

# **Þættir úr vistfræði sjávar 2003**

Environmental conditions in Icelandic waters 2003

Hafrannsóknastofnunin  
Marine Research Institute  
Apríl 2004



# Efnisyfirlit

## Contents

	bls. / page
Formáli	
<i>Forewords</i> .....	5
Ágrip	
<i>Icelandic summary</i> .....	7
1. Ástand sjávar og svifsamfélög	
<i>Environmental conditions and plankton communities</i> .....	9
2. Langtímabreytingar	
<i>Long-term changes</i> .....	18
3. Stuttar greinar um vistfræði sjávar	
<i>Short notes on marine ecology</i> .....	21
Héðinn Valdimarsson. ANIMATE verkefnið	
<i>The ANIMATE project</i> .....	21
Steingrímur Jónsson og Héðinn Valdimarsson. Áður óþekktur hafstraumur, sem flytur yfirfallssjó úr Íslandshafi til Grænlandssunds, finnst við Ísland	
<i>A previously unknown current, that carries Denmark Strait overflow water to the Denmark Strait, found north of Iceland</i> .....	23
Jón Ólafsson. Rannsóknir á blöndun sjávar og straumum í Norðurhöfum	
<i>Tracer experiment to evaluate currents and mixing in the Nordic Seas</i> .....	27
Ólafur S. Ástþórsson. MAR-ECO verkefnið	
<i>The MAR-ECO project</i> .....	29
Björn Björnsson. Áhrif hækkandi hita á vaxtarhraða hjá eldisfiski í sjókvímum við Ísland	
<i>Effects of increasing temperatures on growth rate of farmed fish in sea cages around Iceland</i> .....	33
Jónas P. Jónsson. Mat á náttúrulegum dauða hörpudisks, <i>Chlamys islandica</i> (O.F. Müller), í Breiðafirði út frá hlutföllum skelja á hjör	
<i>Estimate of natural mortality of chlams, Chlamys islandica, (O.F. Müller), in Breidafjörður, based on the ratio of empty shells on hinges</i> .....	37
Ingibjörg G. Jónsdóttir. Rannsóknir á stofngerð þorsks við Ísland	
<i>A study of stock discrimination of the Icelandic cod</i> .....	41
4. Viðauki (Umhverfisþættir í maí-júní 1952-2003)	
<i>Appendix (Environmental variables in May-June 1952-2003)</i> .....	43



## Formáli / Forewords

Á Hafrannsóknastofnuninni er unnið að margvíslegum rannsóknum á vistfræði sjávar og beinast þær m.a. að því að fylgjast með langtíma breytingum á ástandi sjávar og lífríki í yfirborðslögum. Á árabílinu 1985-1993 var tilteknum þáttum þessara rannsókna gerð nokkur skil í vistfræðikafla árlegrar skýrslu um ástand nytjastofna sjávar. Síðan 1994 hefur verið gefin út sérstök skýrsla um vistfræði sjávar og hefur þar verið fjallað nokkuð ítarlegar en áður var unnt um ástand sjávar og umhverfisþætti.

Skýrslan sem hér birtist fjallar um ástand sjávar og umhverfisþætti árið 2003, en einnig eru niðurstöðurnar settar í samhengi langtíma þróunar. Rannsóknir á ástandi sjávar og umhverfisþáttum hafa áratugum saman verið notaðar í sambandi við umfjöllun um líklega þróun nytjastofna og eru því einn af þeim þáttum er mynda forsendur ráðgjafar stofnunarinnar um verndun og nýtingu fiskistofnanna.

Í lokakafla ritsins er að finna safn stuttra greina um vistfræði sjávar eftir starfsmenn stofnunarinnar. Annars vegar er um að ræða fræðandi greinar um afmörkuð vistfræðileg efni og hins vegar er það kynning á fyrstu niðurstöðum vistfræðiverkefna sem unnið er að á stofnuninni.

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

Reykjavík 6. apríl 2004

Jóhann Sigurjónsson



## ÁGRIP

### *Icelandic summary*

Viðamesti kafli þessarar skýrslu fjallar um niðurstöður rannsókna á vistfræði sjávar við Ísland árið 2003. Sérstök áhersla er lögð á umhverfis- og vistfræðiathuganir að vorlagi, rannsóknum í hinum svokallaða vorleiðangri. Þá tekur við kafli um langtímabreytingar í umhverfisþáttum og svifi. Aftast í ritinu er svo safn stuttra greina um vistfræði sjávar.

Ástand sjávar á Íslandsmiðum árið 2003 einkenndist af sjávarhita og seltu yfir meðallagi eins og verið hefur síðan 1997. Þetta á bæði við um hlýsjóinn fyrir sunnan landið og einnig sjóinn á Norðurmiðum. Vetur og vor 2002 dró heldur úr áhrifum hlýsjávar á Norðurmiðum, en þau jukust aftur árið 2003. Botnhitinn var yfir meðallagi umhverfis landið, mest yfir landgrunninu sem er í samræmi við hlýjan yfirborðssjó.

Styrkur næringarefna í vorleiðangri árið 2003 var hár úti fyrir Vesturlandi, enda hafði þörungagróður þar lítið tekið við sér, nema inn við landið. Dreifing næringarefna sýndi að vorkoma gróðurs var annars staðar vel á veg kominn, nema í tungu frá Irmingerstraumi sem teygði sig inn á Siglunessnið. Vorblómi var yfirstaðinn í hafinu austur af landinu. Almennt má álykta að góð skilyrði hafi verið fyrir frumframleiðslu svifþörungna í yfirborðsjónum.

Átumagn var, þegar á heildina er litið nokkuð undir meðallagi, en djúpt norðaustur af landinu, á fæðuslóð norsk-íslensku síldarinnar þar sem átumergðin er jafnan mest við landið, var meira af átu en venjulega.

### **Stuttar greinar um vistfræði sjávar**

Fyrsta greinin fjallar um tilraunaverkefni evrópskra haffræðinga, verkefni sem gengur út á að hanna og prófa baujulagnir sem komið hefur verið fyrir úti í hafi með margslungnum sjálvvirkum mælíbúnaði á mismunandi dýpum. Markmiðið er að þróa tækjabúnað til samfelldrar vöktunar með gagnaflutningi um gervihnetti. Í annarri grein um haffræði er sagt frá áður óþekktum hafstraumi úti við landgrunnsbrúnina norðvestur af Íslandi. Um er að ræða nokkurs konar yfirfall frá Íslandshafi, aðrennsli á köldum og seltulágum sjó sem streymir suður um Grænlandssund, yfir í Grænlandshaf. Þessi sjór endurnýjar síðan djúpsjó í Atlantshafi, eins og fram kemur í þriðju greininni sem fjallar líka um fjölpjódlegt haffræðiverkefni. Þar er sagt frá hita- seltuhringrás heimshafanna og því hvernig blöndun sjávar í Norðurhöfum og straumar þaðan hafa verið raktir samkvæmt mælingum á brennisteins hexaflúoríði ( $\text{SF}_6$ ) sem sleppt var í sjó norður í Dumbshafi árið 1996.

Í fjórða pistlinum er greint frá öðru umfangsmiklu alþjóðlegu rannsóknaverkefni sem snýst um vistfræði og lífríki á úthafshryggnum í miðju Atlanshafi, frá Íslandi og suður til Azoreyja. Sagt er frá helstu markmiðum og þátttöku Íslendinga.

Undanfarin ár hefur sjór við Ísland verið hlýrri og saltari en meðaltöl fyrri mælinga segja til um og á jafnvel eftir að hlýna enn meir að margra álit. Það er því við hæfi að greina frá nokkrum verkefnum sem fjalla um áhrif breytinga á sjávarhita á sjávarlífverur. Í einni grein eru raktar niðurstöður tilrauna sem sýna áhrif sjávarhita á vöxt þorsks í eldiskvíum. Þorskar sem voru frá 2–2200 g að þyngd voru fóðraðir í kerjum með mismunandi heitum sjó og vaxtarferill þeirra rannsakaður. Síðustu tvær greinarnar fjalla um afmarkaða hluta úr námsverkefnum tveggja meistaranema sem vinna sín verkefni við stofnunina. Báðar hafa greinarnar skýrskotun til sjávarhita. Önnur er um forsendur og útreikninga á náttúrulegum afföllum í hörpudisksstofnum í Breiðafirði, en aukin afföll tengjast hugsanlega hækkandi sjávarhita. Síðasta greinin fjallar um aðferðir til að aðgreina þorska sem hrygna á mismunandi svæðum við landið. Annars vegar er skoðuð lögun kvarna og hins vegar greind efnasamsetning kvarna, en sýni eru tekin bæði í hlýja sjónum fyrir sunnan land og í kaldari sjó norðanlands.

# ÁGRIP Á ENSKU

## *English summary*

The first section of this report describes environmental monitoring in the waters around Iceland during the year 2003. The main emphasis is on research carried out during the annual spring survey. The second section describes long-term trends in environmental data, while the last section is a collection of short notes on some of the marine ecological work carried out by the Marine Research Institute.

Temperature and salinity during the year 2003 were above the long time average for Icelandic waters, as has been the case since 1997. This applies both to the warm Atlantic water to the south and west and the arctic waters north of Iceland. The extent of Atlantic water on the banks north of Iceland declined temporarily during the first half of 2002, but has increased again throughout the year 2003. Bottom temperatures were above the long-term average, especially on the shelf, reflecting the mentioned increase in seawater temperatures.

Judged by the decline in nutrients there had, in general, clearly been some growth of phytoplankton in May 2003, except for the Irminger Current west of Iceland. A tongue of Atlantic water with high concentrations of nutrients in the surface waters was reaching to the central parts of the shelf north of Iceland. The springbloom in the Atlantic water to the east of Iceland, the Norwegian Sea, had culminated.

The biomass of zooplankton was below the long-term average in spring 2003. As in previous years, zooplankton was most abundant in the foraging area of herring far off the east coast and in spring 2003 the abundance of zooplankton was above the long term average there.

### **Short notes on marine ecology**

An introduction on the goals of the European research project ANIMATE is presented in the first of eight short notes. One of the three buoys with automatic observation units that are operated by the project is located in the Irminger Sea. Scientists from the Marine Research Institute take part in this project and the first results of annual changes in seawater temperature from this buoy are given. A second note on oceanography describes a recently discovered current along the northwestern slope of the Icelandic shelf. The water flows from the Iceland Sea to the deep water passes in the Denmark Strait and then contribute to the renewal of the deep water of the Irminger Sea. This finding challenges the accepted idea of the path of deep water from the area north of the Greenland-Iceland ridge. The third short note, which is also on a multinational oceanographic project, describes an experiment which has been going on in the Greenland Sea, tracking the dispersal of a release of sulfur hexafluorid (SF<sub>6</sub>) in 1996. Results from 2002 are presented and the connection of the Oceanic Conveyor Belt with the deep-water formation in the Nordic Seas is mentioned.

The Marine Research Institute is a partner in the MAR-ECO project, participating in a research on the ecology of the northern parts of the Mid-Atlantic Ridge. The MAR-ECO project, which will cover the area from Iceland to the Azores islands, is a part of the international Census of Marine Life program.

The seawater temperature and salinity of the waters around Iceland has, in general, been above the long-term mean since 1997. It is relevant to consider the possible effect of temperature changes on some aspects of the marine life in Icelandic waters as at present it is a common view that the seawater temperature may continue to increase during the next decades. The results from experiments on the growth of cod, ranging in weight from 2 g to 2200 g and reared in several culture tanks with different seawater temperatures, are presented.

Some findings from two postgraduate projects carried out at the institute are presented in the two final notes. One is an account of increased natural mortality of scallops in Breidafjörður. The other is on possible separation, by otolith shape and chemical content, of different cod stocks spawning in distinct areas around Iceland.

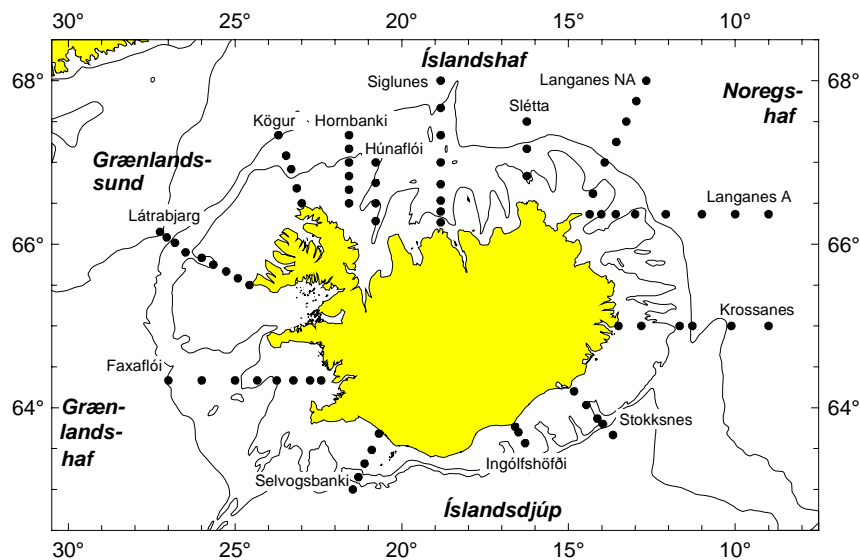


# 1. ÁSTAND SJÁVAR OG SVIFSAMFÉLÖG / ENVIRONMENTAL CONDITIONS AND PLANKTON COMMUNITIES

## Inngangur / Introduction

Árlega fylgist Hafrannsóknastofnunin með helstu umhverfisþáttum og svif-samfélögum á Íslandsmiðum. Flókið samspil margra umhverfisþátta hefur áhrif á fæðuvef sjávar og á það jafnt við um vöxt og viðgang nytjastofna við Ísland sem annars staðar. En það er vandasamt að meta umfang áhrifa af breytingum í umhverfinu út frá einstökum mælanlegum þáttum. Engu að síður er stöðugt verið að nota gögn sem safnað hefur verið í umhverfisrannsóknum til að skýra eða leita eftir samhengi við breytingar í lífríki sjávar. Í þessu hefti er gerð grein fyrir niðurstöðum athugana sem gerðar voru á árinu 2003.

Á tímabilinu frá janúar til desember 2003 voru hiti og selta mæld í hafinu umhverfis Ísland um það bil ársfjórðungslega. Mælt var á staðalsniðum (1. mynd), í þremur vetrarleiðöngrum í janúar til mars, í vorleiðangri í maí, í seiðaleiðangri í ágúst og síðan í sjórannsókn- og loðnuleiðangri í nóvember. Rannsóknir á svifi í yfirborðslögum sjávar voru framkvæmdar í vorleiðangri í maí og könnun á útbreiðslu fiskseiða var gerð í haustleiðangri í ágúst.

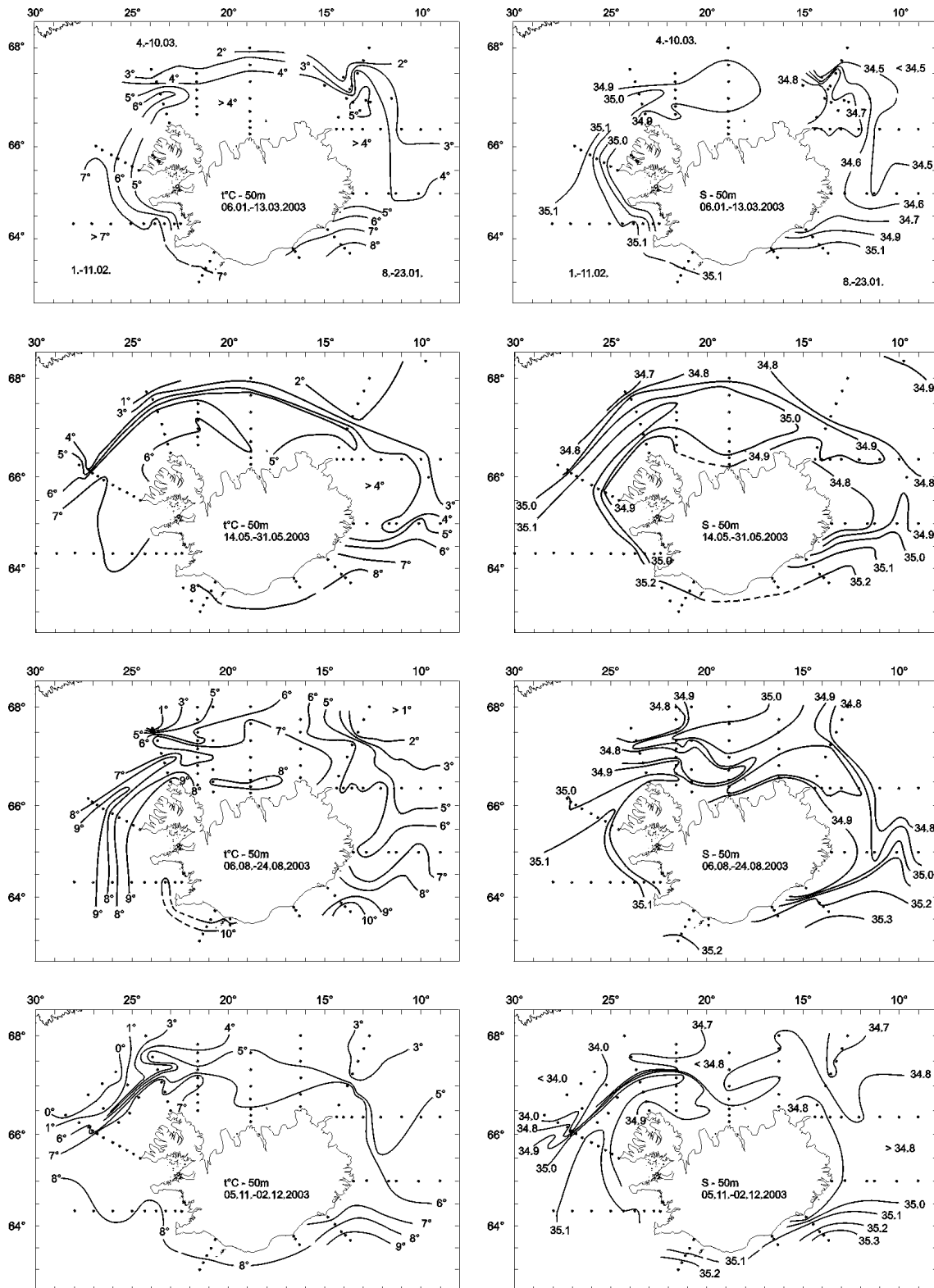


1. mynd. Staðalsnið með stöðvum þar sem fram fara reglubundnar mælingar og sýnatökur til sjó- og svifrannsóknna umhverfis Ísland. Dýptarlínur eru sýndar fyrir 200 og 500 m.

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

## Hiti og selta í yfirborðslögum / Temperature and salinity in surface layers

Á árinu 2003 var sjór á Íslandsmiðum almennt allnokkru hlýrri og saltari en í meðallagi á þeim tíma sem mælingar hafa staðið. Hlýsjórinn eða Atlantssjórinn að sunnan hélt áfram vel yfir meðallagi heitur og saltur miðað við meðaltal árána 1970 til 2002. Árið 2003 skilaði hlýsjór sér inn á Norðurmið í meira mæli en hann hefur gert mörg undanfarin ár, auk þess sem vetrarkælingar gætti lítið. Útbreiðsla hlýsjávar fyrir norðan land á öllum árstíðum var því með því mesta sem mælt hefur síðustu 30 ár (2. mynd). Að vori hefur ekki mælt meiri útbreiðsla norðan lands frá því að mælingar hófust um 1950, en mælingar að vori hafa staðið lengur en á öðrum tímum árs.



2. mynd. Vinstri dálkur sýnir sjávarhita (°C) og hægri dálkur seltu á 50 m dýpi í hafinu umhverfis Ísland, raðað ofan frá og niður í tímaröð fyrir febrúar, maí, ágúst og nóvember árið 2003.

Figure 2. Sea temperature (°C, left) and salinity (right) at 50 m depth in Icelandic waters, for February, May, August and November 2003, respectively ordered from above and down.

Í vetrarleiðöngurum í janúar til mars var Atlantssjórinn fyrir sunnan land áfram hlýr og selturíkur líkt og árin á undan. Atlantssjávar gætti vel norður fyrir Vestfirði og inn á Norðurmið. Á Norðurmiðum var tiltölulega hlýr og saltur sjór ( ~4-5°C, > 34,8 ). Hiti og selta í Austur-Íslandsstraumi voru fremur há (1-3°C, 34,8), en þó var seltan í yfirborði frekar lág (> 34,5) yst á Langanessniði. Vetrarleiðangur að þessu sinni var þrískiptur og gagnasöfnun dreifðist yfir lengri tíma en áður. Útbreiðslumyndir frá vetrinum 2003 eru því ekki samhangandi í tíma.

