

Agnes Eydal og Karl Gunnarsson

SVIFÞÖRUNGAR Í HVALFIRÐI OG SKELFISKEITRUN

Það er vinsælt að tína krækling sér til matar í fjöru, en það er ekki alltaf hættulaust. Nýlega fóru fram athuganir á framvindu svifþörungagróðurs í Hvalfirði og náðu þær samfellt yfir eitt ár¹ (1. mynd). Í rannsóknunum fundust nokkrar tegundir sem geta valdið eitrun, þar af voru tvær tegundir sem fundust í talsverðum mæli. Í þessari grein er fjallað um niðurstöður rannsókna í Hvalfirði sem varða eittraða þörungum og mælingar á skelfiskeitrun sem gerðar voru samhliða þörungathugunum.

Í svifi sjávar eru margar þörungategundir sem geta myndað mjög þéttan blóma við ákveðnar aðstæður. Í flestum tilfellum er slíkur blómi hluti af eðlilegum ferlum náttúrunnar og við verðum hans ekki vör. Sjór verður þó stundum litaður af mergð þörunganna og ef um rauðleita þörungum er að ræða er fyrirbærið oft nefnt blóðsjór. Blómi svifþörungum getur snert okkur mennina eða starfsemi okkar og valdið skaða.² Skaðsemin getur falist í að þörungablómi valdi eitrun í mönnum og eldisdýrum. Í nokkrum tilfellum hafa þörungar til dæmis truflað starfsemi tálkna eða valdið sárum á eldisfiski og dregið hann til dauða. Einnig getur magn þörungum orðið svo mikið að við rotnun þeirra verði súrefnisskortur sem kæfir aðrar sjávarlífverur. Blómi svifþörungum getur því valdið bæði efnahagslegu og heilsufarslegu tjóni.

Efnahagslegt tjón í heiminum vegna dauða eldisfisks og ósöluhæfs skelfisks nemur hundruðum milljóna króna ár hvert. Þekktar eru um 5000 tegundir svifþörungum í sjó, þar af hafa um 300 valdið skaða þegar þær voru í blóma. Talið er að tegundir sem geta myndað þörungaeitur séu um 75 talsins.³

Um blóma eittraða þörungum er víða getið í fornum sögnum. Til dæmis er minnst á eittraðan blóðsjó í biblíunni. Hér á landi eru til frásagnir í gömlum bókum af blóðsjó eða lituðum sjó sem líklega hefur stafað af þörungablóma. Til dæmis er getið frásagna fiskimanna um litaðan sjó í ferðabók Eggerts Ólafssonar og Bjarna Pálssonar sem kom út árið 1772⁴ og í ferðabók Ólafs Ólafíusar frá 1780⁵ er frásögn af blóðsjó í Mjóafirði eystra. Allt fram á þennan dag hafa af og til heyrst fréttir af lituðum sjó hér við land.

Skelfiskur lifir á svifþörungum og þegar um eittraða þörungategundir er að ræða safnast eitur fyrir í skelfiskinum. Eitrið virðist ekki hafa áhrif á skelfiskinn sjálfan en gerir hann varhugaverðan til neyslu og í verstu tilfellum lífshættulegan. Fyrsta skráða tilvikið í heiminum um dauða manns vegna skelfiskeitrunar er frá árinu 1793, þegar einn úr áhöfn landkönnuðarins Georg Vancouver lést eftir neyslu skelfisks. Atvikið átti sér stað þar sem nú heitir Breska-Kólumbía í Kanada.⁶ Um þessar mundir eru árlega skráð um 2000 tilfelli í heiminum þar sem eittraður skelfiskur veldur veikindum og er talið að um 15% þeirra sem veikjast deyri.⁶

Útbreiðsla eittraða svifþörungategunda og tíðni skaðlegra blóma af þeirra völdum virðist hafa aukist undanfarna áratugi.^{7,8} Menn eru ekki á eitt sáttir um hvað veldur. Sumir nefna aukna útbreiðslu eittraða tegunda af mannavöldum, m.a. vegna aukinna skipaferða og lestunar og losunar kjölfestuvatns. Aðrir telja aukninguna stafa af því að aukið magn næringarefna berist til sjávar vegna mengunar af mannavöldum sem eykur vöxt þörungum.



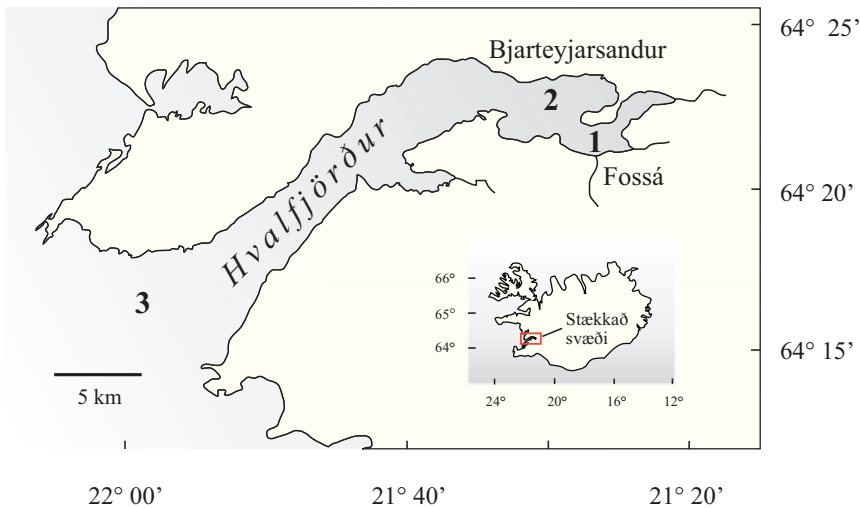
1. mynd. Við ósa Fossár er vinsælt að tína krækling til matar. Hér má sjá fjöruna við Fossá og fjallið Þyril í baksýn. Ein rannsóknastöðin sem fjallað er um í greininni var framan við ósa Fossár. – The mouth of Fossá river in Hvalfjörður is a popular spot for collecting blue mussels (*Mytilus edulis*). One of the sampling stations for the study described in the paper is located just off this shore. Ljósmynd: Karl Gunnarsson.

