

Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði

Ritstjóri: Karl Gunnarsson

Hafrannsóknastofnunin

2003

EFNISYFIRLIT

| | |
|--|----|
| <i>Karl Gunnarsson.</i> Um rannsóknir á þörungasvifi og kræklingi í Mjóafirði árið 2000 | 5 |
| <i>Sólveig Ólafsdóttir</i> Árstíðabreytingar á styrk næringarefna í Mjóafirði | 17 |
| <i>Agnes Eydal</i> Árstíðabreytingar í fjölda og tegundasamsetningu svifþörunga í Mjóafirði | 29 |
| <i>Ása G. Kristjánsdóttir</i> Árstíðabreytingar í samsetningu þörungasvifs í Mjóafirði. Litarefni þörunga greind með háþrýstivökvaskilju (HPLC). | 51 |
| <i>Kristinn Guðmundsson</i> Blaðgræna og vöxtur svifgróðurs í Mjóafirði | 65 |
| <i>Guðrún G. Þórarinsdóttir</i> Vöxtur, holdarfar, kynþroski og hrygning kræklinga í Mjóafirði | 77 |

Um rannsóknir á þörungasvifi og kræklingi í Mjóafirði árið 2000.

Karl Gunnarsson
Hafrannsóknastofnunin

ÁGRIP

Karl Gunnarsson 2003. Um rannsóknir á þörungasvifi og kræklingi í Mjóafirði árið 2000. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnuni, Fjörlit 92: 5-16.

Fram til þessa hafa takmarkaðar rannsóknir farið fram á vistfræði sjávar í fjörðum austan lands. Í framhaldi af því að krækingseldi hófst í Mjóafirði var vistfræði fjarðarins rannsökuð árið 2000 með sérstakri áherslu á þætti sem kæmu að gagni við eldið. Eftirfarandi þættir voru athugaðir: 1. árstíðabreytingar á magni svifgróðurs og tengsl þeirra við næringarefnabúskapinn, 2. vöxtur krækings og æxlunarferill og 3. hugsanlega eitrun krækings af völdum svifþörungna. Sýnum var safnað við yfirborð nálægt Brekku í Mjóafirði. Vikulega í eitt ár var safnað sýnum um seltu, næringarefni, svifþörungna, litarefni þörungna, vöxt og kynþroska krækings. Alls var safnað 330 sýnum á einni stöð. Helstu niðurstöður voru þær að svifgróður fór af stað um miðjan maí eftir að lagskipting hafði myndast við leysingar í firðinum. Kísilþörungar voru ríkjandi í vorgróðrinum. Næringarsöltin nítrat og fosfat kláruðust fljótt úr yfirborðslaginu en um sumarið var hins vegar talsvert nítrat í sjónum á formi ammoníaks og uppleystra lífrænna efna. Um sumarið voru skorubörungar og smáir „naktir“ svipuðörungar mest áberandi. Í kjölfar vorgróðursins í maí jókst holdfylling krækingsins og skelvöxtur hófst síðan um mánuði seinna. Aðal hrygning krækingsins var í ágúst meðan enn var talsverður gróður í firðinum. Á tímabilinu frá miðjum júlí til september voru eittraðir skorubörungar í það miklum mæli að líklegt er að kræklingurinn hafi ekki verið neysluhæfur á þeim tíma.

ABSTRACT

Karl Gunnarsson 2003. Studies on phytoplankton and mussels in Mjóifjörður in the year 2000. Introduction. In: Karl Gunnarsson (ed.) Environment, phytoplankton and mussels in Mjóifjörður, Eastern Iceland. Marine Research Institute, Report series nr. 92: 5-16.

Marine ecological studies are scarce in the fjords at Austfirðir, Eastern Iceland. In collaboration with a mussle farm in Mjóifjörður a study was initiated focusing on the following: 1. seasonal succession in phytoplankton and its relation to nutrient availability, 2. growth and reproductive cycle of mussel *Mytilus edulis*, and 3. possibility of shellfish poisoning because of toxic phytoplankton. For one year, during the year 2000, samples were collected once a week, at a fixed station, from the surface waters near Brekka in Mjóifjörður. A total of 330 samples of salinity, nutrients, plant pigments, phytoplankton, and samples for measurement of growth and sexual maturity of mussels were taken. Phytoplankton spring blooming was observed in May after halocline had formed at the surface. Nitrate (NO_3) and phosphate (PO_4) was soon depleted, but nitrogen was available during the summer as ammoniac and dissolved organic nitrogen. During the spring bloom, diatoms were dominant followed by dinoflagellates and small flagellates during the summer. After the phytoplankton spring bloom mussels started improving their meat yield and shell growth started a month later. The main spawning of the mussels was in August while there was still considerable phytoplankton growth. During the period from the middle of July till September toxic dinoflagellates were present in high numbers and mussels were probably not edible in that period.

Fyrri rannsóknir

Vistfræðir í sjávar á fjörðum á Austurlandi hefur mjög lítið verið rannökuð. Vistfræði í fjörum í Reyðarfirði (Hansen & Agnar Ingólfsson 1990) hefur verið rannsókuðverð og nú nýlega voru gerðar allviðamiklar rannsóknir á sjó og svifi í Reyðarfirði árið 2000 í tengslum við umhverfismat vegna fyrirhugaðrar byggingar álvers. Þær rannsóknir náðu þó aðeins yfir stuttan tíma síðsumars (Hafsteinn Guðfinnsson o.fl. 2002). Einnig hafa nýlega verið gerðar rannsóknir á sjófræði og straumum við Héraðsflóa (Héðinn Valdimarsson o.fl. 2001).

Áhugi hefur vaknað fyrir því á undanförnum árum að ala krækling til mannelis við strendur Íslands m.a. á Austfjörðum (Valdimar Ingi Gunnarsson o.fl. 2001). Fyrst og fremst hefur verið áhugi á 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 ræktunarstaðnum. Fæða kræklinga eru smáar lífrænar agnir eða smásæjar lífverur sem berast með straumum og eru svifþörungur venjulega uppistaðan í fæðunni. Athuganir á árstíðabreytingum í tegundasamsetningu og magni svifþörungum á grunnsævi hafa verið gerðar fyrir suðvestan, vestan og norðan land (Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996, Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998, Agnes Eydal 2000). Engar slíkar rannsóknir hafa hins vegar verið gerðar við Austurland.

Við eldi á kræklingi hefur einstaka sinnum orðið vart við skelfiskeitrun sem stafar af eitruðum svifþörungum í fæðu kræklinga (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Þórunn Þórðardóttir 1997). Kræklingurinn sjálfur virðist þrífast ágætlega af þörungunum en eitrunin kemur fram þegar kræklingurinn er borðaður. Gerðar hafa verið athuganir á svifþörungum með sérstöku tilliti til eitraðra þörungum í Hvalfirði, við Vestfirði og í Eyjafirði (Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996, Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998, Agnes Eydal 2000). Eitraðir þörungur fundust á öllum þessum stöðum og er líklegt að þeir geti komið upp í hættulega miklu magni hvar sem er við ströndina.

Rannsóknir á vexti og árstíðabreytingum í kynþroska kræklinga hafa verið gerðar í Hvalfirði (Jón Ólafsson 1983, Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993) og á Breiðarfirði (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Karl Gunnarsson 2003). Engar kræklingarrannsóknir hafa hins vegar farið fram við Austurland ef undan eru skildar athuganir á útbreiðslu og þéttleika kræklinga sem Unnsteinn Stefánsson (1959) gerði í Hamarsfirði.

Við Brekku í Mjóafirði hófst kræklingarrækt árið 1997. Haustið 1999 hafði Sigfús Vilhjálmsson á Brekku, samband við Hafrannsóknastofnunina og lýsti áhuga á að fá upplýsingar um umhverfisaðstæður og svif í Mjóafirði vegna tilrauna til ræktunar á kræklingi í firðinum. Þar sem mjög lítið var vitað um sjó og svif inni á fjörðum fyrir austan var talið áhugavert að rannsaka árstíðabreytingar í þeim þáttum í vistfræði fjarðarinnar sem tengjast vexti og viðkomu kræklinga. Úr varð að stofnunin og ræktendur höfðu samvinnu um rannsóknir sem hófust í byrjun árs 2000. Ákveðið var að gera athugun á þörungasvifi og kræklingi í Mjóafirði sem næðu samfelld yfir heilt ár, í þeirri von að það myndi gefa upplýsingar sem kæmu að gagni við eldi kræklinga í firðinum.

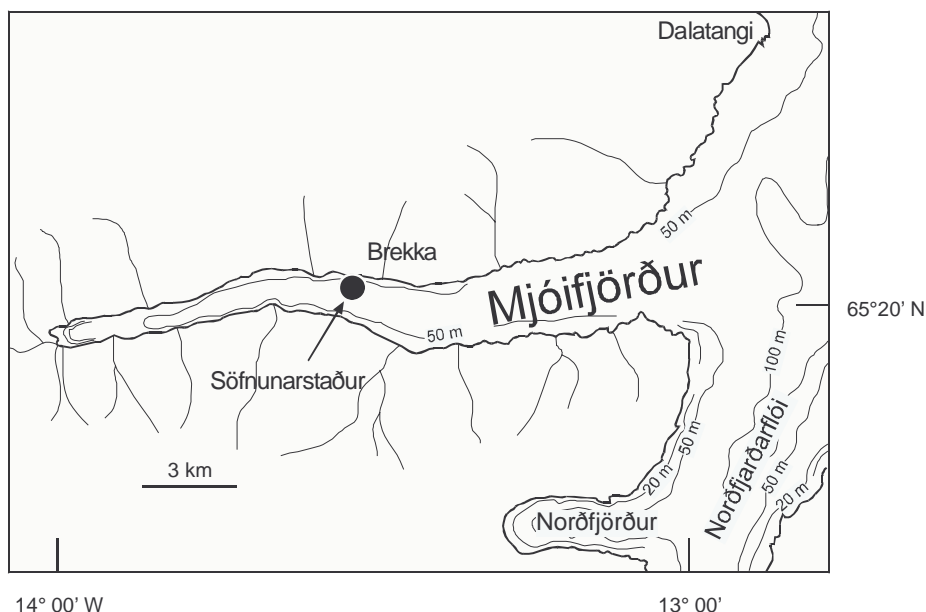
Aflað var upplýsinga um:

- árstíðabreytingar á magni svifgróðurs og tengsl þeirra við næringarefnabúskapinn
- vöxt kræklinga og æxlunarferil
- hugsanlega eitrun kræklinga af völdum svifþörungum

Sýnasöfnun og úrvinnsla gagna

Í febrúar 2000 fór höfundur þessarar greinar til Mjóafjarðar til að koma söfnun af stað með heimamönnum, setja upp búnað til síunar og leiðbeina við söfnun, meðhöndlun og frágang sýna. Sigfús Vilhjálmsson á Brekku í Mjóafirði og Ingólfur sonur hans sáu síðan alfarið um söfnun og frágang sýna þann tíma sem gagnasöfnun stóð yfir. Í upphafi var gerð nákvæm áætlun um söfnun sýna. Sú áætlun stóðst fullkomlega sem má teljast óvenju góður árangur í ljósi þess hve flókin sýnataka var. Safnað var 11 mismunandi sýnum í hvert skipti en alls var safnað 330 sýnum. Þennan góða söfnunarárangur er að þakka einstakri samvirkusemi þeirra Brekkufelga, Sigfúsar og Ingólfs. Sýnum var safnað úr yfirborði í námunda við kræklingseldið við Brekku (1. mynd). Alls var safnað sýnum í 39 skipti á tímabilinu frá 15. janúar 2000 til 15. febrúar 2001. Safnað var sýnum til greiningar á seltu, næringarsöltum, ammóníaki, uppleystum lífrænum efnum, blaðgrænu, sýnum fyrir HPLC-greiningu á litarefnum þörunga, háfsýnum og talningarsýnum fyrir þörungagreiningar, kræklingssýnum til vaxtarmælinga, kynþroskaathugana og mengunarefnaþælinga. Síritandi hitamælir var hafður í firðinum en hann skráði sjávarhita nálægt yfirborði við bryggju á Brekku á tveggja stunda fresti allan rannsóknatímann.

Gagnasöfnun fyrir verkefnið lauk 15. febrúar 2001. Flestar mælingar og greiningar voru þó búnar fyrir lok ársins 2000. Á árinu 2001 var lokið við greiningu og unnið úr niðurstöðum. Á miðju ári 2001 var útbúin gagnaskýrsla þar sem öll gögn sem safnað hafði verið í verkefninu voru birt og henni dreift meðal þátttakenda. Síðan hefur verið unnið að frekari skoðun gagna og túlkun og skrifum og er þetta hefti sem hér birtist árangur þess starfs. Ákveðið var að gera grein fyrir niðurstöðum hvers þáttar rannsóknaða fyrir sig (næringarsölt, litarefni þörunga, magn þörunga, tegundir þörunga og æxlun og vöxtur kræklinga) en við túlkun niðurstaðna hvers þáttar rannsóknaða er auðvitað tekið mið af niðurstöðum annarra þátta.



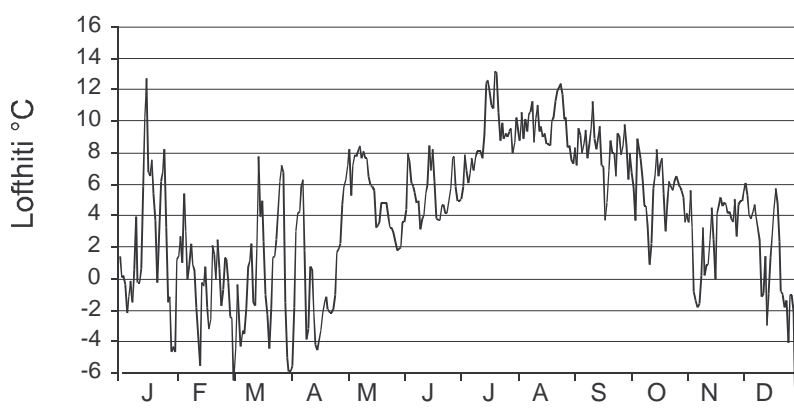
1. mynd. Söfnunarstaður í Mjóafirði, þar sem sjó- og svífsýni voru tekin með reglubundnum hætti á tímabilinu frá janúar 2000 til febrúar 2001, er sýnd með svörtum punkti. Staðurinn er við kræklingaþættina þar sem kræklingssýnunum var safnað og er þar um 60 m dýpi.

Figure 1. Sampling station for seawater, phytoplankton and mussel samples in Mjóifjörður, 2000 (black dot).

Staðhættir í Mjóafirði

Mjóifjörður gengur inn í landið til vesturs, um mitt Austurland. Hann er rúmlega 20 km langur, þrengstur inn í botni en breiðkar smám saman út að mynni og er þar um 3,5 km breiður (1. mynd). Fjörðurinn er um 37 km² að flatarmáli. Mjóifjörður opnast yst í Norðfjarðarflóa sem er opin fyrir hafi til norðausturs. Inn úr flóanum, sunnan við Mjóafjörð, ganga Norðfjörður, Viðfjörður og Sandvík. Ekki eru til neinar ítarlegar mælingar á dýpi í Mjóafirði en samkvæmt sjókorti Sjósmælinga Íslands er hann dýpstur við mynnið um 80 m og gryn timer smám saman eftir því sem innar dregur. Enginn þröskuldur er í firðinum.

Umhverfis fjörðinn eru há fjöll og hvergi er mikið undirlendi. Allmargar ár renna í fjörðinn, en allar eru þær stuttar og fremur vatnslitlar. Vatnasvið fjarðarins er alls um 160 km². Búast má við að rennsli ána sé mest á vorin í leysingum sem að jafnaði hefjast í firðinum í maí þegar lofthiti fer að hækka (2. mynd). Það má búast við að árnar svari fljótt breytingum í úrkomu þar sem þær eru yfirleitt stuttar og vatnasviðið lítið.

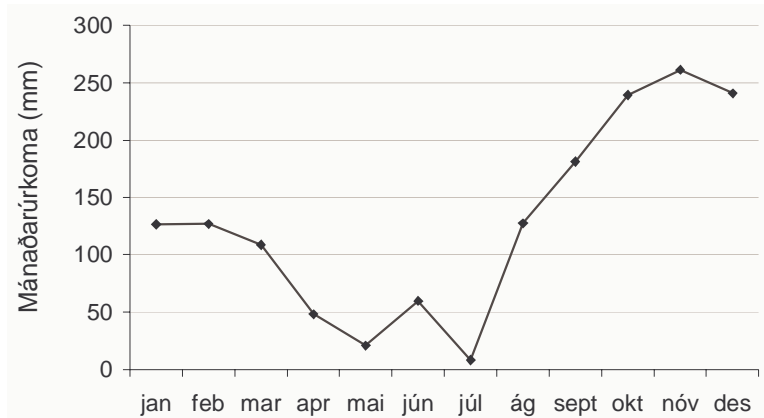


2. mynd. Dagsmeðaltöl lofthita á Dalatanga í mynni Mjóafjarðar árið 2000 (gögn frá Veðurstofu Íslands).

Figure 2. Daily mean air temperature at Dalatangi at the mouth of Mjóifjörður for the year 2000 (data from Icelandic Meteorological Office).

Hitastig í lofti á Dalatanga sem er rétt utan við mynni fjarðarins einkennist árið 2000 af miklum sveiflum yfir veturinn (2. mynd). Hæstur hiti ársins mældist í janúar, 18,5 °C og lægst fór hitinn niður í -11,2 °C í desember. Þessi háhi hiti í janúar stafaði af heitum suðvestlægum vindum sem blésu yfir nánast snjólaust landið og hitnuðu á leið niður á láglendið fyrir austan. Árið 2000 var lofthiti nálægt langtíma meðaltali ef litið er til mánaðarmeðaltala. Hitinn var þó fremur lágur í apríl eða í kringum -4 °C um miðjan apríl en byrjar síðan að hækka hratt í lok apríl og fór upp í rúmar 8 °C fyrri hluta maí. Þessi hlýindakafli í byrjun maí hefur líklega valdið miklum leysingum sem koma glögglega fram í skyndilegri og mikilli lækkun í seltu í yfirborðinu í firðinum þegar seltan féll úr um 33 þann 8. maí í tæplega 14 þann 15. maí. Úrkoma er að jafnaði um 1500 mm á ári og er hún mest á haustin og fyrri hluta vetrar. Árið 2000 var úrkoma talsvert minni yfir sumarið en venjulegt er en aftur mun meiri síðustu mánuði ársins (3. mynd).

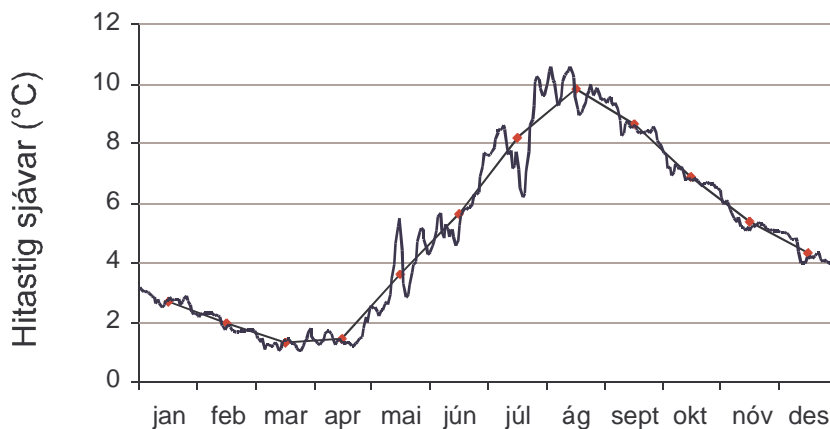
Sjávarföll eru minni á Austfjörðum en annars staðar við landið og er munur flóðs og fjöru aðeins um 1,4 m að meðaltali um stórstraum en 70 cm þegar smástreymt er (Sjósmælingar Íslands 2000). Straumar í firðinum eru breytilegir og ráðast að nokkru af vindum. Straumarnir eru að jafnaði sterkastir í norðlægum áttum en veikastir í suðlægum áttum (Jóhannes Briem munnl. heimild).



3. mynd. Heildarúrkoma í hverjum mánuði á Dalatanga árið 2000 (gögn frá Veðurstofu Íslands).

Figure 3. Sum of monthly precipitation at Dalatangi at the mouth of Mjóifjörður in the year 2000 (data from Icelandic Meteorological Office).

Hitastig sjávar í Mjóafirði, árið 2000, var nokkru yfir meðaltali (4. mynd). Hitinn fór til dæmis upp í um 10 °C að meðaltali í ágúst sem er um tveimur gráðum yfir meðaltali síðasta áratugar (Steingrímur Jónsson 1999). Í stórum dráttum fylgir sjávarhitinn lofthitanum þó að sveiflurnar í lofthitanum séu mun meiri frá degi til dags.



4. mynd. Hitastig sjávar í Mjóafirði árið 2000. Ferillinn sýnir dagsmeðaltöl sjávarhita. Puktarnir á styttri ferlinum sýna mánaðarmeðaltöl. Mælingin er gerð með sítandi hitamæli sem festur var á bryggju á um 2 m dýpi neðan við Brekku á norðurströnd Mjóafjarðar.

Figure 4. Surface seawater temperature in Mjóifjörður in 2000. The curve traces the daily mean temperature and the dots show the monthly means. A continuous temperature recorder was located at 2 m depth close to the shore near Brekka on the north coast of Mjóifjörður.

Um niðurstöður rannsókna í Mjóafirði

Kísilstyrkurinn var mjög breytilegur í Mjóafirði um sumarið. Hann var í öfugu hlutfalli við seltuna og endurspeglaði því hve mikið ferskvatn hafði runnið í fjörðinn, (Sólveig Ólafsdóttir 2003). Ferskvatn berst í fjörðinn með ám sem renna í fjörðinn, sem úrkoma og með sjó sem streymir inn í fjörðinn utan að. Ekki var hægt að greina hver hlutur hvers þáttar um sig var í

ferskvatnasblöndun fjarðarins. Eins og áður sagði er líklegt að seltulækkun í maí hafi stafað af leysingum í Mjóafirði en seltubreytingar um sumarið geta hins vegar hafa stafað af ferskvatnasblönduðum sjó sem barst inn í fjörðinn með straumum, þar sem fremur lítil úrkoma var á Mjóafjarðarsvæðinu um sumarið (3. mynd).

Fyrri hluta árs var seltan há og tiltölulega jöfn en um miðjan maí lækkaði seltan skyndilega um nær helming og í kjölfarið fylgdi blómi svifþörungum. Líklegt er að við seltulækkunina hafi myndast lagskipting sem hjálpaði við að halda þörungunum í birtunni nálægt yfirborði og blómstra. Næringasöltin nítrat og fosfat kláruðust þá úr sjónum og var styrkur þeirra mjög lágur það sem eftir var sumars (Sólveig Ólafsdóttir 2003).

Næringarsölt eru mikilvæg fyrir vöxt þörungum og má nota upplýsingar um styrk þeirra til að útskýra breytingar sem verða á tegundasamsetningu og magni þörungum. Almenn er nítur takmarkandi fyrir vöxt þörungum hér við land (Þórunn Þórðardóttir 1994). Venjulega er nítur einungis mælt sem nítrat, einkum þar sem skilyrði í sjónum eru slík að ekki er að vænta að nítur finnist í verulegum mæli í öðrum efnasamböndum. Þetta á við hafsvæðin úti á landgrunni fjarri ströndinni. Á strandsvæðum og í fjörðum er hins vegar líklegt að köfnunarefni sé bundið á fleiri vegu. Margir þörungar geta nýtt sér köfnunarefni sem bundið er sem ammoníak eða jafnvel í lífrænum samböndum (Dring 1982). Til að fá glögga hugmynd um samspil þörungum og næringarefna á strandsvæðum er því nauðsynlegt að mæla nítur á formi nitríts, ammóníaks og nítur sem er bundið uppleystum lífrænum efnum auk nitrats. Lítið hefur áður verið gert af slíkum rannsóknum hér við land, helst er að nefna í því sambandi rannsóknir í Faxaflóa nýlega (Jón Ólafsson o.fl. 1996, Jón Ólafsson & Sólveig Ólafsdóttir 2002, Agnes Eydal 2000). Í Mjóafirði mældist talsvert af nítur á formi ammóníaks og bundið lífrænum efnum (Sólveig Ólafsdóttir 2003). Líklegt er að hár styrkur þeirra hafi valdið því að þörungar voru í nokkru magni megnið af sumrinu (Kristinn Guðmundsson 2003).

Aðferð til greiningar á litarefnum þörungum með HPLC tækni hefur verið í þróun á Hafrannsóknastofnuninni undanfarin ár. Með þessari tækni má fá á tiltölulega skjótvirkan hátt hugmynd um samsetningu svifþörungaflokkunar. Í Mjóafirði voru sýni greind með HPLC-tækni og einnig voru þörungar taldir í sýnum sem tekin voru á sama tíma. Þetta veitti einstakt tækifæri til að bera saman og meta gagnsemi og nákvæmni HPLC-tækninnar við greiningu á samsetningu þörungasvifsins og er það í fyrsta sinn sem slíkt er gert hér við land. Með greiningum á litarefnum þörungum í Mjóafirði fengust vísbendingar um breytingar á innbyrðis hlutföllum mismunandi þörungaflokka í svifinu. Í flestum tilvikum var gott samræmi milli styrkleika litarefnanna og fjölda þörungum í hverjum þörungaflokki (Ása G. Kristjánsdóttir 2003). Það komu þó fram vísbendingar um að mögulega væru fleiri hópar í svifinu en kemur fram í talningum. Til að fá úr því skorið hvort svo var hefði þurft að skoða betur örsmáar tegundir svipuþörungum sem ekki voru greindar í þessari rannsókn. Þó svo að litarefnagreiningar geti ekki komið í stað hefðbundinna greininga þörungasvifsins, gefa þær viðbótarupplýsingar og geta komið að gagni við að velja sýni til frekari skoðunar (Ása G. Kristjánsdóttir 2003). Greining talningarsýna er afar tímafrek og er ótvíræður kostur ef hægt er að nota HPLC greiningu til að minnka þá vinnu.

Rannsóknir á árstíðabreytingum í tegundasamsetningu svifþörungum hafa verið stundaðar hér við land í mjög takmörkuðum mæli. Áður hafa verið gerðar athuganir á ástíðabreytingum í tegundasamsetningu svifþörungum við Suðvestur-, Vestur- og Norðurland (Guðrún G. Þórarinsdóttir 1987, 1994, Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996, Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998, Agnes Eydal 2000). Engar slíkar rannsóknir hafa hins vegar verið gerðar við Austurland.

Niðurstöður rannsókna sýna að eittraða þörungum er að finna alls staðar við landið og oft í það miklum mæli að hætta er á eitrun (Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996 Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998, Agnes Eydal 2000). Í nokkrum tilfellum hefur eitrun orðið af skelfiskáti (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Þórunn Þórðardóttir 1997). Þörfin á að kanna frekar eittraða þörungum hér við land verður æ mikilvægari eftir því sem nýting skelfisks til matar eykst. Eittraðir þörungum fundust í Mjóafirði. Í júlí og ágúst voru eittraðir skorpuþörungum þar í miklu magni og líklegt er að skelfiskur í Mjóafirði hafi ekki verið neysluhæfur á þeim tíma (Agnes Eydal 2003).

Í Mjóafirði var framvinda svifþörungum að mörgu leyti svipuð og annars staðar við landið þar sem hún hefur verið rannsökuð. Kísilþörungur voru ríkjandi um vorið þegar gróðurinn fór af stað, skorubörungur tóku við um sumarið ásamt smáum svipuþörungum. Um haustið var blanda skoru- og kalksvifþörungum (Agnes Eydal 2003). Það sem var sérstakt við niðurstöðurnar í Mjóafirði var að gróður fór mjög seint af stað miðað við það sem algengt er annars staðar. Það var ekki fyrr en 15. maí sem svifþörungur urðu áberandi í yfirborðslögunum.

Niðurstöður rannsókna á svifþörungum í Mjóafirði gefa hugmynd um magn og tegundasamsetningu svifþörungum sem stendur kræklingnum til boða sem fæðu. Líklegt er að stuttur vaxtartími gróðurs og minni framleiðni í Mjóafirði takmarki þá fæðu sem kræklingi stendur til boða á formi svifþörungum (Kristinn Guðmundsson 2003). Það ber þó að hafa í huga að einungis hefur verið skoðuð framvinda gróðursins í eitt ár og önnur ár gæti henni verið öðruvísi háttáð.

Rannsóknir erlendis hafa sýnt að vaxtarhraði kræklinga er misjafn frá einu svæði til annars og fer eftir umhverfisaðstæðum. Fyrst og fremst er talið að fæðuskilyrði og hitastig hafi áhrif á vöxtinn (Guðrún G. Þórarinsdóttir 2003). Það tekur kræklinginn frá einu til þriggja ára að ná 5 cm lengd, sem er venjuleg markaðsstærð (Böhle 1979, Masson & Drinkwater 1981, Loo & Rosenberg 1983). Hér við land hafa verið gerðar vaxtarmælingar í Hvalfirði sem leiddu í ljós að kræklingurinn óx um rúmlega 50 mm á tveimur árum eftir að lirlurnar settust (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993). Í Mjóafirði óx kræklingurinn nokkuð hægar og tók það hann að jafnaði um þrjú ár að ná sömu stærð (Guðrún G. Þórarinsdóttir 2003). Það fer saman við styttri vaxtartíma svifþörunganna og minna magn þeirra í Mjóafirði en í Hvalfirði.

Árstíðabreytingarnar í svifþörungagróðrinum endurspeglast nokkuð vel í vexti kræklinga. Upp úr miðjum maí þegar gróðurinn jókst skyndilega fór holdfylling kræklinga að aukast (Guðrún G. Þórarinsdóttir 2003). Um mánuði seinna eða upp úr miðjum júní tók svo skelin að lengjast og óx fram í september. Allt sumarið var nægur gróður í firðinum fyrir vöxt kræklinga. Um mitt sumar voru smáir svipuþörungur í hámarki. Rannsóknir hafa sýnt að kræklingur þrífst best af „nóktum“ þörungum á stærðarbilinu 3 til 5 µm og er stór hluti smáu svipuþörunganna af þeirri gerð.

Upplýsingar um hrygningartíma dýranna eru mikilvægar fyrir kræklingaeldið þar sem það byggir á lirlusöfnun í náttúrunni. Hrygning kræklinga í Hvalfirði og Breiðafirði er seinni hluta sumars (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993, Guðrún G. Þórarinsdóttir & Karl Gunnarsson 2003). Í Mjóafirði byrjaði hrygningin um miðjan júlí og stóð fram í nóvember en var í hámarki í ágúst. Athuganir í Hvalfirði benda til að lirlustigið vari í um það bil 6 vikur og ættu samkvæmt því að vera mestar líkur að fá lirlur í safnara seinni hluta september og í október í Mjóafirði.

Við þá rannsókn sem hér er lýst hafa fengist áhugaverðar upplýsingar um árstíðabreytingar í svifþörungum og kræklingi í Mjóafirði og vísbendingar um orsakir þeirra í þeim gögnum um umhverfisþætti sem safnað var við rannsóknina. Ýmsir aðrir þættir í náttúru Mjófjarðar en þeir sem hér voru skoðaðir geta þó haft veruleg áhrif á niðurstöðurnar og eru hugsanlega orsakir sumra þeirra fyrirbæra sem við mældum. Til dæmis er líklegt að straumar og lagskipting sjávar hafi haft veruleg áhrif á seltu, næringarefnabúskapinn og vöxt og tegundasamsetningu gróðursins. Einnig er líklegt að beit svifdýra hafi haft áhrif á framvindu gróðursins. Skortur á upplýsingum um þessa þætti takmarkar auðvitað möguleika á túlkun gagnanna.

Sú rannsókn sem hér er lýst er byggð á þéttri söfnun á einni stöð við yfirborð í Mjóafirði yfir eitt ár. Það er líklegt að ársferillinn sé ekki með nákvæmlega sama hætti innar eða utar í firðinum og einnig er líklegt að breytingar séu með dýpi í öllum þeim þáttum sem við skoðuðum. Þetta ber auðvitað einnig að hafa í huga við túlkun niðurstaðna.

ÞAKKIR

Margir komu að þessari þessari fjölþættu rannsókn, ýmist við söfnun, úrvinnslu eða greiningu gagna. Í hópnum sem tók þátt í verkefninu voru auk höfundar, Agnes Eydal, Ása G. Kristjánsdóttir, Elena Guijarro Garcia, Guðrún G. Þórarinsdóttir, Jón Ólafsson, Kristinn Guðmundsson, Kristín Valsdóttir, Magnús Danielsen, og Sólveig Ólafsdóttir allt starfsmenn Hafrannsóknastofnunarinnar og Sigfús Vilhjálmsson og Ingólfur Sigfússon á Brekku í Mjóafirði. Er þeim öllum þakkað fyrir ánægjulegt samstarf.