Í maí var Atlantssjórinn að sunnan bæði heitur og saltur (hiti 6-8°C og selta 35,0-35,2) og áhrifa hans gætti mun meira inn á Norðurmið en oft áður. Vel saltur hlýsjór (>35,0) náði óvenju langt til norðurs úti fyrir Norðurlandi. Jafnframt gætti áhrifa hlýsjávar í meira mæli austur fyrir land en á undanförunum árum og var hiti yfir 4°C langt austur fyrir landgrunnsbrún og hiti að jafnaði 1,5-2°C yfir langtímameðaltali á Norður- og Austurmiðum. Í Austur-Íslandsstraumi mældust hiti og selta há (1-3°, >34,8). Hin svonefnda kalda tunga var þannig mun utar en verið hefur undanfarin ár.

Í ágúst var hlýsjór áfram útbreiddur allt umhverfis landið. Hitastig í yfirborðslögum var að jafnaði 1-2°C yfir langtímameðaltali. Hiti og selta í Austur-Íslandsstraumi mældust einnig há svipað og í maí.

Í sjórannsókn- og loðnuleiðangri í byrjun vetrar (nóvember-desember) var enn tiltölulega hlýtt og salt þar sem Atlantssjávarins gætti, þó með vægri vetrarkælingu einkum úti fyrir Vestfjörðum. Hiti og selta voru þó áfram vel yfir meðallagi árstímans fyrir Norðurlandi, Norð-Austurlandi og á Austfjarðamiðum. Seltan í Austur-Íslandsstraumi hafði heldur lækkað frá því fyrr á árinu eða niður fyrir 34,7, en hiti var áfram hár.

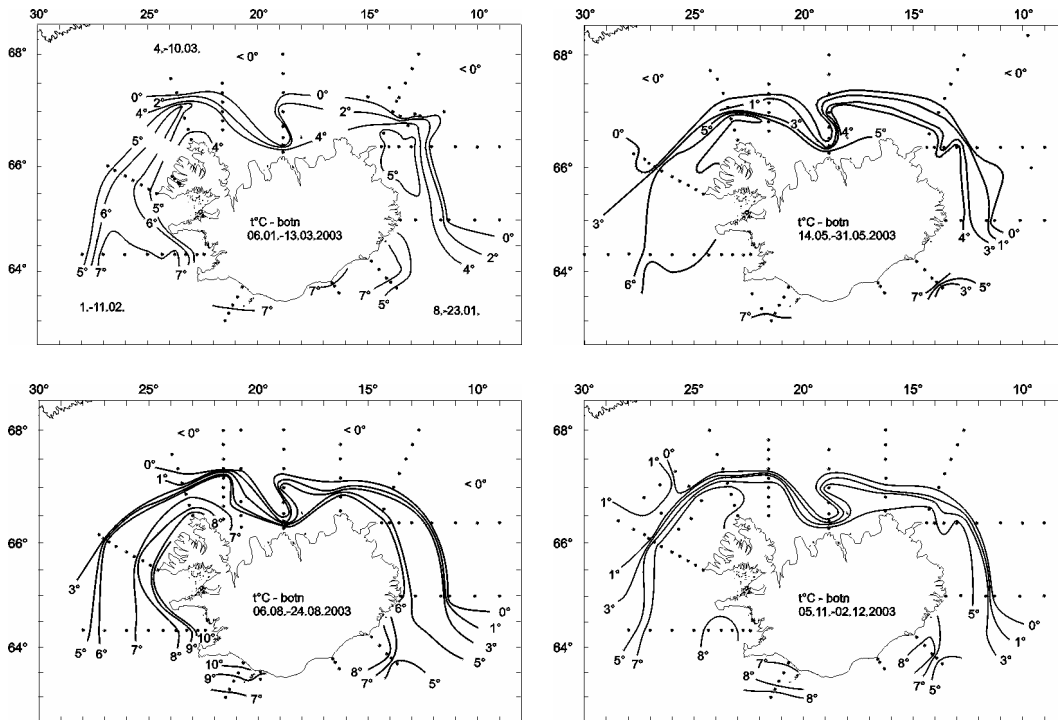
Almennt má segja að árið 2003 hafi yfirborðslög sjávar verið um 1-2°C heitari en í meðallagi og jafnvel meira norðaustan- og austanlands, jafnframt því að selta var almennt há.

#### **Botnhiti / Near bottom temperature**

Botnhiti á Íslandsmiðum í janúar-mars, maí, ágúst og nóvember-desember 2003 er sýndur á 3. mynd. Þegar myndin er skoðuð verður að hafa í huga mismunandi dýpi og fjarlægð frá landi. Augljós einkenni hitadreifingar við botn má t.d. rekja til áhrifa hlýja sjávarins á landgrunninu fyrir sunnan og vestan land og kalda sjávarins fyrir norðan og austan. Botnhiti á landgrunninu er þess utan, eins og vænta má, yfirleitt lægstur í febrúar-mars og hæstur í ágúst-september eða jafnvel síðar á árinu. Árssveifla er mest þar sem grynnt er við landið, en minnkar með vaxandi dýpi. Þannig er botnhiti alltaf undir 0°C utan við landgrunnsbrúnina norðan og austan lands (djúpsjór Norðurhafa) og úti fyrir miðju Norðurlandi (í Eyjafjarðarál, dýpi allt að 700 m) nær kaldur djúpsjórinn langt inn að landi og skiptir Norðurmiðum í vestari og eystri hluta. Í hlíðum landgrunnsins sunnan og vestan lands fer botnhiti einnig lækandi með vaxandi dýpi, en þó fer hann ekki mikið niður fyrir 4°C.

Botnhiti á landgrunninu sunnan lands og vestan árið 2003 var yfir meðallagi, 5-7°C í febrúar-mars, 6-7° í maí, 5-10° í ágúst og 5-8° í nóvember-desember. Úti fyrir Norður- og Austurlandi var botnhiti á landgrunninu í febrúar yfir meðallagi (2-5°C) og nokkru hærri en árin á undan. Vorið 2003 var hann 3-5°C, sem er einnig yfir meðallagi. Í ágúst mældist botnhitinn 3-6°C sem er yfir meðallagi yfir landgrunninu á þeim árstíma, en lækkaði svo aftur í nóvember-desember í 2-5° sem er einnig hærri en meðaltalið.

Botnhiti á íslenska landgrunninu árið 2003 var þannig yfir meðallagi umhverfis landið og frávikid frá meðalhitanum heldur meira yfir landgrunninu en þar sem dýpra er, sem endurspeglar hlýindi yfirborðslaga.



3. mynd. Hiti við botn (°C) í hafinu við Ísland í febrúar, maí, ágúst og nóvember, raðað eftir tímaröð ofan frá og til hægri fyrir árið 2003.

Figure 3. Near bottom temperature (°C) in Icelandic waters in February, May, August and November 2003, ordered from above and to the right.

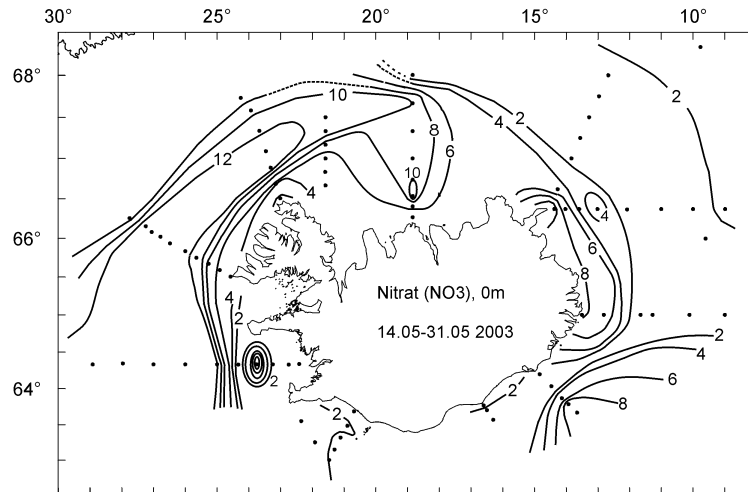
### Næringarsölt / Nutrients

Um hávetur þegar framleiðni þörungna er nánast engin er styrkur næringarsalta í yfirborði sjávar í árlegu hámarki. Nokkur munur er þó á styrk þeirra eftir svæðum við landið, hann er hærri (um  $13,5 \mu\text{mol l}^{-1}$ ) í hlýsjónum út af Suður- og Vesturlandi en í kalda sjónum fyrir norðan og austan land (um  $12 \mu\text{mol l}^{-1}$ ).

Vorið 2003 voru áhrif hlýsjávar mikil hér við land eins og verið hefur undanfarin ár. Hlýsjórinn streymir í norðurátt vestan við landið og inn á Norðurmið. Með hlýsjónum berast uppleyst næringarsölt og koma áhrif hans því fram í háum styrk uppleystra næringarsalta í yfirborðslögum. Þegar hlýsjór er á svæðinu er lagskipting í yfirborðssjónum ekki eins sterk og þegar kaldur sjórinn er ríkjandi og því meiri líkur á lóðréttri blöndun og endurnýjun næringarefna í yfirborðslögum. Allt getur þetta stuðlað að auknum vexti svifþörungna og aukið frjósemi svæðisins. Af dreifingu nítrats við yfirborð sjávar í maí (4. mynd) sést að mjög há gildi voru í hlýsjónum vestan og norðan við landið.

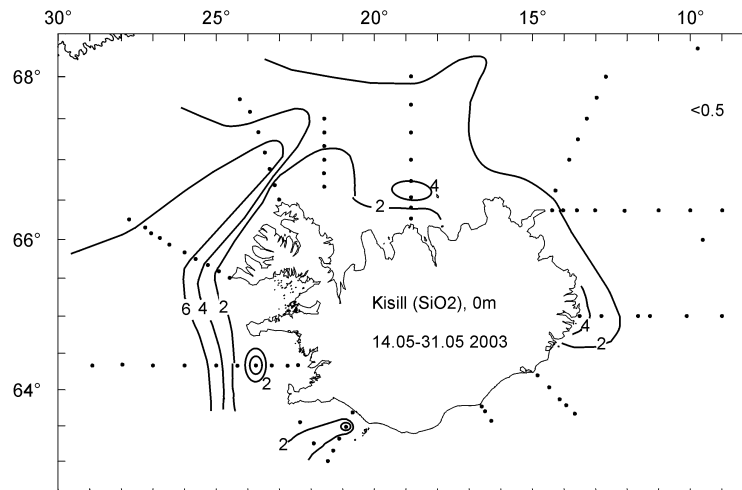
Styrkur fosfats í yfirborði fylgdi sem endranær svipuðu mynstri og styrkur nítrats enda nýta þörungar þessi næringarsölt jöfnum höndum.

Dreifing kísils í yfirborði vorið 2003 er sýnd á 5. mynd. Einungis kísilþörungar nýta uppleystan kísil þannig að ef blómi verður af kísilþörungum hverfur kísill úr upplausn annars ekki. Dreifing á styrk kísils árið 2003 (5. mynd) bendir til þess að kísilþörungar hafi verið veigamikill hluti vögróðursins í sjónum á stórum svæðum norðaustur og austur af landinu en í hlýsjónum vestur og norðvestur af landinu var enn talsverður kísill.



4. mynd. Styrkur nítrats ( $\text{NO}_3$ ,  $\mu\text{mól l}^{-1}$ ) við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland í maí 2003.

Figure 4. Concentration of nitrate ( $\text{NO}_3$ ,  $\mu\text{mole l}^{-1}$ ) at the surface in Icelandic waters in May 2003.



5. mynd. Styrkur kísils ( $\text{SiO}_2$ ,  $\mu\text{mól l}^{-1}$ ) við yfirborð í hafinu umhverfis Ísland í maí 2003.

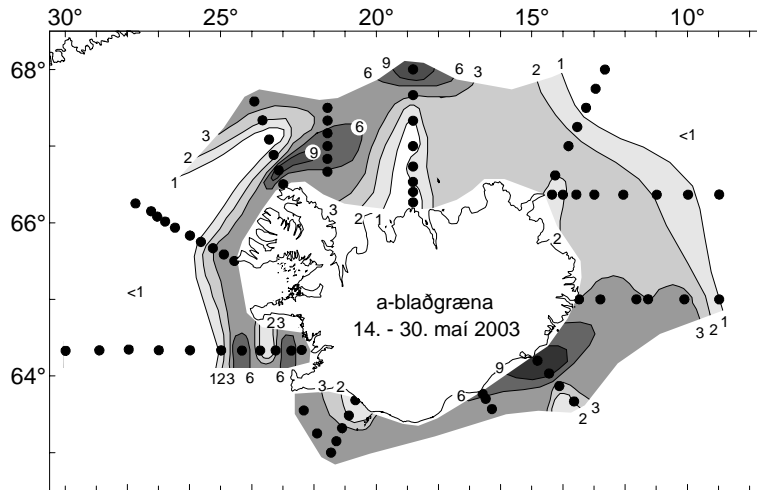
Figure 5. Concentration of silicate ( $\text{SiO}_2$ ,  $\mu\text{mole l}^{-1}$ ) at the surface in Icelandic waters in May 2003.

### Svifpörungar / Phytoplankton

Gróðurmagn í yfirborðslögum sjávar var kannað síðari hluta maí á hafsvæðinu umhverfis landið. Dreifing gróðurs á 10 m dýpi er sett út á kort (6. mynd) og framvindan metin með hliðsjón af niðurstöðum mælinga á styrk næringarefna.

Í Faxaflóa og yfir landgrunninu vestur með landinu var talsvert af gróðri um miðjan maí og talsvert gengið á styrk næringarefna (4. og 5. mynd). Lítil gróður var hins vegar í Atlantssjónum djúpt vestur af landinu eins og undanfarin ár og vorkoma gróðurs ekki hafin, eins og sjá má af styrk næringarefnanna.

Norðan, austan og sunnan landsins var almennt talsverður gróður og yfirleitt farið að líða að lokum vorblómans. Lítil gróður mældist þó á innanverðu Siglunessniði og hár styrkur næringarefna bendir til að þar hafi vorkoma gróðurs verið óvenju sein árið 2003. Öfugt við það sem átti við fyrir vestan land var vorblómi yfirstaðinn djúpt austur af landinu meðan styrkur næringarefna var hár á grynnsu stöðvunum. Því má vænta að framhald hafi orðið á vorblóma kísilþörunga á grunnslóð austan lands fyrri hluta júní og aukningu í gróðri djúpt vestur af landinu og undan Siglunesi.



6. mynd. Magn a-blaðgrænu ( $\text{mg m}^{-3}$ ) á 10 m dýpi vorið 2003.

Figure 6. Chlorophyll-a concentration ( $\text{mg m}^{-3}$ ) at 10 m depth in spring 2003.

## Dýrasvif / Zooplankton

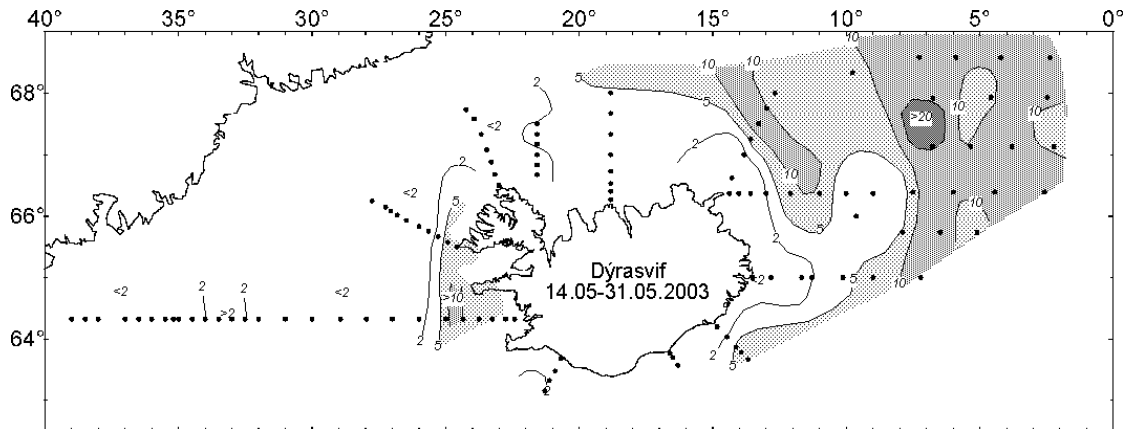
### Magn og dreifing átu að vor- og sumarlagi

Dýrasvif, eða áta eins og það er oftast kallað, gegnir mikilvægu hlutverki í vistfræði sjávar vegna þess að um það flyst frumframleiðsla svifþörunganna til efri fæðuþrepa og þar með talið fiskistofnanna. Athuganir á magni og útbreiðslu átu við landið eru mikilvægar til að auka skilning okkar á tengslum umhverfis, plöntu- og dýrasvifs við fiskistofnana við landið. Til að fylgjast með magni átu er henni safnað með fínriðnum háfum sem dregnir eru frá 50 m dýpi og upp að yfirborði á fjölmörgum rannsóknastöðvum allt í kringum landið. Í rannsóknastofu er lífmassi sýnanna mældur og samsetning átunnar metin í stórum dráttum. Ýtarlegri úrvinnsla fer svo fram þegar komið er í land.

### Átan vorið 2003

Árið 2003 var átumagn umhverfis landið kannað í maí, í vorleiðangri. Mest var af átu djúpt norðaustur og suðaustur af landinu og á grunnslóð fyrir Vesturlandi (7. mynd). Út af Vesturlandi var átumagn nálægt meðallagi, en heldur undir meðallagi norðan- og austanlands. Fyrir Suðurlandi og á Selvogsbanka var átumagn einnig nokkuð undir meðallagi. Mikið var af átu, einkum rauðátu, á fæðuslóð norsk-íslensku síldarinnar í Noregshafi. Á heildina litið var átumagn við landið í vorleiðangri árið 2003 nokkuð undir meðallagi.

Séu niðurstöður um átu bornar saman við sama árstíma vorið 2002 kemur í ljós að á Vestur- og Norðurmiðum var átumagn svipað og þá, en minna á Austur- og Suðurmiðum.



7. mynd. Útbreiðsla dýrasvifs í yfirborðslögum (g þurrvigt  $m^{-2}$ ) í hafinu við Ísland í maí (0-50 m). Á skyggðum svæðum er þurrvigt átu meiri en  $5 g m^{-2}$ .

Figure 7. Zooplankton distribution (g dry weight  $m^{-2}$ ) in the sea around Iceland during 14-31 May. Shaded areas: more than  $5 g dry weight m^{-2}$ .

### Fiskseiði / 0-group juveniles

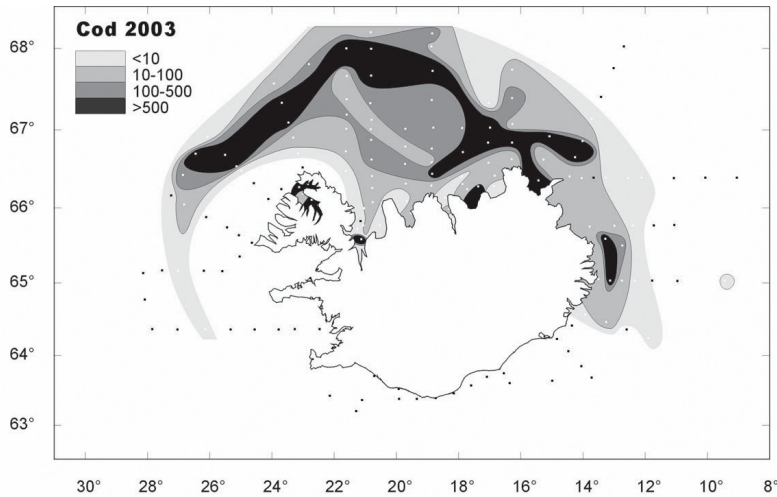
#### Magn og dreifing fiskseiða að hausti / Abundance and distribution in August

Leiðangrar til að kanna fjölda og útbreiðslu seiða helstu nytjafiska hafa verið farnir árlega síðan 1970. Markmiðið er að fá vitneskju um árangur klaks og fyrstu vísbendingar um árgangastyrk og væntanlega nýliðun í veiðistofn þessara tegunda.

Til að safna sýnum og kanna útbreiðslu seiðanna var notuð seiðaflotvarpa. Sigldar voru ákveðnar leiðarlínur og togað með reglulegu millibili. Viðbótartog voru tekin í lóðningum sem þóttu áhugaverðar. Seiðavísitölur fyrir þorsk, ýsu og loðnu eru fengnar með því að skipta öllu rannsóknarsvæðinu upp í svæði eftir seiðafjölda í togi. Meðalfjöldi seiða á togmílu innan hvers svæðis er margfaldaður með ákveðnum fasta og fæst þá vísitala sem svarar til þess að yfirferð vörpunnar hafi verið ein fersjómíla. Þessi vísitala er margfölduð með flatarmáli (fermílu fjölda) svæðisins og er þar með fengin vísitala þess. Þetta er endurtekið fyrir öll svæðin og samanlagðar seiðavísitölur þeirra allra gefa heildarvísitöluna. Árið 2003 fóru rannsóknirnar fram í ágúst og var rannsóknarsvæðið einskorðað við landgrunnið umhverfis Ísland og austasta hluta Dohrnbanka.