Margar eittraðar svifþörungategundir mynda taugaeitur. Aðallega er um að ræða þrenns konar eitrun sem þær valda og menn þurfa að vera vakandi fyrir í Norður-Atlantshafi:

PSP (paralytic shellfish poisoning). Eitrun af þessu tagi getur valdið lömun. Það eru skorupörungar af ættkvíslunum *Alexandrium*, *Pyrodinium* og *Gymnodinium* sem valda henni og hefur hún greinst úr skelfiski hér við land nokkrum sinnum.⁹

DSP (diarrhetic shellfish poisoning). Getur valdið meltingartruflunum, svo sem niðurgangi og uppköstum. Um er að ræða eitrun sem nokkrar tegundir skorupörungar geta myndað, meðal annars tegundir af ættkvíslunum *Dinophysis* og *Prorocentrum*. DSP-eitrun hefur oft greinst úr skelfiski við Ísland.^{1, 9, 10}

ASP (amnesic shellfish poisoning). Eitrun sem meðal annars getur valdið minnistapi en hún stafar af aminosýrunni „domoic-sýru“. Staflaga kísilþörungar, flestir af ættkvíslinni *Pseudo-nitzschia*, geta valdið slíkri eitrun. Eitrunin hefur ekki greinst hér við land svo óbyggjandi sé, en tegundir *Pseudo-nitzschia* eru



2. mynd. Sýnatökustöðvar í Hvalfirði, þar sem sýnum af kræklingi og svifþörungum var safnað 27 sinnum á tímabilinu febrúar til nóvember árið 1997. – Sampling stations in Hvalfjörður southwest Iceland. At each station samples were taken at 27 dates dispersed throughout the year 1997.

Enn aðrir telja einfaldlega að aukin þekking á þessu sviði og stóraukið eftirlit valdi því að við verðum oftari en áður vör við blóma skaðlegra þörungum. Hver sem ástæðan er, þá valda eiturbörunga miklum skaða í heiminum um þessar mundir og virðist vandinn fara vaxandi.

Samfara vaxandi umsvifum í fisk- og skeldýraeldi hafa á undanförunum árum verið gerðar síauknar kröfur um eftirlit með vexti eitradra þörungum og eitrun af þeirra völdum. Á það einnig við hér á landi.¹² Þekking á eitruðum tegundum hefur aukist gífurlega og nýjar aðferðir hafa komið fram til að greina eitrefnin. Undanfarna áratugi hefur einnig uppgötvast eitru í fleiri og fleiri tegundum svifþörungum. Nýjar gerðir þörungaeiturs eru einnig að finnast og æ oftari er tilkynnt um eiturbörunga-blóma.⁸

EFNIVIÐUR OG AÐFERÐIR

Rannsóknarsvæði og sýnataka

Til þess að rannsaka framvindu svifþörungagróðurs í Hvalfirði var safnað sýnum á tveimur stöðvum innarlega í firðinum (2. mynd). Staðsetning stöðvanna var m.a. valin með tilliti til útbreiðslu og þéttleika

kræklinga og var þá stuðst við niðurstöður úr athugunum Guðrúnar G. Þórarinsdóttur á útbreiðslu kræklinga í Hvalfirði sem gerðar voru árið 1994.¹³ Einnig var haft í huga hvar í Hvalfirði fólk tíni sér helst krækling til matar. Stöð 1 er á móts við Fossá þar sem botndýpi er 10 m. Stöð 2 er út af Bjarteyjarsandi en þar er botndýpi 15 m. Á stöð 1 voru sýni tekin á 2 m og 7 m dýpi en á stöð 2 á 2 m og 12 m dýpi.

Á tímabilinu 6. febrúar til 11. nóvember 1997 voru farnir 27 leiðangrar í Hvalfjörð til sýnatöku. Safnað var vikulega frá apríl til loka september en í upphafi og lok sýnatökutímans leið lengra á milli sýnatöku.

Sjósýnum var safnað með 1,7 lítra sjótaka á um 2 m dýpi. Úr sjótökunum voru tekin sýni til mælinga á næringarefnum, blaðgrænu, seltu og til greininga og talningar á svifþörungum. Hiti, selta og blaðgrænustyrkur voru mæld samfelld frá yfirborði niður að botni með siritandi mælitæki, sondu. Á báðum stöðvum voru tekin háfsýni til tegundagreininga með svifþörungaháf, með 20 µm möskvastærð.

Við veiðar á kræklingi var notuð lítill þríhyrnuskrapa. Skrapan var dregin á lítilli ferð eftir botni þar sem líklegt þótti að búsvæði kræklinga væru. Hún var dregin á 5–6 m dýpi

nálægt stöðvunum tveimur þar sem þörungum var safnað. Kræklingssýnin voru fryst um leið og komið var í land.

Meðhöndlun gagna og mæliaðferðir

Í sjósýnum voru auk blaðgrænu mæld næringarefnið nítrat (NO_3^-), fosfat (PO_4^{3-}), silíkat (SiO_2), ammóníum (NH_4^+), heildarköfnunarefni og heildarfosfór. Nánari lýsingu á meðhöndlun þeirra sýna og greiningu er að finna í ritgerð Agnesar Eydal um framvindu svifþörungum í Hvalfirði.¹

Háfsýni voru skoðuð í smásjá og þörungarnir í sýninu greindir til tegunda. Við mat á þéttleika svifþörunganna voru þörungar úr 50 ml sjósýni látnir setjast á smásjargler og þeir taldir í smásjá.¹⁴

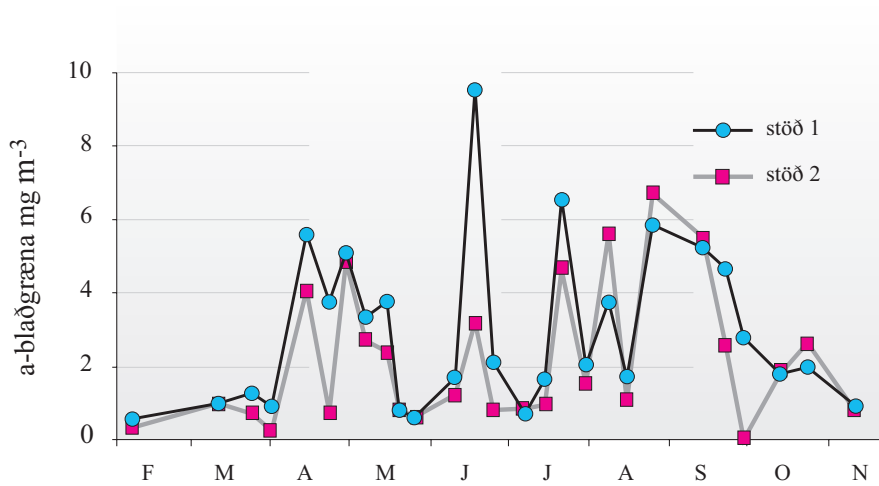
Með hliðsjón af niðurstöðum svifþörungatalninga var ákveðið í hvaða kræklingasýnum þörungaeitrun skyldi mæld með svokölluðu músaþrófi.¹⁵ Prófið fólst í því að þykkni sem unnið var úr kræklingnum var sprautað í mýs og fylgst með hvernig þeim reiddi af.