HEIMILDIR

- Agnes Eydal 2000. *Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþörungna í Hvalfirði*. M.S. ritgerð við Háskóla Íslands og Hafrannsóknastofnunina, 102 s.
- Agnes Eydal 2003. Árstíðabreytingar í fjölda og tegundasamsetningu svifþörungna í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 92: 29-49.*
- Ása G. Kristjánsdóttir 2003. Árstíðabreytingar í samsetningu þörungasvifsins í Mjóafirði. Litarefni þörungna greind með háþrýstivökvaskilju (HPLC). Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 92: 51-64.*
- Böhle, B. 1979. Dyrkning af bláskjell í Norge. *Fisken og Havet*, Serie B.5. 23 s.
- Dring, M.J. 1982. *The biology of marine plants*. Edward Arnold (Publ.) Ltd, London. 199 s.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir 1987. *Dyrkning av blåmuslinger (Mytilus edulis) i Hvitanes, Hvalfjörður, Island 1986-1987*. Prófrítgerð við Háskólann í Árósum.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir 1994. *Svifþörungur í Breiðafirði*. Skýrsla til Vísindasjóðs.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir 2003. Vöxtur, holdarfar, kynþroski og hrygning kræklinga í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 92: 77-89.*
- Guðrún G. Þórarinsdóttir, Karl Gunnarsson 2003. Reproductive cycles of *Mytilus edulis* L. on the west and east coast of Iceland. Óbirt grein.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir, Úlfar Antonsson 1993. Tilraunaræktun á kræklingi í Hvalfirði. *Náttúrufræðingurinn* 63 (3-4), 243-251.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir, Þórunn Þórðardóttir 1997. Vágastir í plöntusvifinu. *Náttúrufræðingurinn* 67 (2), 67-76.
- Hansen, J.R., Agnar Ingólfsson 1993. Patterns in species composition of rocky shore communities in sub-arctic fjords of eastern Iceland. *Marine Biology*, 117: 469-481.
- Héðinn Valdimarsson, Steingrímur Jónsson, Gerða Geirsdóttir, Jóhannes Briem, Jón Ólafsson, Magnús Danielsen, Sólveig Ólafsdóttir 2001. Rannsóknir á áhrifum ferskvatnsrennslis til Héraðsflóa á straum og ástand sjávar við Austurland. Óbirt skýrsla Hafrannsóknastofnunarinnar fyrir Landsvirkjun, 2001.
- Hafsteinn Guðfinnsson, Héðinn Valdimarsson, Steingrímur Jónsson, Jóhannes Briem, Jón Ólafsson, Sólveig Ólafsdóttir, Ástþór Gíslason, Sigmar A. Steingrímsson 2002. Rannsóknir á straumum, umhverfisþáttum og lífríki sjávar í Reyðarfirði frá júlí til október árið 2000. *Hafrannsóknastofnun, Fjölrit*, 85, 136 s.
- Jón Ólafsson 1983. Þungmálmar í kræklingi við Suðvesturland. *Hafrannsóknastofnun, Fjölrit*, 10, 50 s.
- Jón Ólafsson, Magnús Danielsen, Sólveig Ólafsdóttir, Þórarinn Arnarson 1996. Næringarefni í sjó undan Ánanaustum í nóvember 1995. *Hafrannsóknastofnun, Fjölrit*, 50, 50 s.
- Jón Ólafsson, Sólveig Ólafsdóttir 2002. Ástand sjávar á losunarsvæði skolps undan Ánanaustum í febrúar 2000. *Hafrannsóknastofnun, Fjölrit*, 81, 49 s.

- Kristinn Guðmundsson 2003. Blaðgræna og vöxtur svifgróðurs í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 92:* 65-76.
- Kristinn Guðmundsson, Agnes Eydal 1998. Svifþörungur sem geta valdið skelfiskeitrun. Niðurstöður tegundagreininga og umhverfisathugana: 1. Ísafjarðardjúp 1987, 2. Eyjafjörður 1992. *Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit, 70, 33 s.*
- Loo, L.O., Rosenberg, R. 1983. *Mytilus edulis* culture: Growth and production in western Sweden. *Aquaculture 35:* 137-150.
- Mason, J., Drinkwater, J. 1981. Experiments on suspended cultivation of mussels in Scotland. *Scottish Fisheries Information Pamphlet 4, 15 s.*
- Sjómælingar Íslands 2000. *Sjávarföll við Ísland 2000.* Sjómælingar Íslands, Reykjavík. 24 s.
- Sólveig Ólafsdóttir 2003. Árstíðabreytingar á styrk næringarefna í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 92:* 17-28.
- Steingrímur Jónsson 1999. Temperature time series from Icelandic coastal stations. *Rit Fiskideildar, 16:* 59-68.
- Unnsteinn Stefánsson 1959. Rannsóknir á krækling í Hamarsfirði sumarið 1958. *Hafrannsóknastofnunin, óbirt skýrsla.*
- Valdimar Ingi Gunnarsson, Guðrún G. Þórarinsdóttir, Björn Theódórsson, Sigurður Már Einarsson 2001. Kræklingarækt á Íslandi - Ársskýrsla 2001. *Veiðimálastofnun, VMST-R/0123.* 44 s.
- Þórunn Þórðardóttir 1994. Plöntusvif og framleiðni í sjónum við Ísland. Í: Unnsteinn Stefánsson (ritstj.) *Íslendingar, hafið og auðlindir þess.* Vísindafélag Íslendinga. Ráðstefnurit, 4: 65-88.
- Þórunn Þórðardóttir, Agnes Eydal 1996. Phytoplankton at the Ocean quahog harvesting areas off the northwest coast of Iceland 1994. *Hafrannsóknastofnun, Fjölrit, 51, 27 s.*

Árstíðabreytingar á styrk næringarefna í Mjóafirði

Sólveig Ólafsdóttir
Hafrannsóknastofnunin

ÁGRIP

Sólveig Ólafsdóttir 2002. Árstíðabreytingar á styrk næringarefna í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 92: 17-28.

Safnað var yfirborðssýnum vikulega á einni stöð í Mjóafirði árið 2000. Styrkur nítrats og fosfats í Mjóafirði var hæstur yfir veturinn (nítrat $9,4 \mu\text{mól l}^{-1}$ og fosfat $0,80 \mu\text{mól l}^{-1}$) en yfirleitt lágur um sumarið (nítrat $<0,5 \mu\text{mól l}^{-1}$ og fosfat $0,18 \mu\text{mól l}^{-1}$). Styrkur þessara efna lækkaði mjög hratt um vorið þegar frumframleiðni hófst að ráði og hélst lítill allt sumarið. Ársferill kísilstyrks einkenndist af miklum sveiflum vegna ferskvatnsflæðis til fjarðarins. Breytingar á styrk nítrats og fosfats í Mjóafirði árið 2000 voru áþekkar því sem gerist annars staðar á íslenska hafsvæðinu, með snöggri lækkun að vorinu og hægri endurnýjun um haustið. Hár styrkur kísils bar merki ferskvatnsinnstreymis á svæðið. Í Mjóafirði var ammóníak að öllum líkindum mikilvæg uppspretta niturs fyrir þörunga um sumarið.

ABSTRACT

Sólveig Ólafsdóttir 2002. Seasonal changes of nutrient concentrations in Mjóifjörður. In: Karl Gunnarsson (ed.) Environment, phytoplankton and mussels in Mjóifjörður Marine Research Institute, Report series nr. 92: 17-28.

Surface samples from a single station in the fjord Mjóifjörður, eastern Iceland, were collected on a weekly basis during the year 2000 for measurement of nutrients. Nitrate and phosphate concentrations in Mjóifjörður were highest during the winter (nitrate $9.4 \mu\text{mole l}^{-1}$ and phosphate $0.80 \mu\text{mole l}^{-1}$) but usually low during the summer (nitrate $<0.5 \mu\text{mole l}^{-1}$ and phosphate $0.18 \mu\text{mole l}^{-1}$). The concentrations of these nutrients decreased very rapidly in spring when the phytoplankton production started and was low during summer. The annual cycle of silicate concentration showed great variation and correlated with freshwater input into the fjord. The changes in nitrate and phosphate concentrations in Mjóifjörður in the year 2000 were similar to that observed elsewhere in Icelandic waters with a rapid drop during spring and slow renewal in autumn. In Mjóifjörður, ammonia was probably a vital source of nitrogen for the phytoplankton during summer.

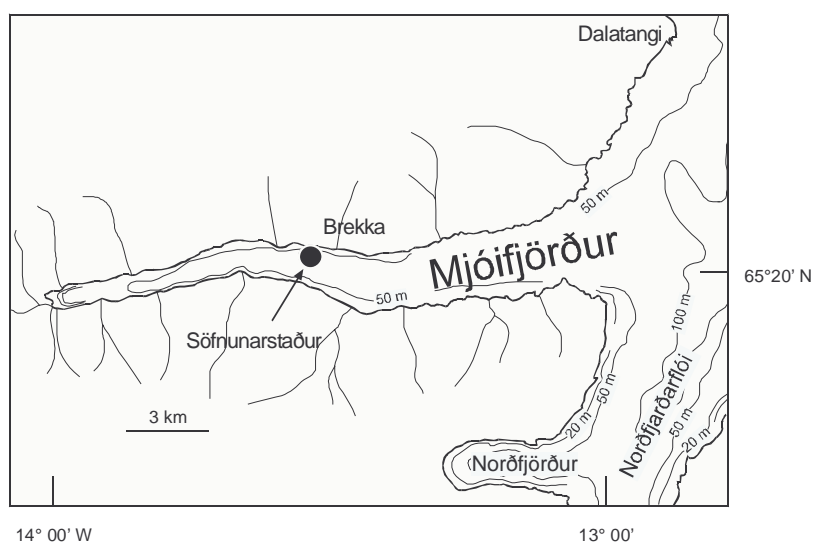
INNGANGUR

Þegar fjallað er um næringarefni í sjó er yfirleitt átt við fosfór- og nitursambönd, en þessi efni eru nauðsynleg næringarefni fyrir alla svifþörunguna, einkum fosfat (PO_4^{-3}), níturat (NO_3^-), nítítr (NO_2^-) og ammóníak (NH_4^+). Ennfremur uppleystan kísil (Si) sem er nauðsynlegt næringarefni fyrir kísilþörunguna. Þörungar þurfa mismikið af næringarefnum til vaxtar, og það er allvel þekkt í hvaða hlutföllum þeir þurfa fosfór og nitursambönd og hvernig þessi efni berast aftur út í upplausn að lífskeiði þörunganna loknu við niðurbrot lífrænna leifa. Lífverur í sjó hér við land taka níturat og fosfat upp í hlutföllum $\Delta\text{N}/\Delta\text{P}=14,1-14,8/1$ (Unnsteinn Stefánsson & Jón Ólafsson 1991).

Styrkur næringarefnanna nítrats, fosfats og kísils í sjó ræðst af flóknu samspili umhverfisþátta. Breytingar á styrk þeirra geta m. a. orðið vegna landrænna áhrifa, strauma, sjávarfalla og samspils við lífríkið. Magn næringarefna sem þörungum stendur til boða á opnu hafi fer eftir blöndun yfirborðslagsins við dýpri sjávarlög, aðstreymi með straumum og endurnýjun við niðurbrot á lífrænum leifum. Á strandsvæðum skiptir flæði af landi og úr seti einnig máli. Ýmis ferli, lífræns og ólífræns eðlis, koma því við sögu og hafa áhrif á styrk næringarefna í sjó. Mörg þessara ferla eru í eðli sínu sveiflukennð, þau geta tengst aðstæðum á mismunandi árstíðum (veðurfari, þörungavexti, vorleysingum, áhrifum frá byggð eða öðrum athöfnum manna, o.s.frv.) eða misjöfnu árferði.

Yfirleitt er fosfór ekki takmarkandi næringarefni í sjónum hér við land. Þegar níturat gengur til þurrðar eru eftir allt að $0,2 \mu\text{mol l}^{-1}$ af fosfati, en það er mismunandi eftir sjógerðum hver leifin er. Nítratskortur getur þá hamlað vexti þörunguna en sumir flokkar svifþörunguna geta í stað nítrats nýtt sér önnur form niturs. Venjulega er nitur einungis mælt sem níturat þar sem skilyrði í sjónum eru slík að ekki er að vænta að nitur sé til staðar á öðrum efnaformum. Á strandsvæðum er þó full ástæða til að athuga næringarefnin nánar. Sé t. d. ammóníak til staðar geta sumir þörungar nýtt sér það. Til að fá gleggri hugmynd um næringarefnabúskapinn þarf því að mæla auk nítrats, ammóníak og uppleyst lífrænt bundin næringarefni (bæði nitur og fosfat) þar sem forði næringarefna getur verið bundinn í lífrænum efnum.

Styrkur næringarefna í ferskvatnsframburði hér á landi er almennt þannig að fosfat er í svipuðum styrk og í hafinu, nitursambönd í miklu lægri styrk en uppleystur kísill í 30-40 sinnum meiri styrk en í hafinu (Sólveig Ólafsdóttir & Jón Ólafsson 1999). Áhrif næringarefna í fallvötnum geta því einkum komið fram í því að lengja og auka vaxtartíma og heildarframleiðslu kísilþörunguna á strandsvæðum (Unnsteinn Stefánsson & Jón Ólafsson 1991).



1. mynd. Mjóifjörður, söfnunarstaður er merktur með punkti.

Figure 1. Mjóifjörður, the sampling station is marked by the dot.

Markmið þessarar rannsóknar var að kanna breytingar á styrk næringarefna á yfir eitt ár, tengsl þeirra við umhverfisþætti og við vöxt svifþörungna.

EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR

Sýnum til mælinga á næringarefnum var safnað á einni stöð norðanmegin í Mjóafirði (1. mynd) frá 15. febrúar til 13. nóvember árið 2000. Alls var safnað sjósýnum í 33 skipti, oftast vikulega, til efnagreininga á ammóníaki, fosfati, nitrati og kísli í upplausn og til greininga á heildarstyrk fosfór- og nitursambanda í upplausn.

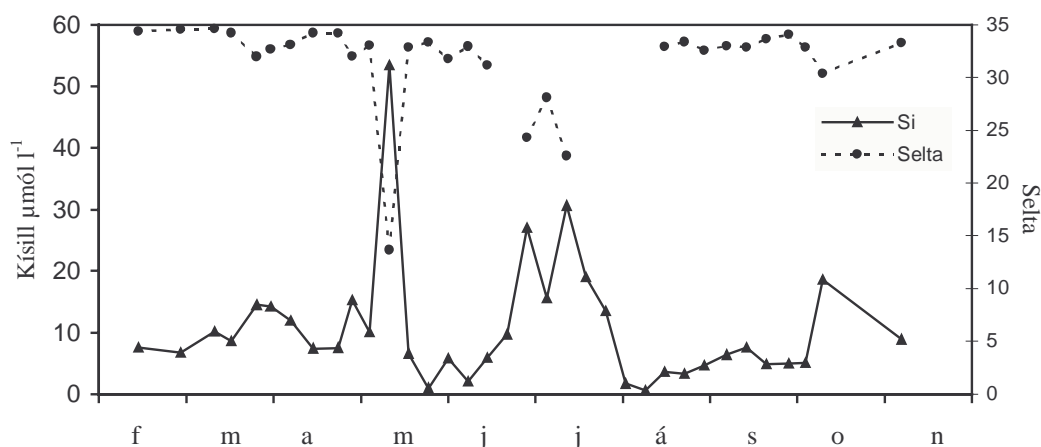
Einungis var safnað yfirborðssýnum en til þess var notaður sérstakur yfirborðssýnataki. Sýnum til mælinga á ammóníaki var safnað í sýrupvegin 20 ml polyetylen glös. Þau voru síuð beint ofan í sýnaglasíð með Whatman 0,45µ polysulfonat sprautusíu og síðan fryst við -20°C þar til þau voru mæld á rannsóknastofu. Sýnum til mælinga á fosfati, nitrati og kísli í upplausn svo og til greininga á heildarstyrk fosfór- og nitursambanda í upplausn var safnað í 250 ml LDPE (low density polyetylen) flösku sem var fryst að söfnun lokinni og geymd við -20°C þar til sýnin voru mæld.

Mælingar á efnum í upplausn voru gerðar í maí 2000 og síðan í október og nóvember sama ár. Öll sýni voru síuð með með 0,45 µm Whatman polysulfonat sprautusíu fyrir mælingu. Nítrat og kísill voru mæld með sjálfvirkri ljósgleypnimælingu með Chemlab autoanalyser með aðferðum sem lýst er í Grasshoff (1970). Rétt er að geta þess að þegar nítrat (NO₃) er mælt, mælist einnig það nítrít (NO₂) sem er í sýninu en nítrít er óstöðugt efnasamband og er styrkur þess venjulega hverfandi miðað við nítratið. Fosfat var mælt með ljósgleypnimælingu samkvæmt aðferð Strickland og Parsons (1972). Ammóníak var mælt með sjálfvirkri ljósgleypnimælingu með Technicon autoanalyser með aðferð sem byggir á Koroleff (1970). Heildarstyrkur uppleystra fosfór- og nitursambanda var ákvarðaður eftir oxun sýnanna í útfjólubláu ljósi (Armstrong o.fl. 1966). Sýnin voru síuð með 0,45 µm Whatman polysulfonat sprautusíu fyrir geislun. Nitursamböndin og fosfórinn voru síðan mæld sem nítrat og fosfat með áðurnefndum aðferðum.

NÍÐURSTÖÐUR

Uppleystur kísill og selta

Vegna efnaveðrunar landsins er styrkur kísils í ferskvatnsfrárennsli af landi yfirleitt mun hærri en í sjó. Meðalstyrkur kísils í ám sem falla til sjávar á Austurlandi er frá 110 til 162 µmól l⁻¹ (Sigurður Reynir Gíslason o.fl. 2001). Kísilstyrkur er því um 20 sinnum hærri í árvatni en í sjó. Við blöndun ferskvatns og sjávar hækkar því kísilstyrkurinn í sjónum. Selta sjávar lækkar hins vegar við ferskvatnsblöndun. Gott samband fæst því milli seltu sjávarins og kísilstyrks (2. og 3. mynd), ef einungis blöndun hefur áhrif á kísilstyrkinn og seltuna.

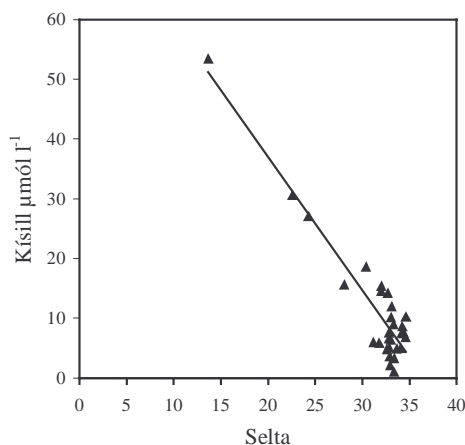


2. mynd. Kísilstyrkur og selta í í yfirborði Mjóafirði árið 2000, seltugögn vantar fyrir fimm athuganir.

Figure 2. Silicate concentrations and salinity at the surface in Mjófjörður in the year 2000, salinity is missing for 5 observations.

Á athugunartímabilinu skera nokkur sýni sig úr hvað varðar lága seltu og háan kísilstyrk, þá eru áhrif ferska vatnsins mikil (2. mynd). Önnur sýni (21 af 30) hafa seltu á frekar þröngu bili frá um 32,5 til 34,6 sem bendir til að minna hafi þá borist af fersku vatni í fjörðinn. Fram til 15. maí er kísilstyrkur frekar stöðugur eða $10,4 \pm 3,1 \mu\text{mól l}^{-1}$ að meðaltali. Þrátt fyrir landrænar uppsprettur kísils má sjá lækkun í styrk hans vegna frumframleiðni á lágum gildum yfir sumartímann. Kísilstyrkur var einungis í eitt skipti minni en $1 \mu\text{mól l}^{-1}$, þann 14. ágúst ($0,6 \mu\text{mól l}^{-1}$).

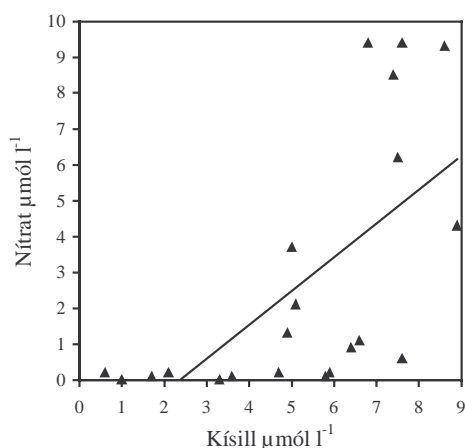
Eins og áður sagði er kísill mikilvægt næringarefni fyrir kísilþörunga. Við vöxt þeirra hverfur kísill úr upplausn og myndar fast efni í skel kísilþörunganna og er kísilstyrkur því ekki staðfastur eiginleiki sjávarins eins og seltan er. Því tengist styrkur kísils fleiri þáttum en einungis seltunni.



3. mynd. Samband kísilstyrks og seltu í yfirborði í Mjóafirði árið 2000. Beinu línunni má lýsa með jöfnunni $[\text{Si}] = -2,23 * \text{Selta} + 81,62$ ($r^2 = 0,87$).

Figure 3. The relationship between silicate concentration and salinity at the surface in Mjóifjörður in the year 2000. The relationship is described by the equation $[\text{Si}] = -2.23 * \text{Salinity} + 81.62$ ($r^2 = 0.87$).

Til að athuga sérstaklega þau sýni þar sem ferskvatnsáhrifa gætir lítið var þeim sýnum þar sem kísilstyrkur er meiri en $9 \mu\text{mól l}^{-1}$ sleppt. Þá sjást ekki lengur tengsl milli seltu og kísils, en þá koma fram veik tengsl milli kísils og nitrats (og einnig fosfats) af því tagi sem finnst í úthafssjó (4. mynd).

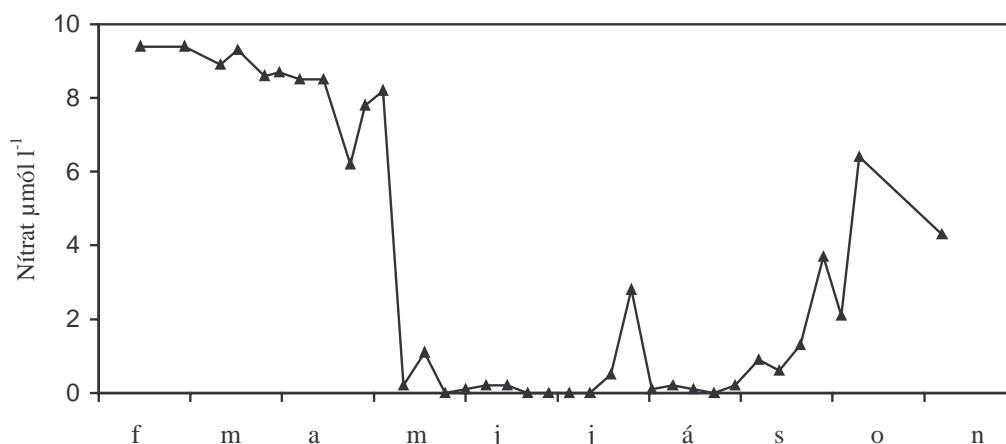


4. mynd. Samband nítratstyrks og kísilstyrks í í yfirborði í Mjóafirði árið 2000 þar sem kísilstyrkur er minni en $9 \mu\text{mól l}^{-1}$. Beinu línunni má lýsa með jöfnunni $[\text{NO}_3] = 0,94 * [\text{Si}] - 2,2$ ($r^2 = 0,42$).

Figure 4. The relationship between nitrate concentration and silicate concentration at the surface in Mjóifjörður in the year 2000 where silicate concentration is less than $9 \mu\text{mól l}^{-1}$. The relationship is described by the equation $[\text{NO}_3] = 0.94 * [\text{Si}] - 2.2$ ($r^2 = 0.42$).

Nítrat og fosfat

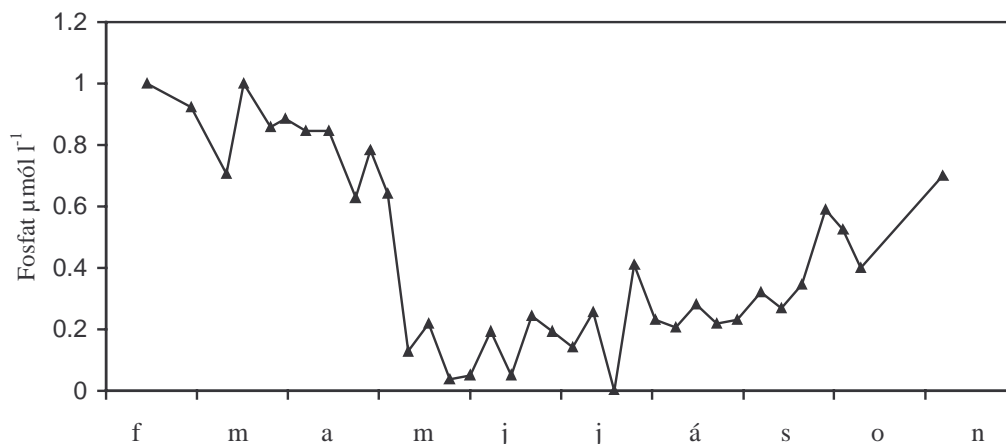
Síðari hluta vetrar (febrúar-apríl) var nítratstyrkur hár ($8,5 \pm 0,3 \mu\text{mól l}^{-1}$) þar til 15. maí er hann lækkaði mjög snögglega og eftir það var nítrat vart mælanlegt ($<0,5 \mu\text{mól l}^{-1}$) allt sumarið fyrir utan eitt einstakt gildi 31. júlí (5. mynd). Um haustið fór nítratstyrkur fór svo hægt vaxandi og um miðjan nóvember þegar gagnasöfnun var hætt mældist hann $4,3 \mu\text{mól l}^{-1}$.



5. mynd . Árstíðabreytingar í nítratstyrk í yfirborði í Mjóafirði árið 2000.

Figure 5. Seasonal changes in nitrate concentrations at the surface in Mjóifjörður in the year 2000.

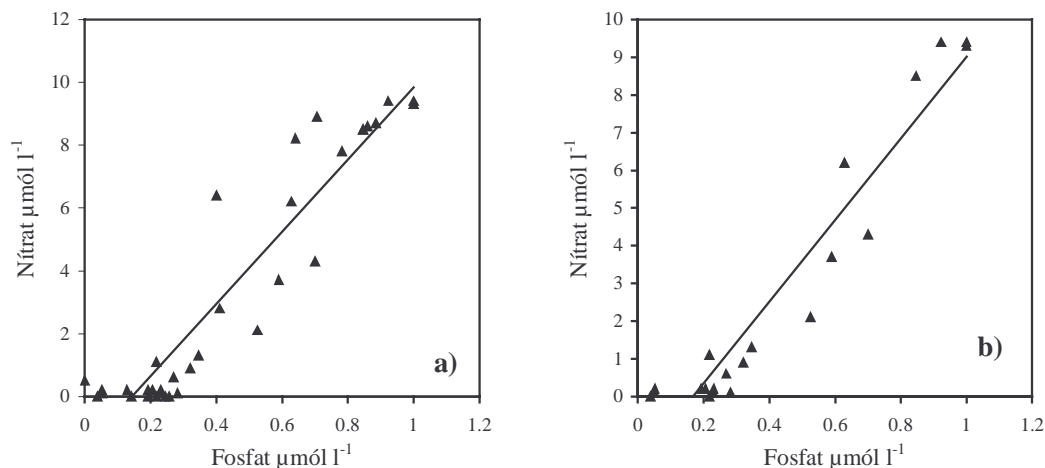
Fosfat hegðaði sér líkt og nítrat, meðalstyrkur þess á tímabilinu frá 15. febrúar til 15. maí var $0,83 \pm 0,13 \mu\text{mól l}^{-1}$. Fosfat var hins vegar nær alltaf mælanlegt á athugunartíma-bilinu og var meðalstyrkur þess um sumarið $0,18 \pm 0,10 \mu\text{mól l}^{-1}$. Fosfatstyrkur fór svo hægt vaxandi um haustið og mældist $0,74 \mu\text{mól l}^{-1}$ þegar gagnasöfnun lauk (6. mynd).



6. mynd . Árstíðabreytingar í fosfatstyrk í í yfirborði Mjóafirði árið 2000.

Figure 6. Seasonal changes in phosphate concentrations at the surface in Mjóifjörður in the year 2000.

Sterk tengsl voru milli styrks nitrats og fosfats (7. mynd a), eins og algengt er í hafinu hér við land (Unnsteinn Stefánsson & Jón Ólafsson 1991). Sambandinu má lýsa með jöfnunni $\text{NO}_3=11,5*\text{PO}_4-1,7$ ($r^2=0,88$). Hlutfallið $\Delta\text{N}/\Delta\text{P}=11,5$ er lægra en finnst á opnu hafi hér við land.



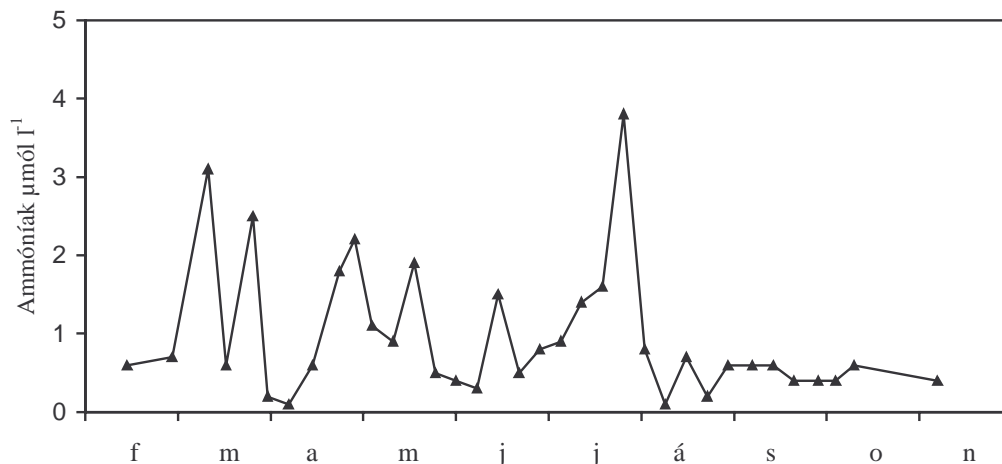
7. mynd Samband fosfatstyrks og nítratstyrks í yfirborði í Mjóafirði árið 2000 a) öll mæld gildi og b) gildi þar sem kísilstyrkur er minni en $9 \mu\text{mol l}^{-1}$.

Figure 7. The relationship between phosphate concentration and nitrate concentration at the surface in Mjóifjörður in the year 2000 a) all values and b) values where silicate concentration is less than $9 \mu\text{mol l}^{-1}$.

Sé gildunum þar sem sjórinn hefur verið mjög blandaður með ferskvatni sleppt (aðeins tekin þau gildi þar sem kísilstyrkur er minni en $9 \mu\text{mol l}^{-1}$) fást lítilllega sterkari línuleg tengsl fosfats og nítrats ($\text{NO}_3=10,9*\text{PO}_4-1,8$ ($r^2=0,92$)) (7. mynd b). Þessi litla breyting á sambandi nítrats og fosfats bendir til að áhrifa fersksvatnsins gæti ekki á styrk þeirra.

Ammóníak

Breytingar á styrk ammóníaks eru sýndar á 8. mynd. Allmiklar sveiflur voru á styrk ammóníaks en sjá mátti sveiflur allt að $2 \mu\text{mol l}^{-1}$ milli vikulegra athugana þrisvar sinnum á athugunartímabilinu (8. mynd). Hæsta gildi mældist þann 31. júlí ($3,8 \mu\text{mol l}^{-1}$). Langflest gildi voru lægri en $1,5 \mu\text{mol l}^{-1}$.

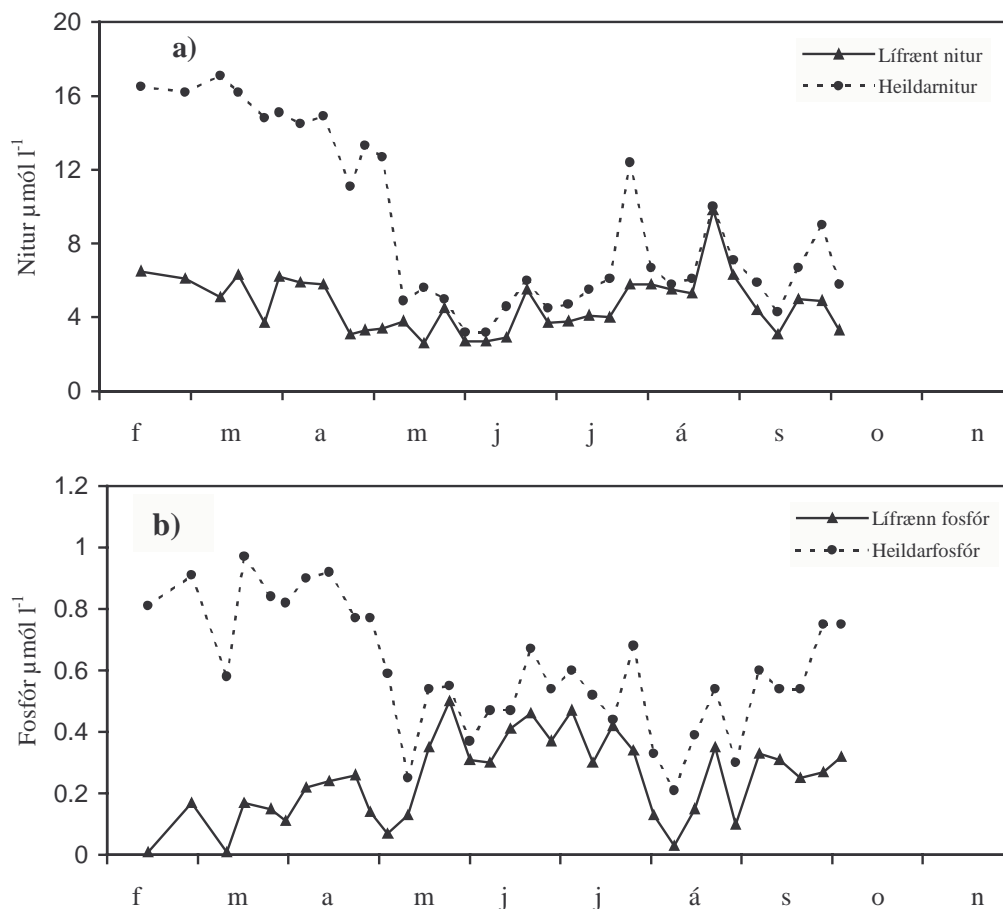


8. mynd. Árstíðabreytingar í ammóníakstyrk í yfirborði í Mjóafirði árið 2000.