### Þorskur / Cod

Útbreiðslusvæði þorskseiða var víðáttumikið árið 2003 eins og á undanförunum árum. Mest var úti fyrir Norðurlandi eins og svo oft áður, en útbreiðslusvæði seiðanna náði allt frá Vestfjörðum að Suðausturlandi (8. mynd). Seiðin voru norðlægari en sést hefur á undanförunum árum og ekki eins nærri landi. Vísitala þorskseiða var há, eða 2368, og er þarna á ferðinni enn einn stór seiðaárgangur. Stærð seiðanna var umtalsvert meiri en sést hefur frá upphafi mælinga. Eins og fram kemur í síðustu umhverfisskýrslu Hafrannsóknastofnunarinnar hafa stóru seiðaárgangarnir frá 1997-2002 ekki skilað sér í veiði eða frekari rannsóknum eins og væntingar stóðu til. Ekki er ljóst hvað veldur en hugsanlega má skýra þetta að einhverju leiti með aukinni samkeppni um fæðu á seinni stigum og auknu sjálfráni.

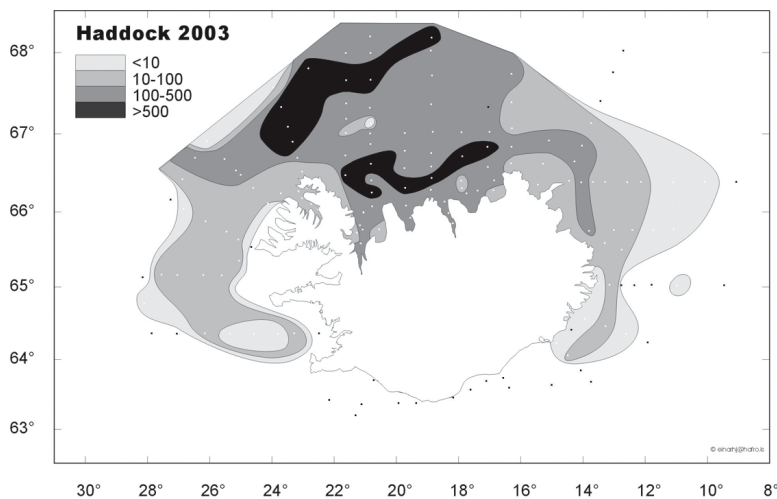


8. mynd. Útbreiðsla þorskseiða í ágúst 2003 (fjöldi seiða á togmílu).

Figure 8. Distribution of 0-group cod in August 2003 (numbers per nautical mile).

### Ýsa / Haddock

Útbreiðsla ýsuseiða var með venjubundnum hætti og fannst mest af seiðunum úti fyrir Norðurlandi (9. mynd). Annars var dreifingin mikil eins og búast má við af stórum seiðaárgangi en vísitala ýsuseiða var sú lang hæsta sem mælst hefur (1275) og voru seiðin stór og þroskavænleg. Svo virðist sem stórir seiðaárgangar í ýsu hafi komið betur fram í veiðistofni á undanförunum árum en samsvarandi stórir seiðaárgangar í þorski.



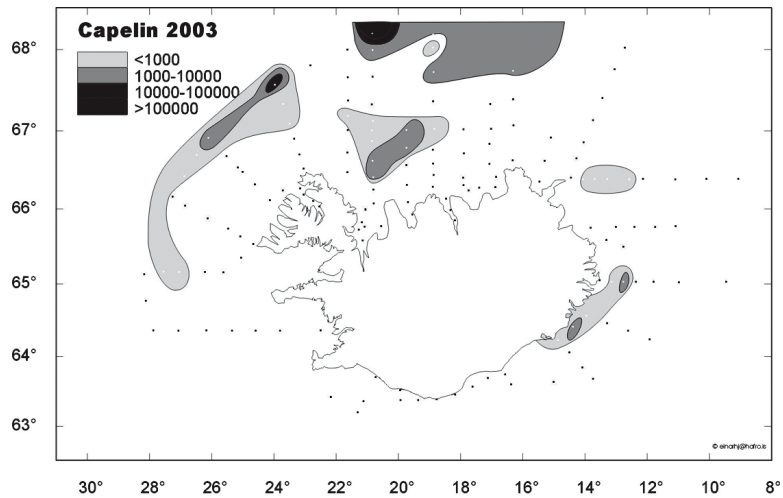
9. mynd. Útbreiðsla ýsuseiða í ágúst 2003 (fjöldi seiða á togmílu).

Figure 9. Distribution of 0-group haddock in August 2003 (numbers per nautical mile).



## Loðna / Capelin

Mjög lítið fannst af loðnuseiðum árið 2003 og var vísitalan sú lægsta sem mælt hefur í þessi 34 ár sem rannsóknirnar hafa verið gerðar. Seiðin voru nálægt meðallagi að stærð. Mest af því litla sem fannst var mjög norðarlega úti fyrir Norðurlandi (10. mynd), eða alveg í jaðri rannsóknasvæðisins. Hugsanlegt er að ekki hafi náðst að fullu til loðnuseiðanna vegna norðlægrar útbreiðslu þeirra en engu að síður er niðurstaðan nokkurt áhyggjuefni.



10. mynd. Útbreiðsla loðnuseiða í ágúst 2003 (fjöldi seiða á togmílu).

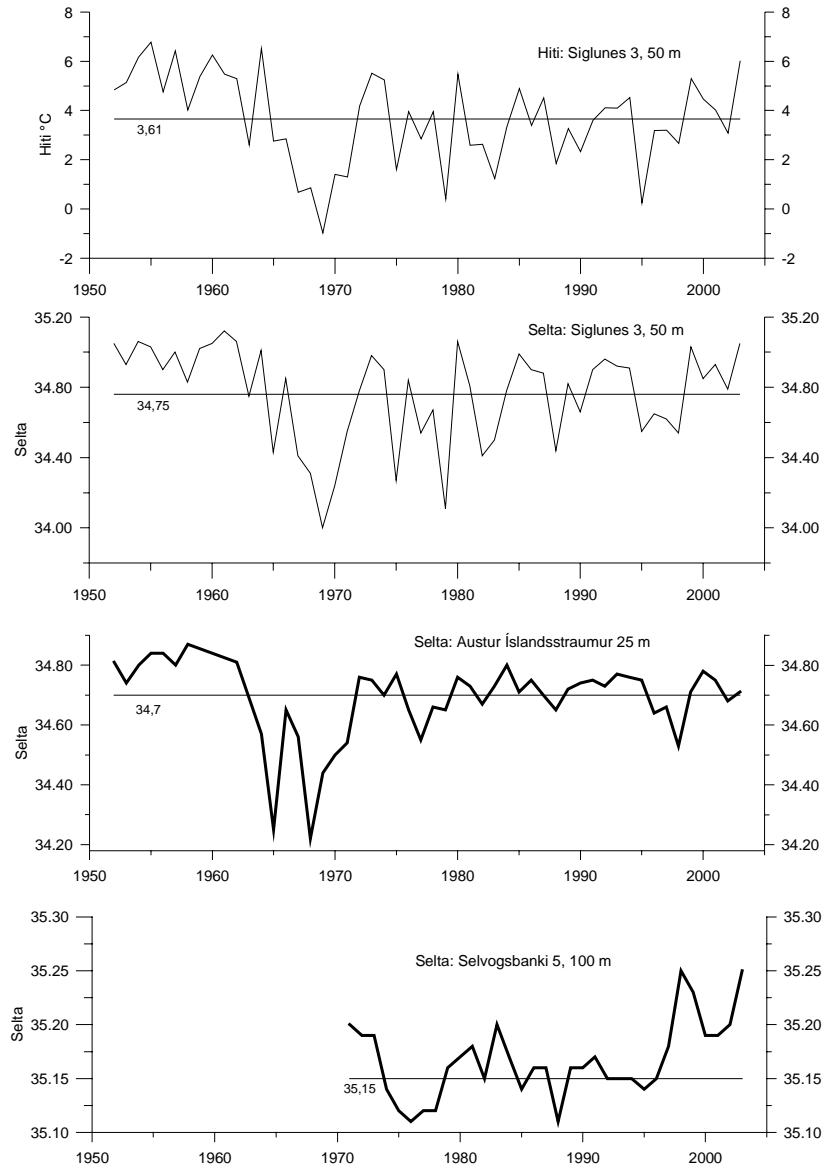
Figure 10. Distribution of 0-group capelin in August 2003 (numbers per nautical mile).

## Aðrar tegundir / Other species

Í seiðaleiðöngrunum fást ætíð seiði eða ungvíði fjölda annarra tegunda. Fjöldi og útbreiðsla annarra tegunda er nokkuð breytileg frá einu ári til annars. Árið 2003 var fjöldi tegunda annarra en þeirra sem hér eru nefndar 20. Það sem sérstaka athygli vakti var óvenju mikill fjöldi lýsuseiða og mikil dreifing þeirra allt í kringum landið.

## 2. LANGTÍMABREYTINGAR / LONG-TERM CHANGES

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



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

*Figure 11. Temperature and salinity deviations at 50 m depth at station 3 on the Siglunes section, salinity at 25 m depth in the East Icelandic current and salinity at 100 m depth at station 5 of the Selvogsbanki section. The horizontal lines indicate the means for the appropriate intervals, except when otherwise is stated. The numbers are, however, close to the means. At Selvogsbanki the value 35.15 can be used to differentiate between warm and cold years. The value shown for Siglunes and E-Iceland Current can also be used to differentiate between warm and cold years but it is actually the critical salinity point for the formation of sea ice (34.7). Please notice a different salinity scale for Selvogsbanki. The observations are from spring surveys and the location of stations are given in Figure 1 (the lowest station number is closest to the coast).*

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

Í hlýja sjónum á Selvogsbanka eru umhverfisaðstæður stöðugri en víðast hvar annars staðar við landið. Þó eru áraskipti í seltu þar eins og annars staðar og skiptast á tímabil með seltu hærri en 35,15 og lægri en 35,15 (11. mynd). Seltan þar var tiltölulega lág á árunum 1974-1978, 1985-1988 og svo aftur 1992-1995. Lágri seltu á Selvogsbanka fylgir að öllu jöfnu lágt hitastig. Árið 1996 varð vart heldur vaxandi seltu í hlýja sjónum á Selvogsbanka og árin 1997-99 jókst seltan enn frekar og var jafnvel hærri en mælst hafði síðan fyrir hafísárin á sjöunda áratugnum (>35,20). Árið 1998 náði seltan hámarki (35,25), síðan lækkaði hún nokkuð en hækkaði eilítið aftur 2002 og áfram 2003 og er nú á ný komin í það sama og hún var 1998.

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

### **Hiti og selta á Norðurmiðum / *Temperature and salinity on the North Shelf***

Hitastig og selta hafa verið mæld árlega að vorlagi út af Siglunesi í um hálfra öld (11. mynd). Eftir hlýviðrisskeið á norðanverðu Norður-Atlantshafi tók að kólna á sjöunda áratugnum. Svonefnd hafísár 1965-71 tóku við með köldum og seltulágum pólsjó í Íslandshafi. Áhrif pólsjárvarins tengdust þeim breytingum á hringrás hafstrauma í Norður-Atlantshafi sem áður var getið.

Eins og sjá má á 11. mynd hafa síðan 1971 skipst á „hlý“ ár (1972-74, 1980, 1984-87 og 1991-94) og „köld“ ár (1975, 1977, 1979, 1981-83, 1988-90 og 1995) á Norðurmiðum. Þeim síðarnefndu má skipta í pólsjárvarár og svalsjárvarár eftir ríkjandi sjógerðum og lagskiptingu í sjónum. Þannig flokkast árin 1981-83, 1989, 1990 og 1995 til svalsjárvarára í sjónum fyrir Norðurlandi, en þá var lagskipting tiltölulega lítil. Þetta ástand var sérstaklega áberandi árið 1995.

Niðurstöður frá árunum 1996-98 sýna að heldur hlýnaði á Norðurmiðum eftir 1995. Þessi ár lá þó ferskt og svalt yfirborðslag ofan á selturíkum hlýsjónum og dró það úr áhrifum hans. Seltan í þessu yfirborðslagi var lág (undir 34,7), í samræmi við seltu í Austur-Íslandsstraumi 1996-98 og lægri en mælst hafði síðan á hafísárinu 1988. Árið 1999 var sjórinn fyrir norðan kominn vel yfir meðalag bæði hvað varðar hita og seltu. Síðan dró lítillaga úr áhrifum hlýsjávar undan Norðurlandi næstu ár og voru í meðallagi samkvæmt mælingum árið 2002. Bæði hiti og selta, yfir landgrunninu, voru svo almennt yfir meðallagi árið 2003, einkum var útbreiðsla hlýsjávar mikil. Seltan í Austur-Íslandsstraumi náði hámarki 1999, lækkaði síðan niður fyrir meðalag vorið 2002 en hækkaði síðan 2003 og var eilítið yfir meðallagi.

### **Dýrasvif / *Zooplankton***

Í því augnamiði að fylgjast með breytingum í átumagni ár frá ári hafa verið gerðar árlegar athuganir á átumagni umhverfis landið í meira en 40 ár. Rannsóknirnar tengdust upphaflega síldarleit út af Norðurlandi og ná gögnin þaðan því lengst aftur í tímann, en frá árinu 1971 hefur þessum rannsóknum verið sinnt allt í kringum land í vorleiðöngum. Þær eru mikilvægar fyrir þekkingu okkar og skilning á breytingum á skilyrðum í hafinu við Ísland og tengslum umhverfis, lífríkis og ástands nytjastofna, jafnframt því að þær tengjast umhverfisrannsóknum á nálægum hafsvæðum.

Til þess að gögnin verði samanburðarhæf hefur þeim verið safnað á nokkurn veginn sama tíma ár hvert (maí-júní) með sömu aðferðum. Samanburður við önnur langtímaátugögn frá Norður-Atlantshafi hefur leitt í ljós að átumagn að vorlagi er góður mælikvarði á meðalátumagn ársins. Væntanlega segja því sveiflur í átumagni að vorlagi að einhverju leyti til um mismunandi heildarframleiðslu átu yfir sumarið, þótt að hluta megi einnig skýra þessar sveiflur með því að sá tími sem vorvöxtur átunnar hefjist sé breytilegur. Bæði

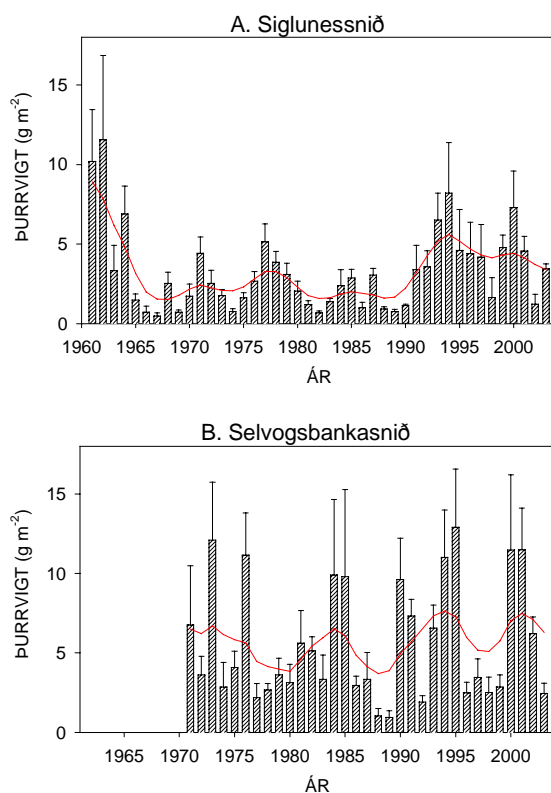
vorvöxtur og heildarframleiðsla dýrasvifsins eru talin ráðast meðal annars af umhverfisskilyrðum og fæðuframboði.

Langtímabreytingar á átumagni á Siglunes- og Selvogsbankasniðum eru sýndar á 12. mynd. Gildin sem sýnd eru á myndinni eru meðaltalsgildi fyrir allar stöðvar á viðkomandi sniðum. Fram kemur að miklar sveiflur hafa verið í átumagni á báðum sniðum.

Á Siglunessniði var átumagnið í hámarki þegar rannsóknirnar hófust í upphafi sjöunda áratugarins, en síðan hafa skipst á hæðir og lægðir, og hafa liðið um 6-10 ár á milli hámarka (sbr. keðjumeðaltölin á 12. mynd a). Áta var síðast í hámarki á Siglunessniði um árið 2000 en síðan hefur áta farið minnkandi.

Á Selvogsbanka var átumergð í hámarki í byrjun áttunda áratugarins, en fór svo lækkandi og komst í lágmark í lok hans (12. mynd a). Önnur hámerk í átumagni komu svo fram um miðjan níunda og tíunda áratuginn. Á Selvogsbankasniði var áta síðast í hámarki árin 2000 og 2001, eða um líkt leyti og á Siglunessniði, og eins og þar hefur hún farið minnkandi eftir það. Á Selvogsbankasniði hafa liðið um 7-11 ár á milli hámarksgilda (sbr. keðjumeðaltölin á 12. mynd b).

Ef átuhámarkið um miðjan áttunda áratuginn á Siglunessniði er undanskilið, má segja að árlegar sveiflur í átumagninu fyrir sunnan og norðan séu nokkurn veginn í takt (12. mynd). Rannsóknir Hafrannsóknastofnunarinnar hafa sýnt að þessar sveiflur eru í samræmi við langtímasveiflur átu á mun stærra svæði, eða í öllu norðanverðu Atlantshafi. Það bendir til þess að breytileikinn í átumagni stjórnist að verulegu leyti af hnattrænum þáttum sem hafa áhrif á víðáttumiklu svæði, líklegast tengdum veðurfari.



12. mynd. Breytingar á átumagni ( $\text{g þurrvigt m}^{-2}$ , 0-50 m) að vorlagi á a) Selvogsbankasniði, og b) Siglunessniði. Súlnurnar sýna meðaltöl allra stöðva á sniðinu (sbr. 1. mynd). Staðalskekkja er sýnd með lóðréttum strikum. Einnig er sýndur reiknaður ferill (7 ára keðjumeðaltöl) sem jafnar miklar óreglur einstakra ára. Lega rannsóknasniðanna er sýnd á 1. mynd.

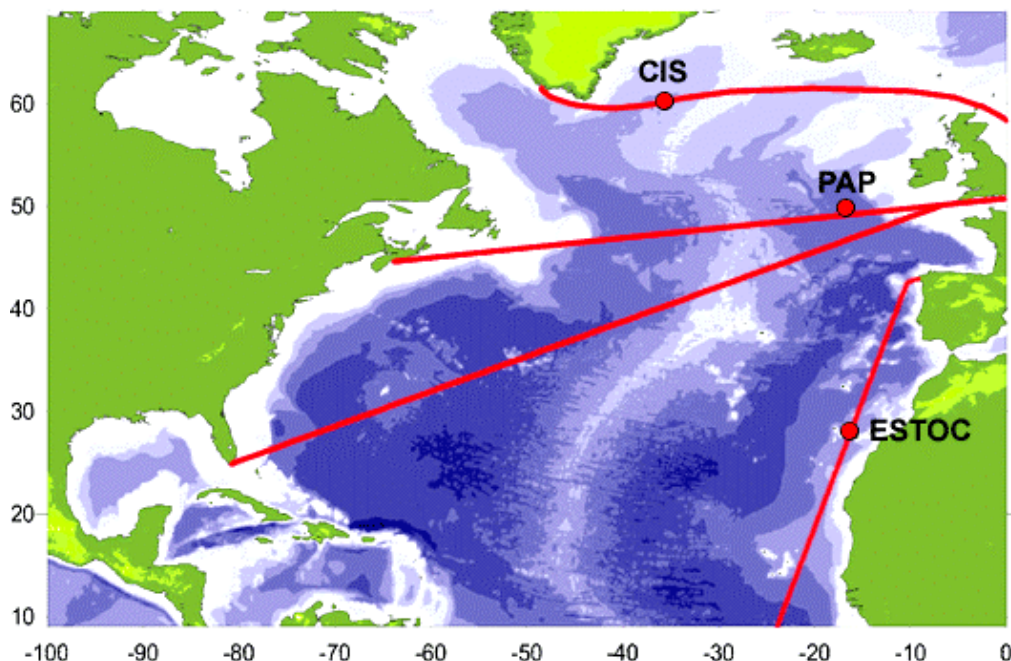
Figure 12. Variations in zooplankton biomass ( $\text{g dry weight m}^{-2}$ , 0-50 m) in spring at a) Selvogsbanki section, and b) Siglunes section. The columns show means for all stations at the respective sections and the vertical bars denote standard error. The curved line shows 7 year running mean. For location of the sections see Figure 1.