NIÐURSTÖÐUR

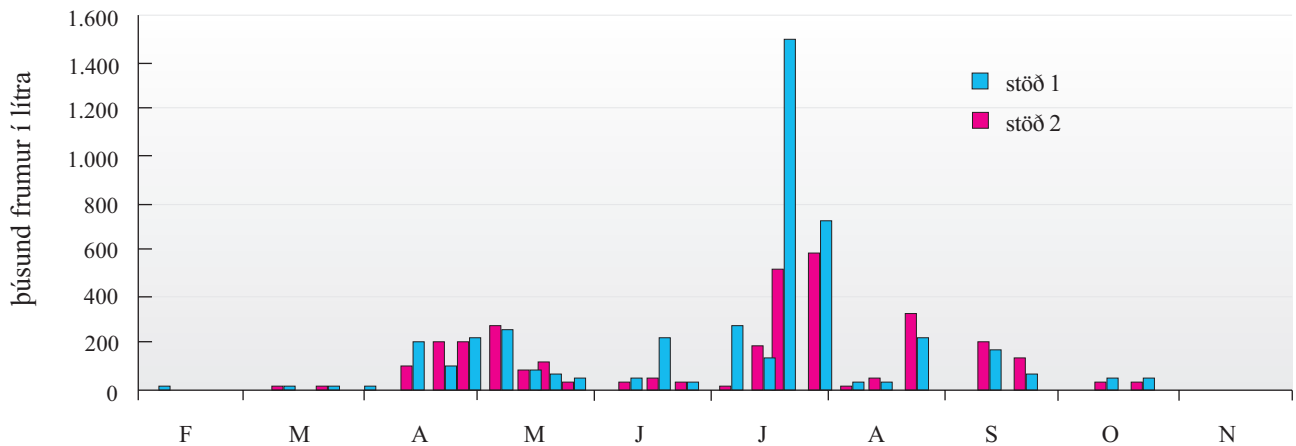
Gróðurframvandin í Hvalfirði

Árið 1997 var gróðurframvinda í Hvalfirði á þá leið að í kjölfar seltulagskiptinga í byrjun apríl jókst gróðurmagnið verulega og náði hámarki síðar í apríl og í byrjun maí (3. mynd). Síðan skiptust á gróðurtoppar og -lægðir fram á haustið. Í grófum dráttum má segja að um fjóra gróðurtoppa hafi verið að ræða, í apríl–maí, júní, júlí og í ágúst–september. Sveiflur í gróðurmagninu voru áþekkar á athugunarstöðvunum tveimur. Gróðurmagnið féll síðan hratt í september og var í lágmarki fram á vetur.

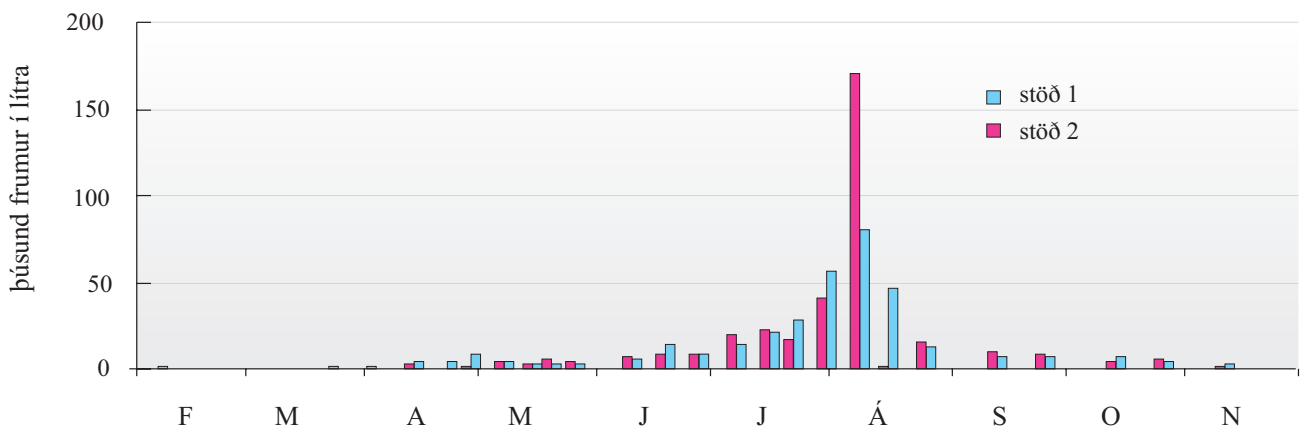
Í lok mars varð fyrst vart við kísilþörungum og seinni hluta apríl var talsvert af þeim í Hvalfirði (4. mynd). Í júlí varð fjöldi kísilþörungum mestur (600–1500 þúsund frumur í lítra). Í byrjun ágúst hurfu þeir nánast alveg úr svifinu en birtust á



3. mynd. Styrkur blaðgræna í yfirborði sjávar á athugunarstöðvum í Hvalfirði árið 1997. – Chlorophyll-a concentration in the surface layer at the sampling stations in Hvalfjörður in 1997.



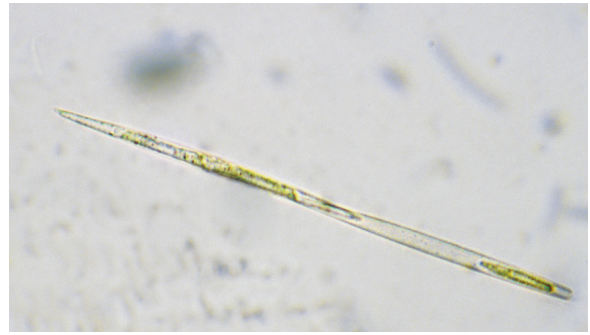
4. mynd. Þéttleiki kísilþörunga í yfirborði sjávar á athugunarstöðvum 1 og 2 í Hvalfirði árið 1997. – Density of diatoms in the surface layer at the sampling stations in Hvalfjörður in 1997.



5. mynd. Þéttleiki skorupörunga í yfirborði sjávar á athugunarstöðvum í Hvalfirði árið 1997. – Density of dinoflagellates in the surface layer at the sampling stations in Hvalfjörður in 1997.



6. mynd.
Skorupörungurinn
Dinophysis
norvegica. –
The dinoflagellate
Dinophysis
norvegica.