Figure 8. Seasonal changes in ammonia concentrations at the surface in Mjóifjörður in the year 2000.

Heildarstyrkur uppleystra nitur- og fosfór sambanda

Heildar uppleyst nitur og fosfór voru einnig mæld. Árstíðabreytingar í heildarstyrk uppleystra nitursambanda (9. mynd a) og nítrats (5. mynd) voru mjög sterkt tengdar. Árstíðabreytingar í heildarstyrk uppleystra fosfórsambanda (9. mynd b) og fosfats (6. mynd) eru áþekkar.



9. mynd. Samanburður á ársferlum a) heildarniturs og lífrænt bundins niturs og b) heildarfosfórs og lífrænt bundins fosfórs í yfirborði í Mjóafirði árið 2000.

Figure 9. Comparison of the seasonal changes in a) total dissolved nitrogen and organic bound nitrogen and b) total dissolved phosphorous and organic bound phosphorous at the surface in Mjóafjörður in the year 2000.

Styrkur lífrænna nitursambanda (þ.e. heildar uppleyst nitur að fráðregnu ólífrænu) var lítið breytilegur á athugunartímabilinu og var $4,7 \pm 1,5 \mu\text{mól l}^{-1}$ að meðaltali (9. mynd a). Lífrænt bundinn fosfór (þ. e. heildar uppleystur fosfór að fráðregnu fosfati) var hins vegar mjög lítill þar til 15. maí (9. mynd b) þegar styrkur hans óx snögglega og hélst um $0,35 \mu\text{mól l}^{-1}$ þar til um haustið. Þessi munur sem er á lífrænt bundnu nitri og fosfór er athyglisverður en verður ekki skýrður af þeim gögnum sem nú liggja fyrir.

UMRÆÐA

Styrkur næringarefnanna nitrats, kísils og fosfats var frekar stöðugur allt fram í miðjan maí þegar skyndilegar breytingar urðu. Kísilstyrkur var á þessu tímabili $10,4 \pm 3,1 \mu\text{mól l}^{-1}$. Eftir miðjan maí voru miklar sveiflur á seltu og kísilstyrk sem bendir til ferskvatnsinnstreymis í fjörðinn. Tengsl seltu og kísils (3. mynd) benda til þess að við $\text{seltu}=0$ sé kísilstyrkur $81 \mu\text{mól l}^{-1}$. Áhrif ferskvatnsins ulla því að hlutföll kísils og nitrats voru ekki eins og í úthafssjó (4. mynd). Kísilstyrkur mældist allt að $6 \mu\text{mól l}^{-1}$ þegar nitratsstyrkur var mjög lágur (2. og 5. mynd). Yfir sumartímamann lækkaði kísilstyrkur vegna frumframleiðni kísilþörungna. Þó var kísilstyrkur einungis í eitt skipti minni en $1 \mu\text{mól l}^{-1}$, 14. ágúst ($0,6 \mu\text{mól l}^{-1}$). Þetta var eina skiptið sem kísilstyrkur gæti hafa verið takmarkandi fyrir frumframleiðni (Agnes Eydal 2000). Almenn má því segja að kísilstyrkur í Mjóafirði sé hár og kísill ekki takmarkandi fyrir gróður. Áberandi er hve kísilstyrkur er hár frá miðjum júní og fram í ágúst, en seltugögn vantar fyrir fimm athuganir á þessu tímabili. Þessi há kísilstyrkur gefur til kynna að ferskt vatn hafi áhrif á ástand sjávar í firðinum stóran hluta sumarsins.

Ferskvatn getur borist á þrjá vegu í fjörðinn, með ferskvatnsfrárennsi af landi, með úrkomu og með aðstreymi sjávar sem þegar er blandaður fersku vatni annars staðar frá. Líklega hafa allir þessir þættir áhrif á seltuna í Mjóafirði en þeir veða þó mismikið á hverjum tíma. Rennslisgögn fyrir fyrri ár í Mjóafirði eru ekki fyrir hendi og því er ekki hægt að meta hlutdeild ferskvatnsrennslis frá landi. Straummælum var lagt á 12 og 62 metra dýpi í Mjóafirði frá 27. júlí til 8. september 2001 (Héðinn Valdimarsson o.fl. 2001). Niðurstöður þeirra mælinga sýna að straumur er inn fjörðinn norðanmegin og að norðanátt á Dalatanga ýti undir innstreymi sjávar utanfrá og stuðli þar með að endurnýjun sjávar í firðinum (Héðinn Valdimarsson o.fl. 2001). Innstreymi að norðanverðu í fjörðinn er í samræmi við það sem áður hefur verið lýst í Reyðarfirði árið 2000 (Hafsteinn Guðfinnsson o.fl. 2001).

Frá miðjum mars og fram í miðjan maí fór styrkur nitrats og fosfats hægt lækkandi samfara aukningu í styrk blaðgrænu. Á þessu tímabili mældist a-blaðgræna $0,20 \mu\text{g l}^{-1}$ að meðaltali (Ása Kristjánsdóttir 2003). Þetta bendir til að vöxtur þörunga hafir verið byrjaður á þessum tíma þó að hann hafi ekki verið mikill.

Nítratstyrkur var mjög lágur stóran hluta sumarsins, en um $0,15 \mu\text{mol l}^{-1}$ eru að jafnaði eftir af fosfati þegar allt nítratið er uppuríð (7. mynd a og b) og nóg er af kísli eins og fyrir sagði. Ef ekki kæmu til aðrar uppsprettur af nitri myndi þessi lági nítratstyrkur væntanlega takmarka þörungavöxt, en styrkur blaðgrænu hélst jafn og frekar hár allt sumarið. Áhrif ferskvatns á nítrat og fosfatstyrk í sjó eru að jafnaði miklu minni en á kísilstyrk enda er lítill styrkmunur á nítrati og fosfati í sjó og ferskvatnsfrárennsli hér við land (Sólveig Ólafsdóttir & Jón Ólafsson 1999). Í þessari rannsókn var ekki hægt að greina áhrif ferska vatnsins á nítratið og fosfatið. Um haustið fór styrkur nitrats og fosfats hægt vaxandi (5. og 6. mynd). Þegar athugunartímabilinu lauk var nítratstyrkur ekki orðinn eins hár og hann var í febrúar þegar mælingar hófust. Fosfatstyrkur var hins vegar orðinn álíka hár um haustið og hann var í upphafi athugananna.

Eftir miðjan maí þegar vorblómi þörunganna var í hámarki hélst styrkur ammóníaks hærri en styrkur nitrats þar til í september (5. og 8. mynd). Hæsta mæligildi fyrir ammóníak í Mjóafirði var $3,8 \mu\text{mol l}^{-1}$ þann 31. júlí og féll það saman við óvænt háan nítratstyrk (5. mynd). Þessi aukning kom ekki fram í lífrænt bundnu nitri (9. mynd a). Styrkur ammóníaks í sjó er háður samspili margra ferla. Ammóníak getur myndast í firðinum við niðurbrot á lífrænu efni sem fyrsta skref í oxun nitursins og einnig geta dýr losað það frá sér. Ammóníak er tekið mjög hratt úr lausn af þörungum og geta því orðið miklar breytingar á ammóníakstyrk á skömmum tíma. Ammóníak kann að skipta verulegu máli fyrir vöxt þörunga þegar nítratstyrkur er lítill og nóg er til staðar af fosfati.

ÞAKKIR

Bestu þakkir fá Magnús Danielsen fyrir seltugögn og Ingólfur Sigfússon og Sigfús Vilhjálmsson fyrir sýnasöfnunina. Þá lásu Jón Ólafsson, Karl Gunnarsson og Ástþór Gíslason handritið og eru þeim þakkaðar góðar ábendingar.

HEIMILDIR

- Agnes Eydal 2000. *Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþörunga í Hvalfirði*. Meistaraprófsritgerð við Háskóla Íslands.
- Armstrong, F.A.J. & Tibbits, S. 1966. Photooxidation of organic matter in sea water by ultraviolet radiation. *Nature (London)* 211: 481-483.
- Ása Kristjánsdóttir 2003. Árstíðabreytingar í samsetningu þörungasvifsins í Mjóafirði. Litarefni svifþörunga greind með háþrýstivökvaskilju (HPLC). Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði. *Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 92: 51-64*.
- Grasshoff, K. 1970. A simultaneous multi channel system for nutrient analyses in seawater with analog and digital data. *Technicon Quarterly* 3: 7-17.
- Hafsteinn Guðfinnson, Héðinn Valdimarsson, Jóhannes Briem, Steingrímur Jónsson, Jón Ólafsson, Sólveig Ólafsdóttir, Ástþór Gíslason & Sigmar A. Steingrímsson 2001. Rannsóknir á straumum, umhverfisþáttum og lífríki sjávar í Reyðarfirði frá júlí til október árið 2000. *Fjölrit Hafrannsóknastofnunarinnar* nr. 85, 133 bls.
- Héðinn Valdimarsson, Steingrímur Jónsson, Gerða Geirsdóttir, Jóhannes Briem, Jón Ólafsson, Magnús Danielsen & Sólveig Ólafsdóttir 2001. Rannsóknir á áhrifum ferskvatnsrennslis til Héraðsflóa á straum og ástand sjávar við Austurland. Óbirt skýrsla Hafrannsóknastofnunarinnar fyrir Landsvirkjun, 2001.
- Koroleff, F. 1970. Direct determination of ammonia in natural waters as indophenol blue. *ICES Interlab. Rep.* 3: 19-22.
- Sigurður Reynir Gíslason, Árni Snorrason, Eydís Salome Eiríksdóttir, Sverrir Óskar Elefsen, Ásgeir Gunnarsson, Peter Torsander & Niels Örn Óskarsson 2000. Efnasamsetning, rennslis og aurburður straumvatna á Austurlandi, I. Gagnagrunnur Raunvísindastofnunar og Orkustofnunar. *Raunvísindastofnun, RH-12-2000*, 50 bls.
- Sólveig Ólafsdóttir & Jón Ólafsson, 1999. Input of dissolved constituents from River Þjórsá to S-Iceland coastal waters. *Rit Fiskideildar* 16: 79-88.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analyses. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada* 167, 311pp.
- Unnsteinn Stefánsson & Jón Ólafsson, 1991. Nutrients and fertility of Icelandic waters. *Rit Fiskideildar*, 12 (3):1-56.

Árstíðabreytingar í fjölda og tegundasamsetningu svifþörunga í Mjóafirði

Agnes Eydal.
Hafrannsóknastofnunin

ÁGRIP

Agnes Eydal 2003. *Árstíðabreytingar í fjölda og tegundasamsetningu svifþörungna í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 92: 29-42.*

Rannsókn var gerð á tegundasamsetningu og fjölda svifþörungna í Mjóafirði árið 2000 í tengslum við kræklingseldi í firðinum. Yfirborðssýnum var safnað vikulega frá miðjum mars og fram í miðjan október. Rannsóknin leiddi í ljós að vorkoma gróðurs í firðinum hófst mjög seint á árinu (maí) miðað við önnur svæði við landið (mars - apríl) sem hafa verið rannsökuð. Leysingar urðu seint og í kjölfar þeirra myndaðist seltuskiptalag sem markaði upphaf gróðurtímabils svifþörunganna. Framvinda svifþörungasamfélaga í Mjóafirði var áþekkt því sem þekkist annars staðar við landið og á öðrum norðlægum stöðum. Fyrstu svifþörungur að vorinu voru kísilþörungur og voru þeir áberandi í svifinu fram á sumar. Þeim fjölgaði þó ekki mikið að haustinu eins og oft má sjá annars staðar. Yfir sumartímamann var vöxtur skorubörunga talsverður og einkum var tegundin *Scrippsiella trochoidea* áberandi, en hún var ríkjandi skorubörungur yfir hásumarið. Auk skorubörunga voru gullþörungur, ásamt smávöxnum, ógreindum þörungum áberandi í sumarsvifinu. Eiturþörungategundir af ættkvíslum *Alexandrium* sp., *Dinophysis* sp. og *Pseudo-nitzschia* sp. voru greindar í firðinum. Þörungaeitur í skelfiski var ekki mælt, en samkvæmt talningu svifþörunganna stafaði helst hættu á eitrun af völdum *Alexandrium* tegunda í lok júní og í júlí og *Dinophysis* tegunda í ágúst og september. Svifþörungagróður var til staðar í firðinum fram eftir hausti og um miðjan október, þegar síðasta sýninu var safnað var enn töluverður gróður í firðinum.

ABSTRACT

Agnes Eydal 2003. *Seasonal changes in number and species composition in Mjóafjörður. In: Karl Gunnarsson (ed.) Environment, phytoplankton and mussels in Mjóafjörður. Marine Research Institute, Report series nr. 92: 29-42.*

Research on the phytoplankton species composition in Mjóafjörður was done in the year 2000 in connection with mussel culture in the fjord. Surface samples were taken weekly from middle of March till middle of October. The growth season started late compared to other areas around Iceland. Freshwater runoff did not occur until the middle of May and followed by a freshwater stratification which marked the beginning of the phytoplankton growth season. The phytoplankton succession was similar to that known from other fjords around Iceland. Diatoms were the main species of the spring bloom and were seen in relatively high numbers throughout the summer, but no diatom maximum was seen in the autumn, as is known from other coastal areas around Iceland. Dinoflagellates were seen in highest numbers during the summer, and the main dinoflagellate species was *Scrippsiella trochoidea*. A number of species belonging to diverse groups of phytoplankton contributed for periods of varying duration to the vegetation. Chrysophyceae species and small flagellates were seen in the middle of the summer and the Haptophyceae *Emiliania huxleyi* in fall. Toxic phytoplankton species of the genus *Alexandrium*, *Dinophysis* and *Pseudo-nitzschia* were found in the fjord. Phytoplankton toxin was not measured in the mussels, but judging from the concentration of these species, there might have been a small risk of toxic mussels at the end of June and July because of *Alexandrium* spp. and in August and September because of *Dinophysis* spp.

Phytoplankton growth was observed in the fjord until the middle of October when the last samples were taken.

INNGANGUR

Við kræklingræktun er að mörgu að hyggja, meðal annars æti kræklingins, en hann lifir aðallega á svifþörungum. Hér við land hafa úttektir á svifþörungagróðri í tengslum við ræktun, tínslu og vinnslu skelfisks verið gerðar meðal annars í Hvalfirði (Agnes Eydal 2000) á Vestfjörðum (Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996) og í Eyjafirði (Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998). Vorvöxtur kísilþörunganna á þessum svæðum hófst frá miðjum mars (Hvalfjörður) og fram í miðjan apríl og var kísilþörungagróður áberandi nánast allt gróðurtímabilið. Kísilþörungur mynduðu nokkra gróðurtoppa, þann fyrsta að vorinu þá um mitt sumar og svo aftur að haustinu. Skorubörungur mynduðu yfirleitt einn gróðurtopp síðast í júlí eða í byrjun ágúst. *Phaeocystis pouchetii* af flokki Prymnesiophyta var algengur að vorinu, að loknu vorhámarki kísilþörunganna og aðrir svipuþörungur en skorubörungur voru algengir að sumrinu. Framvinda svifþörungasamfélaga á þessum svæðum, sem nefnd hafa verið hér, var á margan hátt áþekkt, en tegundasamsetning innan helstu flokka svifþörunganna og fjöldi einstakra tegunda var oft breytilegur milli svæða. Rannsóknir á framvindu svifþörungasamfélaga á nálægum hafsvæðum t.d. í fjörðum við Noreg og í Norðursjó sýna svipaðar niðurstöður og þær sem nefndar hafa verið hér (Raymont 1980, Lancelot o.fl. 1998).

Sumar svifþörungategundir geta myndað eitrefni við ákveðnar aðstæður, svo kallað þörungaeitur. Fari magn hinna eitruðu tegunda yfir ákveðin mörk er hætta á uppsöfnun eiturs í skelfiskinum, sem á þeim lifir og hann getur því orðið hættulegur til neyslu (Andersen 1996). Það fer eftir tegundum hvaða eitur er myndað en einkum er talin hætta á tveimur gerðum eitrefna hér við land. Eitrefnið DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning, niðurgangseitur) myndast í skorubörungum af ættkvíslinni *Dinophysis* en eitrefnið PSP (Paralytic Shellfish Poisoning, lömunareitur) myndast í skorubörungum af ættkvíslinni *Alexandrium*. Loks er eitrefnið ASP (Amnesic Shellfish Poisoning, minnistapseitur), en það er myndað af kísilþörungum af ættkvísl *Pseudo-nitzschia*. Það hefur ekki greinst í skelfiski hér við land þótt það hafi greinst í skelfiski á nálægum hafsvæðum m.a. við Kanada (Bates o.fl. 1998). Öll eitrefnin, DSP, PSP og ASP eru taugaeitur sem verka á miðtaugakerfið (Andersen 1996).

Rannsóknir á þörungaeitri í skelfiski hér við land hafa í nokkrum tilfellum leitt í ljós eiturmagn yfir viðmiðunarmörkum til neyslu (Agnes Eydal 2000, Guðjón Atli Auðunsson, Eggert Gunnarsson 1995). Viðmiðunarmörk eru mismunandi eftir löndum. Hér við land eru notuð sömu viðmiðunarmörk um fjölda fruma í lítra og á hinum Norðurlöndunum (Andersen 1996). DSP-eitur yfir þessum mörkum hefur greinst í kræklingi úr Hvalfirði (Agnes Eydal 2000) og öðu úr Kollafirði. PSP eitur yfir viðmiðunarmörkum hefur greinst í kræklingi sem tekinn var við Vestmannaeyjar (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Þórunn Þórðardóttir 1997) og í hörpuðiski úr Breiðafirði. Auk þessara beinu mælinga sem gerðar hafa verið á þörungaeitri í skelfiski eru þekkt nokkur dæmi þess að fólk hafi veikst af völdum skelfiskneyslu hér við land, en þá voru ekki gerðar mælingar á skelfiskeitri. Rannsókn sem gerð var í Hvalfirði 1997, leiddi í ljós að skelfiskurinn var tiltölulega fljótur að safna upp eitri þegar eiturþörungur voru til staðar í svifinu, en það tók hann hins vegar langan tíma að hreinsa sig af eitrunu aftur eftir að eiturþörungarnir hurfu úr svifsamfélaginu (Agnes Eydal 2000). Svifþörungur sem geta valdið skelfiskeitrun hafa fundist mjög víða við landið og því nauðsynlegt að vakta svæði þar sem skelfiskræktun fer fram með tilliti til hugsanlegrar eitrunar.

Markmið þessarar rannsóknar var að lýsa breytingum á tegundasamsetningu svifþörungagróðurs í Mjóafirði yfir eitt ár. Einnig að kanna upphaf og lok gróðurtímabilsins ásamt fjölda einstakra tegunda og hópa og framvindu gróðursins yfir tímabilið.

EFNIVÍÐUR OG AÐFERÐIR

Sýnum var safnað á um það bil viku fresti frá 15. febrúar til 13. nóvember 2000. Safnað var á einni stöð um 50 m undan landi við Brekkuþorpið í Mjóafirði (sjá 1. mynd í Karl Gunnarsson 2003).

Til að safna sýnum til tegundagreininga á þörungasvifi var notaður svifháfur með 20 µm möskvum. Háfurinn var látinn síga niður á 3-5 m dýpi og hann síðan dreginn hægt upp að yfirborði og það endurtekið tvisvar til þrisvar sinnum. Þörungasvifið safnaðist í 20 ml sýnaglas sem fest var neðan á háfinn. Tveimur millilítrum af 20% formalíni var bætt í sýnið til að varðveita það. Í tilraunastofu var svo tekið hlutsýni úr sýnaglasinu og það skoðað í smásjá. Við greiningu svifþörunganna var leitast við að greina þá til tegundar, ef vafi lék á tegundagreiningu var þörungurinn aðeins greindur til ættkvíslar eða ættar.

Sýni til talninga á svifþörungum voru tekin úr yfirborði með 5 l sjótökum. Úr sjótökunum voru tekin 100 ml hlutsýni til talningar á svifþörungunum. Tveimur millilítrum af 20% formalíni var bætt í sýnið til að varðveita það. Fyrir talningu voru talningarsýnin hrist vel upp og 50 ml hlutsýni sett í sívalning og látið botnfalla á smásjargler samkvæmt "Utermöhl" aðferð (Hasle 1978). Þörungarnir voru síðan greindir og taldir í svokallaðri "snúinni smásjá" við 100-320x stækkun. Þörungar voru taldir á ákveðnum fleti á smásjarglerinu og fór það eftir þéttleika tegundanna hverju sinni hversu stór flötur var talinn.

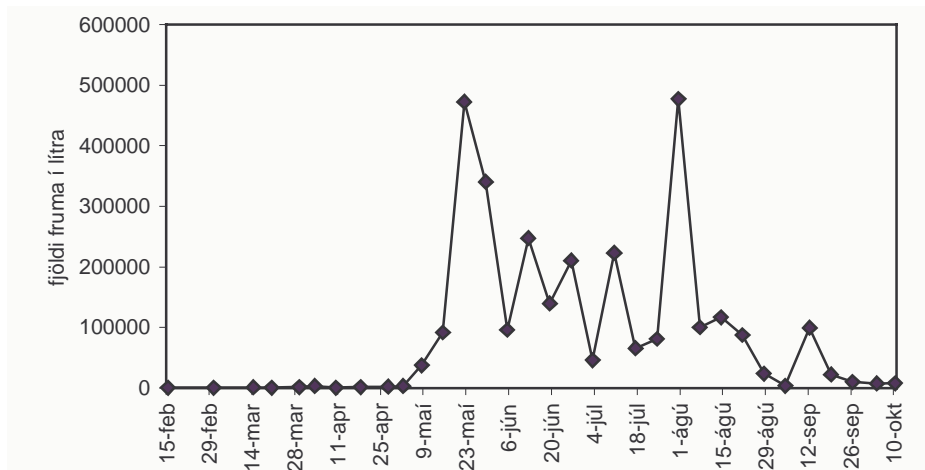
Listi yfir þær tegundir sem voru greindar í sýnunum frá Mjóafirði eru í viðauka ásamt höfundanöfnum. Við greiningu tegundanna var einkum stuðst við bækurnar, Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates (Tomas 1996) og Marine Phytoplankton - A Guide to Naked Flagellates and Coccolithophorids (Tomas 1993).

NIÐURSTÖÐUR

Alls voru greindar 73 tegundir svifþörungum og auk þeirra 7 tegundir eingöngu til ættkvíslar. Af kísilþörungum voru 44 tegundir greindar, 24 tegundir skorupörunga, tvær tegundir gullþörungum, ein tegund dulþörungum, ein tegund kalksvifþörungum og ein tegund Dictyochophyceae. Framvinda svifþörungasamfélaga í Mjóafirði var í stórum dráttum eftirfarandi: Í upphafi gróðurtímabilsins komu fram kísilþörungar og mynduðu þeir nokkra gróðurtoppa yfir gróðurtímabilið, vortopp í lok maí, smærri toppa í júní og fyrri hluta júlí og svo stóran sumartopp í lok júlí. Lítið fór fyrir kísilþörungavexti að haustinu. Í kjölfar kísilþörungatopps að vori og samhliða þeim yfir sumartímamann urðu tegundir skorupörunga, gullþörungum og Dictyochophyceae áberandi. Skorupörungar mynduðu tvo áberandi sumartoppa í lok júní og í lok júlí. Skorupörungar urðu einnig talsvert áberandi um haustið. Gullþörungar og Dictyochophyceae mynduðu einnig gróðurtoppa yfir sumarið á svipuðum tíma og skorupörungar, það er að segja í lok júní og í lok júlí. Að haustinu varð svo kalksvifþörungur áberandi ásamt skorupörungum. Hér á eftir verður fjallað nánar um einstaka hópa svifsins.

Kísilþörungar (Bacillariophyceae)

Það voru kísilþörungar sem stóðu fyrir vorgróðrinum en vöxtur þeirra byrjaði tiltölulega seint, eða fyrri hluta maí (1. mynd). Helstu tegundir vorhámarksins voru *Thalassiosira nordenskjoldii*, *T. gravida*, *Chaetoceros furcellatus*, *C. debilis*, *C. convolutus* og *C. diadema*, þetta eru allt litlir og miðlungsstórir kísilþörungar, sem mynda oft langar keðjur. Í kjölfar vorhámarks í lok maí fækkaði kísilþörungum verulega. Aðrar kísilþörungategundir urðu áberandi yfir sumartímamann, tegundin *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* komst í hámark seinni hluta júnímánaðar. Í júlí tóku við enn aðrar tegundir kísilþörungum, svo sem *Leptocylindrus danicus* og *L. minimus* sem náðu hámarksfjölda þann 31. júlí. Um haustið fór lítið fyrir vexti kísilþörungum, en lítill stafлага kísilþörungur, *Navicula* sp. varð nokkuð áberandi um miðjan september.

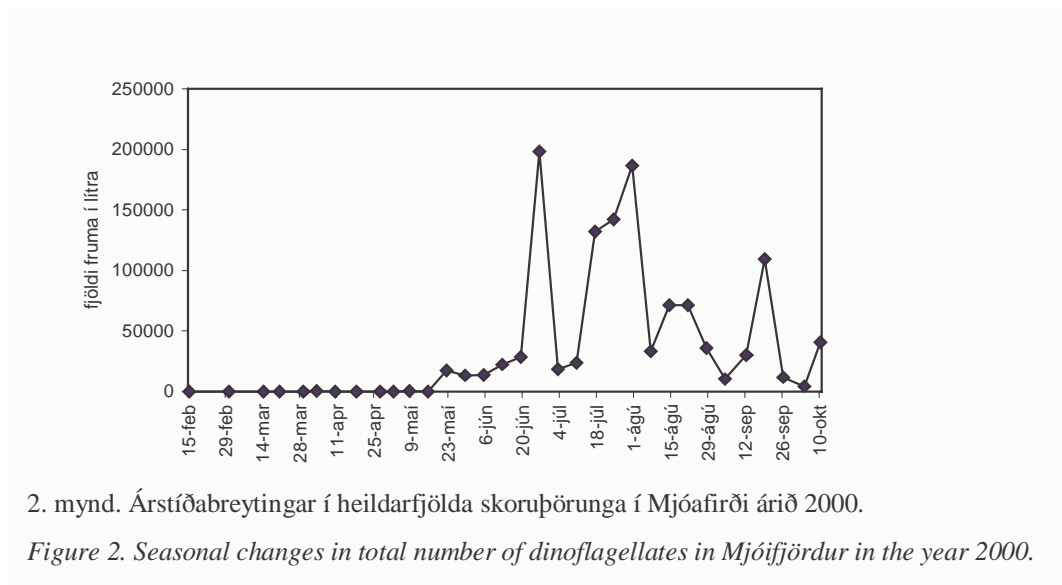


1. mynd. Árstíðabreytingar í heildarfjölda kísilþörungum í Mjóafirði árið 2000.

Figure 1. Seasonal changes in total number of diatoms in Mjóifjörður in the year 2000.

Skorupörungar (Dinophyceae)

Í júní fór að bera á vexti skorupörunga (2. mynd). Tvö aðalhámark voru í fjölda skorupörunga, það fyrra í lok júní, en þá voru *Scrippsiella trochoidea* og *Gymnodiniales* spp. algengastir, en hið síðara um mánaðamótin júlí-ágúst, þegar tegundirnar *Scrippsiella trochoidea*, *Heterocapsa triquetra* og *Gymnodiniales* spp. voru í hámarki. *Scrippsiella trochoidea* var í miklum fjölda nánast allan sumartímann. Um miðjan september varð blómi *Ceratium lineatum*, sem er stór skorupörungur.

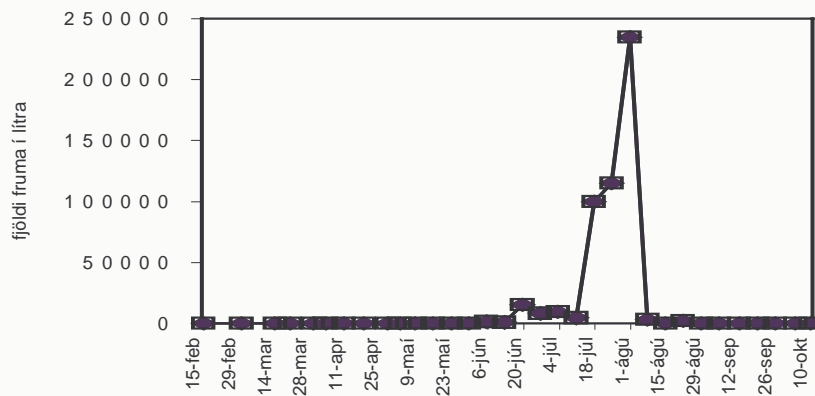


2. mynd. Árstíðabreytingar í heildarfjölda skorupörunga í Mjóafirði árið 2000.

Figure 2. Seasonal changes in total number of dinoflagellates in Mjóifjörður in the year 2000.

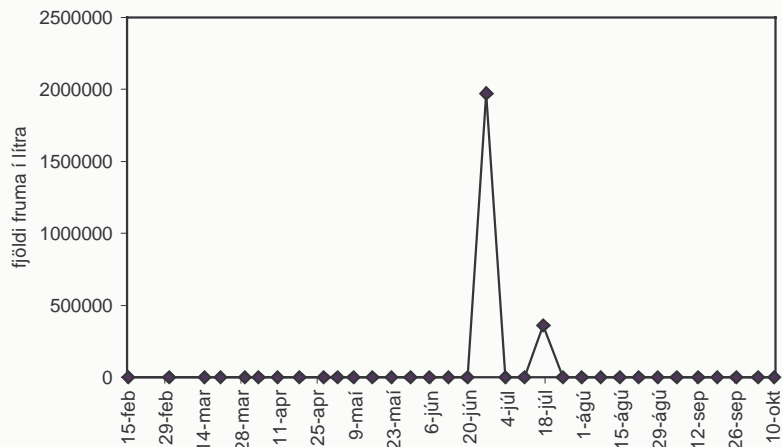
Gullþörungar (Chrysophyceae) og Dictyochophyceae

Gullþörungurinn *Dinobryon* sp. og *Apedinella spinifera* af flokki Dictyochophyceae urðu mjög áberandi yfir hásumartímann ásamt ógreindum smávöxnum svipþörungum (3, 4 og 5. mynd).



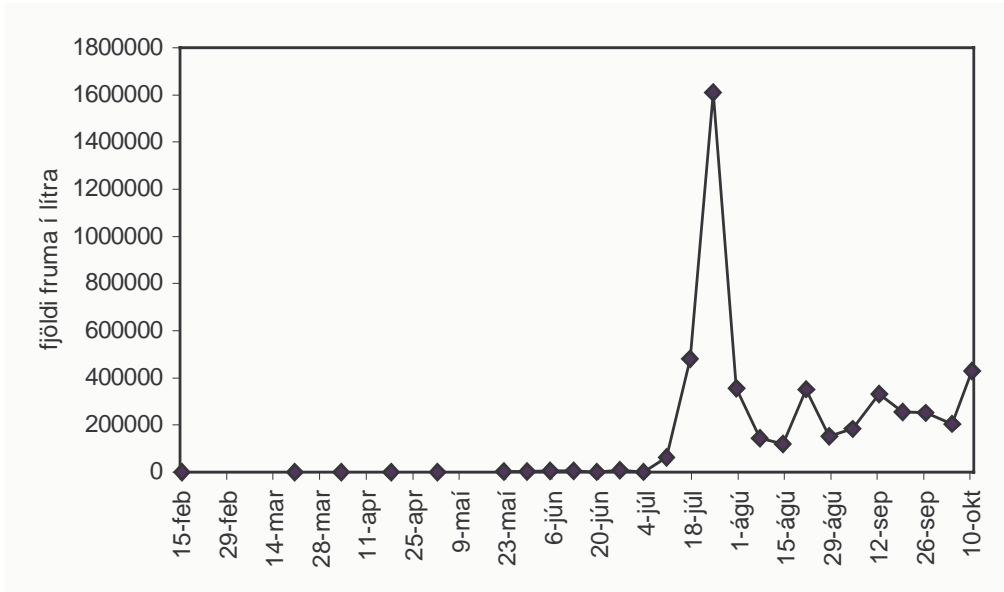
3. mynd. Árstíðabreytingar í fjölda *Dinobryon* sp. í Mjóafirði árið 2000.

Figure 3. Seasonal changes in number of *Dinobryon* sp. in Mjóifjörður in the year 2000.



4. mynd. Fjöldi *Apedinella spinifera* í Mjóafirði árið 2000.

Figure 4. Total number of *Apedinella spinifera* in Mjóifjörður in the year 2000.

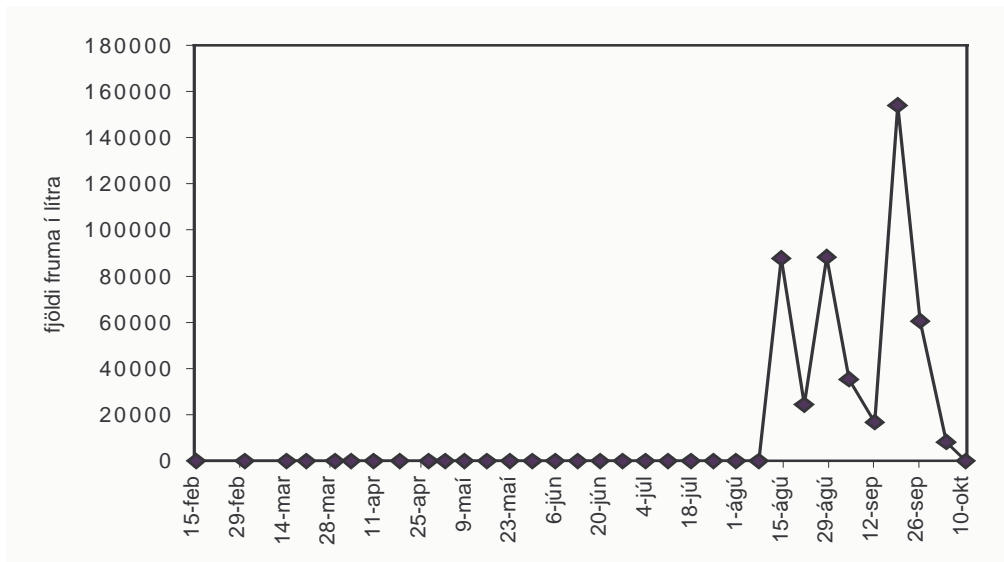


5. mynd. Árstíðabreytingar í fjölda ógreindra smárra þörunga í Mjóafirði árið 2000.