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

#### ANIMATE VERKEFNIÐ / THE ANIMATE PROJECT

Héðinn Valdimarsson  
Hafrannsóknastofnunin

ANIMATE er skammstöfun fyrir *Atlantic Network of Interdisciplinary Moorings and Timeseries for Europe*, sem er nafn á samstarfsverkefni nokkurra Evrópuþjóða. Í þessu verkefni hefur verið ætluð að koma upp sjálfvirkum mælistöðvum á þremur stöðum á Norður-Atlantshafi. Þessir staðir (1.mynd) eru í Grænlandshafi (Central Irminger Sea, CIS), vestur af Bretlandseyjum á svonefndum Porcupine Banka (Porcupine Abyssal Plain, PAP) og norður af Kanaríeyjum (ESTOC).



13.mynd. Mælistöðvar í ANIMATE verkefni og siglingaleiðir skipa sem notuð hafa verið til gagnaöflunar á sömu slóðum á undangengnum árum.

*Figure 13. The position of the ANIMATE buoys and ships routes in the respective areas that have been used to perform regular surface observations during the last years.*

Markmið verkefnisins er að þessar sjálfvirku mælistöðvar sendi gögn þau sem þær safna um gervihnetti til gagnamiðstöðvar í Southampton í Englandi, þar sem þau eru síðan aðgengileg þeim þau vilja nota. Áætlun verkefnisins er í takti við alþjóðlegt átak um að efla rauntímaathuganir á hafinu sem nýtast við haf- og veðurfarslíkanasmíði. Jafnframt er stefnt að sjálfvirkri mælingu á koldíoxíði í sjó, en það er talið aðkallandi í tengslum við mat á loftlagsbreytingum af manna völdum. Þetta verkefni tengist reyndar öðru sem þar sem koldíoxíð í sjó er mælt á siglingaleiðum fragtskipa, en þær eru sýndar á 13. mynd.

Þetta er þriggja ára verkefni sem hófst í lok árs 2001 og var fyrstu lögnunum komið í sjó um mitt ár 2002. Reyndar voru lagnir fyrir bæði á ESTOC og PAP stöðvunum, en þær sendu gögnin ekki í rauntíma. Þar þurfti því að endurhanna lagnirnar fyrir sendibúnað.

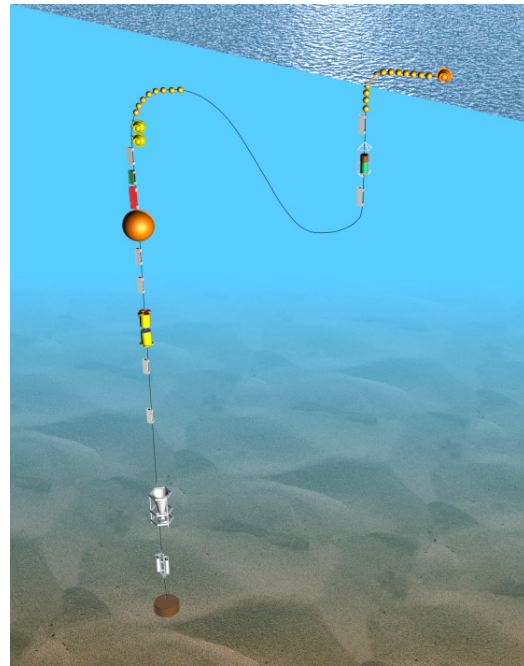
Hafrannsóknastofnunin hefur séð að mestu um lögnina eða mælistöðina í Grænlandshafi ásamt Hafrannsóknastofnuninni í Kiel í Þýskalandi. Sem stendur eru tvær lagnir á þessum stað, sunnanvert í Grænlandshafi á um 60°N og 40°V, og var önnur þeirra búin sendibúnaði til þess að senda gögnin. Þar sem mikið álag er á yfirborðsdufli vegna

ölduhreyfinga og erfiðra veðurskilyrða á þessum slóðum þá hefur sendiduflið verið hannað sem lítið kúlulaga flot líkast netabelg. ARGOS gagnasendingakerfið hefur verið notað við flutning gangnanna um gervihnetti til móðurstöðvar. Á lögnunum eru namar til mælinga á hita og seltu á vissum dýpum, straummælar, namar til mælinga á næringarefnum, koldíoxíði og þörungamagni í efri lögum sjávar. Einnig er komið fyrir setgildru á miklu dýpi til þess að meta hve mikið fellur til botns af lífrænum leifum.

Enn hefur ekki tekist að halda gangandi samfelldum sendingum á gögnum í eitt ár eins og stefnt var að, en það var viðbúið að ákveðna þróunarvinnu þyrfti til þess að það tækist. Tæring hefur verið helsta vandamálið en lagnirnar nota stálvírinn, sem heldur lögninni saman, til þess að bera rafboð til sendisins á yfirborði (14.mynd).

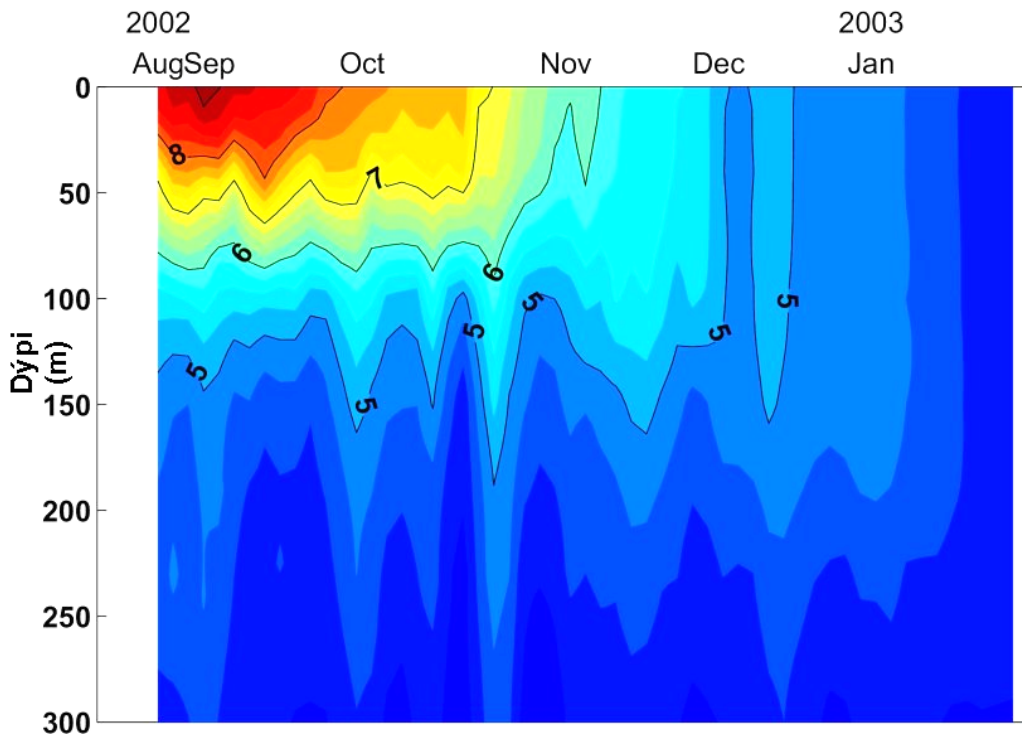
Gögnum frá nemum og mælitækjum er safnað í tölvuminni jafnframt því að þau eru send um gervihnött til þess að tryggja að gögnin tapist ekki þó sendingar mistakist. CIS lögnin verður tekin upp, yfirfarin og sett út aftur tvisvar á árinu 2004, í þeim tilgangi að tryggja sem best gagnasendingar allt árið.

Ýmsar athyglisverðar niðurstöður hafa fengist og má sjá á 15.mynd hvernig hitastig á CIS breyttist frá hausti 2002 til veturs 2003. Þessar niðurstöður og fleiri má sjá á heimasíðu verkefnisins, <http://www.soc.soton.ac.uk/animate/>.



14. mynd. Lögn með yfirborðssendi, nokkrum nemum á mismunandi dýpum og setgildru.

Figure 14. A buoy with data transmission unit at the surface, some instruments on the line and a sediment trap.



15. mynd. Hitabreytingar með tíma í Grænlandshafi.

Figure 15. Temperature changes with time in Central Irminger Sea.

# ÁÐUR ÓÞEKKTUR HAFSTRAUMUR, SEM FLYTUR YFIRFALLSSJÓ ÚR ÍSLANDSHAFI TIL GRÆNLANDSSUNDS, FINNST VIÐ ÍSLAND

## *A PREVIOUSLY UNKNOWN CURRENT, THAT CARRIES DENMARK STRAIT OVERFLOW WATER TO THE DENMARK STRAIT, FOUND NORTH OF ICELAND*

Steingrímur Jónsson<sup>1,2</sup> og Héðinn Valdimarsson<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hafrannsóknastofnunin

<sup>2</sup>Háskólinn á Akureyri

### Inngangur

Út um Grænlandssund streymir þungur djúpsjór sem sekkur til botns í Grænlandshafi og streymir síðan áfram eftir botninum langt suður um Atlantshaf. Þessi sjór hefur á ensku gengið undir nafninu “*Denmark Strait Overflow Water*” eða DSOW og mætti nefna hann á íslensku yfirfallssjó Grænlandssunds. Hann er mjög mikilvægur fyrir endurnýjun djúpsjárvar í Atlantshafi. Einnig er talið að flæði hans út um Grænlandssund ásamt yfirfalli milli Íslands og Skotlands valdi því að inn í Norðurhöf dragist heitur og selturíkur Atlantssjór í yfirborðslögum sem gerir það að verkum að sjórinn við norðanverða Evrópu, þar með talið Ísland er verulega hlýrri en annars væri. Lengi hefur verið deilt um uppruna yfirfallssjárvarins í Grænlandssundi. Swift (1980) ályktaði út frá greiningu á sjógerðum í Íslandshafi að mestar líkur væru á því að DSOW myndaðist í Íslandshafi. Hann gerði síðan ráð fyrir að sjórinn blandaðist inn í Austur-Grænlandsstrauminn og bærst svo með honum út um sundið suður í Grænlandshaf. Þessi ályktun var nauðsynleg vegna þess að á þeim tíma var ekki vitað um annan straum sem rynni út um Grænlandssund en Austur-Grænlandsstrauminn. Þá var talið að straumur væri til suðurs yfir landgrunnshlíðinni Grænlandsmegin sundsins en til norðurs yfir landgrunnshlíðinni Íslandsmegin. Innblöndun DSOW í Austur-Grænlandsstrauminn var síðar álitin of hæg til að geta skýrt mikið flæði á DSOW út um Grænlandssund. Þetta varð til þess að hugmyndir um að DSOW ætti uppruna sinn lengra í norðri þ.e. í Norður-Grænlandshafi (Strass o.fl. 1993; Rudels o.fl. 2002) eða jafnvel í Norður-Íshafinu (Mauritzen 1996a; Mauritzen 1996b) komu fram og er það sú tilgáta sem almennt hefur verið viðurkennd í vísindasamfélaginu á síðustu árum.

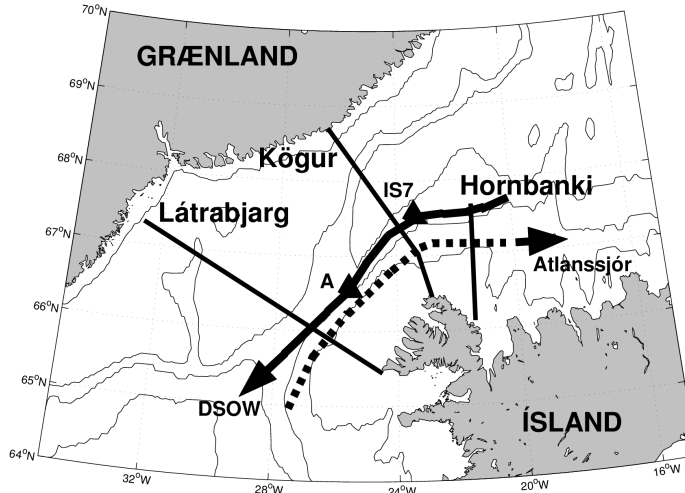
Þröskuldurinn í Grænlandssundi er um 630 m djúpur, þannig að það er sjór af þessu dýpi eða minna norðan þröskuldsins sem myndar DSOW. Sunnan sundsins hefur komið í ljós við strammælingar að þótt streymið sé mjög breytilegt yfir stuttan tíma þá er það mjög stöðugt ef litið er á meðaltöl yfir nokkrar vikur og sýnir engar árstíðasveiflur eða breytingar milli ára (Aagaard & Malmberg 1978; Dickson & Brown 1994). Þess vegna verður flæði þessa sjávar norðan sundsins og nálægt þröskuldinum einnig að sýna þessa eiginleika þ.e. skort á árstíðasveiflum og breytingum milli ára. Steingrímur Jónsson (1999) sýndi fram á þetta með strammælingum sem gerðar voru á árunum 1988-1991 yfir landgrunnshlíðinni bæði Íslands- og Grænlandsmegin sundsins um 200 km norðan þröskuldsins og fann að straumur á 500 m dýpi Grænlandsmegin sýndi miklar árstíðasveiflur og að hann sneri við yfir sumarið og streymdi til norðurs. Aftur á móti var straumur á 500 m dýpi Íslandsmegin, á stöð IS7 (16. mynd), stöðugur og sýndi lítil merki um árstíðasveiflur og litlar breytingar frá ári til árs. Straumurinn Íslandsmegin yfir landgrunnshlíðinni er því líklega sá straumur sem flytur DSOW til þröskuldsins og þaðan inn í Grænlandshaf.

Til að kanna hvort þessi straumur næði lengra inn í Íslandshaf var mældur straumur á Hornbankasniði (16. mynd). Þetta var gert með svokölluðum ADCP mæli sem fastur er á kili R/S Árna Friðrikssonar en hann getur mælt straum á mörgum dýpum frá yfirborði og niður á u.þ.b. 700 m dýpi undir skipinu meðan skipið siglir.

### Gögn

Hornbankasniðið liggur til norðurs á 21°35'V (16. mynd). Það er u.þ.b. 350 km frá þröskuldinum í Grænlandssundi. Siglt var yfir sniðið frá 66°30'N til 67°40'N. Þetta hefur nú verið gert þrívégis, þ.e. í nóvember 2001, 2002 og 2003. Í hvert skipti var farið fjórum

sinum yfir sniðið. Siglingin tók u.þ.b. 24 klst. sem eru u.þ.b. tvær sjávarfallasveiflur. Meðaltal er síðan tekið af öllum fjórum yfirferðunum til að minnka áhrif sjávarfallastrauma á niðurstöðurnar. Niðurstöður mælinganna nálægt botni eru ekki marktækar þar sem truflana gætir frá botninum. Tvisvar hvert ár voru hiti og selta mæld á sniðinu með 10 sjómílna millibili. Auk þess er stuðst við hita- og seltumælingar frá Látrabjargs- og Kögursniði (16. mynd).



16. mynd. Myndin sýnir botnlögun í Grænlandssundi. Dýptarlínur eru fyrir 200, 500, 1000 og 2000 metra dýpi. Hornbanka- Kögur- og Látrabjargssnið eru táknuð sem heilar línur. Þríhyrningarnir tákna staði þar sem straummælingar hafa verið gerðar IS7 og A. Brotna línan tákna flæði Atlantssjávar inn á Norðurmið en heila línan strauminn sem ber DSOW til þróskuldsins í Grænlandssundi.

Figure 16. Map showing the topography in the Denmark Strait area. The depth contours are 200, 500, 1000 and 2000 meters. The Hornbanki, Kogur and Latrabjarg hydrographic sections are indicated as straight lines. Triangles indicate where point measurements of currents have been made at IS7 and A. Currents have been measured with a vessel mounted ADCP on the Hornbanki section. The dashed path shows the flow of Atlantic water. The solid path indicates the new current carrying the Denmark Strait overflow water towards the Irminger Sea.

## Niðurstöður

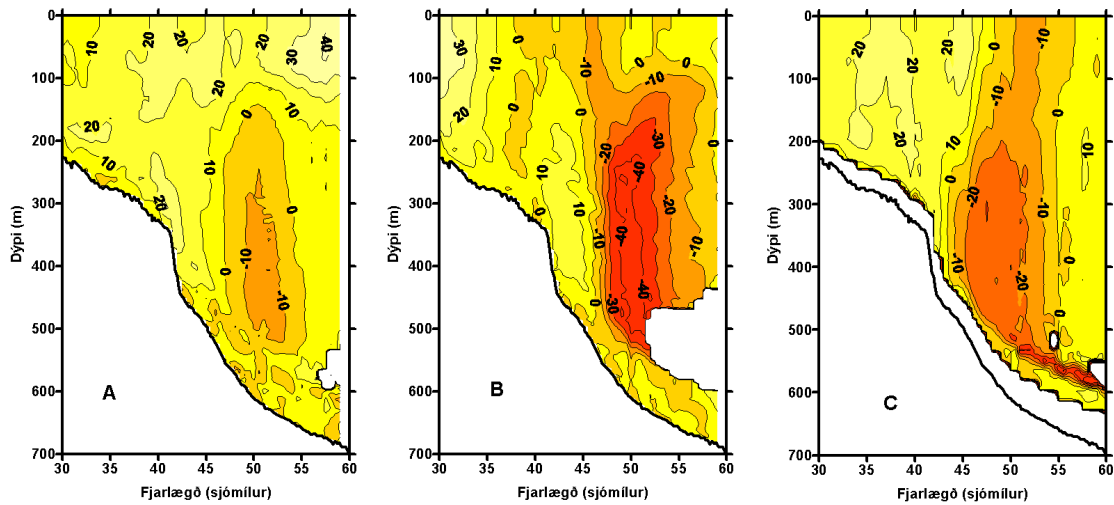
Skipta má straumnum í austur-vestur og norður-suður þætti en straumur á sniðinu er að mestu í austur-vestur stefnu. Meðaltöl austur-vestur þáttar straumsins fyrir hvert ár eru sýnd á 17. mynd. Uppi á landgrunninu er Atlantssjór sem streymir til austurs meðfram Norðurlandi. Yfir landgrunnshlíðinni verður straumurinn stöðugt veikari þar til hann að lokum snýr og stefnir þá til vesturs þar sem botndýpi er um 500 m. Þegar komið er á enda sniðsins hefur straumurinn snúist aftur. Þessi lýsing á við öll árin og reyndar um hverja yfirferð og þetta er þar af leiðandi ekki eitthvað sem sjávarfallastraumar leiða af sér. Straumurinn til vesturs er um 15-20 km breiður og nær frá botni (500-700 m dýpi) og upp að u.þ.b. 100 m dýpi, en stundum nær hann þó upp að yfirborði. Straumurinn sýndi svipaða gerð öll árin en hann var mun veikari 2001 en 2002 og 2003. Í nóvember 2002 náði hámarkshraðinn í straumnum meira en 40 cm/s í kjarna hans. Þessi munur stafar ef til vill af skammtímabreytingum í styrk straumsins eins og hefur sést í flæði DSOW sunnan Grænlandssunds (Aagaard & Malmberg 1978).

Flutningur sjávar með þessum straumi hefur verið metinn fyrir öll árin og var hann 0,6 Sv ( $1 \text{ Sv} = 10^6 \text{ m}^3/\text{s}$ ) árið 2001, 2,7 Sv árið 2002 en 1,7 Sv árið 2003. Flutningur á DSOW yfir þróskuldinn í Grænlandssundi hefur verið metinn af ýmsum og er á bilinu 2,1-3,3 Sv, (Ross 1984; Girtton o.fl. 2001; Saunders 2001). Straumurinn sem hér er greint frá gæti borið megnið af þessum sjó, sérstaklega ef gert er ráð fyrir að hann bæti í sig einhverju af umlykjandi sjó á leið sinni að þróskuldinum.