7. mynd. Kísilpörungurinn *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*. – *The diatom Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*.

ný í talsverðum mæli í lok ágúst. Þeim fækkaði síðan smám saman og voru að mestu horfnir úr svifinu í byrjun október.

Í innanverðum Hvalfirði varð skorupörunga vart í apríl-maí (5. mynd). Þeim fjölgaði talsvert í júlí og náðu hámarki í byrjun ágúst. Eftir það fækkaði þeim en þeir fundust þó í svifinu allt fram í nóvember.

Eiturpörungar

Í Hvalfirði fundust nokkrar tegundir svifpörunga sem vitað er að geta valdið skelfiskeitrun. Það voru skorupörungarnir *Dinophysis acuminata*, *Dinophysis acuta*, *Dinophysis norvegica* og *Phalacroma rotundatum*, sem allar geta valdið DSP-eitrun, *Alexandrium ostenfeldii* og *Alexandrium tamarensis*, sem geta valdið PSP-eitrun, og loks kísilpörungarnir *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* og *Pseudo-nitzschia seriata*, en þeir geta valdið ASP-eitrun (1. tafla). Aðeins tvær þessara tegunda, *D. norvegica* (6. mynd) og *P. pseudodelicatissima* (7. mynd), fundust í umtalsverðum mæli, en hinar voru allar sjaldgæfar. Athygli vekur að tegundir sem geta valdið skelfiskeitrun voru í svifinu í Hvalfirði nánast allt árið.

Skorupörungurinn *Dinophysis norvegica* fannst í miklum þéttleika í júlí og ágúst á báðum stöðvum. Á stöð 1 við Fossá fór fjöldinn upp í rúmar 12 þúsund frumur í hverjum lítra af sjó og yfir 11 þúsund frumur í lítra á stöð 2 (8. mynd). Þéttleiki *D. norvegica* var oftast heldur meiri á stöð 1 en 2.

Þegar eitruðum pörungum fjölgar vex hætta á eitrun af þeirra völdum. Þegar meta skal hvort hætta sé á ferðum og hvort ástæða sé til að vara fólk við að borða skelfisk af tilteknum svæðum er miðað við tiltekinn þéttleika pörunga. Viðmiðunarmörkin eru mismunandi eftir tegundum og geta einnig verið mismunandi eftir svæðum. Fyrir *Dinophysis norvegica* er oftast miðað við 1000 frumur í lítra.¹⁶ Innst í Hvalfirði var þéttleiki *D. norvegica* yfir 1000 frumna mörkunum nánast á öllu tímabilinu frá miðjum júní þar til um miðjan október (8. mynd).

Kísilpörungsins *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* varð fyrst vart í svifinu seinni hluta maí, en honum fór ekki að fjölga að ráði fyrr en í byrjun júlí með hámarki 21. júlí á báðum stöðvum; 435 þúsund og 255

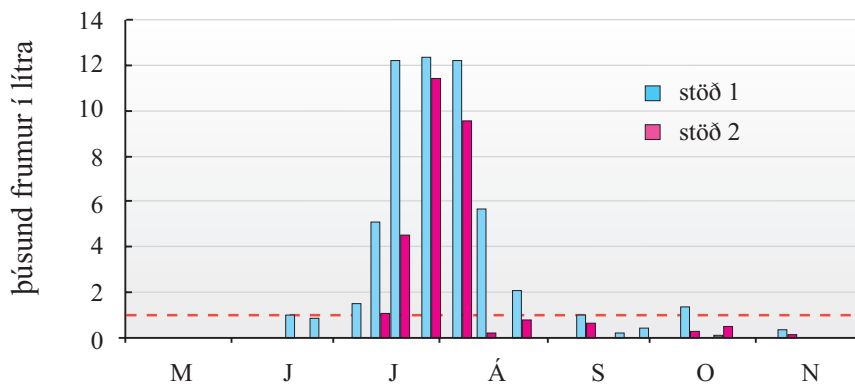
þúsund frumur í lítra á stöðvum 1 og 2 (9. mynd). Tegundin fannst ekki í fyrri hluta ágústmánaðar en í lok ágúst birtist hún aftur og fannst öðru hverju eftir það þar til rannsóknunum lauk í nóvember. Viðmiðunarmörk fyrir hættu á eitrun af völdum *P. pseudodelicatissima* eru 100 þúsund frumur í lítra.¹⁶ Fjöldi *P. pseudodelicatissima* í Hvalfirði fór langt yfir þessi viðmiðunarmörk og varð mestur um 435 þúsund frumur í lítra en aðeins í stuttan tíma.

Eitur í kræklingi

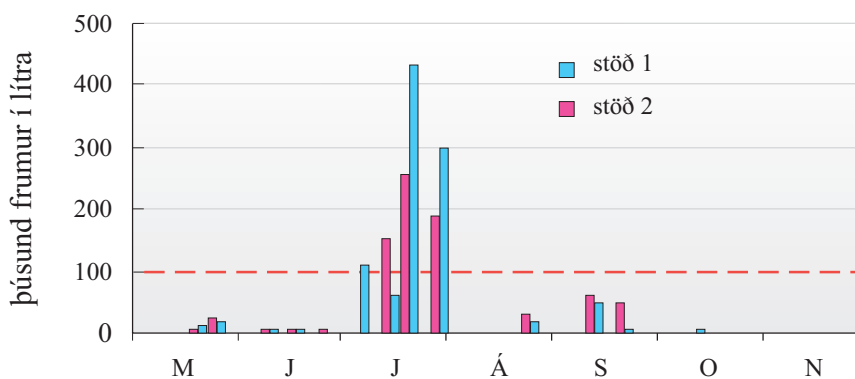
Athuganir voru gerðar á pörunga-eitri í kræklingi, sem var safnað samhliða pörungunum eins og áður hefur komið fram. Kræklingi var safnað við báðar stöðvarnar. Einingis var mælt eitur í kræklingi þá

	febrúar	mars	apríl	maí	júní	júlí	ágúst	sept.	okt.	nóv.
* getur valdið DSP-eitrun										
** getur valdið PSP-eitrun										
*** getur valdið ASP-eitrun										
<i>Dinophysis acuminata</i> *										
<i>Dinophysis acuta</i> *										
<i>Dinophysis norvegica</i> *										
<i>Phalacroma rotundatum</i> *										
<i>Alexandrium ostenfeldii</i> **										
<i>Alexandrium tamarensis</i> **										
<i>Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima</i> ***										
<i>Pseudo-nitzschia seriata</i> ***										
DSP-eitrun af kræklingi árið 1997										

1. tafla. Svifpörungategundir sem fundust í Hvalfirði 1997 og vitað er að geti valdið skelfiskeitrun. Græni liturinn í töflunni sýnir hvenær árs eitruþörungarnir fundust í svifinu. Rauður litur sýnir þá mánuði sem DSP-eitrun mældist í kræklingi. – Toxic marine phytoplankton species found in Hvalfjörður during 1997. The green colour shows the seasonal occurrence of the respective potentially toxic species. Red colour indicates when diarrhetic shellfish poisoning was above safety limits in *Mytilus edulis*.