Figure 5. Seasonal changes in number of small flagellates sp. in Mjóifjörður in the year 2000.

Kalksvifþörungur (Haptophyceae)

Kalksvifþörungurinn *Emiliana huxleyi* varð áberandi í svifinu fyrri hluta ágúst mánaðar og var algengur í september (6. mynd).



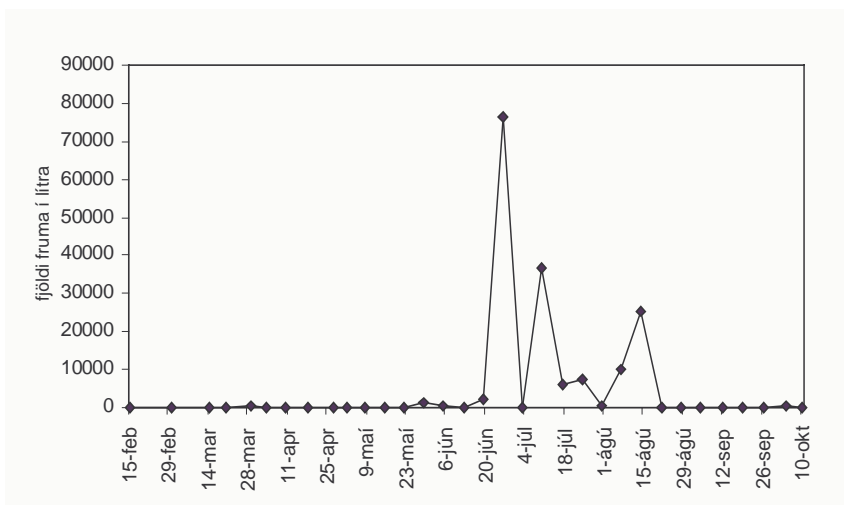
6. mynd. Árstíðabreytingar í fjölda *Emiliana huxleyi* í Mjóafirði árið 2000.

Figure 6. Seasonal changes in number of *Emiliana huxleyi* in Mjóifjörður in the year 2000.

Eiturþörungur

Í Mjóafirði fundust nokkrar tegundir svifþörunga sem geta myndað þörungaeitur. Kísilþörungurinn *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* varð nokkuð áberandi í júní og fram í miðjan ágúst (7. mynd). Eins og getið var um í inngangi getur þessi þörungur myndað svo

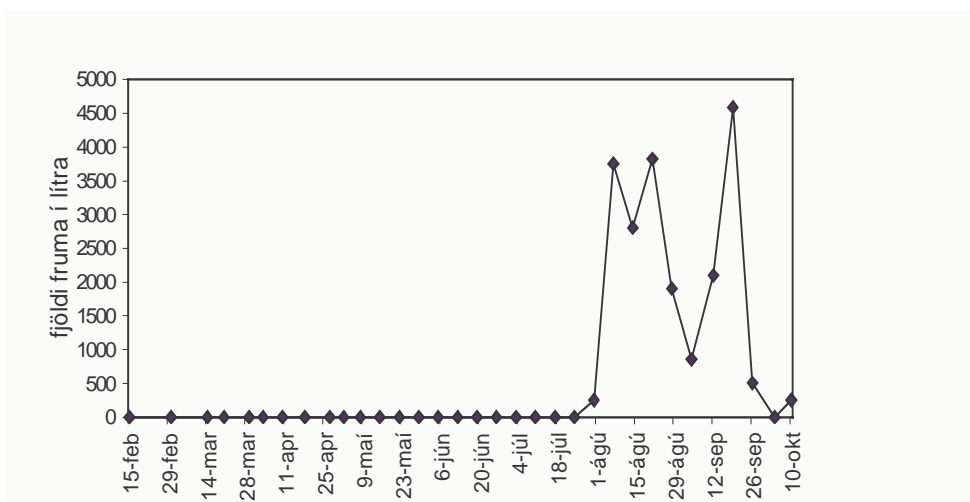
kallað ASP-eitur sem leggst á miðtaugakerfið og getur í verstu tilfellum verið lífshættulegt. Fjöldinn í Mjóafirði fór þó ekki yfir viðmiðunarmörk um skelfiskeitrun (Andersen 1996).



7. mynd. Árstíðabreytingar í fjölda *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* í Mjóafirði árið 2000.

Figure 7. Seasonal changes in number of *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* in Mjóafirði in the year 2000.

Af skorubörðum greindust tegundir af ættkvísl *Dinophysis* sem geta myndað svo kallað DSP-eitur sem eins og áður sagði getur valdið meltingartruflunum. Þær tegundir sem greindust í firðinum voru: *D. acuminata*, *D. acuta* og *D. norvegica*, (8. mynd). Þær voru algengastar í ágúst og september. Ef fjöldi fruma *Dinophysis* spp. fer yfir 300 er talin hætta á



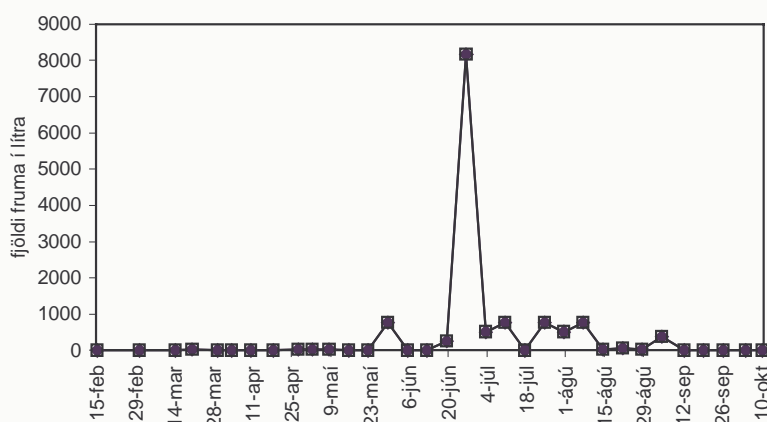
8. mynd. Árstíðabreytingar í heildarfjölda *Dinophysis* tegunda í Mjóafirði árið 2000.

Figure 8. Seasonal changes in total number of *Dinophysis* spp. in Mjóafirði in the year 2000.

skelfiskeitrun (Andersen 1996). Á tímabilinu frá 1. ágúst þar til í byrjun október var fjöldinn langt yfir þeim mörkum.

Nokkrar tegundir af ættkvísl *Alexandrium* greindust að sumrinu, með hámark í kringum mánaðamót júní-júlí. Þessar tegundir geta allar myndað PSP-eitur sem leggst á miðtaugakerfið og getur verið lífshættulegt. Þær tegundir sem greindust voru *A. minutum*, *A. ostenfeldii* og *A. tamarense* (9. mynd). Fjöldinn fór yfir viðmiðunarmörk sem eru 500 frumur

á lítra (Andersen 1996), fyrst um mánaðarmótin maí-júní og svo aftur á tímabilinu frá 26. júní til 7. ágúst.



9. mynd. Árstíðabreytingar í heildarfjölda einstaklinga af ætkvíslinni *Alexandrium* í Mjóafirði árið 2000.

Figure 9. Seasonal changes in total number of *Alexandrium* spp. in Mjóifjörður in the year 2000.

UMRÆÐA

Almennt um vorkomu svifþörungagróðurs í sjónum við Ísland

Vorkoma gróðurs í sjónum við Ísland hefst á mismunandi tímum við landið. Við landið ríkja mismunandi sjógerðir, sem hafa mikil áhrif á vorkomu svifþörungagróðursins (Þórunn Þórðardóttir 1994).

Við sunnan- og vestanvert landið er hlýr og selturíkur Atlantssjór ríkjandi, við norðanvert landið er mikill áramunur á ríkjandi sjógerðum, þar getur hlýr Atlantssjór ríkt á stærri hluta svæðisins eitt árið og svo aftur svalsjór eða pólsjór önnur ár. Við austanvert landið er það kaldur Austur-Íslandsstraumur sem einkennir hafsvæðið (Svend-Aage Malmberg & Stefán S. Kristmannsson 1992). Gróðurkoman í strandsjónum að vorinu er háð ríkjandi sjógerð og árferði hverju sinni. Það er einmitt árferði sem stjórnar því hvenær leysingar af landi verða og seltulagskipting myndast. Á þessu getur verið mikill breytileiki milli ára. Á innfjarðarsvæðum er það seltulagskipting sem myndast fyrst að vorinu og gerir svifþörungum kleift að haldast uppi í ljóstillífunarlaginu þar sem dýpi er mikið, víða eru innfjarðarsvæði þó það grunn að næg birta til ljóstillífunar er alveg niður á botn og þá er það aukið ljósmagn samfara því að dag fer að lengja sem stjórnar vorkomunni.

Rannsóknir á vorkomu svifþörungagróðurs víðs vegar við landið hafa leitt í ljós að við suðurströndina er vorhámark kísilþörungum oftast heldur seinna á ferðinni en við vesturströndina, einkum vegna þess að það svæði er opnara fyrir úthafsöldunni og lagskipting því óstöðugri en inni á fjörðum (Þórunn Þórðardóttir 1986). Í innanverðum Faxaflóa og í Hvalfirði fer yfirleitt fyrst að bera á vexti kísilþörungum síðla í mars og vorhámark verður oftast í lok apríl eða byrjun maí (Þórunn Þórðardóttir, 1976, Agnes Eydal 2000). Árið 1987 var gerð rannsókn í Ísafjarðardjúpi á gróðurfari og tegundasamsetningu svifþörungum. Þar fór að bera á kísilþörungavexti í apríl með vorhámarki um miðjan maí (Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998). Árið 1994 var gerð árs rannsókn á svifþörungum í Önundarfirði, Aðalvík og

Fljótavík en þar hófst vorvöxtur svifþörungum í lok mars (Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996). Í Önundarfirði varð vorhámark í lok apríl, en um miðjan maí inni á vikunum.

Við norðanvert landið er mikill breytileiki á vorkomu gróðurs milli ára og fer það eftir ríkjandi sjógerðum (Þórunn Þórðardóttir 1994). Gróðurkoma getur verið snemma að vorinu og staðið stutt ef um sval- eða pólsjó er að ræða á svæðinu, því þá myndast grunnt hitaskiptalag, sem verður fljótt næringarefnasnautt. Ef hlýsjór ríkir á svæðinu lagskiptist sjórinn seinna og því verður gróðurkoman seinna og vöxtur varir mun lengur vegna þess að lagskiptingin er tiltölulega veik í hlýsjónum og því er til staðar ákveðið flæði næringarefna úr dýpri sjávarlögum upp í ljóstíllífunarlagið. Rannsókn sem gerð var 1992 á svifþörungum í Eyjafirði leiddi í ljós vorhámark kísilþörungum um miðjan apríl (Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998). Engar rannsóknir eru til um vorkomu svifþörungagróðurs í fjörðum á Austurlandi en úti fyrir Krossanesi byrjar vorvöxturinn fyrri hluta apríl með hámarki kísilþörungagróðurs seinast í apríl (Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal óbirt gögn) eða um mánuði fyrr en í Mjóafirði. Árs rannsókn á þörungasvifi í Mjóafirði sýnir að vöxtur svifþörungagróðurs hófst ekki fyrr en um miðjan maí vorið 2000, með gróðurhámarki í lok maí. Gróðurkoman var því talsvert seint á ferðinni miðað við niðurstöður rannsókna annars staðar. Þar sem engar rannsóknir hafa verið gerðar á vorkomu svifþörungagróðurs inni á fjörðum fyrir austan landið er erfitt að segja til um hvort gróðurinn sé óvenju seint á ferð eða ekki. Miðað við það sem er þekkt frá fjörðum við vesturströndina, t.d. frá Hvalfirði er gróðurkoman einum og hálfum mánuði seinna á ferðinni í Mjóafirði. Þetta gæti þýtt styttra gróðurtímabil og sennilega þar með minna æti fyrir skelfiskinn í Mjóafirði en Hvalfirði. Það ber þó að hafa í huga að mikill áramunur getur verið á því hvenær vöxtur svifþörungum hefst og hversu lengi hann varir.

Mjóífjörður - framvinda

Í firðinum mældist styrkur kísils nægur til að viðhalda vexti kísilþörungum svo til allt sýnatökutímabilið, 1 μmol kísilstyrkur er talinn nægja mörgum tegundum kísilþörungum til vaxtar og viðhalds (Werner 1977, Agnes Eydal 2000). Að loknu vorhámarki kísilþörungum í lok maí fækkaði þeim hins vegar verulega en fjöldinn jókst af og til yfir sumarið með hámarki lítilla kísilþörungum í lok júlí. Ekki er hægt að tala um hausthámark kísilþörungum í Mjóafirði, eins og þekkt er úr rannsóknum víða annars staðar t.d. Hvalfirði. Það er líklegast að skortur á aðgengilegu köfnunarefni, nítrati eða ammóníaki, hafi hamlað vexti margra kísilþörungategunda. Að loknu vorhámarki kísilþörunganna í lok maí var nítrat uppurið og mældist ekki aftur að neinu marki fyrr en seint að haustinu, en á þeim tíma er ljósmagn og lagskipting orðin takmarkandi fyrir vöxt svifþörunganna. Ammóníakstyrkur var einnig lágur nánast allt gróðurtímabilið (Sólveig Ólafsdóttir 2003). Eftir stendur framboð lífræns köfnunarefnis sem nýtist flestum kísilþörungum illa, en margar tegundir skorupörunga geta nýtt sér þetta form köfnunarefnis. Í kjölfar nítratsskorts fóru skorupörungar að verða algengir í svifinu og urðu tvö gróðurhámarks skorupörunga yfir sumartímann, í lok júní og svo aftur í lok júlí. Skorupörungar voru svo áberandi í svifinu langt fram á haust, með hausthámarki í september. Auk skorupörunga urðu aðrir hópar svifþörungum algengir yfir sumartímann, eins og gullþörungar (Chrysophyceae), Dictyochophyceae og ógreindir smávaxnir svipuþörungar sem teljast til annara hópa en skorupörunga. Þess má geta að tegundin *Apedinella spinifera* af flokki Dictyochophyceae, sem varð mjög áberandi í svifinu í júlí, er ekki þekkt frá öðrum stöðum við landið í neinu magni.

Sú framvinda svifþörungum sem varð í Mjóafirði yfir gróðurtímabilið árið 2000 er á margan hátt einkennandi fyrir norðlægur slóðir (Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996, Agnes Eydal 2000). Fyrst að vorinu blómstruðu ákveðnar tegundir kísilþörungum, tegundir sem eru algengar hér við land og víðar í Norður-Atlantshafi og Norðursjó (Raymont 1980). Í kjölfar vorhámarks tóku við aðrar kísilþörungategundir, tegundir sem einkenna sumarsvif víða á fjörðum bæði hérlendis og erlendis t.d. í Noregi (Lancelot o.fl. 1998). Þetta eru einkum smáar tegundir og þekktar fyrir að geta lifað í tiltölulega næringarefnasnauðu umhverfi, eins og *Leptocylindrus danicus* og *L. minimus* (Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996, Agnes Eydal 2000, Raymont 1980). Auk kísilþörungum urðu skorupörungar mjög áberandi ásamt ógreindum smávöxnum svipuþörungum. Þessir hópar urðu meginuppistaða svifsamfélagsins

yfir sumartímamann og fram á haust, þar til ljós fór að hamla vexti á nýjan leik. Það sem einna helst kemur á óvart er takmarkaður fjöldi kísilþörungum síðsumars og að haustinu, sem líklega skýrist af takmörkuðu framboði aðgengilegs köfnunarefnis.

Eiturþörungur

Þær tegundir eiturþörungum sem fundust í Mjóafirði eru þekktar víða að við landið. Rannsóknir á svifþörungategundum annars staðar við landið sýna sömu framvindu eiturþörungum og varð í Mjóafirði árið 2000 (Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996, Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998, Agnes Eydal 2000). Skorubörungategundir af ættkvísl *Alexandrium* voru algengar í svifinu fyrr að sumrinu en tegundir af ættkvísl *Dinophysis* voru algengar um hásumar eða þegar sumri var farið að halla.

Skorubörungur af ættkvíslum *Alexandrium* og *Dinophysis* hafa greinst víða inni á fjörðum og hafa talningar leitt í ljós fjölda yfir viðmiðunarmörkum um hættu á skelfiskeitrun (500 frumur/l af *Alexandrium* tegundum og 300 frumur/l af *Dinophysis* tegundum, Andersen 1996). Í Mjóafirði fór fjöldi bæði *Alexandrium*- og *Dinophysis* tegunda talsvert yfir þessi viðmiðunarmörk. Í lok júní og júlí var því möguleg hætta á PSP-eitrun í skelfiskinum af völdum *Alexandrium* tegunda og í ágúst og september DSP-eitrun af völdum *Dinophysis* tegunda.

Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima, sem er staflaga kísilþörungur, hefur fundist í töluverðu magni í strandsjónum við Ísland einkum yfir sumartímamann (Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996, Agnes Eydal 2000). Ekki er vitað til þess að eitrun hafi orðið af hans völdum hér við land. Lítið hefur verið gert af beinum mælingum á ASP eitri í skelfiski við landið. Það er talið að mismunandi stofnar *Pseudo-nitzschia* tegunda séu til í heiminum og að sumir þeirra myndi eitur en aðrir ekki (Bates 1998). Til þess að eitrun verði í kræklingi er talið að lágmarksfjöldi *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* þurfi að vera 400.000 frumur í lítra og að þessi fjöldi þurfi að vera til staðar í 3-4 vikur (Todd 1993). Í Mjóafirði varð fjöldi *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* aldrei mikill, mestur um 76.500 frumur í lítra þann 26. júní, og því var sennilega lítil hætta á ASP-eitrun í skelfiskinum, jafnvel þó að um eitradan stofn þörungum hefði verið að ræða.

Lokaorð

Vöxtur svifþörungum hófst tiltölulega seint að vorinu í Mjóafirði (maí) miðað við aðra firði á Íslandi (mars-apríl), sem aftur leiðir til styttra gróðurtímabils en til dæmis í fjörðum vestanlands. Þetta kann að vera vísbending um minna fæðuframboð í Mjóafirði en í ýmsum öðrum íslenskum fjörðum. Skelfiskeitur var ekki mælt í kræklingi árið 2000, en hætta á eitrun af völdum eiturþörungategunda er til staðar í Mjóafirði og aðgátar því þörf.

ÞAKKIR

Ég vil að lokum þakka þeim Mjófirðingum, Sigfúsi Vilhjálmsyni og Ingólfi Sigfússyni, sem að söfnuninni stóðu, svo og samstarfsfólki mínu við þetta verkefni á Hafrannsóknastofnuninni fyrir þeirra samvinnu og aðstoð. Ástþóri Gíslasyni og Karli Gunnarssyni færi ég þakkir fyrir yfirlestur og góðar ábendingar.

HEIMILDIR

- Agnes Eydal, 2000. *Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþörunga í Hvalfirði*. Meistaraprófsverkefni við Háskóla Íslands, 92 bls.
- Andersen P. 1996. Design and Implementation of some Harmful Algal Monitoring Systems. *IOC Technical Series* No. 44, UNESCO, Paris.
- Bates S. S. 1998. Ecophysiology and metabolism of ASP production. Í D.M. Anderson, A.D. Cembella og G.M. Hallegraeff (ritstj.), *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms*. Springer-Verlag, Berlin, bls. 404-426.
- Guðjón Atli Auðunsson, Eggert Gunnarsson 1995. Monitoring of algae toxins in ocean quahog (*Arctica islandica*) from Önundarfjörður, Fljótavík, and Aðalvík, NW-Iceland, April-November 1994. *Rf Report* 88.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir, Þórunn Þórðardóttir 1997. Vágестir í plöntusvifinu. *Náttúrufræðingurinn*, 67:67-69.
- Hasle G. R. 1978. The inverted-microscope method (settlng). Í A. Sournia (ritstj.), *Phytoplankton manual*, UNESCO, Paris, s. 88-96.
- Karl Gunnarsson 2003. Um rannsóknir á þörungasvifi og kræklingi í Mjóafirði árið 2000. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit* 92: 5-16.
- Kristinn Guðmundson, Agnes Eydal 1998. Svifþörungar sem geta valdið skelfiskeitrun. *Hafrannsóknastofnun, Fjölrit* Nr. 70, 33 bls.
- Lancelot, C., M.D. Keller, V. Rousseau, W.O. Smith, Jr., S. Mathot. 1998. Autecology of the Marine Haptophyte *Phaeocystis* sp. Í D.M. Anderson, A.D. Cembella & Hallegraeff (eds). *Physiological Ecology of Harmful algal Blooms*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 208-224
- G.M. Raymond J.E.G. 1980. Communities and species succession. Í *Plankton and Productivity in the Oceans*. Pergamon Press, Oxf., 9 bls.
- Sólveig Ólafsdóttir 2003. Árstíðabreytingar á styrk næringarefna í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit* 92: 17-28.
- Svend-Aage Malmberg, Stefán S. Kristmannsson 1992. *Hydrographic conditions in Icelandic waters, 1980-1989. Í R.R. Dickson [et al.] (ritstj.): Hydrographical Variability in the ICES Area, 1980-1989. ICES marine Science Symposium*, 195: 76-92.
- Todd E.C.D. 1993. Domoic acid and amnesic shellfish poisoning – a review. *Journal of Food Protection*, 56: 69-83.
- Tomas C.R. (ritstj.) 1993. *Marine phytoplankton, a guide to naked flagellates and coccolithophorids*. Academic Press, 263 s.
- Tomas C. R.(ritstj.) 1996. *Identifying marine diatoms and dinoflagellates*. Academic Press, s. 5-386.
- Þórunn Þórðardóttir 1994. Plöntusvifið og framleiðni í sjónum við Ísland. Í Unnsteinn Stefánsson (ritstj.), *Íslendingar, hafið og auðlindir þess*, Vísindafélag Íslendinga, ráðstefnurit, 4: 65-88.
- Þórunn Þórðardóttir 1986. Timing and duration of spring blooming south and southwest of Iceland. Í S. Skreslet (ritstj.), *The role of Freshwater Outflow in Coastal Marine Ecosystems*. NATO ASI Series, Vol. G7. Springer-Verlag Berlin, s. 345-360.
- Þórunn Þórðardóttir 1976. The spring primary production in Icelandic Waters 1970-1975. *ICES, CM* 1976/L:31, 27 bls.
- Þórunn Þórðardóttir, Agnes Eydal 1996. Phytoplankton at the Ocean quahoc harvesting areas off the northwest coast of Iceland 1994. *Hafrannsóknastofnun, Fjölrit* Nr. 51, 22 bls.
- Werner D. 1977. Silicate metabolism. Í D. Werner (ritstj.), *The Biology of Diatoms*, Blackwell Scientific Publications, s. 110-149.

Viðauki
Sviðpörungar í Mjóafirði 2000

Svifþörungategundir sem fundust í Mjóafirði árið 2000

| Tegund / höfundarnafn: | 15. feb | ##### | ##### | ##### | ##### | 03. apr | 10. apr | 18. apr | 27. apr | 02. maí | 08. maí | 15. maí | 22. maí |
|--|---------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Kísilþörungar: | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Achnanthes taeniata</i> Kützing | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Attheya cf. septentrionale</i> (Ostrup) Crawford | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Bacteriosira fragilis</i> (Gran) Gran | | | | | | | | | | | | | + |
| <i>Ceratulina pelagica</i> (Cleve) Gran | | | | | | + | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros borealis</i> Bailey | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros concavicornis</i> Mangin f. volans (Schütt) Hustedt | | | | | | + | | | | | + | + | + |
| <i>Chaetoceros constrictus</i> Gran | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros convolutus</i> Castracane | | | | | | | | | + | | | | |
| <i>Chaetoceros debilis</i> Cleve | | | | | | | | | | | | | + |
| <i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros diadema</i> Cleve | | | | | | | | | | | + | | + |
| <i>Chaetoceros furcellatus</i> Bailey | | | | | | | + | | + | | + | + | + |
| <i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt | | | | | | + | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs in Lauder | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros similis</i> Cleve | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros socialis</i> Lauder | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros teres</i> Cleve | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros</i> sp. | | | | | | + | | | | | | | |
| <i>Corethron criophilum</i> Castracane | | | | | | | | | | | | + | + |
| <i>Fragilariopsis cf. islandica</i> Grun | | | | | | | | | + | | | | |
| <i>Fragilariopsis cf. oceanica</i> (Cleve) Hasle | | | | | | | | | | | + | | + |
| <i>Gyrosigma/Pleurosigma</i> | + | | | | | | | | | | | | + |
| <i>Lauderia annulata</i> Cleve | | | | | | + | | | | | | | |
| <i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve | | | | | | | | | + | | | | + |
| <i>Leptocylindrus minimus</i> Hargraves | | | | | + | | | | | | | | |
| <i>Licmophora</i> sp. | | | | | | | | | + | | | | + |
| <i>Melosira cf. arctica</i> Dickie | | | | | | | + | + | + | | | | |
| <i>Melosira cf. moniliformis</i> (Müller) Agardh | | | | | + | + | + | | | | + | + | + |
| <i>Melosira</i> sp. | | | | | | | | | + | | | + | |
| <i>Navicula</i> sp. | | | | | | | + | + | + | + | | + | |
| <i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann | + | + | + | + | | | + | | + | | | | + |
| <i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh | | | | | | | | | + | | | | |
| <i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve | + | | | | | | | | | | | | |
| <i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schütt | | | | | | + | | | | | | | |
| <i>Proboscia alata</i> (Bightwell) Sundström | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden in Heiden & Kolbe | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> (Cleve) Hasle | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle | | | | | | | | | + | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) Peragallo | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia turgidula</i> (Hustedt) Hasle | | | | | | | | | | | | | + |
| <i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran | | | | | | | | | | | | | + |
| <i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve | | | | | | | | | + | | | | |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Grunow | | | | | | | + | | + | | | | |
| <i>Thalassiosira angulate</i> (Gregory) Hasle | + | | | | | | | | | | | | + |
| <i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (Smidt) Fryxell & Hasle | | | | | | | | | + | | + | | |
| <i>Thalassiosira gravida</i> Cleve | | | | | | + | | | + | | + | | + |
| <i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve | | | | | | + | | | + | | + | + | + |
| <i>Thalassiosira</i> sp. | | | | | | + | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow | + | | + | + | + | + | | | | | | | |
| <i>Tropidoneis</i> sp. | | | | | | | | | | | | | |
| Skorupörungar: | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Alexandrium ostenfeldii</i> (Paulsen) Balech & Tangen | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech | | | | | | | | | + | | | | |

Svifþörungategundir sem fundust í Mjóafirði árið 2000

| Tegund / höfundarnafn: | 15. feb | ##### | ##### | ##### | ##### | 03. apr | 10. apr | 18. apr | 27. apr | 02. maí | 08. maí | 15. maí | 22. maí |
|--|---------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <i>Alexandrium</i> sp. | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Amylax triacantha</i> (Jørgensen) Sournia | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ceratium longipes</i> (Bailey) Gran | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dinophysis norvegica</i> Claparède & Lachmann | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Glenodinium danicum</i> Paulsen | | | | + | | | | | | | | | |
| <i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Gymnodinium</i> spp. | | | | | | | | | | | | | + |
| <i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich) Morrill & Loeblich | | | | + | + | | | | | | | | |
| <i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Oxytoxum</i> sp. | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Phalacroma rotundata</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen) Balech | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech | | | + | | + | | | | | | | | |
| <i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Protoperidinium ovatum</i> (Prouchet) Schütt | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Protoperidinium roseum</i> Paulsen | | | + | | | | | | | | | | |
| <i>Protoperidinium subinermis</i> (Paulsen) Loeblich | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Protoperidinium</i> sp. | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich | | | | | | | | | + | + | | | + |
| Skorupörungar ógreindir | + | | | | | + | | | | | | | |
| <i>Preperidinium mennieri</i> (Pavillard) Elbrächter | | | | + | | | | | | | | | |
| Gullpörungar | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg | + | | + | | | | | | + | | | | |
| <i>Dinobryon</i> sp. | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Mesocena hexagona</i> Haeckel | | | | | | | | | | | | | |
| Dulpörungar | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Leucocryptos</i> sp. | | | | | | + | | | | + | + | | + |
| Kalksvifpörungar | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler | | | | | | | | | | | | | |
| Dictyocophyceae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Apedinella spinifera</i> (Thronsen) Thronsen | | | | | | | | | | | | | |
| Auglennur | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Eutreptia/Eutreptiella</i> spp. | | | | | | | | + | | + | | + | |
| Choanoflagellidea | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Monosiga marina</i> Grøntved | | | | | | | | | | | | | |
| Annað: | | | | | | | | | | | | | |
| Ciliat sp. | | | | | | | | | | | | + | |
| ógreindir svipupörungar (annað en skorupörungar) | + | | | + | | + | | + | | + | | | + |

Svifþörungategundir sem fundust í Mjóafirði árið 2

| Tegund / höfundarnafn: | 29.mái | 5.jún | 12.jún | 19.jún | 26.jún | 3.júl | 10.júl | 12.júl | 24.júl | 31.júl | 7.ágú | 14.ágú | 21.ágú |
|---|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| Kísilþörungar: | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Achnanthes taeniata</i> Kützing | | | | + | | | | | | | | | |
| <i>Attheya</i> cf. <i>septentrionale</i> (Östrup) Crawford | | + | | + | + | | | | | | | | |
| <i>Bacteriosira fragilis</i> (Gran) Gran | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ceratulina pelagica</i> (Cleve) Gran | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros borealis</i> Bailey | | | + | | | | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros concavicornis</i> Mangin f. <i>volans</i> (Schütt) Hustedt | + | + | + | + | + | | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros constrictus</i> Gran | | | | | | | | + | | | | | |
| <i>Chaetoceros convolutus</i> Castracane | | | | | | + | + | | | | | | |
| <i>Chaetoceros debilis</i> Cleve | + | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve | | | | + | + | | + | | | | | | |
| <i>Chaetoceros diadema</i> Cleve | + | + | + | + | + | + | + | | | | | | |
| <i>Chaetoceros furcellatus</i> Bailey | + | + | + | + | + | | + | + | | | | | |
| <i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt | | + | + | + | + | + | + | + | + | | | | |
| <i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs in Lauder | | | | | | | | | | | | + | |
| <i>Chaetoceros similis</i> Cleve | | | | | | | + | | | | | | |
| <i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld | | | | | | | | | | | | + | |
| <i>Chaetoceros socialis</i> Lauder | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros teres</i> Cleve | | | | | | | | | | | | + | |
| <i>Chaetoceros</i> sp. | | | | | | | + | + | | | | | |
| <i>Corethron criophilum</i> Castracane | + | | | | | | | | | | | | |
| <i>Fragilariopsis</i> cf. <i>islandica</i> Grun | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Fragilariopsis</i> cf. <i>oceanica</i> (Cleve) Hasle | + | | | | + | + | + | + | + | | | | |
| <i>Gyrosigma</i> / <i>Pleurosigma</i> | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Lauderia annulata</i> Cleve | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve | + | + | + | | + | + | + | + | | + | + | | |
| <i>Leptocylindrus minimus</i> Hargraves | | + | | | + | + | + | + | | | | | |
| <i>Licmophora</i> sp. | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Melosira</i> cf. <i>arctica</i> Dickie | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Melosira</i> cf. <i>moniliformis</i> (Müller) Agardh | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Melosira</i> sp. | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Navicula</i> sp. | | | + | | | + | | | | + | | | |
| <i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann | | | | | | + | | | | | | | |
| <i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schütt | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Proboscia alata</i> (Bightwell) Sundström | | | + | | | | | + | | + | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden in Heiden & Kolbe | | | | | | + | | | | | | + | |
| <i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> (Cleve) Hasle | | | | | | + | + | | | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) Peragallo | | | | | + | + | + | + | + | + | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia turgidula</i> (Hustedt) Hasle | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran | | + | + | | | | | | | | + | | |
| <i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Grunow | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Thalassiosira angulate</i> (Gregory) Hasle | + | | | | | | | | | | | | |
| <i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (Smidt) Fryxell & Hasle | | + | | | | | + | | | | | | |
| <i>Thalassiosira gravida</i> Cleve | + | + | | | | | | | | | | | |
| <i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve | + | | + | | | + | + | | | | | | |
| <i>Thalassiosira</i> sp. | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow | | + | | | | | | | | | | | |
| <i>Tropidoneis</i> sp. | | | | | | | | | | | | | |
| Skoruþörungar: | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Alexandrium</i> cf. <i>minutum</i> Halim | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Alexandrium ostenfeldii</i> (Paulsen) Balech & Tangen | | | | | | | | | | | + | | |
| <i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech | | | | | | | | | | | | | + |

Svifþörungategundir sem fundust í Mjóafirði árið 2

| Tegund / höfundarnafn: | 29.mái | 5.jún | 12.jún | 19.jún | 26.jún | 3.júl | 10.júl | 12.júl | 24.júl | 31.júl | 7.ágú | 14.ágú | 21.ágú |
|--|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| <i>Alexandrium</i> sp. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | | | + | |
| <i>Amylax triacantha</i> (Jørgensen) Sournia | | | | | | | | + | | | | + | + |
| <i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve | | | | | | | | | | | | + | |
| <i>Ceratium longipes</i> (Bailey) Gran | | | | | | | | | + | | | + | + |
| <i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann | | | | | + | | | + | + | + | + | + | + |
| <i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg | | | | | | | | | | | + | | |
| <i>Dinophysis norvegica</i> Claparède & Lachmann | | | | | | | | + | + | + | | + | |
| <i>Glenodinium danicum</i> Paulsen | | + | | | + | | | + | + | | | | |
| <i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing | | | | | | | | | | | | + | |
| <i>Gymnodinium</i> spp. | + | + | + | + | + | | + | + | | | + | | + |
| <i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich) Morrill & Loeblich | | | | + | | | | | | | | | |
| <i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein | | | | | | | | + | + | | + | + | |
| <i>Oxytoxum</i> sp. | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Phalacroma rotundata</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener | | | | + | | + | | + | | + | + | + | |
| <i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen) Balech | | + | + | | + | + | | | | + | | + | + |
| <i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech | | | | + | | | | | | | | | |
| <i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech | | | | | | | | | | | | + | + |
| <i>Protoperidinium ovatum</i> (Pouchet) Schütt | | | + | | | | | | | | | + | |
| <i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh | | + | + | + | + | + | + | + | + | | + | + | + |
| <i>Protoperidinium roseum</i> Paulsen | | | + | + | + | | | + | | | + | + | + |
| <i>Protoperidinium subinermis</i> (Paulsen) Loeblich | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Protoperidinium</i> sp. | | + | | | | + | + | | | | + | | |
| <i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich | | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Skorupörungar ógreindir | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Preperidinium mennieri</i> (Pavillard) Elbrächter | | | | + | | + | | | + | | | | |
| Gullpörungar | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Dinobryon</i> sp. | | | | | + | | + | | + | | | | |
| <i>Mesocena hexagona</i> Haeckel | | | | | | | | | | | + | | |
| Dulþörungar | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Leucocryptos</i> sp. | + | + | + | + | + | + | + | | + | + | | | |
| Kalksvifpörungar | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler | | | | | | | | | | | | + | + |
| Dictyocophyceae | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Apedinella spinifera</i> (Throndsen) Throndsen | | | | | | + | | + | | | | | |
| Auglennur | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Eutreptia/Eutreptiella</i> spp. | + | | + | + | + | + | + | + | + | | + | | |
| Choanoflagellidea | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Monosiga marina</i> Grøntved | + | + | | + | + | | | | + | + | + | + | + |
| Annað: | | | | | | | | | | | | | |
| Ciliat sp. | + | | + | | + | + | | | | + | + | + | |
| Ógreindir svipþörungar (annað en skorupörungar) | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

Svifþörungategundir sem fundust í Mjóafirði árið 2

| Tegund / höfundarnafn: | 28.ágú | 4.sep | 12.sep | 19.sep | 26.sep | 4.okt | 10.okt |
|--|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Kísilþörungar: | | | | | | | |
| <i>Achnanthes taeniata</i> Kützing | | | | | | | |
| <i>Attheya cf. septentrionale</i> (Ostrup) Crawford | | | | | | | |
| <i>Bacteriosira fragilis</i> (Gran) Gran | | | | | | | |
| <i>Ceratulina pelagica</i> (Cleve) Gran | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros borealis</i> Bailey | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros concavicornis</i> Mangin f. volans (Schütt) Hustedt | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros constrictus</i> Gran | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros convolutus</i> Castracane | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros debilis</i> Cleve | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros decipiens</i> Cleve | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros diadema</i> Cleve | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros furcellatus</i> Bailey | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros lacinosus</i> Schütt | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros lauderi</i> Ralfs in Lauder | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros similis</i> Cleve | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros simplex</i> Ostenfeld | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros socialis</i> Lauder | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros teres</i> Cleve | | | | | | | |
| <i>Chaetoceros</i> sp. | + | | | | | | |
| <i>Corethron criophilum</i> Castracane | | | | | | | |
| <i>Fragilariopsis cf. islandica</i> Grun | | | | | | | |
| <i>Fragilariopsis cf. oceanica</i> (Cleve) Hasle | | | | | | | |
| <i>Gyrosigma/Pleurosigma</i> | | | | | + | | + |
| <i>Lauderia annulata</i> Cleve | | | | | | | |
| <i>Leptocylindrus danicus</i> Cleve | | | | | | | |
| <i>Leptocylindrus minimus</i> Hargraves | | | | | | | |
| <i>Licmophora</i> sp. | + | | + | | + | + | + |
| <i>Melosira cf. arctica</i> Dickie | | | | | | | |
| <i>Melosira cf. moniliformis</i> (Müller) Agardh | | | | | | | |
| <i>Melosira</i> sp. | | | | | | | |
| <i>Navicula</i> sp. | + | | | | + | | |
| <i>Nitzschia closterium</i> (Ehrenberg) Lewin & Reimann | + | | | | + | | |
| <i>Odontella aurita</i> (Lyngbye) Agardh | | | | | | | |
| <i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve | | | | | | | |
| <i>Planktoniella sol</i> (Wallich) Schütt | | | | | | | |
| <i>Proboscia alata</i> (Bightwell) Sundström | | | | | + | + | |
| <i>Pseudo-nitzschia delicatissima</i> (Cleve) Heiden in Heiden & Kolbe | | | | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia fraudulenta</i> (Cleve) Hasle | | | | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> (Hasle) Hasle | | | | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia seriata</i> (Cleve) Peragallo | | | | | | | |
| <i>Pseudo-nitzschia turgidula</i> (Hustedt) Hasle | | | | | | | |
| <i>Rhizosolenia hebetata</i> Bailey f. <i>semispina</i> (Hensen) Gran | | | | | | | |
| <i>Skeletonema costatum</i> (Greville) Cleve | | | | | | | |
| <i>Thalassionema nitzschioides</i> (Grunow) Grunow | | | | | | + | |
| <i>Thalassiosira angulate</i> (Gregory) Hasle | | | | | | | |
| <i>Thalassiosira anguste-lineata</i> (Smidt) Fryxell & Hasle | | | | | | | |
| <i>Thalassiosira gravida</i> Cleve | | | | | | | |
| <i>Thalassiosira nordenskiöldii</i> Cleve | | | | | | | |
| <i>Thalassiosira</i> sp. | | | | | | | |
| <i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow | | | | | | | |
| <i>Tropidoneis</i> sp. | | | | | | + | |
| Skorupörungar: | | | | | | | |
| <i>Alexandrium cf. minutum</i> Halim | | + | | | | | |
| <i>Alexandrium ostenfeldii</i> (Paulsen) Balech & Tangen | | | | | | | |
| <i>Alexandrium tamarense</i> (Lebour) Balech | | | | | | | |

Svifþörungategundir sem fundust í Mjóafirði árið 2

| Tegund / höfundarnafn: | 28.ágú | 4.sep | 12.sep | 19.sep | 26.sep | 4.okt | 10.okt |
|--|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|
| <i>Alexandrium</i> sp. | + | + | | | | | |
| <i>Amylax triacantha</i> (Jørgensen) Sournia | | | | | | | |
| <i>Ceratium fusus</i> (Ehrenberg) Dujardin | | + | + | | + | + | + |
| <i>Ceratium lineatum</i> (Ehrenberg) Cleve | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Ceratium longipes</i> (Bailey) Gran | + | + | | + | + | | + |
| <i>Dinophysis acuminata</i> Claparède & Lachmann | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Dinophysis acuta</i> Ehrenberg | + | + | + | | + | | |
| <i>Dinophysis norvegica</i> Claparède & Lachmann | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Glenodinium danicum</i> Paulsen | + | + | | | | | |
| <i>Gonyaulax spinifera</i> (Claparède & Lachmann) Diesing | | | | | | | |
| <i>Gymnodinium</i> spp. | + | | | | | + | |
| <i>Heterocapsa niei</i> (Loeblich) Morrill & Loeblich | | | | | | | |
| <i>Heterocapsa triquetra</i> (Ehrenberg) Stein | + | + | | | + | | |
| <i>Oxytoxum</i> sp. | | | | | + | | |
| <i>Phalacroma rotundata</i> (Claparède & Lachmann) Kofoid & Michener | + | | | | + | | |
| <i>Protoperidinium brevipes</i> (Paulsen) Balech | + | + | + | + | + | + | |
| <i>Protoperidinium conicum</i> (Gran) Balech | | | | | | | |
| <i>Protoperidinium depressum</i> (Bailey) Balech | | | | + | + | | + |
| <i>Protoperidinium ovatum</i> (Pouchet) Schütt | + | | | | + | | |
| <i>Protoperidinium pellucidum</i> Bergh | | + | + | | + | | |
| <i>Protoperidinium roseum</i> Paulsen | | + | + | + | + | + | + |
| <i>Protoperidinium subinermis</i> (Paulsen) Loeblich | | | | | + | | |
| <i>Protoperidinium</i> sp. | | | | | | | |
| <i>Scrippsiella trochoidea</i> (Stein) Loeblich | + | + | + | + | + | + | + |
| Skorupörungar ógreindir | + | | | | | | |
| <i>Preperidinium mennieri</i> (Pavillard) Elbrächter | | | | | | | |
| Gullpörungar | | | | | | | |
| <i>Dictyocha speculum</i> Ehrenberg | | | + | | | + | |
| <i>Dinobryon</i> sp. | | | | | | | |
| <i>Mesocena hexagona</i> Haeckel | | | | | | | |
| Dulpörungar | | | | | | | |
| <i>Leucocryptos</i> sp. | | | | | | | |
| Kalksvifpörungar | | | | | | | |
| <i>Emiliana huxleyi</i> (Lohmann) Hay & Mohler | + | + | + | + | + | + | |
| Dictyocophyceae | | | | | | | |
| <i>Apedinella spinifera</i> (Throndsen) Throndsen | | | | | | | |
| Auglennur | | | | | | | |
| <i>Eutreptia/Eutreptiella</i> spp. | | | | | | | |
| Choanoflagellidea | | | | | | | |
| <i>Monosiga marina</i> Grøntved | + | | | | | + | |
| Annað: | | | | | | | |
| <i>Ciliat</i> sp. | + | + | + | + | + | + | |
| Ógreindir svipuþörungar (annað en skorupörungar) | + | + | + | + | + | + | + |

Árstíðabreytingar í samsetningu þörungasvifs
í Mjóafirði.
Litarefni þörunga greind með háþrýstivökvaskilju
(HPLC)

Ása Guðrún Kristjánsdóttir
Hafrannsóknastofnunin

ÁGRIP

Ása Guðrún Kristjánsdóttir 2003. Árstíðabreytingar í samsetningu þörungasvifs í Mjóafirði. Litarefni þörungna greind með háþrýstivökvaskilju (HPLC). Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 93: 43-55.

Markmið rannsóknarinnar var að meta breytingar á styrk litarefna, með háþrýstivökvaskilju, með framvindu svifþörung aflórunnar í huga og bera niðurstöðurnar saman við talningu á fjölda fruma einstakra tegunda skv. smásjárskoðun. Sýnum var safnað í Mjóafirði frá 15. febrúar til 13. nóvember 2000.

Lítið mældist af litarefnum í febrúar, mars og apríl. Í byrjun maí jókst styrkur litarefna og náði vorblóminn hámarki 22. maí. Styrkur litarefna sveiflaðist talsvert um sumarið. Þau litarefni sem mest mældist af voru: a-blaðgræna, fucoxanthin og peridinin. Niðurstöðum litarefnagreininga og niðurstöðum smásjártalninga bar ekki alltaf saman. Þegar margar tegundir voru til staðar og mörg litarefni, reyndist erfitt að túlka niðurstöður úr litarefnagreiningu. Aðferðirnar styðja þó hvor aðra og saman gefa þær mun meiri upplýsingar um ástand flórunnar en þær gera hvor um sig. Smásjárskoðun gefur vísbendingu um fjölda þörungna og með því að mæla styrk litarefna má meta ástand þörunganna.

ABSTRACT

Ása Guðrún Kristjánsdóttir 2003. Seasonal variation in phytoplankton composition in Mjóifjörður. Pigment analysis with HPLC. In: Karl Gunnarsson (ed.) Environment, phytoplankton and mussels in Mjóifjörður. Marine Research Institute, Report series nr. 93: 43-55.

Phytoplankton pigments were measured by reverse-phase HPLC in samples from Mjóifjörður, at the east coast of Iceland, collected during the period from 15 February to 13 November 2000. The aim was to use the pigments to track the development of the phytoplankton population through the year and to compare the results with microscopy studies.

Chlorophyll a concentration was low ($<0.2 \mu\text{g l}^{-1}$) until beginning of May and reached maximum during the spring bloom (22 May, $2.6 \mu\text{g l}^{-1}$). The variance in pigments concentration was considerable during the summer. To follow the variance the sample collection should have been even more frequent. Fucoxanthin and peridinin were the dominating accessory pigments. Interpretation was difficult when many species were in the samples and identification of some of the pigments only by standards was vague. Most of the time the results from HPLC and microscopy studies were concordant. The concordance partly depending on the dominating species in the samples. Measuring phytoplankton pigments definitely adds information on the status of phytoplankton populations to those obtained by microscopy studies.

INNGANGUR

Í öllum þörungum er a-blaðgræna en auk þess eru þekkt rúmlega 50 önnur litarefni í þörungum (Wright og Jeffrey 1997). Sum þeirra eru einkennandi fyrir ákveðna þörungaflokka og því er hægt að nota þau til að skoða samsetningu og framvindu þörungaflórunnar. Markmið rannsóknarinnar sem hér er lýst var að meta breytingar á styrk litarefna, með háþrýstivökvaskilju (high performance liquid chromatography, HPLC), með framvindu svifþörungaflórunnar í huga og bera niðurstöðurnar saman við talningu á fjölda fruma einstakra tegunda skv. smásjárskoðun. Í þessari rannsókn voru litarefnin greind með háþrýstivökvaskilju. Þessari aðferð hefur verið beitt áður á Hafrannsóknastofnuninni (Þórarinn Arnarson 1996, Ása Guðrún Kristjánsdóttir 2000) en hingað til hafa ekki verið skoðuð nema örfá sýni í smásjá til samanburðar við litarefnagreiningar. Í rannsókninni sem hér er lýst er því fyrsta tækifærið til að bera niðurstöður þessara aðferða saman við greiningu á sýnum sem tekin voru í samfelldri tímaröð.

Tafla 1. Litarefnin sem greind voru í Mjóafjarðarsýnunum og þörungaflokkarnir sem þau finnast í. Taflan er byggð á gögnum sem fengin voru með greiningum á ræktunum en aðeins voru greindar nokkrar tegundir úr hverjum flokki (Jeffrey & Veski, 1997).

Table 1. The occurrence of phytoplankton pigments, measured in amples from Mjóifjörður, in different algal classes (modified from Jeffrey & Veski, 1997).

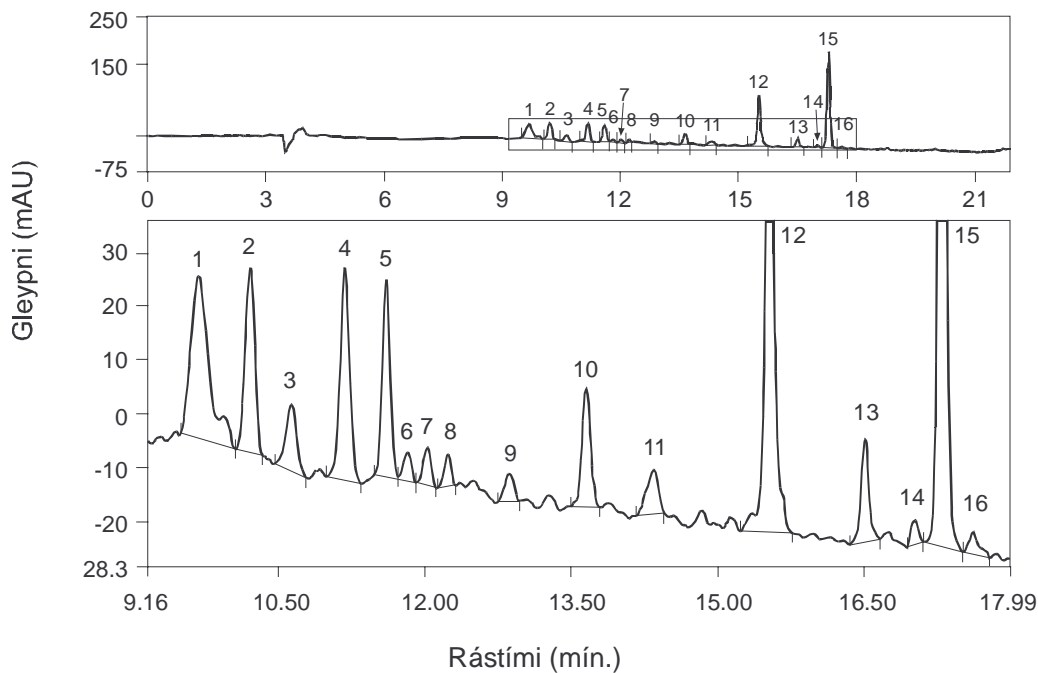
| Litarefni | Þörungaflokkar | | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| | Kísilþörungur (Bacillariophyceae) | Prymnesiophytar (Prymnesiophyceae) | Kalksvifþörungur (Haptophyceae) | Skorupþörungur (Dinophyceae) | Dulþörungur (Cryptophyceae) | Gullþörungur (Chrysophyceae) | Grænþörungur (Chlorophyceae) | Auglennur (Euglenophyceae) | Prasinophytar (Prasinophyceae) |
| Peridinin | | | | • | | | | | |
| 19'butanoyloxyfucoxanthin | | • | | | | • | | | |
| Fucoxanthin | • | • | • | | | • | | | |
| 19'hexanoyloxyfucoxanthin | | • | • | | | | | | |
| Alloxanthin | | | | | • | | | | |
| Diadinoxanthin | • | • | • | • | | • | | | • |
| b-blaðgræna | | | | | | | • | • | • |
| a-blaðgræna | • | • | • | • | • | • | • | • | • |

EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR

Sýnum var safnað frá 15. febrúar til 13. nóvember 2000, vikulega frá miðjum mars fram í miðjan október en sjaldnar á öðrum tímum. Sýnin voru tekin í yfirborði á einni stöð nálægt kræklingrækt í Mjóafirði (Karl Gunnarsson 2003). Þegar sýni var tekið, var 1,1 lítri af sjó síaður í gegnum glertrefjasíu (25 mm Whatman GF/F) sem síðan var sett í frysti (-20°C) og geymd þar til litarefnin voru mæld. Fyrir mælingu var hver sía sett í 2,0 ml af 90% acetón og hátíðnisproti (ultrasonic) látinn verka á lausnina í 20 sekúndur til að sprengja frumurnar og losa litarefnin út í lausnina. Sýnin voru síðan sett í skilvindu og eftir það voru þau tilbúin til mælinga.

HPLC tækið (háþrýstivökvaskilja frá Kontron) er samsett úr dælum, sýnamatara, súlu og ljósgleypnimæli, en aðgreining efnanna fer fram á súlunni þ.e. efnin tefjast þar mislengi eftir eiginleikum þeirra. Notuð var aðferð Wright og Jeffrey (1997) þar sem litarefnin eru aðskilin eftir vatnsleysanleika þeirra, þ.e. fyrst koma mest skautuðu efnin. Notuð var HPLC-súla (Waters Spherisorb ODS-2, 5 μm , 250 x 4,6 mm) við 25°C hita. Ljósgleypni var mæld við 436 nm. Litarefnin voru auðkennd með stöðlum þ.e. eftir rástíma þeirra (rástími er sá tími sem það tekur litarefnin að fara í gegnum súluna). Styrkur litarefna var reiknaður út frá innri staðli og gleypniföstum reiknuðum út frá stöðlum. Staðlarnir voru frá DHI (Water & Environment, Danmörku). Greiningarmörk voru um 0,02 $\mu\text{g l}^{-1}$.

Niðurstöður mælinga á sýni frá Mjóafirði 10. október 2000 eru sýndar á 1. mynd sem dæmi. Á efri myndinni er sýnd öll útskriftin en á neðri myndinni hefur hlutinn sem er í ramma á efri myndinni verið stækkaður til að sýna betur það tímabil sem flest litarefnin komu á. Í þessu sýni greindust 16 litarefni en eins og áður sagði eru þekkt yfir 50 litarefni og mörg þeirra koma af súlunni með stuttu millibili svo erfitt getur verið að aðgreina þau og auðkenna með rástímanum einum.



1. mynd. Niðurstöður HPLC-mælinga á þörungalitarefnum frá Mjóafirði 10. október 2000. Á x-ás er tíminn sem það tekur litarefnin að fara í gegnum súluna (rástími) og y-ás gleypni, flatarmálið undir hverjum toppi segir til um magn litarefnis. Á efri myndinni er sýnd öll útskriftin en á neðri myndinni hefur hlutinn sem er í ramma á efri myndinni verið stækkaður til að sýna betur það tímabil sem litarefnin koma á. Toppur 1 er óþekktur, 2 er peridinin, 3 er 19'butanoyloxyfucoxanthin, 4 er fucoxanthin, 5 er 19'hexanoyloxyfucoxanthin, 6 er líklega cis-fucoxanthin, 7 er líklega cis-19'hexanoyloxyfucoxanthin, 8 og 9 eru óþekktir, 10 er diadinoxanthin, 11 er alloxanthin, 12 er innri staðall, 13 er b-blaðgræna, 14 er a-blaðgrænu allomer, 15 er a-blaðgræna og 16 er a-blaðgrænu epimer. Blaðgrænu allomer og epimer eru reiknuð með í heildarmagni blaðgrænu en þau myndast eftir að sýnið hefur verið leyst upp í lífrænum leysi, en þá er blaðgrænan ekki eins varin fyrir áhrifum ljóss og efna eins og t.d. súrefnis (Porra o.fl.1997).

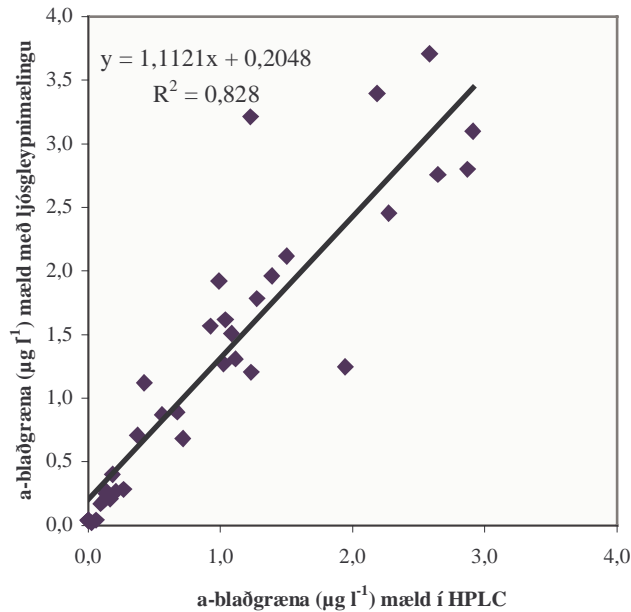
Figure 1. HPLC analysis of phytoplankton pigments in a sample taken in Mjóifjörður October 10, 2000. X-axis shows retention time in minutes and the y-axis the absorbance. The lower figure is an enlargement of the part of the graph delimited by the frame in the upper figure. The peaks represent the pigments as follows: 1: unknown, 2: peridinin, 3: 19'butanoyloxyfucoxanthin, 4: fucoxanthin, 5: 19'hexanoyloxyfucoxanthin, 6: probably cis-fucoxanthin, 7: probably cis-19'hexanoyloxyfucoxanthin, 8 and 9 are unknown, 10: diadinoxanthin, 11: alloxanthin, 12: inner constant, 13: Chlorophyll-b, 14: Chlorophyll-a allomer, 15: Chlorophyll-a and 16: Chlorophyll-a epimer.

Niðurstöður úr ljósgleypnimælingum á a-blaðgrænu voru fengnar hjá Kristni Guðmundssyni (2003) og niðurstöður úr smásjárskoðun voru fengnar frá Agnesi Eydal (2003).

NIÐURSTÖÐUR

a-blaðgræna

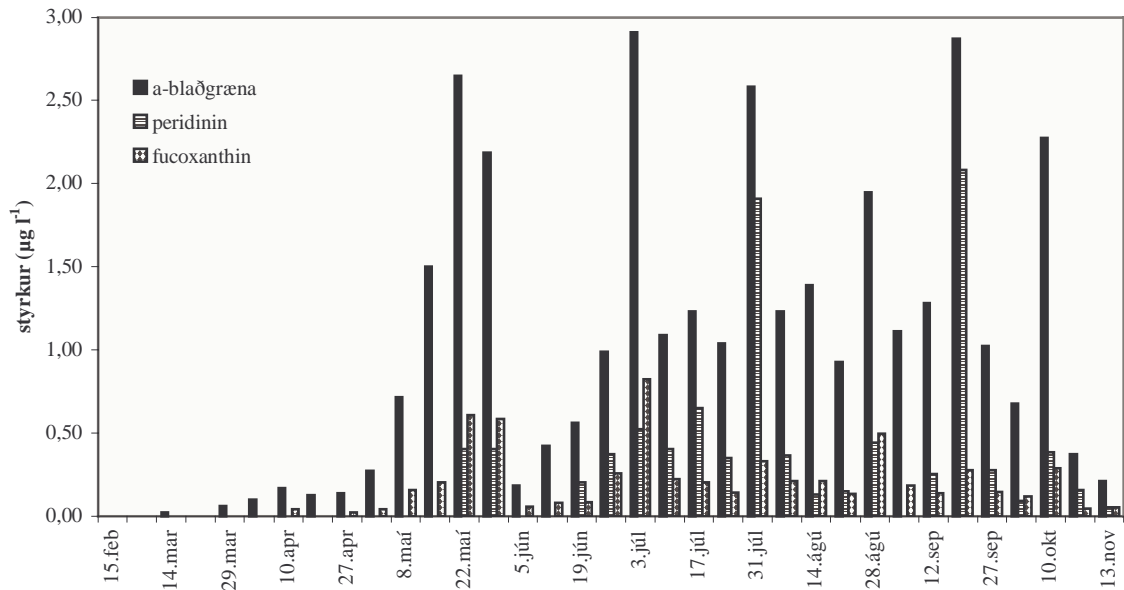
HPLC- og ljósgleypnimælingum á a-blaðgrænu bar ágætlega saman, en að meðaltali mældist 11% meira af a-blaðgrænu í ljósgleypnimælingum. Sambandið milli mælinganna er sýnt á 2. mynd.



2. mynd. Samanburður á mælingu a-blaðgrænu með ljósgleypnimæli og í HPLC í sýnum sem tekin voru í Mjóafirði 15. febrúar - 13. nóvember 2000.

Figure 2. Comparison of measurements of chlorophyll-a as measured with spectrophotometry after extraction in 70% acetone and as measured by HPLC. Samples from Mjóifjörður 15 February to 13 November 2000.

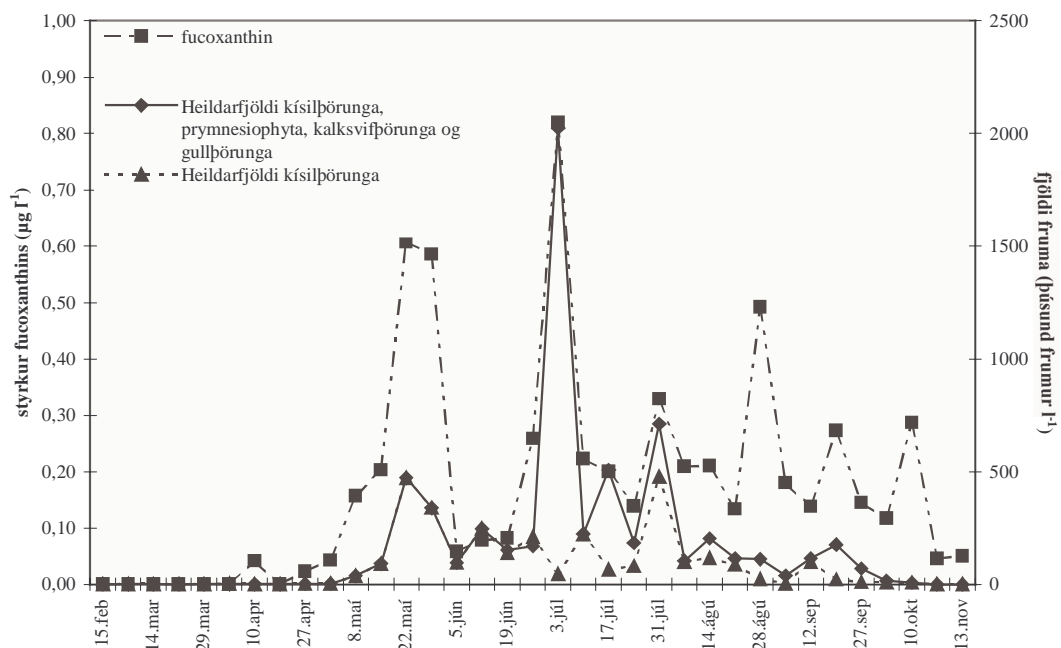
Lítið sem ekkert mældist af a-blaðgrænu í febrúar og mars ($< 0,1 \mu\text{g l}^{-1}$), í apríl mældist 0,1-0,2 $\mu\text{g l}^{-1}$ en styrkurinn fór ekki að aukast að ráði fyrr en í maí og náði hámarki í vorblóma 22. maí (2,6 $\mu\text{g l}^{-1}$, 3. mynd). Í byrjun júní kom smá lægð eftir vorblómanna þegar lítið mældist af a-blaðgrænu (0,2 $\mu\text{g l}^{-1}$) en styrkurinn hækkaði svo strax aftur og hélst yfir 1 $\mu\text{g l}^{-1}$ fram í október. Mest mældist af a-blaðgrænu, fucoxanthin og peridinin og eru niðurstöður mælinga á þeim sýndar á 3. mynd.



3. mynd. Þau litarefni sem mest mældist af, a-blaðgræna, peridinin og fucoxanthin úr sýnum sem tekin voru í Mjóafirði 15. febrúar - 13. nóvember 2000.

Figure 3. Dominant algal pigments, chlorophyll-a, peridinin and fucoxanthin. Samples from Mjóifjörður 15 February to 13 November 2000.

Fucoxanthin

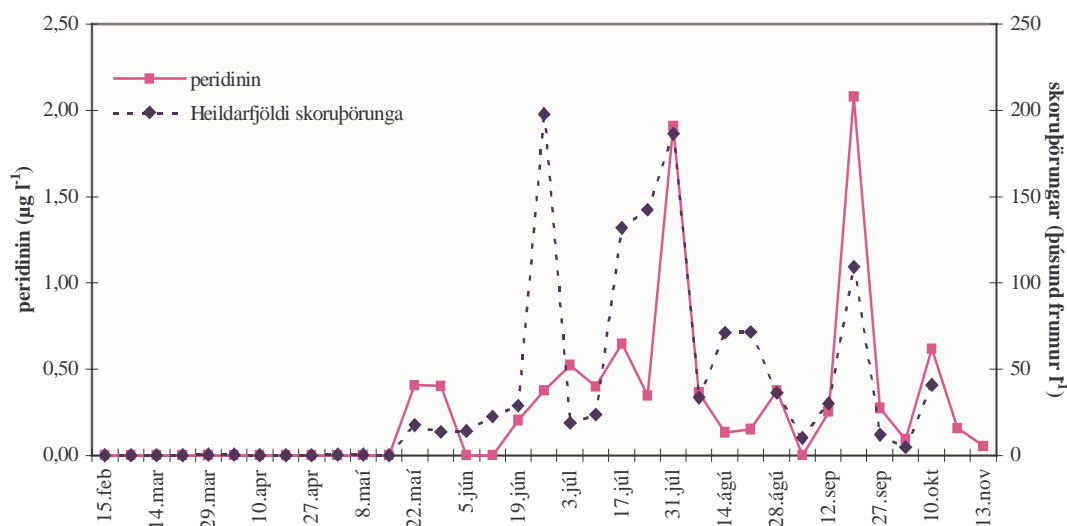


4. mynd. Samanburður á styrk fucoxanthins og fjölda fruma í smásjárskoðun sem innihalda fucoxanthin (kísilþörungar, prymnesiophytar, kalksviþörungar og gullþörungar), úr sýnum tekin voru í Mjóafirði 15. febrúar - 13. nóvember 2000.

Figure 4. Comparison between the concentration of fucoxanthin and number cells of diatom, Prymnesiophyceae, Haptophyceae and Chrysophyceae. Samples from Mjóifjörður 15 February to 13 November 2000.

Samanburður á styrk fucoxanthins og fjölda fruma sem innihalda fucoxanthin (kísilþörungur, prymnesiophytar, kalksvifþörungur og gullþörungur) er sýndur á 4. mynd. Í vorblómanum 22. og 29. maí mældist fucoxanthin annað helsta litarefnið ($0,6 \mu\text{g l}^{-1}$). Samkvæmt smásjárskoðun voru kísilþörungur ráðandi og var *Thalassiosira nordenskjoldii* algengastur ($240 \text{ þúsund frumur l}^{-1}$). Þetta voru stórar frumur sem hafa innihaldið mikið af litarefnum. Styrkur fucoxanthins féll síðan hratt. Eftir miðjan júní fór hann aftur hækkandi og náði hámarki í lok júní ($0,8 \mu\text{g l}^{-1}$), en samkvæmt smásjárskoðun var þá frekar lítið af kísilþörungum í svifinu. Þá var gullþörungurinn *Apedinella spinifera* sem einnig inniheldur fucoxanthin ráðandi (tæpar 2 milljónir fruma l^{-1}). Við smásjártalningu fannst talsvert af smáum kísilþörungartegundum í sýni frá 31. júlí, *Leptocylindrus danicus* og *L. minimus*, en þessir þörungur geta lifað við lágan styrk næringarefna og eru stundum næstum því glærir (Raymont 1980) og er það líklega ástæða þess að aukning á fucoxanthin var frekar lítil. Þann 28. ágúst mældist talsvert af fucoxanthini ($0,5 \mu\text{g l}^{-1}$) en samkvæmt smásjárskoðun voru kísilþörungur þá fáir, nema hvað örflítill aukning hafði orðið á tegundunum *Licmophora sp.* og *Navicula sp.* Hluti þess fucoxanthins sem mældist gæti hafa verið úr kalksvifþörungnum *Emiliania huxleyi* sem talsvert var af 28. ágúst. Aukning á fucoxanthin 19. september (4. mynd) var líklega einnig vegna aukningar á *Emiliania huxleyi*.