Til að skoða samsetningu sjávarins á leiðinni frá Hornbankasniðinu til Grænlandssunds er sýnt hita-seltulínurit (18. mynd) frá Hornbanka, á  $67^{\circ}30'N$  þar sem botndýpi er 600 m, frá Kögursniði, þar sem dýpi er 500 m ( $67^{\circ}20'N$ ,  $23^{\circ}40'W$ ) sem er

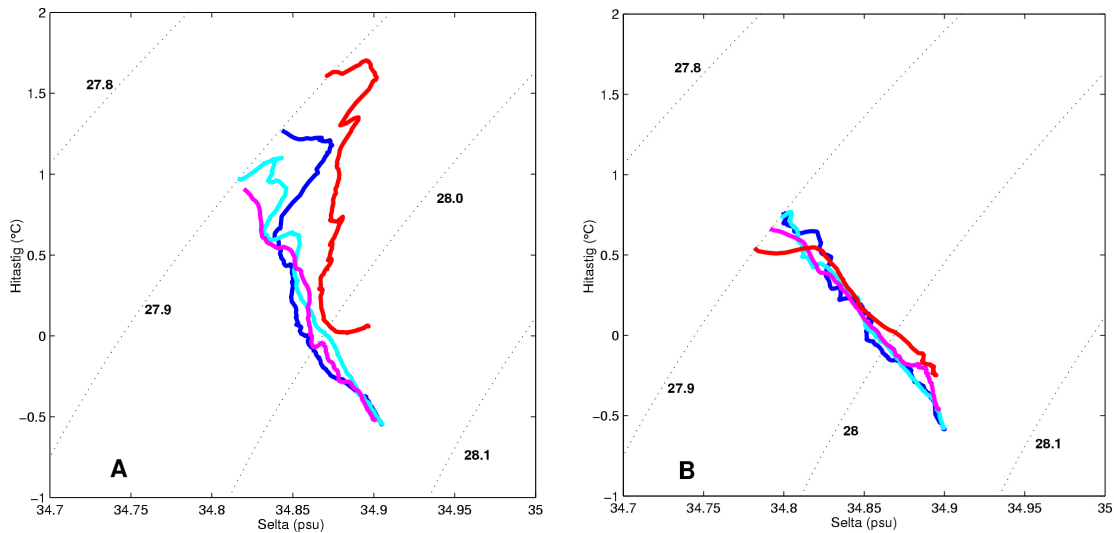


sennilega sú stöð sem er næst kjarna straumsins og rétt sunnan þröskuldsins á Látrabjargssniði, þar sem botndýpi er 660 m. Aðeins gildi þar sem eðlisþyngd sjávarins  $\rho_{pot} > 1027,9 \text{ kg/m}^3$  eru sýnd en oft er DSOW skilgreint sem sá sjór í sundinu sem hefur  $\rho_{pot} > 1027,95 \text{ kg/m}^3$ , (Strass o.fl. 1993).



17. mynd. Myndin sýnir straumhraða í cm/s á Hornbankasniði. Gult táknar straum til austurs en dekkri svæði tákna straum til vesturs og afmarka strauminn sem hér er fjallað um. A (nóvember 2001), B (nóvember 2002) og C (nóvember 2003). Flutningur sjávar með straumum er mældur í einingunni Sverdrup (Sv) og er  $1 \text{ Sv} = 1.000.000 \text{ m}^3/\text{s}$ . Flutningur sjávar með straumum er A (0,6 Sv), B (2,7 Sv) og C (1,7 Sv) á þessum þrem mismunandi tímápunktum.

Figure 17. E-W component of the current on the Hornbanki section. Yellow indicates current to the east but darker areas indicate current to the west and delimit the current discussed here. A (November 2001), B (November 2002) and C (November 2003). Transport with currents is measured in Sverdrups (Sv) and  $1 \text{ Sv} = 1.000.000 \text{ m}^3/\text{s}$ . The transport with the current is A (0.6 Sv), B (2.7 Sv) and C (1.7 Sv) for the three different times.



18. mynd. Myndin sýnir hitastig og seltu á fjórum stöðvum árin 2001 (A) og 2002 (B). Báðar bláu línurnar eru frá Hornbankasniði í kjarna straumsins þar sem dýpi er 600 m. Magenta línan er frá Kögursniði þar sem botndýpi er um 500 m og rauða línan er dýpsta stöðin (660 m) á Látrabjargssniði rétt sunnan þröskuldsins. Aðeins eru sýnd gögn þar sem  $\rho_{pot} > 1027,9 \text{ kg/m}^3$  eða  $\sigma_\theta > 27,9$ .

Figure 18. This figure shows the potential temperature ( $\theta$ ) versus the salinity at 4 stations in 2001 (A) and 2002 (B). The two blue lines are from the Hornbanki section where the bottom depth is about 600 m within the core of the current in fig. 2 and the magenta line is from the Kogur section where the bottom depth is about 500 m. The

red curve is the deepest station (660 m) on the Látrabjarg section just south of the sill. Only values with  $\sigma_\theta > 27.9$  are shown.

Samsetning djúpsjárvarins á Kögri og Hornbanka er nánast sú sama. Djúpsjórinn á Látrabjargi er hins vegar ögn léttari sérstaklega 2001, jafnvel þó sú stöð sé dýpri en hinar stöðvarnar. Sjórinn er örlítið heitari á Látrabjargi en munurinn í seltu er hinsvegar hverfandi. Þetta er eðlilegt þegar athugað er að að straumnum liggur hlýrri sjór á báðar hliðar. Austan megin streymir Atlantssjór til norðurs en að vestan liggur sjór sem ættaður er frá Svalbarða og er örlítið heitari og saltari en DSOW. Árið 2002 þegar straumurinn var mjög sterkur er minni munur á Látrabjargi og stöðvunum norðar. En árið 2001 þegar straumurinn var veikari er meiri munur á milli stöðva, sem bendir til að þá sé meiri blöndun við sjóinn í kring en 2002. Straumurinn þynnist sennilega og hraði hans eykst þegar nær kemur þröskuldinum. Þetta veldur líklega sterkara iðuflæði og meiri blöndun. Af sjógerðum norðan Grænlandssunds líkist sú sem er í þeim straumi sem hér er lýst mest þeim sjó sem er að finna í dýpsta hluta Grænlandssunds við þröskuldinn. Sjógerðagreiningin styrkir því þá ályktun að DSOW berist með þessum straumi til Grænlandssunds og þaðan suður í Grænlandshaf.

### Lokaorð

Hér hefur verið sýnt fram á að sá straumur til vesturs sem fundist hefur yfir landgrunnshlíðinni norður af Hornbanka er framhald þess straums sem mældur var á Kögursniði frá 1988-1991. Sjórinn hefur svipaða eiginleika og straumurinn einnig. Straumurinn er nægilega sterkur til að skýra megnið af flæði DSOW út um Grænlandssund ef gert er ráð fyrir blöndun við umlykjandi sjó. Líklegast er að uppruni straumsins sé í Íslandshafi en það breytir þeim hugmyndum sem notið hafa mestrar hylli undanfarið um það hver uppruni DSOW er. Brýnt er að kortleggja strauminn frá Hornbanka til upphafsins og rannsaka ítarlega hvernig hann hegðar sér yfir lengri tíma en það gæti haft í för með sér dýpri skilning á aðstæðum í hafinu norðar í Íslandshafi.

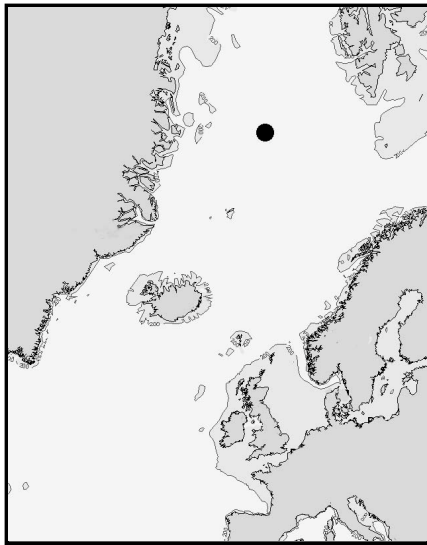
### Heimildir

- Aagaard K. & S. -A. Malmberg 1978. Low-frequency characteristics of Denmark Strait overflow. *ICES CM 1978/C:47*.
- Dickson R. R. & J. Brown 1994. The production of North Atlantic Deep Water: sources, rates and pathways. *J. Geophys. Res.* 99: 12319-12341.
- Girton J. B., T. B. Sanford & R. H. Käse 2001. Synoptic sections of the Denmark Strait overflow. *Geophys. Res. Lett.* 28: 1619-1622.
- Mauritzen C. 1996a. Production of dense overflow waters feeding the North Atlantic across the Greenland-Scotland Ridge. Part 1: Evidence for a revised circulation scheme. *Deep-Sea Res.* 43: 769-806.
- Mauritzen C. 1996b. Production of dense overflow waters feeding the North Atlantic across the Greenland-Scotland Ridge. Part 2: An inverse model. *Deep-Sea Res.* 43: 807-835.
- Ross C. K. 1984. Temperature-salinity characteristics of the "overflow" water in Denmark Strait during "OVERFLOW '73". *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* 185: 111-119.
- Rudels B., E. Fahrbach, J. Meincke, G. Budéus & P. Eriksson 2002. The East Greenland Current and its contribution to the Denmark Strait overflow. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 1133-1154.
- Saunders P. M. 2001. The Dense Northern Overflows, In G. Siedler, J. Church, J. Gould, Eds.: *Ocean circulation and climate*. (Academic Press, San Diego), pp. 401-417.
- Steingrímur Jónsson. 1999. The circulation in the northern part of the Denmark Strait and its variability. *ICES CM 1999/L:06*, 9 pp.
- Strass V.H., E. Fahrbach, U. Schauer & L. Sellmann 1993. Formation of Denmark Strait Overflow Water by mixing in the East Greenland Current. *J. Geophys. Res.* 98: 6907-6919.
- Swift J. H. 1980. Seasonal processes in the Iceland Sea with especial reference to their relationship to the Denmark Strait overflow, Ph.D. thesis, 296 pp, University of Washington Seattle.

## RANNSÓKNIR Á BLÖNDUN SJÁVAR OG STRAUMUM Í NORÐURHÖFUM / TRACER EXPERIMENT TO EVALUATE CURRENTS AND MIXING IN THE NORDIC SEAS

Jón Ólafsson  
Hafrannsóknastofnuninni og Háskóla Íslands

Árið 1996 hófst tilraun til að meta blöndun sjávar og strauma í Norðurhöfum. Þessi tilraun var þáttur í evrópsku rannsóknaverkefni sem nefndist ESOP-2. Frá árinu 2001 til janúarloka 2004 var henni haldið áfram með verkefninu TRACTOR sem var styrkt í 5. evrópsku rammaáætluninni. Í ágúst 1996 var dreift 320 kg af brennisteins hexaflúoríði ( $\text{SF}_6$ ) á um 300 m dýpi á afmörkuðu svæði á  $75^\circ\text{N}$  og  $2^\circ\text{V}$  norður í Dumbshafi (19. mynd). Þetta efni er skaðlaust lífverum og hefur þann kost að hægt er að mæla styrk þess í sjó þó hann sé orðinn örlítill vegna þynningar, eða við útþynningu sem nemur allt að  $1:10^{15}$ . Dreifing



19. mynd. Losunarsvæði  $\text{SF}_6$  í miðju Dumbshafi.

Figure 19. Release area of  $\text{SF}_6$  in the central Greenland Sea.

efnisins með blöndun niður í djúpin og með straumum út frá losunarsvæðinu hefur síðan verið athuguð reglulega í leiðöngum á norskum, breskum, bandarískum, þýskum og sænskum rannsóknaskipum. Niðurstöður þeirra athugana hafa veitt nýjar upplýsingar um djúpsjávarmyndun í Dumbshafinu og flæði sjávar út úr Dumbshafi í átt að skörðum sem eru í neðansjavarhryggnum milli Grænlands, Íslands, Færeyja og Skotlands.

Í ársfjórðungslegum leiðöngum Hafrannsóknastofnunarinnar var skipulögð sjósýnasöfnun til að fylgjast með því hvort sjór með  $\text{SF}_6$  væri kominn norðan að inn í Íslandshaf og suður í Grænlandssund eða að Íslands-Færeyjahryggnum. Mælingar í þessu verkefni hafa fléttast saman við rannsóknir á því hvernig hafið tekur upp koltvíoxíð,  $\text{CO}_2$ , úr lofti. Tilgangurinn er að meta þátt djúpsjávarmyndunar og

hita-seltu hringrásarinnar í flutningi koltvíoxíðs niður í hafdjúpin til langtíma geymslu.

Sú kenning hefur verið sett fram, að við aukin gróðurhússáhrif geti breytingar orðið á hita-seltu hringrásinni og straumakerfum Norður-Atlantshafs

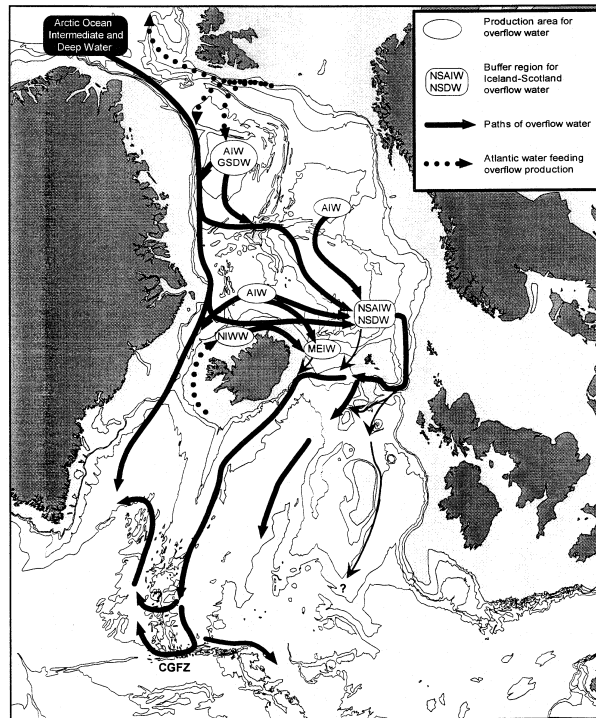
og að þær breytingar gætu jafnvel leitt til svæðisbundnar kólnunar. Við það yrðu einnig breytingar á flæði  $\text{CO}_2$  milli lofts og sjávar, sem aftur hefði áhrif á styrk  $\text{CO}_2$  í lofti. Í stuttu máli er þetta sá fræðilegi grunnur sem er á bak við þessi rannsóknaverkefni og ástæða þess að mikill áhugi er á rannsóknum á Norðurhöfum.

Hita-seltu hringrás heimshafanna felst í því að tiltölulega saltur hlýsjór sem flæðir norður Norður-Atlantshaf (Golfstraumurinn) miðlar varma til andrúmsloftsins, kólnar og kælingin getur aukið svo eðlismassa þessa sjávar að hann sekkur og myndar djúpsjó einkum í Dumbshafi, Labradorhafi og Íslandshafi (20. mynd). Djúpsjórinn í Norðurhöfum flæðir suður yfir hryggina milli Grænlands og Íslands, Íslands og Færeyja, Færeyja og Skotlands. Þessi sjór ber með sér einkenni sem hann fékk við kólnun, samskipti við loft og blöndun í Norðurhöfum. Djúpsjavarflæði fer suður Atlantshaf og áhrif þess eru talin ná allt til Norður-Kyrrahafs og er hringrás þessari stundum líkt við færiband sem dregur hlýjan yfirborðssjó norður eftir Atlantshafi. Hlýsjórinn hefur þau áhrif á veðráttu, hjá okkur og í Vestur-Evrópu, að lofthiti er um  $6^\circ\text{C}$  hærri en annars staðar á svipuðu breiddarbili á jörðu. Hita-seltu hringrás heimshafanna er nátengd veðurfari við Atlantshaf og á norðurhveli en hún er talin viðkvæm fyrir breytingum sem verða vegna sívaxandi gróðurhússáhrifa í lofthjúpi jarðar. Því er á alþjóðlegum vettvangi fræðanna lögð mikil áhersla á að auka þekkingu á hita-seltu hringrásinni, einkum aðstæðum sem hafa áhrif á það hvort hún minnkar eða vex.

Djúpstraumarnir sem endurnýja djúpsjó í Atlantshafinu eru í höfuðdráttum úr djúpi Norðurhafa, yfir Grænlands-Íslands-Færeyja-Skotlands hryggina (20. mynd).

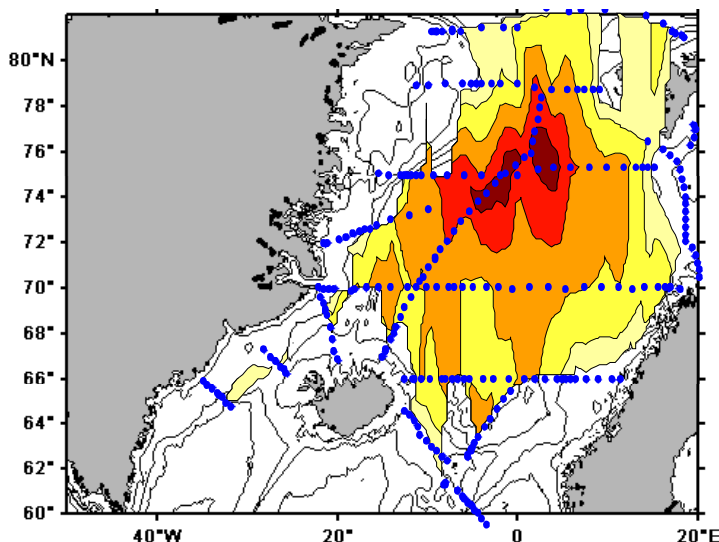
Dreifing SF<sub>6</sub> sumarið 2002 var kortlögð í leiðöngrum á sænska ísbrjótnum Odin og bandaríska rannsóknaskipinu Knorr (21. mynd). Hver blár punktur táknar athuganastöð þar sem sýnum var safnað á mörgum dýpum til að finna hvar hámarksstyrkur væri og til að finna hvað mikið væri samtals af SF<sub>6</sub> milli yfirborðs og botns eins og fram kemur á dreifingarmyndinni. SF<sub>6</sub> hefur blandast niður á allt að 1800 m dýpi í Dumbshafinu og árið 1999, aðeins þremur árum eftir losun mældist það í sjó djúpt í Grænlands-sundi.

Tilraunin til að fylgjast með hreyfingum og blöndun djúpsjár í Norðurhöfum, með því að rekja útbreiðslu SF<sub>6</sub>, hefur skilað mikilvægum niðurstöðum sem hafa m.a. nýst til að bæta reiknilíkan af hafsvæðinu. SF<sub>6</sub> hefur greinst í sjó sem tekinn var djúpt sunnan Grænlands-Íslandshryggjar og einnig í rennuni milli Færeyja og Skotlands. Þar er útbýnning efnisins þó orðin svo mikil að nálgast greiningamörk og því ósennilegt að hægt verði að fylgast frekar með sjó sem berst suður eftir djúpi Atlantshafsins. En kviknað hefur hugmynd að annarri tilraun sem gæti falist í því að blanda SF<sub>6</sub> í djúpsjó rétt norðan Grænlands-Íslandshryggjar.



20. mynd. Djúpstraumar úr Norðurhöfum suður Atlantshaf (Hansen & Østerhus 2000).

Figure 20. Deep currents from overflow water production areas flowing southward. (Hansen og Østerhus 2000).



21. mynd. Dreifing SF<sub>6</sub> sumarið 2002, sex árum eftir losun (Upplýsingar frá Marie Jose Messias, University of East Anglia).

Figure 21. Distribution of SF<sub>6</sub> in the summer of 2002, 6 years after release. (Information from Marie Jose Messias, University of East Anglia).

## Heimildir

Hansen, B. & S. Østerhus, 2000. North Atlantic-Nordic Seas exchanges. *Progress in Oceanography*, 45: 109-208.

## **MAR-ECO: ALÞJÓÐLEGAR HAFRANNSÓKNIR Á MIÐ-ATLANTSHAFS-HRYGGNUM**

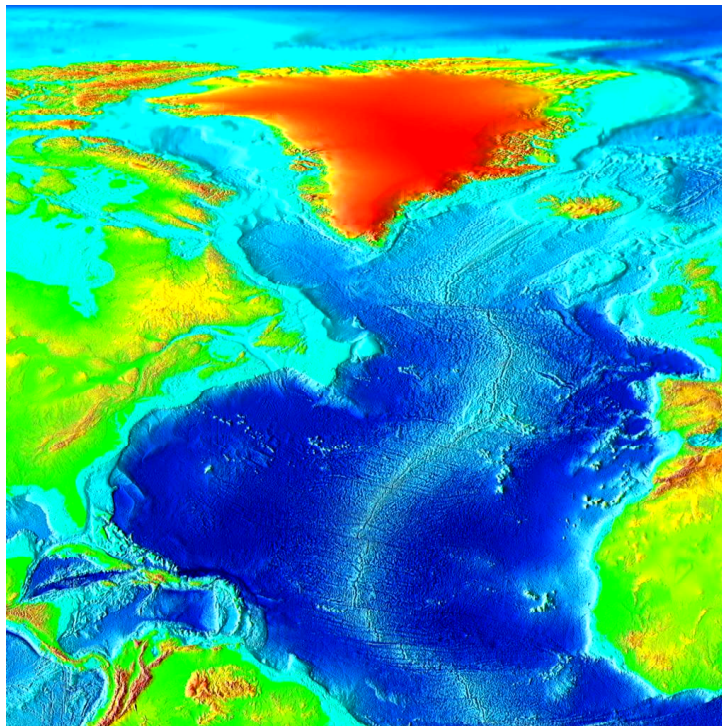
### **MAR-ECO: INTERNATIONAL MARINE RESEARCH ON THE MID-ATLANTIC RIDGE**

Ólafur S. Ástþórsson  
Hafrannsóknastofnuninni

Hafrannsóknastofnunin er þátttakandi í fjölþjóðlegu rannsóknaverkefni MAR-ECO (Mid Atlantic Ridge Ecology) sem beinist að vistkerfi Mið-Atlantshafshryggjarins milli Íslands og Azoreyja (22. mynd). Meginmarkmið verkefnisins eru að rannsaka útbreiðslu, magn og fæðutengsl lífvera og greina þá haf- og líffræðilegu ferla er valda breytingum á þessum þáttum. MAR-ECO verkefnið er hluti af svokallaðri *Census of Marine Life* rannsóknáætlun (CoML) en CoML er vaxandi samstarfshópur vísindamanna í 45 löndum sem taka þátt í 10 ára rannsóknáttaki til þess að meta og skýra fjölbreytileika, útbreiðslu, og magn lífvera í heimshöfunum í fortíð, nútíð og framtíð (sjá nánar <http://coml.org>). Hér verður fjallað nánar um MAR-ECO verkefnið, markmið, undirbúning og framvindu til þessa.