8. mynd. Þéttleiki *Dinophysis norvegica* í yfirborði sjávar á athugunarstöðvum í Hvalfirði árið 1997. Rauða strikalínan sýnir viðmiðunarmörk fyrir hættu á DSP-eitrun sem notuð eru víða í Norður-Atlantshafi. – Density of *Dinophysis norvegica* in the surface layer at the sampling stations in Hvalfjörður in 1997. The broken red line shows concentration limit above which there is considered to be a potential risk of DSP.



9. mynd. Þéttleiki *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* í yfirborði sjávar á athugunarstöðvum í Hvalfirði árið 1997. Rauða strikalínan sýnir viðmiðunarmörk fyrir hættu á ASP-eitrun sem notuð eru víða í Norður-Atlantshafi. – Density of *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* in the surface layer at the sampling stations in Hvalfjörður in 1997. The broken red line shows concentration limit above which there is considered to be a potential risk of ASP.

daga sem þéttleiki eiturþörunganna var það mikill að hætta var talin á að kræklingur væri eittraður.

Valin voru 13 kræklingssýni frá stöð 1 við Fossá og sjö sýni frá stöð 2 við Bjarteyjarsand til mælinga á DSP-eitrun (2. tafla). Ekki þótti ástæða til að mæla PSP- né ASP-eitrun. Þær tegundir sem geta valdið PSP- eða ASP-eitrun náðu ekki þeim fjölda eða stóðu það stutt við að ekki var talin hætta á eitrun.

Fyrst varð vart við DSP-eitrun í litlum mæli í byrjun júlí á stöð 1. Í lok júlí hafði hún aukist talsvert og var kræklingur, sem safnað var á stöð 1, óhæfur til neyslu frá lokum júlí þar til í nóvember þegar nokkuð hafði

dregið úr styrk eitursins. Á stöð 2 var eitrun mæld á tímabilinu frá lokum júlí til loka september. Kræklingurinn var óneysluhæfur vegna eitrunar í fimm skipti sem dreifðust yfir allt tímabilið sem mælingarnar náðu yfir. Í tvö skipti, 8. ágúst og 13. september, mældist lítil eða engin eitrun, en þó mældist eitrun í báðum tilfellum aftur strax viku seinna.

UMFJÖLLUN

Eins og áður sagði varð fyrst vart við svifþörunganna í Hvalfirði um miðjan mars en aðalgróður tímabilið stóð frá miðjum apríl og fram í miðjan september, þegar fór að draga verulega

úr vexti þörunganna (3. mynd). Það voru kísilþörungar sem fyrst birtust um vorið (4. mynd). Þeir náðu miklum fjölda og mynduðu svokallaðan vorblóma í apríl og maí. Þegar styrkur næringarefna minnkadi, í byrjun sumars, urðu smáir svipuþörungar ríkjandi ásamt smávöxnum kísilþörungum, svo sem *Skeletonema costatum* og *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, auk ýmissa skoruþörunganna¹ (5. mynd). Hliðstæð gróðurframvinda hefur fundist í fjörðum vestanlands.¹⁰ Fyrir austan land virðist gróður hins vegar fara talsvert seinna af stað á vorin, en árstíðabreytingar eru að öðru leyti svipaðar.¹¹

Eins og fram hefur komið þá fundust í Hvalfirði nokkrar tegundir sem vitað er að geta valdið skelfisk-eitrun. Allt eru það tegundir sem algengar eru í sjó við Ísland. Hér á eftir verður rætt nánar um þær tvær eiturmyndandi tegundir sem fundust í mestum þéttleika í Hvalfirði; skoruþörunginn *Dinophysis norvegica* og kísilþörunginn *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*.

Dinophysis norvegica

Blómi *Dinophysis norvegica* í Hvalfirði varð í júlí og ágúst þegar hitastig var hæst í sjónum, eða um 11°C, og lagskipting stöðug.¹ Dansk- ar rannsóknir á blóma *Dinophysis norvegica* sýna að hans er að vænta þegar hitastig sjávar er komið í 10–11°C.¹⁷ Aðrar athuganir á vexti *Dinophysis* spp. benda til þess að lagskipting sjávar skipti einnig máli og að *Dinophysis* spp. nái ekki að fjölga sér verulega fyrr en hún er orðin stöðug.¹⁸

Í Hvalfirði greindist *Dinophysis norvegica* í sýnum frá því í júní og þar til rannsóknum lauk í nóvember. Í fyrri athugunum í Hvalfirði varð tegundarinnar vart seinna og vöxtur hennar stóð skemur, eða frá því í júlí og þar til í byrjun september.¹⁹ Athuganir hafa verið gerðar á árstíðabreytingum á svifþörungagróðri í Ísafjarðardjúpi og Eyjafirði,²⁰ við Vestfirði¹⁰ og í Mjóafirði.¹¹ Þær sýndu allar að *Dinophysis norvegica*

Dagsetning	Stöð 1	Stöð 2
25. júní	0	-
7. júlí	1	-
15. júlí	0	-
21. júlí	1	-
30. júlí	2/3	2/3
8. ágúst	2	1
15. ágúst	2/3	4
25. ágúst	4	2/3
13. september	3	0
22. september	2/3	2/3
29. september	4	3
13. október	3	-
11. nóvember	2	-

0: ekkert eitur fannst; 1: eitur greindist í mjög litlum mæli; 2: kræklingurinn lítillga eitraður, en neysluhæfur; 3: kræklingurinn talsvert eitraður, óhæfur til neyslu; 4: kræklingurinn mjög eitraður.

er aðallega að vænta á tímabilinu frá júlí og fram í október. Þéttleikinn var yfirleitt mestur í ágúst og september, heldur seinna en í Hvalfirði, þar sem þéttleikinn var orðinn mjög mikill strax í júlí. Það sem var óvænt við niðurstöðurnar 1997 í Hvalfirði, miðað við fyrri athuganir hér við land, var hversu langt fram á vetur *D. norvegica* var í svifgróðrinum. Á síðasta söfnunardegi um miðjan nóvember var tegundin enn til staðar í nokkrum mæli. Við Vestur-Noreg hefur tegundin enn lengra vaxtartímabil og virðist geta sprottið upp hvenær sem er á tímabilinu frá seinni hluta mars fram í nóvember.²¹ *D. norvegica* myndar ekki dvalargró svo vitað sé og er því líklega í sjónum yfir veturinn, en í það litlum mæli að hún kemur ekki fram við venjulega söfnun.²²