Peridinin



5. mynd. Samanburður á styrk peridínins og á fjölda skorubörunga samkvæmt smásjártalningu á sýnum sem tekin voru í Mjóafirði 15. febrúar-13. nóvember 2000.

Figure 5. Comparison of peridinin concentration and the number of Dinoflagellates obtained from microscope countings. Samples from Mjóifjörður 15 February to 13 November 2000.

Lítið sem ekkert mældist af peridínin þar til 22. maí (5. mynd) en þá sáust einnig fyrst einhverjir skorubörunga í talningarsýnum. Fyrsti skorubörungatoppur sumarsins var 26. júní samkvæmt smásjárskoðun, *Scrippsiella trochoidea* ($104 \text{ þúsund frumur l}^{-1}$) og Gymnodiniales spp. ($46 \text{ þúsund frumur l}^{-1}$). Breytingar á styrk peridínins voru ekki í takt við breytingar á fjölda skorubörunga í júní og júlí. Þannig hækkaði peridínin styrkur síðari hluta júní og var hærri 3. júlí þrátt fyrir að fjöldi skorubörunga félli samkvæmt smásjárskoðun. Skýringin á þessu kann að vera sú að þörungarnir voru snemma á vaxtarskeiði þegar sýnið var tekið 26. júní og innihéldu því ekki mikið af litarefnum. Annar stærsti peridínin toppurinn var 31. júlí ($1,9 \mu\text{g l}^{-1}$) og samkvæmt smásjárskoðun var mikið af skorubörungum, *Scrippsiella trochoidea* ($127 \text{ þúsund frumur l}^{-1}$) og Gymnodiniales spp. ($6 \text{ þúsund frumur l}^{-1}$) svipað og í lok júní. Stærsti peridínin toppurinn var 19. september ($2,1 \mu\text{g l}^{-1}$) og samkvæmt

smásjárskoðun var greinileg aukning á skorupörungum. Mest var af *Ceratium lineatum* (72 þúsund frumur l⁻¹) sem er frekar stór og hefur greinilega innihaldið mikið af peridinin.

Önnur litarefni

Sambandið milli 19 hexanoyloxyfucoxanthin og fjölda prymnesiophyta og kalksvifþörunga í smásjárskoðun var ekki gott. Í vorblómanum t.d. mældist 19 hexanoyloxyfucoxanthin (0,2 µg l⁻¹) en í smásjárskoðun sáust hvorki prymnesiophytar né kalksvifþörungar.

Þann 19. september mældist álíka mikið af 19 butanoyloxyfucoxanthin, fucoxanthin, 19 hexanoyloxyfucoxanthin (u.þ.b. 0,2 µg l⁻¹ af hverju þeirra), en þau litarefni eru öll í prymnesiophytanum *Phaeocystis pouchetii*. Þessi tegund sást hins vegar aldrei við smásjárskoðun. Lítið mældist af 19 butanoyloxyfucoxanthini á öðrum tímum ársins.

b-blaðgræna mældist í vorblómanum (0,2 µg l⁻¹) en b-blaðgæna er í grænþörungum, auglennum og prasinophytum (1. tafla) en þeir greindust ekki í smásjá þá. b-blaðgræna sem mældist í lok júní (0,5 µg l⁻¹) er líklega úr auglennum sem samkvæmt smásjárskoðun voru þá í hámarki, annars var samræmi milli b-blaðgrænu og auglenna ekki gott. b-blaðgrænan sem mældist í vorblómanum og þegar líða tók á sumarið gæti verið úr tegundum sem flokkaðir voru til svipuþörunga en talsvert greindist af þeim yfir hásumarið. Einnig er mögulegt að b-blaðgræna komi úr grænum örþörungum en þeir sjást ekki við venjulega smásjárskoðun.

Diadinoxanthin mældist hæst 3. júlí og 31. júlí (0,3 µg l⁻¹) en annars mældist frekar lítið af því. Alloxanthin mældist 15. maí (0,1 µg l⁻¹) en síðan ekki aftur fyrr en í júlí og þá var mjög lítið af því. Alloxanthin gæti verið úr dulþörungum, en þeir sáust hins vegar ekki við smásjárskoðun. Við smásjárskoðun sást frekar mikið af smáum svipuþörungum yfir hásumarið en þeir voru af nokkrum þörungaflokkum (þar á meðal skorupörungar, dulþörungar, prymnesiophytar) og gæti það skýrt að einhverjum hluta ósamræmið milli litarefnagreininga og smásjárskoðunar.

UMRÆÐA

Samanburður á HPLC- og ljósgleypnimælingum á a-blaðgrænu

HPLC mælingum á a-blaðgrænu bar oftast ágætlega saman við mælingar með hefðbundnar ljósgleypnimælingar. Það var góð fylgni milli mælinganna ($R^2=0,83$, 2. mynd). Það sást greinilegur munur á milli aðferðanna en það mældist meira með hefðbundnu aðferðinni. Sýnin sem notuð voru í HPLC litarefnagreiningu voru síuð í gegnum fínni síur (GF/F, 0,7 µm) en sýnin sem notuð voru í ljósgleypnimælingu (GF/C, 1,2 µm). Samkvæmt Mantoura o.fl. (1997) eru heimtur með GF/C síu lægri, sérstaklega þegar mikið er af örþörungum. Ef sama síutegund hefði verið notuð hefði munurinn því væntanlega verið enn meiri. Algengt er að fengist hafi 30% munur á mælingum með HPLC og hefðbundinni aðferð (Gieskes 1991, Þórarinn Arnarson 1996).

Líklegastu ástæðurnar fyrir þessum mun eru eftirfarandi. Niðurbrotsefni greinast algerlega frá a-blaðgrænu í HPLC en ekki í hefðbundinni ljósgleypnimælingu. HPLC mælingarnar geta því gefið nákvæmari mælingu á a-blaðgrænu sérstaklega ef mikið er af niðurbrotsefnum í sýnunum eins og gerist þegar þörungagróðurinn fer að brotna niður. Helstu niðurbrotsefni a-blaðgrænu eru klórófýlíð, phaeopytin, phaeophorbíð og pyrrophytín. Þessi efni finnast m.a. í hrörnuðum og skemmdum þörungum, groti og úrgangi. Við hrörnun myndast einnig allomerur og epimerur en þær geta einnig myndast við sýnavinnslu (Porra o.fl. 1997) og voru þau því reiknuð með í heildarmagni a-blaðgrænu. Við oxun blaðgrænu myndast líka litlaus niðurbrotsefni sem mælast almennt ekki í ljósmælingum (Mantoura o.fl. 1997).

Samanburður á litarefnagreiningum og smásjárskoðunum

Við samanburð smásjárskoðunar og litarefnagreiningar þarf að hafa í huga að samband milli litarefnis og fjölda fruma í lítra er breytilegt. Stærð þörunga er breytileg eftir tegundum og jafnvel stofnum innan tegundar (t.d. Dring 1982). Styrkur og hlutfall litarefna í frumu er einnig háð ástandi þörunganna og aðlögun þeirra að ljósi (Everitt o.fl. 1990, Olson o.fl.

1990, Barlow o.fl. 1998). Vöxtur svifþörunga í Mjóafirði var mjög sveiflukenndur og erfitt að átta sig á hvar á vaxtarferli einstakra tegunda sýnin voru tekin. Til að vita hvenær í vaxtarferlinum sýni var tekið hefði sýnatakan þurft að vera mun tíðari.

Það er áberandi hvað styrkur fucoxanthins á hverja frumu var hærri í kísilþörungablóma (22. og 29. maí) en í gullþörungablóma (3. júlí), en *Apedinella spinifera* sem var ríkjandi 3. júlí er mun minni en kísilþörungarnir sem voru ráðandi í vorblómanum og hefur haft mun lægri styrk fucoxanthins.

Sambandið milli peridínins og skorubörunga var misjafnlega gott og að einhverjum hluta háð því um hvaða tegundir var að ræða (5. mynd). Skorubörungar af ættbálknum Gymnodinales spp. geta bæði verið frumbjarga og ófrumbjarga, sumar tegundir innan ættbálksins hafa aðra smærri þörunga í sambyli inni í sér og eru þá með litarefni þeirra tegunda sem er þá ekki endilega peridínin (Hoek o.fl. 1995). Sumar tegundir *Gymnodinium* spp. lifa í samlífi við grænþörung og eru þá með b-blaðgrænu. Sambandið milli b-blaðgrænu og grænþörunga var ekki skýrt en b-blaðgræna finnst eins og áður sagði í mun fleiri þörungaflokkum sem gerir túlkun niðurstaðna erfiða.

Sambandið milli 19 hexanoyloxyfucoxanthin og fjölda prymnesiophyta og kalksvifþörunga í smásjárskoðun var ekki gott. Það er hugsanlegt að stundum hafi 19 hexanoyloxyfucoxanthin ekki verið í sýnunum heldur cis-fucoxanthin en eins og sést á 1. mynd liggja þessir toppar þétt saman og erfitt getur verið að greina á milli þeirra. Um haustið, þegar *Emiliana huxleyi* sást í smásjárskoðun, var engin áberandi aukning á 19 hexanoyloxyfucoxanthin. *Emiliana huxleyi* inniheldur bæði fucoxanthin og 19 hexanoyloxyfucoxanthin, en hlutfallið er breytilegt eftir stofnum, Barlow og Mantoura (1998) rannsökuðu 19 stofna og komust að því að fucoxanthin var ráðandi í stofnum frá strandsvæðum en 19 hexanoyloxyfucoxanthin í stofnum frá úthafssvæðum. Sennilega hafa stofnarnir sem voru í sýnunum innihaldið lítið af 19 hexanoylfucoxanthin.

Diadinoxanthin, sem er í kísilþörungum, prymnesiophytum, kalksvifþörungum, skorubörungum og gullþörungum (tafla 1), ver frumuna gegn óæskilegum áhrifum ljóss. Diadinoxanthin breytist í diatoxanthin við ljósáreiti (Hager 1980, Demers o.fl. 1991). Vegna þess í hve mörgum flokkum diadinoxanthin finnst og vegna óstöðugleika þess er það ekki hentugt til að greina flóruna.

Alloxanthin finnst einungis í dulþörungum (tafla 1) en dulþörungar sjást yfirleitt ekki við reglubundna smásjárskoðun, þar sem þeir þola illa formalín og eyðileggjast í sýninu (Gieskes & Kraay 1983). Ef til vill var það ekki alloxanthin sem mældist 15. maí heldur diatoxanthin en það kemur á svipuðum tíma og alloxanthin.

Samantekt

Smásjárskoðun er nákvæmasta aðferðin til að greina tegundasamsetningu svifþörungaflórunnar, sérstaklega stórar tegundir. Litlir og viðkvæmir þörungar geta hins vegar glatast við sýnameðferð eða eru það litlir að þeir sjást ekki við venjulega smásjártalningu. Litarefni smárra og viðkvæmra þörunga er hins vegar hægt að greina með háþrýstivökvaskilju. Í framtíðinni þyrfti að fá staðfest hvort þörungategundir eða -hópar sem litarefnagreining gefur til kynna að séu til staðar séu þar í raun og veru. Áhugavert væri að taka sýni og skoða í smásjá áður en viðkvæmir þörungar skemmast, t.d. áður en þeir eru settir í formalín, það væri líka möguleiki að nota mildari varðveisluefni eins og lugol.

Mörg litarefnanna koma af súlunni með stuttu millibili svo erfitt getur verið að aðgreina þau og auðkenna með rástímanum einum. Á flestum rannsóknarstofum þar sem litarefni svifþörunga eru mæld eru litarefnin ákörðuð bæði út frá rástímum staðla og gleypnirófi en til þess þarf að hafa „diode array detector“ ljósgleypnimæli sem getur mælt margar bylgjulengdir samtímis.

Sambandið milli smásjárskoðunar og litarefnagreiningar er ekki einfalt. Frekari samanburður milli smásjárskoðunar og litarefnagreiningar gæti líka leitt í ljós einhver mynstur sem hægt væri að nýta sér. Til er forrit (CHEMTAX) sem reiknar út magn þörungaflokka út frá styrk litarefna, út frá gefnum hlutföllum litarefna í hverjum þörungaflokki. Forritið er frá Ástralíu og er því þróað út frá þeim þörungategundum sem eru á nálægum hafsvæðum en það hefur einnig verið notað við rannsóknir á NA-Atlantshafi

(Gibb 2001). Til að geta notað forritið á Hafrannsóknastofnuninni þyrfti að greina fleiri litarefni en hér var gert og aðlaga forritið að flórunni við Íslandsstrendur. Litarefnagreining gæti þannig t.d. hugsanlega fækkað sýnum sem skoða þarf í smásjá við vöktun á eiturþörungum. Litarefnagreining getur ekki komið í staðinn fyrir smásjárskoðun en hún getur veitt ýmsar upplýsingar sem smásjárskoðun getur ekki veitt og líka er hægt að nota litarefnagreiningu til að finna áhugaverð sýni fyrir smásjárskoðun.

ÞAKKIR

Agnesi Eydal þakka ég fyrir að láta í té smásjártalningargögn og Kristínu Valsdóttur og Kristni Guðmundssyni fyrir blaðgrænugögn. Sigfúsi Vilhjálmssyni og Ingólfi Sigfússyni er þakkað fyrir söfnun sýna og Agnesi Eydal, Sólveigu Ólafsdóttur, Karli Gunnarssyni, Ástþóri Gíslasyni fyrir yfirlestur og hjálp við gerð þessarar skýrslu.

HEIMILDIR

- Agnes Eydal 2003. Árstíðabreytingar í fjölda og tegundasamsetningu svifþörunga í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 93*: 29-49.
- Ása Guðrún Kristjánsdóttir 2000. Springtime phytoplankton pigments near Iceland. *ICES Cooperative Research Report No. 240*: 39-40.
- Barlow R.G., R.F.C. Mantoura, D.G. Cummings, D.W. Pond & R.P. Harris 1998. Evolution of phytoplankton pigments in mesocosm experiments. *Estuarine, coastal and shelf science* 46 (viðauki a): 15-22.
- Demers S., S. Roy, R. Gagnon & C. Vignault 1991. Rapid light-induced changes in cell fluorescence and in xanthophyll-cycle pigments of *Alexandrium excavatum* (Dinophyceae) and *Thalassiosira pseudonana* (Bacillariophyceae): a Photo-protection mechanism. *Marine Ecology Progress Series* 76: 185-193.
- Everitt D.A., S.W. Wright, J.K. Volkman, D.P. Thomas & E.J. Lindstrom 1990. Phytoplankton community composition in the western equatorial Pacific determined from chlorophyll and carotenoid pigment distributions. *Deep-Sea Research* 37: 975-997.
- Gibb S.W., D.G. Cummings, X. Irigoien, R.G. Barlow & R.F.C. Mantoura 2001. Phytoplankton pigment chemotaxonomy of the northeastern Atlantic. *Deep-Sea Research II* 48: 795-823.
- Gieskes W.W.C 1991. Algal pigment fingerprints: Clue to taxon-specific abundance, productivity and degradation of phytoplankton in seas and oceans. Í Demers, S. (ritstj.). *Particle Analysis in Oceanographics*, NATO ASI Series G27. Springer, Berlin, s. 61-98.
- Gieskes W.W.C. & G.W. Kraay 1983. Dominance of Cryptophyceae during the phytoplankton spring bloom in the central North Sea detected by HPLC analysis of pigments. *Marine Biology* 75: 179-185.
- Dring M.J. 1982. Growth and Productivity of Marine Plants. Í Willis, A.J. og Sleigh M.A. (ritstj.), *The Biology of Marine Plants*, Edward Arnold London, s. 67-92.
- Hager A. 1980. The reversible light-induced conversion of xanthophylls in the chloroplast. Í Czygan F.C. (ritstj) *Pigments in plants*. Gustaf-Fischer-Verlag Stuttgart, s. 57-79.
- Hoek C. van den, Mann D.G. & Jahns H.M. 1995. *Algae, an introduction to phycology*. Cambridge University Press Cambridge. s. 277-286.
- Karl Gunnarsson 2003. Um rannsóknir á þörungasvifi og kræklingi í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 93*: 5-16.
- Kristinn Guðmundsson 2003. Blaðgræna og vöxtur svifgróðurs í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 93*: 65-76.
- Jeffrey S.W. & M. Vesk 1997. Introduction to marine phytoplankton and their pigment signatures. Í, S.W. Jeffrey, R.F.C. Mantoura og S.W. Wright (ritstj). *Phytoplankton pigments in oceanography*. Monographs on oceanographic methodology UNESCO Paris, s. 37-84.
- Mantoura R.F.C., S.W. Wright, S.W. Jeffrey, R.G. Barlow & D.G. Cummings 1997. Filtration and storage of pigments from microalgae. Í, S.W. Jeffrey, R.F.C. Mantoura & S.W. Wright (ritstj). *Phytoplankton pigments in oceanography*. Monographs on oceanographic methodology UNESCO Paris, s. 283-305.
- Olson R.J., S.W. Chrisholm, E.R. Zettler & E.V. Armbrust 1990. Pigments, size and distribution of *Synechococcus* in the North Atlantic and Pacific Oceans. *Limnology and Oceanography* 35(1): 45-58.
- Porra R.J., E.E. Pfündel & N. Engel 1997. Metabolism and function of photosynthetic pigments. Í, S.W. Jeffrey, R.F.C. Mantoura & S.W. Wright (ritstj). *Phytoplankton pigments in oceanography*. Monographs on oceanographic methodology. UNESCO Paris, s. 85-126.

- Raymont J.E.G. 1980. Communities and species succession. Í *Plankton and Productivity in the Oceans*. Pergamon Press Oxford, s. 9.
- Wright S.W. & S.W. Jeffrey 1997. High-resolution HPLC system for chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton. Í, S.W. Jeffrey, R.F.C. Mantoura & S.W. Wright (ritstj). *Phytoplankton pigments in oceanography*. Monographs on oceanographic methodology UNESCO Paris, s. 327-341.
- Þórarinn S. Arnarson 1996. Greining á litarefnum svifþöruna með háþrýstri vökvaskilju (HPLC). *4. árs ritgerð*. Háskóli Íslands og Hafrannsóknastofnun.

Blaðgræna og vöxtur svifgróðurs í Mjóafirði

Kristinn Guðmundsson
Hafrannsóknastofnunin

ÁGRIP

Kristinn Guðmundsson 2002: Blaðgræna og vöxtur svifgróðurs í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.). Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit 92: 57-68.

Fjallað er um framvindu svifgróðurs í Mjóafirði árið 2000. Sýnum var safnað um það bil vikulega í yfirborði á einni stöð um miðbik fjarðarins. Niðurstöður blaðgrænumælinga voru skoðaðar í ljósi breytinga á styrk næringarefna og umhverfis. Gróðurtímabilið stóð yfir frá miðjum maí og fram í miðjan október. Upphaf þess réðst, ef af líkum lætur, af lagskiptingu sjávar og framvindan féll ágætlega að vel þekktum hugmyndum. Reiknuð nýframleiðsla svifgróðurs árið 2000 var um 48 g kolefnis m⁻² og heildarframleiðsla um 120 g kolefnis m⁻².

ABSTRACT

Kristinn Guðmundsson 2002. Chlorophyll and phytoplankton growth in Mjóifjörður. In: Karl Gunnarsson (ed.) Environment, phytoplankton and mussels in Mjóifjörður. Marine Research Institute, Report series nr. 92: 57-68.

The paper deals with the seasonal changes of phytoplankton biomass in Mjóifjörður during 2000. The development of phytoplankton biomass is described in context of simultaneous changes in the environment. The study is based on surface water samples at one station in central part of the fjord, sampled on weekly basis, and available environmental data, e.g. meteorological observations. The biomass, measured as chlorophyll *a*, is related to the decline in concentration of dissolved nutrients and the assumed stability of the water column. Onset of the phytoplankton growth season, in the second week of May, was apparently triggered by stratification of the water column, a result of increased fresh water outflow. The termination of the season, in mid October, coincided with increased wind activity and declining irradiation and water temperature. The primary production during the year 2000 was calculated to a total of 120 g C m⁻², but the apparent utilization of nitrate accounted for approximately 50 g C m⁻² during the season.

INNGANGUR

Það sem stjórnar vexti svifgróðurs í sjó á tempruðum svæðum er fyrst og fremst breytilegt ljósmagn við yfirborð, ljósdeifing í sjó, lóðrétt blöndun og framboð næringarefna í ljóstillífunarlaginu. Þegar skilyrði til vaxtar eru góð fjölgar svifþörungum ört. Hvenær blómi þeirra verður á vorin, eftir að birtan við yfirborðið er orðin næg, ræðst af dýpt ljóstillífunarlagsins og hversu djúpt sjórinn blandast á viðkomandi stað (Sverdrup 1953). Samkvæmt niðurstöðum rannsókna á framvindu gróðurs við Ísland má vænta vorblóma frá byrjun apríl og fram í lok maí (Agnes Eydal 2000, Kristinn Guðmundsson 1998, Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998, Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996, Öivind Kaasa & Kristinn Guðmundsson 1994, Þórunn Þórðardóttir 1986, Þórunn Þórðardóttir & Unnsteinn Stefánsson 1977). Umtalsverður munur getur verið á því hvenær vorhámarkið verður á mismunandi stöðum og einnig frá ári til árs (Þórunn Þórðardóttir 1986). Oft örlar á gróðuraukningu um mánaðamót mars og apríl, sem verður svo ekkert meira úr fyrr en löngu síðar er sjór verður lagskiptur. Svifgróður þarf stöðugt yfirborðslag, þ.e.a.s. takmarkaða lóðréttu blöndun sjávar og næga birtu, til að honum fjölgi meir en nemur tapi t.d. vegna hrips niður úr ljóstillífunarlaginu. Þegar aðstæður eru hentugar getur svifgróður vaxið hratt og það er ekki óalgengt að megnið af þeim uppleystu næringarefnum sem safnast hafa upp á undangengnum vetri bindist í lífrænt efni á u.þ.b. hálfum mánuði. Framvinda gróðurs yfir sumarið ræðst síðan af því hvernig endurnýjun næringarefna er háttáð á hverjum stað og tíma. Það getur t.d. aukið vöxt svifgróðurs í yfirborðslaginu að gróðurinn er étinn áður en hann hripar úr ljóstillífunarlaginu, því næringarefni skila sér þá að hluta til aftur í umhverfið í úrgangsefnum dýranna. Í Mjóafirði er nú hafin kræklingarækt og ef umfang hennar verður mikið mun hún vafalaust móta framvindu svifþörungna í nágrenni eldisins. Kræklingar eru síarar og nærast á svifgróðri og vegna þess að ræktunin fer fram í yfirborðssjónum kann umsetning næringarefna að aukast.

Hér er greint frá framvindu gróðurs í yfirborðssjó samkvæmt niðurstöðum mælinga á a-blaðgrænu og hún skýrð í ljósi niðurstaðna annarra rannsókna í Mjóafirði, þar sem við á. Þess utan eru nýttar veðurathuganir á Dalatanga sem fengnar voru frá Veðurstofu Íslands. Að lokum er frumframleiðslan reiknuð.

EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR

Sjósýnum var safnað í Mjóafirði um það bil vikulega frá því um miðjan febrúar og fram í miðjan nóvember árið 2000. Sýnin voru tekin á stöð skammt vestur af bryggjunni í Brekkuþorpi, eins og sést á korti í almennum inngangi í þessu hefti (Karl Gunnarsson 2003). Rétt innan við sýnatökustaðinn hafði verið komið upp vísi að kræklingarækt. Söfnun sjósýna var takmörkuð við yfirborðið, opinn sjótaki fylltur og síðan tappað af honum deilisýnum til mismunandi rannsókna. Sýni til mælinga á a-blaðgrænu var tappað á flösku, einum lítra í hvert sinn, og innihaldið síað þegar komið var í land. Sían var síðan geymd fryst, samanbrotin og innpökkuð í álþynnu, þar til sýnin voru mæld á rannsóknastofu Hafrannsóknastofnunarinnar.

Alls var safnað þrjátíu og fimm sýnum til mælinga á magni a-blaðgrænu. Magn a-blaðgrænu var mælt í litrófsmæli, uppleyst í 90% acetoni, skv. aðferð Jeffrey og Humphrey (1975). Sýnin voru tekin úr frysti stuttu fyrir mælingar, en undirbúningur mælinga fólst í að hvert sýni var malað í eina mínútu í u.þ.b 5 ml 90% aceton lausn. Lausnin var síðan aukin í 14 ml og látin standa myrkt í eina klukkustund áður en þau voru spunnin niður í þeytivindu, í 20-30 mínútur, áður en tær lausnin var mæld. Mælingin var gerð í litrófsmæli við þær bylgjulengdir sem ofangreind aðferð kveður á um, bæði fyrir og eftir að sýru var bætt út í lausnina.

NIÐURSTÖÐUR OG UMRÆÐA

Gróðurfar

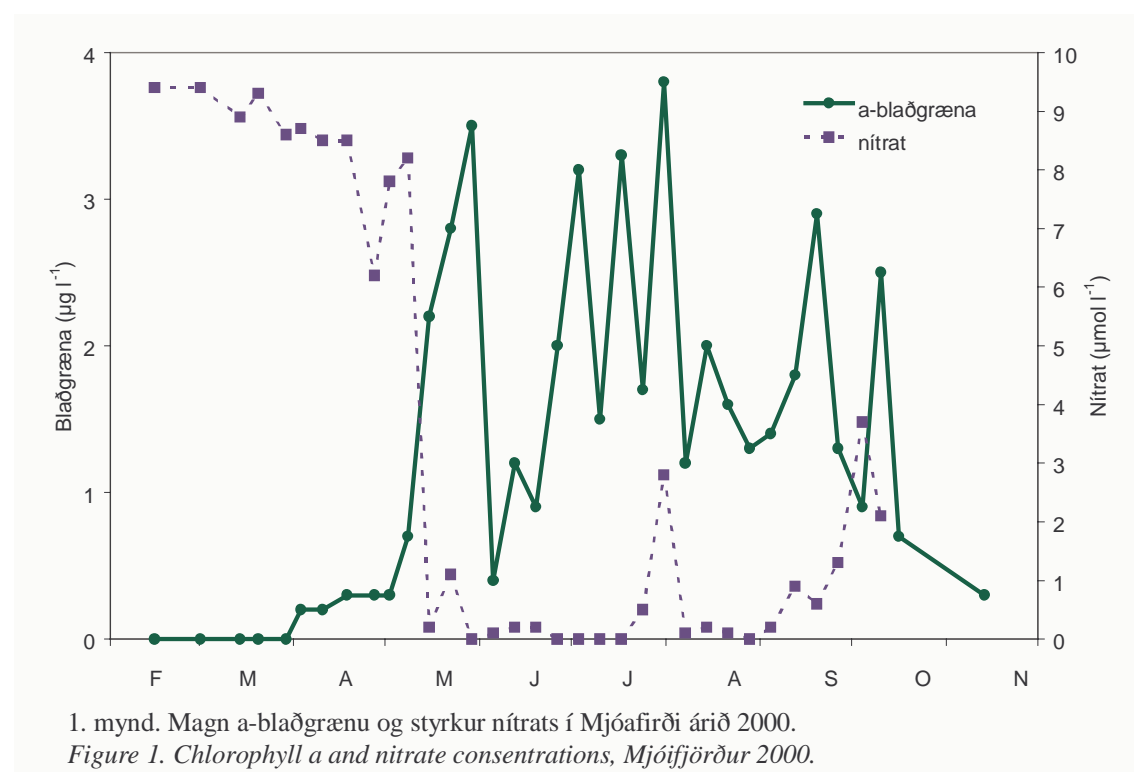
Vaxtatímabil svifgróðurs og framvinduna má ráða af magni a-blaðgrænu og breytingum á styrk næringarefna sem svifgróðurinn nýtir til vaxtar (1. mynd). Hvað svifgróður varðar ríkti vetrarástand þegar fyrstu sýnin voru tekin um miðjan febrúar. Magn a-blaðgrænu var vart mælanlegt og styrkur uppleystra næringarsalta var eins og algengt er í strandsjó hér við land í lok vetrar, nítrat tæplega $10 \mu\text{mol l}^{-1}$ og fosfat u.þ.b. $0,8 \mu\text{mol l}^{-1}$ (Sólveig Ólafsdóttir 2003).

Fosfat, sem mældist minnst $0,15 \mu\text{mol l}^{-1}$, var líklega aldrei takmarkandi fyrir vöxt svifgróðurs, en styrkur nítrats var stundum vart mælanlegur (Sólveig Ólafsdóttir 2003). Hér verður því aðeins stuðst við niðurstöður mælinga á styrk nítrats (1. mynd).

Upp úr miðjum mars má ætla að birtan sé orðin næg til að vorblómi geti hafist í lagskiptum yfirborðssjó og á grynningum við suðvestanvert landið (Þórunn Þórðardóttir 1986). Óverulegur munur er á sólarhæð við suðvesturhornið og í Mjóafirði, en dagsbirtu nýtur líklega eitthvað skemur inn á þröngum firðinum, sem gæti seinkað mögulegri gróðurkomu þar. Ef aðrar rannsóknir á grunnslóð við landið eru skoðaðar (Þórunn Þórðardóttir & Unnsteinn Stefánsson 1977, Öivind Kaasa & Kristinn Guðmundsson 1994, Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996, Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998, Agnes Eydal 2000) sést að vorhámark inni á fjörðum verður oft ekki fyrr en liðið er á aprílmánuð og dregst jafnvel langt fram í maí. Einnig getur töluverður breytileiki verið á tíma vorblóma frá einu ári til annars á hverjum stað, eins og kemur fram hjá Þórunni Þórðardóttur (1986) og í óbirtum gögnum Hafrannsóknastofnunarinnar.

Litlar breytingar urðu á magni gróðurs í Mjóafirði framan af (1. mynd), en þó má greina litla en ákveðna aukningu í a-blaðgrænu og tilsvareandi lækkun á styrk nítrats í byrjun apríl. Líta má á þetta tímabil sem aðdraganda að vorblóma svifgróðurs. Styrkur kísils var á þessum tíma tiltölulega hár og breytilegur, $7-15 \mu\text{mol l}^{-1}$ fram til 8. maí, en selta há og stöðug (2. mynd). Um miðjan maí lækkaði seltan snögglega og styrkur kísils jókst. Áberandi andstæð fylgni var á breytingum á seltu og styrk kísils, eins og vænta má þar sem ferskvatn rennur til sjávar (Sólveig Ólafsdóttir 2003).

Vorkoma svifgróðurs í sjó hér við land stjórnast fyrst og fremst af lagskiptingu sjávar og veðurfari eftir að birta er orðin nægileg fyrir vöxt svifþörungna, enda næg næringarefni fyrir hendi í lok vetrar (Þórunn Þórðardóttir & Kristinn Guðmundsson 1998). Lagskipting myndast

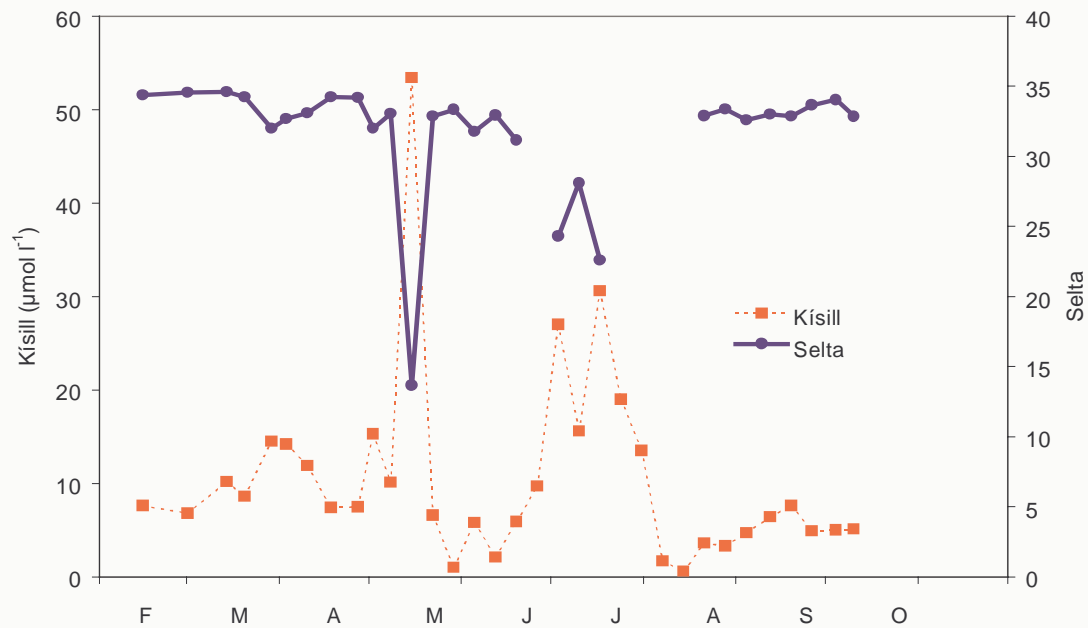


1. mynd. Magn a-blaðgrænu og styrkur nítrats í Mjóafirði árið 2000.