#### **Sérstætt umhverfi og lítt kannað lífríki**

Þrátt fyrir að miðhafshryggirnir myndi víðáttumikið og samhangandi kerfi um nær öll heimshöfin hafa tiltölulega takmarkaðar rannsóknir verið gerðar á þeim samfélögum lífvera sem er að finna í tengslum við þá. Víða á og yfir miðhafshryggjunum er til staðar sérstætt lífríki, en jafnframt er talið að hryggirnir skipti miklu máli í sambandi við göngur og útbreiðslu dýrastofna sem halda sig við landgrunnshlíðar meginlandanna. Segja má að vegna margbrotinnar botnlögunar og fjölbreytilegra aðstæðna eru miðhafshryggirnir áhugaverðir en lítt kannaðir sem búsvæði í heimshöfunum. Telja má líklegt að rannsóknir á þeim muni leiða til nýrrar og áhugaverðrar vitneskju um þau samfélög lífvera sem þar er að finna.



22. mynd. Milli Íslands og Azoreyja teygir Mið-Atlantshafshryggurinn sig yfir 1500 mílur og einkennist af ósléttum neðansjávarfjallgördum, sigdölum, brotabeltum og eldfjallaeyjum (mynd frá US National Oceanographic Data Center).

*Figure 22. The Mid-Atlantic ridge between Iceland and the Azore islands (With permission of US National Oceanographic Data Center).*

## **Veiðar og rannsóknir á undaförnum árum**

Miðhafshryggirnir og hafsvæðin í námunda við þá hafa um áraraðir verið veiðisvæði fjölþjóðlegra flota togara og línubáta. Veiðar á uppsjávarfiskum í úthafinu hafa einkum beinst að túnfiski, sverðfiski, hákarli og karfa. Þá eru hvalir einnig oft algengir á þessum svæðum. Margar þessara tegunda ferðast langar vegalengdir milli hafsvæða eftir árstíðum, en mikilvægi miðsjávarhryggjanna í tegslum við slíkar langferðir er ennþá óljóst.

Í áratugi hafa Íslendingar, Rússar og nokkrar austur Evrópuþjóðir stundað hefðbundnar botnfiskveiðar á Mið-Atlantshafshryggnum í námunda við Ísland og Azoreyjar. Upp úr 1990 gerðu einnig Færeyingar, Norðmenn, og Spánverjar tilraunir með botnfiskveiðar á Mið-Atlantshafshryggnum utan lögsagna Íslands og Azoreyja.

Rannsóknir sem gerðar hafa verið í tengslum við þessar veiðar hafa gefið mikilvægar upplýsingar um útbreiðslu og magn helstu fisktegunda sem líklegt er talið að nýta megi frekar á komandi árum. Þær hafa hins vegar aðeins að takmörkuðu leyti aukið þekkingu á sjálfu vistkerfi Mið-Atlantshafshryggjarins og í raun má segja að ótrúlega fáar rannsóknir hafa beinst að því að afla líffræðilegra grunnupplýsinga eða auka skilning á heildarvistkerfinu.

## **Markmið og rannsóknáherslur MAR-ECO**

Fyrirhugaðar rannsóknirnar eru skipulagðar undir fjórum áherslum (aðskilnaði stofna/erfðafræði, útbreiðslu, fæðutengslum og lífssögu) eins og vikið er nánar að hér að neðan.

### *Aðskilnaður stofna og stofnerfðafræði*

Margir þeir dýrastofnar sem eru á Mið-Atlantshafshryggnum tengjast tiltölulega afmörkuðum svæðum eða tindum en finnast síðan jafnframt við landgrunnshlíðar meginlandanna beggja vegna Norður-Atlantshafsins. Í vísindalegu tilliti og eins hvað varðar veiðistjórnun er mikilvægt að vita hvort stofnarnir sem halda sig á og við hrygginn séu óháðir hverjum öðrum og/eða þeim sem finnast við landgrunnsbrúnir meginlandanna. Ef þeir eru það ekki þá er áhugavert að þekkja hvernig dreifingu og samspili milli þeirra er háttað. Vitneskju um þætti sem þessa er ætlunin að afla, m.a. með líffræði- og stofnerfðafræðirannsóknnum.

### *Útbreiðsla tegunda og samfélaga*

Í úthafinu eru lífverur oft flokkaðar eftir því hvar þær halda sig í uppsjávar-, miðsjávar-, djúpsjávar- og botnlífverur. Á miðhafshryggjunum getur hæðótt landslag og áhrif þess á strauma og framleiðni riðlað flokkun sem þessari, og þar hafa hinir ólíku lífveruhópar oft tilhneigingu til þess að hnappast saman í torfur á afmörkuðum svæðum, við einstaka fjallahryggi eða tinda. Rannsóknir á dreifingu, atferli og samheldni lífvera í slíkum torfum verða gerðar á völdum svæðum á hryggnum. Á sömu svæðum verður einnig safnað haffræðilegum gögnum (hiti, selta, straumar) til þess að kanna hvort þau geti skýrt hnappdreifingu og hegðun lífveranna.

### *Fæðutengsl*

Á Mið-Atlantshafshryggnum byggist framleiðsla dýrasamfélaganna í yfirborðslögum á staðbundinni frumframleiðslu þörungum og framleiðslu sem berst að með straumum. Lóðréttar göngur lífvera og staðbundin blöndun stuðla síðan að flutningi framleiðslu (fæðu) frá yfirborðinu til dýpri laga sjávar. Í sambandi við fæðuöflun eru lífverurnar yfir hryggjunum þannig annað hvort háðar því að ferðast upp í yfirborðslög sjávar og afla fæðu þar, eða halda sig í djúpinu og bíða þess að fæða hripi þangað niður. Flestar miðsjávarlífverur hafa þróað fyrri kostinn og takast á hendur dægurferðir þannig að þær halda sig í efri lögum á nóttunni en eru aftur mun dýpra á daginn. Djúphafs- og botnlífverur leggja hins vegar síður í slíkar lóðréttar ferðir og reiða sig aðallega á fæðu sem hripar til botns frá yfirborðslögnum. Stefnt er að því að rannsaka og lýsa fæðutengslum uppsjávar-, miðsjávar-, djúpsjávar- og botnlífveranna og hvernig orka og efni flytjast lóðrétt frá yfirborði og til botns.

### *Lífshættir og lífsferlar*

Það að lífverurnar á og við Mið-Atlantshafshrygginn eru háðar takmarkaðri fæðu frá yfirborðslöggunum og því sem berst að með straumum setur mark sitt á lífshætti þeirra og lífsferla. Almennt er talið að flestar úthafstegundir og þær sem er að finna við miðhafshryggina vaxi hægt og séu langlífir, verði seint kynþroska, og séu ekki mjög frjósamar. Með rannsóknnum á vexti og lífssögu og samanburði á þessum þáttum við það sem þekkt er hjá skyldum tegundum frá öðrum búsvæðum verður lögð áhersla á að kanna þessar tilgátur. Skilningur á þáttum eins og vexti og lífssögu lífveranna sem mynda vistkerfi miðhafshryggjanna er forsenda þess að unnt sé að gera sér grein fyrir framleiðni þeirra og afrakstursgetu nytjastofna sem þar er að finna.

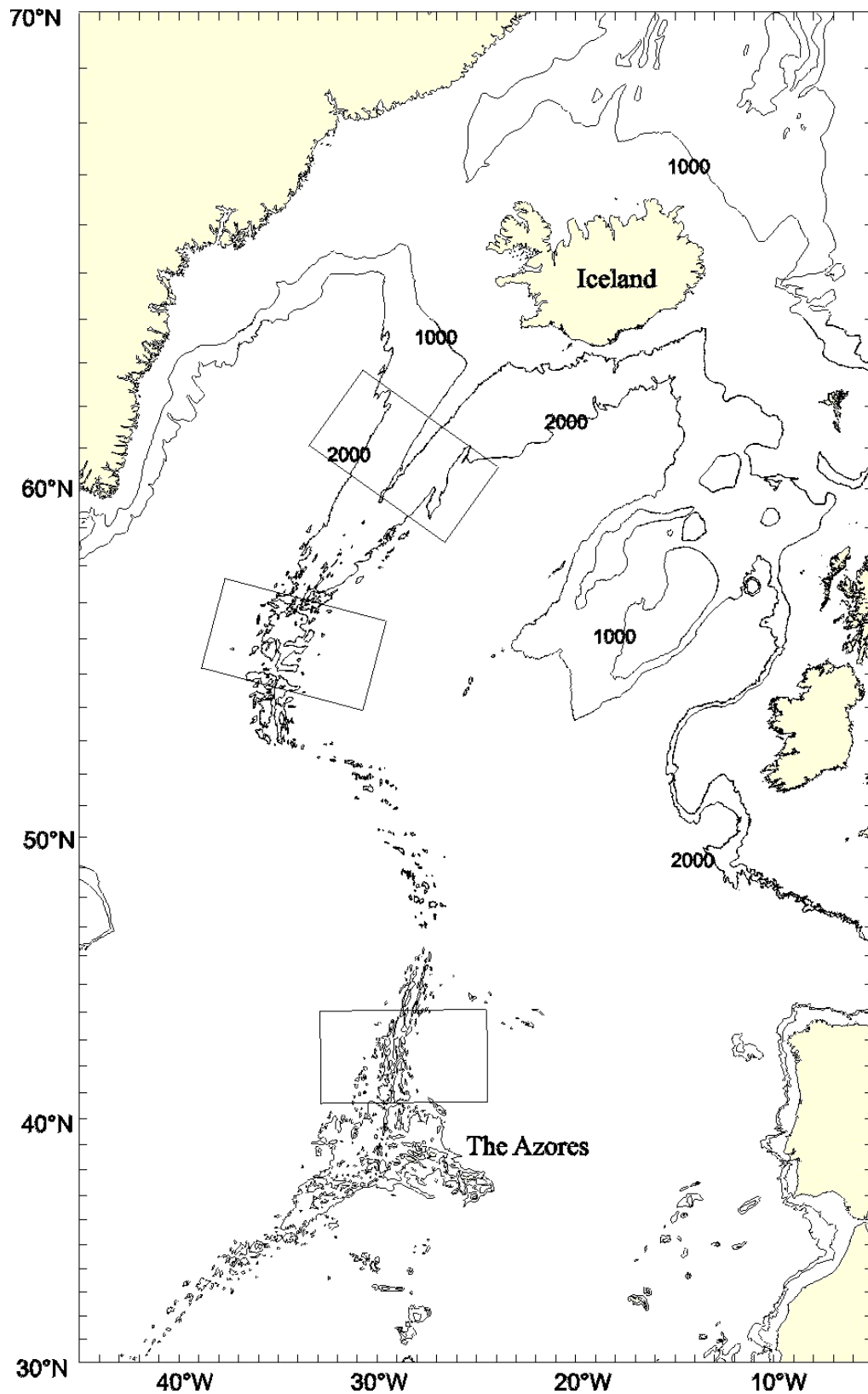
### **Undirbúningur og framkvæmd**

Undirbúningur að MAR-ECO hófst vorið 2001 með því að sérstakur stýrihópur vann vísindaáætlun þar sem gert var ráð fyrir skipulagsvinnu árin 2001-2002, gagnasöfnun 2003-2004 og gagnaúrvinnslu og birtingu á niðurstöðum árin 2004-2008. Í áætluninni voru skilgreind þrjú svæði (23. mynd, norðarlega á Reykjaneshrygg, yfir Charlie Gibbs brotabeltinu, og norður af Azoreyjum) þar sem stefnt er að samanburðarrannsóknnum á líffræði- og haffræðilegum ferlum í tengslum við áherslusviðin fjögur. Alls hafa nú verið skilgreind 14 verkefni í tengslum við MAR-ECO (sjá nánar á <http://mar-eco.no>) sem aftur skiptast í fleiri undirverkefni. Ekki hefur enn tekist að fjármagna öll fyrirhuguð rannsóknaverkefni og því er endanlegur fjöldi verkefna sem unnið verður að ekki ljós á þessu stigi. Ljóst er hins vegar að a.m.k. þrjár þjóðir (Íslendingar, Norðmenn og Bandaríkjamenn) leggja fram rannsóknaskip til gagnasöfnunar í tengslum við verkefnið og viðamesti leiðangurinn, alls um 60 dagar, verður farinn sumarið 2004 á hinu nýja norska rannsóknaskipi G.O. Sars.

### **Þátttaka Hafrannsóknastofnunarinnar**

Í tengslum við MAR-ECO verkefnið mun Hafrannsóknastofnunin leggja áherslu á nyrsta hluta Mið-Atlantshafshryggjarins (23. mynd). Gagnasöfnun vegna þessara rannsókna fór fram á rs. Árna Friðikssyni í tengslum við stofnmælingar á karfa í Grænlandshafi í júní 2003. Gerðar voru bergmálmælingar og safnað sýnum til þess að kanna magn, útbreiðslu, fæðutengsl og líffræði helstu fisktegunda sem þar er að finna í djúpsjávarlóðningum og hugsanlega má nýta. Þá var og safnað gögnum vegna vistfræðirannsókna (lóðrétt dreifing, fæðuframboð, fæðunám, fæðuvistfræðileg tengsl) á rauð- og ljósátu yfir hryggnum og í nærliggjandi úthafi, en rannsóknir á undanförunum árum hafa bent til þess að náíð samspil sé milli átustofna sem hafa vetursetu í úthafinu og þeirra sem finnast yfir landgrunninu á vorin og sumrin. Stefnt er að því að úrvinnsla gagna komist á fullan skrið á fyrri hluta ársins 2004 og nú er ljóst að a.m.k. hluti hennar verður unnin sem rannsóknaverkefni í tengslum við framhaldsnám.

Á allra seinustu árum hafa íslensk sjávarútvegsfyrirtæki í samvinnu við Hafrannsóknastofnunina staðið fyrir tilraunaveiðum á laxsíld og fleiri fisktegundum í hafinum djúpt suðvestur af landinu. Í ljósi þess má segja að rannsóknirnar í tengslum við MAR-ECO verkefnið komi á góðum tíma því að vafalaust mun sú vitneskja sem þar fæst koma að notum í sambandi við frekari nýtingu fiskistofna á Mið-Atlantshafshryggnum og í úthafinu suður af landinu.



23. mynd. Áherslusvæði rannsókna í MAR-ECO verkefningu, þ.e. suðvestur af Íslandi, á Charlie Gibbs brotabeltinu og norðan Asíreyja. Rannsóknir Hafrannsóknastofnunarinnar beinast einkum að nyrsta ferningnum sem sýndur er á myndinni.

*Figure 23. The research areas selected for process studies in the MAR-ECO project (framed). The one southwest of Iceland is in focus of the Icelandic research activity, the others are the Charlie Gibbs fracture zone and an area north of the Azore islands.*



# ÁHRIF HÆKKANDI HITA Á VAXTARHRAÐA HJÁ ELDISFISKI Í SJÓKVÍUM VIÐ ÍSLAND / EFFECTS OF INCREASING TEMPERATURES ON GROWTH RATE OF FARMED FISH IN SEA CAGES AROUND ICELAND

Björn Björnsson  
Hafrannsóknastofnuninni

## Inngangur

Á síðustu öld er talið að lofthiti á jörðinni hafi hækkað að jafnaði um 0,6°C. Talið er að losun gróðurhúsalofttegunda af mannavöldum eigi töluverðan þátt í þessari hitahækkun og með reiknilíkönunum hefur verið spáð 2-5°C hækkun á meðalhita á jörðinni á 21. öldinni (IPCC 2001). Á síðustu öld hafa orðið töluverðar hitasveiflur hér á landi. Þannig má greina heitt tímabil á árabílinu 1926-64 og á fyrstu árum nýrrar aldar hefur átt sér stað mikil hækkun á lofthita sem náði hámarki á síðasta ári (Veðurstofan 2004). Áþekkar hitabreytingar hafa einnig átt sér stað í hafinu við Ísland (Hafrannsóknastofnunin 2004).

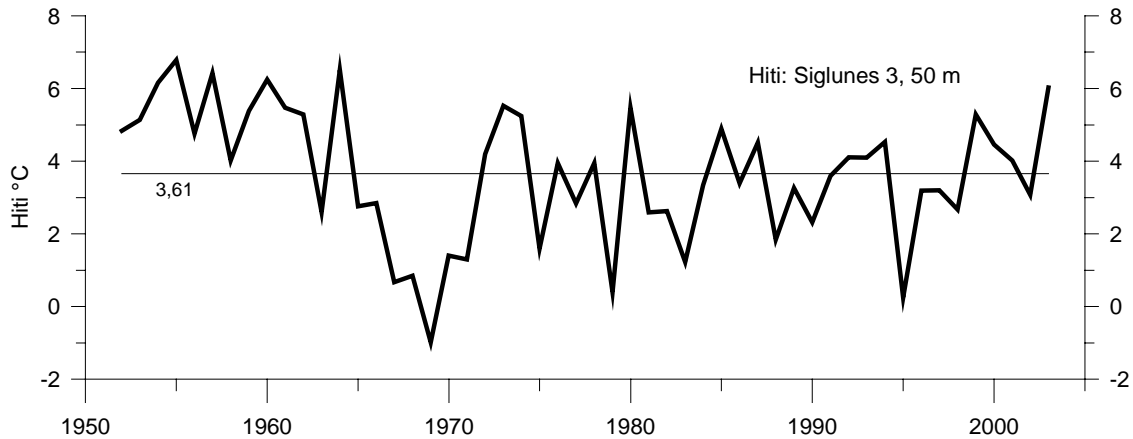
Ljóst er að mestu árlegu hitabreytingar sem orðið hafa á Íslandi á undanförunum áratugum (2-3°C) hafa haft veruleg áhrif á gróðurskilyrði til lands og sjávar. Uppskera í landbúnaði hefur orðið mun meiri í heitum en köldum sumrum. Með hlýnandi loftslagi verður hægt að rækta nýjar plöntutegundir, en þær tegundir sem nú eru í ræktun þola aukinn hita vel (Bjarni E. Guðleifsson 2004). Jafnframt má búast við auknum fjölda skordýra sem geta valdið skaða á íslenskum plöntum (Guðmundur Halldórsson 2004).

Á hlýviðrisskeiðinu 1926-64 náði útbreiðsla þorsks og afli við Ísland sögulegu hámarki og því hefur verið spáð að viðvarandi hlýviðrisskeið skapi aðstæður fyrir vaxandi botnfiskaafli, ekki síst þorskafla, sterkari síldarstofnum og aukinni gengd kolmunna á Íslandsmið (Jóhann Sigurjónsson 2003). Álitid er að nýliðun hjá suðlægum þorskstofnum, svo sem í Norðursjó og í Írsku hafinu, komi til með að minnka að jafnaði með lítils háttar hækkun á hita en hjá norðlægum þorskstofnum svo sem við Grænland og Ísland eru líkur á að nýliðun muni aftur á móti aukast (Planque & Frédou 1999). Ekki er þó sjálfgefið að með hækkandi sjávarhita við landið komi vaxtarhraði hjá villtum þorski til með að aukast vegna þess að hann ræðst fremur af fæðuframboði en hita einum saman (Björn Björnsson 1999; Björn Björnsson 2002). Hér á eftir er ætlunin að velta fyrir sér hugsanlegum áhrifum hlýnunar sjávar á möguleika í laxeldi og þorskeldi við strendur landsins.

## Niðurstöður og umræða

Gríðarlegar sveiflur í umhverfisaðstæðum hafa átt sér stað frá ári til árs í sjónum fyrir norðan land. Þannig hefur sjávarhiti í vorleiðangri á 50 m dýpi á stöð 3 á Siglunessniði, sem notaður hefur verið sem mælikvarði á ástand sjávar, sveiflast frá um -1,0°C árið 1969 í um +6,5°C árið 1964 (24. mynd). Sjávarhitinn árið 2003 var sá hæsti frá árinu 1964, um 2,4°C hærrí en langtímameðaltalið. Hvaða áhrif má ætla að 2-5°C hitahækkun frá langtímameðaltali hefði á vöxt og viðgang hjá laxi og þorski í sjókvíum við landið?

