i>			X
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	X	X	X
<i>T. cf. parvula</i>		X	
<i>Woodania conicoides</i>	X	X	X