Figure 1. Chlorophyll a and nitrate concentrations, Mjóafjörður 2000.

oftast samfara seltulækkun í strandsjó. Því má fá vísbendingu um það hvenær vænta má gróðuraukningar ef fylgst er með breytingum á seltu sjávar og veðri.

Í byrjun maí, nánar tiltekið milli athugana 8. og 15. maí, varð áberandi aukning á magni a-blaðgrænu og styrkur nitrats minnkaði að sama skapi (1. mynd). Þær snöggu breytingarnar sem fylgdu í kjölfarið hófust á sama tíma og seltan lækkaði í yfirborðssjónum úr rúmlega 32 í 13 (2. mynd). Því má telja víst að seltulagskipting hafi myndast í firðinum samfara auknu ferskvatnsrennsli í fjörðinn þessa vikuna. Sömuleiðis má telja líklegt að lóðrétt blöndun hafi staðið í vegi fyrir fjölgun svifþörunga í apríl. Þannig skýrist framvinda svifgróðurs fram að vorblómanum í byrjun maí. Lífmassi svifgróðurs jókst síðan stöðugt til loka mánaðarins, en þá var nánast allt nítrat upp urið (1. mynd).

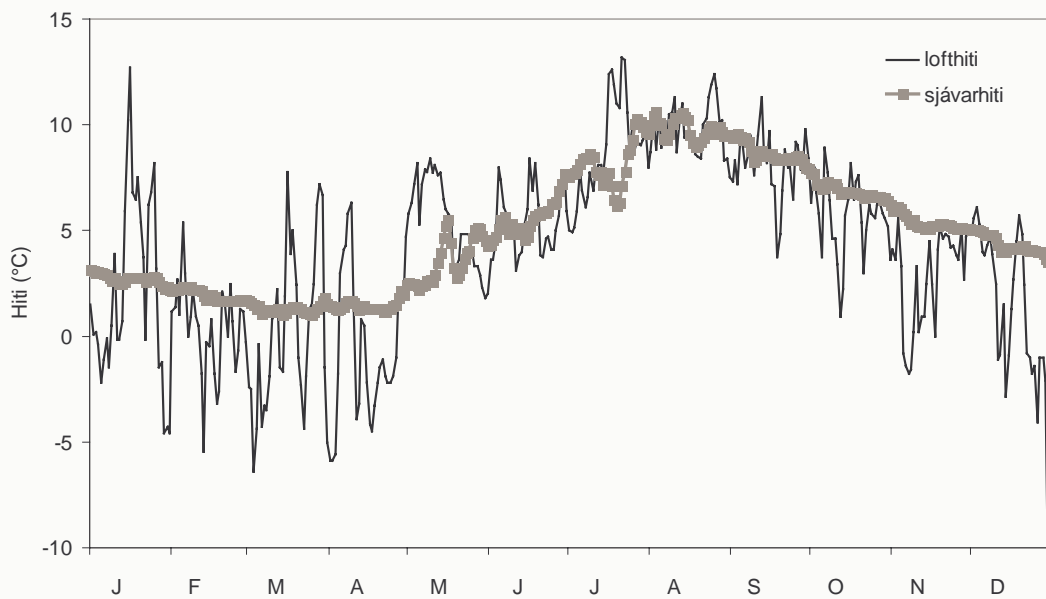


2. mynd. Selta og styrkur kísils í Mjóafirði árið 2000.

Figure 2. Salinity and concentration of silicate, Mjóafjörður 2000.

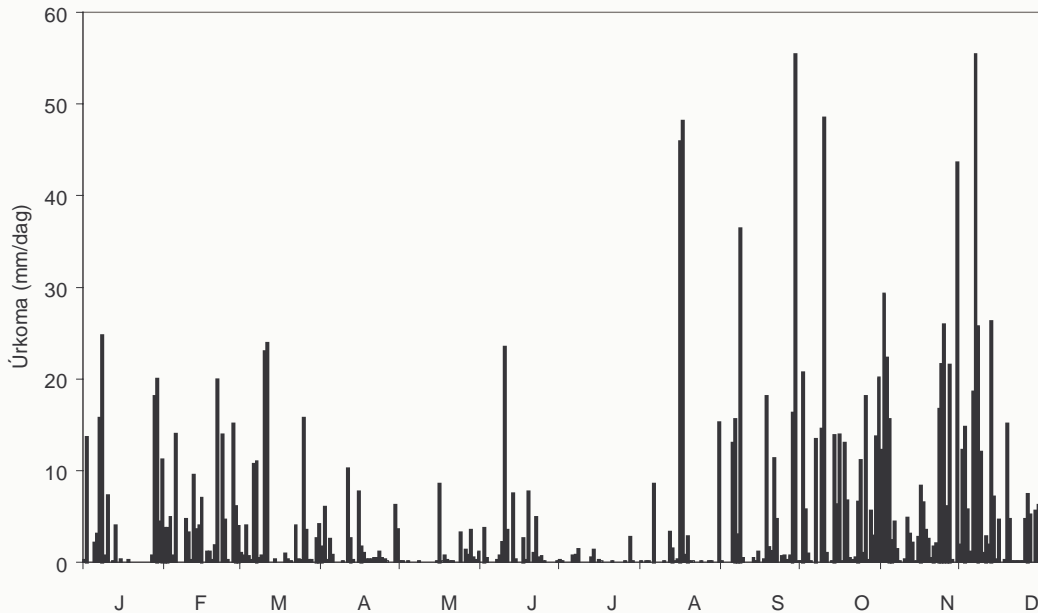
Ef daglegar veðurathuganir frá Dalatanga og mælingar á sjávarhita við bryggju í Mjóafirði frá þessum tíma eru skoðaðar, sést að lofthitinn hækkaði snöggt í byrjun maí (3. mynd) og yfirborðssjórin hitnaði jafnt og þétt í kjölfarið. Hlýindi, lítil úrkoma (4. mynd) og tiltölulega lágur vindstyrkur (5. mynd) bera vott um að veður hafi verið gott þennan mánuð og því mikil snjóbráð og birta.

Hámark vorblómans mældist 29. maí, tveimur til þremur vikum eftir að verulegrar góðuraukningar varð vart. Þá var a-blaðgræna $3,5 \mu\text{g l}^{-1}$ í yfirborðinu (1. mynd) og jafnframt hafði styrkur uppleysts nitrats lækkað úr tæplega $10 \mu\text{mól l}^{-1}$ í minna en $1 \mu\text{mól l}^{-1}$. Viku síðar mældist a-blaðgræna aðeins $0,4 \mu\text{g l}^{-1}$ og upp úr því var mjög breytilegt blaðgrænumagn, á bilinu $1-3 \mu\text{g l}^{-1}$ fram í október.



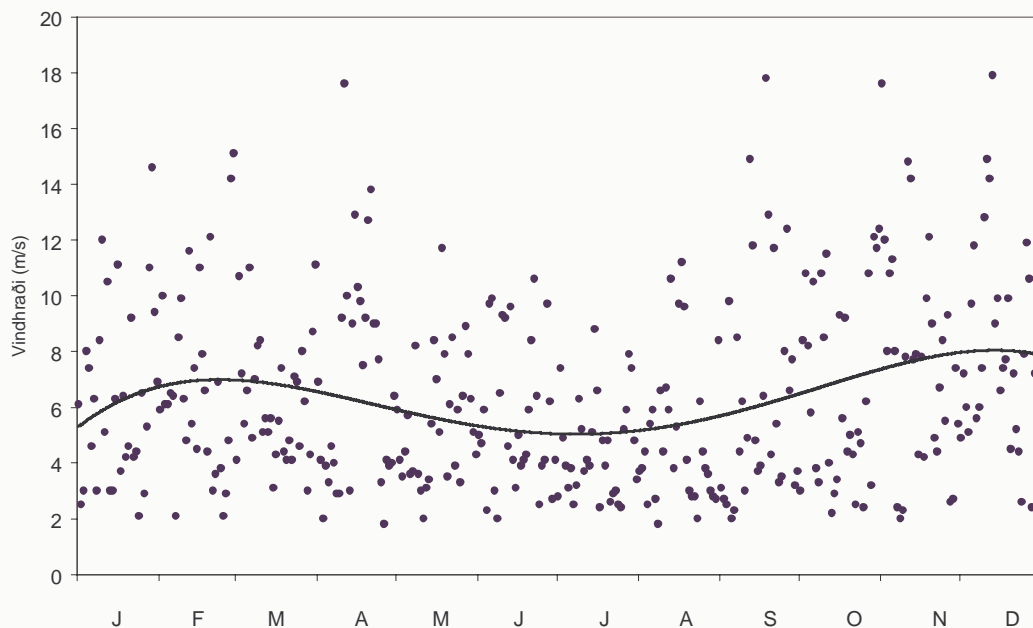
3. mynd. Lofthiti á Dalatanga og sjávarhiti við bryggju í Mjóafirði árið 2000. Lofthittinn er skv. gögnum frá Veðurstofu Íslands.

Figure 3. Air temperature at Dalatangi, near the entrance of Mjóifjörður and the temperature of the surface water measured at the pier in Mjóifjörður during the year 2000. The air temperature records are data from the Icelandic Meteorological Office.



4. mynd. Sólarhrings úrkoma á Dalatanga árið 2000; gögn frá Veðurstofu Íslands.

Figure 4. Daily precipitation at Dalatangi, near the entrance of Mjóifjörður, during 2000, recorded by the Icelandic Meteorological Office.



5. mynd. Dagsmeðaltal niðurstaðna vindstyrksmælinga á Dalatanga árið 2000 og lína reiknaðrar margliðu með fjórum frígráðum; gögn frá Veðurstofu Íslands.

Figure 5. Daily mean of measured windspeed at Dalatangi, near the entrance of Mjóifjörður, in 2000, recorded by the Icelandic Meteorological Office, and the line of polynome fitted with four degrees of freedom.

Framleiðsla svifgróðurs

Áhugavert er að vita hver frumframleiðslan er í firðinum. Hún verður þó vart reiknuð með vissu meðan engar upplýsingar liggja fyrir um dýptardreifingu svifgróðurs né eðlisþyngd sjávar í firðinum. Þegar eftirfarandi útreikningar á frumframleiðslu í Mjóafirði eru skoðaðir verður að hafa í huga þennan skort á upplýsingum og að reynslu frá öðrum rannsóknum við Ísland og niðurstöðum frá fjarlægum stöðum er frjálsglega fléttað inn þar sem upplýsingar skortir.

Engin áberandi merki sáust um lóðrétta blöndun í Mjóafirði eftir að blómi gróðurs varð í byrjun maí og framan af sumri. Þvert á móti mældist seltan fremur lág yfir sumrið og því líklegt að lagskipting í yfirborðssjó hafi lítið raskast. Aðeins varð þó vart við aukningu í styrk nitrats í lok júlí og á sama tíma fjölgaði kísilþörungum, smáum tegundum af ættkvíslunum *Leptocylindrus* og *Pseudo-nitzschia* (Agnes Eydal 2003). Það voru tegundir sem geta nýtt sér lægri styrk næringarefna og sökkva ekki eins hratt og þær tegundir sem voru ríkjandi um vorið. Skorupörungum fjölgaði líka á sama tíma, enda voru þeir ríkjandi fyrir og geta nýtt sér níturat eins og kísilþörungarnir þótt vaxtarhraðinn sé yfirleitt minni. Ekki verður sagt til um hvort þessi viðbót í nitrati var afleiðing lárétrar eða lóðrétrar blöndunar enda einu frávikin í fyrrgreindum niðurstöðum veðurathugana frá þessum tíma þau að þróun loft- og sjávarhita urðu ósamstíga (3. mynd).

Framleiðsla svifgróðurs á lífrænu efni stjórnast af takmörkuðu framboði uppleysts köfnunarefnis í sjó. Þegar gróðurtímabilið hefst að loknum vetri er aðal uppspretta köfnunarefnis á formi nitrats, en þörungar geta auk þess nýtt sér önnur efnasambönd með köfnunarefni, meðal annars ammoníak og þvagsýru sem dýr skola út eftir niðurbrot á lífrænum efnem. Framleiðsla sem byggir á framboði nitrats hefur verið skilgreind sem nýframleiðsla (Dugdale & Goering 1967) til aðskilnaðar frá svonefndri heildarframleiðslu, þ.e. framleiðslu óháð uppruna köfnunarefnisins. Ekki er óalgengt að hlutfall nýframleiðslu og heildarframleiðslu kolefnis (f -hlutfall) sé á bilinu 0,2-0,8 (Lalli & Parsons 1993) og gera má ráð fyrir að það sé nær hærri tölunni þegar svifþörungar eru í örum vexti. Í vorblóma má ætla að uppruna köfnunarefnis til nýmyndunar lífræns efnis í svifgróðri megi fyrst og fremst rekja til upptöku á níturatforða frá liðnum vetri í stað endurnýtingar og því má gera ráð fyrir háu f -

hlutfalli svipað og þar sem djúpsjór streymir upp til yfirborðs. Þetta breytist svo þegar líður á gróðurtímabilið og styrkur nitrats er orðinn lágur. Hlutfall kol- (C) og köfnunarefnis (N) í sjó og svifi er 6,625 skv. svonefndu Redfield hlutfalli. Ef gengið er út frá framangreindum forsendum og gert ráð fyrir að blöndun sjávar hafi verið lítil á tímabilinu 8.-22. maí, þannig að ekki þurfi að gera ráð fyrir aðfluttu köfnunarefni, þá má reikna með að nýmyndun lífrænt bundins kolefnis sé tilsvarendi lækkingun í styrk nitrats við yfirborðið. Styrkur nitrats lækkaði um $8 \mu\text{mól-N l}^{-1}$ í hinni fyrri af umræddum tveimur vikum. Því var tilsvarendi nýframleiðsla: $8 \mu\text{mól-N l}^{-1} \times 6,625 \text{ C/N} \times 12 \mu\text{g} (\mu\text{mól-C})^{-1} = 636 \mu\text{g C l}^{-1}$, en af því að gróðurmagnið hélt áfram að aukast vikuna á eftir og þörungar geta safnað upp nitrátforða, þá er hér reiknað með að vöxturinn dreifist yfir framangreint tímabil. Samkvæmt því var dagsframleiðnin nálægt 45 mg C m^{-3} . Ef framleiðnin hefði verið mæld með hefðbundnum aðferðum hefði útkoman orðið eitthvað hærri, enda hefði þá allt nýtanlegt köfnunarefni spilað inn í. Ef við gefum okkur að á þessu tímabili hafi *f*-hlutfallið verið 0,75 verður matið á daglegri heildarframleiðslu tæp 60 mg C m^{-3} . Á vorin meðan gróður er í örur vexti má ætla að hlutfall kolefnis og a-blaðgrænu í svifgróðri sé fremur lágt, 30-40 (Sakshaug o.fl. 1992). Samkvæmt því hefur daglegur vöxtur svifgróðurs á þessu tímabili samsvarað $1,5\text{-}2 \mu\text{g a-blaðgrænu l}^{-1}$ í yfirborðslaginu, sem er ekki ósennilegt. Á þessu tímabili mældist a-blaðgrænan um það bil $3 \mu\text{g l}^{-1}$ en ekki rúmlega $20 \mu\text{g l}^{-1}$, eins og hefði orðið ef daglega hefði bæst við það sem fyrir var og segir það til um rýrnun svifgróðurs jafnhraðan vextinum.

Ör endurnýjun köfnunarefnis á öðru efnaformi en nitrati getur skýrt það að magn a-blaðgrænu hélt tiltölulega hátt yfir sumarmánuðina þrátt fyrir lagskiptingu sjávar og að styrkur nitrats mælist jafnan lágur. Gróðurmagn í yfirborðsýnum frá Mjóafirði einkenndist af tíðum sveiflum yfir sumarið, en var að jafnaði frekar hátt og styrkur nitrats var alla jafna lágur á sama tíma. Styrkur ammóníaks var hins vegar hár, um $1 \mu\text{mól l}^{-1}$ að meðaltali yfir gróðurtímamann (Sólveig Ólafsdóttir 2003). Hár styrkur ammoníaks ber vott um meltingu lífræns efnis. Krabba- og skeldýr losa sig t.d. við köfnunarefnisúrgang á formi ammoníaks. Eins og komið hefur fram er ekki ástæða til að ætla að veruleg röskun hafi orðið í lagskiptingu sjávar í firðinum þetta sumar eftir vorblómamann. Aðeins í einu sýni, í lok júlí, varð vart við lítillaga hækkun á styrk nitrats. Því má ætla að svifsamfélagið hafi fyrst og fremst byggt á endurnýtingu næringarefna ef vaxtakippurinn í maí er undanskilinn. Með öðrum orðum var *f*-hlutfallið lágt að loknum vorblóma í maí.

Hver var þá framleiðsla svifgróðurs á sýnatökustaðnum í Mjóafirði? Eins og fram er komið liggja ekki fyrir upplýsingar um dýpt yfirborðslagsins eða ljóstillífunarlagsins og heldur ekki um dýptardreifingu blaðgrænu og næringarefna í Mjóafirði. Ennfremur eru litlar eða engar upplýsingar um hvernig hita- og seltudreifing með dýpi var þarna eða hvaða breytinga má vænta á mismunandi árstímum inn á fjörðum á Austurlandi yfirleitt. Án slíkra upplýsinga er mat á ársframleiðni svifgróðurs undir fermetra mikilli óvissu háð. Það er ljóst að magn gróðurs var yfirleitt nokkuð mikið í yfirborðssjónum, eða tæplega $2 \mu\text{g a-blaðgrænu l}^{-1}$ að meðaltali frá apríl og fram í október (1. mynd). Samkvæmt óbirtum gögnum um fylgni sjónkýpis og magns a-blaðgrænu (Kristinn Guðmundsson o.fl.) má ætla að $2 \mu\text{g a-blaðgrænu l}^{-1}$ svari til u.þ.b. 10 metra sjónkýpis og meðaldýpt ljóstillífunarlagsins þar af leiðandi nærri 30 metrar. Magn a-blaðgrænu í vorblómanum, á þeim tíma sem ofangreindir framleiðnireikningar eiga við um, var hins vegar um $3 \mu\text{g l}^{-1}$. Því má ætla að lífmassi svifgróðurs hafi að meðaltali verið um það bil $2/3$ af því sem hann var í maí. Ef gert er ráð fyrir að nefnt mat á dagsframleiðni og hlutfall lífmassans hafi átt við allt gróðurtímabilið og að framleiðniafköstin í yfirborðinu eigi við efstu 10 metra vatnssúlunnar en dvíni síðan jafnt og þétt niður að neðri mörkum ljóstillífunarlagsins, þ.e.a.s. 30 metra dýpi, þá var heildarframleiðnin að jafnaði: $2/3 \times 60 \text{ mg C m}^{-3} \text{ dag}^{-1} \times 10 \text{ metrar} \times 2 (1 \times 10 \text{ m} + 2 \times 10 \text{ m}/2) = 800 \text{ mg C m}^{-2} \text{ dag}^{-1}$. Gróðurtímabilið stóð yfir í hálfu ári, frá apríl og fram í október, og ársframleiðnin því tæp 150 g C m^{-2} , þ.e.a.s. sambærilegt mat og áður hefur birst fyrir ársframleiðslu svifgróðurs á hafsvæði grunnt utan við Austfirði (Þórunn Þórðardóttir 1994).

Eins og vikið var að hér að framan má gera ráð fyrir að í niðurstöðum um heildarframleiðslu sé umtalsverður hluti næringarefna endurnýttur í takmörkuðu yfirborðslagi. Ekki er rétt að líta á það allt sem raunverulega viðbót í fæðu, það er frekar vísbending um betri

nýtingu þess efnis sem er fyrir hendi. Raunveruleg viðbót lífræns efnis er hins vegar nýframleiðslan. Ef áður nefndar hugmyndir varðandi breytilegt f -hlutfall eru yfirfærðar á gróðurtímabilið mætti ætla að f -hlutfallið í Mjóafirði hafi verið 0,75 í maí en 0,25 hina fimm mánuði gróðurtímabilsins. Umreiknuð yrði þá ársframleiðslan, að öðrum forsendum óbreyttum: $0,8 \text{ g C m}^{-2} \text{ dag}^{-1} \times 0,75 \times 30 \text{ dagar í maí} + 0,8 \text{ g C m}^{-2} \text{ dag}^{-1} \times 0,25 \times 30 \text{ dagar} \times 5 \text{ mánuðir}$, eða 48 g kolefnis á fermetra. Hliðstætt mat á framleiðslu svifgróðurs við Ísland hefur ekki verið birt áður og því enginn samanburður héðan, en hliðstæðar niðurstöður er að finna meðal annars frá rannsóknum í Barentshafi (Sakshaug o.fl. 1992) og Færeyjum (Gaard 2000). Gögnin sem þar voru lögð til grundvallar voru öllu ítarlegri og reikningarnir fyrir Barentshafið t.d. byggðir á flóknum reiknilíkönum sem taka inn endurnýjun nitrats meðal annars vegna áhrifa vinda á lóðrétt blöndun sjávar. Niðurstöður reikninga á nýframleiðni fyrir Barentshafið þegar lítil lóðrétt blöndun átti sér stað voru 40 g kolefnis á fermetra (Sakshaug o.fl. 1992), ekki ólíkt útkomu reikninga fyrir Mjóafjörðinn. Þess ber þó að geta að styrkur nitrats í lok vetrar er þar 20-40% hærri og gróðurtímabilið u.þ.b. helmingi styttra en tilfellið var í Mjóafirði. Niðurstöðurnar frá Færeyjum, þar sem nýframleiðnin var reiknuð fyrir allt landgrunnið umhverfis eyjarnar frá vori og fram á mitt sumar árin 1990 til 1999 voru á bilinu 18-72 g kolefnis á fermetra (Gaard 2000). Einnig þessar niðurstöður eru af sömu stærðargráðu og niðurstöðurnar frá Mjóafirði og Barentshafi. Breytileikinn frá ári til árs, sem kemur fram í reikningum Færeyinga, er afleiðing misjafns árferðis og blöndunar sjávar og er athyglisverður í sambandi við rannsóknir á afkomu annarra sjávarlífvera og sjávarfugla.

SAMANTEKT

Vorkomu gróðurs varð vart í apríl. Vorblómi varð þó ekki fyrr en mánuði síðar er seltulagskipting myndaðist í firðinum í kjölfar batnandi veðurs og leysinga. Svifgróður í yfirborðsjónum magnaðist upp um leið og aðstæður urðu hagstæðar og ekki dró úr fjölgun svifþörungum fyrr en í lok maí þegar allt níturat var upp urið. Umtalsvert magn svifgróðurs mældist að jafnaði fram í október.

Út frá framangreindum niðurstöðum er ekki hægt að segja til um hvort vorblómi hafi orðið óvenju seint í Mjóafirði árið 2000, eða hvort þess megi vænta að vorblómi verði þar að jafnaði á svipuðum tíma, en framvindan virðist falla vel að viðteknum hugmyndum um hvað stjórnir framvindu gróðurs.

Heildarframleiðsla svifgróðurs var um það bil 150 g kolefnis m^{-2} fyrir allt gróðurtímabilið. Tilsvareandi mat á nýframleiðslu var tæplega 50 g C m^{-2} . Ekki er kunnugt um að hliðstætt mat á nýframleiðni við Ísland hafi áður birst, en áþekkar niðurstöður eru til frá Barentshafi og Færeyjum.

ÞAKKIR

Eins og fram kemur í greininni komu margir að söfnun og úrvinnslu sýna. Ingólfi Sigfússyni og Sigfúsi Vilhjálmsyni er þakkað fyrir sýnatökur. Kristínu Valsdóttur eru þakkaðar mælingar á a-blaðgrænu og Magnúsi Daníelssyni fyrir seltumælingar. Kristínu Norðdahl, Ástþóri Gíslasyni og Karli Gunnarssyni þakka ég yfirlestur og ýmsar þarfar ábendingar. Veðurstofu Íslands, sem góðfúslega lagði til veðurathuganir frá Dalatanga, og öðrum sem komu að þessu verki er að lokum þakkað þeirra framlag.

HEIMILDIR

- Agnes Eydal 2000. *Áhrif næringarefna á tegundasamsetningu og fjölda svifþörunga í Hvalfirði*. Meistaraprófsverkefni við HÍ og Hafrannsóknastofnunina, 102 s.
- Agnes Eydal 2003. Árstíðabreytingar í fjölda og tegundasamsetningu svifþörunga í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði*. Hafrannsóknastofnunin, *Fjölrit* 92: 29-49.
- Dugdale, R.C. & Goering, J.J. 1967. Uptake of new and regenerated forms of nitrogen in primary production. *Limnology and Oceanography*, 12:196-206.
- Gaard, Eilif 2000. *The Plankton community Structure on the Faroe Shelf. Relationship to environmental conditions, trophic interaction, and comparison with the offshore environment*. Dr. philos thesis, Institute of Marine and Freshwater Biology, The Norwegian College of Fisheries Science, University of Tromsø. 65 s og 9 greinar.
- Jeffrey, S.W. & Humphrey, G.F. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c₁ and c₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochimie und Physiologie der Pflanzen*, 167:191-194.
- Karl Gunnarsson 2003. Um rannsóknir á þörungasvifi og kræklingi í Mjóafirði árið 2000. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði*. Hafrannsóknastofnunin, *Fjölrit* 92: 5-16.
- Kristinn Guðmundsson 1998. Long-term variation in phytoplankton productivity during spring in Icelandic waters. *ICES Journal of Marine Science*, 55: 635-643.
- Kristinn Guðmundsson & Agnes Eydal 1998. Svifþörungur sem geta valdið skelfiskeitrun. Niðurstöður tegundagreininga og umhverfisathugana: 1. Ísafjarðardjúp 1987, 2. Eyjafjörður 1992. *Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit* 70, 33 s.
- Kristinn Guðmundsson, Ástþór Gíslason, Jón Ólafsson, Konráð Þórisson, Sigmar Steingrímsson, Sólveig Ólafsdóttir & Övind Kaasa 2002. Ecology of Eyjafjörður Project. Chemical and biological parameters measured in Eyjafjörður in the period April 1992 - August 1993. *Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit* 89, 129 s.
- Lalli, C.M., Parsons, T. R. 1993. *Biological oceanography: an introduction*. Pergamon Press, Oxford, 301 s.
- Sakshaug, E., Bjørge, A., Gulliksen, B., Loeng & H., Mehlum, F. (ritstj.) 1992. *Økosystem: Barentshavet*. Pro mare, Norwegian research program for marine arctic ecology, Útg. Lillehammer, 304 s.
- Sóveig Ólafsdóttir 2003. Árstíðabreytingar á styrk næringarefna í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði*. Hafrannsóknastofnunin, *Fjölrit* 92: 17-28.
- Sverdrup, H.U. 1953. On conditions for the vernal blooming of phytoplankton. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer.*, 18: 287-295.
- Þórunn Þórðardóttir 1986. Timing and duration of spring blooming south and southwest of Iceland. Í Skreslet, S., (ritstj.): *The Role of Freshwater Outflow in Coastal Marine Ecosystems*. NATO ASI Series G, Vol. 7, Springer Verlag, Berlin, s. 345-360.
- Þórunn Þórðardóttir 1994. Plöntusvif og framleiðni í sjónum við Ísland. Íslendingar, hafið og auðlindir þess. Í Unnsteinn Stefánsson (ritstj.). *Vísindafélag Íslendinga, Ráðstefnurit IV*: 65 - 88.
- Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996. Phytoplankton at the Ocean quahog harvesting areas off the northwest coast of Iceland 1994. *Hafrannsóknastofnunin, fjölrit* nr. 51, 27 s.
- Þórunn Þórðardóttir & Kristinn Guðmundsson 1998. Plöntusvif, í ritröðinni *Lífríki sjávar*, *Námsgagnastofnunin og Hafrannsóknastofnunin*, 12 s.
- Þórunn Þórðardóttir & Unnsteinn Stefánsson 1977. Productivity in relation to environmental variables in the Faxaflói region 1966 - 1967. *ICES C.M. 1977/L:34*, 26 s.
- Övind Kaasa & Kristinn Guðmundsson 1994. Seasonal variations in the plankton community in Eyjafjörður, North Iceland. *ICES C.M. 1994/L:24*, 15 s.

Vöxtur, holdarfar, kynþroski og hrygning
kræklings í eldi í Mjóafirði

Guðrún G. Þórarinsdóttir
Hafrannsóknastofnunin

ÁGRIP

Guðrún G. Þórarinsdóttir 2003. *Vöxtur, holdarfar, kynþroski og hrygning kræklinga í eldi í Mjóafirði. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) Umhverfisaðstæður, svifþörungur og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 92: 69-81.*

Vöxtur og hrygning kræklinga í rækt í Mjóafirði var könnuð á tímabilinu janúar 2000 til febrúar 2001. Vöxtur hófst ekki fyrr en langt var liðið á vor, þar sem dýrin þyngdust frá miðjum maí en virtust ekki bæta við skellengdina fyrr en í júní. Svifþörungur eru taldir orkuríkasta og besta fæðan fyrir krækling og má tengja vöxtinn við seina vorkomu þeirra í firðinum. Skelvöxturinn hélt áfram fram eftir hausti samfara svifþörungagróðrinum. Í janúar 2001 var meðallengd skeljanna 53 mm, lengdardreifingin 35-65 mm og elstu einstaklingarnir rúmlega þriggja ára.

Þrátt fyrir lítið fæðuframboð á forni svifþörungum þar til í maí sáust merki um þroskun kynfruma í kræklingnum frá janúar og þar til um miðjan júlí að allur stofninn var fullþroska og tilbúinn til hrygningar en þá var sjávarhiti um 8°C. Í lok júlí og í ágúst voru um 90% dýranna hrygnandi en þá var sjávarhiti hæstur (9-10°C) og fæðuframboð á forni svifþörungum mest. Hluti stofnsins hrygnði fram undir miðjan nóvember við lækkanði hita og minnkandi fæðu. Strax að lokinni hrygningu mátti sjá myndun kynfruma að nýju þó aðallega í október samfara aukningu á blaðgrænu.

ABSTRACT

Guðrún G. Þórarinsdóttir 2003. *Growth, meat yield, gonad development and spawning in Mytilus edulis at a culturing site in Mjóifjörður. In: Karl Gunnarsson (ed.) Environment, phytoplankton and mussels in Mjóifjörður Marine Research Institute, Report series nr. 92: 69-81.*

Growth and spawning in *M. edulis* at a culturing site in Mjóifjörður was investigated in the year 2000. Growth started in early summer as the individuals increased in weight from the middle of May but in shell length from June. Phytoplankton is considered the best available food for the mussels and the late onset of growth is probably due to the late phytoplankton bloom in the fjord. The shell growth continued the whole summer as long as there was some phytoplankton available. In January 2001 the mean length of the mussels was 53 mm, the range in the shell length was 35-65 mm and the oldest individuals over three years.

In January 2000 when the sampling began gonad development in the mussels had already started in spite of little food supply defined as chlorophyll-a. In the middle of July the whole population was fully mature at the sea temperature of 8°C. The spawning started in June and in late June and in July 90% of the mussels were spawning at the highest sea temperature (9-10°C) and food availability. A little fraction of the population continued spawning until November in spite of lowering sea temperature and decreasing food availability. The gonads started developing in October a month before spawning was over which is thought to be related to the fact that in autumn food supply defined as chlorophyll-a increased again for a short time. The gonads continued development during the winter.

INNGANGUR

Aldur, stærð, erfðir, þéttleiki dýra, sjávarhiti og fæðuframboð hafa áhrif á vaxtarhraða kræklinga (Hawkins & Bayne 1992). Eftir því sem kræklingurinn verður stærri hægir á vextinum (Mallet & Carver 1993) og kræklingar án samkeppni vaxa mun hraðar en þeir sem við hana búa (Seed & Suchanek 1992). Bayne o.fl. (1976) telja að við 10-20°C ráði fæðuframboð aðallega vaxtarhraða kræklinga þar sem minni vöxtur er við lægra hitastig. Margar rannsóknir hafa þó sýnt verulegan vöxt við lágt hitastig (0-5°C) ef nóg er af fæðu (Kautsky 1982, Loo & Rosenberg 1984, Mallet & Carver 1993).

Fæða kræklinga eru örsmáar agnir sem dýrin sía úr sjónum. Þessar agnir geta verið lifandi plöntusvif, dýrasvif, bakteríur eða mismikið niðurbrotið lífrænt efni (detritus). Svifþörungur eru taldir orkuríkasta og besta fæðan fyrir krækling (Lutz & Kennish 1992). Þeir innihalda a-blaðgrænu sem er auðmælanleg í sjósýnum og því oft notuð sem mælikvarði á magn svifþörunganna og þar með fæðuframboðið. Eins og áður sagði á mismunandi fæðuframboð mikinn þátt í því að skýra mismunandi vöxt kræklinga. Vöxtur kræklinga við Ísland hefst yfirleitt ekki fyrr en vorað hefur í sjónum og heldur áfram fram eftir hausti á meðan einhverja fæðu er að hafa (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993). Rannsóknir sýndu að kræklingar nálægt fiskeldisstöð uxu allan veturinn enda er niðurbrotið lífrænt efni úr fiskifóðri og fiskúrgangi ágætis fæða fyrir kræklinginn (Wallace 1980, Sterling & Okumus 1995).