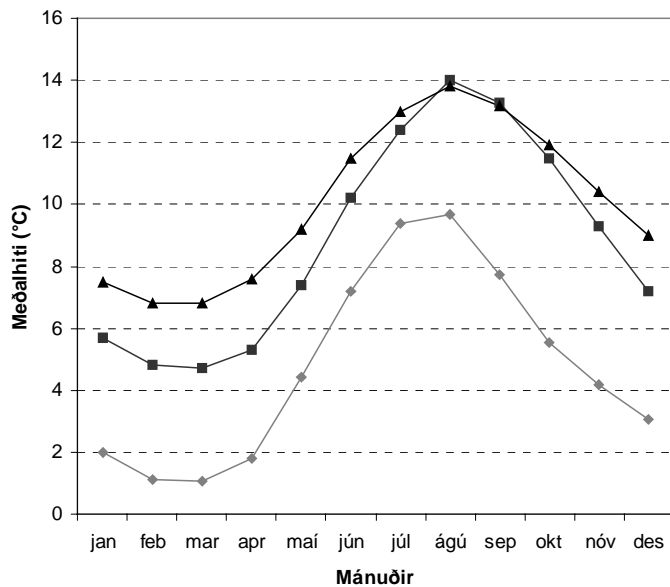
Á undanförunum áratugum hefur framleiðsla á eldislaxi í sjókvíum í Noregi, Chile, Skotlandi, Kanada, Færeyjum o.fl. löndum vaxið mjög hratt. Heimsframleiðslan árið 2002 nam um 1 025 000 tonnnum og þar af framleiddu Norðmenn um 430 000 tonn (Globefish 2003). Til samanburðar nam framleiðsla á Íslandi á sama ári aðeins um 1 470 tonnnum af eldislaxi. Aðalástæðan fyrir hinni hægu uppbyggingu í laxeldi hérlendis eru lakari umhverfisskilyrði, einkum lágur sjávarhiti í samanburði við helstu framleiðslulönd. Sjókvíaeldi er einungis hægt að stunda á skjólgóðum stöðum. Á Íslandi er slíka staði helst að finna inni á fjörðum á Vesturlandi, Vestfjörðum, Norðurlandi og Austurlandi. Á síðustu árum hafa öflug útgerðarfyrirtæki fengið áhuga á sjókvíaeldi, bæði laxeldi og þorskeldi. Samherji hf og Síldarvinnslan hf hafa komið á fót mjög umfangsmiklu laxeldi í Mjóafirði, þar sem gert er ráð fyrir að slátra um 8 000 tonnnum af fiski frá og með árinu 2005. Þá eru uppi áætlanir um laxeldi í Reyðarfirði (6 000 t), Berufirði (8 000 t) og víðar.



24. mynd. Sjávarhiti á Siglunessniði í vorleiðangri á stöð 3 á 50 m dýpi á tímabilinu 1950-2003. Langtímaeðaltalið er 3,61°C. Gögn frá Héðni Valdimarssyni birt með góðfúslegu leyfi.

Figure 24. Temperature on the Siglunes transect in the spring cruise on station 3 at 50 m depth during the period 1950-2003. The longterm mean is 3.61°C. Data supplied by Héðinn Valdimarsson.

Vegna þess hve sjávarhiti er lágur í fjörðum landsins miðað við í samkeppnislöndunum (25. mynd), sem takmarkar vaxtargetu fisksins, hefur verið brugðið á það ráð að ala laxinn lengur í strandeldi þar sem unnt er að hækka hitann með hjálp jarðhita. Með því að setja út í sjókvíar stór laxaseiði (300-500 g) hefur reynst unnt að stytta eldistímamann en það kostar hins vegar mun meira að framleiða fisk í strandeldi en í kvíaelði. Með hækkandi sjávarhita við Ísland mætti setja út smærri og ódýrari seiði og með minni tilkostnaði og auknum vaxtarhraða mundi afkoman batna.

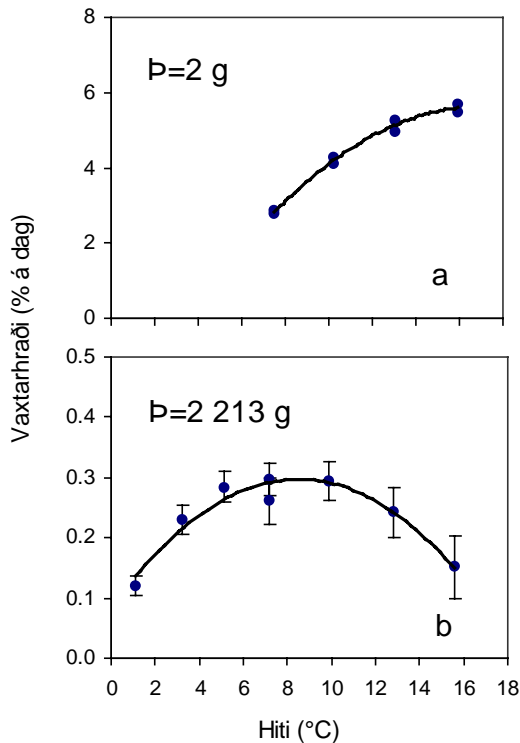


25. mynd. Meðalsjávarhiti hvers mánaðar í Eyjafirði (◆ Hjalteyri 1987-96), Vestur-Noregi (■ Stad) og Vestur-Skotlandi (▲ Milport) nálægt yfirborði. Gögn frá Steingrími Jónssyni (1999 og 2001).

Figure 25. Monthly mean temperatures in Eyjafjörður (◆ Hjalteyri 1987-96), West-Norway (■ Stad) and West-Scotland (▲ Milport) near the sea surface. Data supplied by Steingrímur Jónsson (1999 og 2001).

Þorskur hefur nokkru lægri kjörhita en lax og því eru líkur á því að aðstæður í fjörðum landsins henti e.t.v. betur til þorskeldis en laxeldis. Kjörhiti til vaxtar er þó mjög breytilegur eftir stærð þorsksins, um 17°C hjá tveggja g seiðum, um 12°C hjá 100 g seiðum og um 7°C hjá tveggja kg þorski (26. og 27. mynd) (Björn Björnsson o.fl. 2001; Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002). Þessar niðurstöður miðast við að þorskurinn fái ávallt nægilegt fóður. Kjörhiti til fóðurnýtingar er um 2°C lægri en kjörhiti til vaxtar. Í fjörðum landsins þar sem unnt er að stunda sjókvíaelði er ársmeðalhiti nálægt yfirborði 4-5°C. Að jafnaði er sjávarhitinn lægstur í febrúar-mars (0-2°C) og hæstur í ágúst-september (6-10°C) (Steingrímur Jónsson 1999). Það er því ljóst að skilyrði til þorskeldis hér við land mundu að

jafnaði batna mjög við hækkun á sjávarhita um nokkrar gráður frá meðalhita. Það yrðu einkum þorskseiðin og smáþorskurinn sem mundu taka mestan vaxtarkipp og stóri þorskurinn við hærri vetrarhita. Hins vegar mundi vöxtur á stóra þorskinum ekki aukast við hærri sumarhita.



26. mynd. Samband hita og vaxtarhraða hjá 2 g (a) og 2 kg (b) þorski.

Figure 26. Relationship between temperature and growth rate for 2 g (a) and 2 kg (b) cod.

þorskurinn svo viðkvæmur að ekki má fódra hann eða eiga við hann á annan hátt og mikil hætta á að sjúkdómar blossi upp. Þannig gæti hækkun á hitastigi um nokkrar gráður haft slæm áhrif á þorskeldi hjá keppinautum Íslendinga. Þó hefur verið bent á að með því að sökkva kvíum niður á nægilegt dýpi eða með því að nota djúpa netpoka megi draga úr afföllum. Einnig er líklegt að súrefnisbæting geti bætt skilyrðin í kvíunum.

### Ályktanir

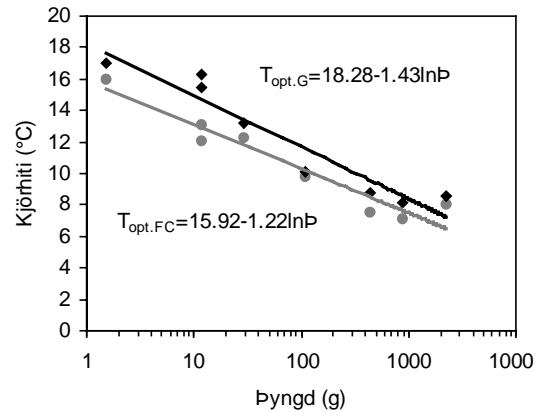
Það verða að teljast yfirgnæfandi líkur á því að vaxtarhraði hjá laxi og þorski í sjókvíum við Ísland mundi aukast og tilkostnaður minnka við 2-5°C hækkun á meðalhita sjávar. Jafnframt mundi samkeppnisstaða Íslendinga í þorskeldi batna miðað við helstu keppinautana í Noregi og Skotlandi.

### Heimildir

Bjarni E. Guðleifsson 2004. Áhrif hækkandi hitastigs talin jákvæð fyrir íslenskan landbúnað. Unnt að rækta hveiti og haфра. *Viðtal í Morgunblaðinu* 6. febrúar.

Björn Björnsson 1999. Is the growth rate of Icelandic cod (*Gadus morhua* L.) food-limited? A comparison between pen-reared cod and wild cod living under similar thermal conditions. *Rit Fiskideildar* 16: 271-279.

Björn Björnsson 2001. Effects of anthropogenic feeding on the growth rate, nutritional status and migratory behaviour of free-ranging cod in an Icelandic fjord. *ICES Journal of Marine Science* 59: 1248-1255.



27. mynd. Kjörhiti til vaxtar ( $T_{opt,G}$  svört lína) og fódurnýtingar ( $T_{opt,FC}$  grá lína) sem fall af þyngd hjá þorski.

Figure 27. Optimal temperature for growth ( $T_{opt,G}$  black line) and feed conversion ( $T_{opt,FC}$  grey line) as a function of weight of cod.

Tilraunir hafa sýnt að þegar hitastig er komið upp fyrir kjörhita til vaxtar aukast afföll með hækkandi hita. Þannig þolir 2 kg þorskur ekki 16°C til lengdar (Björn Björnsson o.fl. 2001). Í helstu samkeppnislöndunum, Noregi og Skotlandi, getur sjávarhiti í heitum árum farið upp fyrir 16°C í nokkrar vikur. Við þær aðstæður er

- Björn Björnsson & Agnar Steinarsson 2002. The food-unlimited growth rate of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 59: 494-502.
- Björn Björnsson, Agnar Steinarsson & Matthías Oddgeirsson 2001. Optimal temperature for growth and feed conversion of immature cod (*Gadus morhua* L.). *ICES Journal of Marine Science* 58: 29-38.
- Globefish 2003. Salmon and trout (<http://www.globefish.org/marketreports/salmon/salmon&trout.htm>).
- Guðmundur Halldórsson 2004. Áhrif hækkandi hitastigs. Nýjar tegundir skaðvalda. Viðtal í Morgunblaðinu 6. febrúar.
- Hafrannsóknastofnunin 2004. Sjávarhitamælingar (<http://www.hafro.is/sjora>).
- IPCC 2001. IPCC third assessment report: climate change 2001 (<http://www.ipcc.ch/pub/>).
- Jóhann Sigurjónsson 2003. Breytingar á ástandi sjávar og afrakstur fiskistofna: Hvað getum við lært af sögunni? *Fiskifréttir* 19. desember.
- Planque, P. & T. Frédou 1999. Temperature and recruitment of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 56: 2069-2077.
- Steingrímur Jónsson 1999. Temperature time series from Icelandic coastal stations. *Rit Fiskideildar* 16: 59-68.
- Steingrímur Jónsson 2001. Hitafar við strendur Íslands með tilliti til fiskeldis. *Ægir* 94: 30-33.
- Veðurstofan 2004. Veðurfarsýfirlit (<http://www.vedur.is/vedurfar/yfirlit/yfirlitstolur/>).

**MAT Á NÁTTÚRULEGUM DAUÐA HÖRPUDISKS, *Chlamys islandica* (O.F. Müller), Í BREIÐAFIRÐI ÚT FRÁ HLUTFALLI SKELJA Á HJÖR / ESTIMATE OF NATURAL MORTALITY OF ICELAND SCALLOP, *Chlamys islandica* (O.F. Müller), IN BREIÐAFJÖRÐUR, BASED ON THE RATIO OF CLUCKERS**

Jónas Páll Jónasson  
Hafrannsóknastofnuninni

### Inngangur

Eitt mikilvægasta viðfangsefni innan fiskifræðinnar er að meta dánartölur hinna ýmsu stofna. Dánartalan skiptist í afföll af náttúrulegum völdum sem oft er erfitt að meta og afföll vegna fiskveiða. Hægt er að beita ýmsum aðferðum við að meta náttúrulegan dauða í diskategundum (Pectinidae). Ein felst í því að kanna hlutfall tómrá samhangandi skelja á hjör í afla en hérlendis samanstendur landaður afli mest megnis af skel sem er um og yfir 60 mm (Hrafnkell Eiríksson munnlegt). Ýmsir afræningjar á smærri hörpudiski svo sem æðarfugl, krabbar og ýmsir fiskar, mylja skelina (Hrafnkell Eiríksson 1993), en þegar ákveðinni stærð er náð og skelin þykkar, eru færri afræningjar sem eiga möguleika á því (Brand 1991). Afrán krossfiska er mikið, bæði á stórum og smáum hörpudiski. Krossfiskurinn leggst yfir skelina, fletur út magann og skilur skelina eftir hangandi á hjör, eftir að innihaldið hefur verið melt. Eftir að skel drepst vegna aldurs, sýkinga eða fæðuskorts helst hún á hjör í talsverðan tíma. Undanfarin ár hefur stofnvísitala hörpudisks í Breiðafirði farið lækkandi og árið 2003 mældist hún aðeins um 30% af meðaltali árána 1993-2000. Rannsóknir árána 2000-2003 sýna að samband er á milli minnkunar stofnsins og hækkaðs hlutfalls nýdauðra samhangandi skelja á hjör (Anon. 2003). Markmið þessarar rannsóknar er að meta hversu lengi skeljar hörpudisks haldast saman á hjör eftir dauða og nota þær niðurstöður til útreikninga á árlegum náttúrulegum dauða.

### Framkvæmd

*Tilraun í eldisstöð.*

Lifandi hörpudiski úr Breiðafirði og Hvalfirði var komið fyrir í búrum með sírennsli af næringarsnauðum jarðsjó í eldisstöð Hafrannsóknastofnunarinnar í Grindavík. Þegar dýrin drápust voru þau lengdarmæld og sett í plastkörfur í rennandi sjó, annars vegar við 7,5°C og hins vegar við 10°C. Vikulega voru körfurnar hristar hóflega og athugað hvort skeljarnar væru enn fastar saman hjör, en einnig var haldið í efri skel og athugað hvort skeljarnar dyttu í sundur vegna eigin þunga. Gerð var *survival* greining á gögnunum í tölfræðiforritinu Splus (Crawley 2002).

### Útreikningar

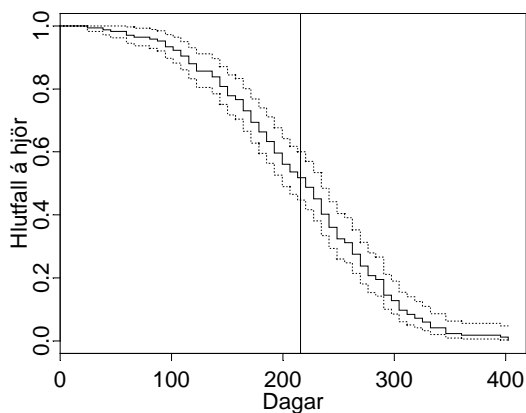
Náttúrulegur dánarstuðull var reiknaður út frá hlutfalli skelja á hjör í afla (Dickie 1955) með eftirfarandi jöfnu:

$$\alpha = 1 - e^{-\left(\frac{C}{t}\right)\left(\frac{1}{L}\right)^{365}}$$

Þar sem  $\alpha$  = árlegt hlutfall náttúrulegs dauða, C=fjöldi skelja á hjör í sýni, t=meðalfjöldi daga sem það tekur skelina að losna af hjör og L=fjöldi lifandi skelja í sýni. Veldisvísirinn jafngildir tafarlausum náttúrulegum dauða (M). Við fjölda skelja á hjör í sýni var bætt við áætluðum fjölda er dettur af hjör í toginu sjálfu, þar sem notast var við margföldunarstuðulinn 1.211 (Naidu 1988). Við útreikninga á náttúrulegum dauða hörpudisks voru notuð veiðigögn frá leiðöngurum Hafrannsóknastofnunarinnar að vorlagi á skelmiðum í Breiðafirði.

## Niðurstöður

Að meðaltali tók það hörpudiskinn 216 daga (28. mynd) að losna af hjör (200 dagar neðri og 235 dagar efri 95% öryggismörk). Ekki var marktækur munur á niðurstöðum eftir því hvort hitastigið var notað ( $\chi^2 = 0$ ,  $df = 1$ ,  $p = 0.9$ ).



28. mynd. Hlutfall hörpudisks á hjör frá upphafi til loka tilraunar. Hlutfallið er táknað með þremur línur, meðaltalið (í miðið) og 95% öryggismörk sitt hvorum megin við meðaltalslínu. Lóðrétta línan sýnir fjölda daga þegar hlutfall hörpudisks á hjör er 50%.

Figure 28. Clucker ratio of Iceland scallops during the experiment, shown as the mean (solid line) and the 95% confidence levels. The vertical line shows the 50% clucker/unhinged ratio.

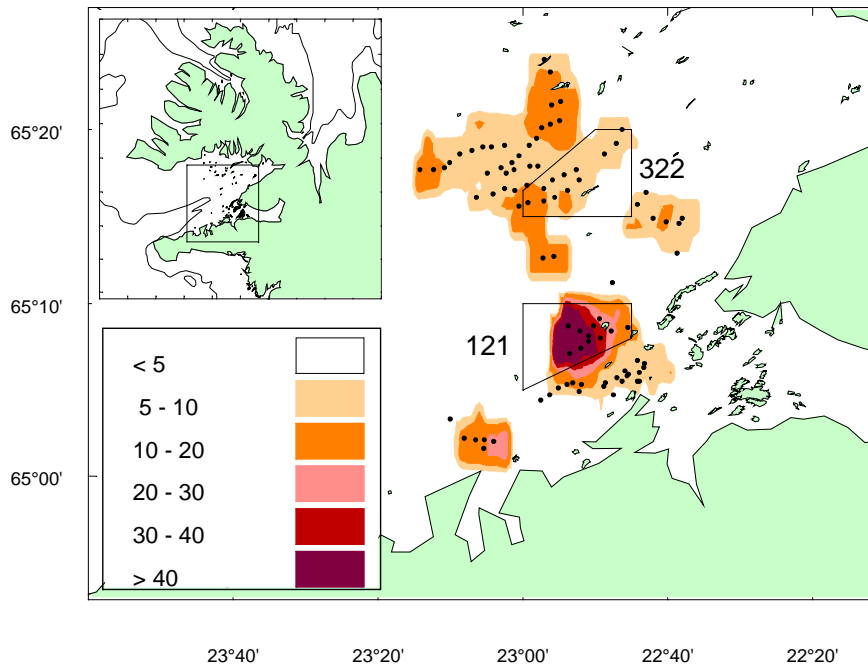
Árlegt hlutfall náttúrulegs dauða ( $\alpha$ ) á hörpudisksmiðum í Breiðafirði var að meðaltali 0,12 samkvæmt mælingum í leiðöngurum að vorlagi árin 2002 og 2003 og reiknað út frá niðurstöðum framangreindrar tilraunar (tafla 1). Niðurstöður rannsókna á miðunum í Breiðafirði voru notuð til að reikna þunga þeirra skelja sem flokkast undir náttúruleg afföll á undangengnu ári samkvæmt stærð skelja. Heildarþungi þeirra skelja var síðan áætlaður samkvæmt dreifingu á svæðum á sama hátt og stofnstærð hörpudisks er metin. Áberandi er að árin 2002 og 2003 skera sig úr hvað varðar náttúrulegan dauða og fer það saman við mikla minnkun á stofnvísitölu hörpudisks í Breiðafirði. Rétt er að benda á að náttúrulegi dauðinn er metinn fyrir tímabilið milli stofnmælinga hvert ár áður en stofnvísitalan er mæld.

**1. tafla.** Stofnvísitala hörpudisks og vísitala fyrir náttúrulegan dauða hörpudisks, reiknuð út frá árlegum leiðangri að vorlagi í Breiðafirði. Einingarnar eru tonn af hörpudiski. Svæði 121 er aðal veiðisvæðið á suðurmíðum og svæði 322 er aðal veiðisvæðið á norðurmíðum í Breiðafirði.  $\alpha$  er meðaltal árlegs hlutfalls náttúrulegs dauða í leiðöngurum að vorlagi.