Þegar blómi *Dinophysis norvegica* varð í Hvalfirði í lok júlí var styrkur ólífrænna næringarsalta vart mælanlegur. Styrkur ammóníums, sem ákveðnir hópar svifþörunga geta

nýtt sér, var hins vegar nokkuð hár fyrri hluta júlí og styrkur uppleystra lífrænna köfnunarefnissambanda var einnig hár á þessum tíma, en vitað er að ákveðnar *Dinophysis*-tegundir geta nýtt sér þau sem næringarefni.^{1, 23}

Flestar eitraðar tegundir ættkvíslarinnar *Dinophysis* eru taldar geta étið aðra einfrumunga með svokölluðu frumuáti og talið er að með því móti nái þörungarnir sér í nauðsynleg næringarefni, svo sem köfnunarefni og fosfór. Sú var ef til vill raunin í Hvalfirði sumarið 1997, því á sama tíma og *D. norvegica* var að ná hámarki voru smáir kísilþörungar, *Skeletonema costatum* og *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* í blóma, en þeir gætu verið hentug bráð fyrir *Dinophysis*.^{24, 25} Í Hvalfirði sáust oft fæðuleifar í átbólum *Dinophysis*-tegunda.

Viðmiðunarmörk, sem oft eru notuð til að segja til um hættu á DSP-skelfiskeitrun af völdum *Dinophysis norvegica*, eru 1000 frumur í lítra.¹⁶

2. tafla. Niðurstöður músaprófa á DSP-þörungaeitrun af kræklingi á stöðvum 1 og 2 í Hvalfirði 1997. Músaprófin voru framkvæmd á Tilraunastöð HÍ í meinafræðum að Keldum með aðferð Fernández o.fl.¹⁵ – Results of toxicity test on *Mytilus edulis* according to the method of Fernández et al.¹⁵

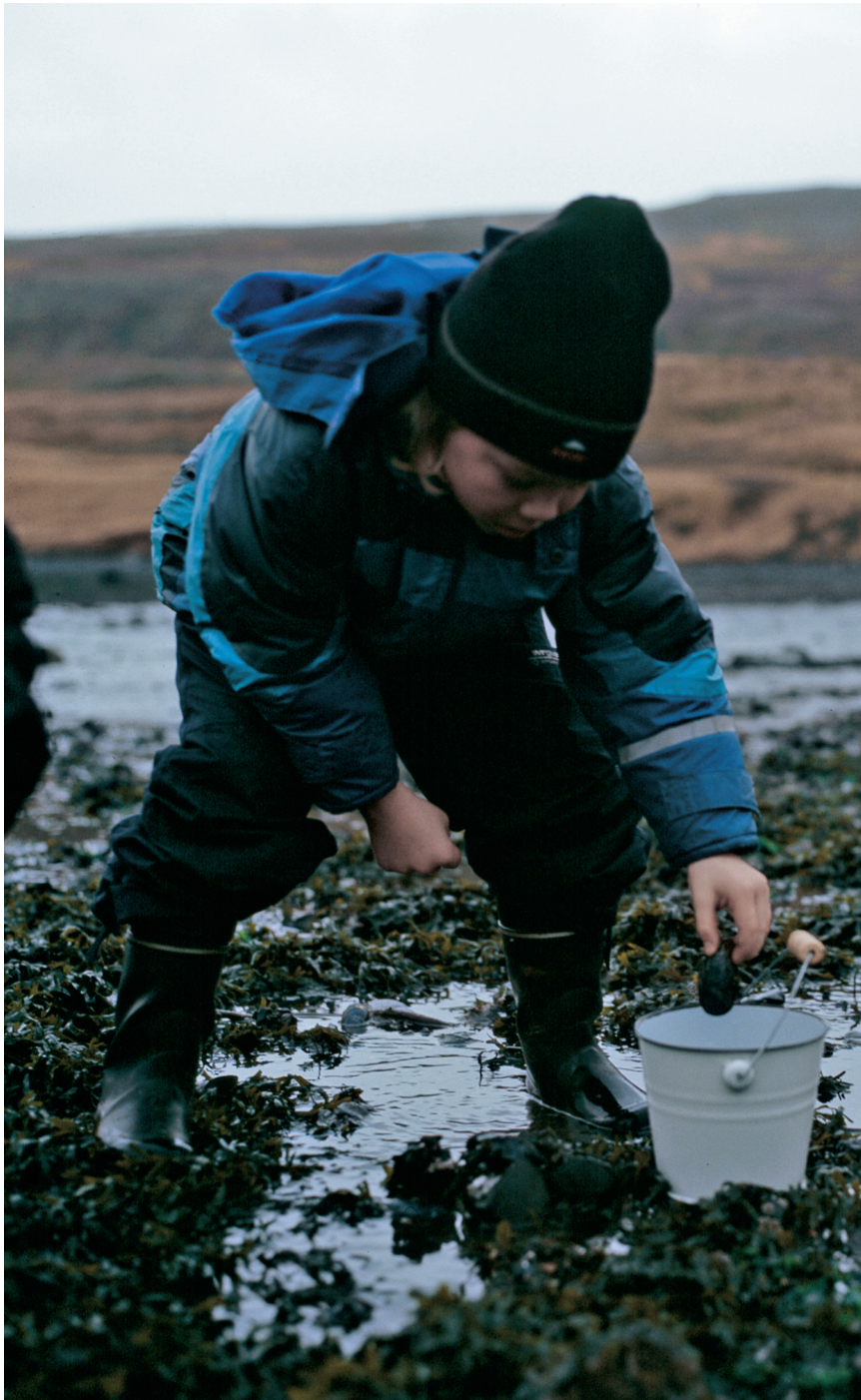
Fjöldi *D. norvegica* í Hvalfirði fór á rannsóknatímanum oft yfir þessi mörk. Niðurstöður úr DSP-eitrunarprófum á kræklingi sýna að kræklingurinn var fljótur að safna upp eitri eftir að *D. norvegica* fór að fjölga sér og var hann orðinn óneysluhæfur um lok júlí (2. tafla). Kræklingurinn var enn eitraður um miðjan nóvember þrátt fyrir að þéttleiki *D. norvegica* væri þá löngu kominn niður fyrir hættumörk. Þetta skýrist sennilega af því að á þessum árstíma var hlutfall *D. norvegica* enn tiltölulega hátt í gróðrinum, þó að svifþörunga-gróður hafi verið orðinn lítill og því lítið um æti fyrir skelfiskinn. Talið er að þegar lítill gróður er í sjónum losni eitur tiltölulega hægt úr kræklingi.¹⁶

Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima

Í Hvalfirði var mest af *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima* í júlí, tæplega 435 þúsund frumur í lítra. Eins og áður sagði er miðað við að þéttleiki *Pseudo-nitzschia*-tegunda þurfi að vera um 100 þúsund frumur í lítra til þess að hætta sé á eitrun af völdum kræklingaáts og þarf þessi þéttleiki að haldast í 3–4 vikur.^{16, 28} Í Hvalfirði hélst þessi mikli þéttleiki stutt og því ekki líklegt að hætta hafi verið á ASP-eitrun af þeim sökum, en það var

Það var seint í nóvember 1987 að dagblöð í Kanada lýstu því að dularfullt eitur hefði fundist í kræklingi frá Prince Edward-eyju, við austurströnd Kanada. Alls veiktust 107 manns af eitruninni sem var ASP-eitrun (amnesic shellfish poisoning) og dóu þrír.²⁶ Í ljós kom að staflaga kísilþörungur, *Pseudo-nitzschia multiseries*, olli eitruninni. Þetta var í fyrsta sinn sem vitað var til að kísilþörungur ylli skelfiskeitrun.

Í dag eru þekktar átta tegundir kísilþörunga sem mynda svokallaða „domoic-sýru“ sem veldur ASP-eitrun.²⁶ Það eru staflaga kísilþörungar sem allir tilheyra ættkvíslinni *Pseudo-nitzschia*, nema einn sem tilheyrir ættkvíslinni *Amphora*.²⁷ Á meðal þessara tegunda er *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, sem fannst í miklum fjölda í Hvalfirði sumarið 1997.



10. mynd. Ungi maðurinn á myndinni tinir krækling í fötuna sína þrátt fyrir kalsaveður, enda kominn vetur. Einna öruggast er líklega að tína krækling síðla vetrar og snemma vors. – A young man collecting blue mussels in winter. Late winter and early spring seem to be the safest seasons for mussel collecting. Ljósmynd./Photo: Karl Gunnarsson.

þó ekki mælt. *P. pseudodelicatissima* hefur áður fundist í talsverðum mæli hér við land, meðal annars við Vestfirði.¹⁰ Þar var blóminn til staðar í nokkrar vikur án þess að ASP-eitrun mældist í skelfiski á svæðinu. Rannsóknir á öðrum hafsvæðum hafa leitt í ljós að tegundin myndar

ekki alltaf eit.²⁹ Hins vegar hefur ASP-eitrun mælst í kræklingi víða í Norður-Atlantshafi eftir blóma *Pseudo-nitzschia*-tegunda. Það er því full ástæða til að vera á varðbergi og mæla ASP í skelfiski ef vart verður við mikinn þéttleika af *Pseudo-nitzschia*.

NIÐURLAG

Niðurstöður rannsóknarinnar í Hvalfirði árið 1997 sýna að þegar eiturbörungar voru til staðar var kræklingurinn fljótur að safna upp eitri, en það tók hann hins vegar langan tíma að hreinsa sig af því aftur. Skelfiskeitrunar getur því gætt mun lengur en aðalvaxtartími skorubörunganna varir. Neysla skelfisks úr Hvalfirði var varhugaverð frá því blómi *Dinophysis norvegica* varð í júlí og fram á vetur (10. mynd).

SUMMARY

Phytoplankton and shellfish poisoning in Hvalfjörður, Southwestern Iceland

During the year 1997 phytoplankton succession was followed in Hvalfjörður, southwestern Iceland (Fig. 2). Several species known to cause shellfish poisoning were found during the study. This paper describes the results with respect to the toxic algae found. Samples were collected approximately once every week at two stations in the inner part of Hvalfjörður. Phytoplankton species were determined and counted in quantitative samples and net samples were used for identification of species. Mussels, *Mytilus edulis*, were collected simultaneously for DSP-toxicity tests.

Eight potentially toxic species were found and some of them were present the whole year (Table 1). The diatom *Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima*, known to cause amnesic shellfish poisoning (ASP), occurred in large numbers in July; however, the blooming was unlikely to have poisoned shellfish in the area, mainly because of its short duration (Figs. 7 and 9). On the other hand, the dinoflagellate *Dinophysis norvegica*, known to cause diarrhetic shellfish poisoning (DSP), bloomed for a more extended period from July till September (Figs. 6 and 8). After September, *D. norvegica* was present only in low numbers. Toxicity tests on the mussels revealed high levels of DSP during the period from July until the sampling ended in November (Table 2). This shows that DSP in the mussels can be attained quickly and retained long after the algae causing it declines in number.

ÞAKKARÖÐ

Bestu þakkir færum við samstarfsfólki okkar á Hafrannsóknastofnuninni, Þórunni Þórðardóttur, Kristni Guðmundssyni, Sólveigu Ólafsdóttur, Kristínu Valsdóttur og Magnúsi Danielsen, fyrir margvíslega aðstoð. Kjartani Thors, skipstjóra á mb Bláskel, og Guðjóni Atla Auðunssyni, Rannsóknastofnun fiskiðnaðarins, þökkum við þeirra aðstoð. Ástþóri Gíslasyni og Kristni Guðmundssyni þökkum við fyrir að lesa greinina yfir í handriti og koma með gagnlegar ábendingar um ýmislegt sem betur mátti fara.