Alls staðar verður kræklingur kynþroska á fyrsta ári óháð stærð dýrsins sem getur verið mjög breytileg frá einum stað til annars (Seed & Suchanek 1992). Við góð lífsskilyrði, næga fæðu og áskjósanlegt hitastig, hrygnir kræklingur oft en einu sinni á ári en við lakari skilyrði aðeins einu sinni (Thompson 1979). Í Evrópu hefst þroskun kynkirtla yfirleitt að hausti strax að lokinni hrygningu og heldur áfram fram eftir vetri og byggir á þessum tíma aðallega á uppsafnaðri forðanæringu. Snemma á vorin eftir að fæðuframboð hefur aukist verða dýrin kynþroska, hrygna svo að vorlagi eða snemmsumars og jafnvel oft en einu sinni (Snoeden & Roberts 1997, Reis-Heinriques & Coimbra 1990, Barkati 1990). Við austurströnd Kanada og Bandaríkjanna virðist annað mynstur ríkjandi því þar þroska dýrin ekki kynfrumur fyrr en að vori um líkt leyti og fæða á formi svifþörunganna eykst. Ólíkt því sem gerist í Evrópu nýta þau ekki forðanæringu í þessum tilgangi en hrygna síðan að sumarlagi (Thompson 1984, Newell o.fl. 1982).

Kræklingur (*Mytilus edulis*) er algengur allt í kringum Ísland, nema við suðurströndina þar sem lífsskilyrði eru óhagstæð vegna sendinna stranda og skjólleysis. Nýting á kræklingi héraðs hefur verið sáralítill. Áður fyrr var hann tíndur og notaður til beitu en lítið til manneldis (Lúðvík Kristjánsson 1985). Áhugi á ræktun kræklinga hér vaknaði um miðja síðustu öld (Ingimar Óskarsson 1957), en fyrstu tilraunir, sem voru á vegum Hafrannsóknastofnunarinnar, hófust í Hvalfirði á áttunda áratugnum (Ónefndur 1974, 1976). Þessar tilraunir gáfust ekki nógu vel þar sem útbúnaður sem notaður var hentaði ekki við þær aðstæður sem ríktu í Hvalfirði (Ónefndur 1978). Árið 1985 hófst tilraunarækt á kræklingi á böndum í Hvalfirði þar sem kræklingur náði markaðsstærð á 2 árum (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993).

Í Mjóafirði hófst tilraun til kræklingaræktunar árið 1995 við Asknes sem fór út um þúfur, en ræktun hófst aftur við Brekku 1997 og byggir núverandi rannsókn á sýnatöku úr þeirri rækt árið 2000.

EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR

Lirfusafnarar voru settir út við Brekku í Mjóafirði (Karl Gunnarsson 2003, 1. mynd) í september 1997 til söfnunar kræklingalirfa. Í janúar 2000 var byrjað að taka sýni af söfnurum til mælinga á kynþroska og hrygningu en í febrúar til þyngdar- og lengdarmælingar skelja.

Til að ákvarða vöxt dýranna var um það bil 100 einstaklingum safnað á eins m dýpi. Yfir vetrarmánuðina, nóvember til febrúar, var safnað mánaðarlega en á öðrum tímum tvisvar til þrisvar í mánuði. Sýnin voru tekin til skiptis af mismunandi söfnurum og fryst við -20°C þar til mælingar fóru fram. Lengd skeljanna var mæld með 0,1 mm nákvæmni, reiknuð út

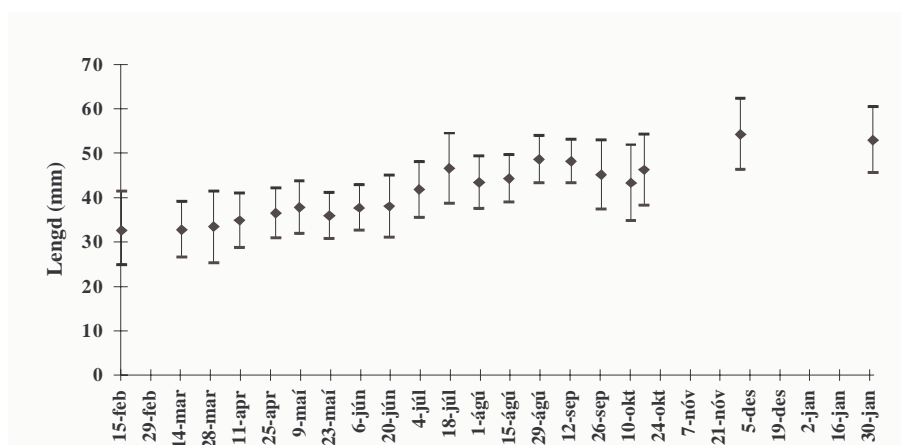
meðallengd og teiknuð upp lengdardreifing fyrir hvert sýni. Heildarþyngd skelja og þyngd innmatar var mæld með 0,1 g nákvæmni og holdfylling skeljanna eða holdarfarsstuðull (meat yield) reiknaður út sem hlutfall þyngdar innmatar af heildarþyngd skelja (% votvigt).

Til rannsókna á kynþroska og hrygningu var 30 stórum skeljum safnað alltaf af sama dýpi. Frá nóvember til febrúar var safnað mánaðarlega, í maí, júní og júlí þrisvar í mánuði en aðra mánuði voru sýni tekin á tveggja vikna fresti. Skeljarnar voru varðveittar í 10% formalíni þar til gerð voru vefjasýni úr möttli dýranna. Vefjasýnin voru skoðuð í smásjá og flokkuð eftir útliti kynfruma í 10 mismunandi þroska- og hrygningarstig. Út frá þessum gögnum var síðan reiknaður meðal kynþroskastuðull fyrir hvern mánuð (Seed 1969).

NIÐURSTÖÐUR

Skellengd og holdarfarsstuðull

Þegar lengdarmælingar á skelinni hófust í febrúar 2000 var meðallengdin 33 mm (1. mynd) og lengdardreifingin 15-55 mm (2. mynd, a). Aðaluppistaða í þessum sýnum voru árgangar sem settust á safnarana haustin 1997 og 1998. Það ber að hafa í huga að þar sem hlutfall þessara árganga í sýnunum var ekki eins frá einum tíma til annars, sýnir línuritid (1. mynd) ekki raunverulegan vöxt skeljanna á rannsóknartímabilinu. Meðallengdin í sýnunum féll töluvert í maí, júlí og september af þessum orsökum. Lengdardreifingar kræklinga frá mismunandi söfnunarmánuðum (febrúar, maí, júlí og janúar) sýna ekki fram á ásetu árganga frá 1999 og 2000 (2. mynd), en skýringin gæti legið í sýnatökunni, þar sem nýsestir einstaklingar eru undir 5 mm að lengd og því erfitt að safna þeim.

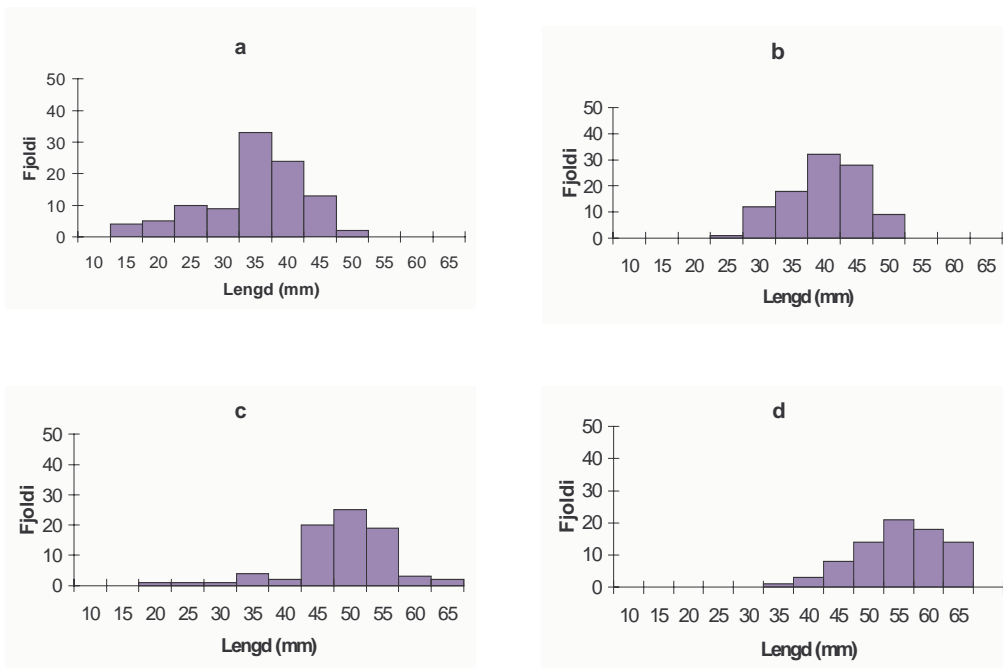


1. mynd. Meðallengd og staðalfrávik kræklinga af söfnurum í Mjóáfirði frá 15. febrúar 2000 til 31. janúar 2001.

Figure 1. Mean shell length and standard deviation in Mytilus edulis on spat collectors in Mjóáfjörður from 15 February 2000 to 31 January 2001.

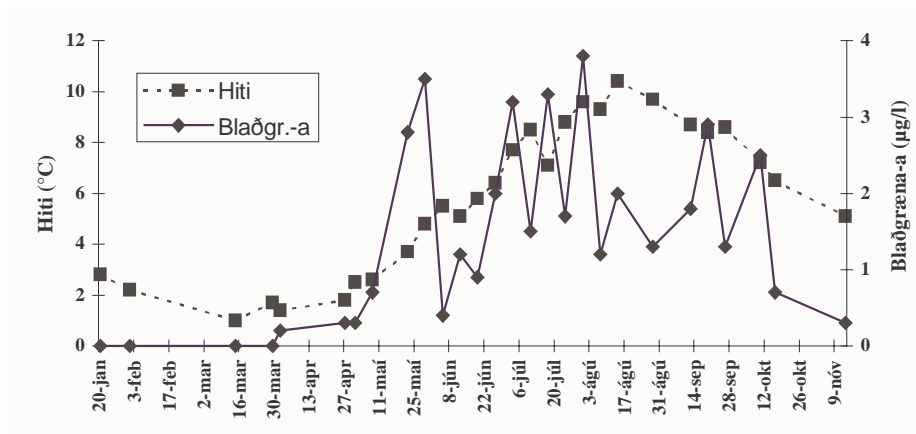
Lengdardreifingarnar sýna að eftir miðjan júní hefst markverður skelvöxtur en þá jókst fæðuframboð á formi svifþörunga (a-blaðgræna) og sjávarhitinn hækkaði mikið (3. mynd). Í lok janúar 2001 var meðallengd skeljanna 53 mm og lengdardreifingin 35-65 mm. Elsti kræklingurinn á söfnurunum var að öllum líkindum rúmlega þriggja ára gamall.

Holdarfarsstuðull kræklinga jókst hratt í maí og júní (4. mynd) um líkt leyti og fæðuframboð jókst (3. mynd), var nokkuð stöðugur í júlí, en lækkaði síðan í ágúst en þá voru um 90% einstaklinganna að hrygna (5. mynd).



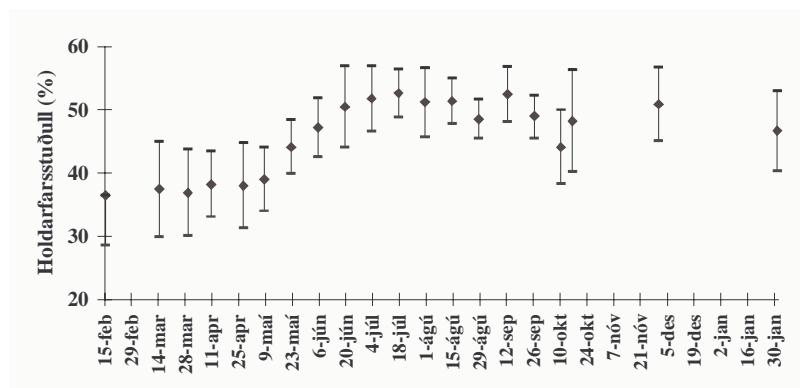
2. mynd. Lengdardreifing kræklinga af hengjum í Mjóafirði, a) 15. febrúar 2000, b) 8. maí 2000, c) 17. júlí 2000, d) 31. janúar 2001.

Figure 2. Shell length-frequency distribution for 5 mm size classes of *Mytilus edulis* from spat collectors in Mjóifjörður, a) 15 February 2000, b) 8 May 2000, c) 17 July 2000, d) 31 January 2001.



3. mynd. Sjávarhiti (°C) og magn a-blaðgrænu ($\mu\text{g l}^{-1}$) í Mjóafirði árin 2000 og 2001.

Figure 3. Sea temperature (°C) and chlorophyll-a ($\mu\text{g l}^{-1}$) in Mjóifjörður during 2000 and 2001.

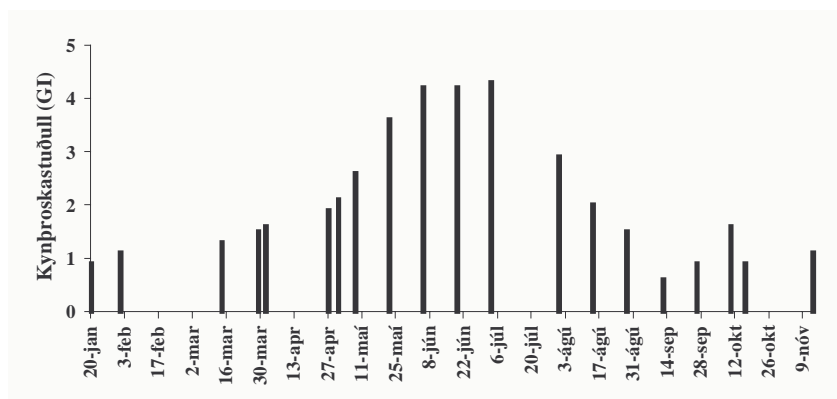


4. mynd. Meðalholdarfarsstuðull og staðalfrávik í kræklingi af söfnurum í Mjóafirði árið 2000 til 2001.

Figure 4. Mean meat yield and standard deviation in *Mytilus edulis* from spat collectors in Mjóifjörður during 2000 and 2001

Kynþroski og hrygning

Kynþroskastuðullinn (5. mynd) jókst hægt frá janúar og þar til í byrjun maí er hann jókst verulega, samfara auknu fæðuframboði og mikilli hækkun á hitastigi sjávar (3. mynd). Kynþroskastuðullinn var hæstur í júní og byrjun júlí (5. mynd, 1. tafla) en þá voru um 50% einstaklinganna að þroska kynfrumur (6. mynd, 1. tafla). Í byrjun júní höfðu um 40% dýranna náð fullum kynþroska og jókst hlutfallið þar til hrygning hófst í júlí. Þann 31. júlí voru um 90% stofnsins að hrygna og hélst þetta hlutfall út allan ágúst (6. mynd). Á þessu tímabili féll kynþroskastuðullinn jafnt og þétt (5. mynd).

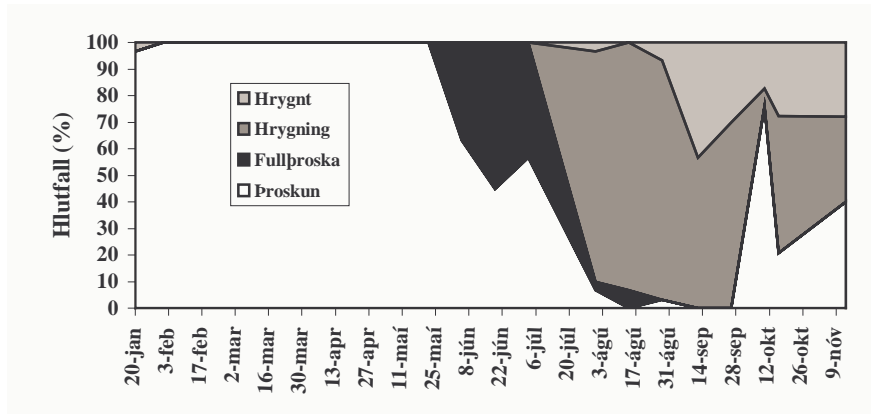


5. mynd. Kynþroskastuðull kræklinga af söfnurum í Mjóafirði árið 2000

Figure 5. Gonad index in *Mytilus edulis* from spat collectors in Mjóifjörður during 2000.

Um miðjan september var rúmlega helmingur stofnsins enn að hrygna en hinn helmingurinn hafði lokið hrygningu (6. mynd). Kynþroskastuðullinn var lægstur um miðjan september en jókst þá aftur samfara auknu magni svifþörungna (a-blaðgræna) (2. mynd).

Myndun kynfruma hófst að einhverju leyti strax aftur að lokinni hrygningu en nú mynduðust fullþroska kynfrumur í litlum og fáum sekkjum. Í október var um helmingur stofnsins að hrygna (6. mynd, 1. tafla). Þroskun kynfruma að hausti og hausthrygningin gætu tengst auknu fæðuframboði á þessum tíma (2. mynd). Um miðjan nóvember fundust öll stig kynþroska í sýnunum nema fullþroska einstaklingar (6. mynd).



6. mynd. Hlutfall kræklinga af söfnurum í Mjóafirði á mismunandi kynþroska- og hrygningarstigum árið 2000.

Figure 6. Percentage of *Mytilus edulis* in each phase of the gametogenic cycle during the year 2000.

Tafla 1. Kynþroska- og hrygningarstig kræklinga úr Mjóafirði árið 2000

Table 1. Number of *Mytilus edulis* at each gonad developmental stage by date in 2000.

| Dags. | Fjöldi Alls | Proskastig | | | | Full- þrosk. V | Hrygningarstig | | | | Hrygnt 0 | Kynþ. stuðull GI |
|-------------|----------------|------------|----|-----|----|----------------------|----------------|-----|----|----|-------------|------------------------|
| | | I | II | III | IV | | IV | III | II | I | | |
| 2000 | | | | | | | | | | | | |
| 20. jan | 31 | 30 | | | | | | | | | 1 | 0,9 |
| 01. feb | 30 | 28 | 2 | | | | | | | | | 1,1 |
| 14. mars | 30 | 22 | 8 | | | | | | | | | 1,3 |
| 29. mars | 30 | 15 | 14 | 1 | | | | | | | | 1,5 |
| 01. apríl | 29 | 15 | 9 | 5 | | | | | | | | 1,6 |
| 27. apríl | 29 | 12 | 9 | 8 | | | | | | | | 1,9 |
| 01. maí | 30 | 9 | 9 | 11 | 1 | | | | | | | 2,1 |
| 08. maí | 30 | 5 | 7 | 14 | 4 | | | | | | | 2,6 |
| 22. maí | 30 | | | 12 | 18 | | | | | | | 3,6 |
| 05. júní | 30 | | | 5 | 14 | 11 | | | | | | 4,2 |
| 19. júní | 29 | | 2 | 1 | 10 | 16 | | | | | | 4,2 |
| 03. júlí | 30 | | | 5 | 12 | 13 | | | | | | 4,3 |
| 31. júlí | 30 | | | | 2 | 1 | 7 | 9 | 8 | 2 | 1 | 2,9 |
| 14. ágúst | 30 | | | | | 2 | | 5 | 13 | 10 | | 2,0 |
| 28. ágúst | 30 | | | 1 | | | | 4 | 7 | 16 | 2 | 1,5 |
| 12. sept. | 30 | | | | | | | | 1 | 16 | 13 | 0,6 |
| 26. sept. | 30 | | | | | | | 1 | 3 | 17 | 9 | 0,9 |
| 10. okt. | 29 | 9 | 6 | 5 | 2 | | | | | 2 | 5 | 1,6 |
| 16. okt. | 29 | 6 | | | | | 1 | | 3 | 11 | 8 | 0,9 |
| 13. nóv. | 25 | 5 | 3 | 2 | | | | | 2 | 6 | 7 | 1,1 |

UMRÆÐA

Skellengd og holdarfarsstuðull

Sjávarhiti og fæða eru talin ráða mestu um vaxtarhraða kræklinga. Í Mjóafirði virtist lengdarvöxtur kræklinga fara fram frá júnílokum og fram í nóvember. Erfitt er þó að átta sig á lengdarvexti kræklinga á þessum tíma þar sem hlutfall árganga var misjafnt í sýnunum, sem kemur ljóst fram í því að þrisvar (maí, júlí, september) á árinu minnkaði reiknuð meðallengd dýranna. Samanburður á lengdardreifingu hvers mánaðar sýnir að skelvöxturinn byrjaði í júní. Í byrjun söfnunartímabilsins, í febrúar 2000, var kræklingurinn 15-50 mm að lengd, en í september voru skeljarnar orðnar 30-65 mm að lengd sem samsvarar 15 mm vexti á 7 mánuðum. Meðallengd kræklinga í lok söfnunartímabilsins, í janúar 2001, var 53 mm en stærstu skeljarnar voru 65 mm, þá væntanlega rúmlega þriggja ára gamlar.

Árstíðarbreytingar á blaðgrænu í Mjóafirði sýndu að mjög lítil framleiðsla á svifþörungum var í firðinum þar til í lok maí. Vorhámarkið var í lok maí ($3,5 \mu\text{g l}^{-1}$) og samanstóð það af litlum og miðlungsstórum kísilþörungum af ættkvíslunum *Thalassiosira* og *Chaetoceros* (Agnes Eydal 2003). Þessar tegundir eru taldar ágætis fæða fyrir krækling (Lutz & Kennish 1992) og hafa væntanlega nýst til vaxtar hans á þessum tíma. Í júlímánuði var mikill gróður í sjónum ($3,2\text{-}3,8 \mu\text{g l}^{-1}$) og voru þá allsráðandi tiltölulega smáar kísilþörungategundir *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* og *Leptocylindrus spp.*, ásamt skorupörungum *Scrippsiella trochoideae*, *Heterocapsa triquetra* og *Gymnodiniales spp.* (Agnes Eydal 2003). Auk þessara þörunga voru gullþörungar og ógreindir smáir svipuþörungar áberandi í sumarsvifinu. Í ágúst minnkaði gróðurmagnið, en í september og október jókst það aftur ($2,9$ og $2,5 \mu\text{g l}^{-1}$) en þá var skorupörungurinn *Ceratium lineatum* og kalksvifþörungurinn *Emiliania huxleyi* ríkjandi (Agnes Eydal 2003).

Kræklingirlifur þrífast vel af blöndu af ýmsum svifþörungum en stærð frumanna er afgerandi. Almenn tala sýnir best frumur sem eru 3-5 μm í þvermál og naktar tegundir þykja enn betri fæða en tegundir með skel (Lutz & Kennish 1992).

Holdarfarsstuðull kræklinga í Mjóafirði var nokkuð stöðugur frá febrúar og þar til í lok maí að dýrin tóku að þyngjast um líkt leyti og fæðan jókst og sjávarhiti hækkaði. Í ágúst þegar aðal hrygningin átti sér stað léttust dýrin, en þyngdust aftur um miðjan október þegar fæðan jókst.

Í Hvalfirði óx kræklingur á hengjum um 19 mm frá febrúar til september og í september, tveimur árum eftir ásetu lirlfanna, var meðallengdin 57 mm (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993). Það tók hins vegar þrjú ár að ná þessari skellengd í Mjóafirði. Kræklingavöxturinn í Hvalfirði tengdist fæðuframboði frekar en sjávarhita. Aðalástæðan fyrir meiri vaxtarhraða í Hvalfirði en Mjóafirði er að öllum líkindum sú að framleiðsla svifþörunga (blaðgræna) er meiri í Hvalfirði en í Mjóafirði. Þannig hófst framleiðsla svifþörunga um mánuði fyrr í Hvalfirði en í Mjóafirði og einnig var vorhámarkið í Hvalfirði ($6 \mu\text{g l}^{-1}$) fyrr og hærra en í Mjóafirði ($2,9 \mu\text{g l}^{-1}$). Sumarhámark þörunganna var einnig hærra í Hvalfirði ($5,6 \mu\text{g l}^{-1}$) en í Mjóafirði ($2,7 \mu\text{g l}^{-1}$).

Kynþroski og hrygning

Það er mismunandi er frá einum stað til annars hvenær, hversu lengi og hve oft á ári kræklingur hrygnir. Einnig getur þetta verið mismunandi á sama stað frá ári til árs. Umhverfisþættir eins og selta, hiti og fæðuframboð eru taldir hafa hvað mest áhrif á kynþroskaferlið, hrygninguna og lengd hrygningartímans (Newell o. fl. 1982) en þættir eins og hormónabúskapur dýranna (Reis-Heinriques & Coimbra 1990), forðanering og erfðaeiginleikar (Hilbish & Zimmerman 1988) eru einnig mikilvægir.

Í Mjóafirði var kræklingurinn að þroska kynfrumur allt árið að undanskildum þeim vikum þegar allir einstaklingarnir voru fullþroska eða að hrygna. Frá janúar til maí var enga fæða að hafa á formi svifþörunga og hitinn var í lágmarki ($1,3^{\circ}\text{C}$). Á þessum tíma hafa dýrin því að öllum líkindum notað forðaneringu til að þroska kynfrumur. Í byrjun maí jókst hitinn og fæðan til muna og þá þroskuðust kynkirtlarnir hratt. Í byrjun júlí var um helmingur

stofnsins enn að þroska kynfrumur og hinn helmingurinn fullþroska en engin hrygning hafin. Ætla má að allur stofninn hafi verið fullþroska um miðjan júlí, þegar sjávarhitinn var um 8°C en í lok mánaðarins voru tæp 90% hans farin að hrygna og hélst það hrygningarhlutfall út ágúst þegar sjávarhiti var hæstur (9-10°C) og mest af fæðu (2-3,8 $\mu\text{g l}^{-1}$). Strax að lokinni hrygningu mátti sjá myndun kynfruma að nýju þó aðallega í október samfara hámarki í blaðgrænu. Hluti stofnsins (10-50%) var að hrygna fram undir miðjan nóvember við lækandi hita og minnkandi fæðu. Ætla má að þessir einstaklingar hafi verið að hrygna í annað sinn á árinu en hrygningin var þó lítil samborið við sumarhrygninguna.

Myndun kynfruma í kræklingi í Hvalfirði hófst í febrúar við lágmarkshita og litla fæðu (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993) og í janúar í Breiðafirði við svipaðar umhverfisaðstæður (Guðrún G. Þórarinsdóttir & Karl Gunnarsson óbirt). Á báðum rannsóknarstöðunum jókst kynþroskinn til muna um vorið samfara auknu hitastigi og fæðu og allir einstaklingar voru fullþroska í júní en þá var sjávarhitinn um 8°C á báðum stöðum. Hrygningin hófst í Hvalfirði um miðjan júní en aðalhrygningin átti sér stað í júlí og ágúst við hámarks fæðuframboð og 10-12°C. Hrygningin í Breiðafirði hófst í júlí við 10-11°C og mesta fæðuframboðið en aðalhrygningartíminn var í ágúst við sama hitastig en minnkandi fæðu. Örfáir hrygnandi einstaklingar fundust í október og nóvember á báðum þessum rannsóknarstöðum en engin merki um þroskun kynfruma fyrr en í janúar og febrúar.

Kræklingurinn í Mjóafirði varð fullþroska og tilbúinn til hrygningar um það bil mánuði seinna en í Breiðafirði og Hvalfirði en við sama hitastig (8°C). Sjórinn fyrir austan hitnaði seinna um vorið en við Vesturland og gæti það skýrt þennan mun. Á öllum þessum stöðum var aðalhrygningin í ágúst við hámarkssjávarhita (10-12°C). Kræklingurinn í Mjóafirði hrygndi lengur fram eftir hausti en við Vesturland en skýringin á því gæti einnig legið í hitastigi sjávar og fæðuframboði þar sem seinna kólnaði í sjónum um haustið og töluverða fæðu á forni smárna svifþörunga var að hafa þarna fram undir miðjan október.

Byrjun kynþroskaferils og hrygning kræklinga hafa verið tengdar við hitabreytingar sjávar (Grey o.fl.1997, Sprung 1983). Niðurstöður frá nálægum hafsvæðum benda til að sjórinn þurfi að ná ákveðnu hitastigi áður en hrygning hefjist (Kautsky 1982) þó að þetta hafi ekki verið staðfest með síðari rannsóknum (Seed & Suchanek 1992). Fæðuframboð hefur einnig verið tengt kynþroskaferlinu og virðist aðalhrygningin fara fram þegar mest er um fæðu bæði fyrir lirlur og fullorðin dýr (Newell o.fl. 1982, Starr o.fl. 1991).

ÞAKKIR

Ingólfur Sigfússon og Sigfús Vilhjálmsson sáu um sýnatóku og Elena Guijarro Garcia um lengdar- og þyngdarmælingar kræklinga. Þeim eru færðar hér bestu þakkir.

HEIMILDIR

- Bayne, B.L., Widdows, J. & Thompson, R.J. 1976. Physiological interations. Í: B.L. Bayne (ritstj.), *Marine mussels: their ecology and physiology*. Cambridge Univeristy Press, Cambridge. 261-299.
- Barkati, S. 1990. Reproduction of the mussel *Mytilus edulis* L. from Lindaspollene, Western Norway. *Oebalia*, vol. XVI, N.S. 1-14.
- Agnes Eydal 2003. Árstíðabreytingar í fjölda og tegundasamsetningu svifþörunga í Mjóafirði árið 2000. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 92: 29-49.*
- Grey, A.P., Seed, R. & Richardson, C.A. 1997. Reproduction and growth of *Mytilus edulis chilensis* from the Falkland Islands. *Scientia Marina*, 61: 39-48.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir & Úlfar Antonsson 1993. Tilraunaræktun á kræklingi í Hvalfirði. *Náttúrufræðingurinn*, 63: 243-251.
- Hawkins, A., J., S. & Bayne, B.L. 1992. Physiological interrelations and regulation of production. Í: E. Goslin (ritstj.): *The mussel Mytilus: Ecology, physiology, genetics and culture*. 171-212.
- Hilbish, T.J. & Zimmerman, K.M. 1988. Genetic and nutritional control of the gametogenic cycle in *Mytilus edulis*. *Marine Biology*, 98: 223-228.
- Ingimar Óskarsson 1957. Hagnýting skeldýra. *Náttúrufræðingurinn*, 27(2): 73-85.
- Karl Gunnarsson 2003. Um rannsóknir á þörungasvifi og kræklingi í Mjóafirði árið 2000. Í: Karl Gunnarsson (ritstj.) *Umhverfisaðstæður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði. Hafrannsóknastofnunin. Fjölrit 92: 5-16.*
- Kautsky, N. 1982. Quantitative studies on gonad cycle, fecundity, reproduction output and recruitment in Baltic *Mytilus edulis* population. *Marine Biology*, 68: 143-160.
- Loo, L.,O. & Rosenberg, R. 1984. Muslingekulturens udvikling. Í: R.Rosenberg (ritstj.): *Muslingeopdræt, teori og praksis*. Forlaget ASK, 15-25.
- Lutz, R.A. & Kennish, M.J. 1992. Ecology and morpololgy of larval and early postlarval mussels. Í: E. Goslin (ritstj.): *The mussel Mytilus: Ecology, physiology, genetics and culture*, 53-80.
- Lúðvík Kristjánsson 1985. *Íslenskir sjávarhættir IV*. Bókaútgáfa Menningarsjóðs. Reykjavík, 472 s.
- Mallet, A., L. & Carver, C., E. 1993. Temporal production pattern in various groups of the blue mussel. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 170: 75-89.
- Newell, R.I.E., Hilbish, T.J., Koehn, R.K. & Newell, C.J. 1982. Temporal variation in the reproductive cycle of *Mytilus edulis* L. (Bivalvia, Mytilidae) from localities on the east coast of The United States. *Biological Bulletin*, 162: 299-310.
- Ónefndur 1974. Skýrsla um starfssemi Hafrannsóknastofnunarinnar 1973. *Hafrannsóknir*, nr. 5.
- Ónefndur 1976. Skýrsla um starfssemi Hafrannsóknastofnunarinnar 1975. *Hafrannsóknir*, nr. 9.
- Ónefndur 1978. Skýrsla um starfssemi Hafrannsóknastofnunarinnar 1977. *Hafrannsóknir*, nr. 14.
- Reis-Heinriques, M.A. & Coimbra, J. 1990. Variations in the levels of progesterone in *Mytilus edulis* during the annual reproductive cycle. *Comp. Biochemical Physiology* Vol. 95A, 3: 343-348.
- Seed, R. 1969. The ecology of *Mutilus edulis* L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores. I. Breeding and settlement. *Oecologia*, 3: 277-316.
- Seed, R. & Suchanek, T.H. 1992. Population and community ecology of *Mytilus*. Í: E. Gosling (ritstj.). *The mussel Mytilus: Ecology, physiology, genetics and culture*. Developments in aquaculture and fisheries science, 25: 87-169.
- Snooden, L.M. & Roberts, D. 1997. Reproductive patterns and tidal effects on spat settlement of *Mutilus edulis* populations in Dundrum Bay, Northern Ireland. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 77: 229-243.

- Sprung, M. 1983. Reproduction and fecundity of the mussel *Mytilus edulis* at Helgoland (North Sea). *Helgolander Meeresuntersuchungen*, 36: 243-255.
- Starr, M., Himmelman, J.H. & Therriault, J.C. 1991. Coupling of nauplii release in barnacles with phytoplankton blooms: a parallel strategy to that of spawning in urchins and mussels. *Journal of Plankton Research*, 13,(3): 561-571.
- Sterling, H.P. & Okumus, I. 1995. Growth and production of mussels (*Mytilus edulis*, L) suspended at salmon cages and shellfish farms in two Scottish sea lochs. *Aquaculture*, 134: 193-210.
- Thompson, R.J. 1979. Fecundity and reproductive effort in the blue mussel (*Mytilus edulis*, L), the sea urchin (*Stroglyocentrotus droebachiensis*) and the snow crab (*Chionoecetes opilio*) from populations in Nova Scotia and Newfoundland. *Journal of Fishery Research Board Canada*, 36: 955-964.
- Thompson, R.J. 1984. The reproductive cycle and physiological ecology of the mussel *Mytilus edulis* in a subarctic, non-eustarine environment. *Marine Biology*, 79: 277-288.
- Wallace, J. 1980. Growth rates of different populations of the edible mussel, *Mytilus edulis*, in North Norway. *Aquaculture*, 19: 303-313.