**Table 1.** Stock index of Iceland scallop and index of natural mortality in the spring survey in Breiðafjörður. Area 121 is the main fishing ground in southern Breiðafjörður and area 322 is the main fishing ground in northern Breiðafjörður.  $\alpha$  is the mean natural mortality rate in the spring survey.

Ár	Stofnvísitala	Vísitala náttúrulegs dauða			$\alpha$
		Heildar	reitur "121"	reitur "322"	
1993	68 366	3 773	961	206	0.04
1994	88 950	3 153	675	300	0.04
1995	75 122	4 104	2806	162	0.05
1996	70 544	2 133	811	70	0.04
1997	81 636	2 335	993	222	0.04
1998	79 247	1 731	578	170	0.04
1999	82 310	3 219	1 494	92	0.03
2000	72 046	1 939	613	141	0.03
2001	56 221	3 391	899	202	0.06
2002	44 840	4 879	2 425	325	0.12
2003	24 435	6 514	4 678	242	0.12

Af einstökum svæðum árið 2003 var náttúrulegur dauði mestur á reit 121, eða tæp 4700 tonn. Þessi reitur er aðalveiðisvæðið á suðurmiðum í Breiðafirði (29. mynd). Til samanburðar var umtalsvert minni náttúrulegur dauði á reit 322 sem er aðalveiðisvæðið á norðurmiðum.



29. mynd. Yfirlitskort af árlegum náttúrulegum dauða ( $\alpha$ ) hörpudisks í prósentum, árið 2003 í Breiðafirði. Punktarnir tákna stöðvar í stofnmælingu þar sem hörpudiskur veiddist. Reitir 121 og 322 eru afmarkaðir og merktir inn á kortið.

Figure 29. Distribution of annual natural mortality ( $\alpha$ ) of Iceland scallop in Breiðafjörður 2003 (%). Survey stations where scallops were caught are marked with dots. Area 121 and 322 are defined and plotted on the map.

## Umraða

Að meðaltali tók það 216 daga fyrir hörpudiskinn að losna af hjör eftir að hann drapst í eldisstöðinni. Þessar upplýsingar má nota til að meta náttúrulegan dauða sem mældist hæstur árið 2003 í Breiðafirði.

Í sambærilegri rannsókn í Kanada (Mercer 1974), tók það hörpudisk að meðaltali 211 daga að losna af hjör sem er innan öryggismarka núverandi tilraunar. Niðurstöðurnar þar bentu einnig til að stærri skeljar héldust lengur á hjör. Margföldunarstuðullinn 1.211, sem er notaður var til að meta hlutfall dauðra skelja er losnaði af hjör í toginu, var fengin út frá 0.25 sjómílna togum (Naidu 1988). Í leiðongrum hér er yfirleitt togað í 0.4 sjómílnur og gæti þar leynst vanmat á náttúrulega dauðanum (M).

Ljóst er að mikil aukning hefur átt sér stað í náttúrulegum dauða hörpudisks í Breiðafirði 2001-2003, en þó sérstaklega 2002 og 2003. Dauðinn árið 2003 er að mestu einskorðaður við reit 121, en þó er náttúrulegur dauði almennt hár á öllu svæðinu.

Orsakir fyrir aukningu í náttúrulegum dauða geta verið ýmsar, en oft reynist erfitt að staðfesta ákveðið orsakasamband. Til dæmis má geta þess að frumdyr af hópi Coccidia (Phylum Apicomplexa) hafa greinst í stofni fullorðinna flóaskelja (*Arcopecten irradians*) við austurströnd Bandaríkjanna (Leibovitz o.fl. 1984), þar sem fjöldaafföll hafa orðið. Ekki tókst þó að staðfesta orsakasamband þar á milli. Í hörpudiski úr Breiðafirði hafa nýverið (2002-2003) greinst tvær tegundir frumdyra, að því er virðist áður óþekktar (Sigurður Helgason og Árni Kristmundsson, munnlegt). Á rannsóknardeild fisksjúkdóma á Keldum er unnið að rannsóknum á því smiti og hugsanlegum áhrifum þess á heilsu skeljanna.

Mjög hátt hlutfall krossfiska var á reit 121, en krossfiskar eru einna mikilvægustu afræningjar hörpudisksins (óbirtar niðurstöður). Fjöldadauði hörpudisks hefur verið rakinn til afráns krossfiska (*Asterias rubens*) í Norður-Noregi (Brun 1968).

Veiðar eru stór áhrifaþáttur á hörpudisksstofninn í Breiðafirði. Ekki hefur verið borinn saman náttúrulegur dauði á veiðisvæðum og ónýttum svæðum hér á landi, en rannsóknir frá Kanada hafa sýnt fram á að óbeinn fiskveiðidauði sé allt frá 0.18 til 0.36, eftir því hvaða veiðarfærum er beitt (Naidu 1988).

Hækkun hitastigs sjávar í Breiðafirði undanfarin 10 ár hefur fært meðalhitann nærri þolmörkum hörpudisksins. Ekki er þó talið að hitastig eitt og sér sé ábyrgt fyrir hinni miklu hnignun stofnsins, en aðrir þættir sem eru oft háðir hitastigi eins og sjúkdómar, afræningjar og fæðuframboð, gætu spilað hér álíka stórt ef ekki stærra hlutverk. Ef sjávarhiti heldur áfram að hækka í Breiðafirði, má búast við jafnvel enn lakari stöðu hörpudisksstofnsins (Jónas P. Jónasson o.fl., handrit sent til birtingar).

Niðurstöður hjaratilaunarinnar eru í góðu samræmi við áður birt mat á þeim tíma sem það tekur hörpuskel að losna af hjör. Handhægt er að nota niðurstöður úr hörpudisksleiðöngnum til að meta náttúrulegan dauða sem var hár árin 2002 og 2003. Til að renna styrkari stoðum undir aðferðafræðina þarf þó frekari vitneskju um afdrif skelja á hjör í toginu sjálfu, en þar skipta máli staðbundnir þættir eins og botngerð, togtími og mismunandi plóggerðir.

## Heimildir

- Anon. 2003. Nytjastofnar sjávar 2002/2003. Aflahorfur fiskveiðiárið 2003 / 2004. *Hafrannsóknastofnun, Fjölrit* 97, 173 s.
- Brand, A.R. 1991. Scallop ecology: Distribution and behavior. *In*, *Scallops, Biology, Ecology and Aquaculture* (ed. By S.E. Shumway). *Developments in Aquaculture and Fisheries science*. 21. Elsevier, Amsterdam, s. 517-584.
- Brun, E. 1968. Extreme population density of the starfish *Asterias rubens* L. on a bed of Iceland scallop, *Chlamys islandica*. *Astarte* 1(32): 1-3.
- Dickie, L.M. 1955. Fluctuations in abundance of giant scallop *Placopecten magellanicus* (Gmelin) in the Digby area of the Bay of Fundy. *Journal of Fisheries Research Board of Canada* 12(6):797-857.
- Hrafnkell Eiríksson 1993. *Hörpudiskur*. Lífríki sjávar. Námsgagnastofnun-Hafrannsóknastofnunin 1993, 5 s.
- Jónas P. Jónasson, Guðrún G. Þórarinsdóttir, Hrafnkell Eiríksson & Guðrún Marteinsdóttir 2004. Temperature tolerance of Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller) under controlled experimental conditions. *Aquaculture Research* (handrit sent til birtingar).
- Leibovitz, L., E.F. Schott & R.C. Karney 1984. Diseases of wild, captive and cultured scallops. *Journal of World Mariculture Society* 25, 269-283.
- Mercer, M.C. 1974. Natural mortality of the Iceland scallop (*Chlamys islandica*) in the Gulf of St. Lawrence. *ICES C.M.: 1974/K:7*, 11p.
- Naidu K.S. 1988. Estimating mortality rates in the Iceland scallop, *Chlamys islandica* (O.F. Müller). *Journal of Shellfish Research* 7: 61-71.



## **RANNSÓKNIR Á STOFNGERÐ ÞORSKS VIÐ ÍSLAND / STUDY OF STOCK DISCRIMINATION OF THE ICELANDIC COD**

Ingibjörg G. Jónsdóttir  
Hafrannsóknastofnuninni

Árið 2002 hófust viðamiklar rannsóknir á þorski í Norður Atlantshafi (METACOD). Meginmarkmið verkefnisins er að þróa stærðfræðilegan grunn sem nýta má í veiðiráðgjöf til að byggja upp stærð og viðhalda breytileika þorskstofnanna. Einn þáttur í þessu verkefni er að kanna breytileika í stofngerð þorsks og meta hlut aðskilda hrygningarhópa í nýliðun og veiðistofni hverju sinni. Upplýsingum verður safnað með rannsóknum á efnasamsetningu og lögun kvarna úr fiskum frá mismunandi hrygningarsvæðum. Á grundvelli þessara upplýsinga verður væntanlega hægt að fylgja þorskinum eftir þegar hann færir sig af hrygningarsvæðunum yfir á fæðuslóðir og meta þannig framlag mismunandi hrygningarsvæða til veiðistofna.

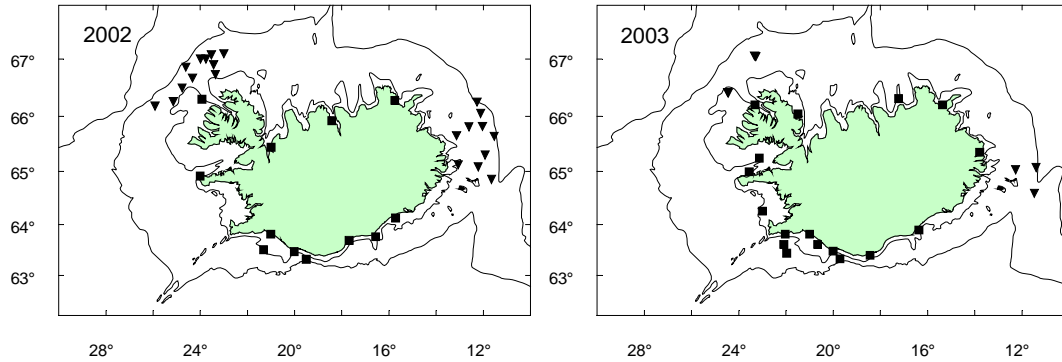
Þorskur hrygnir bæði innan og utan fjarða allt í kringum Ísland (Einar Jónsson 1982). Helstu hrygningarsvæðin eru við Suður- og Suðvesturströndina, en einnig hrygnir þorskur í fjörðum vestan-, norðan- og austanlands. Nýlegar rannsóknir á aldri og útbreiðslu þorskseiða benda til þess að þau eigi uppruna sinn að rekja til hrygningarsvæða allt í kringum landið og að framlag meginhrygningarsvæða við Suðvesturströndina sé mjög breytilegt frá einu ári til annars (Begg & Marteinsdóttir 2000). Þegar hrygningu er lokið færir þorskurinn sig vestur og austur fyrir landið á fæðuslóðir (Gunnar Jónsson 1983). Rannsóknir við Kanada hafa sýnt að hrygningarstofnar sækja aftur á sömu hrygningarslóðir og einnig að þorskar frá sömu hrygningarsvæðum hafa tilhneigingu til að halda hópinn utan hrygningartíma (Campana o.fl. 1999).

Þorski í Norður Atlantshafi er skipt upp í marga stofna (Garrod 1977) en lengst af hefur verið talið að þorskur við Ísland tilheyri einum stofni (Einar Jónsson 1982). Nokkrar aðferðir hafa verið notaðar til stofngreininga á þorski, m.a. kjarna-DNA rannsóknir, sem framkvæmdar hafa verið á íslenska þorskinum (Ólöf Jónsdóttir o.fl. 1999). Þó svo að erfðafræðilegur munur hafi fundist milli tveggja hópa við Ísland (Ólöf Jónsdóttir o.fl. 1999), er ekki víst að DNA rannsóknir greini alltaf milli aðskilda hrygningarhópa, þar sem ekki þarf að vera um mikinn erfðafræðilegan mun að ræða. Eðlis- og efnafræðilegir þættir sjávarins hafa áhrif á efnasamsetningu kvarna. Þannig eru ýmis efni úr sjónum tekin upp í kvarnirnar (Campana 1999). Hitastig hefur áhrif á vaxtarhraða fisksins, en lögun kvarna ræðst m.a. af vaxtarhraða (Campana & Casselman 1993). Við Kanada sýndu rannsóknir að efnasamsetning kvarna hjá þorski á sama hrygningarsvæði var líkari innbyrðis en milli þorska frá mismunandi hrygningarsvæðum (Campana o.fl. 2000). Fundist hefur munur á lögun kvarna milli hrygningarhópa, bæði hjá ýsu (Begg & Brown 2000) og þorski (Campana & Casselman 1993), sem hafa verið í mismunandi umhverfi. Þó svo að erfðafræðilegur breytileiki sé ekki alltaf mikill getur munur í svipgerð milli hrygningarhópa gefið upplýsingar um hvaða fiskar hafa haldið hópinn (Begg & Brown 2000).

Umhverfisaðstæður í hafinu við Ísland eru breytilegar. Hitastig sjávar er hærra fyrir sunnan land en norðan (Unnsteinn Stefánsson 1994). Einnig er efnasamsetning helstu straumvatna á landinu mismunandi og mismikið magn efna berst með þeim til sjávar (Sigurður Gíslason o.fl. 1996). Út frá þessum atriðum má búast við því að ef mismunandi hópar þorsks við Ísland eru aðskildir meginhluta ársins megi finna mun bæði í lögun og efnasamsetningu kvarna.

Kvörnum var safnað úr þorski frá helstu hrygningarsvæðum kringum Ísland á háhrygningartíma vorin 2002 og 2003. Að hausti þessi sömu ár var kvörnum einnig safnað á tveimur aðal fæðusvæðum austan og vestan við Ísland (30. mynd). Fyrstu niðurstöður þessa verkefnis benda til að hægt sé að greina milli afmarkaðra hópa þorsks með því að nota lögun kvarna. Það er í samræmi við mismunandi vaxtarhraða milli hrygningarsvæða, sem skýrist m.a. af áður nefndum mun á sjávarhita fyrir sunnan land og norðan. Ennfremur er unnið að efnagreiningu kvarnanna. Til að hægt sé að nota lögun og efnasamsetningu kvarna til að meta hlut hrygningarhópa á fæðusvæðum þarf að vera greinilegur munur milli hrygningar-

hópanna. Lögum kvarna hefur ekki verið notuð áður til að meta hlutfall hrygningarhópa á fæðusvæðum. Vænta má að efnagreiningar á kvörnum muni aðgreina betur en lögum kvarna milli hrygningarhópanna og efnagreiningar verði þar að leiðandi hentugri aðferð til að meta hlutdeild hrygningarhópa á fæðusvæðum.



30. mynd. Sýnataka vor (■) og haust (▼) 2002 og 2003.

Figure 30. Sampling sites in spring (■) and autumn (▼) 2002 and 2003.

## Heimildir

- Begg, G.A. & R.W. Brown 2000. Stock identification of haddock *Melanogrammus aeglefinus* on Georges Bank based on otolith shape analysis. *Transactions of the American Fisheries Society* 129: 935-945.
- Begg, G.A. & Guðrún Marteinsdóttir 2000. Spawning origins of pelagic juvenile cod *Gadus morhua* inferred from spatially explicit age distributions: potential influences on year-class strength and recruitment. *Marine Ecology Progress Series* 202: 193-217.
- Campana, S.E. & J.M. Casselman (1993). Stock discrimination using otolith shape analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50: 1062-1083.
- Campana, S.E. 1999. Review: Chemistry and composition of fish otoliths: pathways, mechanisms and applications. *Marine Ecology Progress Series* 188: 263-297.
- Campana, S.E., G.A. Chouinard, J.M. Hanson & A. Fréchet 1999. Mixing and migration of overwintering Atlantic cod (*Gadus morhua*) stocks near the mouth of the Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56: 1873-1881.
- Campana, S.E., G.A. Chouinard, J.M. Hanson, A. Fréchet & J. Brattey 2000. Otolith elemental fingerprints as biological tracers of fish stocks. *Fisheries Research* 46: 343-357.
- Einar Jónsson 1982. A survey of spawning and reproduction of the Icelandic cod. *Rit Fiskideildar* 6(2): 1-45.
- Garrod, D.J. 1977. The North Atlantic Cod. Í: Gulland, J.A. (ed.), *Fish Population dynamics*. John Wiley & Sons, London. s. 216-242.
- Gunnar Jónsson 1983. *Íslenskir fiskar*. Reykjavík Fjölvaútgáfa. 519 p.
- Ólöf D. B. Jónsdóttir, Albert K. Imsland, Anna K. Daniélsdóttir, Vilhjálmur Þorsteinsson & Gunnar Nævdal 1999. Genetic differentiation among Atlantic cod in south and south-east Icelandic waters: synaptophysin (*Syp I*) and haemoglobin (*Hbl*) variation. *Journal of Fish Biology* 54: 1259-1274.
- Sigurður R. Gíslason, Stefán Arnórsson & Halldór Ármannsson 1996. Chemical weathering of basalt in southwest Iceland: effects of runoff, age of rocks and vegetative/glacial cover. *American Journal of Science* 296: 837-907.
- Unnsteinn Stefánsson 1994. Hafstraumar, ástand sjávar og frjósemi íslenskra hafsvæða. Í: Unnsteinn Stefánsson (ritstj.), *Íslendingar, hafid og auðlindir þess*. Vísindafélag Íslendinga (Societas scientiarum Islandica), Reykjavík. pp. 39-63.

#### 4. VIÐAUKI. UMHVERFISÞÆTTIR Í MAÍ-JÚNÍ 1952-2003

##### APPENDIX. ENVIRONMENTAL VARIABLES IN MAY-JUNE 1952-2003

Frávik hita og seltu frá meðaltali árána 1961-1980 (3,288°C og 34,727). Vegin meðaltöl frá 0-200 m dýpi á stöðvum 1-5 á Siglunesi. Taflan sýnir einnig meðalátumagn (þurrvígt, g m<sup>-2</sup>) í efstu 50 m á Siglunessniði. Aftasti dálkurinn sýnir reiknaða ferskvatnsþykkt (m) á 2. og 3. stöð á Látrabjargssniði, en hún er mælikvarði á styrk strandstraums fyrir Vesturlandi.

*Temperature and salinity deviations from the 1961-1980 average (3,288°C and 34,727). Weighted mean from 0-200 m depth at the Siglunes section. The table also shows the average zooplankton biomass (g dry weight m<sup>-2</sup>) in 0-50 m at the Siglunes section. The last column shows the calculated freshwater thickness (m) at the Latrabjarg section.*

Ár	Hitafrávik	Seltufrávik	Átumagn	Ferskvatn
1952	0.921	0.277		
1953	1.154	0.117		
1954	1.916	0.255		
1955	1.902	0.260		
1956	1.566	0.073		0.491
1957	1.424	0.224		
1958	0.256	0.098		0.237
1959	1.882	0.263		0.515
1960	2.050	0.320		
1961	1.698	0.345	10.2	0.738
1962	1.007	0.310	11.5	
1963	-0.081	0.079	3.3	
1964	1.916	0.245	6.9	0.880
1965	0.084	-0.237	1.5	0.254
1966	-0.195	0.145	0.7	
1967	-2.122	-0.173	0.5	0.235
1968	-0.730	-0.223	2.5	
1969	-1.558	-0.356	0.7	
1970	-0.992	-0.232	1.7	0.549
1971	-1.757	-0.133	4.4	0.875
1972	0.683	0.077	2.5	0.836
1973	1.124	0.134	1.8	1.501
1974	1.137	0.158	0.8	1.230
1975	-1.100	-0.129	1.6	0.365
1976	0.295	0.041	2.7	1.395
1977	-0.109	-0.123	5.1	0.632
1978	0.755	0.033	3.9	0.549
1979	-1.496	-0.236	3.1	0.177
1980	1.438	0.266	2.0	0.667
1981	-1.083	0.084	1.2	0.613
1982	-0.616	-0.101	0.7	0.393
1983	-1.280	-0.071	1.4	0.620
1984	-0.200	0.091	2.4	1.279
1985	1.075	0.234	2.9	1.131
1986	-0.045	0.184	1.0	0.914
1987	1.041	0.106	3.0	0.532
1988	-0.725	-0.135	0.9	0.647
1989	-0.470	0.125	0.8	0.858
1990	-1.049	-0.027	1.1	0.895
1991	0.144	0.214	3.4	0.735
1992	0.241	0.183	3.6	1.387
1993	0.215	0.188	6.5	1.778
1994	0.557	0.174	8.2	0.442
1995	-2.697	-0.111	4.6	0.477
1996	0.550	0.018	4.4	0.977
1997	-0.063	-0.018	4.2	0.507
1998	-0.306	-0.105	3.7	0.816
1999	0.700	0.238	4.8	0.549
2000	0.821	0.147	7.3	1.636
2001	0.048	0.187	4.6	0.637
2002	-1.255	0.001	1.2	0.295
2003	2.133	0.272	7.9	1.606