HEIMILDIR

- Agnes Eydal 2003. Áhrif næringarefna á tegundasmætningu og fjölda svifþörungna í Hvalfirði. Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit 99. 44 bls.
- Richardson, K. 1997. Harmful or exceptional phytoplankton blooms in the marine ecosystem. Í: *Advances in Marine Biology* (ritstj. Blaxter, J.H.S. & Southward, A.J.), Vol. 31. Academic Press Limited. Bls. 301–385.
- Sournia, A., Chrétiennot-Dinet, M.J. & Richard, M. 1991. Marine phytoplankton: how many species in the world ocean? *Journal of Plankton Research* 13(5). 1093–1099.
- Eggert Ólafsson & Bjarni Pálsson 1772. Vice-Lavmand Eggert Ólafsen og Land-Physici Bjarne Povelsens Reise igennem Island foranstaltet af Videnskaberne Selskab i København og beskrevet af forberedte Eggert Ólafsen. 1. og 2. del. Sorøe.
- Ólafur Ólafsson Ólavius 1780. Oeconomisk Reyse igennem de nordvestlige, nordlige, og nordostlige Kanter af Island, tilligemed Ole Henckels Underretning om de Islandske Svovel-Miuner og Svovel-Raffineri, samt Christian Zieners Beskrivelse over nogle Surterbrands-Fielde i Island. København. 284 bls.
- Hallegraeff, G.M. 2003. Harmful algal blooms: a global overview. Í: *Manual on Harmful Marine Microalgae* (ritstj. Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. & Cembella, A.D.). UNESCO, Paris. Bls. 25–50.
- Delmas, D. 1992. Environmental conditions which lead to increase in cell density of the toxic dinoflagellates *Dinophysis* spp. in nutrient-rich and nutrient-poor waters of the French atlantic coast. *Marine Ecology Progress Series* 89. 53–61.
- Anderson, D.M. 1998. Preface. Í: *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms* (ritstj. Anderson, D.M., Cembella, A.D. & Hallegraeff, G.M.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. Bls. V–VII.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir & Þórunn Þórðardóttir 1997. Vágastir í plöntusvifinu. Náttúrufræðingurinn 67. 67–76.
- Þórunn Þórðardóttir & Agnes Eydal 1996. Phytoplankton at the ocean quahoc harvesting areas off the northwest coast of Iceland 1994. Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit 51. 22 bls.
- Agnes Eydal 2003. Árstíðabreytingar í fjölda og tegundasmætningu svifþörungna í Mjóafirði. Í: *Umhverfisaðstaður, svifþörungar og kræklingur í Mjóafirði* (ritstj. Karl Gunnarsson). Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit 92. 29–42.
- Reglugerð nr. 260, 15. apríl 1999. Um veiðar, meðferð, vinnslu og dreifingu lifandi samloka. Sjávarútvegsráðuneyðið.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir 1994. Stofnstærðarmat og kortlagning kræklinga (*Mytilus edulis*) í Faxaflóa í júní 1994. Hafrannsóknastofnunin, fjölrituð skýrsla. 21 bls.
- Hasle, G.R. 1978. The inverted-microscope method (Settling). Í: *Phytoplankton manual* (ritstj. A. Sournia). UNESCO, Paris. Bls. 88–96.
- Fernández, M.L., D.J.A. Richard & A.D. Cembella 2003. In vivo assays for phycotoxins. Í: *Manual on Harmful Marine Microalgae* (ritstj. Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. & Cembella, A.D.). UNESCO, Paris. Bls. 347–380.
- Anderson, D.M., Andersen, P., Bricelj, V.M., Cullen, J.J. & Rensel, J.E. 2001. Monitoring and management strategies for harmful algal blooms in coastal waters. SPEC # 201-MR-01.1, Asia Pacific Economic Program, Singapore, and Intergovernmental Oceanographic Commission, Technical Series No. 59, Paris. Bls. 45–54.
- Sørensen, H.M. 1990. Toksiske og potentielt toksiske algers økologi i danske farvande. Fiskeriministeriets Industritilsyn, København. Bls. 63–146.
- Maestrini, S.Y. 1998. Bloom dynamics and ecophysiology of *Dinophysis* spp. Í: *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms* (ritstj. Anderson, D.M., Cembella, A.D. & Hallegraeff, G.M.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. Bls. 243–292.
- Guðrún G. Þórarinsdóttir 1987. Dyrkning af blå muslinger (*Mytilus edulis*) í Hvítanes, Hvalfjörður, Island. Specialopgave i biologi ved Århus Universitet. 61 bls.
- Kristinn Guðmundson & Agnes Eydal 1998. Svifþörungur sem geta valdið skelfiskeitrun. Hafrannsóknastofnunin, Fjölrit 70. 1–33.
- Dahl, E. 2004. Skadelige alger. Í: *Havets Miljø 2004* (ritstj. K. Sjötun). Fiskeriet og havet, særnummer 2/2004. Bls. 57–60.
- Matsuoka, K. & Y. Fukuyo 2003. Taxonomy of cysts. Í: *Manual on Harmful Marine Microalgae* (ritstj. Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M. & Cembella, A.D.). UNESCO, Paris. Bls. 563–592.
- Carlsson, P. & Granéli, E. 1998. Utilization of dissolved organic matter (DOM) by phytoplankton, including harmful species. Í: *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms* (ritstj. Anderson, D.M., Cembella, A.D. & Hallegraeff, G.M.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. Bls. 509–524.
- Granéli, E. & Carlsson, P. 1998. The ecological significance of phagotrophy in photosynthetic flagellates. Í: *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms* (ritstj. Anderson, D.M., Cembella, A.D. & Hallegraeff, G.M.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. Bls. 539–557.
- Hansen, P.J. 1998. Phagotrophic mechanisms and prey selection in mixotrophic phytoflagellates. Í: *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms* (ritstj. Anderson, D.M., Cembella, A.D. & Hallegraeff, G.M.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. Bls. 523–537.
- Bates, S.S., Garrison, D.L. & Horner, R.A. 1998. Bloom dynamics and physiology of domoic-acid-producing *Pseudo-nitzschia* species. Í: *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms* (ritstj. Anderson, D.M., Cembella, A.D., & Hallegraeff, G.M.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. Bls. 267–292.
- Maranda, L., Wang, R., Masuda, K. & Shimizu, Y. 1990. Investigation of the source of domoic acid in mussels. Í: *Toxic marine phytoplankton* (ritstj. Granéli, E., Sundstrom, B., Edler, L. & Anderson, D.M.). Elsevier, New York. Bls. 300–304.
- Todd, E.C.D. 1993. Domoic acid and amnesic shellfish poisoning – a review. *Journal of Food Protection* 56. 69–83.
- Bates, S.S. 1998. Ecophysiology and metabolism of ASP production. Í: *Physiological Ecology of Harmful Algal Blooms* (ritstj. Anderson, D.M., Cembella, A.D. & Hallegraeff, G.M.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. Bls. 404–426.

UM HÖFUNDANA



Agnes Eydal (f. 1958) lauk BS-prófi í líffræði frá Háskóla Íslands 1993 og MS-prófi frá sama skóla 2000. Agnes starfar hjá Hafrannsóknastofnuninni.



Karl Gunnarsson (f. 1950) lauk BS-prófi í líffræði frá Háskóla Íslands 1974 og doktorsprófi frá Parísarháskóla 1990. Karl starfar hjá Hafrannsóknastofnuninni.

PÓST- OG NETFÖNG HÖFUNDA /AUTHORS' ADDRESSES

Hafrannsóknastofnunin/Marine Research Institute
Skúlagötu 4
IS-101 Reykjavík

agnes@hafro.is
karl@hafro.is